

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTRONIKOS IR ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

RENALDAS JONAITIS

**PATALPOS ORO KOKYBĖS ĮVERTINIMAS MOKYMOŠI
IR STUDIJŲ ĮSTAIGOSE**

Magistro darbas

Vadovas

Doc. dr. G. Valiulis

ŠIAULIAI, 2016

SANTRAUKA

Jonaitis R. Patalpos oro kokybės įvertinimas mokymosi ir studijų įstaigose: Elektros energetikos magistro tiriamasis darbas/ mokslinis vadovas doc. dr. G. Valiulis; Šiaulių Universitetas, Technologijos fakultetas, Elektronikos ir elektros inžinerijos katedra. – Šiauliai, 2016. – 56 p.

Magistrinio darbo tikslas yra įvertinti patalpų oro kokybę mokymosi ir studijų įstaigose. Darbe aptariami svarbiausi mikroklimato parametrai. Nustatomi juos lemiantys veiksniai. Išanalizuojama kokią įtaką tam tikri mikroklimato parametrai turi žmonių sveikatai. Dėmesys kreipiamas į temperatūros, santykinio drėgnumo ir CO₂ koncentracijos mikroklimato parametrus. Įvertinti patalpų oro kokybę mokymosi ir studijų įstaigose. Tam tikslui mokymosi ir studijų įstaigose atliekami patalpos mikroklimato parametrų matavimai. Matavimai atliekami pasinaudojant temperatūros, santykinės drėgmės ir CO₂ koncentracijos matavimo prietaisais. Atlikti matavimai analizuojami. Sudaromi mikroklimato parametrų kitimo grafikai. Įvertinama mokinių skaičiaus įtaka temperatūros, santykinio drėgnumo ir CO₂ koncentracijos pokyčiams klasėje. Įvertinamas mokymosi ir studijų įstaigos patalpos vėdinimo efektyvumas.

Esminiai žodžiai: mikroklimato parametrai, temperatūra, santykinė drėgmė, CO₂ koncentracija.

SUMMARY

Jonaitis R. Indoor Air Quality Assessment in Learning and Education Institutions: Energy ; master degree; final thesis/ supervisor doc. dr. G. Valiulis; University of Šiauliai, Faculty of Technology, electronics and electric engineering department. – Šiauliai, 2016. – 56 p.

Master's work aim is to evaluate the indoor air quality in Learning and Education institutions. The Master's work discusses about major climatic parameters. Identified factors affecting them. Analyse the impact of certain climatic parameters have on human health. Refocusing on temperature, relative humidity and CO₂ concentration in the microclimatic parameters. Assessment of indoor air quality in Learning and Education institutions . For this purpose, in Learning and Education institutions carried out the microclimatic parameters measurements. Measurements are carried out by using the temperature, relative humidity and CO₂ concentration measurement devices. The measurements are analyzed. Concluded climatic parameters in the are the charts. The number of students assessed the influence of temperature, relative humidity and the concentration of CO₂ changes in the classroom. Evaluating the effectiveness of the ventilation in the Learning and Education institutions.

Key words: microclimate parameters, temperature, relative humidity, CO₂ concentration.

TURINYS

SANTRAUKA.....	2
SUMMARY.....	3
TURINYS.....	4
LENTELIŲ SĄRAŠAS	5
PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS.....	6
ĮVADAS.....	8
1. LITERATŪROS APŽVALGA.....	10
1.1. Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas.....	10
1.2. Sąvokos ir jų apibrėžimai.....	10
1.3. Patalpos mikroklimatą sąlygojantys veiksniai	14
1.4. Patalpų mikroklimato įtaka žmonių sveikatai	22
1.5. Patalpos mikroklimato matavimo ir reguliavimo sistemų apžvalga.....	25
1.5.1. Natūralus ir mechaninis vėdinimas.....	25
1.5.2. Oro kondicionavimas	27
1.5.3. Rekuperacinės sistemos	30
2. TAIKOMOJI - TIRIAMOJI DALIS.....	32
2.1. Patalpų oro kokybės parametrų matavimo sistemos projektavimas.....	32
2.1.1. Matavimo prietaiso projektavimas	37
2.2. Patalpos oro kokybės analizė mokymosi ir studijų įstaigose.....	38
2.2.1. Matavimo prietaisų praktinė realizacija.....	39
IŠVADOS.....	56
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	58

LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 1.1. Lentelė.** Gyvenamųjų patalpų ir lankytojams skirtų visuomeninių patalpų mikroklimate parametrų ribinės vertės
- 1.3.1. Lentelė.** Darbo patalpų šiluminio komforto aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės
- 1.3.2. Lentelė.** Didžiausi leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje
- 1.5.1.1. Lentelė.** Teršalai aptinkami gyvenamose patalpose
- 1.5.1.2. Lentelė.** Oro apykaita, esant tam tikrai vėdinimo būsenai
- 1.5.3.1. Lentelė.** Šilumokaičių tipai
- 2.1.1. Lentelė.** Arduino UNO R3 techniniai duomenys

PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS

- 1.3.1. Pav. Santykis tarp patalpos temperatūros ir drėgnumo arba sienų temperatūrų
- 1.3.2. Pav. Žmogaus komforto pojūčio zonos
- 1.3.3. Pav. CO₂ koncentracija pagal Pettenkofer ribą
- 1.3.4. Pav. Garso intensyvumo skalė
- 1.5.2.1. Pav. Automobilinė kondicionavimo sistemos sandara
- 2.1.1. Pav. „RC – 5” temperatūros matavimo prietaisas
- 2.1.2. Pav. „Misol” temperatūros ir santykinės oro drėgmės matavimo prietaisas
- 2.1.3. Pav. „MH – Z19“ infraredinis CO₂ sensorius
- 2.1.4. Pav. „DHT22” skaitmeninis temperatūros ir santykinės oro drėgmės sensorius
- 2.1.5. Pav. Arduino UNO R3
- 2.1.6. Pav. Duomenų kaupiklis skirtas Arduino
- 2.1.7. Pav. LCD ekranas I2C 1602 skirtas Arduino
- 2.1.1.1. Pav. Suprojektuotas papildomas matavimo prietaisas
- 2.2.1. Pav. Santykis tarp oro apykaitos ir mokymosi efektyvumo (RP)
- 2.2.2. Pav. Darbingumo (RP) priklausomybė nuo patalpos oro temperatūros
- 2.2.1.1. Pav. Pirmos pamokos CO₂ koncentracijos grafikas
- 2.2.1.2. Pav. Antros pamokos CO₂ koncentracijos grafikas
- 2.2.1.3. Pav. Trečios pamokos CO₂ koncentracijos grafikas
- 2.2.1.4. Pav. Ketvirtos pamokos CO₂ koncentracijos grafikas
- 2.2.1.5. Pav. Penktos pamokos CO₂ koncentracijos grafikas
- 2.2.1.6. Pav. Šeštos pamokos CO₂ koncentracijos grafikas
- 2.2.1.7. Pav. Septintos pamokos CO₂ koncentracijos grafikas
- 2.2.1.8. Pav. Paros CO₂ koncentracijos grafikas
- 2.2.1.9. Pav. Temperatūros ir santykinės drėgmės paros grafikas
- 2.2.1.10. Pav. Pamokų meto CO₂ koncentracijos grafikas
- 2.2.1.11. Pav. Renginio temperatūros grafikas
- 2.2.1.12. Pav. Renginio santykinės drėgmės grafikas
- 2.2.1.13. Pav. Renginio CO₂ koncentracijos grafikas
- 2.2.1.14. Pav. Renginio „Diena su studentu“ temperatūros grafikas
- 2.2.1.15. Pav. Renginio „Diena su studentu“ santykinės drėgmės grafikas
- 2.2.1.16. Pav. Renginio „Diena su studentu“ CO₂ koncentracijos grafikas
- 2.2.1.17. Pav. Kino filmo temperatūros ir santykinės drėgmės grafikas
- 2.2.1.18. Pav. Kino filmo CO₂ koncentracijos grafikas

2.2.1.19. Pav. Spektaklio temperatūros ir santykinės drėgmės grafikas

2.2.1.20. Pav. Spektaklio CO₂ koncentracijos grafikas

IVADAS

Vidaus oro tarša patalpoje vyksta ne tik dėl išorės priežasčių, bet ir dėl žmonių buvimo joje. Kuo daugiau žmonių, tuo didesnė oro tarša. Žmogus išsiskiria bioteršalus, nemalonius kvapus, o tai nulemia komforto stoką patalpoje. Dažniausias vidaus oro taršos indikatorius – CO₂ koncentracija. Amerikos šildymo, šaldymo ir kondicionavimo inžinierių asociacija (ASHRAE – „American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers“) nurodo, kad komfortabili patalpa yra tol, kol vidaus ir lauko oro CO₂ koncentracijos skirtumas yra ne didesnis kaip 700 ppm. Miesto ore CO₂ koncentracija yra apie 300 – 400 ppm, todėl vidaus pastatuose CO₂ koncentracija neturėtų būti didesnė už 1000 ppm. Pagal CO₂ koncentraciją galima spręsti, ar patalpa turi tinkamą ventiliaciją. Aukšta CO₂ koncentracija būna esant neadekvačiai ventiliacijai. CO₂ koncentracija susijusi su kambario oro temperatūra ir drėgniu bei yra atvirkščiai susijusi su oro pasikeitimo sparta. Mokslinių tyrimų duomenimis, darbo ir gyvenamųjų patalpų oro rodiklių verčių nukrypimai nuo nustatytų ar rekomenduojamų dydžių gali sukelti ne tik diskomforto jausmą, bet ir vadinamąjį nesveiko pastato sindromą [1].

Tyrimo aktualumas. Šiuo metu kada daug laiko praleidžiama vidaus patalpose (darbe, mokyklos įstaigose) labai svarbūs yra mikroklimato parametrai. Mikroklimato parametrai yra vieni iš svarbiausių rodiklių užtikrinančių gerą patalpų oro kokybę. Vidaus patalpose turi būti užtikrinti tinkami mikroklimato parametrai, nes jie svarbūs komfortui, sveikatai. Tai ypač aktualu, mokymosi įstaigose, kur daug laiko praleidžia jauno amžiaus vaikai, paaugliai. Kuo jaunesnio amžiaus vaikas, tuo mažiau išsivystęs ir subrendęs jo organizmas, todėl jis labiau pažeidžiamas įvairiems mikroklimato svyravimams.

Tyrimo objektas – Lietuvos mokymosi ir studijų įstaigos. Jų mokymosi patalpų mikroklimato parametrai. Mokymosi patalpose esančių mokinių ir mokytojų įtaka mikroklimato parametrui ir oro kokybei.

Tyrimo problema – blogi mikroklimato parametrai Lietuvos mokymosi ir studijų įstaigose ir jų įtaka mokiniams.

Magistriniame darbe keliami **hipotezė** – kad blogus mikroklimato parametrus įtakoja per didelis mokinių skaičius klasėje.

Darbo tikslas – išmatuoti patalpos mikroklimato parametrus (temperatūrą, santykinę drėgmę ir CO₂ koncentraciją) Lietuvos mokyklose bei įvertinti ar išmatuotos vertės atitinka normatyvus.

Darbo pagrindiniai **uždaviniai**:

1. Svarbiausių mikroklimato parametrų ir juos lemiančių veiksnių nustatymas.
2. Nustatyti mikroklimato parametrų įtaką žmonių sveikatai.
3. Išmatuoti mikroklimato parametrus mokymosi ir studijų įstaigose.

4. Patalpos oro kokybės analizė mokymosi ir studijų įstaigose.

Darbe naudojami šie informacijos rinkimo ir tyrimo **metodai** – mokslinės literatūros analizė ir apibendrinimas, matavimo duomenų rinkimas, apdorojimas ir analizė. Duomenys apdoroti Microsoft Excel programa. Sudaryti mikroklimato parametrų kitimo grafikai.

Darbo struktūra. Magistro baigiamąjį darbą sudaro santrauka lietuvių ir anglų kalbomis, įvadas, 7 skyriai (Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas, Sąvokos ir jų apibrėžimai, Patalpos mikroklimatą sąlygojantys veiksniai, Patalpų mikroklimato įtaka žmonių sveikatai, Patalpos mikroklimato matavimo ir reguliavimo sistemų apžvalga, Patalpų oro kokybės parametrų matavimo sistemos projektavimas, Patalpos oro kokybės analizė mokymosi ir studijų įstaigose) išvados, literatūros sąrašas. Darbe pateikiama 7 lentelės, 32 paveikslai.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas

Gyvenamųjų patalpų mikroklimatas – tai patalpų oro temperatūros, temperatūrų skirtumo, santykinės oro drėgmės, oro judėjimo greičio derinys (LIETUVOS HIGIENOS NORMA HN 42:2009). Iš Lietuvos higienos norma HN 42:2009 pateiktos lentelės matome, kad „Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas“ nustato, kad gyvenamųjų namų patalpose oro temperatūra šaltuoju metų laiku (kai trijų parų iš eilės lauko oro vidutinė paros temperatūra ne aukštesnė kaip 10 laipsnių C) turi būti ne mažesnė kaip 18–22 laipsnių šilumos, santykinė oro drėgmė – 35–60 procentų, oro judėjimo greitis – 0,05–0,15 m/s. Šiltuoju metų laikotarpiu oro temperatūra turėtų būti 18–28 laipsniai, santykinė oro drėgmė – 35–65 procentai, oro judėjimo greitis – 0,15–0,25 m/s. Svarbu, kad per parą šie mikroklimato rodikliai žymiai nesvyruotų, nes tai nepalankiai veikia žmogaus sveikatą [2].

1.1. Lentelė. Gyvenamųjų patalpų ir lankytojams skirtų visuomeninių patalpų mikroklimato parametrų ribinės vertės [3]

Eil. Nr.	Mikroklimato parametrai	Ribinės vertės	
		Šaltuoju metų laikotarpiu	Šiltuoju metų laikotarpiu
1.	Oro temperatūra, °C	18 – 22	18 – 28
2.	Temperatūrų skirtumas 0,1 m ir 1,1 m aukštyje nuo grindų ne daugiau kaip °C	3	3
3.	Santykinė oro drėgmė, %	35 – 60	35 – 65
4.	Oro judėjimo greitis, m/s	0,05 – 0,15	0,15 – 0,25

1.2. Sąvokos ir jų apibrėžimai

Magistriniame darbe vartojamos sąvokos ir jų apibrėžimai. Apibrėžimai panaudoti iš HN 42:2009, HN 69:2003, HN 23:2001, HN 33-1:2003, HN 33:2007, HN 35:2007; STR 2.09.02:2005 [4].

➤ *Šiluminė aplinka darbo patalpoje* – darbo aplinkos meteorologinės sąlygos, kurios nustatomos pagal žmogaus organizmą veikiančius

oro temperatūros, drėgmės ir oro judėjimo greičio parametrų derinius bei technologinės įrangos, atitvarų paviršių temperatūrą ir šiluminį spinduliavimą.

➤ **Darbo zona patalpoje** – erdvė, apribota darbo patalpų atitvarų, turinti 2 m aukštį virš grindų arba aikštelės, kurioje įrengtos nuolatinės arba nenuolatinės darbo vietos.

➤ **Šiluminio komforto aplinka (šiluminis komfortas)** – šiluminės aplinkos parametrų deriniai, kurie ilgai ir sistemingai veikdami darbuotoją užtikrina pasitenkinimo šilumine aplinka pojūtį, nesukeldami darbuotojo kūno šilumą reguliuojančių sistemų įtampos.

➤ **Lauko oro vidutinė paros temperatūra** – lauko oro temperatūros vidutinis dydis, nustatytas pagal vietinės meteorologinės tarnybos duomenis.

➤ **Šaltasis metų laikotarpis** – metų laikotarpis, kuriam būdinga lauko oro vidutinė paros temperatūra plus 10 °C ir žemesnė. Oro temperatūra plus 10 °C ir žemesnė nustatoma pagal trijų parų iš eilės lauko oro vidutinę paros temperatūrą.

➤ **Šiltasis metų laikotarpis** – metų laikotarpis, kuriam būdinga lauko oro vidutinė paros temperatūra aukštesnė kaip plus 10 °C. Oro temperatūra aukštesnė kaip plus 10 °C nustatoma pagal trijų parų iš eilės lauko oro vidutinę paros temperatūrą.

➤ **Darbo sunkumo kategorija** – darbo sunkumo skirstymas pagal darbuotojo energijos sąnaudas per visą darbo dieną:

▪ **Lengvas fizinis Ia kategorijos darbas** – darbas, kurį dirbant žmogaus energijos sąnaudos sudaro ne daugiau kaip 500 kJ/h (nereikalauja fizinės įtampos sėdint).

▪ **Lengvas fizinis Ib kategorijos darbas** – darbas, kurį dirbant žmogaus energijos sąnaudos sudaro daugiau kaip 500 kJ/h, bet ne daugiau kaip 630 kJ/h (reikalauja nedidelės fizinės įtampos sėdint, stovint ar vaikstant).

▪ **Vidutinio sunkumo fizinis IIa kategorijos darbas** – darbas, kurį dirbant žmogaus energijos sąnaudos sudaro daugiau kaip 630 kJ/h, bet ne daugiau kaip 840 kJ/h (reikalauja tam tikros fizinės įtampos vaikstant, sėdint ar stovint perkeliant krovinį iki kilogramo masės).

▪ **Vidutinio sunkumo fizinis IIb kategorijos darbas** – darbas, kurį dirbant žmogaus energijos sąnaudos sudaro daugiau 840

kJ/h, bet ne daugiau kaip 1040 kJ/h (reikalauja vidutinės fizinės įtampos stovint ar vaikstant pernešant krovinį iki 10 kg masės).

- ***Sunkus fizinis III kategorijos darbas*** – darbas, kurį dirbant žmogaus energijos sąnaudos sudaro daugiau kaip 1040 kJ/h (reikalauja didelės nuolatinės fizinės įtampos vaikstant, perkelti ir pernešant krovinį virš 10 kg masės).

- ***Šilumos pojūtis*** – šiluminės aplinkos jutimas ir suvokimas, kuris priklauso nuo darbuotojo fizinio aktyvumo, aprangos ir šiluminės aplinkos parametrų.

- ***Gyvenamasis pastatas (namas)*** – pastatas, kurio visas naudingasis plotas, didžioji jo dalis ar bent pusė naudingojo ploto yra gyvenamosios patalpos.

- ***Visuomeninės paskirties pastatas*** – pastatas, skirtas visuomenės poreikiams tenkinti ir priklausantis viešbučių, administracinės, prekybos, paslaugų, maitinimo, transporto, kultūros, mokslo, gydymo, poilsio, sporto ar religinės paskirties pastatų pogrupiui.

- ***Bendrojo naudojimo patalpos*** – pastato patalpos, skirtos naudotis visiems ar keliems pastato savininkams arba naudotojams; bendrojo naudojimo patalpoms priskiriami koridoriai, rūšiai, laiptinės, sandėliai ir kitos patalpos pastatuose;

- ***Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas*** – patalpų oro temperatūros, temperatūrų skirtumo, santykinės oro drėgmės, oro judėjimo greičio derinys;

- ***Mikroklimato parametrų ribinės vertės*** – optimalios mikroklimato parametrų vertės, kurioms esant aplinkoje, nėra neigiamo poveikio sveikatai;

- ***Didžiausios leidžiamos koncentracijos*** – tai kenksmingų medžiagų kiekiai, kurie nesukelia profesinių ligų žmonėms dirbant kiekvieną darbo dieną.

Lietuvos higienos normoje naudojamos tokios ribinės vertės:

- ***Ilgalaikio poveikio ribinė vertė (IPRV)*** – tai kenksmingos cheminės medžiagos laike kintančios koncentracijos darbuotojo kvėpavimo erdvės ore vidurkio ribinė vertė per 8 valandų darbo pamainą ir 40 valandų darbo savaitę, kuri, dirbant tokiomis sąlygomis, visą profesinio darbo laikotarpį darbuotojui neturėtų sukelti profesinei ligai būdingų sveikatos sutrikimų ar kitaip pakenkti jo bei jo

palikuonių sveikatai;

➤ **Trumpalaikio poveikio ribinė vertė (TPRV)**- tai kenksmingos cheminės medžiagos laike kintančios koncentracijos darbuotojo kvėpavimo erdvės ore vidurkio ribinė vertė per 15 min., kuri, ne ilgiau kaip 15 min. ir ne daugiau kaip 4 kartus per darbo pamainą kasdien veikdama darbuotoją, neturėtų sukelti neigiamų pojūčių ar pakenkti jo sveikatai;

➤ **Ribinė vertė** - tai kenksmingos cheminės medžiagos koncentracijos darbuotojo kvėpavimo erdvės ore laike kintančio vidurkio didžiausia leistina vertė per standartizuotą laiko tarpą.

➤ **Cheminė medžiaga** - gamtiniai arba gamybos proceso metu gauti cheminiai elementai ir jų junginiai, įskaitant priedus, reikalingus tų gaminių stabilumui palaikyti, ir visos naudojimo proceso metu atsirandančios priemaišos, išskyrus tirpiklius, kurie gali būti atskiriami nepaveikiant nepaveikiant medžiagos stabilumo ar nepakeičiant jos sudėties;

➤ **Akustinis triukšmas** (triukšmas) – įvairaus stiprumo ir dažnio garso bangų visuma, kuri gali sukelti nepalankias bei kenksmingas pasekmes sveikatai;

➤ **Leidžiamas triukšmo lygis (LTL)** – triukšmas, kuris veikiantis trumpą arba ilgą laiką negali sukelti ligų arba sveikatos sutrikimų;

➤ **L_{dvn}** (dienos, vakaro ir nakties triukšmo rodiklis) – triukšmo poveikio sukkelto apibendrinto dirginimo rodiklis;

➤ **L_{dienos}** (dienos triukšmo rodiklis) – dienos laikotarpiu triukšmo poveikio sukkelto dirginimo rodiklis;

➤ **L_{vakaro}** (vakaro triukšmo rodiklis) – vakaro laikotarpiu triukšmo poveikio sukkelto dirginimo rodiklis;

➤ **L_{nakties}** (nakties triukšmo rodiklis) – nakties laikotarpiu triukšmo poveikio sukkelto dirginimo rodiklis;

➤ **Maksimalus garso lygis** – garso lygis, atitinkantis triukšmo matuoklio maksimalų rodmenį matavimo metu;

➤ **Nepastovus triukšmas** – triukšmas, kurio lygio pokytis didesnis kaip 5 dBA ir nuolat kinta, pertrūksta arba pulsuoja;

➤ **Pastovus triukšmas** – triukšmas, kurio lygio pokytis ne didesnis kaip 5 dBA;

➤ *Pertrūkstantis triukšmas* – nepastovus triukšmas, kurio lygis staigiai kinta, o intervalų trukmė, kai triukšmo lygis pastovus, yra viena sekundė ir daugiau;

1.3. Patalpos mikroklimatą sąlygojantys veiksniai

Norint patalpose sukurti komfortišką mikroklimatą, užtikrinti vien tinkamą oro temperatūrą nepakanka. Patalpų komfortui įtakos turi ne tik oro temperatūra, bet ir santykinė oro drėgmė, šviežio oro kiekis ir jo apykaita, oro švarumas, CO₂ koncentracija, triukšmo lygis, apšvietimas ir kiti parametrai. Tik atsižvelgus ir įvertinus juos, galima tiksliai apibūdinti patalpų mikroklimato būklę ir higienos normų atitikimą [5].

Patalpų oro temperatūra – tai tokia temperatūra, kuri atitinka Lietuvos higienos normose nustatytus dydžius ir užtikrina normalią žmogaus savijautą patalpoje. Šis parametras yra svarbus žmogaus darbingumui, šilumos apykaitai, šiluminei organizmo pusiausvyrai.

Santykinė oro drėgmė - tai santykis absoliučios ir maksimalios drėgmės konkrečiomis temperatūros sąlygomis. Optimali santykinė oro drėgmė darbo patalpose turi būti 40 – 60 %. Didelė santykinė drėgmė žemoje temperatūroje gali sukelti organizmo peršalimą, o aukštoje temperatūroje – organizmo perkaitimą. Pagal Lietuvos higienos normos HN 69:2003 darbo patalpų pakankamos šiluminės aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės pateiktos 1.3 lentelėje.

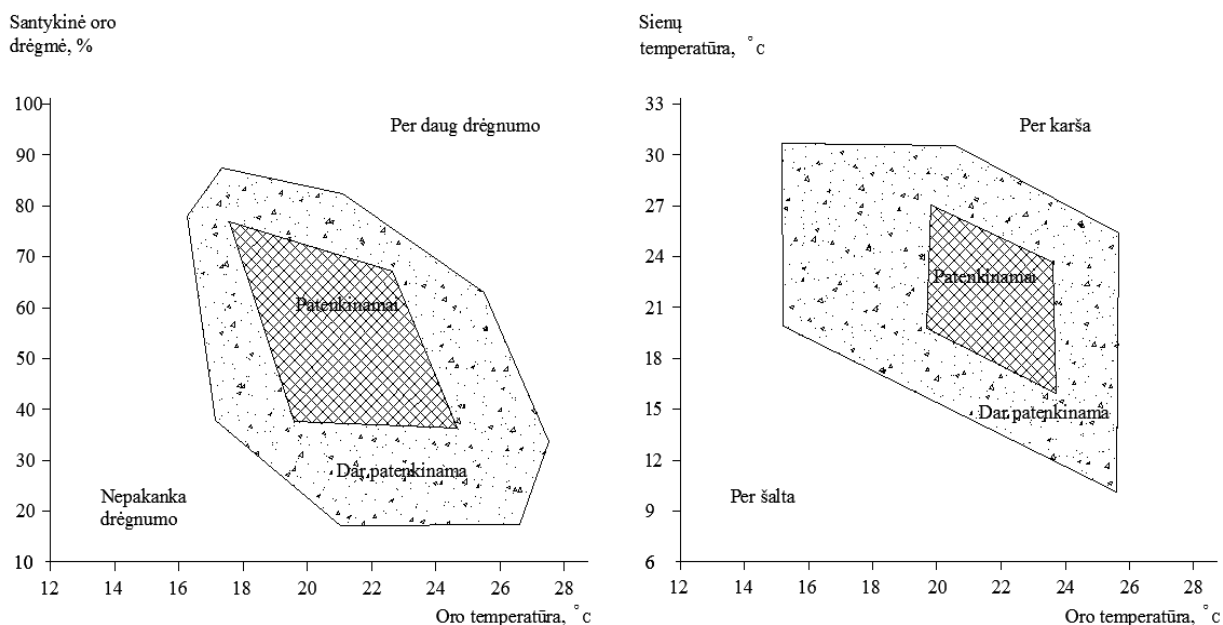
1.3.1. Lentelė. Darbo patalpų šiluminio komforto aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės [6]

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C	Oro santykinis drėgnumas, %	Oro judėjimo greitis, m/s, ne daugiau kaip
1	2	3	4	5
Šaltasis	Lengvas – Ia	22 – 24	40 – 60	0,1
	Lengvas – Ib	21 – 23	40 – 60	0,1
	Vidutinio sunkumo – IIa	18 – 20	40 – 60	0,2
	Vidutinio sunkumo – IIb	17 – 19	40 – 60	0,2
	Sunkus -III	16 – 18	40 – 60	0,3
Šiltasis	Lengvas – Ia	23 – 25	40 – 60	0,1
	Lengvas – Ib	22 – 24	40 – 60	0,2

Vidutinio sunkumo – IIa	21 – 23	40 – 60	0,3
Vidutinio sunkumo – IIb	20 – 22	40 – 60	0,3
Sunkus -III	18 – 20	40 – 60	0,4

Lengvas fizinis Ia kategorijos darbas – tai toks darbas, kai dirbančio žmogaus energijos sąnaudos sudaro iki 500 kJ/h, o Ib – kai žmogaus energijos sąnaudos yra 500-630 kJ/h. Vidutinio sunkumo fizinis IIa kategorijos darbas – tai toks darbas, kai dirbančio žmogaus energijos sąnaudos sudaro nuo 630 iki 840 kJ/h, o IIb – žmogaus energijos sąnaudos yra nuo 840 iki 1040 kJ/h. Sunkaus fizinio darbo žmogaus energijos sąnaudos sudaro daugiau nei 1040 kJ/h.

Oro drėgnumo įtaka aplinkos mikroklimatui yra mažiau juntama nei temperatūros, tačiau abu veiksniai turi įtakos žmogaus savijautai. Komfortinių sąlygų priklausomybė nuo aplinkos oro temperatūros ir santykinio drėgnumo arba sienų temperatūrų pateikta 1.3 pav [7].



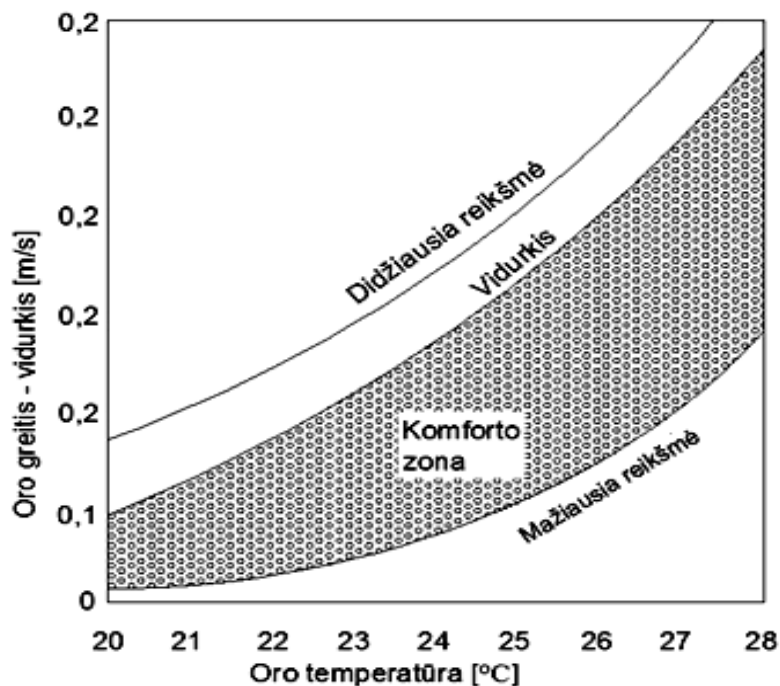
1.3.1. Pav. Santykis tarp patalpos temperatūros ir drėgnumo arba sienų temperatūrų

Šviežias oras – oras kuris patenka į patalpą iš lauko. Oras atnaujinamas vėdinant. Taip patalpoje oras papildomas deguonimi, sumažinamas patalpos ore padidėjusio anglies dioksido kiekis, pašalinamas vandens garų perteklius.

Oro judėjimas - yra būtinas patalpose nepriklausomai nuo jų paskirties. Jeigu nejaučiame kad ir nežymaus oro judėjimo ar slėgio skirtumo į mūsų audinius, jaučiame tvanką, blogėja savijauta ir darbingumas. Žmogus pradeda jausti oro srautą, kurio greitis 0,15 m/s. Palankiausias

žmogui oro judėjimo greitis – 0,1–0,2 m/s. Oro judėjimo greitis patalpose turėtų būti iki 0,25 m/s, tai sąlygoja mus supančio oro kaitą ir galimybę kvėpuoti švaresniu nei iškvėptas oru.

Norint išvengti skersvėjų, oro judrumas normuojamas priklausomai nuo aplinkos oro temperatūros ir atliekamo darbo pobūdžio. Dirbant lengvą fizinį darbą oro greitis neturėtų viršyti 0,2 m/s. Aplinkos oro temperatūra ir jo judrumo įtaka žmogaus komfortinėms sąlygoms pateikta 1.3.2 pav [7].



1.3.2. Pav. Žmogaus komforto pojūčio zonos

Oro švarumas - kenksmingų medžiagų, pavyzdžiui dujų, aerozolių, kietųjų dalelių ir. t.t., koncentracija ir mikroorganizmų kiekis patalpų ore neturi viršyti ribinių koncentracijų verčių, nustatytų Lietuvos higienos normoje HN 23:2011.

Kietosiomis dalelės - ore esančių dalelių ir skysčio lašelių mišiniai. Šiuose mišiniuose gali būti įvairių pavojingų elementų - rūgščių, sulfatų, nitratų, kitų druskų mišinių, organinių junginių, metalų, dirvožemio dalelių, suodžių, nusidėvėjusių padangų, stabdžių, šaligatvių dangos dulkių. Šios dalelės pasižymi ir kita savybe – jos labai efektyviai absorbuoja toksines medžiagas ir mikroorganizmus, todėl gali pernešti ir labai pavojingas medžiagas [8].

Dulkės - tai smulkios kietų medžiagų dalelės, galinčios tam tikrą laiką kaboti ore ar kitose dujose (aerozoliai) arba nusėsti ant daiktų (aerogeliai).

Dažniausiai dulkės skirstomos pagal kenksmingumo žmogui laipsnį, pagal jų susidarymo būdą, kilmę ir dispersiškumą (dalelių matmenis).

Pagal susidarymo būdą dulkės skirstomos į [9]:

- smulkinimo (dezintegracijos) aerozolius, susidarančius mechaniškai smulkinant kietas medžiagas (gręžiant arba sprogdinant uolienas, malant grūdus ir kituose technologiniuose procesuose);
- kondensacijos aerozolius, susidarančius kondensuojantis ore metalo garams (suvirinant, lydant metalus ir pan.).

Pagal kilmę dulkės skirstomos į [9]:

- organines (augalines, gyvulines, mikroorganizmų, dažų, plastmasių ir kitų sintetinių organinių medžiagų);
- neorganines (mineralų, metalų);
- mišrias (organines ir neorganines).

Pagal dispersiškumą dulkės skiriamos į [9]:

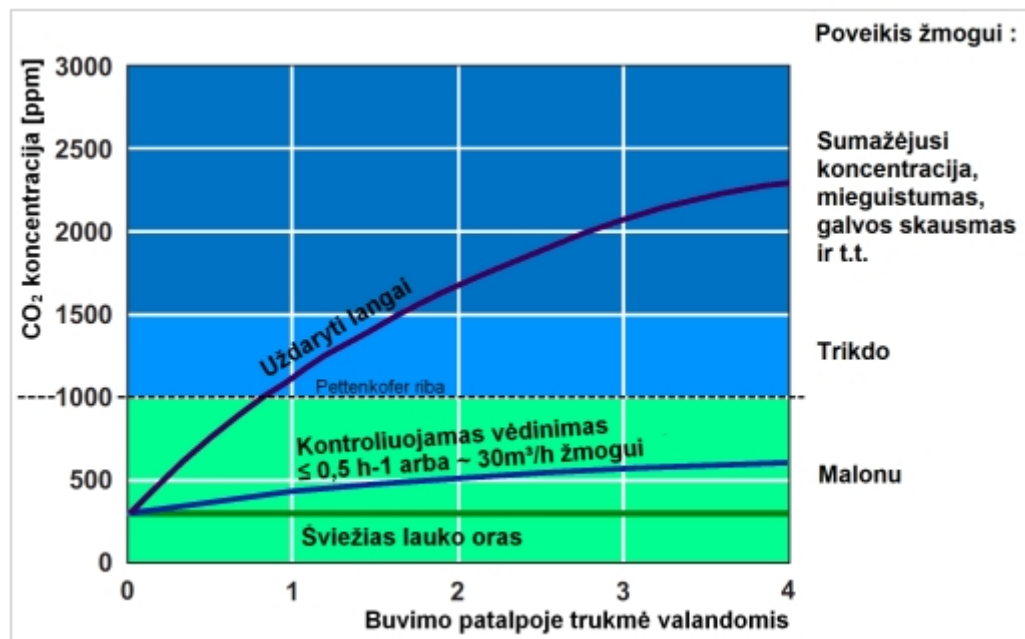
- matomas, kurių dalelės yra didesnės kaip 10 μm ;
- mikroskopines, kurių dalelės nuo 10 μm iki 0,25 μm ;
- ultramikroskopines, kurių dalelės mažesnės kaip 0,25 μm .

CO₂ koncentracija – Deguonis yra itin svarbus elementas kiekvienam žmogui, tačiau jo sunaudojimas nėra pagrindinis rodiklis oro apykaitai patalpose nustatyti.

Vienam žmogui, priklausomai nuo jo aktyvumo reikia apie 0,5 – 2 litrų deguonies per minutę. Kadangi deguonies koncentracija ore yra apie 21%, pakankamas oro kiekis vienam žmogui yra 0,14 – 0,57 m³/h (apie 70-200 kartų mažiau negu reglamentuojama norminiuose aktuose). Šie skaičiai naudojami remiantis Pettenkofer riba (ang. “Pettenkofer-limit”).

Max von Pettenkofer (1818-1901m.), gerai žinomas žmogaus psichologijos tyrinėtojas, 1870 m. dirbęs Miuncheno Universitete, nustatė, kad 1000ppm CO₂ koncentracija ore yra ribinė reikšmė, užtikrinanti pakankamą patalpos mikroklimatą ir komfortą [10].

1.3.3 paveiksle matome kaip CO₂ koncentracija veikia žmogų [10]. CO₂ koncentracijai nepasiekus ribinės 1000 ppm reikšmės žmogus jaučiasi maloniai ir komfortiškai, tačiau kai ribinė CO₂ koncentracijos reikšmė viršijama tai žmogų pradeda trikdyti. CO₂ koncentracijai padidėjus dvigubai ribinės reikšmės iki 2000 ppm žmogui sumažėja koncentracija, apima mieguistumas, galvos skausmas. Todėl labai svarbu užtikrinti, kad CO₂ koncentracija neviršytų ribinės reikšmės. Tai užtikrina tinkamas patalpų vėdinimas.



1.3.3. Pav. CO₂ koncentracija pagal Pettenkofer ribą [10]

Triukšmas – tai nepageidaujamas žmogui garsas, sklindantis iš įvairių garso šaltinių. Žmogus girdimas garsų dažnių diapazonas yra nuo 16 iki 20 000 Hz. Garsai, kurių dažnis yra mažesnis už žmogaus girdimus, vadinamas infragarsu, o didesnis – ultragarsu. Pagrindiniai triukšmo šaltiniai yra įvairios transporto priemonės, šventiniai renginiai, įvairūs darbo įrenginiai, pavyzdžiui kompresoriai, staklės, stampai, elektros varikliai ir t.t. Buityje taip pat yra daug triukšmo šaltinių veikiančių žmogų, pavyzdžiui muzikiniai centrai, muzikos instrumentai, dulkių siurbiai, televizoriai ir t.t. Gamtoje taip pat yra natūralaus triukšmo šaltinių, kaip jūros ošimas, upelio čiurlenimas, medžių šlamėjimas. Natūralus gamtinis triukšmas, jeigu nėra labai didelis, dažniausiai veikia žmogų raminančiai [11].

Daugumoje miestų ir gyvenviečių triukšmas yra laikomas viena iš svarbiausių problemų, nes jis neigiamai veikia žmogaus sveikatą, trukdo darbui, poilsiui.

Triukšmo poveikį žmogaus organizmui galime suskirstyti į:

- Specifinį
- Nespecifinį.

Specifinis poveikis dar skirstomas į:

- Akustinė trauma;
- Klausos nuovargis;

Akustinė trauma – tai labai didelio stiprumo, trumpalaikis triukšmo poveikis, kuris žmogui sukelia sveikatos pažeidimus. Traumą sukelia 130 ir daugiau decibelų viršijantis garsas, pavyzdžiui sprogimas, artimas šūvio garsas, reaktyvinio lėktuvo garsas. Garso slėgis būna labai didelis, todėl gali trūkti ausies būgnelis, vidinėje ausies dalyje gali atsirasti pažeidimai,

pavyzdžiui kraujo išsiliejimas, nervinių receptorių sužalojimas. Žmogus patyręs akustinę traumą staigiai apkursta, smarkiai skauda ausyse, svaigsta galva, dažnai prarandama sąmonė.

Klausos nuovargis – tai laikinas klausos jautrumo sumažėjimas, kuris atsiranda ilga laiką veikiant intensyviai triukšmui. Po intensyvaus triukšmo svarbu yra gerai pailsėti tyloje, nes dažniausiai klausos jautrumas atsistato. Dažnai pasikartojant klausos nuovargiui, žmogui klausa palaipsniui pradeda silpnėti ir gali išsivystyti kurtumas. Todėl labai svarbu ausis apsaugoti įvairiomis priemonėmis, kaip ausinės ar ausų kamštukai.

Nespecifinio triukšmo poveikis labiausiai veikia centrinę nervų sistemą. Žmogui atsiranda galvos skausmas, svaigimas, blogėja dėmesys, atmintis, sutrinka miegas. Šie požymiai dažniausiai atsiranda anksčiau, nei sutrinka klausa.

Triukšmas labiausiai kenkia vaikams ir paaugliams, nes jų klausos organai dar vystosi, todėl klausa greičiau pažeidžiama ir yra daug jautresnė įvairiems triukšmams [11].

Pagal Lietuvos higienos norma HN 33:2011, triukšmas gali būti pastovus ir nepastovus, o vertinamas pagal ekvivalentinį bei maksimalų garso lygius. Pastovus triukšmas – tai toks triukšmas, kurio garso slėgio lygio pokytis ne didesnis nei 5 dBA. Nepastovus triukšmas – tai toks triukšmas, kuris nuolat kinta, pertrūksta arba pulsuoja ir kurio garso slėgio lygio pokytis didesnis kaip 5 dBA. Pastovus triukšmas gyvenamuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje vertinamas pagal ekvivalentinį garso slėgio lygį, o nepastovus - pagal ekvivalentinį ir maksimalų garso slėgio lygius. Ši higienos norma yra privaloma juridiniams ir fiziniams asmenims, projektuojantiems, statantiems, bei eksploatuojantiems gyvenamuosius ir visuomeninės paskirties pastatus. Didžiausi leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje pateikti 1.3.2 lentelėje. Jie taikoma vertinant triukšmo poveikį visuomenės sveikatai [12].

1.3.2. Lentelė. Didžiausi leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje

il. r.	Objekto pavadinimas	Paros laikas, val.	Ekviva lentinis garso slėgio lygis (L_{aeqT}), dBA	Maks imalus garso slėgio lygis (L_{AFmax}), dBA
	2	3	4	5
	Gyvenamųjų pastatų (namų) gyvenamosios patalpos, visuomeninės	6 – 18 18 – 22	45 40	55 50

	paskirties pastatų miegamieji kambariai, stacionariųjų asmens sveikatos priežiūros įstaigų palatos	22 – 6	35	45
.	Visuomeninės paskirties pastatų patalpos, kuriose vyksta mokymas ir (ar) ugdymas		45	55
.	Gyvenamųjų pastatų (namų) ir visuomeninės paskirties pastatų (išskyrus maitinimo ir kultūros paskirties pastatus) aplinkoje, veikiamoje transporto sukeliama triukšmo	6 – 18 18 – 22 22 – 6	65 60 55	70 65 60
.	Gyvenamųjų pastatų (namų) ir visuomeninės paskirties pastatų (išskyrus maitinimo ir kultūros paskirties pastatus) aplinkoje, išskyrus transporto sukeliama triukšmą	6 – 18 18 – 22 22 – 6	55 50 45	60 55 50
.	Maitinimo ir kultūros paskirties pastatų salėse estradinių ar kitų pramoginių renginių metu, kino filmų demonstravimo metu		80	85
.	Atvirose koncertų ir šokių salėse estradinių ar kitų pramoginių renginių metu	6 – 18 18 – 22 22 – 6	85 80 55	90 85 60

Garso stiprumas priklauso nuo virpesių amplitudės – kuo ji didesnė, tuo stipresnis garsas. Garso stiprumas gali būti išreiškiamas garso bangos jėga W/cm^2 arba garso bangos slėgiu N/m^2 . Mažiausias garso slėgis, kurį junta normali žmogaus klausa, esant 1000 Hz dažnumui, yra $2 \cdot 10^{-5} N/m^2$, o pagal jo garso jėgą – $10^{-16} W/cm^2$

Didžiausias garsinis slėgis, atitinkantis garso skausmingumo jutimo slenkstį, yra $20 N/m^2$ arba $10^{-3} W/cm^2$

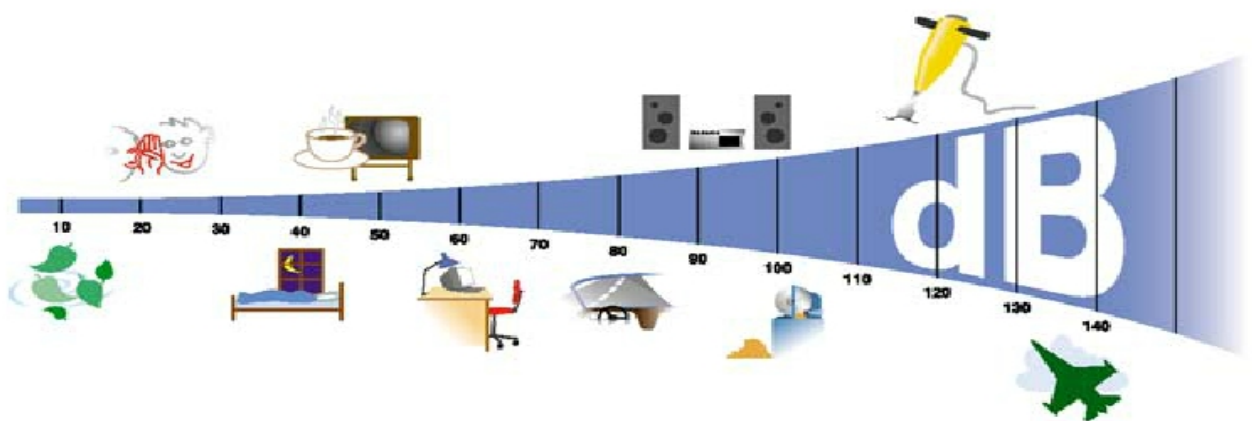
Praktiškai įvertinti garso stiprumą šiais vienetais yra sunku, be to, jais negalima įvertinti ir žmogaus subjektyvaus garsinio jutimo. Taip yra, todėl, kad garso absoliučiai jėgai stiprėjant geometrine progresija, žmogaus klausa šį stiprėjimą suvokia tik aritmetine progresija. Pavyzdžiui, garso stiprumas padidėja 1000 kartų, tačiau mes suvokiame, kad padidėjo tik 3

kartus. Todėl akustikoje ir medicinos praktikoje, atsižvelgiant į klausos jautrumo ypatybes, garso stiprumui išreikšti naudojamas decibelų vienetas (dB). Logaritminė juntamų garsų stiprumo skalė suskirstyta į 13 belų, arba į 130 decibelų. Decibelas – tai garso stiprumo vienetas, išreikštas ne absoliutiniais vienetais, bet garsų stiprumo santykio logaritmu [13].

Triukšmo jautrumas priklauso nuo garso stiprumo ir garso bangų virpesių dažnio: kuo didesnis garso stiprumas ir virpesių dažnis, tuo garsas juntamas stipriau, t. y. didesnis jo garsumas. Triukšmo garsumas priklauso ir nuo akustinių patalpų savybių, kurias lemia jų tūris, forma, apstatymas baldais, grindų, sienų, lubų danga ir t.t [14].

Siekiant įvertinti triukšmo neigiamą poveikį žmogui, triukšmo šaltinio stiprumas vertinamas pagal specialią skalę A ir matuojamas dBA, tai atitinka maždaug 1000 Hz triukšmo šaltinio reliatyvų poveikį žmogaus ausiai. Dėl šios priežasties triukšmo matavimo įrangoje įtaisomas filtras, padedantis imituoti žmogaus ausies jautrumo dažninę priklausomybę. Jis vadinamas A - filtru ir vartojamas visada nepriklausomai nuo to, kuriuo požiūriu bebūtų nagrinėjamas eismo keliamas triukšmas. Kad yra panaudoti A-filtrai, 10 nurodoma dB(A) ženklai. Girdimumo riba, priklausomai kokia žmogaus sveikata, koks jo amžius yra apie 0 dB (0,0002 μbar), o skausmo riba –120-140 dB [15].

Žemiau pateiktame 1.3.4 paveiksle, matome garso intensyvumo skalę ir triukšmą sukeliančius šaltinius [16]:



1.3.4. Pav. Garso intensyvumo skalė

Norint orientuotis garso intensyvumo skalėje, naudinga žinoti, kokį triukšmą paprastai sukelia mus supantys triukšmo šaltiniai [16]:

- 30 dB(A) – šnabždesys, girdimas 1 metro atstumu;
- 50 dB(A) – lietus;
- 50-60 dB(A) – įprastinė kalba;

- 60 dB(A) – elektrinė barzdos skutimo mašinėlė;
- 80 dB(A) – durų, telefono skambutis;
- 85 dB(A) – sunkvežimis;
- 90 dB(A) – riksmas;
- 95-110 dB(A) – motociklas;
- 110 dB(A) – šūvis į orą;
- 140 dB(A) – lėktuvo variklis.

1.4. Patalpų mikroklimato įtaka žmonių sveikatai

Žmogus yra šiltakraujė būtybė. Todėl labai svarbu palaikyti pastovią kūno temperatūrą, nes tai įtakoja visus gyvybiškai svarbius fiziologinius procesus. Taip pat svarbu ją tinkamai reguliuoti. Tačiau tai sudėtingas procesas, kuris apima cheminius procesus, kaip medžiagų apykaitos intensyvumo reguliavimas, ir fizinių procesų, nulemiančių šilumos atidavimo aplinkai intensyvumo, keitimas.

Esant aukštesnei aplinkos temperatūrai termoreguliaciją vykdo šie procesai:

- **šiluminis spinduliavimas** į aplinką, kuris priklauso nuo žmogaus kūno paviršiaus ir aplinkinių kūnų temperatūros skirtumo;
- **drėgmės garinimas** nuo kūno paviršiaus, kuris priklauso nuo aplinkos oro drėgmės ir oro judėjimo greičio;
- **konvekcija** - greta kūno esančio oro sušildymas, kuris sušilęs kyla aukštyn, ir jo kaita priklauso nuo oro judėjimo greičio bei aplinkos oro temperatūros;
- **laidumas** į aplinkos daiktus, prie kurių liečiamės, o tai priklauso nuo kūno ir liečiamų paviršių temperatūrų skirtumo.

Visi šie procesai vyksta drauge, vienas kitą papildo ir sudaro šiluminio jutimo komfortą organizme. Pavyzdžiui, sveikas nuogas žmogus 23⁰C aplinkos temperatūroje ir esant normaliai oro drėgmei:

- apie 60% savo šilumos atiduoda į aplinką spinduliavimu,
- 25% - drėgmės išgarina į aplinką,
- 12% - konvekcija,
- apie 3% - laidumu į liečiamus daiktus ar grindis.

Aplinkos temperatūrai esant aukštesnei negu žmogaus kūno temperatūra, iš šių keturių procesų veiks tik garinimas, jei oro drėgmė maža (pavyzdžiui saunoje). Esant didelei oro drėgmei, gali neveikti nei vienas (pavyzdžiui garinėje pirtyje). Todėl gali grėsti organizmo perkaitimas [17].

Dažniausiai pasitaikantys žmogaus perkaitimai [18]:

- Hipertermija – tai padidėjusi žmogaus kūno temperatūrą esant nesutrikusiai termoreguliacijai, tačiau ji nepajėgia pašalinti šilumos iš organizmo esant karštam ir drėgnam orui ir sunkiai fiziškai dirbant. Termoreguliacija - tai žmogaus organizmo sugebėjimas išlaikyti pastovią kūno temperatūrą, keičiantis mikroklimato parametrams ir darbo sunkumui. Pakilus kūno temperatūrai iki 42-43⁰C sutrinka pats termoreguliacijos mechanizmas ir gali ištikti šiluminis smūgis.
- Karščiavimas ištinka, kai sutrinka termoreguliacija, ir ji palaiko kūno branduolio temperatūrą aukštesniame lygyje, o tai yra dažnas susirgimo požymis.
- Saulės smūgis - tai perkaitimas saulėje. Saulės spindulių spektras yra platus ir gali įšildyti ne tik odos paviršių, bet ir giliau esančius audinius. Būnant ilgesnį laiką saulėje, įšyla galvos smegenyse esantys kraujotakos indai, jie plečiasi, didėja intrakranialinis spaudimas kaukolėje, todėl atsiranda smegenų hiperemija ir ima svaigti, skaudėti galvą, galima netekti sąmonės ir t.t.

Šiuolaikinių pastatų paskirtis – ne tik apsaugoti žmones nuo išorinio poveikio, bet ir sudaryti jiems kuo geresnes gyvenimo, darbo ir poilsio sąlygas. Išsivysčiusiose šalyse žmonės daugiau kaip 90% savo gyvenimo praleidžia uždaroje erdvėje: namuose, transporte, darbe. Vidaus aplinka tampa daug svarbesnė sveikatai ir komfortui nei išorės aplinka. Todėl patalpų oro kokybė yra labai svarbi [19].

Žmonių darbingumas yra vienas svarbiausių veiksnių darbe, mokymosi įstaigoje ar namuose. O didžiausia tam įtaka turi aplinkos mikroklimato parametrai. Todėl siekiant geresnio darbingumo būtina, kad aplinkos mikroklimato parametrai atitiktų higienos normas ir žmogus jaustųsi komfortiškai [19].

Patalpose mikroklimatą nulemia trys pagrindiniai oro veiksniai - oro temperatūra, oro drėgmė ir oro judėjimas. Visų jų kompleksinis veikimas ir formuoja mūsų šiluminę savijautą patalpose, kurią galime vertinti kaip šildančią, šaldančią ar komfortinę.

Gyvenamųjų patalpų oro temperatūra turėtų vyrauti tarp 19 – 20 ⁰C. Patalpoje, kurioje miegama, ji galėtų būti bent 2-3⁰C žemesnė, nes vėsus ir grynas oras pagilina miegą, pagerina poilsį, greičiau užmiegama. Virtuvėje bei kitose patalpose, kur intensyviai dirbama, oro temperatūra taip pat turėtų būti bent pora laipsnių žemesnė. Vaikų kambariuose temperatūra turėtų būti 20 – 22 ⁰C ribose. Nerekomenduojama aukštesnė nei 23 ⁰C temperatūra, nes tokiose patalpose esančius žmones pradeda varginti galvos skausmai, mažėja darbingumas, blogėja savijauta [17].

Darbo patalpose temperatūra privalo būti reguliuojama, kad jos svyravimai neveiktų žmogaus organizmo. Darbo patalpų temperatūra turi būti ne aukštesnė kaip +28 °C, nes aukštesnėje temperatūroje gali sutrikti organizmo termoreguliacijos procesai. Karštame ore žmogaus organizmas perkaista, pavargsta, sutrinka medžiagų apykaitos procesas, sulėtėja reakcija, padidėja traumų pavojus. Kai oro temperatūra aukštesnė negu +35 °C, organizmo šilumos atidavimas konvekcijos būdu ir išspinduliavimu į aplinką sutrinka. Žmogus pradeda intensyviai prakaituoti ir drėgmė, garuodama nuo odos paviršiaus, jį vėsina. Tačiau su prakaitu prarandama daug druskų ir vitaminų, kurie turi didelę įtaką normaliai kasdieniui žmogaus savijautai. Perkaitusį žmogų gali ištikti šiluminiai smūgiai, prasidėti traukuliai [9].

Dirbant lengvą fizinį darbą geriausia savijauta yra tuomet, kai oro temperatūra 16 – 20 °C, o dirbant sunkų darbą – 10 – 15 °C. Tai pat savijauta priklauso nuo oro cirkuliacijos greičio ir oro drėgmės. Esant didelei santykinei oro drėgmei pakilusi oro temperatūra tampa žalinga žmogaus darbingumui. Todėl įvertinti subjektyvūs temperatūros rodikliai, kurie apibūdina oro temperatūros, santykinės oro drėgmės ir oro judėjimo greičio vienalaikį poveikį žmogaus organizmui [9].

Suaugęs žmogus per parą vidutiniškai įkvėpia ir iškvėpia apie 10000 l oro. Todėl tinkamas patalpų vėdinimas yra ypač svarbus [20].

Vėdinimas užtikrinamas varstomais langais ir natūralios traukos kanalais. Nevėdinamose patalpose kaupiasi drėgmė, anglies dvideginis, anglies monoksidas, azoto dioksidai, sieros vandenilis, acetonai ir kitos kenksmingos medžiagos. Jei patalpų temperatūra žema, padidėjusi drėgmė ir patalpos mažai vėdinamos ore padidėja mikroorganizmų kiekis, kuris gali įtakoti kvėpavimo takų ligų atsiradimą. Jeigu ilgą laiką būname uždaroje ir nevėdinamose patalpose, ore sumažėja deguonies kiekis, kuris įtakoja nuovargio atsiradimą, galvos skausmą, nervingumą.

Patalpose, kuriose yra žema temperatūra, dažniausiai būna drėgna. Ant drėgnų paviršių atsiranda pelėsis, kurio žuvusios ląstelės išskiria nemalonų kvapą, o patalpų ore skraidančios sporos gali sukelti alergines ligas. Drėgnose patalpose žmogaus kūnas išskiria daugiau šilumos, o tai sukelia šalčio jausmą [21].

Oro drėgmė turėtų būti tarp 40–60 proc. santykinės drėgmės. Esant didesnei oro drėgmei, didesnis drėgno oro šilumos laidumas sudaro geras sąlygas sušalti, jei oro temperatūra žema, arba perkaisti, jei oro temperatūra aukšta. Be to, didesnė oro drėgmė sudaro palankias sąlygas įvairiems mikroorganizmams gyvuoti, o drėgmės kondensacija ant vėsesnių paviršių sudaro nemalonų drėgmės jutimo jausmą. Esant mažesnei oro drėgmei, šilumos atidavimas laidumu smarkiai sumažėja, todėl ir oro temperatūra gali būti kiek žemesnė. Tačiau, intensyviau garuojant drėgmei nuo kūno paviršiaus, atsiranda odos ir gleivinių džiūvimo jausmas. Džiūdamos kvėpavimo takų gleivinės praranda barjerines savybes ir ilgainiui gali nebeapsaugoti nuo ore

esančių mikroorganizmų poveikio. Sausas oras netinkamas ne tik žmogaus sveikatai bei odai, bet ir augalams, gyvūnams, mediniams baldams, meno kūriniais, muzikos instrumentams [22].

Oro judėjimas yra būtinas patalpose, nes jeigu mes nejaučiame kad ir nežymaus oro judėjimo ar slėgio skirtumo į mūsų audinius, jaučiame tvanką, blogėja savijauta ir darbingumas. Oro judėjimo greitis patalpose turėtų būti iki 0,3 m/s, tai sąlygoja mus supančio oro kaitą ir galimybę kvėpuoti švaresniu nei iškvėptas oru.

Oro kaita padeda pašalinti iš patalpų įvairius teršalus, dulkes ir mikroorganizmus. Todėl gyvenamose patalpose oras turėtų keistis ne mažiau 3 kartų per valandą. Kadangi mūsų pastatai nėra hermetiški, oras dėl temperatūrų bei slėgių skirtumo sienose bei per visus įmanomus plyšius natūraliai keičiasi 1 kartą per valandą. Todėl vėdinimas gali užtikrinti tinkamą oro kaitą patalpose. Taupant šilumą patalpose kambarius geriau vėdinti intensyviai, bet trumpai, negu po truputį ilgą laiką [17].

1.5. Patalpos mikroklimato matavimo ir reguliavimo sistemų apžvalga

1.5.1. Natūralus ir mechaninis vėdinimas

Vėdinimas – tai procesas kai panaudotas oras yra pašalinamas iš patalpų ir pakeičiamas šviežiu lauko oru. Jis yra labai svarbus žmogaus sveikatai, darbingumui. Jis ypač svarbus žmonėms dirbantiems uždaroje patalpose, cechuose, kur daug dulkių ir kitų teršalų. 1.5.1.1. lentelėje pateikiama teršalai aptinkami gyvenamose ar darbo patalpose [23].

1.5.1.1. Lentelė. Teršalai aptinkami gyvenamose patalpose

Teršalai	Šaltinis
Drėgmė ir pelėsiai	Grindys, rūbų džiovinimas uždaroje patalpoje, maisto ruošą, kambariniai augalai ir t.t.
Karbamidas, formaldehidas	Kai kurių tipų plokštės, paneliai, kiliminė danga, baldai, tekstilė ir t.t.
Tabako dūmai	Rūkymas
Namų ūkio chemikalai	Įvairios valymo priemonės, dažai, tirpikliai, aerosoliniai preparatai ir t.t.
Kvapai, virusai, bakterijos	Žmonės ir naminiai gyvūnai
Degimo produktai	Kuro degimo įrenginiai: katilinės, šildytuvai, krosnys, dujiniai džiovintuvai, židiniai ir t.t.

Vėdinimas skirstomas į dvi pagrindines rūšis:

- Natūralus;
- Mechaninis, priverstinis.

Natūralus vėdinimas – tai pats paprasčiausias vėdinimo būdas, kai oras į patalpą patenka pro langus, orlaides, varstomas duris, mikroventiliacijos ertmes ar per pastate esančius tarpus. Oras iš patalpų šalinamas natūraliai, t.y. patalpose sušilęs oras kyla į viršų ir pašalinamas vertikaliais traukos kanalais. Tokie kanalai paprastai įrengiami virtuvėje, vonioje ar tualete [24].

Natūralus vėdinimas skirstomas į [23]:

- Organizuotą, kai orui įeiti ir išeiti numatomos specialios angos, žinomi angų matmenys ir išdėstymas;
- Neorganizuotą, kai oras skverbiasi per tiksliai nežinomo ploto ir vietos nesandarumus ir plyšius.

Natūralus vėdinimas yra vienas iš paprasčiausių ir nieko nekainuojančių būdų vėdinant patalpas, tačiau jis turi savo trūkumų [24]:

- Oras, patenkantis į patalpas yra nesušildomas;
- Oras, patenkantis į patalpas yra nefiltruojamas;
- Neįmanoma reguliuoti patenkančio oro kiekio į patalpas.

Taigi nešildant patenkančio oro į patalpas ir esant šaltam orui lauke, gali susidaryti skersvėjis, skatinantis peršalimą. Nefiltruotame ore yra dulkių, žiedadulkių ir kitų nešvarumų. Ypač daug dulkių patenka į patalpas, esančias šalia judrių gatvių, kur didelis automobilių srautas. Nereguliuojant patenkančio oro kiekio, patalpos vėdinamos per daug arba per mažai. Ypač vasarą, kada lauko ir patalpos temperatūrų skirtumas artėja prie nulio, oras nustoja judėti, todėl vėdinant patalpas reikalingas vėjas, nes kitu atveju patalpos vėdinamos per mažai. Žiemą vėdinant patalpas natūraliai atsiranda šilumos nuostoliai.

Mechaninis vėdinimas – tai toks vėdinimas, kai oras į patalpas patenka ir yra šalinamas priverstinai, ventiliatorių pagalba. Mechaninės vėdinimo sistemos skirstomos į [24]:

- Oro tiekimo sistema;
- Oro ištraukimo sistema.

Oro tiekimo sistema tiekia į patalpą oro, kurį filtruoja, pašildo arba atšaldo iki reikiamos patalpų temperatūros. Oro ištraukimo sistema šalina orą į lauką. Mechaninių vėdinimo sistemų trūkumas, kad šalinamas šiltas oras į lauką yra nepanaudojamas, todėl atsiranda nuostoliai, padidėja elektros sąnaudos [24].

Norint, kad patalpų oras būtų švarus, šviežias oras privalo iš išvėdintų patalpų tekėti į neišvėdintas. Esant sandariai patalpai ir orui patenkant per langus, oras esantis patalpoje turėtų

pasikeisti nuo 0,5 iki 0,8 karto per valandą. 1.5.1.2 lentelėje matome, oro apykaitą esant tam tikrai vėdinimo būsenai [23].

1.5.1.2. Lentelė. Oro apykaita, esant tam tikrai vėdinimo būsenai

Būseną	Oro apykaita (kartais per valandą)
Langai uždaryti	Nuo 0,1 iki 0,3
Langai praverti	Nuo 0,8 iki 4,0
Langai visiškai atidaryti	Nuo 9 iki 15
Veikia oro trauka	Daugiau nei 40

1.5.2. Oro kondicionavimas

Pastatų vėsinimą reglamentuoja statybos techninis reglamentas STR 2.09.02:2005, kuris apima šildymą, vėdinimą ir oro kondicionavimą.

Oro kondicionavimas – tai oro paruošimo procesas, kai patalpoje automatiškai palaikomi iš anksto numatyti mikroklimato parametrai, kaip oro temperatūra, santykinė drėgmė, judrumas ir kt. Kondicionuojant oras gali būti sušildomas, atvėsinamas, džiovinamas, sudrėkinamas, išvalomas, dezinfekuojamas ar jonizuojamas. Galimas pilnas arba dalinis oro kondicionavimas [25].

Oro kondicionavimo sistema – visų sudėtinių dalių, reikalingų orui paruošti, visuma, skirta iš anksto numatytiems mikroklimato parametrams patalpoje automatiškai palaikyti. Oro kondicionavimo sistemos yra reguliuojamos ir veikia automatiškai, programuojant norimas sąlygas bei funkcijas [26].

Kondicionierius svarbiausias oro kondicionavimo sistemos elementas. Jo atskirose sekcijose arba blokuose tam tikru nuoseklumu vyksta valdomas oro apdorojimo procesas. Kondicionieriai palaiko norimą oro temperatūrą, drėgmę, oro judėjimą ir švarumą. Kai oro kondicionavimo įrenginiuose atliekamos visos šios funkcijos, jie vadinami visiško kondicionavimo įrenginiais. Dalinio oro kondicionavimo įrenginiai sukuria ir palaiko tik kai kuriuos mikroklimato parametrus. Pagal veikimo autonomiškumą kondicionieriai skirstomi į autonominius ir neautonominius, o pagal konstrukciją į – sekcinius, agregatinius ir blokinius [7].

Oro kondicionavimo sistemos vėdina, vėsina ir kontroliuoja patalpos oro drėgnumą. Šios sistemos veikia karščio atidavimo principu. Sistemoje naudojamos šaldančios dujos yra suspaudžiamos iki didelio slėgio ir pasiekia aukštą temperatūrą. Dujos patenka į šilumokaitį ir atiduoda energiją į išorę. Susidaro skystas kondensatas, o vėliau jis perduodamas į kitą šilumokaitį kur surenka šilumą. Garuodamas kondensatas absorbuoja šilumą, po to jis vėl

grąžinamas į kompresorių, ir ciklas pradedamas iš naujo. Šios sistemos gali turėti įrengtą vožtuvą, kuris leidžia kondicionierius vasarą naudoti vėsinimui, o žiemą – šildymui.

Kondicionavimo sistemos su išoriniu kondensatoriumi (garintuvu) dažniausiai įrengiamos biuruose ir visuomeninės paskirties pastatuose, todėl joms reikalingi didesni oro vamzdžiai.

Vienas iš oro kondicionavimo sprendimų yra atskiros sistemos: šiuo atveju garintuvo darbinis elementas yra prijungiamas prie kondensatoriaus vamzdiniais. Pastato viduje esantys elementai gali būti įrengiami tiek ant grindų, tiek ir sienose, grindyse ar lubose. Išoriniai gali būti montuojami ant sienų, stogo arba žemės.

Perteklinę drėgmę iš patalpų oro surenka drėgmės surinktuvas. Garintuvas veikiantis žemiau rasos taško, kondensuoja drėgmę. Kondensatas surenkamas ir pašalinamas drenažo kanalu arba tiesiog išleidžiamas į išorę.

Oro kondicionavimo sistemos turi oro filtrus, kuriuos reikia valyti ir keisti reguliariais laiko tarpais, priklausomai nuo aplinkos sąlygų. Jei filtrai laiku nekeičiami, nukenčia sistemos produktyvumas ir ilgaamžiškumas. Užsikišę filtrai gali tapti sistemos perkaitimo, gedimo ir netgi gaisro priežastimi. Išorinė kondicionieriaus dalis bei kondensatoriaus aktyvusis elementas irgi turi būti reguliariai valomi [27].

Pagal atliekamą paskirtį oro kondicionavimo sistemas galima suskirstyti į [7]:

- komfortinės;
- technologines;
- komfortines – technologines.

Komfortinių sistemų paskirtis yra sukurti žmonėms optimalias darbo sąlygas.

Technologinių sistemų paskirtis yra sukurti ir palaikyti tokias mikroklimato sąlygas, kad būtų galima atlikti atitinkamus, dažniausiai specifinius, technologinius procesus.

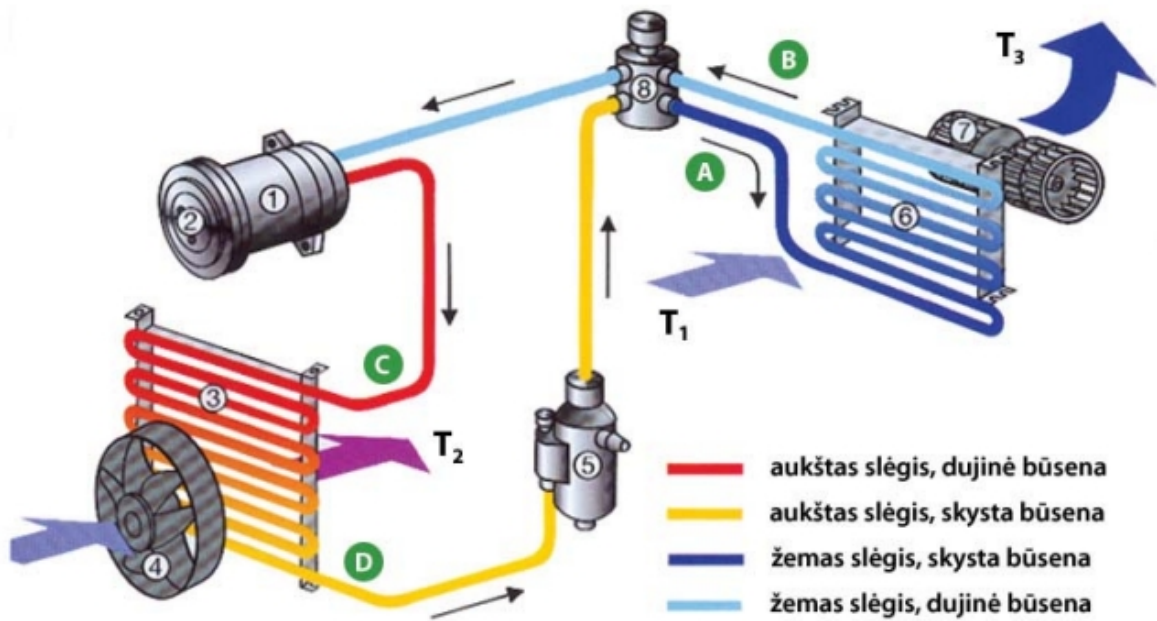
Komfortinių – technologinių sistemų paskirtis yra palaikyti tokius oro parametrus, kurie tuo pačiu metu tenkina technologinius ir sanitarinius-higieninius reikalavimus. Tai labiausiai paplitusios sistemos.

Pagal ortakiuose sudaroma transportuojamo oro slėgį skiriamos [7]:

- mažo slėgio OKS (iki 1 kPa);
- vidutinio slėgio OKS (1÷3 kPa);
- didelio slėgio OKS (per 3 kPa).

Praktikoje dažniausiai naudojamos mažo slėgio OKS.

Kondicionavimo sistemos gali būti, ne tik gyvenamose ir visuomeninės paskirties patalpose, bet ir automobiliuose. 1.5.2.1 pav. pateikta automobilinė kondicionavimo sistemos sandara [28]:



1.5.2.1. Pav. Automobilnē kondicionavimo sistēmas sandara

Kondicionavimo sistēmu sastāvdaļas [28]:

1. Kompresorijs;
2. Kompresorijsa savienojums;
3. Kondensatorijs;
4. Elektriskais ventilatorijs;
5. Filtrs – drēgmēs surinktuvas;
6. Garintuvas;
7. Elektriskā orapūtē;
8. Išsīplētimo vārstuvas.

Paveiksle pavaizduota temperatūras [28]:

- T1 – tai aplinkos oro temperatūra (250°C);
- T2 – oro, kuris patenka iš aplinkos, jau nutekējēs per kondensatoriju, temperatūra (32°C);
- T3 – oro, kuris patenka iš aplinkos, jau nutekējēs per garintuvu (100°C);

1.5.3. Rekuperacinės sistemos

Rekuperacija – tai mechaninis patalpų vėdinimas, kuomet šalinamo oro šiluma yra panaudojama sušildyti tiekiamą orą. Šalinamas oras nesimaišydamas su tiekiamu oru, šilumokaičio pagalba, jį pašildo. Šiuolaikiniai pastatai yra gerai izoluoti, o norint palaikyti komfortą, mechaninis vėdinimas su šilumos rekuperacija yra vienas iš geriausių būdų [29].

Rekuperacinę vėdinimo sistemą sudaro [29]:

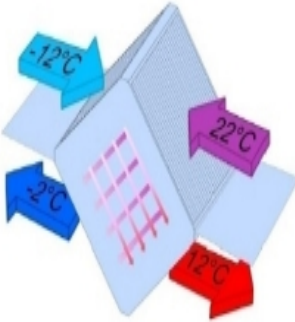
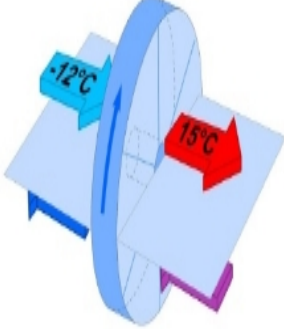
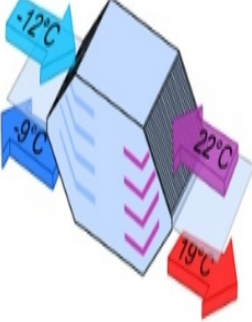
- Izoluoti oro paėmimo ir ištraukimo vamzdžiai;
- Ortakių sistema, kuria oras tiekiamas ir šalinamas iš patalpų;
- Oro sklendės, reguliuojančios oro srautą;
- Triukšmo slopintuvai, mažinantys triukšmą iš vėdinimo įrenginio;
- Difuzoriai ir grotelės, per kurias oras patenka iš ortakių į patalpą arba yra šalinamas iš jos;
- Vėdinimo įrenginys;
- Valdymo pultelis, kuriame vartotojas gali stebėti ir reguliuoti vėdinimo įrenginio procesus.

Vėdinimo įrenginys yra pats svarbiausias rekuperacinės sistemos elementas. Įrenginį sudaro šios pagrindinės dalys [29]:

- Ventiliatoriai, kurie tiekia ir šalina orą;
- Oro filtrai, kurie išvalo tiekiamą orą;
- Energiją taupantis šilumokaitis, kuris perduoda šalinamo oro šilumą tiekiamam šviežiam orui;
- Papildomas oro pašildymo elementas;
- Vėdinimo sistemos automatika, kuri taupo energiją.

Šilumokaičiai – pagrindinis elementas, lemiantis šilumos sugrąžinimo kiekį. Jie skirstomi į plokštelines ir rotacinius. Plokšteliniai taip pat skirstomi į kryžminio oro srauto ir kryžminio – priešpriešinio oro srauto. 1.5.3.1. lentelėje pateikiami minėtų šilumokaičių tipai ir jų naudingumo koeficientas [30].

1.5.3.1. Lentelė. Šilumokaičių tipai

Keturkampis plokštelinis kryžminio oro srauto	Rotacinis	Keturkampis plokštelinis kryžminio - priešpriešinio oro srauto
Efektyvumas ~ 50 – 60 %	Efektyvumas ~ 75 – 85 %	Efektyvumas ~ 90 – 95 %
		

Iš lentelės matome, kad didžiausią naudingumą turi plokšteliniai kryžminio – priešpriešinio oro srauto šilumokaičiai, t.y. apie 90 - 95 %, o mažiausią – plokštelinis kryžminio oro srauto apie 50 – 60 %.

2. TAIKOMOJI - TIRIAMOJI DALIS

2.1. Patalpų oro kokybės parametrų matavimo sistemos projektavimas

Norint įsitikinti kokie mikroklimato parametrai būna mokymosi įstaigose ir ar jie atitinka higienos normas ir visus leistinus dydžius buvo atlikti eksperimentai. Eksperimentams atlikti ir išmatuoti patalpų oro kokybės parametrus buvo pasinaudota šiais jutikliais ir matavimo prietaisais:

- „RC – 5” temperatūros matavimo prietaisas (2.1.1. Pav.);



2.1.1. Pav. „RC – 5” temperatūros matavimo prietaisas

Matavimo prietaisas skirtas matuoti temperatūrą. Jis kompaktiškas, neužimantis daug vietos. Prietaisas maitinamas 3 V ličio baterija. Paprastas duomenų peržiūrėjimas ir išsaugojimas, USB jungtimi. Prietaise galima nustatyti laiką ir datą, peržiūrėti ne tik išmatuotus temperatūrų dydžius, bet ir maksimalią bei minimalią vertes. Prietaisas matavimus atlieka kas 5 min.

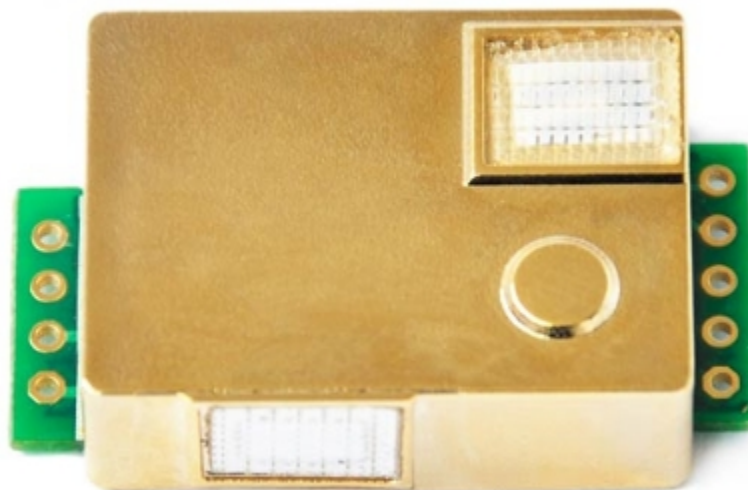
- „Misol” temperatūros ir santykinės oro drėgmės matavimo prietaisas (2.1.2. Pav.);



2.1.2. Pav. „Misol” temperatūros ir santykinės oro drėgmės matavimo prietaisas

Šis matavimo prietaisas universalesnis negu RC – 5, nes gali matuoti ne tik temperatūrą, bet ir santykinį oro drėgnumą, todėl vienu kartu galima atlikti du mikroklimato parametrų matavimus. Prietaisas pasižymi paprastu valdymu, nesunkiai galima nustatyti datą ir laiką. Galimas ir temperatūros perstatymas iš Celcijaus į Farenheito reikšmes. Prietaisas taip pat atlieka vieną matavimą, kas penkias minutes. Maitinamas 3 V ličio baterija. Duomenims pažiūrėti ar perkelti į kompiuterį reikalingas mini USB laidas.

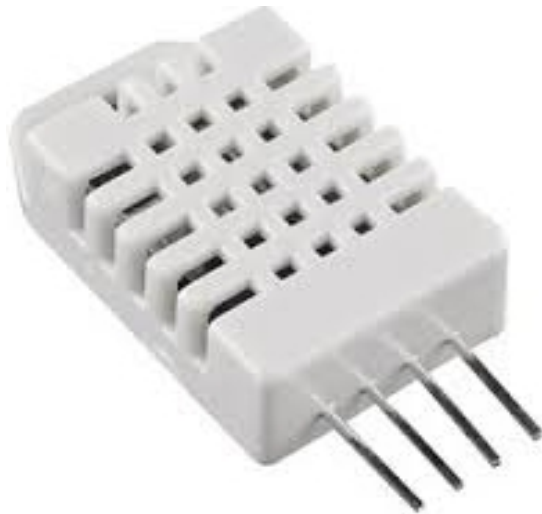
- „MH – Z19” infrarėdinis CO₂ sensorius (2.1.3. Pav.);



2.1.3. Pav. „MH – Z19” infrarėdinis CO₂ sensorius

Šis sensorius matuoja anglies dioksidą. Dažniausiai naudojamas atlikti matavimams pastatų vėdinimo sistemose ir norint iširti patalpų oro kokybę. Matavimo diapazonas nuo 0 iki 2000 ppm. Pasižymi dideliu jautrumu, mažu energijos suvartojimu, stabilumu, ilgu tarnavimo laiku, atsparumu vandens garams. Sensoriaus darbinė įtampa 3,6 – 5,5 V DC. Tarnauja ilgiau negu penkis metus.

- „DHT22” skaitmeninis temperatūros ir santykinės oro drėgmės sensorius (2.1.4. Pav.).



2.1.4. Pav. „DHT22” skaitmeninis temperatūros ir santykinės oro drėgmės sensorius

Sensorius skirtas temperatūros ir santykinės oro drėgmės matavimams. Matavimo elementas – polimerinis kondensatorius. Matavimo ribos: temperatūros nuo -40 iki 80 °C, santykinės oro drėgmės nuo 0 iki 100 %. Pasižymi mažu dydžiu, ilgu tarnavimo laiku, dideliu tikslumu. Temperatūros tikslumas: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Santykinės oro drėgmės tikslumas: $\pm 2\%$.

Duomenims surinkti ir atvaizduoti buvo pasinaudota šiais įrenginiais:

- *Arduino UNO R3* (2.1.5. Pav.);

Šis Arduino modulis buvo sukurtas 2005 m., kai Massimo Banzi ir David Cuartielles sukūrė paprastą ir nebrangią platformą studentams, kurios pagrindu buvo galima kurti įvairius automatikos prietaisus.

Arduino – tai elektronikos konstruktorius. Prie modulio plokštės galima jungti begalę periferinių įrenginių – jutiklius (temperatūros, apšvietimo, slėgio, pagreičio ir t.t.), šviesos

diodus, skystų kristalų LCD ekranus, servo variklius. Papildomi elementai pateikiami kaip priedėliai (Shields) ir patobulinimai (Tinkerkit), kurių pagalba išplečiamas standartinio Arduino funkcionalumas.

Arduino Uno valdiklio pagrindas yra Atmega328 mikrovaldiklis. Arduino plokštė turi 14 skaitmeninių įėjimų/išėjimų iš kurių 6 gali būti naudojami kaip impulsų trukmės modulatoriai (PWM). Taip pat yra 6 analoginiai įėjimai, kvarcinis 16 Mhz generatorius, USB jungtis, maitinimo jungtis, speciali jungtis programavimui ir Reset mygtukas.

Darbo metu valdiklis prijungiamas prie kompiuterio USB prievado arba 12 V maitinimo šaltinio [31].



2.1.5. Pav. Arduino UNO R3

Arduino UNO techniniai duomenys pateikti 2.1.1. lentelėje [32]:

2.1.1. Lentelė. Arduino UNO R3 techniniai duomenys

Mikrokontroleris	Atmega328
Darbinė įtampa (loginis vienetas)	5 V
Maitinimo įtampa (rekomenduojama)	7-12 V
Maitinimo įtampa (ribinė)	6-20 V
Skaitmeniniai įėjimai/išėjimai	14 (6 iš jų –PWM)
Analoginiai įėjimai	6
Išėjimo apkrovimo srovė	40 mA

Flash memory	32 KB iš kurių 2 KB naudojami bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Procesoriaus dažnis	16 MHz

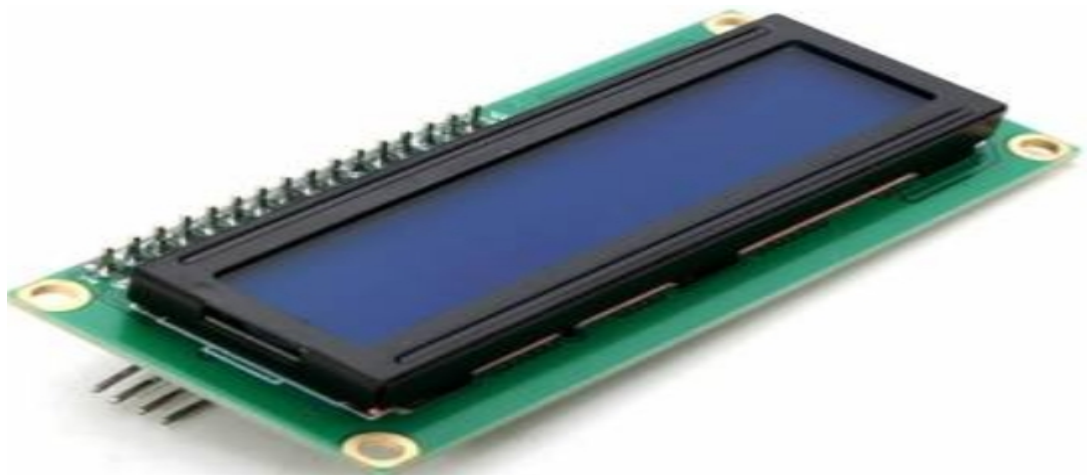
- *Duomenų kaupiklis skirtas Arduino (2.1.6. Pav.);*



2.1.6. Pav. Duomenų kaupiklis skirtas Arduino

Prietaisas skirtas SD kortelės pagalba įrašyti gautus matavimo duomenis. Įrenginys veikia su FAT16 ar FAT32 formato kortelėmis. Taip pat pasižymi realaus laiko laikrodžio (RTC) funkcija. Jis skaičiuoja tikslų laiką, net jeigu Arduino įrenginys yra išjungtas. Tam padeda 3 V ličio baterija. Įrašytus duomenis galima persikelti į kompiuterį ir apdoroti.

- *LCD ekranas I2C 1602 skirtas Arduino (2.1.7. Pav.).*

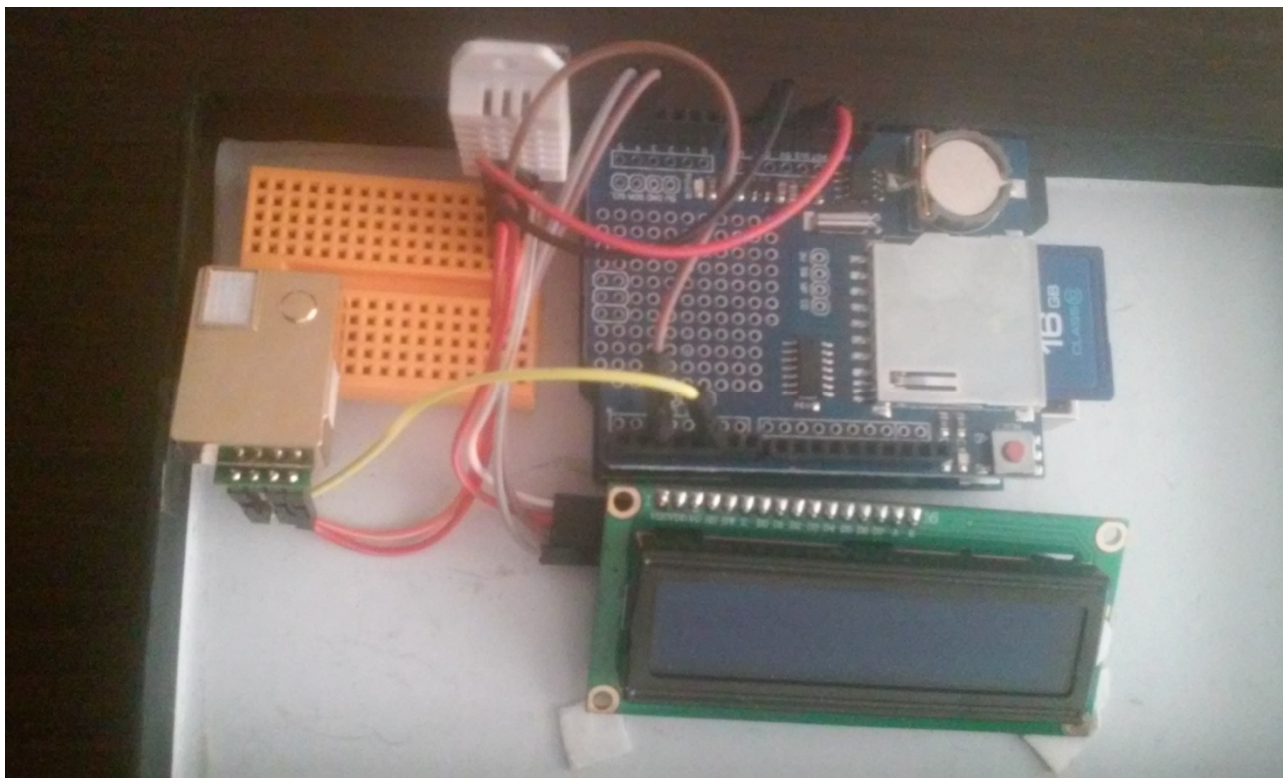


2.1.7. Pav. LCD ekranas I2C 1602 skirtas Arduino

LCD ekranas, kuris rodo gaunamus duomenis. Taip galima įsitikinti, kad prietaisas matuoja reikiamus duomenis.

2.1.1. Matavimo prietaiso projektavimas

Pasinaudojus matavimo prietaisais buvo atlikti eksperimentai mokymosi įstaigose norint įvertinti patalpų oro kokybę. Matavimai atlikti „RC – 5“ temperatūros ir „Misol“ temperatūros bei santykinės oro drėgmės matavimo prietaisais. Taip pat pasinaudojant sensoriais ir duomenų surinkimo bei atvaizdavimo įrenginiais buvo suprojektuotas papildomas matavimo prietaisas (2.1.1.1. Pav.). Prietaisas matuoja šiuos mikroklimato parametrus: temperatūrą, santykinę drėgmę ir CO₂ koncentraciją.



2.1.1.1. Pav. Suprojektuotas papildomas matavimo prietaisas

Matavimo prietaisą sudaro, jau anksčiau minėti komponentai:

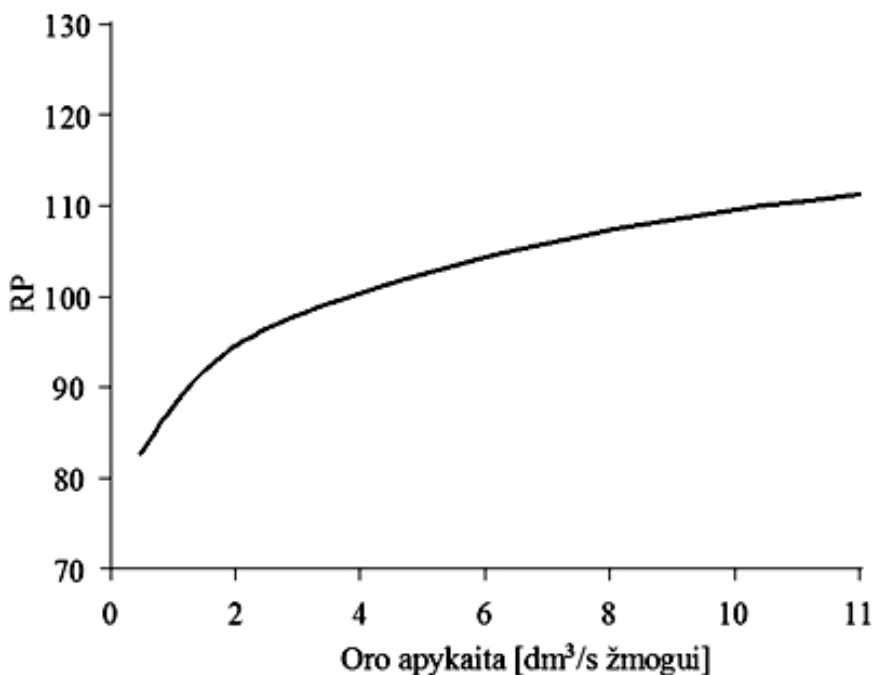
- Arduino UNO R3;
- Duomenų kaupiklis skirtas Arduino;
- LCD ekranas;
- „MH – Z19“ CO₂ sensorius;
- „DHT22“ temperatūros bei santykinės oro drėgmės sensorius;
- SDHC kortelė.

2.2. Patalpos oro kokybės analizė mokymosi ir studijų įstaigose

Mokymosi ir studijų įstaigose patalpos mikroklimatas privalo būti palaikomas vadovaujantis higienos normomis. Vaikai ir paaugliai yra labai jautrūs patalpos mikroklimato pokyčių svyravimams, nes jų organizmai visiškai nesusifirmavę. Vaikų organizmas dar auga, vystosi, jų organai ne pilnai užaugę, ypač plaučiai. Todėl oro kokybė gali labai įtakoti vaikų sveikatą. Kuo jaunesni vaikai, tuo tai pavojingiau. Studijų įstaigose taip pat turėtų būti tinkamas mikroklimatas. Nors studentų organizmas jau išsivystęs ir jie mažiau jautrūs mikroklimato parametrams, bet blogi mikroklimato parametrai gali pakenkti studentų mokymuisi ir savijautai.

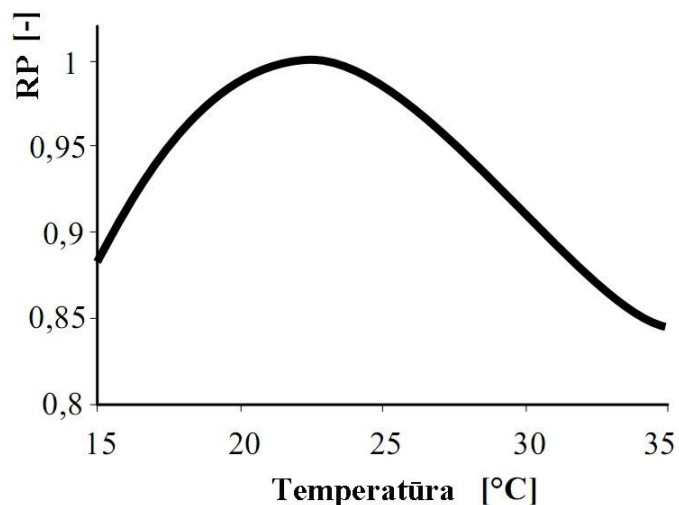
Tyrimai ir bandymai įrodė, kad daugelyje mokymo įstaigų, oro kokybė yra prastos būklės [33]. Tam didelę įtaką turi mokinių, studentų skaičius. Klasėse, auditorijose vienu metu būna daug studentų, kuriems kvėpuojant didėja patalpos oro tarša, anglies dioksido kiekis. Taip pat dėl didelio skaičius mokinių, studentų gali pakilti patalpos oro temperatūra, nes kiekvienas žmogus atiduoda savo kūno šilumą į patalpą, o nevedinant, ši papildoma šiluma turi didelę įtaką šiluminiam komfortui.

Tyrimai ir bandymai nustatė, kad mokinių ar studentų mokymosi kokybė blogėja esant blogam patalpos mikroklimatui. Mokytiis tampa sudėtingiau nei sudarius tinkamą patalpos aplinką, mikroklimatą. 2.2.1. grafikas parodo, kad mokymosi efektyvumas mažėja jau prie 4 dm^3/s , o geriausi rezultatai būna jei oro apykaita žmogui yra 10 dm^3/s . [4]



2.2.1. Pav. Santykis tarp oro apykaitos ir mokymosi efektyvumo (RP)

Mokymosi efektyvumą lemia ir temperatūra (2.2.2. Pav.) [4]:



2.2.2. Pav. Darbingumo (RP) priklausomybė nuo patalpos oro temperatūros

Matyti, kad patalpos oro temperatūrai esant žemesnei negu 20 °C ar aukštesnei negu 25 °C, mokinių ar studentų darbingumas ima mažėti. Tai gali lemti prastesnius mokymosi rezultatus. Patalpos temperatūrai esant tarp 20 °C ir 25 °C mokinių, studentų darbingumas, mokymosi efektyvumas yra pats geriausias.

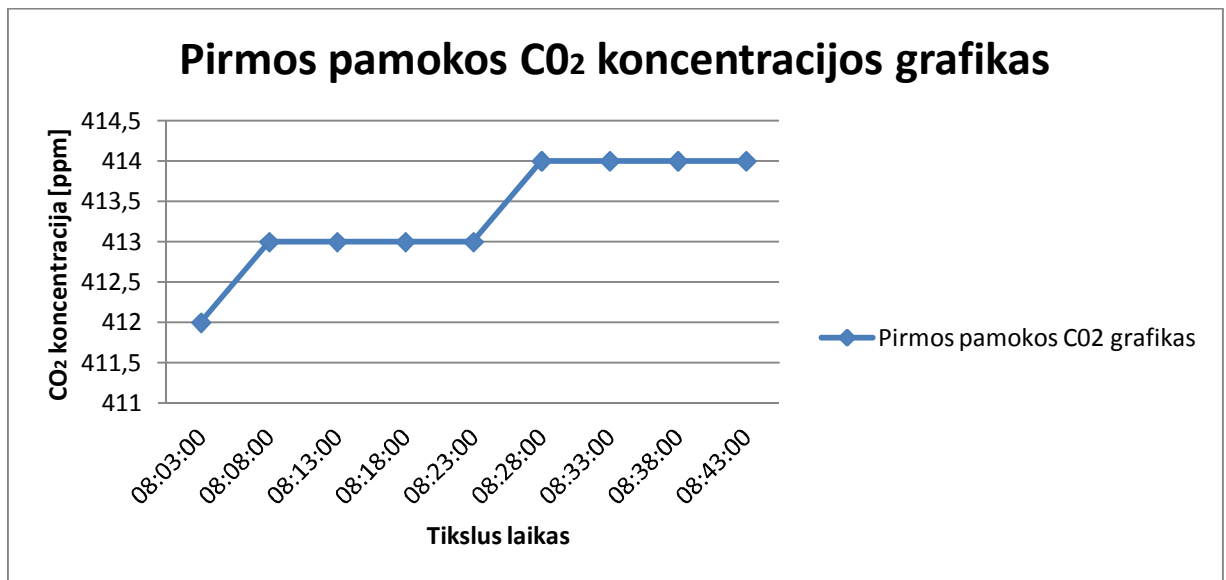
2.2.1. Matavimo prietaisų praktinė realizacija

Norint sužinoti, koks patalpos mikroklimatas yra mokymosi ir studijų įstaigose buvo atlikti eksperimentai. Eksperimentai atlikti siekiant sužinoti ar tinkami mikroklimato parametrai, mokymosi įstaigose ar jie atitinka reikiamus parametrus. T.y. ar neviršijami higienos normose nustatyti maksimalūs leistini dydžiai. Eksperimentu metu buvo norima įsitikinti kaip priklauso patalpos mikroklimato parametrai nuo mokinių skaičiaus ar esant dideliame mokinių skaičiui neviršijami mikroklimato parametrai ir užtikrinama komfortiška aplinka. Buvo matuojama patalpos temperatūra, santykinė drėgmė ir anglies dioksidas.

Pirmi eksperimentai atlikti gimnazijoje siekiant ištirti oro kokybę klasėje. Bandymams buvo pasirinktas biologijos kabinetas. Biologijos kabineto tūris 336 m³. Tai vidutinis kabinetas. Bandymų metu šiame kabinate įvyko septynios pamokos, jų metu buvo norima pamatyti kaip žmonių skaičius įtakoja anglies dioksido kiekį:

- *Pirma pamoka;*

Pirmos pamokos metu, kabinate buvo 6 mokiniai ir mokytoja. Pamoka buvo papildomai lankantiems biologijos pamoką, todėl kabinate buvo mažas mokinių skaičius. Prietaisas matavimus atliko kas 5 minutes. Išmatavus anglies dioksidą, gauti tokie rezultatai (2.2.1.1. Pav.):

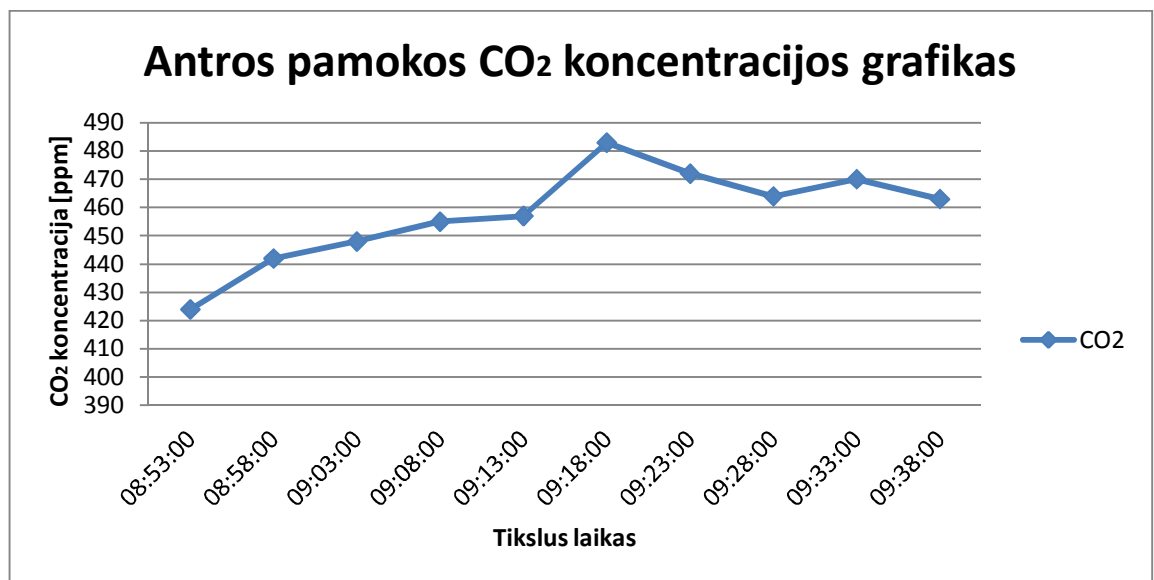


2.2.1.1. Pav. Pirmos pamokos CO₂ koncentracijos grafikas

Iš grafiko matyti, kad anglies dioksido kiekis klasėje beveik nekito. Jis nežymiai pakilo nuo 412 iki 414 ppm. Šis kiekis atitinka keliamus reikalavimus.

- *Antra pamoka;*

Antros pamokos metu kabinete buvo 12 mokinių ir mokytoja. Mokinių skaičius padvigubėjo, o kaip tai įtakojo rezultatus matome pateiktame grafike (2.2.1.2. Pav.):

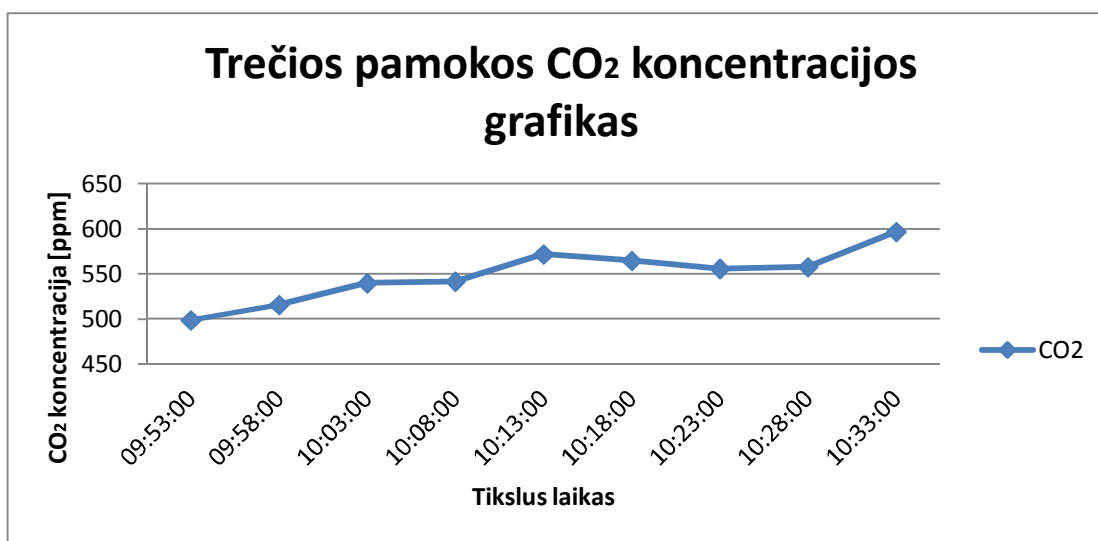


2.2.1.2. Pav. Antros pamokos CO₂ koncentracijos grafikas

Iš grafiko matyti, kad padvigubėjus žmonių skaičiui pakilo ir CO₂ koncentracija, kuri buvo pasiekusi daugiau nei 480 ppm riba. Tai yra leistinas dydis, todėl oro kokybė tinkama.

- *Trečia pamoka;*

Trečioje pamokoje dalyvavo taip pat 12 mokinių ir mokytoja. Jos metu gauti rezultatai pateikti trečiame grafike (2.2.1.3. Pav.):

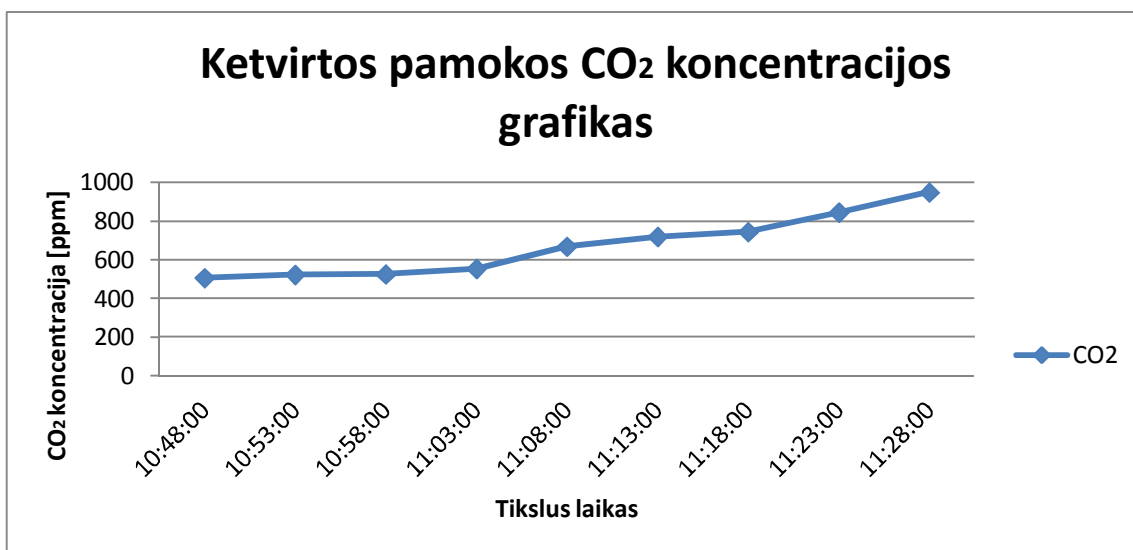


2.2.1.3. Pav. Trečios pamokos CO₂ koncentracijos grafikas

Iš grafiko matome, kad nors žmonių skaičius nekito, tačiau CO₂ koncentracija padidėjo iki 600 ppm. Kabinetas buvo nevėdinamas, todėl kabinete ėmė kauptis ir didėti anglies dioksido kiekis ore.

- *Ketvirta pamoka;*

Ketvirtos pamokos metu kabinete buvo 20 mokinių ir mokytoja. Žmonių skaičius padidėjo 1,6 karto, negu prieš tai buvusią pamoką. Kaip keitėsi CO₂ koncentracija matyti grafike (2.2.1.4. Pav.):

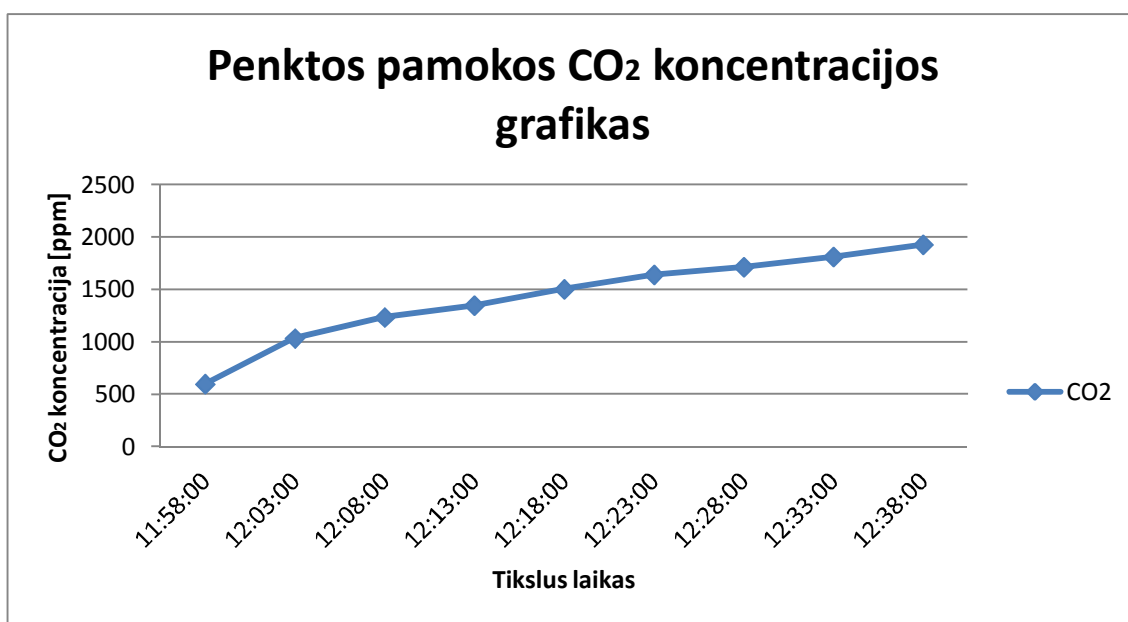


2.2.1.4. Pav. Ketvirtos pamokos CO₂ koncentracijos grafikas

Iš grafiko matome, kad išaugus mokinių skaičiui CO₂ koncentracija ėmė sparčiai didėti ir pasiekė daugiau nei 900 ppm. Koncentracija smarkiai išaugo, tačiau nepasiekė kritinės 1000 ppm ribos.

- *Penkta pamoka;*

Penktos pamokos metu, kabinete buvo 30 mokinių ir mokytoja. Žmonių skaičius padidėjo 1,5 karto negu prieš tai buvusią pamoką. Tarp ketvirtos ir penktos pamokos buvo ilgoji pertrauka. Biologijos kabinetas buvo tuščias, todėl CO₂ koncentracija nukrito nuo buvusios 900 ppm iki 600 ppm. Kaip keitėsi rezultatai prasidėjus penktai pamokai matyti grafike (2.2.1.5. Pav.):

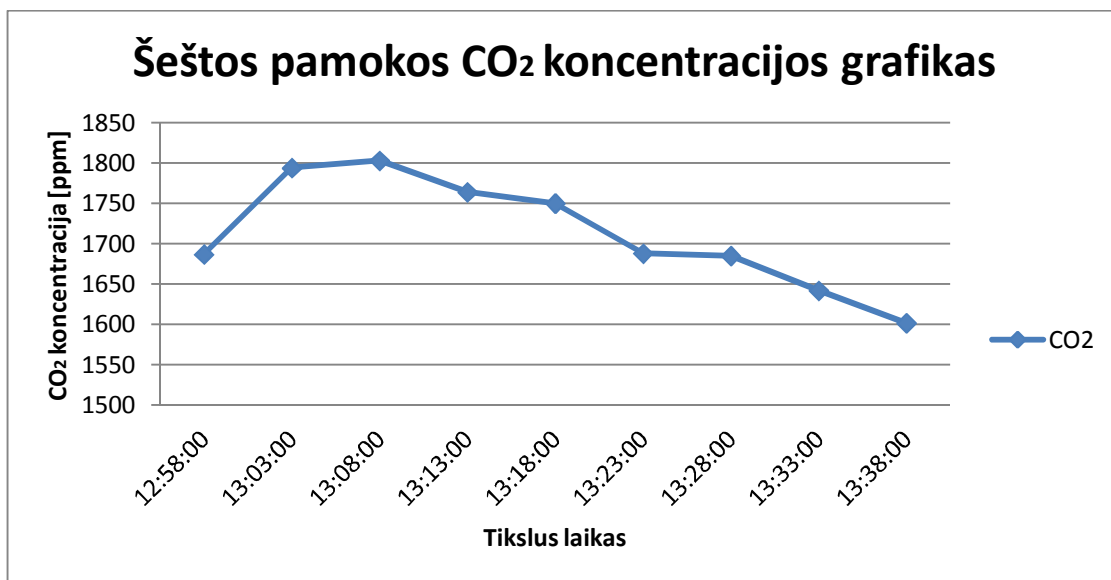


2.2.1.5. Pav. Penktos pamokos CO₂ koncentracijos grafikas

Iš grafiko matyti, kad prasidėjus pamokai ir esant dideliame mokinių skaičiui, CO₂ koncentracija ėmė labai sparčiai didėti nuo buvusios 600 ppm iki 1930 ppm. Kritinė CO₂ koncentracija buvo viršyta beveik du kartus. Pamokos metu oro kokybė kabinete buvo prasta. Mokinių darbingumas ėmė mažėti.

- *Šešta pamoka;*

Šeštos pamokos metu kabinete buvo 22 mokiniai ir mokytoja. Žmonių skaičius klasėje sumažėjo 1,3 karto negu buvo penktos pamokos metu. Kaip keitėsi matavimo rezultatai matyti grafike (2.2.1.6. Pav.):

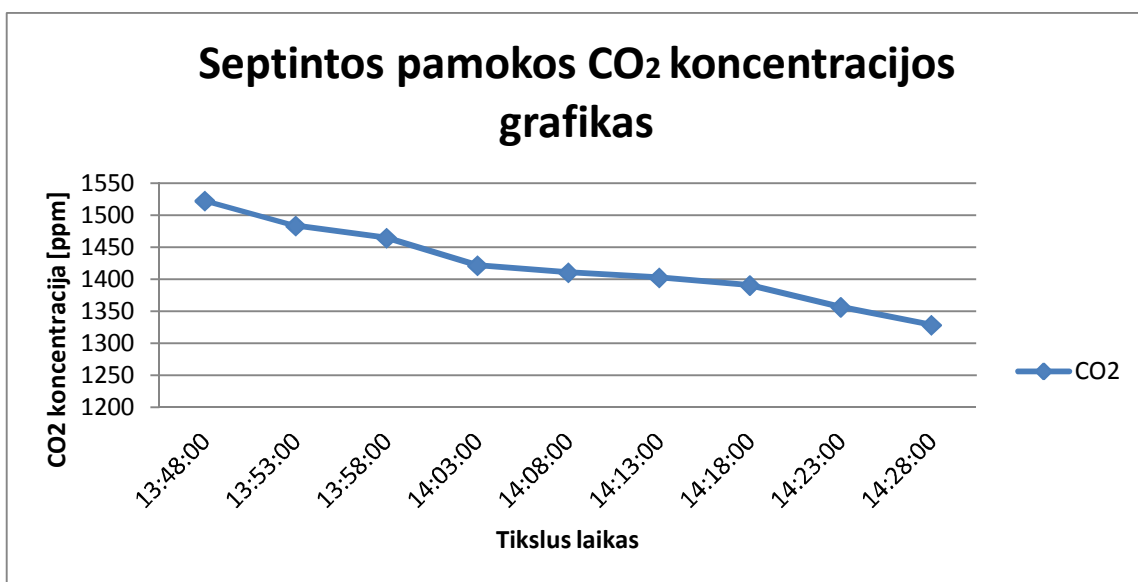


2.2.1.6. Pav. Šeštos pamokos CO₂ koncentracijos grafikas

Iš grafiko matyti, kad CO₂ koncentracija iš pradžių pakilo, bet po to ėmė mažėti, dėl mažesnio žmonių skaičiaus. Nors CO₂ koncentracija sumažėjo, bet ji vistiek viršijo leistiną 1000 ppm ribą. Kabinete oro kokybė toliau išliko prasta.

- *Septinta pamoka.*

Septintos pamokos metu, kabinete buvo 17 mokinių ir mokytoja. Pamokoje buvo 5 mokiniais mažiau negu praėjusią pamoką, o ar tai įtakojo matavimo rezultatus, matyti grafike (2.2.1.7. Pav.):

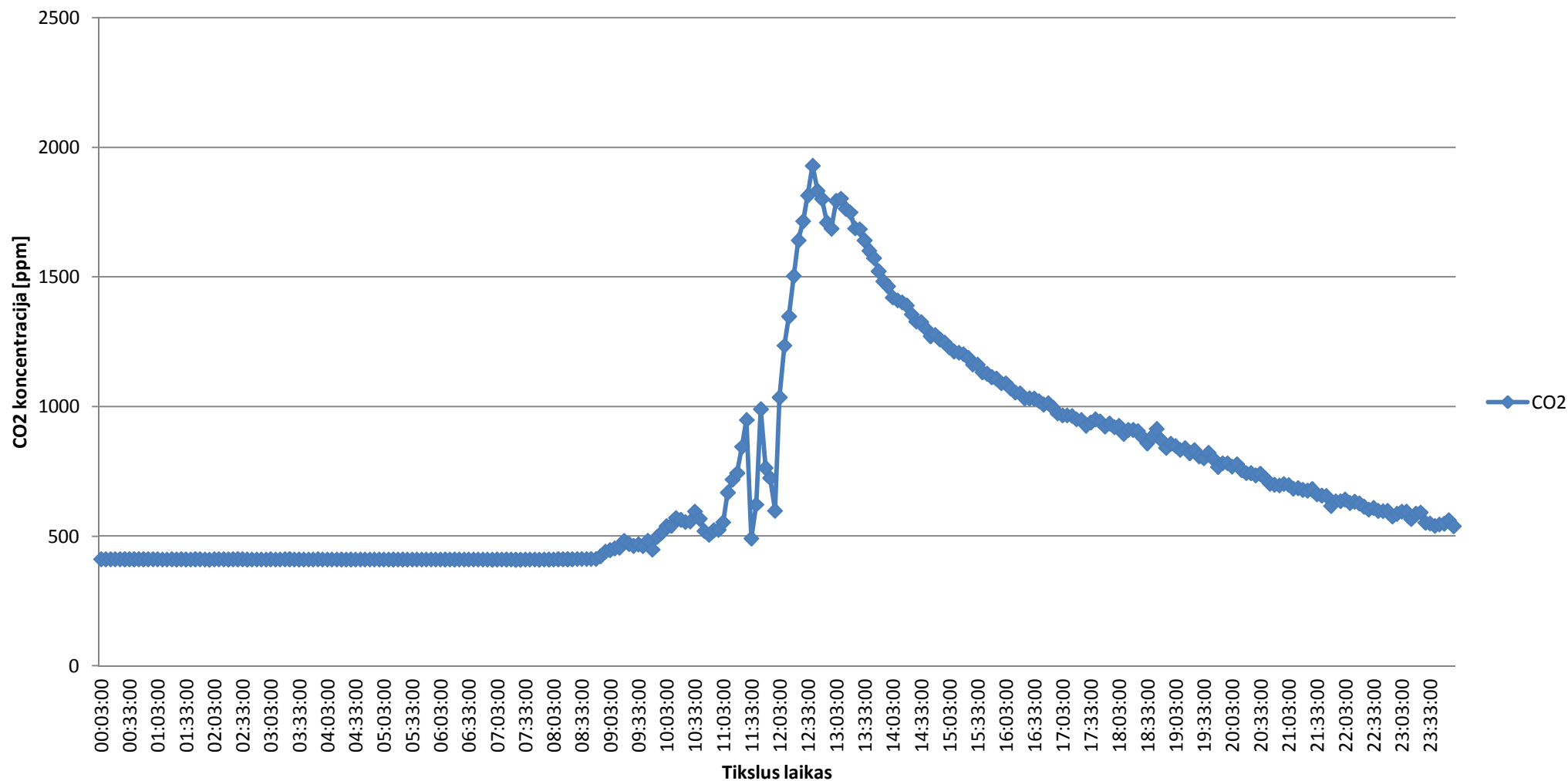


2.2.1.7. Pav. Septintos pamokos CO₂ koncentracijos grafikas

Iš grafiko matyti, kad CO₂ koncentracija kabinete toliau mažėjo. Tam įtakos turėjo sumažėjęs mokinių skaičius. Tačiau CO₂ koncentracija vistiek viršijo leistiną ribą. Oro kokybė išliko prasta.

Norint išanalizuoti kaip keitėsi CO₂ koncentracija biologijos kabinete buvo sudarytas paros CO₂ koncentracijos paros grafikas (2.2.1.8. Pav.):

Paros CO₂ koncentracijos grafikas



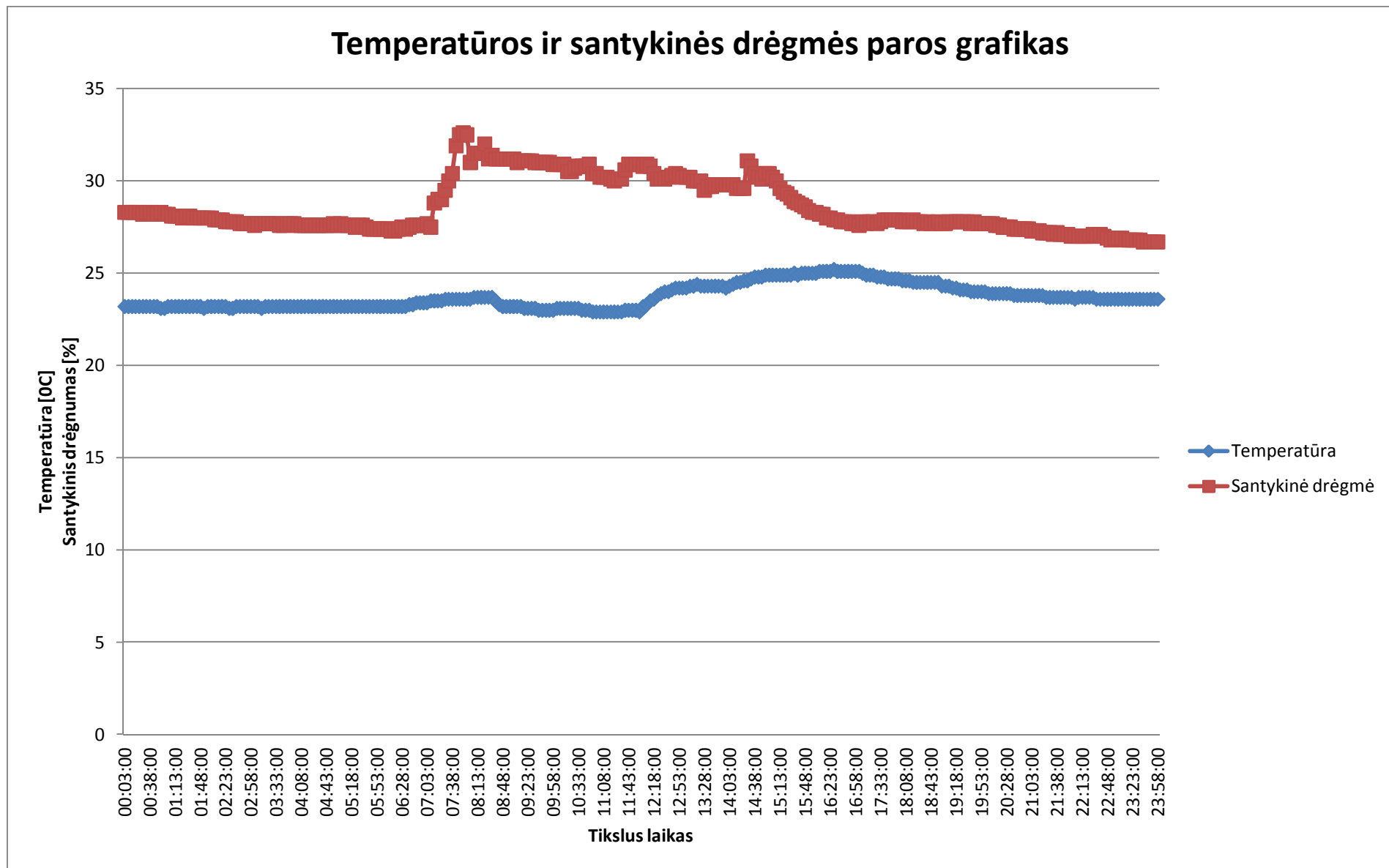
2.2.1.8. Pav. Paros CO₂ koncentracijos grafikas

Iš grafiko matyti, kad mažiausia CO₂ koncentracija buvo nakties metu. Ji išliko pastovi ir laikėsi apie 412 – 414 ppm. Nuo 8 valandos, kada prasidėjo pamokos, CO₂ koncentracija ėmė kisti. Ji pradėjo didėti. Pamokų metu CO₂ koncentracija pakildavo, o pertraukų metu nukrisdavo. Pirmų pamokų metu dėl nedidelio mokinių skaičiaus, koncentracija neviršijo leistinos 1000 ppm ribos. Didžiausią piką CO₂ koncentracija pasiekė vidurdienį tarp 12 - 13 valandos. Leistina 1000 ppm riba buvo viršyta beveik dvigubai. Taip įvyko dėl didžiausio mokinių skaičiaus, penktos pamokos metu. Kabinete buvo 30 mokinių. Net pertraukos metu tarp penktos ir šeštos pamokos koncentracija kabinete viršijo leistiną ribą. Pasiekusi didžiausia reikšmę CO₂ koncentracija ėmė mažėti. Taip įvyko, nes likusių pamokų metu mokinių skaičius sumažėjo. CO₂ koncentracija mažėjo kol vėl pasiekė nakties metu buvusią reikšmę. Kaip matome iš grafiko koncentracija mokykloje buvo didesnė už leistiną 1000 ppm ribą tarp 12 ir 16 valandos. Koncentracija buvo viršijama 4 valandas. Nors paskutinė septinta pamoka baigėsi 14 val 30 min, tačiau CO₂ koncentracija leistiną ribą kabinete viršijo dar 1 val 30 min. Taip įvyko dėl prasto vėdinimo.

Taigi iš duomenų matyti, kad didžiausią įtaką CO₂ koncentracijai turi mokinių skaičius. Kuo didesnis skaičius mokinių klasėje, tuo prastesnė oro kokybė. Mažiau negu 20 mokinių kabinete yra geriausias skaičius, nes nėra viršijama leistina CO₂ koncentracijos riba. Mokinių skaičiui esant tarp 20 – 30 ar daugiau oro kokybė kabinete labai prastėja, nes leistina CO₂ koncentracijos riba yra viršijama. Dėl viršijamos koncentracijos ribos, prastėja mokinių darbingumas, apima mieguistumas, todėl prastėja mokymosi kokybė.

Šio kabineto oro kokybei įtakos turėjo ir vėdinimas. Matavimai atlikti kovo 1 d. Lauko temperatūra buvo žema, todėl kabineto langai visų pamokų metu nebuvo atidaryti. Dėl prasto vėdinimo CO₂ koncentracija kabinete nuo pirmos pamokos ėmė didėti. Pertraukų metu ji kažkiek nukrisdavo, bet nepasiekdavo buvusios žemiausios reikšmės. Kadangi pertraukų trukmė buvo 5 – 10 min., tai CO₂ koncentracija nespėdavo sumažėti. Dėl prasto vėdinimo CO₂ kiekis kabinete ėmė kauptis, todėl kuo pamoka vyksta vėliau, tuo didesnis jo kiekis kabinete. Taigi prastas vėdinimas taip pat turėjo didelės reikšmės tam, kad antroje dienos pusėje kabinete buvo viršyta leistina CO₂ koncentracijos riba.

Taip pat buvo sudarytas paros temperatūros ir santykinės drėgmės grafikas (2.2.1.9. Pav.):

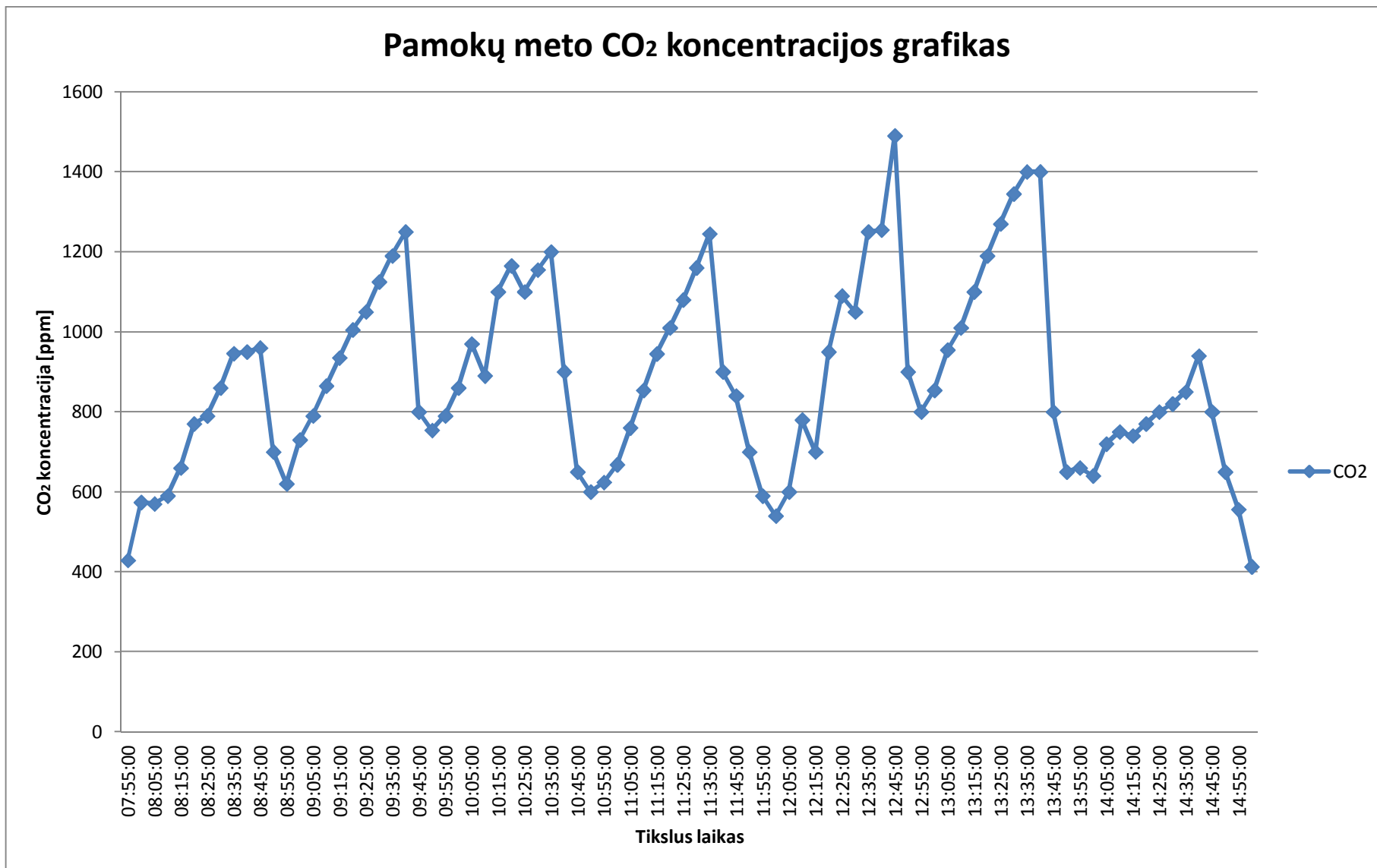


2.2.1.9. Pav. Temperatūros ir santykinės drėgmės paros grafikas

Iš grafiko matyti, kad visą parą kabineto temperatūra beveik nesikeitė ir išliko tarp 23 – 25 °C. Temperatūra buvo tinkama mokymuisi. Matyti, kad temperatūra kabinete labiausiai pakilo popietę apie 15 val., bet tam įtakos neturėjo mokinių skaičius, taip atsitiko dėl pradėjusios šviesti į langus saulės. Taigi vykstant pamokoms ir esant skirtingiems mokinių skaičiams, tai įtakos beveik neturėjo temperatūros pokyčiams.

Santykinė drėgmė buvo tarp 27 – 33 %. Tinkamiausia žmogui santykinė drėgmė yra 40 – 60 %, todėl kabinete ji buvo truputį per žema. Ji pakilo pamokų pradžioje, o paskui kylant temperatūrai ėmė po truputį mažėti. Kaip ir temperatūrai taip ir santykinei drėgmei skirtingas mokinių skaičius pamokų metu įtakos beveik neturėjo.

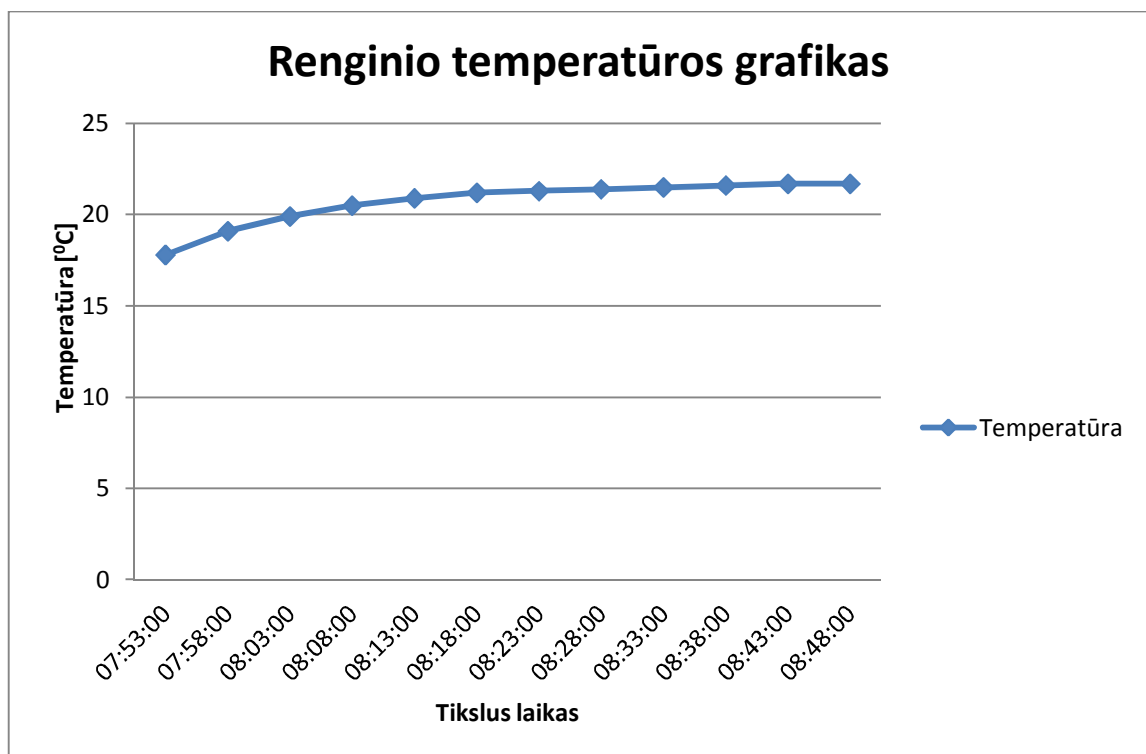
Kaip matyti, mokinių skaičius didžiausia įtaką ir pastebimiausius pokyčius padarė CO₂ koncentracijos grafikuose. Todėl norint tiksliau įsitikinti kokią įtaką CO₂ koncentracijai turi mokinių skaičius, matavimai dar kartą buvo atlikti kitoje mokykloje. Matavimai atlikti lietuvių kalbos kabinete. Matavimų diena, kabinete vyko septynios pamokos. Atlikus matavimus sudarytas bendras visų pamokų grafikas, kuris parodė kaip keitėsi CO₂ koncentracija lietuvių kalbos kabinete pamokų metu (2.2.1.10. Pav.).



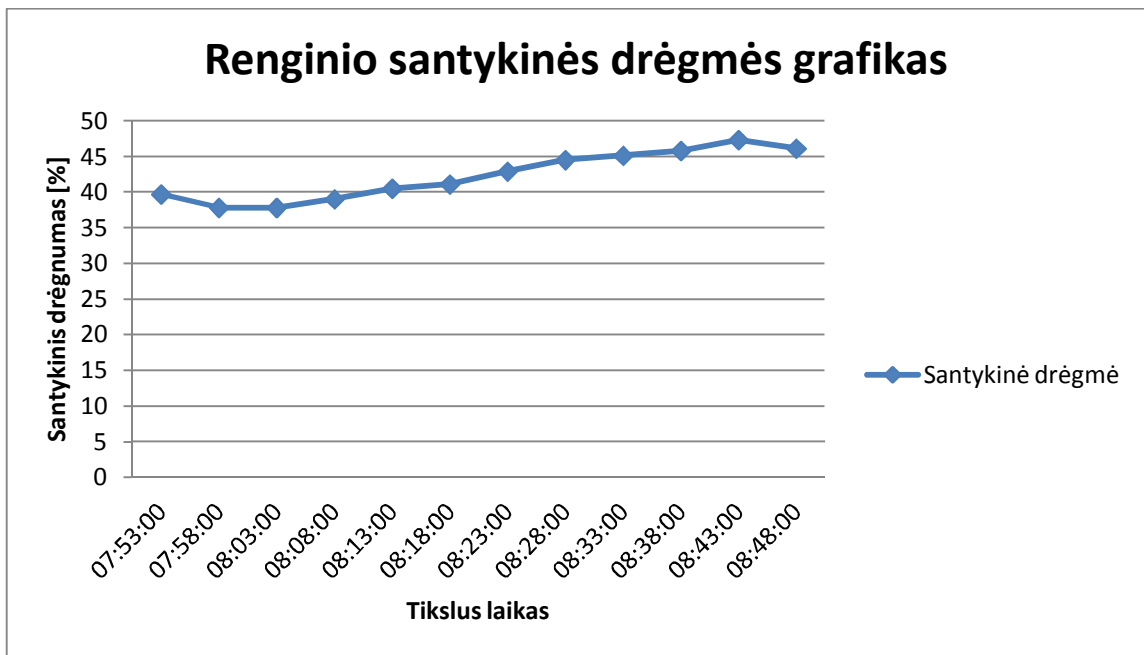
2.2.1.10. Pav. Pamokų metu CO₂ koncentracijos grafikas

Iš grafiko matyti, kad CO₂ koncentracija pamokų metu pakildavo, o pertraukų metu nukrisdavo. CO₂ koncentracijos 1000 ppm riba buvo viršijama visų pamokų metu išskyrus pirmos ir paskutinės. Didžiausia reikšmė buvo apie 1500 ppm pasiekta penktos pamokos metu. Pirmos pamokos metu kabinete buvo 17 mokinių, antros – 24, trečios – 22, ketvirtos – 24, penktos – 28, šeštos – 26, septintos – 15. Taigi matome, kad labiausiai matavimo rezultatus įtakojo mokinių skaičius kabinete. Daugumos pamokų oro kokybė buvo prasta. Matavimai atlikti ankstyvą pavasarį, kai lauko temperatūra buvo žema, todėl klasėje langai nebuvo atidaryti. Pertraukų metu mokytoja palikdavo praviras duris, todėl iš matavimų matyti, kad CO₂ koncentracija žymiai sumažėdavo. Tai buvo teisingas sprendimas, norint sumažinti CO₂ kiekį klasėje.

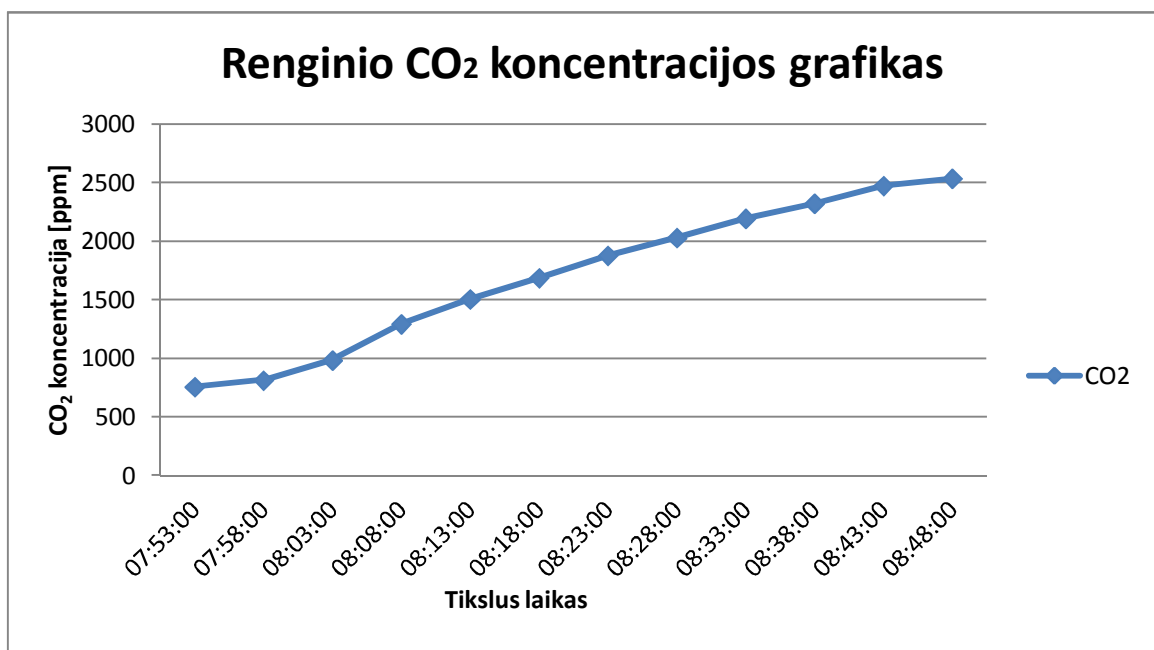
Matavimai taip pat atlikti mokymosi įstaigoje renginio metu. Renginyje dalyvavo 32 žmonės. Kaip keitėsi temperatūros, santykinės drėgmės ir CO₂ matavimo rezultatai viso renginio metu matome grafikuose(2.2.1.11., 2.2.1.12., 2.2.1.13. Pav.):



2.2.1.11. Pav. Renginio temperatūros grafikas



2.2.1.12. Pav. Renginio santykinės drėgmės grafikas

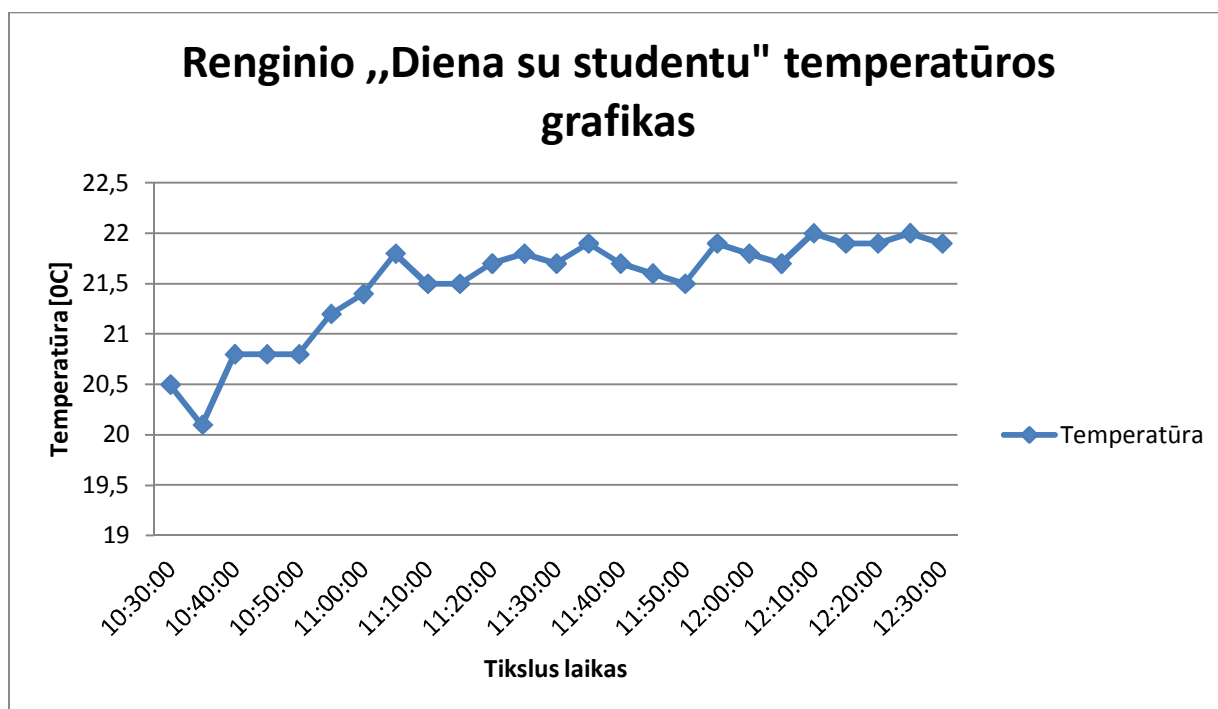


2.2.1.13. Pav. Renginio CO₂ koncentracijos grafikas

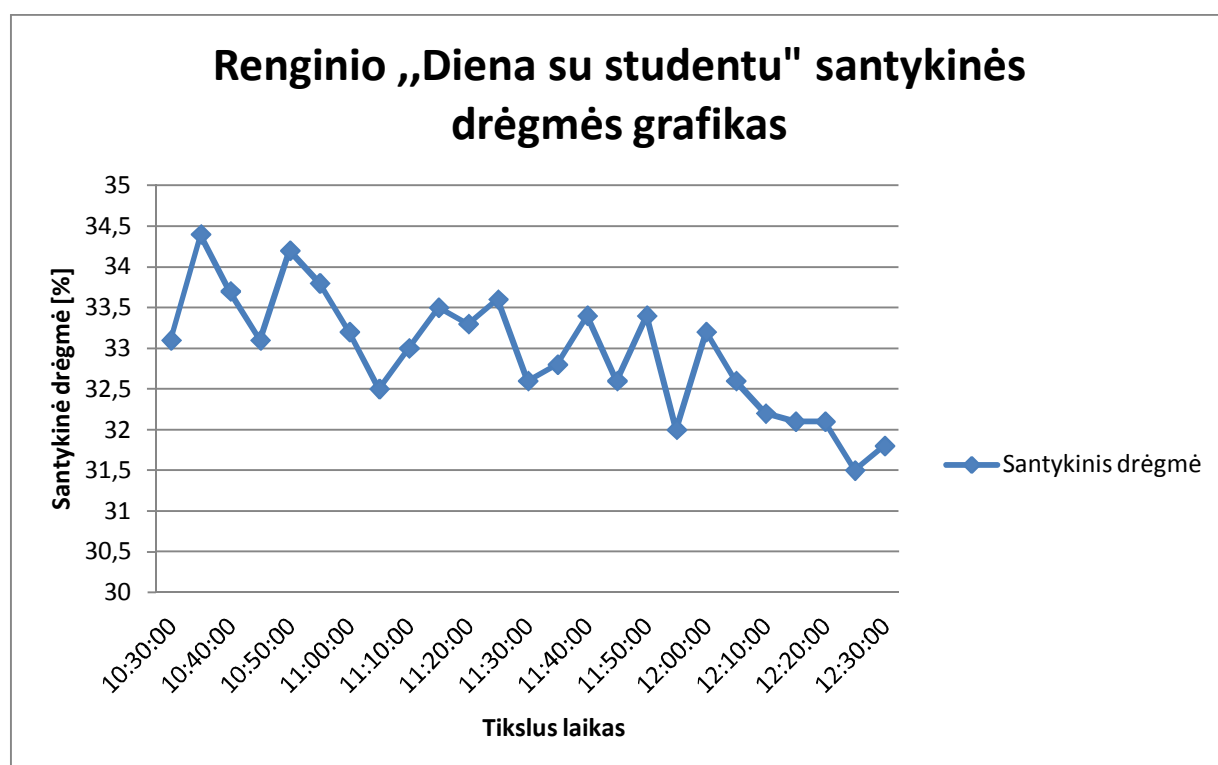
Iš gautų rezultatų matyti, kad temperatūra buvo tarp 18 – 22 °C. Viso renginio metu ji po truputį didėjo. Santykinė drėgmė buvo tarp 39 – 46 %. Ji taip pat didėjo. Tam įtakos turėjo žmonių skaičius. Didelis žmonių skaičius labiausiai įtakojo CO₂ koncentraciją, kuri renginiui einant į pabaigą buvo viršyta 2,5 karto ir pasiekė daugiau nei 2500 ppm. Oro kokybė tapo labai prasta.

Matavimai atlikti dar vieno renginio metu. Renginys „Diena su studentu“, kuris vyko Šiaulių universiteto bibliotekoje. Renginyje dalyvavo didelis skaičius žmonių. Tikslus skaičius

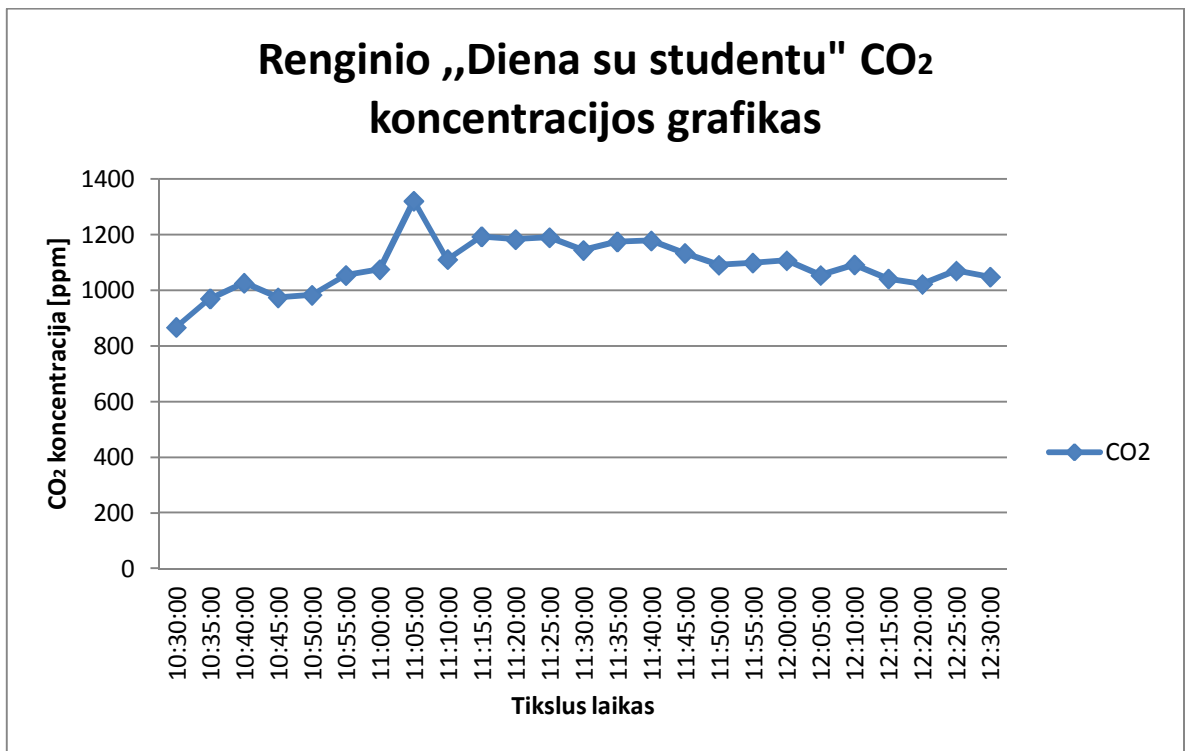
nežinomas. Kaip keitėsi mikroklimato parametrai renginio metu, matyti grafikuose (2.2.1.14., 2.2.1.15., 2.2.1.16. Pav.):



2.2.1.14. Pav. Renginio „Diena su studentu“ temperatūros grafikas



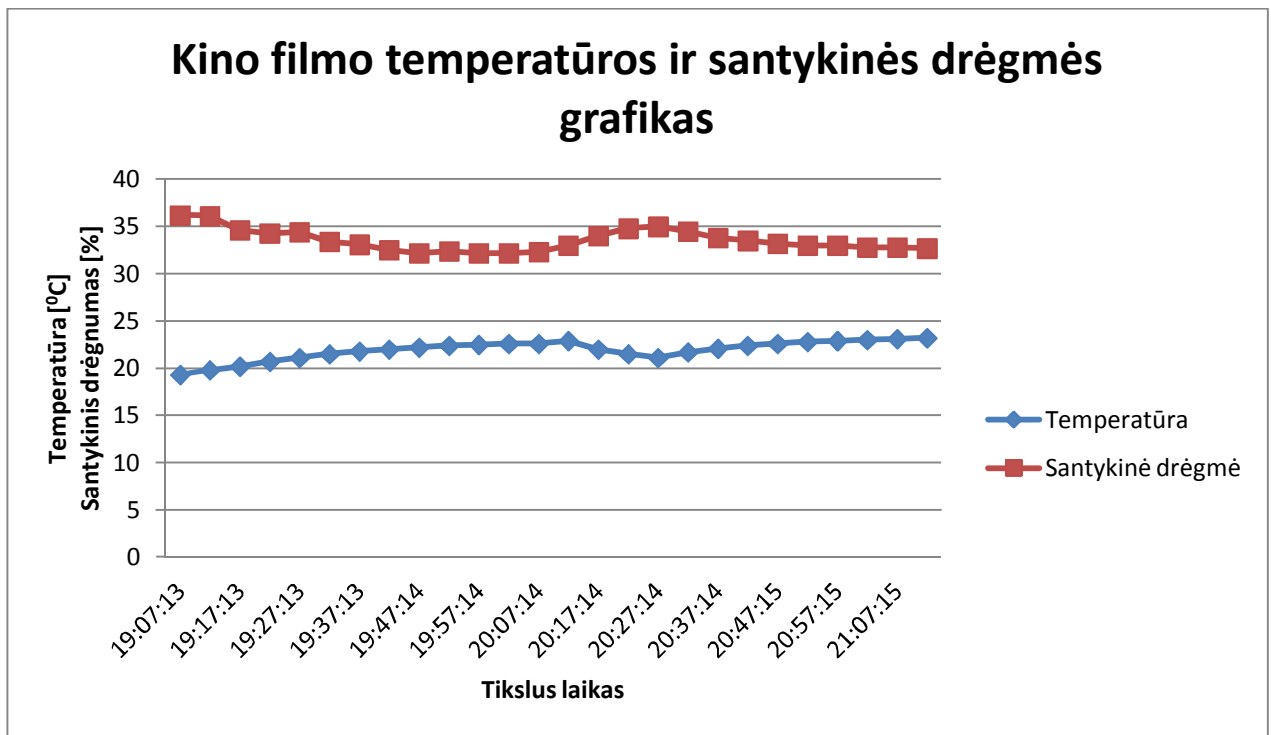
2.2.1.15. Pav. Renginio „Diena su studentu“ santykinės drėgmės grafikas



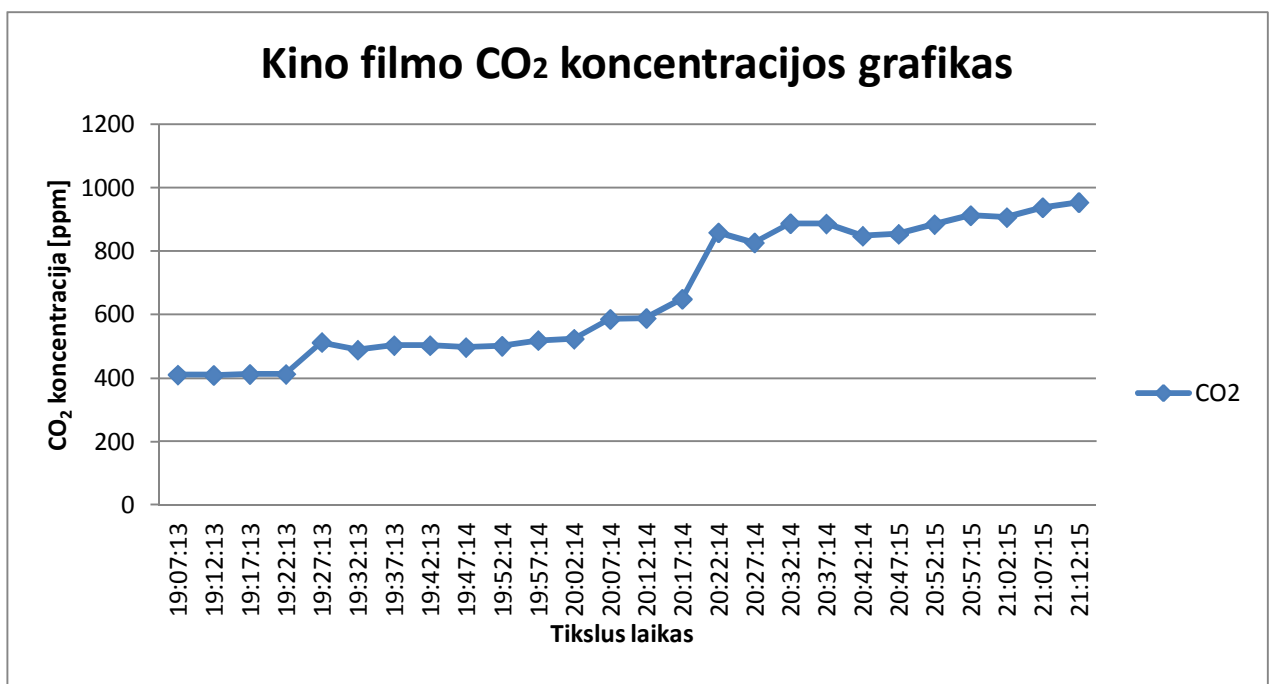
2.2.1.16. Pav. Renginio „Diena su studentu“ CO₂ koncentracijos grafikas

Renginio metu temperatūra buvo tarp 20 – 22 °C. Viso renginio metu ji po truputį didėjo. Temperatūra buvo tinkama. Santykinė drėgmė buvo tarp 31,5 – 34,5 %. Renginio metu santykinė drėgmė šokinėjo, truputį pakildavo, po to nukrisdavo. Bet galiausiai ji nuo 34,5 % nukrito iki 31,5%. Santykinės drėgmės pokyčiams įtakos turėjo didelis žmonių skaičius, temperatūros padidėjimas. Santykinė drėgmė patalpoje buvo per maža. CO₂ koncentraciją, iš pradžių pakilo iki savo maksimumo 1300 ppm, o po to visą renginį laikėsi tarp 1000 – 1200 ppm. Ribinė 1000 ppm riba buvo viršijama beveik visą renginį, todėl oro kokybė patalpoje nebuvo tinkama.

Norint pajvairinti matavimus, matavimai buvo atlikti ne mokymosi įstaigose, bet visuomeninės paskirties pastatuose, kur susirenka daug žmonių. Matavimai atlikti kino filme ir spektaklyje. Kino filme gauti rezultatai pateikti grafikuose (2.2.1.17., 2.2.1.18. Pav.):



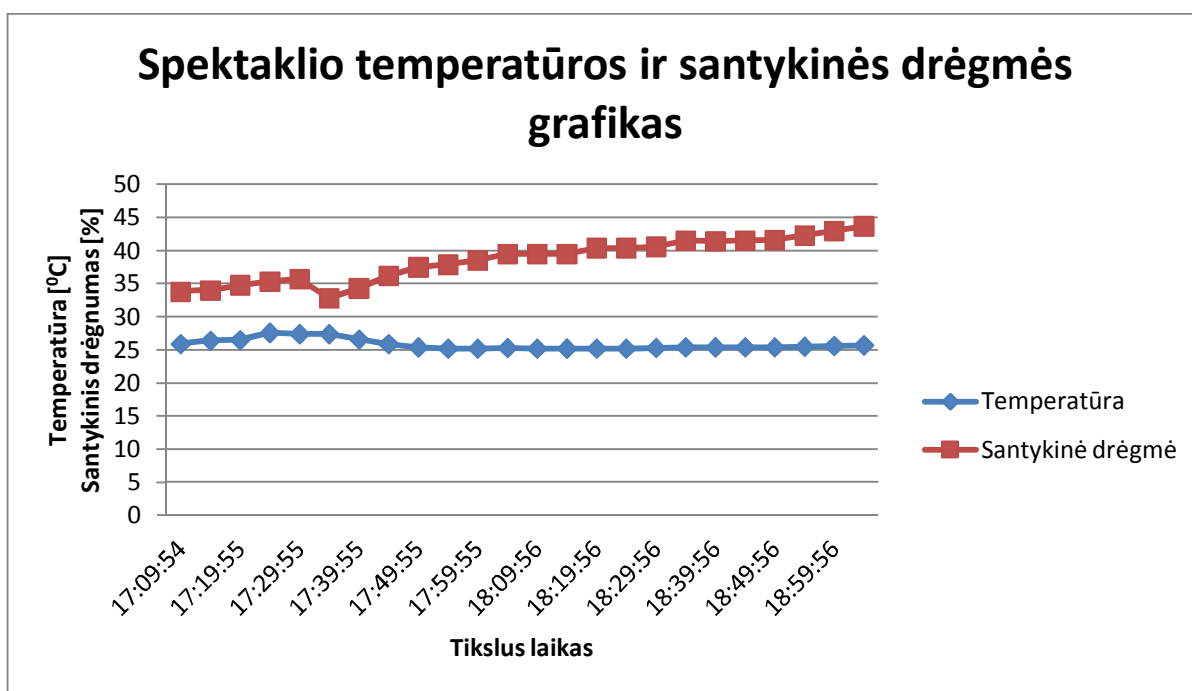
2.2.1.17. Pav. Kino filmo temperatūros ir santykinės drėgmės grafikas



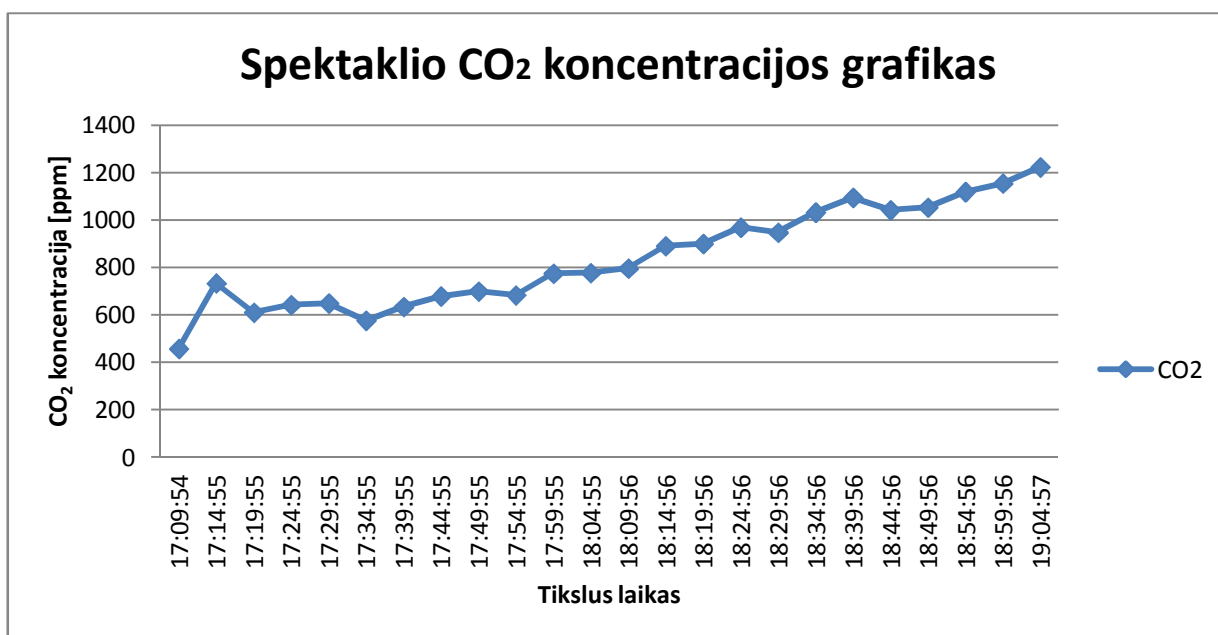
2.2.1.18. Pav. Kino filmo CO₂ koncentracijos grafikas

Filme dalyvavo apie 200 žmonių. Filmo metu temperatūra buvo tarp 20 – 24 °C. Santykinė drėgmė – tarp 33 – 36 %. Iš grafiko matyti, kad kylant temperatūrai santykinė drėgmė ėmė mažėti, temperatūrai krentant – didėti. CO₂ koncentracija viso filmo metu didėjo, tačiau nepasiekė 1000 ppm ribos. Didžiausia reikšmė buvo filmo pabaigoje 954 ppm. Nors žmonių skaičius buvo labai didelis, tačiau oro kokybė filmo metu buvo gera. Tam įtakos turėjo geras kino salės vėdinimas.

Spektaklyje gauti matavimo rezultatai (2.2.1.19., 2.2.1.20. Pav.):



2.2.1.19. Pav. Spektaklio temperatūros ir santykinės drėgmės grafikas



2.2.1.20. Pav. Spektaklio CO₂ koncentracijos grafikas

Spektaklyje dalyvavo apie 150 žmonių. Iš spektaklio grafikų matyti, kad temperatūra buvo tarp 25 – 27 °C, santykinė drėgmė – tarp 33 – 43 %. Šie abu parametrai mažai keitėsi, tik santykinė drėgmė nežymiai padidėjo. CO₂ koncentracija spektaklio metu didėjo ir jam artėjant į pabaigą buvo viršyta leistina 1000 ppm riba. Didžiausia CO₂ koncentracija buvo spektaklio pabaigoje ir siekė 1224 ppm. Beveik viso spektaklio metu oro kokybė buvo gera, tačiau artėjant spektakliui link pabaigos ji suprastėjo. Taigi nebuvo užtikrintas tinkamas patalpos vėdinimas.

IŠVADOS

1. Nustatyti ir įvertinti svarbiausi patalpos mikroklimato parametrai, t.y. patalpos temperatūra, santykinė oro drėgmė ir CO₂ koncentracija. Kiekvienas iš šių parametrų labai svarbus ir privalo atitikti jiems keliamus reikalavimus. Patalpose turi būti užtikrinama tinkama temperatūra, reikiamas oro drėgnumas ir kuo mažesnė CO₂ koncentracija. Taip užtikrinama komfortiška patalpos aplinka. Kiti parametrai įtakojantys komfortišką aplinką būtų: oro judėjimas, oro švarumas (ore turi būti kuo mažesnis kiekis kietųjų dalelių, dulkių ir kitų nešvarumų), triukšmo lygis patalpoje.

2. Nustatyta, kad mikroklimato parametrai turi didžiulę įtaka žmonių sveikatai. Patalpose privalo būti užtikrinama tinkama 19 °C – 20 °C temperatūra. Esant aukštesnei patalpos temperatūrai žmogui gali pasireikšti organizmo perkaitimas. Tuo pačiu sumažėja žmonių darbingumas, dėmesys. Nustatyta, kad žmogus vidutiniškai per parą įkvėpia 10000 l oro, todėl turi būti užtikrintas tinkamas patalpos vėdinimas. Vėdinimas užtikrinamas varstomais langais ir natūralios traukos kanalais. Nevėdinamose patalpose kaupiasi žmogui kenksmingos medžiagos, kaip anglies monoksidas, azoto dioksidas ir t.t. Santykinė oro drėgmė privalo būti apie 40 – 60 %. Per didelė ar per maža santykinė drėgmė taip pat neigiamai veikia žmogų. Kai per drėgnas oras ir maža patalpos temperatūra žmogus gali sušalti, o kai per drėgnas oras ir aukšta temperatūra – perkaisti. Didesnė drėgmė taip pat palanki įvairiems mikroorganizmams gyvuoti. Per sausas oras žmogui gali pasireikšti odos ir gleivinių džiuvimo jausmu. Džiūdamos kvėpavimo takų gleivinės praranda barjerines savybes ir nebeapsaugo organizmo nuo ore esančių mikroorganizmų. Labai svarbus ir oro judėjimas patalpoje. Žmogui nejaučiančiam oro judėjimo pasidaro tvanku, blogėja savijauta, darbingumas.

3. Siekiant nustatyti ir įvertinti mikroklimato parametrus mokymosi ir studijų įstaigose buvo atlikti mikroklimato parametrų (temperatūros, santykinės drėgmės ir CO₂ koncentracijos) matavimai. Matavimams atlikti buvo pasinaudota: „RC – 5“ temperatūros matavimo ir „Misol“ temperatūros ir santykinės drėgmės matavimo prietaisais. Taip pat arduino ir sensorių pagalba buvo suprojektuotas matavimo prietaisas, kuris atliko temperatūros, santykinės drėgmės bei CO₂ koncentracijos matavimus. Prietaisą sudaro: arduino UNO R3, duomenų kaupiklis skirtas arduino, LCD ekranas, „MH – Z19“ CO₂ sensorius, „DHT22“ temperatūros bei santykinės drėgmės sensorius, SDHC kortelė.

4. Išanalizavus gautus matavimo duomenis mokyklose, nustatyta, kad mokinių skaičius patalpoje įtakoja mikroklimato parametrus. Kuo didesnis mokinių skaičius klasėje, tuo labiau pastebimi mikroklimato parametrų pokyčiai. Didžiausi pokyčiai atsiranda CO₂ koncentracijos matavimuose. Temperatūros ir santykinės oro drėgmės pokyčiai mažiau pastebimi. Iš matavimų

matyti, kad esant mažesniai mokinių skaičiui negu 20, CO₂ koncentracijos leistina 1000 ppm riba nėra viršijama. Pavyzdžiui, 6 mokiniai – 414 ppm, 12 mokinių – 480 ppm. O mokinių skaičiui esant daugiau negu 20, CO₂ koncentracija viršija leistina ribą. Pavyzdžiui, 30 mokinių – 1930 ppm, 22 mokiniai – 1800 ppm. Patalpoje esant 30 mokinių CO₂ koncentracija buvo viršyta beveik 2 kartus. Taip pat pastebėta, kad tinkamai nevedinant patalpos, joje ima kauptis CO₂ kiekis. Todėl kuo pamoka vyksta vėliau tuo joje daugiau susikaupia CO₂. Net ir mažesnis mokinių skaičius neužtikrina tinkamų parametrų. Pavyzdžiui septintoje pamokoje buvo 17 mokinių. Pamokos metu CO₂ koncentracija nors ir mažėjo, tačiau visos pamokos metu buvo virš leistinos 1000 ppm ribos. Iš paros CO₂ koncentracijos grafiko nustatyta, kad grafiko pokyčiai atsiranda nuo 8 val. ryto, kada prasideda pamokos ir vyksta visų pamokų metu. Pasibaigus pamokoms CO₂ koncentracija iš lėto mažėja kol pasiekia mažiausią vertę. Taigi mokymosi įstaigose mikroklimato parametrus didžiausią įtaką turi mokinių skaičius ir tinkamas vėdinimas.

5. Ištirtose mokymosi įstaigose nėra užtikrinti tinkami CO₂ koncentracijos parametrai. O tai gali įtakoti sumažėjusi mokinių darbingumą, dėmesingumą, savijautą. Tai gali įtakoti prastesnius mokymosi rezultatus.

6. Nustatyta, kad žmonių didelio susibūrimo vietose: renginiuose, kino filmuose, spektakliuose taip pat neužtikrinama komfortiška aplinka.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Oro drėgno, temperatūros ir CO₂ koncentracijos kaita studentų auditorijoje [interaktyvus]. Prieiga per internetą: < <http://www.mtp.lt/files/MTP-2.pdf> > [Žiūrėta: 2016-01-25]
2. Čyras P., Šukys R., Girnius V., Nainys V., Žmonių sauga. Paskaitų konspektas. VGTU, 2005 m. [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <<http://www.pavesis.lt/pavesis/pavesiai/26/3/V%C4%97dinimas.pdf>> [Žiūrėta: 2016-02-20]
3. HN 42:2009 „Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas“. LRS. V-1081, 2009 m. gruodžio 29 d. [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=362676&p_query=&p_tr2=>> [Žiūrėta: 2016 m. vasario 10 d.]
4. Ratkus A., Patalpos mikroklimato parametrų matavimo ir reguliavimo sistema. Elektros inžinerijos katedra, Šiaulių Universitetas. 2011 m. 133 p.
5. Komfortiška aplinka – tikslūs patalpų mikroklimato parametrai [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.spec.lt/lt/inzineriniai_sprendimai-Komfortiska_aplinka_tikslus_patalpu_mikroklimato_parametrai> [Žiūrėta: 2016-02-21]
6. HN 69:2003 "Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai". Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija. V-770, 2003 m. gruodžio 24 d. [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=230880> [Žiūrėta: 2016 m. vasario 12 d.]
7. Isevičius E., Oro kondicionavimas. Kaunas : Technologija, 2007. 220 p.
8. Kietosios dalelės – mažos, bet labai pavojingos [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.ekologija.lt/ekorasciai/kietosios_daleles_mazos_bet_labai_pavojingos> [Žiūrėta: 2016-03-02]
9. Kupšytė D., Dulkėtumo, mikroklimato ir triukšmo tyrimai fermose. Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, LŽŪU. 2010.
10. CO₂ koncentracija [interaktyvus]. Prieiga per internetą: < <http://tenko.lt/rekuperatoriai-vedinimas/apie-vedinima/efektyvus-vedinimas/co2-koncentracija> > [Žiūrėta: 2016- 02-29]
11. Triukšmo žala žmogaus sveikatai ir jo prevencijos priemonės [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <<http://www.stakliskiuvm.puslapiai.lt/Kiti/Sveikata/Triuksmas.htm>> [Žiūrėta: 2016-03-03]
12. HN 33:2011 „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“. V – 604, 2011 m. birželio 13 d. [interaktyvus]. Prieiga per internetą:

<http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=402074&p_query=&p_tr2=>

[Žiūrėta: 2016-03-03]

13. Stauskis, V. J., Statybinė akustika, Vilnius: Technika, 2005. 268 p.

14. Stauskis V. J., Kunigėlis V., Ivairių garso šaltinių akustinės charakteristikos. Vilnius: Technika, IV t. Nr. 4, 1998 m., p. 311–315.

15. Grubliauskas R., Aplinkos triukšmo ir jo mažinimo, taikant lengvas konstrukcijas, tyrimai bei skaitinis modeliavimas. Daktaro disertacija. Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2009 m.

16. Garsas ir triukšmas [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <<http://www.rockwool.lt/kodel+rockwool/akustinis+komfortas/garsas+ir+triuksmas>> [Žiūrėta: 2016-03-05]

17. Patalpų mikroklimatas [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <<http://distance.ktu.lt/kursai/buitis/pssk.htm>> [Žiūrėta: 2016-03-10]

18. Mikroklimatas [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <<http://www.beril.lt/lt/informacija/mikroklimatas.html>> [Žiūrėta: 2016-03-11]

19. Patalpų mikroklimatas tampa vis svarbesnis [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <<http://sa.lt/patalpu-mikroklimatas-tampa-vis-svarbesnis/>> [Žiūrėta: 2016-03-15]

20. PAVILONIS S., BURNECKIS E., GAVELIS V. ir kt. Žmogaus anatomija. Vilnius, 1984 m. 616 p.)

21. Patalpų mikroklimatas veikia sveikatą [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <file:///D:/Magistras/Baigiamasis/Teorija/Patalp%C5%B3%20mikroklimatas%20veikia%20sveikat%C4%85%20_%20Alkas.lt.html> [Žiūrėta: 2016-03-18]

22. Sveiki namai – sveikas žmogus [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <<file:///D:/Magistras/Baigiamasis/Teorija/Sveiki%20namai%20%E2%80%93%20sveikas%20%C5%BEmogus%20-%20Straipsniai%20%C5%BEurnale%20-%20Sveikas%20%C5%BDmogus.html>> [Žiūrėta: 2016-03-25]

23. Vėdinimas [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <<https://lt.wikipedia.org/wiki/V%C4%97dinimas>> [Žiūrėta: 2016-03-29]

24. Natūralus vėdinimas ir mechaninis vėdinimas [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.ekspertai.lt/vedinimas/straipsniai/naturalus_vedinimas_ir_mechaninis_vedinimas> [Žiūrėta: 2016-04-02]

25. Patalpų vėdinimas ir kondicionavimas [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <<http://www.statytojas.lt/content/blogcategory/25/56/>> [Žiūrėta: 2016-04-02]

26. Kondicionavimas [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <<http://www.vejulinija.lt/lt/paslaugos/kondicionavimas>> [Žiūrėta: 2016-04-04]

27. Oro kondicionavimo sistemos [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.pristis.lt/lt/vedinimo-oro-kondicionavimo-ir-sildymo-sprendimai/air-conditioning-solutions> [Žiūrėta: 2016-04-06]
28. Kondicionavimo sistema [interaktyvus]. Prieiga per internetą: http://www.intercars.lt/pliki/File/Litwa/tech_info/Kondicionavimo_sistema.pdf [Žiūrėta: 2016-04-10]
29. Rekuperacinė vėdinimo sistema [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.komfovent.lt/rekuperacine-vedinimo-sistema> [Žiūrėta: 2016-04-15]
30. Efektyvi vėdinimo sistema [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.rekuperatoriucentras.lt/index.php/svarbu-zinoti/16-efektyvi-vedinimo-sistema> [Žiūrėta: 2016-04-26]
31. Pleskas S., Valdikliai. Praktiniai darbai. Vilnius, 2012 m. 62 p.
32. Rugaitis O., Elektros įrenginių valdymo nuotoliniu būdu standas. Šiauliai, 2015 m. 42 p.
33. Francesca R. d'Ambrosio Alfano, Laura Bellia, Atze Boerstra, Froukje van Dijken. Indoor Environment and Energy Efficiency in Schools. s.l. : REHVA, 2010. 130 p.