



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

**Kęstutis Jokubynas**

**VANDENS BASEINAMS SKIRTO ORO TIEKIMO ĮRENGINIO  
ANALIZĖ**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

Doc. dr. Algimantas Balčius

**KAUNAS, 2016**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

**VANDENS BASEINAMS SKIRTO ORO TIEKIMO ĮRENGINIO  
ANALIZĖ**

Baigiamasis magistro projektas  
Termoinžinerija (kodas 621E30001)

**Vadovas**

Doc. dr. Algimantas Balčius

**Recenzentas**

Prof. habil. dr. Stasys Šinkūnas

**Projektą atliko**

Kęstutis Jokubynas

**KAUNAS, 2016**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

**Tvirtinu:** \_\_\_\_\_  
Šilumos ir atomo energetikos (parašas, data)  
katedros vedėjas Doc. dr. E. Puida  
(vardas, pavardė)

**PAGRINDINIŲ UNIVERSITETINIŲ STUDIJŲ BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS**  
**Studijų programa TERMOINŽINERIJA**

Universitetinių pagrindinių studijų, kurias baigus įgyjamas magistro kvalifikacinis laipsnis, baigiamasis darbas yra taikomojo arba tiriamojo pobūdžio projektas. Jam atlikti ir apginti skiriama 30 kreditų. Šiuo projektu studentas parodo, kad yra sukaupęs pakankamai žinių, turi pakankamai gebėjimų ir nemažą pasirinktos studijų krypties analitinio ar projektavimo darbo patirtį. Taip pat jis parodo, kad yra kūrybingas, išmano socialinės ir komercinės aplinkos, teisės aktų ir finansines galimybes, turi informacijos šaltinių paieškos ir jų analizės, projektavimo ir inžinerinės analizės, informacinių technologijų naudojimo ir rašytinio bendravimo, taisyklingos kalbos vartosenos įgūdžių, giliai suvokia nagrinėjamą temą, geba tinkamai formuluoti išvadas.

1. Darbo tema **Vandens baseinams skirto oro tiekimo įrenginio analizė**.....  
**Analysis of swimming pool air supplying equipment**.....  
Patvirtinta 2016 m. gegužės mėn. 3 d. dekano įsakymu Nr. V25-11-7 .....
2. Darbo tikslas – **Suprojektuoti ir analizuoti vandens baseinų patalpoms skirto oro kondicionavimo įrenginį**. .....
3. Darbo struktūra.....
  - **Literatūros susijusios su vėdinimu, oro kondicionavimu, sausinimu ir oro įtaka žmogaus organizmui analizė.**
  - **Oro vėdinimo ir kondicionavimo įrenginių ir sistemų analizė.**
  - **Oro kondicionavimo įrenginio komponentų skaičiavimai.**
  - **Oro kondicionavimo įrenginio analizė ir gautų rezultatų apibendrinimas.**
4. Reikalavimai ir sąlygos – **darbas turi būti atliktas, laikantis baigiamųjų darbų atlikimui skirtų metodinių nurodymų bei LR galiojančių normatyvinių aktų reikalavimų**. .....
5. Užbaigto darbo pateikimo terminas: **2016 m 05 mėn. 24d.**
6. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamąjo darbo dalis.  
Išduota studentui **Kęstučiui Jokubynui** .....
- Užduotį gavau **Kęstutis Jokubynas** ..... 2016.02.01  
(studento vardas, pavardė) (parašas) (data)
- Vadovas **Doc. dr. Algimantas Balčius** ..... 2016.02.01  
(pareigos, vardas, pavardė) (parašas) (data)



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Kęstutis Jokubynas

(Studento vardas, pavardė)

Terminžinerija, 621E30001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Vandens baseinams skirto oro tiekimo įrenginio analizė“

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20 16 m. gegužės 25 d.  
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Kętučio Jokubyno**, baigiamasis projektas tema „Vandens baseinams skirto oro tiekimo įrenginio analizė“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

\_\_\_\_\_  
(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

Jokubynas, Kęstutis. Vandens baseinams skirto oro tiekimo įrenginio analizė. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Algimantas Balčius; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis: Energijos inžinerija

Reikšminiai žodžiai: Vėdinimas, kondicionavimas, sausinimas, šilumokaitis.

Kaunas, 2016. 50 p.

## SANTRAUKA

Žmogus 80% savo gyvenimo laiko praleidžia patalpose, todėl būtina užtikrinti, kad oras patalpose būtų kuo mažiau užterštas. Vėdinimas reikalingas tam, kad į patalpas būtų tiekiamas švarus oras ir būtų sukuriamas kuo palankesnis mikroklimatas pastato viduje, nes esant palankiam mikroklimatui nenukenčia darbo efektyvumas, žmonės nesiskundžia įvairiais negalavimais atsirandančiais dėl nepakankamo gryno oro kiekio ir nejaučiamas diskomfortas.

Šiame magistro baigiamajame projekte, nagrinėjama vėdinimo ir oro kondicionavimo svarba pastatuose, oro įtaka žmogaus organizmui, didelis dėmesys skiriamas oro kokybei baseinų patalpose ir energetiniam įrenginių efektyvumui.

Tema aktuali todėl, kad brangstant iškastiniam kurui ir šylant klimatui reikia ieškoti sprendimų, kaip sumažinti išmetamus energijos kiekius ir kaip juos papildomai panaudoti.

Darbe apskaičiuoti oro kondicionavimo įrenginio komponentai, suprojektuotas įrenginys, jį surinkus atlikti eksperimentiniai bandymai.

Bandymų metu buvo nagrinėjamas kryžminis- priešpriešinių srautų šilumokaitis, jo naudingumo koeficiento priklausomybės nuo įvairių faktorių, taip pat įrenginyje įdiegto šilumos siurblio parametrai.

Jokubynas, Kęstutis.: Analysis of Swimming Pool Air Supplying Equipment. Master's final project / supervisor assoc. doc. dr. Algimantas Balčius. Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Studies area: Energy engineering

Key words: ventilation, conditioning, dehumidification, heat exchanger.

Kaunas, 2016. 50 p.

## **SUMMARY**

80 percent of life human spends buildings inside, therefore it is necessary to ensure that indoor air will be less polluted. Ventilation is required in order to be supplied clean air and to create a more favorable microclimate inside the building, because at favorable microclimate unaffected labor efficiency, people do not complain about various ailments due to a lack of fresh air quantity and do not feel discomfort.

This final master's project, analyzed ventilation and air-conditioning importance in a buildings, air influence for the human body, great attention is for a swimming pool halls air-conditioning and energy efficiency of the device.

The subject is relevant because the increasing prices of fossil fuels and global warming need to look for solutions to reduce emissions of energy and how to use it again.

In this project was calculated the air-conditioning unit components, designed a device and carry out experimental test.

The main idea was to investigate cross-counter flow heat exchanger energy efficiency of dependence on various factors and explore heat pump characteristics.

# Turinys

ĮVADAS .....	1
1. Literatūros apžvalga .....	2
1.1 Oro kokybės įtaka žmonių sveikatai .....	2
1.2 Vėdinimo sistemų raida .....	8
1.3 Vėdinimo higienos parametrai ir mikroklimatas .....	10
1.6 Oro sausinimas .....	16
2. Vėdinimo sistemų konstrukcija ir įranga .....	18
2.1 Vėdinimo sistemų tipai .....	18
2.2 Vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų įranga .....	19
2.2.1 Oro vėdinimo kameros .....	20
2.2.2 Ventiliatoriai .....	21
2.2.3 Oro šildytuvai .....	22
2.2.4 Ortakiai .....	23
2.2.5 Oro srauto reguliavimo įtaisai .....	23
2.2.6 Oro sklaidytuvai .....	24
3. Oro kondicionavimo įrenginio projektas .....	24
3.1 Pradinės sąlygos .....	24
3.2 Įrenginio sudedamosios dalys, jų apskaičiavimas ir parinkimas .....	26
3.3 Ekoniminis palyginimas .....	38
4. Eksperimentinė- tiriamoji dalis .....	39
4.1 Darbo objektas .....	39
4.2 Bandymų metodika ir prietaisai .....	40
4.3 Tyrimo rezultatai .....	43
Išvados .....	47
Literatūros sąrašas .....	48
Priedai .....	50

## PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS

<b>1.1 pav.</b> Pelėsio apimtas kampas drėgnose patalpose.....	4
<b>1.2 pav.</b> Tvankumo pojūčio priklausomybė nuo oro temperatūros ir santykinės drėgmės [9].....	5
<b>1.3 pav.</b> Lietuvos klimato vertinimas vėsinimo požiūriu [19].....	9
<b>1.4 pav.</b> Odos paviršiaus temperatūros pasikeitimo priklausomybė nuo aplinkos temperatūros....	11
<b>1.5 pav.</b> Skersvėjo pojūčio priklausomybės nuo oro temperatūros ir judrumo [9].....	12
<b>2.1 pav.</b> Oro tiekimo ir šalinimo kamera, su kryžminiu oro srautų rekuperatoriumi.....	20
<b>2.2 pav.</b> Vėdinimo kamera skirta montuoti ant pastato stogo arba lauke [22].....	21
<b>2.3 pav.</b> Stoginiai ventiliatoriai [22].....	22
<b>2.4 pav.</b> Kanaliniai ventiliatoriai. A- kvadratiniais ortakiams, B- apvaliems ortakiams [22].....	22
<b>2.5 pav.</b> Įvairių tipų oro sklaidytuvai [22].....	24
<b>3.1 pav.</b> Įrenginio principinė schema.....	26
<b>3.2 pav.</b> Išcentrinis EBMpaupt firmos ventiliatorius su EC tipo varikliu [20].....	27
<b>3.3 pav.</b> Kryžminis- priešpriešinių srautų šilumokaitis.....	27
<b>3.4 pav.</b> Įrenginio veikimas žiemos režimu [21].....	28
<b>3.5 pav.</b> Įrenginio veikimas vasaros režimu [21].....	28
<b>3.6 pav.</b> Įrenginio veikimas recirkuliacijos režimu [21].....	29
<b>3.7 pav.</b> Grafinis sprendimo metodas.....	32
<b>3.8 pav.</b> Oro recirkuliacijos proceso principinė schema.....	35
<b>3.9 pav.</b> Šaldymo sistemos principinė schema.....	36
<b>4.1 pav.</b> Bandomasis oro kondicionavimo įrenginys.....	40
<b>4.2 pav.</b> Regi firmos temperatūros/drėgmės sensorius [23].....	41
<b>4.3 pav.</b> Skaitmeninis daviklis skirtas oro srautui nustatyti [21].....	41
<b>4.4 pav.</b> Systemair firmos kontroleris.....	41
<b>4.5 pav.</b> Corrigo E Tool ventilation programos langas.....	42
<b>4.6 pav.</b> Testo firmos prietaisas kompresoriaus parametrąs analizuoti.....	42
<b>4.7 pav.</b> Įrenginys testavimo vietoje.....	43
<b>4.8 pav.</b> Kryžminio-priešpriešinių srautų šilumokaičio naudingumo koeficiento priklausomybė nuo temperatūros (-0,34-6,74°C).....	45
<b>4.9 pav.</b> Kryžminio-priešpriešinių srautų šilumokaičio naudingumo koeficiento priklausomybė nuo temperatūros (10,66- 14,64°C).....	45
<b>4.10 pav.</b> Kryžminio-priešpriešinių srautų šilumokaičio naudingumo koeficiento priklausomybė nuo oro debito.....	46
<b>4.11 pav.</b> Santykinės drėgmės kitimas šilumokaityje.....	46



## LENTELIŲ SĄRAŠAS

<b>1.1 lentelė.</b> CO <sub>2</sub> koncentracijų poveikis žmogaus organizmui.....	3
<b>1.2 lentelė.</b> Karščio indekso sukeltos diskomforto reikšmės (Lietuvos klimato atlasas, 2013)....	6
<b>1.3 lentelė.</b> Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų patalpų šiluminio komforto aplinkos parametrų normuojamos vertės.....	14
<b>1.4 lentelė.</b> Reikalavimai baseinų vandens paviršiaus plotui, vandens temperatūrai ir vandens apykaitai.....	15
<b>3.1 lentelė.</b> Žiemos režimo parametrai.....	29
<b>3.2 lentelė.</b> Vasaros režimo parametrai.....	33
<b>3.3 lentelė.</b> t <sub>2</sub> temperatūrų reikšmės: apskaičiuotos, eksperimentinės, pagal programą.....	35
<b>3.4 lentelė.</b> Metinė išorės oro temperatūra, vidutinė šildymo sezono trukmė ir jo išorės temperatūra.....	38
<b>4.1 lentelė.</b> Šilumokaičio naudingumo koeficiento priklausomybės nuo lauko temperatūros bandymo duomenų dalis.....	43

## **IVADAS**

„Vėdinimas ir oro kondicionavimas - tai du skirtingi, tačiau ir panašūs procesai. Vieni oro kondicionavimą suprato kaip vėdinimo sudedamąją dalį, kiti manė, kad tai yra visiškai savarankiška technikos šaka.“ [1] „Tai, kas vadinama bendru terminu vėdinimas, apima dvi sritis- vėdinimą (siaurąją prasme), kai oras tik pašildomas, bei reguliuojamas jo judrumas ir švarumas patalpose, ir oro kondicionavimą, kai dar reguliuojama santykinė oro drėgmė ar oras vėsinamas vasarą.“ [2] Taigi, vykdant abu šiuos procesus, jeigu tai reikalinga, tiekiamas į patalpas oras gali būti filtruojamas, šildomas ar atvėsinamas, bei sausinamas ar drėkinamas. Šis oro cirkuliacijos procesas patalpose užtikrina: O<sub>2</sub> papildymą, sumažina CO<sub>2</sub> kiekį ore, pašalina vandens garų perteklių, bei ore esančių kenksmingų dalelių kiekį.

„Oro kondicionavimas (OK) vadinamas dirbtinio klimato sukūrimas ir palaikymas patalpose nepriklausomai nuo išorės oro pokyčių.“ [1] Kondicionavimas, tai aukščiausia vėdinimo dalis, nes esant natūraliai ar mechaniniai vėdinimo sistemai neįmanoma užtikrinti oro parametrų tokių kaip: temperatūra, santykinis drėgnis, oro judrumas, ir kt., kurie griežtai nustatomi įvairiems preciziškiems procesams užtikrinti.

Vėdinimas turi kelias funkcijas:

- „sukuriamos palankios žmonių veiklai mikroklimato sąlygos, didėja darbo našumas;
- reguliuojama oro kokybė, ypač jo užterštumas (tai būtina sąlyga sveikatos apsaugai ir gaminant tikslųjų technologijų produkciją);
- tai gaisrų, sprogimų ir nelaimingų atsitikimų profilaktikos priemonė, nes mažina sprogiųjų ar degiųjų priemaišų koncentracija;
- pailginama atitvarų eksplotavimo trukmė.“ [2]

### **Šio projektinio darbo tikslas:**

Susipažinti ir išnagrinėti keliamus reikalavimus ir nuostatas projektuojant oro kondicionavimo įrenginius ir sistemas, suprojektuoti oro kondicionavimo įrenginį ir jį išbandyti praktiškai.

### **Darbo uždaviniai:**

1. Apžvelgti ir išanalizuoti literatūros šaltinius, mokslinius straipsnius ir tyrimus susijusius su oro kondicionavimo sistemomis, įrenginiais, oro sausinimo metodais, poveikiu žmogaus organizmui, neigiamo poveikio prevencija ir mažinimu.
2. Atlikus literatūros analizę, suprojektuoti oro kondicionavimo įrenginį
3. Suprojektavus įrenginį jį pagaminti ir atlikti ekperimentinius bandymus.
4. Aptarti bandymo rezultatus ir pateikti gautas išvadas.

# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

## 1.1 Oro kokybės įtaka žmonių sveikatai

Oras yra pats svarbiausias elementas, kuris reikalingas palaikyti mūsų gyvybei. Grynas oras mums suteikia sveikatos ir blaivų protą, tačiau šiais laikais žmonės pamiršta gryno oro svarbą ir pasivaikščiojimus gryname ore.

Šiuolaikinėje visuomenėje dauguma žmonių didžiąją laiko dalį praleidžia žmogaus sukurtoje uždaroje erdvėje. Ar tai būtų gyvenamosios patalpos, ar darbo vieta, mokyklos, vaikų darželiai, laisvalaikio leidimo centrai ar transportas – uždaroje patalpose praleidžiama iki 80 proc. paros laiko, o tai reiškia, kad tiek pat laiko kvėpuojame perdirbtu oru. Perdirbtame ore, ypač jeigu kalbame apie įprastą ventiliacijos sistemą, kaupiasi dulkės, pelėsis, bakterijos, virusai, cigarečių dūmai, įvairios cheminės medžiagos ir kiti toksinai, kurių kiekis, pakartotinai naudojant tą patį orą, vis didėja. Tai pamažu daro neigiamą įtaką žmogaus sveikatai. Mes metų metus galime nepajusti tikrosios organizmui padarytos žalos. [3]

„Sveikatą labiausiai lemia žmogaus gyvensena, fizinė, socialinė ir kultūrinė aplinka. Net 20 proc. įtakos sveikatai turi aplinka, kurioje žmogus gyvena, todėl svarbu, kad jis gyventų bei dirbtų sveikoje aplinkoje.“ [4] Patalpos turi būti be triukšmo, su gerai įrengta vėdinimo ir oro kondicionavimo sistema, nuolat vėdinamos ir kad jose nesikauptų įvairios dujos bei dulkės.

Švedijoje atlikti tyrimai rodo, kad dėl nepakankamos oro kokybės kasmet miršta apie pusė tūkstančio žmonių. Mirties priežastis – apsinuodijimas gamtinės kilmės radioaktyviosiomis dujomis – radonu. Atmosferoje jis išsisklaido ir jo kiekis yra labai mažas. Uždaroje erdvėje, pavyzdžiui, pastatų viduje, radonas gali kauptis ir pasiekti didelį tūrinį aktyvumą, taip sukeldamas neigiamą poveikį žmogaus sveikatai. Moksliškai įrodyta, kad padidėjusi radono koncentracija gyvenamosiose patalpose yra viena plaučių vėžio formavimosi priežasčių.[3]

Atėjus šaltajam metų sezonui vis daugiau laiko praleidžiame patalpose. Remiantis tyrimais, nustatyta, kad patalpų oras net dešimt kartų gali būti užterštas labiau, negu lauko oras.

„Jungtinių Tautų Aplinkos apsaugos agentūra patalpų oro taršą įvardija net kaip vieną iš penkių pavojingiausių grėsmių žmogaus sveikatai. Tuo tarpu, pasaulinė sveikatos organizacija skelbia, kad daugiau nei trisdešimties procentų pastatų patalpos turi problemų dėl oro kokybės. Tačiau kol kas daugelis pakankamai neįvertina šios problemos mastų.“ [4]

Aplinkoje pasklidę virusai niekur nedingsta. Jų yra tiek vasarą, tiek žiemą. Tik žmogus, atvėsus orams, nesugeba prisitaikyti prie kintančių aplinkos sąlygų. Vasarą dažniau atidarome langus ir patalpos yra geriau išvėdinamos. Žiemos metu – taupome šilumą, rečiau įsileidžiame šviežio oro. Galimybė greičiau susirgti kokia nors peršalimo liga priklauso ir nuo to, ar namuose valome paviršius drėgna šluoste. Tokiu būdu surenkame įvairiausių mikrobus. Jei dulkės valomos tik su šluotele – sukeliame dulkių debesys ir mikrobai bei virusai po to vėl grįžta ant paviršių. (Infektologas prof. habil. dr. Alvydas Laiškonis)

Vidutiniškai kvėpuodamas žmogus per minutę įkvepia nuo 7 iki 12 litrų oro, o užsiimdamas sportine veikla net iki 50 litrų per minutę. Kvėpuodami maži vaikai įkvepia beveik du kartus daugiau oro, negu patys sveria, todėl užterštas oras daug labiau kenkia vaikų organizmui ir pasekmės buna sunkesnės. Nors ir esant nedidelei teršalų koncentracijai ore, tačiau pastoviai kvėpuojant tokiu oru, kenksmingosios dalelės kaupiasi organizme, taip sukeldamos negalavimus tik po kurio laiko.

Didelę laiko dalį praleisdami uždaroje, prastai ventiliuojamose patalpose, žmonės aplinką teršia ir patys. Įrodyta, kad žmogaus organizmas į aplinką išskiria apie pusantro šimto lakiųjų medžiagų. Pavyzdžiui, anglies monoksidą, metaną, amoniaką, vandenilį, vandenilio sulfatą, lakiąsias riebiąsias rūgštis, azoto oksidą, acetoną, etilo ir metilo alkoholius, etilo acetatus.

Pagrindiniai oro teršalai yra: anglies dioksidas, sunkieji metalai, sieros dioksidas, ozonas, azoto monoksidas ir kietosios dalelės.

Anglies dioksidas arba (anglies dvideginis), nėra nuodingas, tačiau didelė jo koncentracija sukelia neigiamus pojūčius. CO<sub>2</sub> patalpose išskiria ir žmogus, išskyrimo kiekis priklauso nuo žmogaus veiklos intensyvumo. Jei patalpose yra leidžiamas CO<sub>2</sub> kiekis ore, paprastai ir kitų junginių reikšmės neviršija leistinų ribų. Kiekvienoje šalyje CO<sub>2</sub> kiekis ore yra skirtingai reglamentuojamas.

**1.1 lentelė.** CO<sub>2</sub> koncentracijų poveikis žmogaus organizmui

Koncentracija mg/m <sup>3</sup>	Poveikis
600-700	Įprasta CO <sub>2</sub> koncentracija ore
1100	Komfortinis lygis; į patalpą tiekiant 36 m <sup>3</sup> /h gryno oro vienam žmogui
1800	CO <sub>2</sub> koncentracijos riba ore, kai tiekama 30 m <sup>3</sup> /h gryno oro vienam žmogui
4500	Neleistina koncentracija, susidaranti, kai tiekama 9 m <sup>3</sup> /h gryno oro vienam žmogui
36000	Daugumai žmonių ima trūkti oro, pradedama dusti.
90000	Pakvėpavus ilgiau negu 3 valandas, žmonės pradeda prastai jaustis, yra tikimybė mirti.

Sieros junginiai dažniausiai susidaro deginant siera kurą, sukelia gastritą, kvėpavimo takų ligas. Ore jungdamiesi su vandens garais, virsta sieros rūgštimi.

Anglies monoksidas, susidaro nepilnai sudegus kurui. Žmonės jaučia galvos skausmus, svaigsta galva, apima silpnumas. Dažniausiai smarkiai apsinuodijus anglies monoksidu mirštama.

Kietosios dalelės arba dulkės. Veikia kvėpavimo takus, gali būti nuodingos arba nenuodingos. Ilgai dirbant dulkėmis užterštoje aplinkoje paveikiami plaučiai, pasireiškia dusulys,

išsivysto pleuritas, plaučių uždegimas. Metalų dulkių poveikis priklauso nuo metalo rūšies ir sudedamųjų dalių. Organizmą gali paveikti labai įvairiai: sukelti plaučių ligas, veikia kraujotakos sistemą ar nervų sistemas.

Teršalai į patalpas patenka ne vien iš lauko, bet ir išsiskiria iš vidaus apdailos medžiagų: tapetų, apdailos plokščių, grindų dangos ar baldų. Tai pat, lakieji organiniai junginiai, tarp jų ir formaldehidas, gali išsiskirti iš buitinių priežiūros priemonių, valiklių. Be šių teršalų, patalpų ore gali būti ir tabako dūmų, kuro degimo produktų ir taip pat biologinių teršalų: virusų, bakterijų, pelėsių (grybų sporų). Pelėsiai dažniausiai veisiasi šiltose, drėgnose ir prastai vėdinamose patalpose.

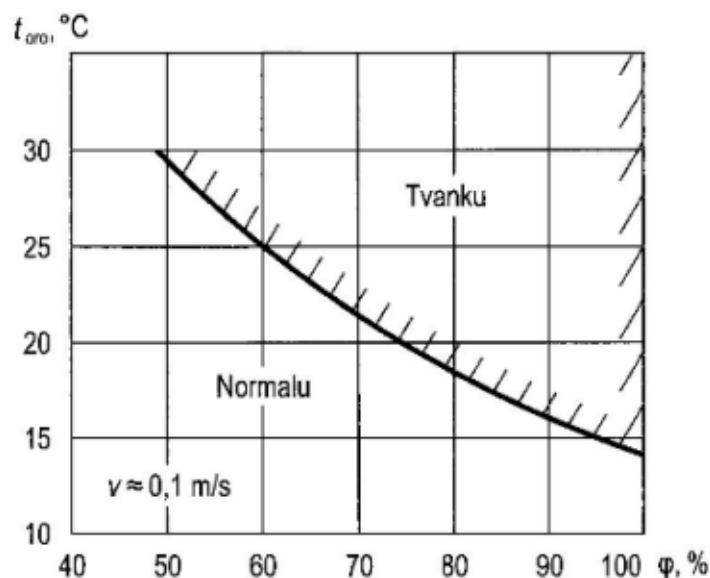
Specifinis, priplėkęs kvapas yra vienas iš rodiklių, kad patalpas apniko pelėsiniai grybai arba vadinamieji mikromicetai. Ant patalpų sienų taip pat atsiranda tamsios dėmės, kurios ilgainiui išplinta (žr. pav. 1). Žmogaus sveikatai ypač pavojingos augančių pelėsių sintetinės nuodingos medžiagos – mikotoksinai. Pastarieji kenkia žmogaus nervų, imuninei sistemoms, turi kancerogeninių savybių, gali įjautrinti žmogaus organizmą, sukelti alergines ligas. Labiausiai pelėsiams jautrūs kūdikiai, maži vaikai, nėščios moterys, žmonės su nusilpusiu imunitetu bei sergantys kvėpavimo sistemos ligomis.[4]



**1.1 pav.** Pelėsio apimtas kampas drėgnose patalpose

Ilgai būnant nevėdinamose patalpose žmonės gali pradėti jausti įvairius negalavimus: galvos sukimąsi bei skausmą, akių ir nosies skausmus, pykinimą, dėmesio sutelkimo stoką, nuovargį. Bet žmogui pakeitus aplinką, ar išėjus į gryną orą visi šie negalavimai dingsta.

Ne vien kenksmingos medžiagos esančios ore kenkia žmonių sveikatai, bet ir ore esanti drėgmė. Kai santykinis oro drėgnumas viršija 65% žmonės pradeda jausti diskomfortą.



**1.2 pav.** Tvankumo pojūčio priklausomybė nuo oro temperatūros ir santykinės drėgmės [9]

Karštą ir drėgną vasaros dieną, kartais karštis būna nepakeliamas. Tai ne vien dėl tvankaus oro, bet ir dėl to, kad aukšta temperatūra ir didelė drėgmė trukdo išgaruoti prakaitui. Natūraliai, kai mes pradėdame kaisti, išsiskiria prakaitas. Prakaitas kondensuojasi ant odos paviršiaus, ir tai padeda atvėsinti mūsų kūnus.

Žmogaus kūnui nespėjant pašalinti šilumos, organizmo temperatūra pradeda kilti, to pasekoje padidėja cheminių reakcijų greitis ir organizmas perkaista. Perkaitę žmonės jaučiasi nusilpę, jiems svaigsta galva, pykina, sutrinka kvėpavimas ir širdies veikla. Gali ištikti šilumos smūgis, dehidracija, žmogus gali prarasti sąmonę arba neadekvačiai elgtis, gali prasidėti traukuliai, ištikti koma arba žmogus gali mirti.

„Saulės smūgis – ne liga, tai tiesiog perkaitimo sukelta žmogaus organizmo būseną ir ji gali atsirasti nebūtinai dėl saulės. Šilumos stresą arba saulės smūgį dažniausiai sukelia iš karto trys faktoriai: perkaitimas, perdžiūvimas, druskų trūkumas. Todėl tuoj pat reikia trijų priemonių: šalčio, vandens, druskų.“ [5]

**1.2 lentelė.** Karščio indekso sukeliama diskomforto reikšmės (Lietuvos klimato atlasas, 2013)

Oro temperatūra, °C	Santykinė oro drėgmė, %							
	30	40	50	60	70	80	90	100
22	22	22	24	25	27	28	30	31
24	24	25	27	28	30	32	33	35
26	26	28	30	32	33	35	37	39
28	29	31	33	35	37	39	41	43
30	31	34	36	39	41	43	46	48
32	34	37	40	42	45	46	50	53
34	37	40	43	46	49	52	55	58
36	40	44	47	50	53	57	60	63
38	43	47	51	54	58	62	65	69
40	47	51	55	59	63	67	71	75
< 27 °C	Diskomfortas nesukeliamas							
27-34 °C	Silpnas diskomfortas							
35-39 °C	Stiprus diskomfortas							
40-45 °C	Pavojus sveikatai							
46-54 °C	Didelis pavojus sveikatai							
>54 °C	Labai didelis pavojus sveikatai							

Sparčiai vystantis pramonei ir augant žmonių poreikiams vis dažniau yra statomi spa centrai, pirtys ir baseinai. Pastatuose, kur įrengiamos pirtys ir baseinai drėgmės lygis yra kur kas didesnis, nes vanduo garuoja ir išskiria didelius kiekius garų, kurie padidina santykinę oro drėgmę.

Laisvalaikio ir baseinų patalpose, kur yra intensyvus vandens garavimas yra labai svarbu efektyviai džiovinti orą. Pirmiausia, labai svarbu apsaugoti pastatą nuo puvinimo, korozijos, pelėsiu ir bakterijų dauginimosi, ir antra bet ne mažiau svarbu užtikrinti jaukią ir malonią aplinką žmonėms, kurie naudojami šiomis patalpomis.

Baseinų patalpose, be drėgmės ore yra ir kitų nuodingų priemaišų, kurios susidaro dezinfekuojuojant baseinų vandenį įvairiais cheminiais preparatais, dėl to taip pat būtina tinkamai įrengta vėdinimo sistema.

„Dezinfekuojuojant baseinų vandenį naudojami chloro preparatai, iš kurių atsiranda kenksmingos medžiagos, tokios kaip chloramidas ir trihalometas, kurie skatina astmos požymius.“ [6]

2000 metų Olimpinėse žaidynėse plaukimo komanda iš JAV pranešė, kad dalis jos komandos serga įvairaus lygio astma. Toks susirgimų lygis tarp sportininkų paskatino mokslininkus ieškoti priežasčių.

Dezinfekcijos metu chloras reaguoja su organinėmis medžiagomis, kurių randama vandenyje (nuosėdomis ant vamzdinių sienelių, bakterijomis, odos, plaukų likučiai, prakaitu ir šlapimu) ir susidaro THM (trihalometanai). Naujausieji, Europoje atlikti tyrimai patvirtino, kad azoto trichloridas, vienas iš daugelio žinomų THM, buvo vienas svarbiausių astmos sukėlėjų. Tyrimo metu nustatyta, kad kai tik

tyrimo dalyviai buvo pašalinti iš patalpų kuriose telkėsi kenksmingos medžiagos, astmos požymiai per palyginti trumpą laikotarpį žymiai sumažėjo.[7]

Daktaras K. Thickettas, Birmingemo Heartlando ligoninės profesinių plaučių ligų gydytojas, atliko tyrimą, kuriame plaukimo baseine buvo tiriami darbininkai, sergantys astma ar turintys astmos požymių. Tyrimo dalyvių buvo paprašyta pakeisti darbo vietą ir nebedirbti baseine. Buvo pastebėta, kad po to, kai jie nebūdavo baseine, visi dalyvavę tyrime subjektai arba nutraukė steroidų naudojimą arba jiems ryškiai sumažėjo astmos simptomų pasireiškimai.

Daktaras K. Thickettas, aiškindamas šių rezultatų priežastis, pareiškė, kad ligos vystosi ne tik dėl chloro, bet ir dėl cheminių reakcijų, kurių metu chloras reaguoja su organinėmis medžiagomis: prakaitu, oda, plaukais. Šių reakcijų metu išsiskiria šalutiniai skilimo produktai – aldehidai, halodgenizuoti karbonatai ir chloraminas, kurie sukelia astmą.

Kitas tyrimas, atliktas Louvaino Katalikų Universiteto, industrinės toksikologijos ir profesinių susirgimų skyriaus, tyrė mokinius, lankančius plaukimo baseiną, kurių vidutinis amžius 10 metų. Tyrimas parodė tiesioginį ryšį tarp astmos požymių ir THM ir chloro skilimo produktų. Prie baseino vaikai vidutiniškai būdavo tik apie 15 minučių per dieną, tačiau analizės rezultatai parodė, kad plaučių audiniai buvo pažeisti proporcingai tam laikui, kuris buvo praleidžiamas prie baseino. Kai kuriems tyrimo dalyviams buvo nustatyti tokie reikšmingi plaučių audinių pažeidimai, kurie randami pas ligonius kurie rūko labai ilgą laiką.

Rezultatai leidžia teigti, kad didėjantis dezinfekuojančių chloro preparatų, naudojamų vandens dezinfekcijai, skilimo produktų poveikis yra nepakankamai įvertinamas faktorius, skatinantis didėjančių alerginių ir astmos susirgimų skaičių. Pavojingos medžiagos, tokios kaip - trihalometanai ir chloraminas, gali atsirasti kiekvieną dieną dėl dezinfekuojamo vandens, rūbų skalbimo, paviršių valymo ir unitazų plovimo su chloro preparatais.

Beveik visose lokalinėse vandens tiekimo sistemose Šiaurės Amerikoje, kur geriamo vandens dezinfekcijai naudojamas chloras, randamos tos pačios lakiosios organinės medžiagos kaip THM ir chloraminas, kurios sukelia astmą plaukimo baseinų lankytojams.

„THM ir chloramino dujų poveikis ne tik sukelia astmą, bet ir dirgina jautrias kūno vietas: akis, nosies ir burnos gleivinę.“ [7] Pastebėta, kad ore greta baseino aptinkama tik ¼ kenksmingų cheminių medžiagų kiekio, kuris randamas iš čiaupo bėgančiame chloruotame vandenyje.

Didžiausias pavojus, dėl vandens užteršimo chloro skilimo produktais, labiausiai tikėtinas iš dezinfekuoto karšto vandens. Duše, iš krašto vandens į orą atsilaisvina 50% suirusio chloroformo ir 80% THM. Aukšta vandens temperatūra ir didelis smulkių vandens dalelių kiekis padidina kenksmingų medžiagų išgaravimą. Chloras, THM, chloroformas, benzolas per plaučius patenka į kraujo apytaką ir tokiu būdu stimuliuoja astmos požymius.



To pasekoje, baseinų patalpas vėdinti yra ypač svarbu kad, būtų maksimaliai pašalinamos kenksmingos medžiagos, kurios kaupiasi ore ir sumažinama rizika susirgti astma ar kitomis kenksmingų medžiagų sukeliomomis ligomis.

Patalpų oro mainai gali vykti per langus, stoglangius, specialias vėdinimo angas, plyšius ir t. t. Tai vyksta dėl skirtingų oro temperatūrų ar vėjo sukulto slėgių skirtumo. Tokios vėdinimo sistemos vadinamos natūraliomis.

Jeigu oras į patalpą yra tiekiamas ar šalinamas sunaudojant papildoma mechaninė ar elektros energija, tai tokia vėdinimo sistema vadinama mechanine. Ši vėdinimo sistema, gali būti naudojama kartu su natūralia vėdinimo sistema.

Vykdamas įvairius technologinius procesus, bei biuruose dirbant begaliai žmonių patalpose gali smarkiai padidėti CO<sub>2</sub> kiekiai, išsiskirti kenksmingos ar pavojingos medžiagos, todėl norint, kad jos nepatektų į gretimas patalpas ar neišsisklaidytų aplinkoje yra naudojama ištraukiamoji vėdinimo sistema. Priverstinai iš patalpų šalinant kenksmingą ar užterštą orą, jose susidaro slėgis ( $p$ ), kuris yra mažesnis negu aplinkinėse patalpose ar lauke ( $p_0$ ), todėl ši sistema yra naudojama su oro tiekimo sistema.

Tiekiamą į patalpą orą, norint užtikrinti atitinkamą mikroklimatą, jį reikia valyti, šildyti ar drėkinti. Tai priklauso nuo tiekiamo oro parametrų ir reikalavimų, keliamų patalpos orui. Tiekiant į patalpą orą, joje susidaro slėgis ( $p$ ), didesnis negu kitose patalpose ar aplinkos ore ( $p_0$ ). Todėl, naudojant abi šias sistemas kartu, slėgiai yra išlyginami, kad nebūtų jaučiamas diskomfortas.

Oro kondicionavimas baseinų patalpose būtinas tam, kad:

- nustatyti oro temperatūrą ir judrumą;
- sumažinti santykinę oro drėgmę, kad nebūtų jaučiamas diskomfortas patalpose;
- pašalinamos kenksmingos medžiagos susikaupiančios ore garuojant vandeniui iš baseino.

Kondicionuojant baseinų patalpas, keliami du pagrindiniai uždaviniai: sumažinti oro drėgmę, kuri labai smarkiai veikia atitvaras, prietaisus, inžinierinius tinklus ir baseinų lankytojus, o taip pat šalinant panaudotą orą pašalinti kenksmingas medžiagas susikaupusias ore.

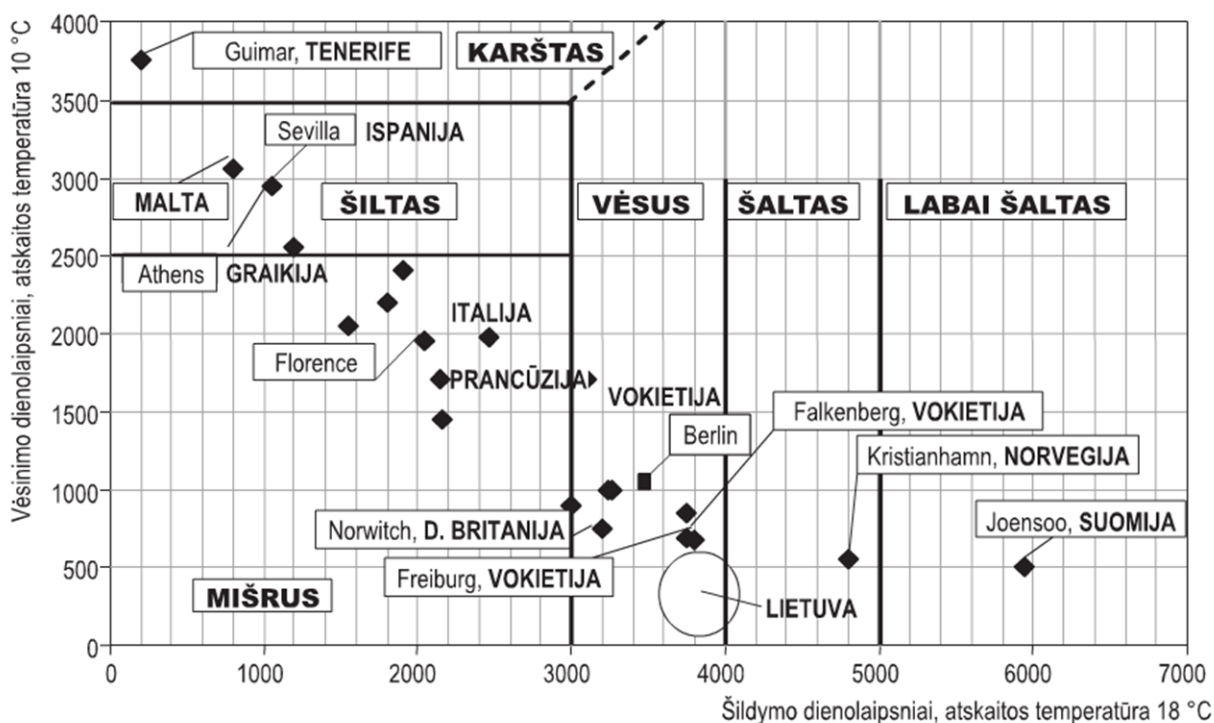
## **1.2 Vėdinimo sistemų raida**

Pirmosios mechaninės vėdinimo sistemos atsirado XIX a. pabaigoje ir jos buvo įrengtos kasyklų šachtose. Iš pradžių vėdinimo sistemos ir jų įrenginiai vystėsi labai sunkiai, bet bėgant laikui, jos labai patobulėjo ir tapo nepakeičiamomis šiomis dienomis. Dar XX a., kai buvo pradėtos įrenginėti vėdinimo sistemos, buvo pradėti nustatinėti kenksmingų medžiagų leidžiamosios didžiausios koncentracijos kiekiai patalpose, pradėti normuoti lauko ir vidaus oro parametrai, atsirado ir saugaus darbo taisyklės.

XX a., antroje pusėje dėl vis griežtesnių technologinių ir sanitarinių reikalavimų vėdinimo mokslo ir technikos lygis gerokai pakilo. Skaičiavimo mašinų, tiksliosios optikos, precizinių staklių, aukštos kokybės poligrafijos, kino ir fotografinių priemonių gamyba, organų persodinimo operacijos ir daug kitų dalykų yra neįmanomi, atitinkamai neįrengus vėdinimo, laiduojančio technologiškai optimalius oro parametrus.[2]

1973 metais arabų šalims dešimteriopai pakėlus naftos kainas, skubiai pradėta ieškoti, kaip atpiginti šildymo ir vėdinimo eksplotavimą. Taip buvo pradėti statyti sandaresni namai, senesni namai pradėti apšiltinti, stengiantis sutaupyti išmetamos šilumos kiekius. Buvo pradėta naudoti šilumos atgavimo įranga ir pradėti įrenginėti šilumos siurbliai. Vis norint sutaupyti daugiau, buvo sumažintos švaraus lauko oro normos žmogui, taip susilpninant oro kaitą pastatuose. Sumažinus oro kiekius, oro užterštumas patalpose padidėjo, tačiau normų neviršijo. Nepaisant to, žmonės dažniau pradėjo skūstis negalavimais tokiais kaip: irzlumas, galvos skausmas, pykinimas ir pan.

Lietuvoje vėdinimo projektavimą reglamentuoja STR 2.09.02 „ŠILDYMAS, VĖDINIMAS IR ORO KONDICIONAVIMAS“, Jungtinėse Amerikos Valstijose (ANSI/ASHRAE) šildymo ir vėdinimo standartai, kitos valstybės turi savo standartus, nes dauguma valstybių turi skirtingus klimatus. Tačiau visus standartus stengiamasi suvienodinti, ir tuo rūpinasi Europos standartų komitetas (CEN), Tarptautinė standartų organizacija (ISO) ir kitos organizacijos.[2]



1.3 pav. Lietuvos klimato vertinimas vėsinimo požiūriu [19]

„Paveikslėlyje pavaizduotas Lietuvos klimato vertinimas vėsinimo požiūriu. Dienolaipsniai apskaičiuoti pagal tai, kiek per metus trunka žemesnė nei 18 °C lauko oro temperatūra, ir kokia ji būna; vėsinimo dienolaipsniai atspindi, kiek trunka per metus aukštesnė nei 10 °C lauko oro temperatūra ir kokia ji būna.“ [2]

Pagal 2007 metų literatūrą Edmundas Isevičius „ORO KONDICIONAVIMAS“ buvo spėjama, kad oro kondicionavimo raida turėtų būti tokia:

1. Daugiausia bus gaminami ir naudojami mažų matmenų, tyliai veikiantys kondicionieriai. Jie aptarnaus visą gyvenamąjį namą arba atskirus jo kambarius.
2. Bus plačiai naudojamos OK sistemos, kuriose oro drėgniui reguliuoti bus naudojami cheminiai bromo ir ličio agentai bei jų pagrindu veikiantys šaldytuvai (šaldymo mašinos).
3. Daugiau bus naudojama OK sistemų su dujiniais absorberiais.
4. Didesnę paklausą turės kondicionieriai, kurių generuojamo šalčio kiekis neviršys 70kW, tačiau vyraus centrinės OK sistemos.
5. OK sistemose bus daugiau naudojami šilumos utilizavimo (šilumogražos) įrenginiai.
6. Daugiau bus gaminami kondicionierių, kurių elementų didžioji dalis bus pagaminta iš plastiko. Šie kondicionieriai už dabar gaminamus bus atsparesni korozijai, lengvesni ir pigesni. [1]

Dabar praėjus deviniems metams po šių teiginių, daugumą jų pasiteisino. Statant naują namą po 2016 metų sasio 1 d., statybos leidimas išduodamas tik projektuojamiems pastatams, kuriuose bus sumontuota oro kondicionavimo sistema su šilumogražos įrenginiais. Kondicionieriai gaminami vis tylesni ir mažesni, jie įrenginėjami gyvenamuosiuose namuose, atskiruose kambariuose ar ofisų kabinetuose. Kondicionierių gamybai naudojama daugiau plastiko, todėl jie tampa lengvesni ir atsparesni.

### 1.3 Vėdinimo higienos parametrai ir mikroklimatas

Šildant ir vėdinant patalpas, jose yra sukuriama tinkama terpė, kurioje žmogus jaučiasi maloniai. Šis pojūtis priklauso nuo pagrindinių fiziologinių parametru (odos temperatūros, prakaitavimo intensyvumo). Norint pasiekti maksimalų komforto lygį, reikia atsižvelgti į šiuos veiksnius:

- veiklos pobūdį, sveikatą, amžių, aprangą;
- šilumine aplinka patenkintų žmonių skaičių, procentais;
- turi būti galimybė pačiam žmogui keisti šiluminės aplinkos parametrus;

Šiluminis komfortas žmogui yra jaučiamas, kai yra nusistovėjusi šiluminė pusiausvyra tarp kūno ir aplinkos.

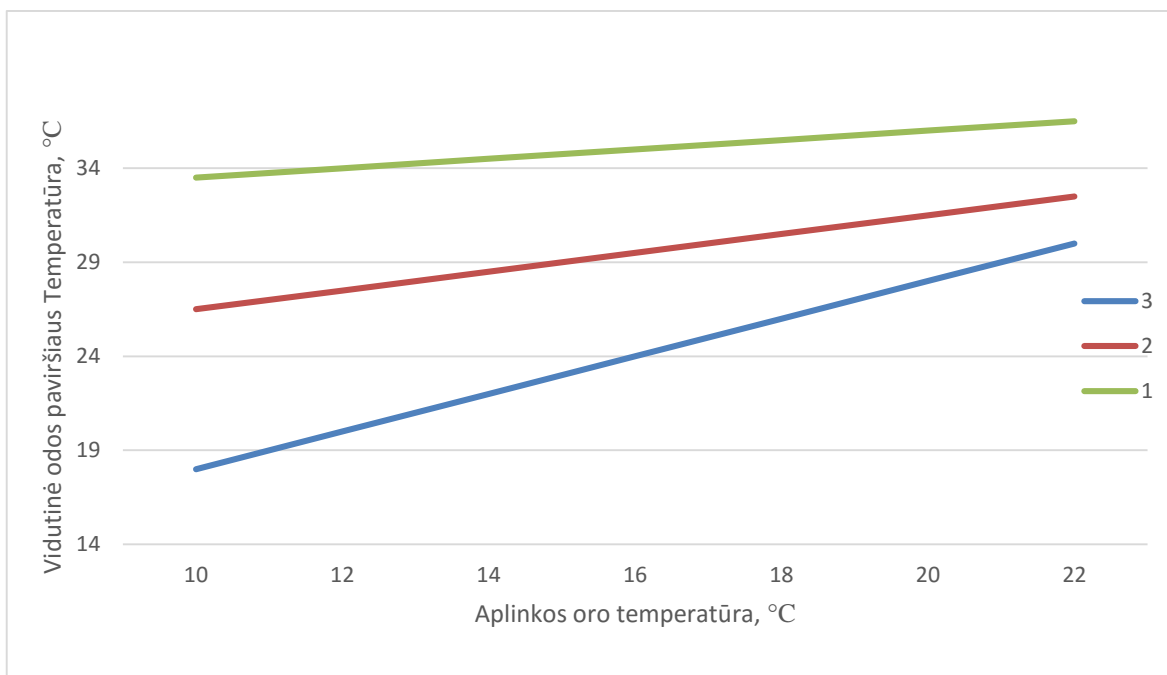
„Esant šiluminei pusiausvyrai, šilumos balansui turi įtakos daugybė veiksnių:”

$$f\left(\frac{\Phi}{A_{atv}}, R_r, t_{oro}, t_{sp}, t_{odos}, p_{vand}, v, \frac{\Phi_{pr}}{A_{atv}}\right) = 0; \quad (1)$$

“čia  $\Phi$ - organizmo gaminama šiluminė galia,  $A_{atv}$ - rūbų nepridengtos odos paviršiaus plotas,  $R_r$ - rūbų šiluminė varža,  $t_{oro}$ ,  $t_{sp}$ ,  $t_{odos}$ - atitinkamai oro, vidutinė spinduliavimo ir odos temperatūra,  $p_{vand}$ - dalinis (parcialinis) vandens garų slėgis,  $v$ - oro judėjimo greitis,  $\Phi_{pr}$ - šiluminė galia, reikalinga prakaitui išgarinti. “ [2]

Taigi organizmo šiluminis komfortas priklauso nuo tokių pagrindinių veiksnių: atliekamo darbo fizinio sunkumo, pliko kūno paviršiaus ploto, rūbų šilumo, oro ir atitvarų temperatūros, oro santykinės drėgmės (arba vandens garų dalinio slėgio) ir oro judrumo. Konkretaus žmogaus šiluminio komforto pojūtis dar priklausytų nuo jo individualių įpročių, aklimatizacijos, lyties, amžiaus, fizinės būklės ir kt. Veiksnių įtakos. [2]

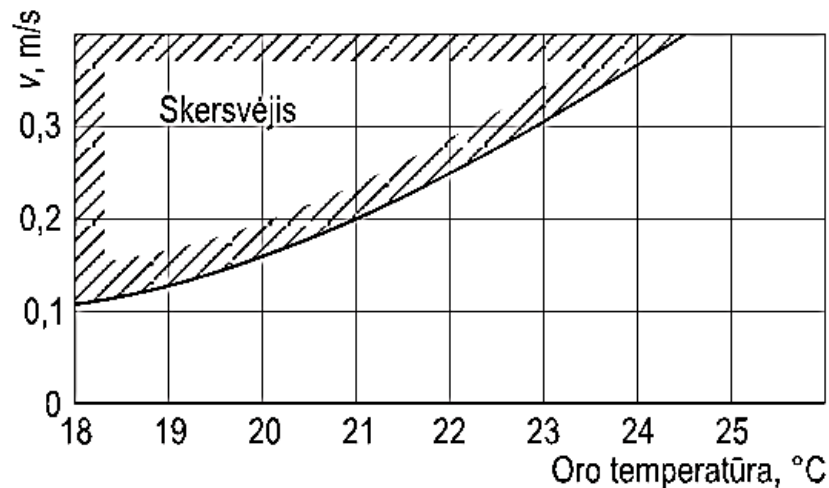
Atliekant fizinį darbą, nusistovi tam tikra odos temperatūra (pvz. Atliekant lengvą darbą kaktos temperatūra 33-36 °C).



**1.4 pav.** Odos paviršiaus temperatūros pasikeitimo priklausomybė nuo aplinkos temperatūros: 1- kaktos; 2- rankų; 3- pėdų [1]

Be oro temperatūros ir santykinio drėgno mikroklimatą ir žmogaus savijautą įtakoja ir oro judrumas. Žmogaus kūnas geba jausti oro judėjimą, kai jo greitis viršija 0,1÷ 0,2 m/s. Esant didesniai oro judėjimo greičiui, žmogus jaučia skersvėjį, kuris sukelia diskomforą.

„Skersvėjį pradeda jausti, kai  $t_{oro}$  ir  $v$  viršija kiekvienam žmogui būdingą kritinę reikšmę.[...] Intensyvesniam oro judėjimui lauke žmonės pasiruošę, o patalpoje, ypač ramiai sėdint, organizmo termoreguliacijos galimybės yra nepakankamos.” [2]



1.5 pav. Skerssvėjo pojūčio priklausomybės nuo oro temperatūros ir judrumo [9]

1.5 pav. „Parodytas kompleksinis oro temperatūros ir judrumo poveikis ramiai sėdinčiam žmogui, kai santykinė oro drėgmė ir spinduliavimo temperatūra yra komfortinės.“ [2]

Sudaryti komfortišką mikroklimatą patalpose neužtenka vien nustatyti temperatūrą, drėgnį bei judrumą. Prie to, dar prisideda ir oro užterštumas dulkelėmis, cheminėmis medžiagomis, bakteriologinis užterštumas, bei mažiau reikšmingi, bet taip pat svarbūs pastato įstiklinimo laipsnis, interjeras t.t.

Projektuojant oro vėdinimo sistemas, neužtenka užtikrinti tik oro parametrus, taip pat reikia atsižvelgti į žmonių norus bei pageidavimus, kad jie jaustūsi visapusiškai patenkinti ir būtų sukurtos idealios sąlygos darbui bei gyvenimui.

Pastatas ir jame įdiegtos oro tiekimo sistemos, turi būti suprojektuotos taip, kad patalpų oro kokybę, parametrus palaikančios ir reguliuojančios vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos, esant normalioms lauko oro sąlygoms, optimaliai naudojant energiją, užtikrintų tinkamus norminius mikroklimato parametrus, kad patalpose gyvenantys ir dirbantys žmonės nejaustų diskomforto.

Mikroklimato parametrai yra: oro temperatūra, santykinė drėgmė, oro judėjimo greitis ir tos patalpos atitvarų temperatūra, intensyvaus šiluminio spinduliavimo sąlygomis, esant išplėtotiems aukštų ar žemų temperatūrų paviršiams, ir patalpos atstojamoji temperatūra.

„Kuriant patalpų mikroklimatą, ne visada reikia atsižvelgti į ekonominius, konstrukcinius ar estetinius reikalavimus. Dažniausiai estetiški reikalavimai būna nepagrįsti.“ [2]

Oras pastatuose juda horizontaliai ir vertikalčiai, todėl vidiniai ir išoriniai veiksniai labiausiai pasireiškia daugiaaukščiuose pastatuose. Pradedant statyti pastatus, reikia gerai apgalvoti jo orientaciją bei atitvarų konstrukcijas, taip racionaliai planuojant galima sutaupyti ir įrengti patikimesnę šildymo, vėdinimo bei oro kondicionavimo sistemą.

Kuriant mikroklimatą būtina nustatyti teršalų židinius ir juos lokalizuoti, įrengus jų nutraukimo sistemas. Patalpos turi turėti galimybę vėdintis pro langus, reikia vengti oro recirkuliacijos, taip pat turi būti vėdinamos ne vien natūraliu būdu. Sistemų valdymo ir reguliavimo įtaisai neturėtų būti per nelyg jautrūs.

Skaičiuojant šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemas, reikia įvertinti šiuos veiksnius:

- pastato padėtis (orientacija pasaulio šalių atžvilgiu, nuo vėjų apsaugotas ar ne ir t.t.);
- pastato šiluminės, orinio sandarumo bei architektūros ir konstrukcijos ypatybės;
- šilumos, drėgmės, teršalų išsiskyrimas patalpoje nuo įrengimų, žmonių ir kt.;
- pastato konstrukcijų ir interjero medžiagos;
- klimatinės sąlygos, lauko oro kokybė;
- kiti aplinkos veiksniai ir specifiniai reikalavimai.

Tam, kad mikroklimatas būtų norminis, turi būti vartojamos atitinkamos statybinės konstrukcijos, sumažinta ir apribota vidinių ir išorinių veiksnių įtaka.

Šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų našumas ir jų schemas turi būti tokios, kad:

- patalpos oro temperatūra, santykinė drėgmė, jo judrumas ir teršalų koncentracija darbo zonoje neviršytų normomis nustatytų ribų;
- oro kokybė kiekvienoje patalpoje būtų tokia, jog nekiltų pavojus sveikatai ir nesusidarytų nepalankios sanitarinės ir higienos sąlygos, gaisro ir sprogimo pavojus;
- nemalonaus kvapo, kenksmingų ir pavojingų dujų ar kitų, minėtomis savybėmis pasižyminčių, medžiagų sklidimas patalpoje būtų apribotas;
- oras tekėtų, tik iš mažiau užterštos patalpos į labiau užterštą - priešingai neleistina;
- nebūtų viršijama išmetamų į aplinką nemalonaus kvapo, kenksmingų dujų ar kitų medžiagų didžiausia leidžiama koncentracija atmosferoje, skaičiuojant kartu su fonine koncentracija;
- jų sukeltas triukšmas ir virpesiai neviršytų higienos normomis leidžiamos reikšmės.

„Kietosios, skystosios ar dujinės medžiagos, keičiančios natūralią atmosferos sudėtį ir nepalankiai veikiančios gyvuosius organizmus, vadinamos kenksmingosiomis medžiagomis.“ [2]

Visi komforto sistemų reikalavimai yra apibrėžiami ir griežtai nustatomi higienos normose. Lietuvoje jas nustato:

Lietuvos higienos norma HN 69:2003 „Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai“ .

Ši higienos norma nustato šiluminio komforto ir pakankamos šiluminės aplinkos parametrus, jų vertes bei matavimo reikalavimus darbo patalpose.[...] Ši higienos norma taikoma vertinant darbo patalpų šiluminio komforto ir pakankamos šiluminės aplinkos parametrus bei darbuotojų šilumos pojūtį.[...]. Šios higienos normos reikalavimus turi būti atsižvelgta rengiant ir įgyvendinant standartus ir taisykles, norminius ir techninius dokumentus, nustatančius technologinius, konstrukcinius ir naudojimo reikalavimus šiluminei aplinkai. [10]

Lietuvos higienos normos HN 42:2004 „ Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų mikroklimatas.

Ši higienos norma nustato pakankamos šiluminės aplinkos ir šiluminio komforto parametrus bei jų vertes gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų patalpose. Šia higienos norma turi vadovautis juridiniai bei fiziniai asmenys, projektuojantys ir naudojantys technologijas, darančias įtaką šiluminei aplinkai, bei kontroliuojantys gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų šiluminę aplinką bei jos poveikį žmogaus sveikatai. [11]

**1.3 lentelė.** Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų patalpų šiluminio komforto aplinkos parametrų normuojamos vertės

Šiluminio komforto parametrai	Normuojamos vertės	
	šaltuoju metų laikotarpiu	šiltuoju metų laikotarpiu
1. Oro temperatūra, °C	20–24	22–28
2. Jaučiamoji (atstojamoji) temperatūra, °C	19–23	22–24
3. Temperatūrų skirtumas 1,1 m ir 0,1 m aukštyje nuo grindų, ne daugiau kaip, °C	3	3
4. Atitvarų paviršiaus temperatūros ir patalpos temperatūros skirtumas, ne daugiau kaip, °C	2	2
5. Grindų temperatūra, °C	16–26	Nenormuojama
6. Santykinė oro drėgmė, %	40–60	40–60
7. Oro judėjimo greitis, ne daugiau kaip m/s	0,15	0,25

Rekomenduojamos gyvenamųjų ir viešosios paskirties pastatų įvairių patalpų temperatūrų vertės šildymo sezonu pateikiamos priede Nr. 1.

Lietuvos higienos normos HN 109:2005 „Baseinai. Įrengimo ir priežiūros saugos sveikatai reikalavimai.“

Ši higienos norma nustato pagrindinius baseinų įrengimo, priežiūros ir kontrolės reikalavimus, taip pat kokybės reikalavimus vandeniui, naudojamam visų tipų baseinuose, išskyrus asmeninio

naudojimo. Ši higienos norma privaloma visiems juridiniams ar fiziniams asmenims, projektuojantiems, įrengiantiems, rekonstruojantiems, eksploatuojantiems baseinus, baseinų ir pagalbines patalpas bei vykdančioms valstybinę priežiūrą ir kontrolę. Šios higienos normos tikslas yra užtikrinti baseinų vandens kokybę, atitinkančią higienos normų reikalavimus, apsaugoti paslaugos vartotojus nuo neigiamo poveikio sveikatai, sumažinti pašalinę dezinfekcijos medžiagų poveikį sveikatai.[...] Baseinai pagal paskirtį gali būti: sporto, plaukimo ir maudymosi su čiuožimo kalneliais, vaikų, karšto vandens, sūkuriniai (sūkurinės vonios), terapiniai, vėsinaieji. Į baseiną patenkantis gėlas vanduo turi atitikti geriamojo vandens kokybės reikalavimus, išskyrus chloro, vandeninio vandenilio peroksido tirpalo su sidabro nitratu ar kito biocido, naudojamo baseino vandeniui dezinfekuoti, kiekį. [12]

**1.4 lentelė.** Reikalavimai baseinų vandens paviršiaus plotui, vandens temperatūrai ir vandens apykaitai

Baseinai pagal paskirtį	Vandens paviršiaus plotas, (m <sup>2</sup> )	Vandens temperatūra, (°C)	Skaičiuojamasis vandens paviršiaus plotas 1 asmeniui ne mažiau (m <sup>2</sup> )	Visiško vandens pasikeitimo trukmė (val.) ne daugiau	Baseino gylis (m)
1	2	3	4	5	6
Sporto	iki 1000 nuo 1000	24-28	8,0 10,0	8,0	Skaičiuojamas projektuojant
Plaukimo ir maudymosi su čiuožimo kalneliais	iki 400 nuo 400	26-29	5,0 8,0	6,0	Skaičiuojamas projektuojant
Vaikų:					
- braidymo	-	29-30	2,0-3,0	0,5	0,35-0,4
- iki 7 metų	iki 60	30-32	3,0	0,5	0,6-0,8
- vyresnių nei 7 metų	iki 100	29-30	4,0	2,0	0,7-1,3
Vėsinaieji	iki 10	Iki 12	2,0	2,0	1,1-1,3
Sūkurinės vonios (tūris nuo 1,6 m <sup>3</sup> )	-	38-42	0,4	2,0	Iki 1,0



## 1.6 Oro sausinimas

Lauko oras niekada nebūna visiškai sausas ir kinta plačiose ribose, bet kurioje pasaulio vietoje. Patalpose prie santykinės patalpų drėgmės prisideda ir žmonės: garai gaminant valgį, vandens garavimas maudantis, išsiskirianti drėgmė gamybos procese ir t.t.

Atsižvelgiant į didėjančias energijos kainas, pastatai izoliuojami daug labiau, dėl to sutaupoma šilumos energija, bet sumažinama ir oro apykaita.

Pradėjus projektuoti ir statyti pasyvius namus, nebuvo pakankamai dėmesio skirta susidarančiai drėgmei pastato viduje, todėl lauke esant minusinei temperatūrai drėgmė pradeda kondensuotis vidinėse sienos dalyse.

Sankt Peterburgo Valstybinis Civilinės Inžinerijos ir Architektūros Universitetas atliko tyrimą Serbijoje, kur tyrė drėgmės susidarymo įtaką išorinėse pastato sienose pasyviame name Serbijoje, Nišos mieste. Skaičiuojant drėgmės susidarymo galimybes buvo nustatyta, kad esant aplinkos temperatūrai  $-6^{\circ}\text{C}$ , drėgmė kondensuojasi paviršiniuose sienos sluoksniuose, todėl norint to išvengti, reikia naudoti mažesnio pralaidumo garinę plėvelę iš lauko pusės, ir viduje taip pat naudoti garo plėvelę prieš gipso kartono sluoksnius, taip sumažinant tikimybę drėgmei patekti į sienos vidurį ir ten kondensuotis nukritus aplinkos temperatūrai. [13]

Nevedinant patalpų, drėgmė kondensuojasi ant vidinių paviršių: langų stiklų, sienų taip pakenkdama langų rėmams ir atitvaroms.

Pagrindinės priežastys ir požymiai, kodėl reikia sausinimo:

- Palėsių ir grybelių atsiradimas;
- Palankios sąlygos mikroorganizmams;
- Koroduojantys metalo paviršiai;
- Elektros įrangos gedimai;
- Drėgmės padariniai baldams, pastato konstrukcijoms ir t.t.;
- Diskomfortas, dėl drėgnų patalpų.

Oro sausinimas gali būti taikomas, ne tik geram mikroklimatui, bet ir patalpoms po potvinių, po gaisro užlietoms patalpoms džiovinti, sandelių drėgmei surinkti ir t. t.

Baseinuose, spa, dušuose ir sporto salėse, kur yra didelis drėgmės išsiskyrimas ir kondensacija, galinti pakenkti lankytojų sveikatai ir pastatui, džiovinimo procesas yra labai svarbus. Džiovinant pastatus ir medžiagas sausintuvai veikia nuolatos ir nepertraukiamai. Santykinis patalpų drėgnumas palaipsniui mažėja, todėl drėgmė geriau garuoja iš pastate esančių medžiagų. Garavimas priklauso nuo patalpų temperatūros, nuo medžiagų ir oro drėgmės.

Oro džiovinimo procesas yra neatsiejama oro kondicionavimo dalis. Džiovinimo procesai nuolatos tirinėjami mokslininkų ir vis ieškoma naujų alternatyvių būdų, stengentis surasti efektyvesnį džiovinimo procesą.

Vienas iš būdų, kurį nagrinėja Nacionalinio Singapūro Universiteto mokslininkai tai dviejų pakopų oro sausinimas, naudojamas tropinio klimato zonose.

Tropinio klimato zonose labai išaugus kondicionierių naudojimui, smarkiai išaugo elektros energijos suvartojimas. Vėsinant labai drėgną orą, sausintuvas labai apkraunamas, ir taip išauga dideli energijos suvartojimai. Todėl, norint sutaupyti elektros energiją, sausinti orą galima jį šildant jį karštu atliekiniu vandeniu arba naudojant saulės energiją.

Saulės kolektorius sušildo vandenį ir šilumokaityje vanduo sušildo dalį tiekiamo oro. Šiltas oras tiekiamas į garinamąjį- aušinamąjį absorbcinį sausintuvą. Kita dalis aplinkos oro paimama kitais kanalais per membraninį sausintuvą, kur tiekiamo oro drėgmė ir šiluma, per membraną persiduoda šalinamam orui. Tada abu srautai susimaišo ir tiekiami į patalpas. [14]

Masačusetso technologijų instituto mokslininkai eksperimentuoja ir modeliuoja burbulinio stulpo sausintuvo charakteristikas. Šie sausintuvai pasižymi tuo, kad jie yra daug mažesni už paprastus sausintuvus, nes jiems nereikalingas didelis paviršiaus plotas, todėl jie yra daug pigesni ir galėtų pakeisti įprastus džiovintuvus.

Drėgno ir šilto oro srautas purkštuko pagalba išpučiamas vandenyje, oras kildamas vandeniui ataušta iki kondensacijos temperatūros, susikondensuoja ir pakilęs virš vandens būna atvėsęs ir sausas. [15]

Italijos mokslininkai tiria oro sausinimo būdą, naudojant absorbciją. Šis būdas idomus tuo, kad sausinant orą, neprarandama šiluma. Drėgnas, šiltas oras teka pro kanalų gardeles. Tarp kardelių yra silicio gelis, kuris absorbuoja ore esančią drėgmę ir dalį šilumos. Kadangi geliu padengtas šilumokaicio paviršius, gelis atiduoda sukauptą šilumą vandeniui. [16]

Vienas iš populiariausių oro sausinimo būdų, tai sausinimas paprastu šaldymo ciklu.

Vienas iš kondensavimo, džiovavimo proceso privalumų yra tai, kad džiovavimo procesas yra stabilus ir vyksta palaipsniui. Jei laikas nėra svarbus, optimaliausias džiovavimo procesas vyksta kai patalpose yra 20°C ir santykinė oro drėgmė 40 %. Tokiu būdu išlaikant tobulą pusiausvyrą tarp sauso oro pastate ir drėgmės pastato medžiagose, taip išvengiant kavitacijos medžiagose, kuri gali sukelti pažeidimus, pavyzdžiui parketo grindim. Galima šildyti jeigu reikalinga, bet reikia nepamiršti, kad priverstinis džiovinimas gali pakenkti medžiagoms, nes išdžiovinamas tik paviršius, o gilesniuose medžiagų sluoksniuose drėgmė lieka. Dėl to, džiovavimo procesas pailgėja, nes drėgmei sunkiau prasiskverbti pro sausą medžiagos paviršių. Dėl to gali pradėti trūkinėti sienų ar grindų paviršiai.

## 2. VĖDINIMO SISTEMŲ KONSTRUKCIJA IR ĮRANGA

### 2.1 Vėdinimo sistemų tipai

Pagal oro pasiskirstymą patalpoje vėdinimo sistemos skirstomos į *bendrąsias, vietines, mišriąsias ir avarines*.

*Bendroji* vėdinimo sistema sudaro vienodus mikroklimato parametrus vienoje ar keliose patalpose. Ši vėdinimo sistema naudojama tada, kai darbo vietos išdėstytos visoje vėdinamoje patalpoje. Naudojant bendrąją vėdinimo sistemą svarbu teisingai parinkti oro tiekimo ir ištraukimo vietas patalpoje. Tai priklauso nuo tiekiamo ir šalinamo oro bei kenksmingųjų medžiagų parametrų. Pagrindiniai jų parametrai yra lyginamasis svoris (oro atžvilgiu) ir koncentracija. Oras turi būti šalinamas iš labiausiai užterštos, o grynas oras tiekiamas į mažiausiai užterštą patalpos zoną.

*Vietinė* vėdinimo sistema vadinama tada, kai švarus oras tiekiamas į darbo zoną, o nešvarus oras šalinamas iš jo susikaupimo vietos.

*Mišriąja* vėdinimo sistema vadinama tada, kai vėdinamoje patalpoje kartu naudojamos bendroji ir vietinė vėdinimo sistemos.

*Avarinės* vėdinimo sistemos naudojamos šalinti iš patalpos staiga joje atsiradusias pavojingas ar kenksmingas medžiagas. Šios sistemos pradeda veikti automatiškai ir beveik visada yra ištraukiamosios.

Vėdinimo sistemos turi būti ne per didelės, suprantamos, lengvai valdomos, patvarios. Sistemos turi veikti tyliai bei neskleisti girdimo žemo dažnio triukšmo. Vėdinimo įrangą turi būti patogų prižiūrėti, derinti, valyti, esant reikalui pakeisti.

Ne visų tipų vėdinimo sistemoms yra keliami tokie patys reikalavimai. Statybos ir higienos normos yra skirstomos pagal pastatų tipus. Tai gali būti individualūs namai, viešosios paskirties pastatai ( teatrai, viešbučiai, mokyklos, ligoninės ir t.t.) ir pramonės pastatai.

Viešosios paskirties pastatuose pagrindinis oro teršėjas yra žmogus, todėl šių pastatų vėdinimo sistema yra daug paprastesnė nei pramoninių. Kadangi viešosios paskirties pastatai apima ne mažą grupę pastatų, tai iš jų sudėtingiausia vėdinimo sistema įrengti ligoninėse, nes čia yra būtinybė sukurti itin švarią aplinką, o kituose pastatuose tik tinkamą mikroklimatą.

Lietuvoje ir kaimyninėse šalyse beveik visi gyvenamieji namai buvo statyti įrengiant natūralias vėdinimo sistemas. Tik dabar, statant naujus namus ar daugiabučius neatsiejama dalis yra mechaninė vėdinimo sistema. Dabar statant gyvenamuosiuos namus, pastato energetinio naudingumo klasė turi būti ne mažesnė negu A klasė.

Naujai statomi pastatai, kuriems leidimas statyti naują statinį ar rašytinis įgalioto valstybės tarnautojo pritarimas statinio projektui išduotas po 2016 m. sausio 1 d , o kai statybą leidžiantys dokumentai neprivalomi, – statybos darbai pradėti, yra po 2016 m. sausio 1 d., energetinio naudingumo

klasė turi būti ne žemesnė kaip A. Naujai statomi pastatai, kuriems leidimas statyti naują statinį ar rašytinis įgalioto valstybės tarnautojo pritarimas statinio projektui išduotas [5.1], o kai statybą leidžiantys dokumentai neprivalomi, – statybos darbai pradėti, yra po 2018 m. sausio 1 d., energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip A+. Naujai statomi pastatai, kuriems leidimas statyti naują statinį ar rašytinis įgalioto valstybės tarnautojo pritarimas statinio projektui išduotas [5.1], o kai statybą leidžiantys dokumentai neprivalomi, – statybos darbai pradėti, yra po 2021 m. sausio 1 d., energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip A++. [17]

Reikalavimai energetinio naudingumo klasėms pateikti priede Nr.2.

Pramonės objektų vėdinimo sistemų reikalavimai yra daug griežtesni, nes čia yra naudojamos įvairios degios, nuodingos ir sprogios medžiagos, be to yra privalu laikytis daug griežtesnių saugumo ir higienos normų reikalavimų.

Pramonės pastatų kiekvieno aukšto patalpose, kuriose naudojamos sprogios arba degios medžiagos, reikia įrengti atskiras vėdinimo sistemas. Bendras gretimų aukštų sistemas galima įrengti tik tada, kai juose esančiose patalpose vyksta toks pat technologinis procesas arba išsiskiria tokios pat sprogios medžiagos.

Šalinant sprogias ar ypač nuodingas medžiagas, technologijos įrengimai blokuojami su vėdinimo sistemomis, gali būti įjungti tik po to, kai įjungiamos vėdinimo sistemos. Jei pavojingos medžiagos iš įrengimų išsiskiria ir ne darbo metu, oras turi būti siurbiamas visą laiką. Todėl, tokiose sistemose privalo būti įmontuoti du oro šalinimo ventiliatoriai- pagrindinis ir avarinis. Jei pagrindinis ventiliatorius sugestų, automatiškai pasileistų avarinis ventiliatorius, tam kad teršalai nepasklistų į patalpą ir būtų toliau sėkmingai ištraukiami.

Iš patalpų šalinant nesprogias, nedegias arba nelabai kenksmingas medžiagas, apsauginių vožtuvų naudoti neprivaloma, ir tokias sistemas dažnai patogiau sujungti šakotinėmis sistemomis. Tačiau jei prie vienos sistemos yra jungiama daugiau kaip 6 ar 8 atšakos, jos greičiau išsiderina ir jas sunkiau sureguliuoti, norint užtikrinti tinkamą oro kokybę. Vienos sistemos vėdinamų patalpų skaičius neribojamas, tačiau šilumos taupymo ir eksploataavimo patogumo sumetimais stengiamasi, kad sistema apimtų tik to paties tipo ar darbo režimo įrenginius bei patalpas. Dėl ortakių nesandarumo ir didesnių slėgio nuostolių, sistemos neturėtų būti ilgesnės, kaip keliasdešimties metrų, ypač vietinės oro šalinimo sistemos.

## **2.2 Vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų įranga**

Vėdinimo sistemos susideda iš begalės komponentų, kurie atlieka tam tikras funkcijas. Esant natūraliai vėdinimo sistemai, kuri yra dažniausiai pasitaikanti senos statybos namuose, vėdinimo sistema susideda iš oro ventiliacijos šachtų, uždaramųjų grotelių, kuriomis šiek tiek galima valdyti vėdinimo intensyvumą patalpose, bei dauguma gyventojų yra įsirengę vietinį nutraukėją gartraukį, kuris nutraukia garus nuo viryklės atsirandančius ruošiant maistą.

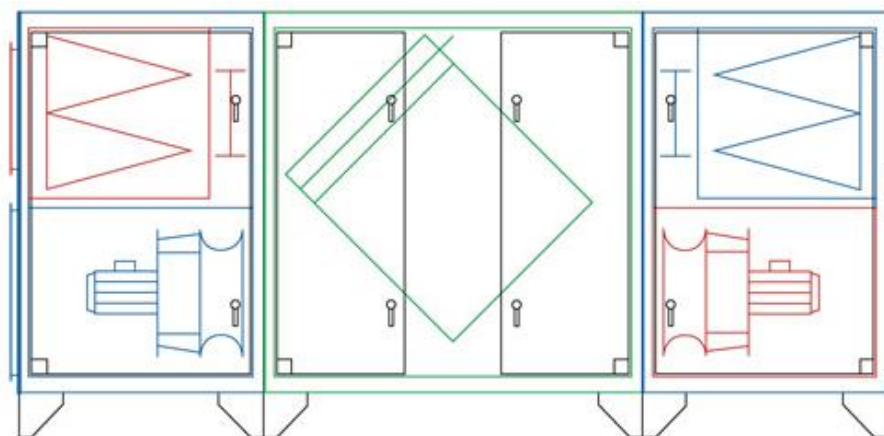
Įrenginėjant mechanines vėdinimo sistemas jos susideda iš kur kas daugiau elementų. Šias sistemas sudaro: ortakiai, vėdinimo agregatai (kurie savo ruožtu taip pat susideda iš begalės komponentų), įvairi uždaromoji, reguliuojančioji armatūra, automatika ir t.t. Tačiau patys pagrindiniai elementai, be kurių vėdinimo sistema negali būti eksplotuojama yra ortakių sistemos, bei vėdinimo kameros.

### 2.2.1 Oro vėdinimo kameros

Oro tiekimo ir paruošimo įranga yra apjungiamą į vieną agregatą, vadinamąjį tiekimo agregatą arba vėdinimo kamera. Kameros yra sudaromos iš atskirų sekcijų, kurios atlieka tam tikrą funkciją, arba gali būti jau gamykloje pilnai pagaminta ir surinkta vėdinimo kamera. Unifunkcinės sekcijos gali būti skirtos oro padavimui, oro ištraukimui, filtravimui, prijungus oro drėkinimą arba vėsinimą oro tiekimo kamera tampa kondicionieriumi. Iš gamyklos atsivežus sekcijas, jas belieka tik sujungti tarpusavyje su tam iš anksto paruoštais jungčių elementais ir pajungti ortakius bei vamzdyną.

Montuojant vėdinimo kameras, jos gali būti įrengiamos tiek pastato viduje tiek išorėje. Kadangi sekcijų sienelės yra apšildytos šilumine izoliacija jos nepraleidžia šilumos, bei apsaugo nuo triukšmo.

Esant natūraliosioms vėdinimo sistemoms daugiabučiuose ar pramoniniuose pastatuose, susidaro dideli šilumos kiekiai, kurie išmetami į aplinką, bet įrengus mechaninę vėdinimo sistemą su šilumos rekuperatoriumi, didžiąją dalį šilumos energijos galima susigražinti panaudojant ją šildyti tiekiamajam lauko orui, o iki reikiamos temperatūros orą pašildyti elektrinių šildytuvu, arba naudojant šilumos siurbį. Vėdinimo kameros su plokštiniu šilumos rekuperatoriumi principinė schema pateikta 2.1 paveiksle.



2.1 pav. Oro tiekimo ir šalinimo kamera, su kryžminiu oro srautų rekuperatoriumi

Šiomis dienomis vėdinimo sistemų gamintojų yra labai daug, tačiau bendrosios sekcijų funkcijos yra tokios pat, skiriasi tik pajungimai, išdėstymas, struktūros. Įrenginėjant vėdinimo sistemas stengiamasi, kad agregatai užimtų kuo mažiau naudingo ploto.

Įrenginėjant vėdinimo sistemas reikalingos plotas, skirtas agregatams pastatyti bei ortakiams prijungti. Visi šie dalykai mažina naudingąjį pastato plotą, todėl reikia atsižvelgti iš anksto, kur bus montuojama oro tiekimo įranga.

Vėdinimo įranga turi užimti kuo mažiau naudingojo ploto, turi būti išdėstyta taip, kad būtų patogų ją eksploatuoti ir esant reikalui remontuoti. Dažnai atvejais šie agregatai yra statomi ant paspatų stogų, tokiu atveju jie yra konstruojami su stogeliais bei papildoma įranga.



**2.2 pav.** Vėdinimo kamera skirta montuoti ant pastato stogo arba lauke [22]

### **2.2.2 Ventiliatoriai**

Oro judėjimui ortakiuose ir patalpose sukelti yra naudojami ventiliatoriai. Ventiliatorius pagrindinė mechaninės vėdinimo sistemos dalis, kuri sunaudoja beveik visą elektros energiją skirtą vėdinimui, taip pat jie yra keliamo triukšmo bei vibracijų šaltinis, todėl jų parinkimui skiriamas labai didelis dėmesys.

Ventiliatoriai pagal veikimo principą gali būti radialieji(išcentriniai) ir ašiniai. „Vėdinimo sistemose gali būti naudojami abiejų tipų ventiliatoriai. Radialieji ventiliatoriai būna įvairaus slėgio, ašiniai dažniausiai tik mažo. Tokių pat matmenų ašiniai ventiliatoriai sukuria tokį pat slėgį, bet yra našesni už radialiuosius, jie tinka vėdinimo sistemoms, jei jose nėra didelių aerodinaminių pasipriešinimų, kitu atveju naudojami ašiniai ventiliatoriai.“ [2]

Taip pat vėdinimo sistemose gali būti įrengiami stoginiai ar kanaliniai ventiliatoriai. Stoginiai ventiliatoriai dažniausiai naudojami tiesiogiai ištraukti orui iš patalpų arba naudojant trumpus ortakius, nes šių ventiliatorių sukuriamas slėgis dažniausiai būna labai mažas.



**2.3 pav.** Įvairių tipų stoginiai ventilatoriai [22]

Kanaliniai ventilatoriai dažniausiai būna nedidelio našumo ir įrengiami tiesiogiai ortakiuose. Juos patogiu naudoti, nes neužima naudingo ploto. Kanaliniai ventilatoriai būna pritaikyti tiek apvaliems, tiek kvadratiniams ortakiams. Kanalinių ventilatorių pavyzdžiai pateikti 2.3 paveiksle.



**2.4 pav.** Kanaliniai ventilatoriai. A- kvadratiniams ortakiams, B- apvaliems ortakiams [22]

„Norint parinkti ventilatorius būtina žinoti oro temperatūrą, drėgmę, priemaišų pobūdį ir koncentraciją, vėdinimo sistemos debitą, aerodinaminį pasipriešinimą ir ventilatoriaus charakteristikas.“[2]

### 2.2.3 Oro šildytuvai

Oro kondicionavimo, vėdinimo, orinio šildymo sistemose, džiovyklose oras šildomas vėdinimo reikmėms pritaikytais paviršiniaus šilumokaičiais. Oras aptekėdamas karštus vamzdžius bei prie jų pritvirtintas briaunas, apiplauna jų paviršių perimdama šilumos energiją. Taip pat, vėdinimo sistemose yra naudojami ir elektriniai šildytuvai, tenai. Oras sistemose taip pat yra šildomas ir šilumos rekuperatoriais, kuriuose šalinamas oras perduoda šilumą tiekiamam orui. Vis labiau vystantis pramonei ir atkreipiant didesnę dėmesį į energijos taupymą vėdinimo kameroje vis dažniau yra montuojami šilumos siurbliai. Šiuo metu didžiausio dėmesio susilaukia vėdinimo

kameros su reversiniais šilumos siurbliais. Naudojant tokią vėdinimo kamerą, vasaros metu tiekiamas oras yra vėsinamas, o žiemos metu tiekimas oras pašildomas.

#### **2.2.4 Ortakiai**

Vėdinimo sistemose švariam orui tiekti dažniausiai yra naudojami cinkuotos arba necinkuotos plieninės skardos ortakiai, bet kartais gali būti naudojami plastikiniai, betoniniai ar net gelžbetoniniai vamzdžiai.

Oratakiai dažniausiai būna apvalūs, nes jų gamyba ir pajungimas yra paprasčiausias, bet yra naudojami ir stačiakampiai ortakiai, tačiau jie yra brangesni ir sudėtingesni, todėl jie naudojami rečiau.

„Ortakių matmenys yra standartizuoti, kad išsigijus skirtingų gamintojų prietaisus ar ortakius nekiltų problemų juos pajungiant. Apvalių ortakių standartinis skersmuo nuo gretimo skiriasi daugiklu 1,25“. [18]

Reikia atkreipti dėmesį į tiekimo oro vamzdyną (ortakius, atšakas, sklendes ir kita). Netinkamai sumontuotas oro tiekimo vamzdynas, gali neužtikrinti reikiamo šviežio oro kiekio, kelti papildomą triukšmą ir padidinti energijos sąnaudas.

Projektuojant ir įrengiant vėdinimo ir kondicionavimo sistemas reikia įsitikinti:

- tikrai gerai užtikrintas sandarumas (kokybiški vamzdžiai ir jungtys su specialiais tarpikliais);
- tinkamas vamzdyno skerspjūvio plotas (ortakių diametras užtikrinantis ne didesnę kaip 5m/s oro srauto greitį);

Sklandus oro judėjimas vamzdynu (staigus oro krypties pasikeitimas, netinkamoje vietoje įrengtos užsklandos, nelygaus paviršiaus gofruoti ortakiai, įvairios stačiakampės dėžės sukelia papildomus nepageidautinus aerodinaminius sūkurius).

Tinkamai suprojektuota ir sumontuota vėdinimo sistema užtikrina reikalingus oro kiekius, kelia minimalų triukšmą, yra patogiai eksploatuojama ir naudoja mažiau energijos. Žinotina, kad esant aukštai lauko oro temperatūrai, vėdinimo sistema be oro kondicionavimo negali atvėsinti patalpų. Nuo vėdinimo sistemos projekto bei sumontavimo kokybės iš esmės priklauso vėdinimo sistemos techniniai parametrai ir jos veikimas. Projektas turėtų būti parengtas pagal galiojančią STR 2.09.02:2005 ir HN 33:2001 techninių reikalavimų reglamentą ir higienos normas, kurios nustato minimalius komforto ir saugios eksploatacijos reikalavimus.

#### **2.2.5 Oro srauto reguliavimo įtaisai**

Oro srautams reguliuoti, bei uždaryti naudojami reguliavimo, uždarymo įtaisai, sklendės. Ortakių užvėrimo įtaisai- sukamieji vožtuvai(droseliai), sklendės, daugiavėriai vožtuvai. Pradinio reguliavimo įtaisai- sklendės, droseliai, diafragmos. Eksploatacinio reguliavimo įtaisai-



daugiavėriai vožtuvai, kombinuotieji reguliatoriai. Gaisrinės apsaugos įtaisai- atbuliniai vožtuvai, sprogieji vožtuvai.

### 2.2.6 Oro sklaidytuvai

Patalpose oras į numatytas vietas turi būti paskleidžiamas mažiausiai energiją eikvojančiu būdu ir kad atitiktų norminius oro sąlygas darbo zonose. Kadangi, vėdinimo sistemų veikimo režimai, technologiniai procesai, ir vėdinamų patalpų dydžiai yra skirtingi, tai orui tiekti į paskirtas vietas yra naudojami skirtingų tipų oro sklaidytuvai.

Mažose, žemose patalpose, tiekiamo oro srovės, turi kuo greičiau susimaišyti su patalpos oru, kad nesukeltų juntamo skresvėjo. Aukštose patalpose, kai oras tiekiamas į darbo zoną negali jaustis pūtimo. Jei dirbant susidaro daug dulkių, kurių neįmanoma nusiurbti, tiekiamas oras turi padėti joms nusėsti. Keičiantis tiekiamo oro temperatūrai, neturi keistis oro cirkuliacija, negali atsirasti diskomforto zonų. Kintamo oro srauto vėdinimo sistemose tiekiamo oro srovių trajektorija neturi keistis kintant oro temperatūrai ar debitui.



2.5 pav. Įvairių tipų oro sklaidytuvai [22]

## 3. ORO KONDICIONAVIMO ĮRENGINIO PROJEKTAS

### 3.1 Pradinės sąlygos

Kadangi baseinų patalpose vyksta nenutrūkstamai intensyvus garavimas, ir patalose oras būna labai drėgnas, jas reikia pastoviai vėdinti ir sausinti orą, kad būtų sukuriamas palankus mikroklimatas baseino lankytojams.

Projektuojamas oro kondicionavimo ir vėdinimo įrenginys nedideliame spa centrui. Poilsio zonoje yra sūkurinė vonia ir baseinas, kurie nuolatos garina vandenį į aplinką.

Aplinkos temperatūra ir santykinė drėgmė visada palaikoma pastovi, pagal komfortines aplinkos sąlygas: temperatūra 30 °C, santykinė drėgmė  $\varphi = 50\%$ . Vandens temperatūra sūkurinėje vonioje 40 °C, vandens paviršiaus plotas  $A = 4 \text{ m}^2$ , baseino vandens temperatūra 28 °C, vandens paviršiaus plotas  $A = 20 \text{ m}^2$ .

Norint suprojektuoti įrenginį, reikia apskaičiuoti išskiriamos drėgmės kiekį į aplinką.

Pagal literatūroje [19] nurodomą formulę (2) apskaičiuojami išgaruojančio vandens kiekiai.

$$M_v = \varepsilon \cdot A \cdot (p_s - p_v); \quad (2)$$

Čia:  $M_v$ - išgarinamo vandens kiekis, kg/h;

$\varepsilon$ - garavimo spartos faktorius, kuris lygus:

$\varepsilon = 35 \text{ g/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mbar}$ , esant intensyviai bangavimui baseine (dirbtinė jūra);

$\varepsilon = 20 \text{ g/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mbar}$ , plaukimo baseinams, kai juose intensyviai plaukioja žmonės;

$\varepsilon = 15 \text{ g/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mbar}$ , nedideliems plaukimo baseinams, arba individualiems baseinams;

$\varepsilon = 5 \text{ g/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mbar}$ , nakties metu, kai baseinu niekas nesinaudoja ir vandens temperatūra yra dviem laipsniais mažesnė už aplinkos temperatūrą.

$A$ - garuojančio paviršiaus plotas,  $\text{m}^2$ ;

$p_s$ - sočiųjų garų slėgis ore, kurio temperatūra lygi vandens temperatūrai, mbar;

$p_v$ - dalinis vandens garų slėgis ore, esant patalpos temperatūrai, mbar.

Skaičiuojami garuojančio vandens kiekiai sukūrinėje vonioje ir baseine:

$$M_v = 20 \cdot 4 \cdot (72,97 - 24) = 3479 \frac{\text{g}}{\text{h}};$$

$$M_{vb} = 15 \cdot 20 \cdot (41,95 - 24) = 5574 \frac{\text{g}}{\text{h}};$$

$$M_{\Sigma v} = 3479 + 5574 = 9053 \frac{\text{g}}{\text{h}};$$

$p_s$ - paimamas iš lentelės, kuri pateikta priede Nr. 3.

$p_v$ - randamas pagal i-d diagramą.

Apskaičiavus išsiskiriančius vandens garų kiekius į aplinką, reikia apskaičiuoti tiekiamo oro kiekį, kad būtų užtikrintos komfortinės sąlygos patalpose. Pagal literatūroje [19] pateiktą formulę (3) randame reikalingą oro kiekį.

$$M_{oro} = \frac{M_{\Sigma v}}{\rho \cdot (X_R - X_0)}; \quad (3)$$

Čia:

$M_{oro}$ - reikiamas oro kiekis,  $\text{m}^3$ ;

$M_v$ - išgarinamo vandens kiekis, apskaičiuojamas, pagal formulę (2);

$\rho$ - tiekiamo oro tankis,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$X_R$ - absoliutinė patalpos drėgmė, g/kg;

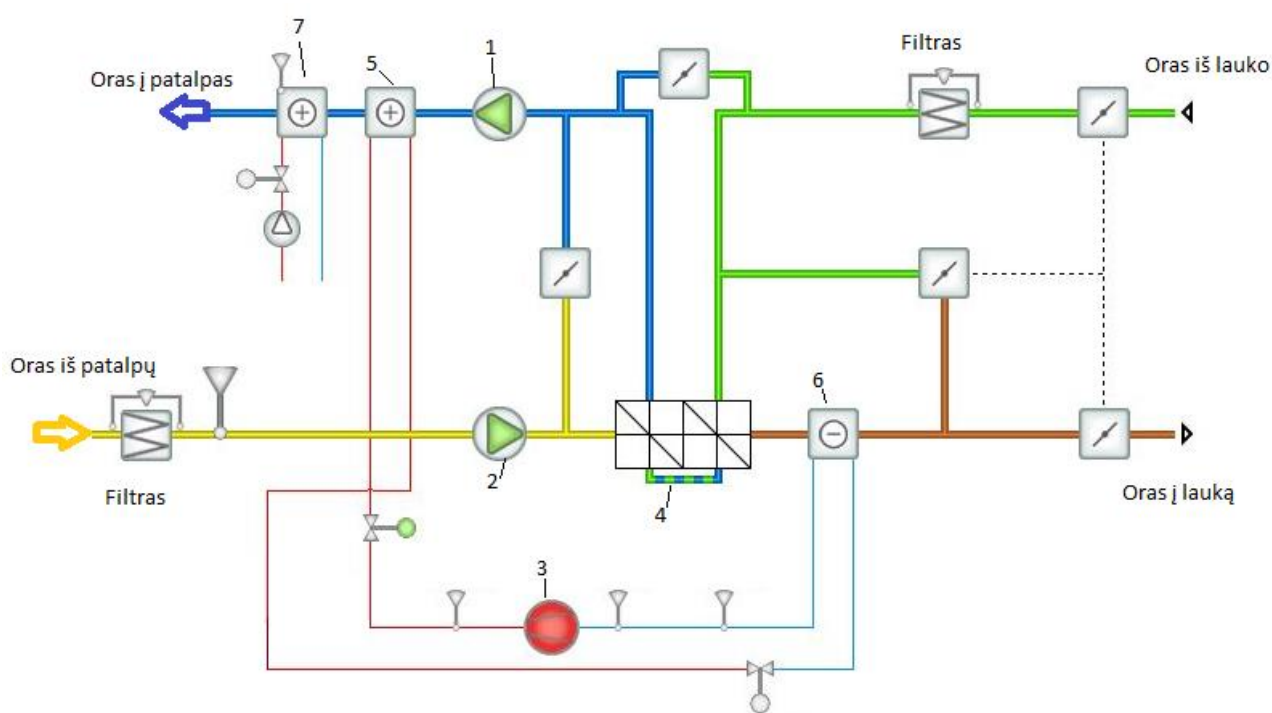
$X_0$ - absoliutinė tiekiamo oro drėgmė, g/kg;

Į patalpas tiekiamo oro temperatūra 30 °C, santykinė drėgmė  $\phi = 25 \%$ , absoliutinė drėgmė  $X_0 = 6,7 \text{ g/kg}$ . Tiekiamo oro tankis  $\rho = 1,15 \text{ kg/m}^3$ , pagal i-d diagramą. Absoliutinė patalpos drėgmė, pagal rekomenduojamas normas  $X_R = 15 \text{ g/kg}$ .

$$M_{oro} = \frac{9053}{1,15 \cdot (13,5 - 6,7)} = 1158 \frac{\text{m}^3}{\text{h}};$$

Nustačius reikiamą oro kiekį, ir žinant kitus reikiamus oro parametrus, galima apskaičiuoti oro kondicionavimo įrenginio komponentus.

### 3.2 Įrenginio sudedamosios dalys, jų apskaičiavimas ir parinkimas



**3.1 pav.** Įrenginio principinė schema

1- Tiekiamo oro ventiliatorius, 2- ištraukiamo oro ventiliatorius, 3- kompresorius, 4- kryžminis-priešpriešinių srautų šilumokaitis, 5- kondensatorius, 6- garintuvas, 7- papildomas šildytuvas

Įrenginyje bus sumontuoti du ventiliatoriai, kur vienas iš jų skirtas orui iš patalpos traukti (2), kitas orui į patalpą tiekti (1). Kadangi, šiame technologijų amžiuje viskas remiasi į energijos tausojimą, parenkami naujausio tipo išcentriniai ventiliatoriai su energija tausojančiais EC tipo varikliais. Tokius ventiliatorius patogu naudoti, nes jų našumas lyginant su suvartojama elektros energija yra labai aukštas, nereikia naudoti papildomo dažnio keitiklio norint reguliuoti srauto kiekį, juos patogu ir lengva montuoti.



**3.2 pav.** Išcentrinis EBMpaupt firmos ventiliatorius su EC tipo varikliu [20]

Norint pagaminti efektyvesnę įrenginį, bus naudojamas kryžminis-priešpriešinių srautų šilumokaitis, kurio pagalba galima sugrąžinti dalį išmetamos šilumos energijos.

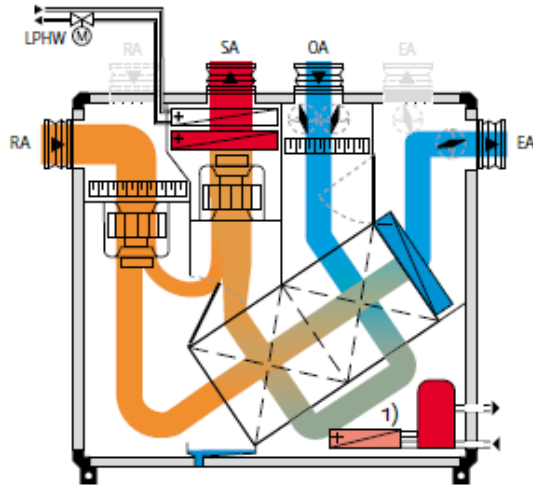
Kryžminis-priešpriešinių srautų šilumokaitis, pagamintas iš polipropileno. Atsparus cheminėms medžiagoms, išsiskiriančioms dezinfekuojant baseinų vandenį, taip pat pasižymi aukštu šilumos perdavimo koeficientu, nes yra didelis šilumos mainų paviršius, yra lengvas, nes pagamintas naudojant tik plastiką, maži slėgio nuostoliai ir ilgaamžis.



**3.3 pav.** Kryžminis- priešpriešinių srautų šilumokaitis

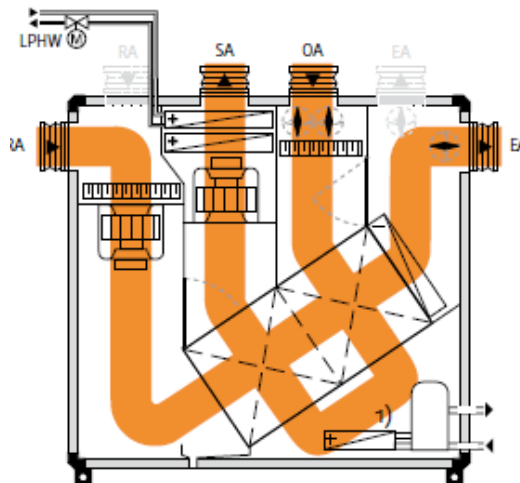
Įrenginys veikia keliais režimais, kurie bus analizuojami.

Pirmasis režimas: žiemos sezonu. Lietuvoje žiemos sezono vidutinė oro temperatūra yra -5°C, santykinė oro drėgmė 85- 90%. 1/3 iš patalpų ištraukiamo oro yra sumaišoma su šviežiu oru iš lauko, kuris sušyla šilumokaityje iki  $t_2$  taško parametų.



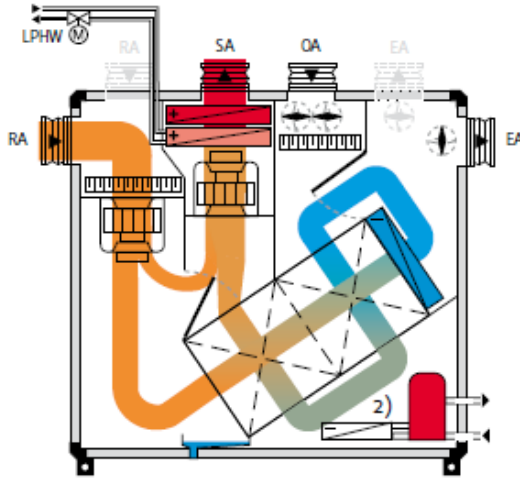
3.4 pav. Įrenginio veikimas žiemos režimu [21]

Antrasis režimas: vasaros sezonu. Lietuvoje vasaros sezono vidutinė oro temperatūra yra 16°C, santykinė oro drėgmė 70%. Naudojant šį režimą visas patalpų oras yra pakeičiamas šviežiu oru iš lauko.



3.5 pav. Įrenginio veikimas vasaros režimu [21]

Trečiasis režimas: Oro recirkuliacija, naudojama norint išdžiovinti patalpose susikaupusę drėgmę. Oras yra sausinamas garintuve naudojant šilumos siurbį. Šio proceso efektyvumą padidina oro atšaldymas šilumokaityje, oru praėjusiu pro garintuvą ir tiekiamu atgal į patalpas ir tuo pat metu tiekiamas oras pašyla.



3.6 pav. Įrenginio veikimas recirkuliacijos režimu [21]

Baseinų patalpų komfortiškas mikroklimatas pagal HN:42:2004 yra 30°C ir santykinė oro drėgmė 50%. Įrenginys su kryžminių- priešpriešinių srautų šilumokaičiu. Įrenginio šilumokaičio deklaruojamas naudingumo koeficientas  $\eta = 76\%$ .

Žiemos režimas:

3.1 lentelė. Žiemos režimo parametrai.

		Temperatūra, °C		Santykinė drėgmė, %
Lauko oro parametrai	$t_1$	-5	$X_1$	85
Reikiami tiekamo oro parametrai	$t_r$	30	$X_r$	25
Oro parametrai iš patalpų	$t_3$	30	$X_3$	65
Šalinamo oro parametrai	$t_4$		$X_4$	

Pagal literatūroje [2] pateiktą formulę (4) išsireiškiame  $t_2$  temperatūrą:

$$\eta_T = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1}; \quad (4)$$

Čia:  $\eta_T$ - naudingumo koeficientas, %;

$t_2$ - tiekiamo oro temperatūra, °C;

$t_3$ - oro temperatūra iš patalpų, °C;

$t_1$ - oro temperatūra iš lauko, °C;

apskaičiuojame  $t_2$  temperatūrą pagal formulę (5):

$$t_2 = \eta_T \cdot (t_3 - t_1) + t_1; \quad (5)$$

$$t_2 = 0,76 \cdot (30 - (-5)) + (-5) = 21,6 \text{ °C};$$

Žinant  $t_2$  taško parametrus skaičiuojamuoju metodu galima apskaičiuoti oro srauto parametrus susimaišius srautams po rekuperatoriaus.  $L_2 = 700 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $L_3 = 400 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Pagal temperatūrą, pasinaudojant literatūroje [2] pateikta priklausomybe:

$$t_2 t_M \cdot L_2 = t_M t_3 \cdot L_3; \quad (6)$$

Čia:  $t_2$ - tiekiamo oro temperatūra, °C;

$t_m$ - sumaišyto oro temperatūra, °C;

$L_2$ - pagrindinio oro srautas, m<sup>3</sup>/h;

$L_3$ - dalis gražinamo oro srauto, m<sup>3</sup>/h;

$$(t_M - t_2) \cdot L_2 = (t_3 - t_M) \cdot L_3;$$

$$(t_M - 21,6) \cdot 700 = (30 - t_M) \cdot 400;$$

$$t_M = 24,66^\circ\text{C};$$

Masinis absoliutus drėgnumas pagal diagrama:

$$d_2 = 0,00219 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}; \quad d_3 = 0,0195 \frac{\text{kg}}{\text{kg}};$$

Oro srauto  $L_2$  tankis  $\rho = 1,12 \text{ kg/m}^3$ ;

Srautas kilogramais per valanda bus:

$$L_2 = 700 \cdot 1,12 = 784 \frac{\text{kg}}{\text{h}};$$

Oro srauto  $L_3$  tankis  $\rho = 1,08 \text{ kg/m}^3$ ;

Srautas kilogramais per valanda bus:

$$L_3 = 400 \cdot 1,08 = 432 \frac{\text{kg}}{\text{h}};$$

Tai pagal literatūroje [2] pateiktą priklausomybę (7) :

$$(d_M - d_2) \cdot L_2 = (d_3 - d_M) \cdot L_3; \quad (7)$$

Čia:  $d_M$ - mišinio absoliutinė drėgmė, kg/kg;

$d_2$ - pagrindinio srauto absoliutinė drėgmė, kg/kg;

$$(d_M - 0,00219) \cdot 784 = (0,0195 - d_M) \cdot 432;$$

$$d_M = 0,00834 \frac{\text{kg}}{\text{kg}};$$

Iš literatūroje [2] pateiktos priklausomybės išskaičiuojama entalpija:

$$h_2 = 27,294 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}; \quad h_3 = 75 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}};$$

$$(h_M - h_2) \cdot L_2 = (h_3 - h_M) \cdot L_3; \quad (8)$$

Čia:  $h_M$ - mišinio entalpija, kJ/kg;

$h_2$ - pagrindinio srauto entalpija, kJ/kg;

$h_3$ - primaišomo oro entalpija, kJ/kg;

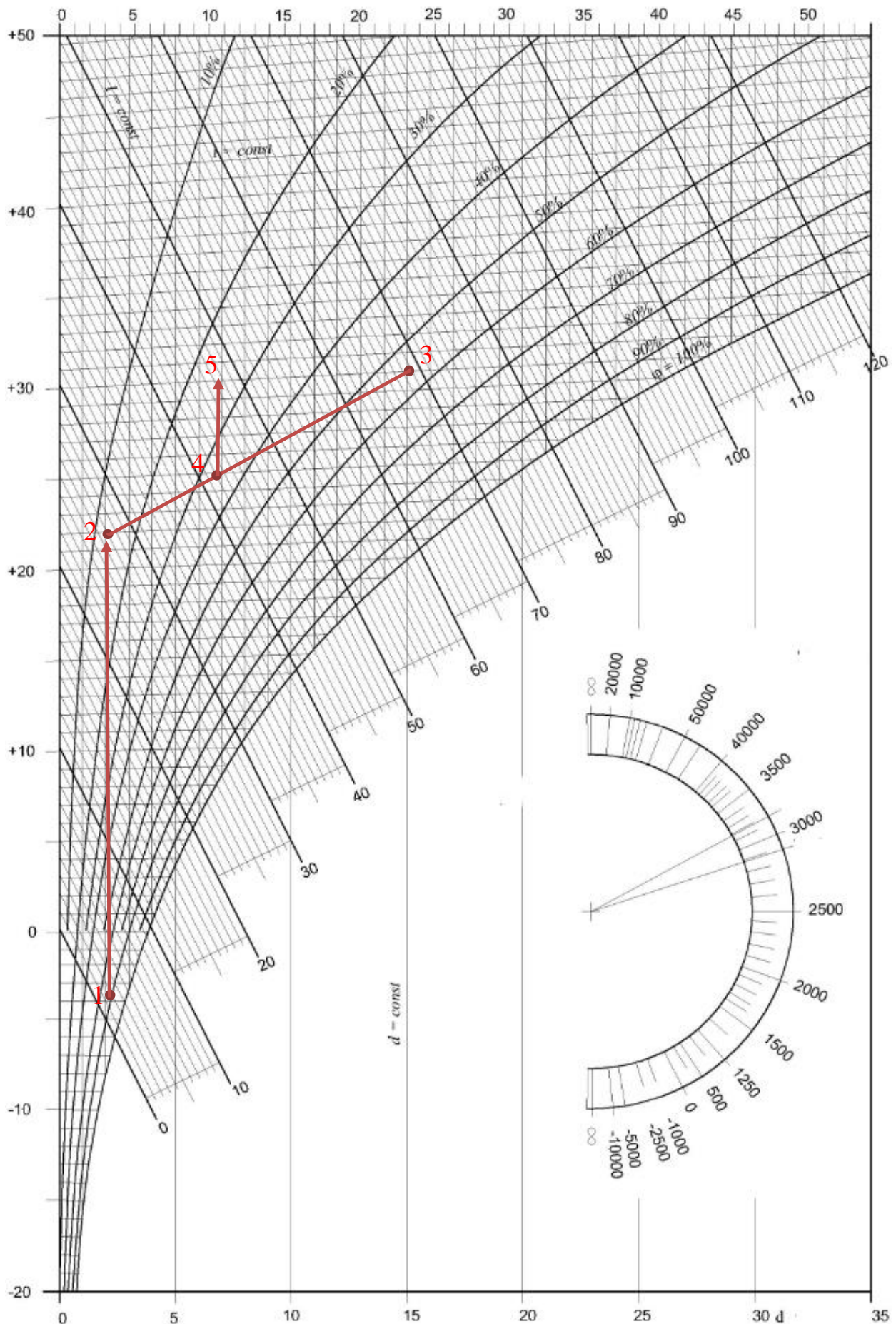
$$(h_M - 27,294) \cdot 784 = (75 - h_M) \cdot 432;$$

$$h_M = 44,24 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}};$$

Norint apskaičiuoti tiekiamo oro parametrus, juos rasti galima ne tik naudojantis formulėmis, bet ir grafiniu metodu naudojanti drėgno oro i-d diagrama.

Grafinis sprendimo metodas pateiktas 3.7 pav. Oro srautas eidamas per šilumokaitį pašyla nuo taško 1 iki taško 2 parametrų. Taškas 3 atspindi patalpų oro parametrus. Taške 4 vyksta oro srautų mašymasis. Taškas 4 randamas pagal srautų proporciją. Kadangi šiuo atveju  $\frac{2}{3}$  srauto yra grynas oras ir  $\frac{1}{3}$  oro srauto grąžinama iš patalpų, tai tiesę 2-3 reikia dalinti į tris lygias dalis ir tašką 4 atidėti  $\frac{1}{3}$  atstumu nuo taško 2. Po to vyksta grynas šildymas ir oro srautas nuo taško 4 pašyla iki taško 5 parametrų.





3.7 pav. Grafinis sprendimo metodas

Palyginimui žiemos sezono režimas apskaičiuojamas naudojantis AHH programa. Programos duomenys pateikiami priede Nr. 4.

Vasaros režimas:

**3.2 lentelė.** Vasaros režimo parametrai.

		Temperatūra, °C		Santykinė drėgmė, %
Lauko oro parametrai	$t_1$	16	$X_1$	70
Reikiami tiekamo oro parametrai	$t_r$	30	$X_r$	30
Oro parametrai iš patalpų	$t_3$	30	$X_3$	55
Šalinamo oro parametrai	$t_4$		$X_4$	

Kadangi gaminiui veikiant vasaros režimu visas oro srautas iš patalpų yra pašalinamas į lauką, o iš lauko paimamas toks pat kiekis šviežio oro, tai sausavimo procesas vyksta tik šilumokaityje. Oras tekėdamas iš lauko pašyla šilumokaityje ir esant butinybei pašildomas su papildomu vandeniniu šildytuvu.

Pagal formulę (4) apskaičiuojame  $t_2$  temperatūrą:

$$t_2 = \eta_T \cdot (t_3 - t_1) + t_1;$$

$$t_2 = 0,76 \cdot (30 - 16) + 16 = 26,64 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Proceso parametrų kitimas pateikiamas priede Nr. 5.

Trečiasis režimas oro recirkuliacija, naudojama orui patalpose sausinti. Tokį režimą patogiausia naudoti karštose, drėgnose klimato juostose, kai tiekiamas oras atšaldomas šilumokaityje, oru praėjusiu pro garintuvą. Toks procesas vadinamas išankstiniu ataušinimu. Šis procesas padeda tausoti energiją oro kondicionavimui, bei sumažina šaldymo komponentų dydį ir reikalingą galią. Šį procesą apskaičiuoti gana sudėtinga, nes visi oro parametrai priklauso nuo oro parametrų išeinančių po garintuvo. Todėl pakeitus nors vieną parametru, pasikeičia visi kiti parametrai ir gaunamos kitos reikšmės. Norint bendrai apskaičiuoti sutaupomą energijos kiekį, naudomą literatūros [19] metodika.

Iš patalpų paimamo oro temperatūra  $30^\circ\text{C}$ , santykinė drėgmė 55%. Priimama, kad oro srauto po garintuvo temperatūra bus  $14^\circ\text{C}$ , ir 100% santykinė drėgmė.

Pagal literatūroje [19] pateiktą formulę (9) randame teorinę maksimalią sutaupomą galią.

$$q_s = \rho \cdot L \cdot \Delta t \quad (9)$$

Čia:  $q_s$ - teoriškai sutaupoma maksimali galia, kW;

$\rho$ - vidutinis srauto tankis,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$L$ - oro srauto debitas,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$\Delta t$ - temperatūrų skirtumas, tarp įeinančios temperatūros ir temperatūros po garintuvo,  $^\circ\text{C}$ .

$$q_s = 1,16 \cdot 0,35 \cdot 16 = 6,496 \text{ kW};$$

Kadangi šilumokaičio efektyvumas yra 76%, tai teorinė maksimaliai sutaupoma galia perskaičiuojama į realią.

$$q_{real} = 6,496 \cdot 0,76 = 4,94kW;$$

Skaičiuojame oro srauto entalpiją po šilumokaičio naudodami formulę (10):

$$h_2 = h_1 + \frac{q_{real}}{\rho \cdot L}; \quad (10)$$

Čia:  $h_2$ - oro srauto entalpija po šilumokaičio, kJ/kg;

$h_1$ - oro srauto entalpija prieš šilumokaitį, kJ/kg;

$$h_2 = 68 + \frac{-4,94}{1,16 \cdot 0,3} = 54 \frac{kJ}{kg};$$

Randame tiekiamo oro temperatūrą naudodami formulę (11):

$$t_4 = t_3 + \frac{q_{real}}{\rho \cdot L}; \quad (11)$$

Čia:  $t_4$ - į patalpas tiekiamo oro temperatūra, °C;

$t_3$ - oro srauto temperatūra po garintuvo, °C;

$$t_4 = 14 + \frac{-4,94}{1,16 \cdot 0,3 \cdot 1,005} = 28^\circ C;$$

Randame tiekiamo oro entalpiją naudodami formulę (12):

$$h_4 = h_3 + \frac{q_{real}}{\rho \cdot L}; \quad (12)$$

$h_4$ - į patalpas tiekiamo oro entalpiją, kJ/kg;

$h_3$ - oro srauto entalpija po garintuvo, kJ/kg;

$$h_4 = 38 + \frac{4,94}{1,16 \cdot 0,3} = 52 \frac{kJ}{kg};$$

Skaičiavimų patikrinimas:

$$q_{\text{šal}} = 1,16 \cdot 0,3 \cdot (68 - 54) = 4,87kW;$$

$$q_{\text{šil}} = 1,16 \cdot 0,3 \cdot (28 - 14) = 4,87kW;$$

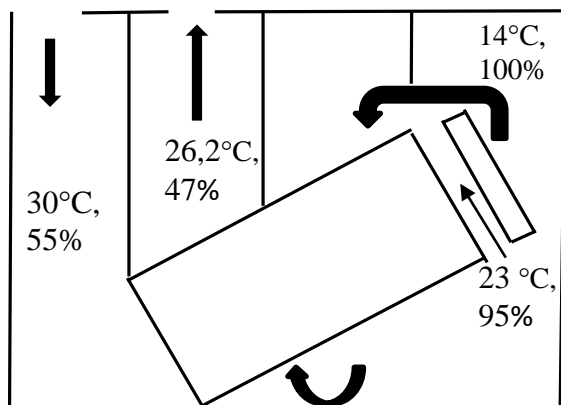
Atlikus skaičiavimų patikrinimą, tiek šaldymo, tiek šildymo galios gautos vienodos, todėl galima teigti, kad viskas atlikta teisingai.

Naudingumas ekonominiu požiūriu:

Priimame, kad įrenginys dirbs recirkuliacijos režimu 2500 valandų per metus. Remiantis šiandienine elektros energijos kaina, kuri yra 0,127 Eur/kWh.[25]

$$Q_{sutaupoma} = 2500 \cdot 0,127 = 317,5 \text{ Eur};$$

Recirkuliacijos parametrų skaičiavimo rezultatai atlikti naudojant AHH programą pridėti priede Nr. 6.



3.8 pav. Oro recirkuliacijos proceso principinė schema

Skaičiuojant šilumokaičius, svarbiausia yra tiekiamo oro temperatūra  $t_2$ . Ją galima apskaičiuoti naudojantis formule (4), arba naudojant drėgno oro parametrus nustatyti skirtas programas.

**3.3 lentelė.**  $t_2$  temperatūrų reikšmės: apskaičiuotos, eksperimentinės, pagal programą

Apskaičiuota $t_2$ temperatūra, °C	$t_2$ temperatūra atlikus eksperimentinius bandymus, °C	$t_2$ temperatūra atlikus skaičiavimus su AHH programa, °C
18	-	18
19,2	-	19,2
20,4	-	20,4
21,6	17,6	21,6
22,8	19,7	22,8
24	21,3	23,5
25,2	22,4	25,2
26,4	25,2	26,4
27,6	26,3	27,6

Lentelėje 3.3 pateikiamos temperatūros  $t_2$  reikšmės, esant įvairioms įeinančio oro temperatūroms iš lauko. Pirmame stulpelyje  $t_2$  reikšmės apskaičiuotos pagal formulę (4), antrame  $t_2$  reikšmės gautos eksperimentiniu būdu, trečiame  $t_2$  temperatūrai nustatyti buvo naudojama AHH drėgno oro parametrus rasti skirta programa.

Pagal lentelės 3.3 duomenis matyti, kad rezultatai gauti pagal formulę (4) nuo rezultatų gautų naudojant AHH programą praktiškai nesiskiria, tačiau eksperimentiniai bandymai skiriasi.

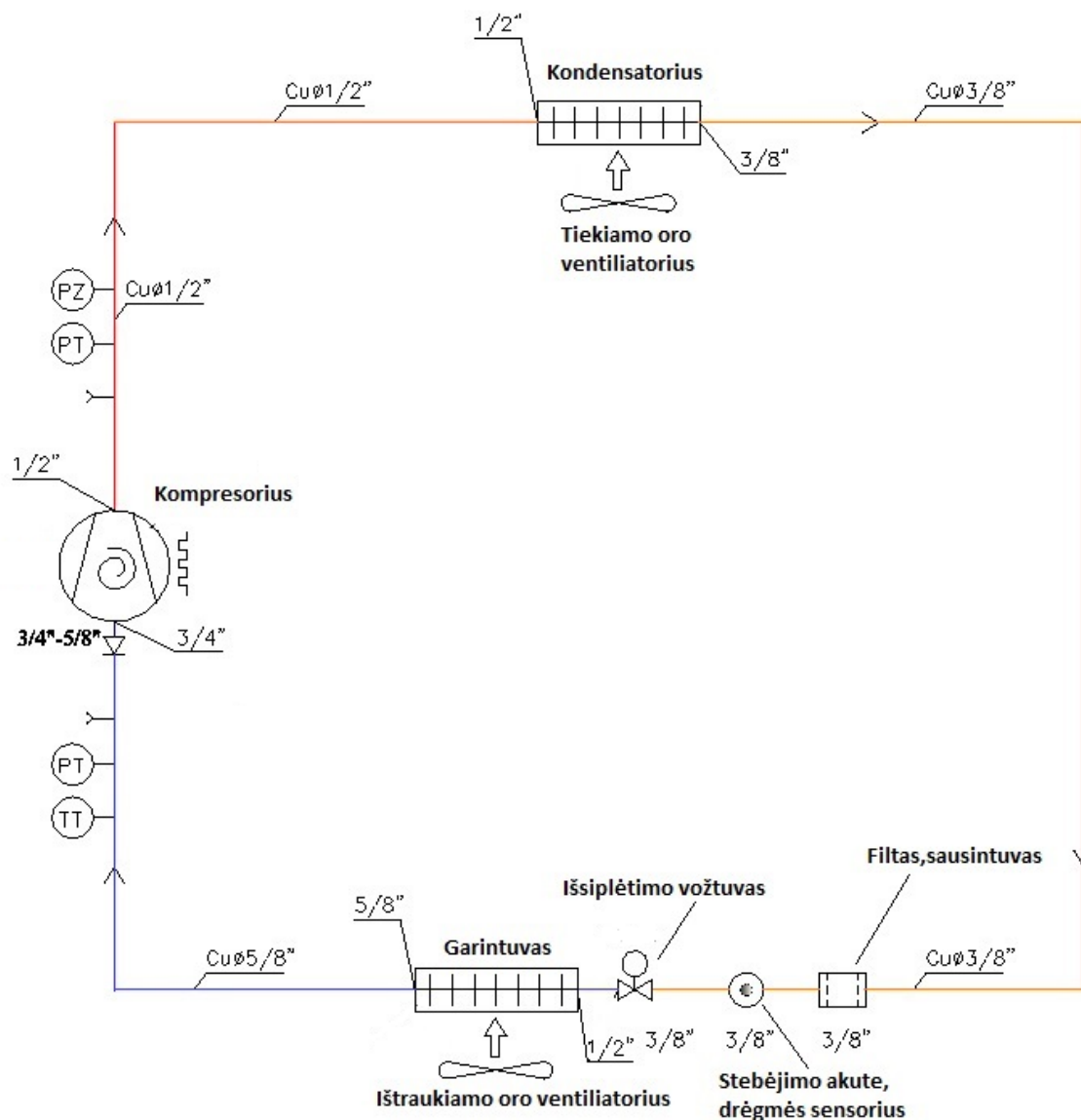
Apskaičiavus temperatūras po šilumokaičio, galima projektuoti šaldymo sistemą. Jos pagalba tiekiamas oras gali būti sausinamas, šildomas ar šaldomas. Taip pat, nesant būtinybei šildyti tiekiamo oro, yra galimybė šilumos siurblių naudoti baseino vandeniui šildyti.

Šaldymo sistemoje bus naudojamas 407C šaldymo mišinys.

„Sudėtis: pentafluoretanas- 25%, difluormetanas- 23%, tetrafluoretanas- 52%.

Fizikinės savybės: silpnas chloroformo kvapas, virimo temperatūra:  $-43,9^{\circ}\text{C}$ , normaliomis sąlygomis nedegus, kritinė temperatūra:  $+86,03^{\circ}\text{C}$ , kritinis slėgis: 46,3 bar., suskystintų dujų tankis esant  $20^{\circ}\text{C}$ :  $1,159\text{ g/m}^3$ .“ [24]

Šaldymo mišinys atviroje erdvėje nėra pavojingas. Esant didelei koncentracijai garai dirgina odą ir gleivinę. Pasižymi silpnu narkotizuojančiu poveikiu. Ilgai veikiant žmogaus organizmą paveikia centrinę ir periferinę nervų sistemas, kvėpavimo sistemą, širdies kraujagyslių sistemą, kepenis ir inkstus.



3.9 pav. Šaldymo sistemos principinė schema

## Garintuvas

Garintuvo galia skaičiuojama pagal literatūroje [19] pateiktą formulę (13).

$$Q_g = G \cdot \Delta h; \quad (13)$$

Čia:  $Q_g$ - garintuvo galia, kW;

$G$ - oro srautas, kg/s;

$\Delta h$ - entalpijų skirtumas, tarp įeinančios oro entalpijos ir išeinančio oro entalpijos, kJ/kg;

Entalpijų skirtumas randamas iš i-d diagramos, kuri pateikta priede Nr. 7.

$h_2 = 69$  kJ/kg;  $h_1 = 46$  kJ/kg;

$$Q_g = 0,361 \cdot 23 = 8,303 \text{ kW};$$

## Agento kiekio apskaičiavimas

Sistemoje bus naudojamas 407C šaldymo agentas, jo kiekį randame pagal literatūroje [19] pateiktą formulę (14).

$$G_{407C} = \frac{Q_g}{(h_1 - h_4)} \quad (14)$$

Čia:  $G_{407C}$ - cirkuliuojantis agento kiekis sistemoje, kg/s;

$Q_g$ - garintuvo galia, kW;

$h_1$ - šaldymo ciklo taško 1 entalpija, kJ/kg, randama iš šaldymo agento ciklo diagramos;

$h_4$ - šaldymo ciklo taško 4 entalpija, kJ/kg, randama iš šaldymo agento ciklo diagramos;

Šaldymo mišinio ciklo diagrama pateikiama priede Nr 8.

$$G_{407C} = \frac{8,303}{(407 - 255)} = 0,055 \frac{\text{kg}}{\text{s}};$$

## Kondensatorius

Kondensatoriaus galia skaičiuojama pagal literatūroje [19] pateiktą formulę (15).

$$Q_{KOND} = G_{407C} \cdot \Delta h; \quad (15)$$

Čia:  $Q_{KOND}$ - kondensatoriaus galia, kW;

$G_{407C}$ - cirkuliuojantis agento kiekis sistemoje, kg/s;

$\Delta h$ - entalpijų skirtumas tarp taško 2 ir taško 3, kJ/kg;

$$Q_{KOND} = 0,055 \cdot (433 - 255) = 9,79 \text{ kW};$$

Apskaičiavus garintuvo ir kondensatoriaus galias, juo parenkame iš gamintojų katalogų.

Garintuvo ir kondensatoriaus parinkimo lapai pateikti prieduose Nr. 9 ir Nr. 10.

## Kompresorius

Kompresoriaus galia skaičiuojama pagal literatūroje [19] pateiktą formulę (16).

$$P_{KOMP} = G_{407C} \cdot \Delta h; \quad (16)$$

Čia:  $P_{KOMP}$ - kompresoriaus galia, kW;

$G_{407C}$ - cirkuliuojantis agento kiekis sistemoje, kg/s;

$\Delta h$ - entalpijų skirtumas tarp taško 1 ir taško 2, kJ/kg;

$$P_{KOMP} = 0,055 \cdot (433 - 406) = 1,48 \text{ kW};$$

Apskaičiuavus kompresoriaus galią ir žinodami kitus parametrus, kompresorių taip pat pasirenkame iš gamintojų katalogų. Šiuo atveju naudojame Emerson Product Selection Software programinę įrangą kompresorių pasirinkimui. Programos langas pridamas priede Nr. 11.

Ar teisingai apskaičiuotos šaldymo komponentų galios galima patikrinti pagal lygybę:

$$Q_{KOND} = Q_g + P_{KOMP};$$

$$9,79 = 8,303 + 1,48$$

Lygybė yra teisinga, tai galima teigti, kad komponentų galios apskaičiuotos tinkamai.

### Aprišamoji armatūra

Be pagrindinių komponentų, kompresoriaus, kondensatoriaus ir garintuvo, sistemoje turi būti įmontuotas išsiplėtimo vožtuvas, kuriame šaldymo agentas iš skystosios fazės virsta dujine faze, filtras, kuris absorbuoja drėgmę sistemoje. Be šių komponentų įrengiami slėgių davikliai (apsaugos), jie skirti fiksuoti sistemos parametrus. Tarkim, sugedus tiekiamo oro ventiliatoriui, oras nebeapiplauna kondensatoriaus, to pasekoje jo temperatūra pradeda kilti. Padidėjus dujų temperatūrai kondensatoriuje slėgis sistemoje pradeda didėti ir pasiekus maksimalią ribą (25bar) suveikia aukšto slėgio daviklis, kuris išjungia kompresorių.

Apskaičiuavus šaldymo sistemą ir žinant išeinančias oro srautų temperatūras iš šilumokaičio galima apskaičiuoti recirkuliacijos režimą.

### 3.3 Ekoniminis palyginimas

Apskaičiuavus visus komponentus galima atlikti ekonominį palyginimą. Pagal lentelėje 3.4 pateiktus duomenis, Kauno mieste vidutinė šildymo sezono temperatūra yra 0,7°C, ir trukmė 219 parų.

**3.4 lentelė.** Metinė išorės oro temperatūra, vidutinė šildymo sezono trukmė ir jo išorės temperatūra.

Vietovė	Šildymo sezono pradžia/ pabaiga <10°C		Metinė vidutinė temperatūra, °C
	Vidutinė temperatūra, °C	Trukmė paromis	
Šiauliai	0,6	22	6
Panevėžys	0,4	218	6,2
Klaipėda	1,9	214	7
Dūkštas	-0,3	223	5,5
Raseiniai	0,5	225	5,9
Kaunas	0,7	219	6,3
Vilnius	0,2	225	6,7
Kybartai	1	213	6,7
Lazdijai	0,1	219	6,2

Priėmus, kad vėdinimo sistemoje nenaudojamas joks šilumogrąžos įrenginys, o oras būtų šildomas elektriniu šildytuvu, per šildymo sezona reikėtų sumokėti:

Pagal formulę (17) apskaičiuojame reikiamą galią, sušildyti tiekiamą orą:

$$Q_{šild.} = L \cdot \Delta h; \quad (17)$$

Čia:  $L$ - oro srauto debitas, kg/s;

$\Delta h$ - oro srauto entalpijų skirtumas, tarp išeinančio oro srauto entalpijos ir įeinančio į šildytuvą oro srauto entalpijos, kJ/kg.

Priimame, kad įeinančio oro srauto temperatūra lygi vidutiniai šildymo sezono temperatūrai  $0,7^{\circ}\text{C}$  ir šildymo sezono vidutinė santykinė drėgmė yra 85%. Srautą reikia pašildyti iki  $30^{\circ}\text{C}$  ir santykinės drėgmės 30%. Entalpijas randame naudodamiesi i-d diagrama. Šildymo sezono trukmė Kauno mieste 219 parų.

$$Q_{šild.} = 0,35 \cdot (50 - 8) = 14,7\text{kW};$$

Elektros energijos kaina šiai dienai yra 0,127 Eur/ kWh;

Tai per šildymo sezoną būtų išleista:

$$Suma = 14,7 \cdot 0,127 \cdot 219 \cdot 24 = 9812,43 \text{ Eur};$$

Kaip šiuo atveju, įrenginyje yra įrengtas priešpriešinių srautų šilumokaitis, tai esant tokiom pačiom oro sąlygom per šildymo sezoną būtų išleista:

$$Q_{šild.} = 0,35 \cdot (50 - 31) = 6,65\text{kW};$$

Elektros energijos kaina šiai dienai yra 0,127 Eur/ kWh;

Tai per šildymo sezoną būtų išleista:

$$Suma = 6,65 \cdot 0,127 \cdot 219 \cdot 24 = 4438,95 \text{ Eur};$$

Sutaupoma per šildymo sezoną:

$$Sutaupoma = 9812,43 - 4438,95 = 5373,48 \text{ Eur};$$

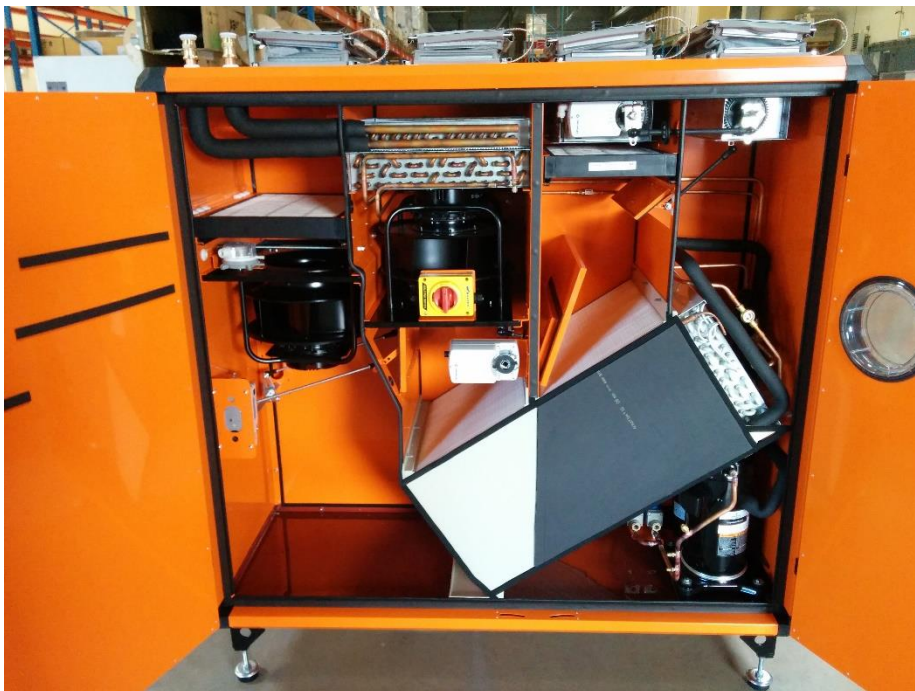
Ši sutaupoma suma yra gana didelė, nes oro srautui šildyti buvo priimta naudoti elektrinį šildytuvą, tai beveik vienas iš brangiausių šildymosi išteklių, todėl norint apskaičiuoti realesnius sutaupymo kaštus reikia rinktis kitus alternatyvius šildymo prietaisus.

## **4. EKSPERIMENTINĖ- TIRIAMOJI DALIS**

### **4.1 Darbo objektas**

Oro kondicionavimo- džiovinimo įrenginys skirtas baseinų patalpų oro kondicionavimui. Įrenginys susideda iš kryžminio-priešpriešinių srautų šilumokaičio, kurio pagalba susigrąžinama dalis šilumos energijos, taip pat įrenginyje yra įmontuotas šilumos siurblys, kuris geba iš panaudoto išmetamo oro paimti dalį šilumos, taip sumažinant išmetamo oro temperatūrą ir pašildant į patalpas tiekiamą orą.





**4.1 pav.** Bandomasis oro kondicionavimo įrenginys

Įrenginys testuojamas sukuriant realias jo veikimo sąlygas. Oras iš patalpos paimamas per elektrinį šildytuvą ir drėkintuvą, kad būtų atkartotos realios sąlygos. Iš patalpų paimamo oro temperatūra  $30^{\circ}\text{C}$ , santykinis oro drėgnumas 60%. Lauko temperatūra keičiasi nuo  $-1^{\circ}\text{C}$  iki  $+20^{\circ}\text{C}$  ir atitinkamai satykinė drėgmė keičiasi nuo 92% iki 39%.

#### **4.2 Bandymų metodika ir prietaisai**

Bandymai buvo atliekami tiesiogiai įjungus gaminį ir jį apjungus testavimo sensoriais. Buvo matuojama tiekiamo oro temperatūra ir santykinė drėgmė, išmetamo oro santykinė drėgmė ir temperatūra, iš lauko paimamo oro santykinė drėgmė ir temperatūra, į patalpas tiekiamo oro santykinė drėgmė ir temperatūra, taip pat temperatūra už garintuvo ir prieš kondensatorių. Buvo matuojamas kompresoriaus aukštas ir žemas slėgis, garų ir skystos fazės temperatūros. Visos reikšmės buvo nuskaitomos į kompiuterį ir vėliau apdorojamos.

Oro srautų temperatūroms matuoti buvo naudojami Regin firmos sensoriai, kurie vienu metu matuoja ir oro temperatūrą ir santykinę drėgmę. Drėgmės matavimo ribos nuo 0 iki 100 %, temperatūros ribos nuo  $-40^{\circ}\text{C}$  iki  $+60^{\circ}\text{C}$ .



**4.2 pav.** Regin firmos temperatūros/drėgmės sensorius [23]

Oro srautui nustatyti buvo naudojami skaitmeniniai davikliai, kurie matuoja slėgių skirtumus prieš variklį ir už variklio. Įvedus variklio k koeficientą, daviklis konvertuoja signalus į kubinius metrus per valandą.

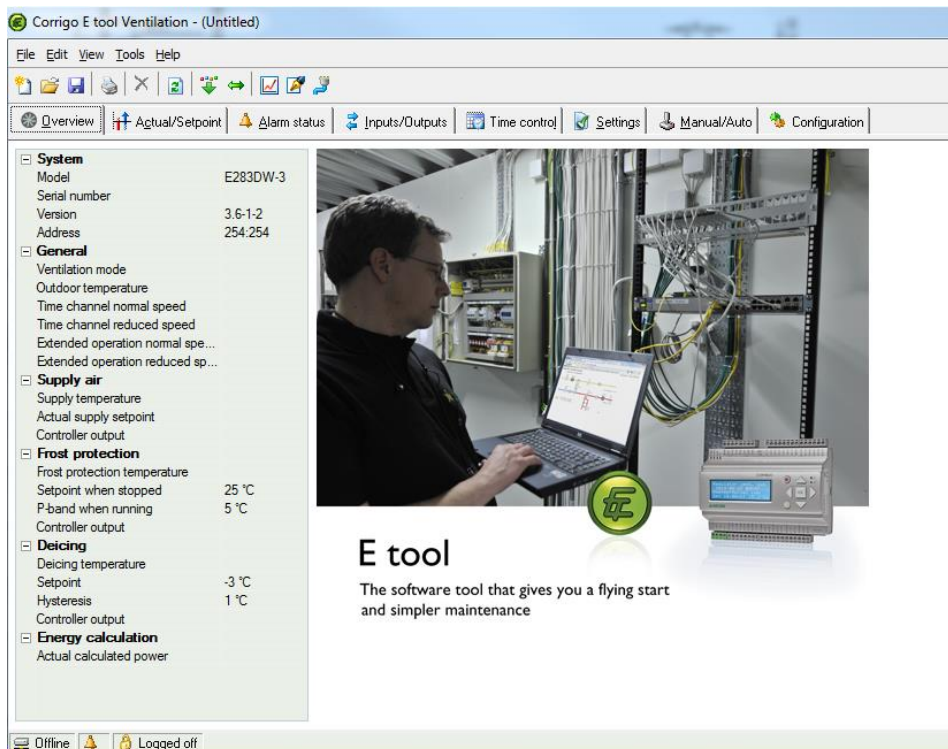


**4.3 pav.** Skaitmeninis daviklis skirtas oro srautui nustatyti [21]

Visi sensorių nuskaityti signalai 0..10 V DC buvo siunčiami į Systemair firmos kontrolierį ir Corrigo E Tool programos pagalba visos reikšmės matomos kompiuterio ekrane.



**4.4 pav.** Systemair firmos kontrolieris



4.5 pav. Corrigo E Tool ventilation programos langas

Kompresoriaus parametrams nustatyti buvo naudojamas TESTO firmos prietaisas ir programinė įranga, kuri geba nuskaityti kompresoriaus parametrus.



4.6 pav. Testo firmos prietaisas kompresoriaus parametrams analizuoti



4.7 pav. Įrenginys testavimo vietoje

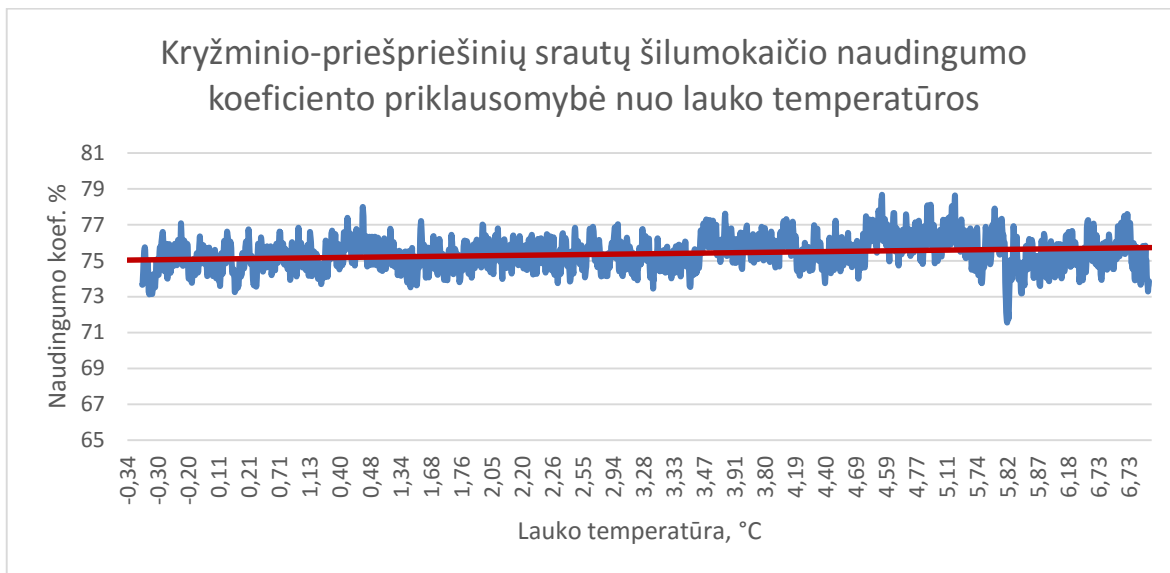
### 4.3 Tyrimo rezultatai

Pirmas tyrimas buvo nustatyti kryžminio-priešpriešinių srautų šilumokaičio naudingumo koeficiento priklausomybę nuo lauko temperatūros. Pirmu atveju temperatūra kito nuo  $-0,3^{\circ}\text{C}$  iki  $6,7^{\circ}\text{C}$ , antru nuo  $10,66^{\circ}\text{C}$  iki  $14,67^{\circ}\text{C}$ .

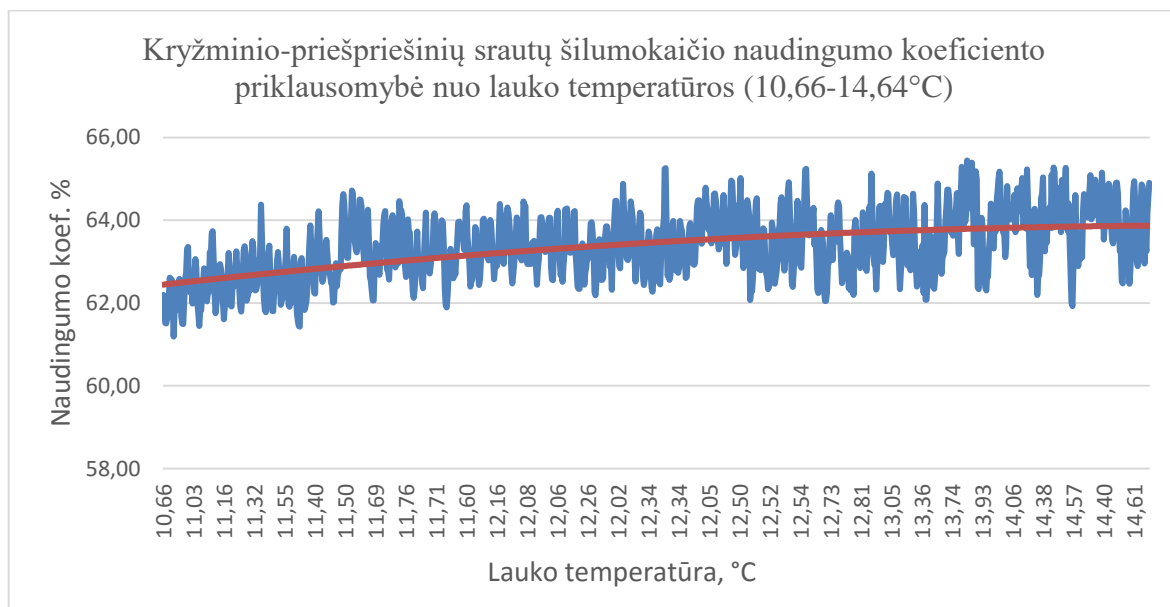
4.1 lentelė. Šilumokaičio naudingumo koeficiento priklausomybės nuo lauko temperatūros bandymo duomenų dalis

Laikas	Oro srauto temperatūra iš lauko	Tiekiamo į patalpas oro srauto temperatūra	Oro srauto temperatūra iš patalpos	Šilumokaičio naudingumo koeficientas
4/27/2016 3:03:58 AM	-0,47	21,462	29,305	73,66
4/27/2016 3:04:03 AM	-0,47	21,462	29,305	73,66
4/27/2016 3:04:08 AM	-0,47	21,511	29,207	74,07
4/27/2016 3:04:13 AM	-0,47	21,523	29,085	74,41
4/27/2016 3:04:18 AM	-0,47	21,523	28,881	74,93
4/27/2016 3:04:23 AM	-0,47	21,523	28,777	75,19
4/27/2016 3:04:28 AM	-0,45	21,533	28,642	75,56
4/27/2016 3:04:33 AM	-0,44	21,573	28,620	75,75
4/27/2016 3:04:38 AM	-0,44	21,584	28,688	75,61

4/27/2016 3:04:43 AM	-0,42	21,584	28,917	75,01
4/27/2016 3:04:48 AM	-0,41	21,584	29,060	74,64
4/27/2016 3:04:53 AM	-0,41	21,584	29,167	74,37
4/27/2016 3:04:58 AM	-0,35	21,584	29,182	74,27
4/27/2016 3:05:03 AM	-0,34	21,584	29,182	74,26
4/27/2016 3:05:08 AM	-0,34	21,584	29,062	74,56
4/27/2016 3:05:13 AM	-0,34	21,751	29,108	75,01
4/27/2016 3:05:18 AM	-0,34	21,646	29,170	74,50
4/27/2016 3:05:23 AM	-0,31	21,646	29,299	74,15
4/27/2016 3:05:28 AM	-0,31	21,646	29,664	73,25
4/27/2016 3:05:33 AM	-0,31	21,743	29,791	73,26
4/27/2016 3:05:38 AM	-0,29	21,768	29,869	73,14
4/27/2016 3:05:43 AM	-0,24	21,768	29,809	73,24
4/27/2016 3:05:48 AM	-0,24	21,768	29,625	73,69
4/27/2016 3:05:53 AM	-0,23	21,768	29,494	74,01
4/27/2016 3:05:58 AM	-0,21	21,827	29,607	73,91
4/27/2016 3:06:03 AM	-0,20	21,829	29,671	73,75
4/27/2016 3:06:08 AM	-0,20	21,829	29,793	73,45
4/27/2016 3:06:13 AM	-0,21	21,829	29,894	73,21
4/27/2016 3:06:18 AM	-0,20	21,829	29,919	73,14
4/27/2016 3:06:23 AM	-0,20	21,829	29,860	73,29
4/27/2016 3:06:28 AM	-0,20	21,829	29,700	73,68
4/27/2016 3:06:33 AM	-0,20	21,878	29,576	74,15
4/27/2016 3:06:38 AM	-0,20	21,890	29,551	74,25



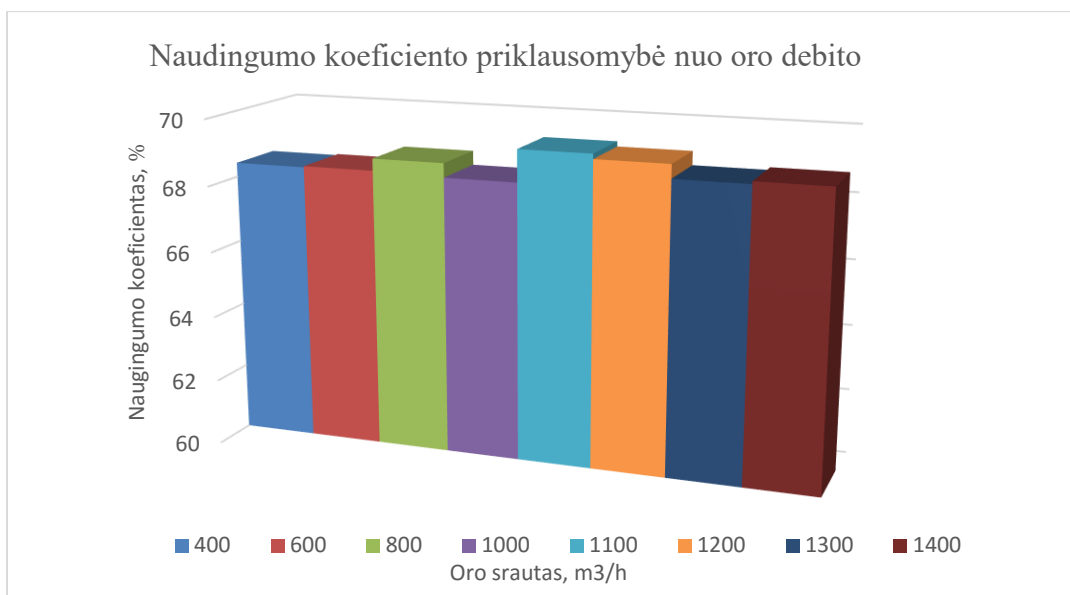
**4.8 pav.** Kryžminio-priešpriešinių srautų šilumokaičio naudingumo koeficiento priklausomybė nuo temperatūros (-0,34-6,74°C)



**4.9 pav.** Kryžminio-priešpriešinių srautų šilumokaičio naudingumo koeficiento priklausomybė nuo temperatūros (10,66- 14,64°C)

Nustatyta, kad keičiantis lauko temperatūrai ir santykinei drėgmei kintant nuo 90% iki 75% pirmu atveju naudingumo koeficientas praktiškai nekito ir buvo apie 75%. Antru atveju keičiantis lauko temperatūrai ir santykinei drėgmei kintant nuo 53% iki 42% naudingumo koeficientas praktiškai nekito, tačiau buvo tik apie 63%. Tokį naudingumo koeficiento sumažėjimą galėjo iššaukti sumažėjęs santykinis drėgnumas, nes susidarė mažiau kondensato, kas sumažina šilumos mainus.

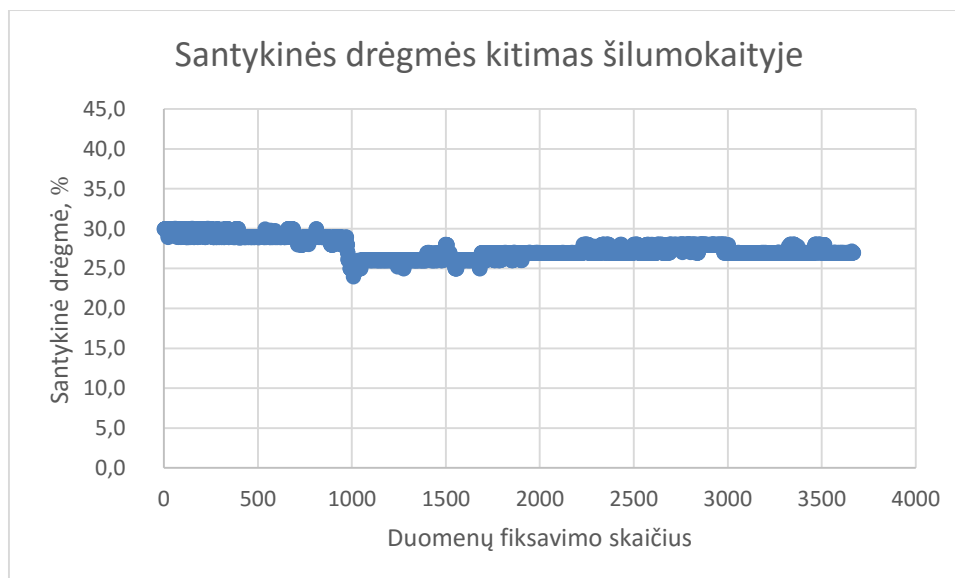
Antrasis tyrimas buvo nustatyti kryžminio-priešpriešinių srautų šilumokaičio naudingumo koeficiento priklausomybę nuo oro debito. Tyrimas buvo atliekamas keičiant oro debitą nuo 400 m<sup>3</sup>/h iki 1400 m<sup>3</sup>/h.



**4.10 pav.** Kryžminio-priešpriešinių srautų šilumokaičio naudingumo koeficiento priklausomybė nuo oro debito

Iš rezultatų matyti, kad kintant oro srauto debitui (tiek šalinamo oro, tiek tiekiamo) naudingumo koeficientas praktiškai nekinta, tačiau didžiausias naudingumas užfiksuotas esant 1100-1200 m<sup>3</sup>/h oro srauto debitui.

Trečiasis tyrimas buvo stebėti oro srauto santykinės drėgmės pasikeitimą šilumokaityje, kai oras tiekiamas iš lauko.



**4.11 pav.** Santykinės drėgmės kitimas šilumokaityje

Iš grafiko matyti, kad nusistovėjus srautui santykinė drėgmė nusistovi ir kintant laikui nesikeičia. Dalis rezultatų pateikta lentelė priede Nr. 12.

## IŠVADOS

Atliekant darbą buvo nagrinėjama aktuali literatūra susijusi vėdinimo ir kondicionavimo svarba žmogaus organizmui ir sveikatai. Taip pat apžvelgti moksliniai straipsniai bei tyrimai susiję su oro kondicionavimu, oro sausinimu, sausinimo metodais ir įrenginiais.

1. Išanalizavus literatūrą, nustatyta, kad patogiausias ir dažniausiai naudojamas būdas oro sausinimui yra šaldymo ciklas.

2. Užsidavus realius parametrus buvo suprojektuotas oro kondicionavimo įrenginys, skirtas individualių namų baseinų patalpoms iki 200m<sup>2</sup> ploto vėdinti ir kondicionuoti, kai patalpose įrengiamas ne didesnis kaip 20m<sup>2</sup> ploto plaukimo baseinas, bei ne didesnė kaip 4 m<sup>2</sup> burbulinė vonia.

3. Pagal realias sąlygas pasirinktas rekuperatorius, apskaičiuotos kompresoriaus, garintuvo ir kondensatoriaus galios, pagal kurias parenkami šaldymo sistemos komponentai ir surinktas realus gaminys kuris analizuotas praktiškai.

4. Išanalizavus oro srautų procesus rekuperatoriuje matyti, kad rekuperatoriaus naudingumo koeficiento reikšmė artima deklaruojamajai gamintojo reikšmei, kai iš lauko paimamo oro santykinė drėgmė yra ne mažesnė kaip 75%. Tiekiant į įrenginį ne daugiau kaip 50% santykinės drėgmės orą, jo efektyvumas krinta iki 63%. Taip pat pastebėta, kad keičiantis oro debitui, rekuperatoriaus naudingumo koeficientas praktiškai nekinta.

5. Atlikus ekonominius skaičiavimus nustatyta, kad projektuojant naujus oro kondicionavimo įrenginius rekuperatoriai būtini, nes jų pagalba sutaupoma net iki 50% išlaidų šildymo sezono metu.



## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. ISEVIČIUS, Edmundas. Oro kondicionavimas. Kaunas, Technologija, 2007.
2. JUODIS, Egidijus. Vėdinimas. Vadovėlis, Vilnius: Technika, 2008 m. 400p.
3. KAMINSKIENĖ, Gintarė. Alergija, peršalimas ar net mirtis – dėl užteršto patalpų oro. 2014 [Žiūrėta 2015-11-20]. Prieiga per:  
<http://sveikata.lt/sveika-visuomene/alergija-persalimas-ar-net-mirtis-del-namu-oro-1510>
4. BUZYTĖ, Viktorija. Gyvenamoji aplinka ir sveikata. [Žiūrėta 2015-11-21]. Prieiga per:  
[www.smlpc.lt/media/file/Skyriu\\_info/Naudingi\\_patarimai/Gyvenamoji\\_aplinka\\_ir\\_sveikata.pdf](http://www.smlpc.lt/media/file/Skyriu_info/Naudingi_patarimai/Gyvenamoji_aplinka_ir_sveikata.pdf)
5. GALVONAITĖ, Audronė ir kt. Lietuvos kurortų klimatas. Vilnius: 2015 m. ISBN 978-9955-9758-6-1
6. LOURENCETTI, CAROLINA. JOAN O. GRIMALT. ESTHER MARCOA. PILAR FERNANDEZA. LAIA FONT-RIBERAB. CRISTINA M. VILLANUEVAB. MANOLIS KOGEVINAS. Trihalomethanes in chlorine and bromine disinfected swimming pools: Air-water distributions and human exposure. Environment International. Ispanija: Department of Environmental Chemistry, 2012, 45, 59-67.
7. BERNARD PH.D. ALFRED. CATHERINE VOISIN M.SC. AND ANTONIA SARDELLA M.D. Respiratory Risks Associated with Chlorinated Swimming Pools. A Complex Pattern of Exposure and Effects. American journal of respiratory and Critical Care Medicine. Vol.183, No. 5 (2011), 570-572.
8. MANASFI, TAREK DE MÉO. MICHEL COULOMB. BRUNO DI GIORGIO. CAROLE BOUDENNE. JEAN-LUC. Identification of disinfection by-products in freshwater and seawater swimming pools and evaluation of genotoxicity. Pracūzija. Vol. 88, 94-102.
9. RIETSCHER, H. Podrecznik ogrzewania i wietrzenia. Warszawa, Arkady. 903 p.
10. LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA. HN 42:2004 "Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų mikroklimatas". Vilnius: 2003 m. gruodžio 24 d. Nr. V-770.
11. LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA. HN 42:2004 "Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų mikroklimatas". Vilnius: Valstybės žinios, 2004, Nr. 105-3911.
12. LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA. HN 109:2005 "Baseinai. Įrengimo ir priežiūros saugos sveikatai reikalavimai". Vilnius: Valstybės žinios, 2005, Nr. 87-3277.
13. PUKHKAL, VIKTOR. TANIC MILAN. VATIN NIKOLAI. MURGUL, VERA. Studying Humidity Conditions in the Design of Building Envelopes of "Passive House" (in the case of

- Serbia). International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities. Procedia Engineering. 117 ( 2015 ) 859 – 864.
14. SAFIZADEH, M. REZA. WAHED, M. ARIFEEN. BONGS, CONSTANZE. ZAW, KHIN. MORGENSTERN, ALEXANDER. HENNINHG, HANS- MARTIN. LUTHER, JOACHIM. Two-stage air-dehumidification system for the tropics –experimental and theoretical analysis of a lab system. Energy Procedia, 48, 2014, 982 – 990.
15. W. TOW, EMILY. H. LIENHARD, JOHN. Experiments and modeling of bubble column dehumidifier performance. International Journal of Thermal Science. JAV. 2014, 80, 65-75.
16. FINOCCHIARO, PIETRO. BECCALI, MARCO. GENTILE, VINCENZO. Experimental results on adsorption beds for air dehumidification. International journal of refrigeration. Italy. 2016, 63, 100-112.
17. STR 2.05.01: 2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“, LR AM, 2013.
18. JUODIS, EGIDIJUS. MOTUZIENĖ, VIOLETA. Vėdinimo aerodinamika. Vadovėlis aukštosioms mokykloms. Vilnius: Technika, 2014. 295 p.
19. ASHRAE Handbook- HVAC Systems and Equipment. ASHRAE Inc., N. E., Atlanta, 2012.
20. Ventilatorių gamintojo internetinis puslapis. [žiūrėta 2016-04-28]. Prieiga per: [http://www.ebmpapst.com/en/products/centrifugal-fans/centrifugal\\_fans.html](http://www.ebmpapst.com/en/products/centrifugal-fans/centrifugal_fans.html)
21. Oro kondicionavimo įrenginių gamintojo internetinis puslapis. [žiūrėta 2016-05-15]. Prieiga per: <http://www.menerga.com/en/products/swimming-pool-hall-dehumidification/thermocond-1929/>
22. Oro kondicionavimo sistemų ir įrenginių gamintojo internetinis puslapis. [žiūrėta 2016-05-20]. Prieiga per: <https://www.systemair.com/lt-LT/Lithuania/Support/Catalogue--Leaflets-/>
23. Oro sistemų sensorių gamintojo internetinis puslapis. [žiūrėta 2016-04-30]. Prieiga per: <http://www.regincontrols.com/en-GB/Home/>
24. Šaldymo mišinio duomenų lapas. [žiūrėta 2016-04-12]. Prieiga per: [https://www.genys.lt/sites/default/files/files/technine\\_literatura/2013/01/r407c\\_saugos\\_duomenu\\_lapai.pdf](https://www.genys.lt/sites/default/files/files/technine_literatura/2013/01/r407c_saugos_duomenu_lapai.pdf)
25. Lietuvos elektros tinklų internetinis puslapis. [žiūrėta 2016-05-20]. Prieiga per: <http://www.eso.lt/lt/namams/elektra/esu-klientas/tarifai-kainos-atsiskaitymas-ir-skolos/kiek-kainuoja-elektra-2016/koki-tarifo-plana-galiu-pasirinkti.html>
26. GUDZINSKAS, JUOZAS. LUKOŠEVIČIUS, VALDAS. MARTINAITIS, VYTAUTAS. TUOMAS, EDVARDAS. Šilumos vartotojo vadovas. Vilnius. 2011. ISBN 978-609-95258-0-8.
27. STR 2.09.02:2005 “ŠILDYMAS, VĖDINIMAS IR ORO KONDICIONAVIMAS”. Vilnius, LR AM. 2005.

REKOMENDUOJAMOS GYVENAMŪJŲ IR VIEŠOSIOS PASKIRTIES PASTATŲ  
ĮVAIRIŲ PATALPŲ TEMPERATŪRŲ VERTĖS ŠILDYMO SEZONU

Patalpų paskirtis	Oro temperatūra, C	Jaučiamoji temperatūra, C
1	2	3
1. Gyvenamieji namai		
1.1. Svetainės	18–22	18–21
1.2. Miegamieji	18–22	18–21
1.3. Koridoriai	18–20	16–18
1.4. Virtuvės	18–22	18–21
1.5. Valgomieji	18–22	18–21
1.6. Drabužinės	18–20	16–18
1.7. Vonios kambariai	20–23	20–23
1.8. Tualetai	18–22	18–21
1.9. Sandėliukai	16–18	17–19
1.10. Laisvalaikio kambariai	18–22	18–21
1.11. Bendrojo naudojimo patalpos		
1.11.1. Laiptinės	16–18	–
1.11.2. Sandėliai	16–18	–
1.11.3. Rūsiai	4–6	–
1.11.4. Drabužinės	18–22	18–21
1.11.5. Prausyklos	21–23	21–23
1.11.6. Skalbyklos	20–22	–
1.11.7. Džiovyklos	20–22	–
2. Įstaigos		
2.1. Darbo kambariai	20–22	19–21
2.2. Darbo kambariai (atviri lankytojams)	20–22	19–21
2.3. Posėdžių kambariai	20–22	19–21
2.4. Braižyklos	20–22	19–21
2.6. Parodų patalpos	19–21	17–19
2.7. Duomenų bazės paruošimo, laikymo bei įvertinimo patalpos	20–22	18–20
2.8. Archyvai	19–21	17–19
2.9. Kavinės, poilsio kambariai	19–21	18–20

2.10. Kopijavimo kambariai	19–21	17–19
2.11. Koridoriai	19–21	17–19
2.12. Rūkymo kambariai	19–21	18–20
2.13. Mokymosi kambariai	20–22	19–21
3. Ikimokyklinės įstaigos		
Lopšelio grupės		
3.1. Priėmimo kambariai	21–23	20–22
3.2. Žaidimų kambariai	21–23	20–22
3.3. Miegamieji	20–22	19–21
3.4. Tualetai, prausyklos	21–23	20–22
3.5. Muzikos ir kūno kultūros salės	18–20	17–19
Darželio grupės		
3.6. Priėmimo kambariai	20–22	19–21
3.7. Žaidimų kambariai	20–22	19–21
3.8. Miegamieji	18–20	17–19
3.9. Tualetai, prausyklos	19–21	18–20
3.10. Muzikos ir kūno kultūros salės	18–20	17–19
3.11. Baseinai	28–30	27–29
3.12. Medicinos patalpos	21–23	20–22
3.13. Administracijos, buities patalpos	17–19	16–18
3.14. Virtuvės	15–17	14–16
3.15. Skalbiklos	17–19	16–18
3.16. Lyginimo patalpos	15–17	14–16
4. Mokyklos		
4.1. Bendrojo lavinimo mokyklos		
4.1.1. Klasės, kabinetai, laboratorijos	18–19	17–18
4.1.2. Mokymo dirbtuvės	18–19	17–18
4.1.3. Aktų salės, muzikos kabinetai	18–19	17–18
4.1.4. Sporto salės	15–17	14–16
4.1.5. Nusirengimo kambariai prie sporto salių	20–21	18–20
4.1.6. Dušai	25–26	22–24
4.1.7. Prausyklos, tualetai	18–19	16–18
4.2. Aukštesniosios ir aukštosios mokyklos		
4.2.1. Auditorijos	18–19	17–18
4.2.2. Laboratorijos	18–19	17–18

4.2.3. Technikos kabinetai	18–19	17–18
5. Ligoninės, poliklinikos, greitosios pagalbos stotys		
5.1. Suaugusių ligonių palatos, vaikų skyrių palatos motinoms	19–21	18–20
5.2. Tuberkulioze sergančių asmenų (suaugusių ir vaikų) palatos	19–21	18–20
5.3. Tireotoksikoze sergančių asmenų palatos	15–16	14–15
5.4. Hipotireoze sergančių asmenų palatos	23–25	22–24
5.5. Ikioperacinės, operacinės, pooperacinės, reanimacijos, intensyvios terapijos, dializės ir narkozės palatos, barokameros, ikigimdyminės palatos, gimdyklos, pogimdyminės palatos, tvarstomieji, procedūrų, pieno nutraukimo, vaikų maitinimo krūtimis patalpos	21–23	20–22

Reikalavimai D, C, B, A, A+ ir A++ energinio naudingumo klasės pastatams (jų dalims)

Pastatų (jų dalių) energinio naudingumo klasė	Reikalavimai atitinkamos energinio naudingumo klasės pastatams (jų dalims)
D klasės pastatai (jų dalys)	1. Pastato (jo dalies) energijos vartojimo efektyvumo rodiklio $C_1$ vertė turi atitikti šio Reglamento 14 punkto reikalavimus
	2. Pastato (jo dalies) atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi atitikti šio Reglamento 35.1 punkto reikalavimus
C klasės pastatai (jų dalys)	1. Pastato (jo dalies) energijos vartojimo efektyvumo rodiklių $C_1$ ir $C_2$ vertės turi atitikti šio Reglamento 14 punkto reikalavimus
	2. Pastato (jo dalies) atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi atitikti šio Reglamento 35.2 punkto reikalavimus
	3. Pastato (jo dalies) sandarumas turi atitikti šio Reglamento X skyriaus reikalavimus
B klasės pastatai (jų dalys)	1. Pastato (jo dalies) energijos vartojimo efektyvumo rodiklių $C_1$ ir $C_2$ vertės turi atitikti šio Reglamento 14 punkto reikalavimus
	2. Pastato (jo dalies) atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi atitikti šio Reglamento 35.2 punkto reikalavimus
	3. Pastato (jo dalių) pertvarų ir tarpaukštinių perdenginių šiluminės savybės turi atitikti šio Reglamento IX skyriaus reikalavimus
	4. Pastato (jo dalies) sandarumas turi atitikti šio Reglamento X skyriaus reikalavimus
	5. Šiluminės energijos sąnaudos pastatui (jo daliai) šildyti turi būti ne didesnės už 14 lentelėje nurodytas normines sąnaudas B klasės pastatams
A klasės pastatai (jų dalys)	1. Pastato (jo dalies) energijos vartojimo efektyvumo rodiklių $C_1$ ir $C_2$ vertės turi atitikti šio Reglamento 14 punkto reikalavimus
	2. Pastato (jo dalies) atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi atitikti šio Reglamento 35.3 punkto reikalavimus
	3. Jei pastate (jo dalyje) įrengta mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistema, rekuperatoriaus naudingumo koeficientas turi būti ne mažesnis už 0,65, o rekuperatoriaus ventiliatoriaus naudojamas elektros energijos kiekis neturi viršyti $0,75 \text{ Wh/m}^3$
	4. Pastato (jo dalių) pertvarų ir tarpaukštinių perdenginių šiluminės savybės turi atitikti šio Reglamento IX skyriaus reikalavimus
	5. Pastato (jo dalies) sandarumas turi atitikti šio Reglamento X skyriaus reikalavimus
	6. Šiluminės energijos sąnaudos pastatui (jo daliai) šildyti turi būti ne didesnės už 14 lentelėje nurodytas normines sąnaudas A klasės pastatams
A+ klasės pastatai (jų dalys)	1. Pastato (jo dalies) energijos vartojimo efektyvumo rodiklių $C_1$ ir $C_2$ vertės turi atitikti šio Reglamento 14 punkto reikalavimus
	2. Pastato (jo dalies) atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi atitikti šio Reglamento 35.4 punkto reikalavimus

	<p>3. Jei pastate (jo dalyje) įrengta mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistema, rekuperatoriaus naudingumo koeficientas turi būti ne mažesnis už 0,80, o rekuperatoriaus ventiliatoriaus naudojamas elektros energijos kiekis neturi viršyti <math>0,55 \text{ Wh/m}^3</math></p> <p>4. Pastato (jo dalių) pertvarų ir tarpaukštinių perdenginių šiluminės savybės turi atitikti šio Reglamento IX skyriaus reikalavimus</p> <p>5. Pastato (jo dalies) sandarumas turi atitikti šio Reglamento X skyriaus reikalavimus</p> <p>6. Šiluminės energijos sąnaudos pastatui (jo daliai) šildyti turi būti ne didesnės už 14 lentelėje nurodytas normines sąnaudas A+ klasės pastatams</p>
A++ klasės pastatai (jų dalys)	<p>1. Pastato (jo dalies) energijos vartojimo efektyvumo rodiklių <math>C_1</math> ir <math>C_2</math> vertės turi atitikti šio Reglamento 14 punkto reikalavimus</p> <p>2. Pastato (jo dalies) atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi atitikti šio Reglamento 35.5 punkto reikalavimus</p> <p>3. Jei pastate (jo dalyje) įrengta mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistema, rekuperatoriaus naudingumo koeficientas turi būti ne mažesnis už 0,90, o rekuperatoriaus ventiliatoriaus naudojamas elektros energijos kiekis neturi viršyti <math>0,45 \text{ Wh/m}^3</math></p> <p>4. Pastato (jo dalių) pertvarų ir tarpaukštinių perdenginių šiluminės savybės turi atitikti šio Reglamento IX skyriaus reikalavimus</p> <p>5. Pastato (jo dalies) sandarumas turi atitikti šio Reglamento X skyriaus reikalavimus</p> <p>6. Pastate (jo dalyje) sunaudota energijos dalis iš atsinaujinančių išteklių turi atitikti STR 2.01.09:2012 [5.6] 2 priedo 90 punkto reikalavimus, t. y. didžiąją sunaudojamos energijos dalį turi sudaryti atsinaujinančių išteklių energija</p> <p>7. Šiluminės energijos sąnaudos pastatui (jo daliai) šildyti turi būti ne didesnės už 14 lentelėje nurodytas normines sąnaudas A++ klasės pastatams</p>

## Vandens garu sotinimo slēģis

Temperatūra		Sotinimo slēģis				Tankis	
(°C)	(°F)	(Pa)	(mmHg)	(psia)	(inHg)	(kg/m <sup>3</sup> )	10 <sup>-3</sup> (lb/ft <sup>3</sup> )
0	32	603	4,6	0,09	0,18	0,005	0,3
10	50	1212	9,2	0,18	0,36	0,009	0,59
20	68	2310	17,4	0,33	0,68	0,017	1,08
30	86	4195	31,7	0,61	1,24	0,03	1,9
40	104	7297	55,1	1,06	2,15	0,051	3,2
50	122	12210	92,2	1,8	3,6	0,083	5,19
60	140	19724	149	2,9	5,82	0,13	8,13
70	158	30866	233	4,5	9,11	0,2	12,3
80	176	46925	354	6,8	13,8	0,29	18,2
90	194	69485	525	10,1	20,5	0,42	26,3
100	212	100446	758	14,6	29,6	0,59	36,9
120	248	196849	1486	28,6	58,1	1,1	68,7
140	284	358137	2704	51,9	105,7	1,91	119
160	320	611728	4619	88,7	180,5	3,11	194
180	356	990022	7475	144	292,1	4,8	300
200	392	1529627	11549	222	451,2	7,11	444



Duomenys gauti naudojant programa Air humid Handling:

Žiemos režimas

1) Heat recovery - Standard plate heat exchanger - Surface relation hot/cold 1.000

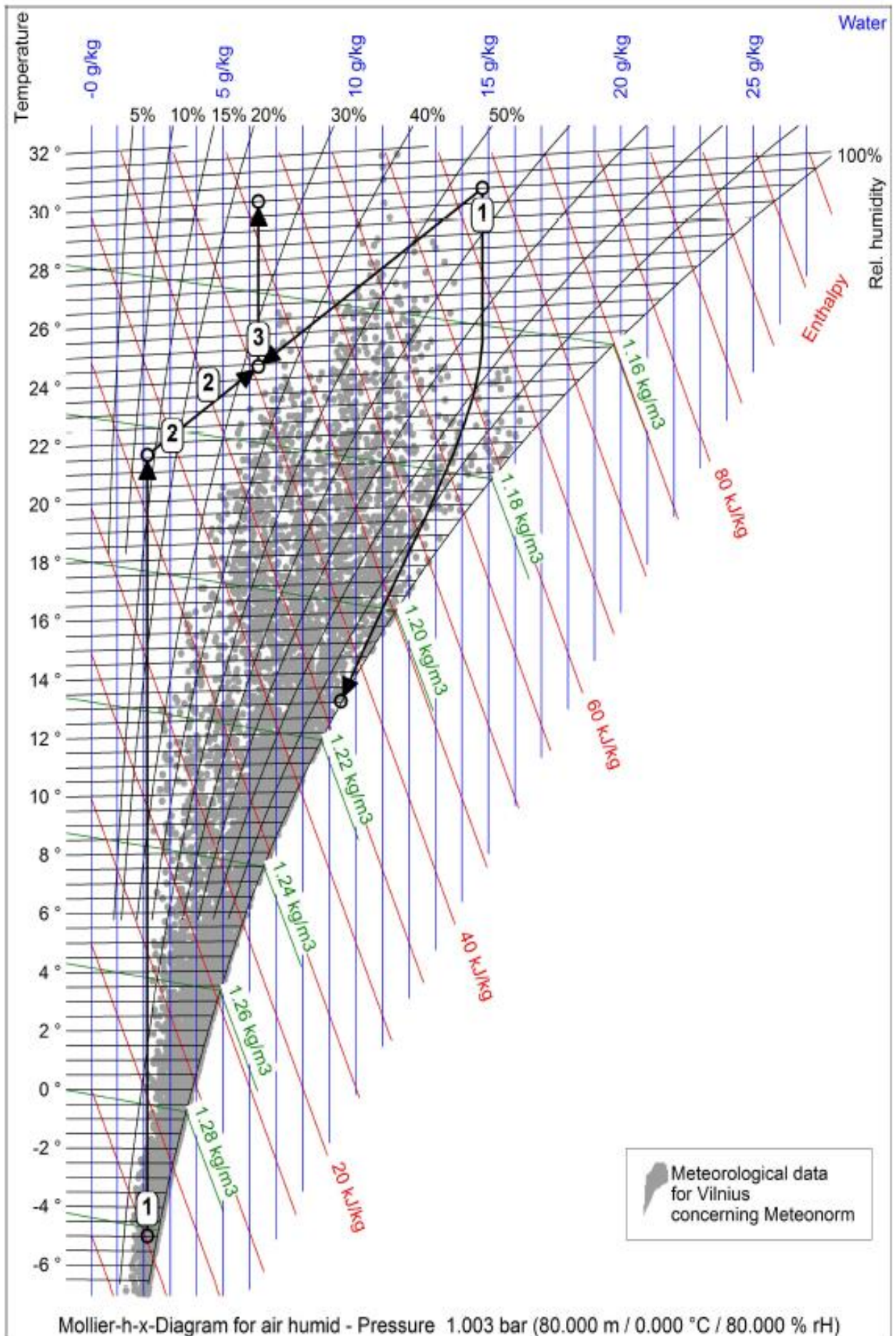
Efficiency temperature	%	76.000			
Efficiency hygroscopic	%	0.000			
Efficiency humid	%	0.000			
Capacity	kW	6.786			
Mean temp.diff.	K	12.619			
Coefficient	kW/K	0.538			
			Cold air IN	Cold air OUT	Hot air IN
					Hot air OUT
Temperature	°C	-5.000	21.600	30.000	13.057
Rel. Humidity	%	85.000	13.221	55.000	99.734
Abs. Humidity	g/kg	2.118	2.118	14.768	9.431
Density humid	kg/m <sup>3</sup>	1.301	1.184	1.143	1.214
Enthalpy humid	kJ/kg	0.246	27.119	67.944	36.947
Volumeflow humid	m <sup>3</sup> /h	700.000	769.438	700.000	655.341
Massflow dry	kg/h	909.040	909.040	788.122	788.122
Condensed water	kg/h		0.000		4.207
Surface temperature	°C				4.028

2) Mixing of 2 air flows

		Air flow 1	Air flow 2	Air flow mixed
Temperature	°C	21.600	30.000	24.426
Rel. Humidity	%	13.221	55.000	32.988
Abs. Humidity	g/kg	2.118	14.768	6.309
Density humid	kg/m <sup>3</sup>	1.184	1.143	1.170
Enthalpy humid	kJ/kg	27.119	67.944	40.644
Volumeflow humid	m <sup>3</sup> /h	769.438	400.000	1169.458
Massflow dry	kg/h	909.040	450.355	1359.395
Condensed water	kg/h			0.000

3) Heating of air

Capacity	kW	2.144	
		Air IN	Air OUT
Temperature	°C	24.426	30.000
Rel. Humidity	%	32.988	23.811
Abs. Humidity	g/kg	6.309	6.309
Density humid	kg/m <sup>3</sup>	1.170	1.148
Enthalpy humid	kJ/kg	40.644	46.322
Volumeflow humid	m <sup>3</sup> /h	1169.458	1191.363
Massflow dry	kg/h	1359.395	1359.395



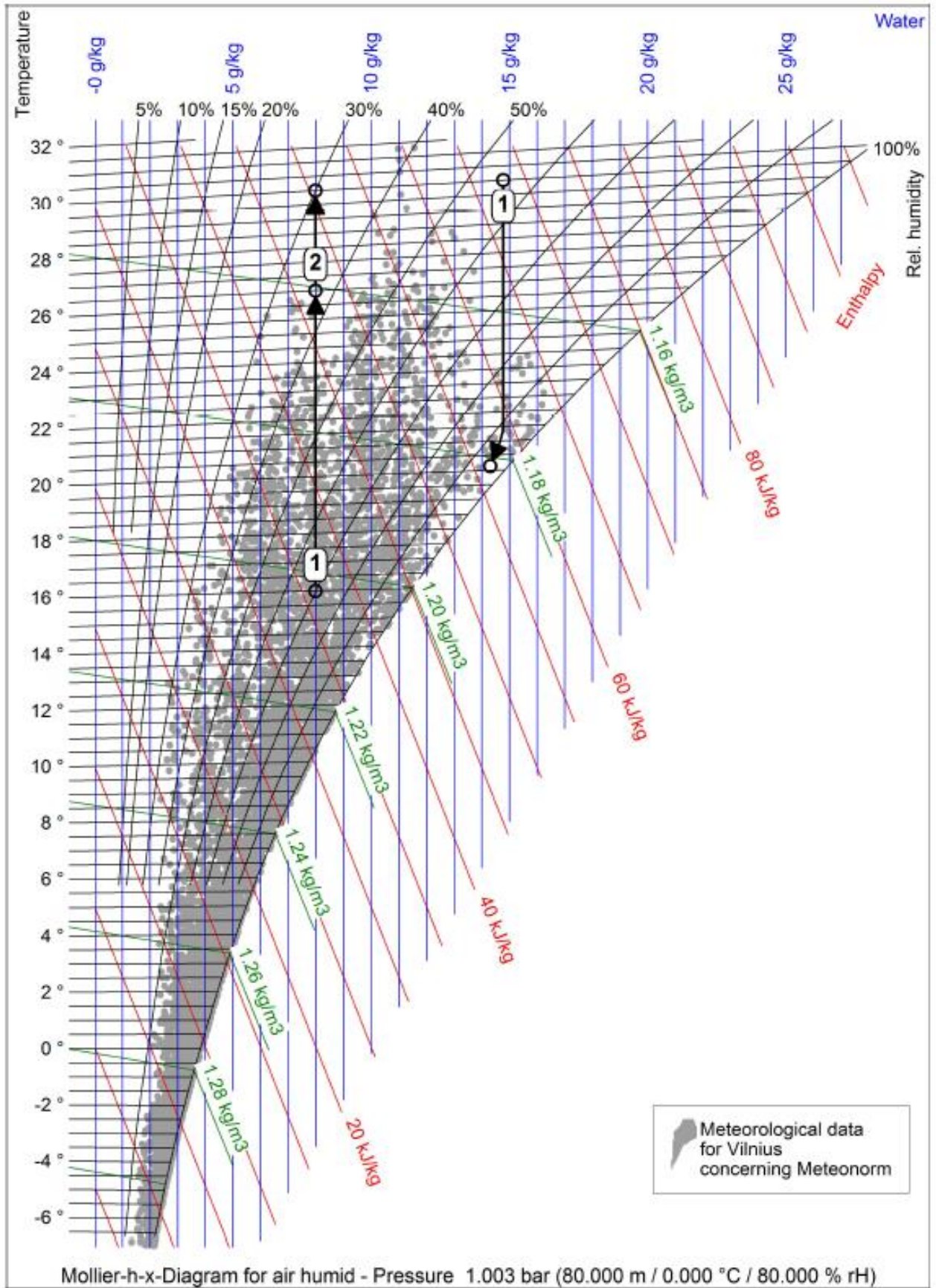
Duomenys gauti naudojant programa Air humid Handling:

Vasaros režimas

Heat recovery - Standard plate heat exchanger - Surface relation hot/cold 1.000

Efficiency temperature	%	75.000
Efficiency hygroscopic	%	0.000
Efficiency humid	%	0.000
Capacity	kW	2.490
Mean temp.diff.	K	4.284
Coefficient	kW/K	0.581

		Cold air IN	Cold air OUT	Hot air IN	Hot air OUT
Temperature	°C	16.000	26.500	30.000	21.176
Rel. Humidity	%	70.000	36.817	60.000	95.767
Abs. Humidity	g/kg	7.978	7.978	16.136	15.253
Density humid	kg/m <sup>3</sup>	1.203	1.161	1.142	1.177
Enthalpy humid	kJ/kg	36.286	47.012	71.439	60.048
Volume flow humid	m <sup>3</sup> /h	700.000	725.418	700.000	678.687
Mass flow dry	kg/h	835.682	835.682	786.904	786.904
Condensed water	kg/h		0.000		0.695
Surface temperature	°C				18.588



Duomenys gauti naudojant programa Air humid Handling:  
Recirkuliacijos režimas

1) Heat recovery - Standard plate heat exchanger - Surface relation hot/cold 1.000

Efficiency temperature	%	75.000			
Efficiency hygroscopic	%	0.000			
Efficiency humid	%	0.000			
Capacity	kW	2.867			
Mean temp.diff.	K	5.236			
Coefficient	kW/K	0.547			
			Cold air IN	Cold air OUT	Hot air IN
					Hot air OUT
Temperature	°C	14.000	26.000	30.000	20.703
Rel. Humidity	%	100.000	47.641	60.000	95.516
Abs. Humidity	g/kg	10.057	10.057	16.136	14.767
Density humid	kg/m <sup>3</sup>	1.210	1.162	1.142	1.179
Enthalpy humid	kJ/kg	39.496	51.800	71.439	58.324
Volumeflow humid	m <sup>3</sup> /h	700.000	729.252	700.000	677.080
Massflow dry	kg/h	838.736	838.736	786.904	786.904
Condensed water	kg/h		0.000		1.077
Surface temperature	°C				17.352

2) Cooling of air - Partition of fins (2.5 - 3.5 mm)

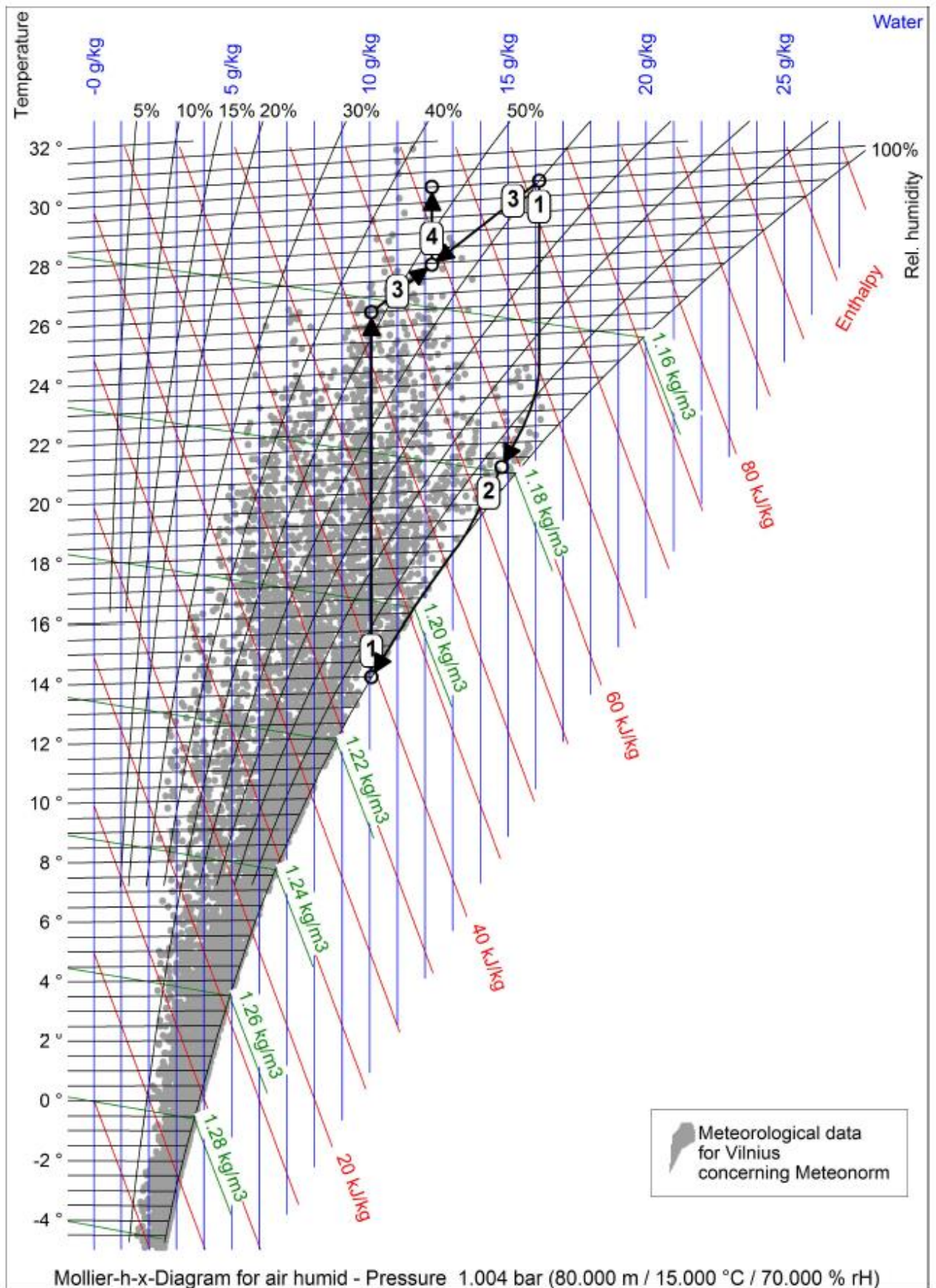
Capacity	kW	4.116		
Mean temp.diff.	K	17.134		
Coefficient	kW/K	0.240		
Coolant IN	°C	0.000		
Coolant OUT	°C	0.000		
			Air IN	Air OUT
Temperature	°C	20.703	14.000	
Rel. Humidity	%	95.516	100.000	
Abs. Humidity	g/kg	14.767	10.057	
Density humid	kg/m <sup>3</sup>	1.179	1.210	
Enthalpy humid	kJ/kg	58.325	39.496	
Volumeflow humid	m <sup>3</sup> /h	677.080	656.742	
Massflow dry	kg/h	786.904	786.904	
Condensed water	kg/h		3.706	
Surface temperature	°C		3.640	

### 3) Mixing of 2 air flows

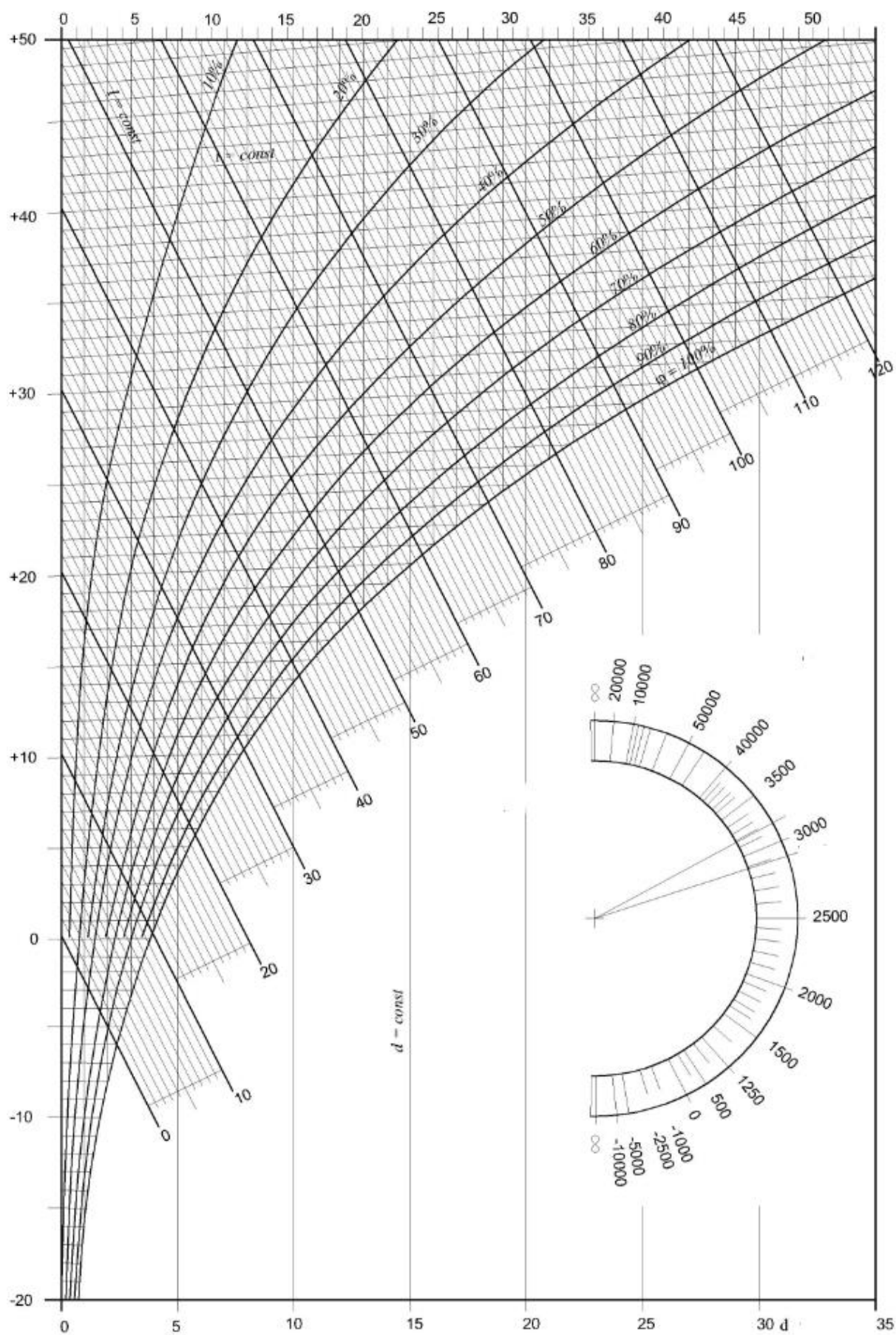
		Air flow 1	Air flow 2	Air flow mixed
Temperature	°C	26.000	30.000	27.444
Rel. Humidity	%	47.640	60.000	53.068
Abs. Humidity	g/kg	10.057	16.136	12.235
Density humid	kg/m <sup>3</sup>	1.162	1.142	1.155
Enthalpy humid	kJ/kg	51.799	71.439	58.837
Volume flow humid	m <sup>3</sup> /h	700.000	400.000	1100.005
Mass flow dry	kg/h	805.092	449.660	1254.752
Condensed water	kg/h			0.000

### 4) Heating of air

Capacity	kW	0.918	
		Air IN	Air OUT
Temperature	°C	27.444	30.000
Rel. Humidity	%	53.068	45.776
Abs. Humidity	g/kg	12.235	12.235
Density humid	kg/m <sup>3</sup>	1.155	1.145
Enthalpy humid	kJ/kg	58.837	61.470
Volume flow humid	m <sup>3</sup> /h	1100.005	1109.359
Mass flow dry	kg/h	1254.752	1254.752

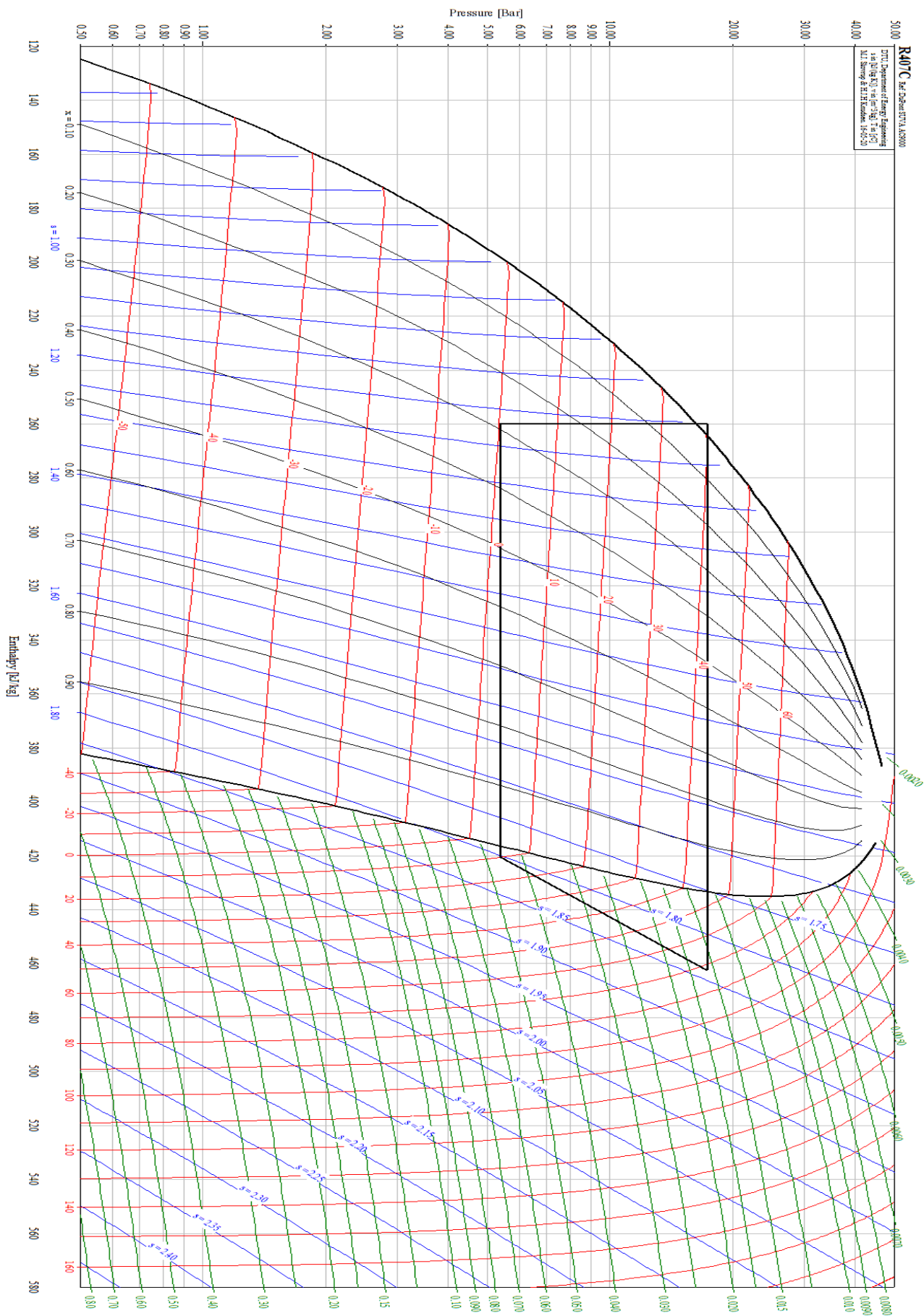


i-d Diagrama





Oro kondicionavimo įrenginio šaldymo ciklas





Customer

Date

Project Garintuvas

LUVATA Italy V2R1M5

ECO code	1022A1404042421EXX03		
Fin type	25 X 21.65 Staggered	1022 corrugated	1022c (STD)
Type of tube	9.27 Rifled C		
Fluid	R407C		
Utilized tubes	54	HxLxP [mm]	350 x 424 x 87
Non utilized tubes	2	Outer area [m <sup>2</sup> ]	11.1
Inner volume [l]	1.68	Frontal area [m <sup>2</sup> ]	0.148
Headers		Inner area [m <sup>2</sup> ]	0.667
Tubes per circuit	18		
AIR SIDE		SIDE -R407C	
Entering temp. [°C]	19.2	T. condensing liq. [°C]	42.5
U.R. entering [%]	99	Liquid sub-cooling [°C]	2
Outlet temp. [°C]	10.3	T. evaporation liq. [°C]	3.58
U.R. outlet [%]	100	T. evaporation gas [°C]	5.1
Flow [m <sup>3</sup> /h]	1060	Vapor overheating [°C]	5
Flow [kg/s]	0.348	Gas title [kgv/kg]	0.284
Frontal velocity [m/s]	1.98	Total flow [kg/h]	190
Pressure drop [Pa]	55.5	Gas velocity [m/s]	11.4
Barometric pres. [kPa]	101.325	Coil pressure drop [kPa]	56.5
Altitude [m]	0	Pressure sat [bar]	5.47
Type of calculation	Countercurrent	Total capacity [kW]	8,3 kW
Corrective factor	1		
Additional equivalent length	0		

**LUVATA**

Customer			
Date			
Project	Kondensatorius		LUVATA Italy V2R1M4
ECO code	1022A1604043816CXX02		
Fin type	25 X 21.65 Staggered	1022 louvered	1022t (STD)
Type of tube	9.27 Rifled C		
Fluid	R407C		
Utilized tubes	64	HxLxP [mm]	400 x 438 x 87
Non utilized tubes	0	Outer area [m <sup>2</sup> ]	17
Inner volume [l]	2.06	Frontal area [m <sup>2</sup> ]	0.175
Headers		Inner area [m <sup>2</sup> ]	0.816
Tubes per circuit	32		
AIR SIDE		SIDE -R407C	
Entering temp. [°C]	22.6	Delta superheating [°C]	25
U.R. entering [%]	50	T. condensing gas [°C]	42.5
Outlet temp. [°C]	40.9	T. condensing liq. [°C]	36.7
U.R. outlet [%]	17.8	Delta subcooling [°C]	2
Flow [m <sup>3</sup> /h]	1059		
Flow [kg/s]	0.346		
Frontal velocity [m/s]	1.68	Total flow [kg/h]	112
Pressure drop [Pa]	65.8	Gas velocity [m/s]	3.3
		Coil pressure drop [kPa]	28.6
Barometric pres. [kPa]	101.325	Pressure sat [bar]	16.4
Altitude [m]	0		
Type of calculation	Countercurrent	Total capacity [kW]	9.79 kW
Corrective factor	1		
Additional equivalent length	0		

## Drėgmės kitimo rezultatai šilumokaityje

Lauko oro santykinė drėgmė, %	Tiekiamo į patalpas oro santykinė drėgmė, %
85,399	41,0
85,264	41,0
85,312	39,2
85,285	38,0
85,442	38,0
89,432	37,0
89,439	36,9
89,960	36,0
89,920	36,0
89,790	35,0
89,715	35,0
89,689	35,0
89,563	34,2
89,486	34,1
89,510	34,0
89,442	34,0
89,019	33,0
88,596	32,2
88,534	32,0
88,635	31,8
88,502	31,2
88,440	31,0
88,540	31,0
88,683	30,0
91,376	29,1
91,470	28,9
90,180	28,0
90,147	27,2
90,159	27,0
90,150	27,0
90,083	26,2
90,118	26,0
90,078	25,0
89,980	25,0