



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

ŠILDYMO IR VĖDINIMO KATEDRA

Nerijus Jasinskas

**LIETUVOS GAMTINIŲ VANDENŲ PANAUDOJIMO PASTATŲ ORUI
VĖSINTI GALIMYBIŲ ANALIZĖ**

**THE ANALYSIS OF LITHUANIAN NATURAL WATER RESOURCES FOR
AIR COOLING IN BUILDINGS**

Baigiamasis magistro darbas

Energetika ir termoinžinerija studijų programa, valstybinis kodas 62406T106

Termoinžinerijos specializacija

Energetikos ir termoinžinerijos mokslo kryptis

Vilnius, 2008

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

ŠILDYMO IR VĖDINIMO KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Prof. habil. dr. V. Martinaitis
(Vardas, pavardė)

(Data)

Nerijus Jasinskas

LIETUVOS GAMTINIŲ VANDENŲ PANAUDOJIMO PASTATŲ ORUI
VĖSINTI GALIMYBIŲ ANALIZĖ

THE ANALYSIS OF LITHUANIAN NATURAL WATER RESOURCES FOR
AIR COOLING IN BUILDINGS

Baigiamasis magistro darbas

Energetika ir termoinžinerija studijų programa, valstybinis kodas 62406T106

Termoinžinerijos specializacija

Energetikos ir termoinžinerijos mokslo kryptis

Vadovas prof. dr. E.S. Juodis
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas Regina Žukienė
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2008

UŽDUOTIS

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Aplinkos inžinerijos fakultetas

Šildymo ir vėdinimo katedra

ISBN ISSN

Egz. sk.: 2

Data: 2008 05 26

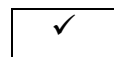
Energetikos ir termoinžinerijos studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas: **LIETUVOS GAMTINIŲ VANDENŲ PANAUDOJIMO PASTATŲ ORUI VĖSINTI GALIMYBIŲ ANALIZĖ**

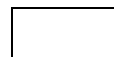
Autorius: **Nerijus Jasinskas**

Vadovas: **Egidijus Juodis**

Kalba:



Lietuvių



Anglų

Anotacija

Didėjanti pirminės energijos išteklių kaina skatina žmones greičiau įdiegti naujus, mažiau iškasamojo kuro vartojančius įrenginius. Pagrindinis naujų įrenginių veikimo principas pagrįstas atsinaujinančių energijos išteklių (saulės, vėjo vandens ir kt.) naudojimu. Nūdienos aktualiausia problema – galutinės energijos vartojimo didėjimas paslaugų ir kitos veiklos sektoriuje. Būtent šiame sektoriuje pirmiausiai siekiama išlaikyti patalpų oro komfortines sąlygas. Todėl vasaros laikotarpiu išauga elektros energijos vartojimas, kuris siejamas su išaugusiu kondicionierių naudojimu.

Šiame baigiamajame magistro darbe analizuojama pažangi, ekologiškai švari oro vėsinimo sistema, naudojanti aplinkoje sukauptą vėšą (šiuo atveju vandens) bei išnagrinėti jos pritaikymo būdai Lietuvoje. Išnagrinėtas Vilniaus lauko oro bei Neries upės vandens temperatūrų kitimas šiltuoju metų laikotarpiu. Atsižvelgiant į gautus rezultatus pateikiami trys skirtingi galimi upės vėsos atvedimo būdai prie esamos oro kondicionavimo sistemos bei parinktas optimaliausias iš jų.

Naujos sistemos pritaikymo pavyzdžiu pasirinktas administracinės paskirties pastatas Vilniaus mieste, šalia Neries upės. Naudojanti upės vandens vėšą oro vėsinimo sistemos palyginta su esamąją trimis požūriais, t. y. energiniu, ekonominiu bei ekologiniu.

Atlikus skaičiavimus gauta, kad energiniu bei ekologiniu požūriais naujosios oro vėsinimo sistemos panaudojimas yra viliojanti perspektyva, tačiau įvertinus ekonominius skaičiavimus šiuo konkrečiu atveju tai ekonomiškai neapsimoka, nes investicijos yra pernelyg didelės, kad jos laiku atsipirktų.

Reikšminiai žodžiai:

Atsinaujinantys energijos ištekliai, upės vanduo, vėsa, oro kondicionavimas

Vilnius Gediminas Technical University
Environmental Engineering Faculty
Heating and Ventilation Department

ISBN ISSN
Copies No.: 2
Daty: 2008 05 26

Energetics and Thermal Engineering study programme master thesis.

Title: **THE ANALYSIS OF LITHUANIAN NATURAL WATER RESOURCES FOR AIR COOLING IN BUILDINGS**

Author: **Nerijus Jasinskas**

Academic supervisor: **Egidijus Juodis**

Thesis language:

☐ Lithuanian

☒ Foreign (English)

Annotation

The steadily increasing price of primary energy resources encourages people to introduce, as soon as possible, new equipment consuming smaller volume of excavated fuel. The chief principle of operation of the new equipment is based on the application of renewable energy resources (sun, wind, water, etc).

Today, the most urgent problem is the growth of the final energy consumption rates in the sector of services and other types of activity. In this particular sector, efforts are aimed primarily at the maintenance of comfortable air conditions within the interior of buildings. Consequently, electric power consumption rates go up in summer. The rise may be accounted for by the increased use of air conditioners.

The present master thesis inquires into a innovative air cooling system - ecologically clean and able to use the cool concentrated in the environment (water in this case). The thesis also provides an analysis of multiple ways of its application in Lithuania. A study of Vilnius air temperature and River Neris water temperature fluctuations over the warm season of the year is given. Taking into account the relevant findings, three different possible conduits for flowing river cool into the existing air conditioning system were developed. The most suitable one was selected among them.

An office building located near the River Neris in Vilnius was selected as a model for the application of the newly developed system. The river cool-utilising air cooling system was compared with the existing one from the following three points of view: the energetic, the economic, and the ecological.

Relevant calculations indicate that from the energetic and ecological point of view, the application of the new air cooling system seems to be a promising undertaking. However, from the economic point of view it does not seem worthwhile, because in this particular case the investment may be too large to secure timely recoupment.

Key words: Renewable energy resources, River water, cool, air conditioning

TURINYS

IVADAS	8
1. NATŪRALIOS VANDENŲ VĖSOS PASAULYJE PANAUDOJIMO ORO KONDICIONAVIMO SISTEMOSE APŽVALGA	9
1.1. Energijos poreikis žmonių reikmėms	9
1.2. Pasaulinės praktikos pavyzdžiai taikant oro vėsinimo sistemoms natūralią vandens vėsą	12
1.3. Natūralios gamtinės vėsos panaudojimo galimybė Lietuvoje	20
1.3.1. Vandens ir oro temperatūros kitimas šiltuoju metų laikotarpiu (Vilniuje)	23
2. TIEKIAMO ORO TEMPERATŪRA	24
2.1. Tiekiamo oro temperatūros skaičiavimas	25
2.2. Lauko oro, vandens temperatūra ir trukmė, kada galima panaudoti gamtinius vandenį kondicionavimo sistemose	30
2.3. Oro vėsinimas	34
2.3.1. Oro vėsinimo sistemų klasifikacija	34
2.3.2. Kompresorinis garinis šaldymo įrenginys	34
2.3.3. Absorbcinis aušinimas	36
2.3.3.1. Pagrindinės binarinių tirpalų savybės	37
2.3.3.2. Absorbcijos ciklas	37
2.3.4. Ežektorinis aušinimas	39
2.4. Oro aušinimo schemas bei procesai, kuriuose galima panaudoti gamtinius vandenį	42
2.5. Šaldymo medžiagos ir jų poveikis aplinkai	45
2.6. Gamtinių vandenų sudėties ypatumai ir jų poveikis kondicionavimo įrangai	46
2.6.1. Gamtinio vandens cheminė sudėtis	46
2.7. Reikalavimai įrangai, naudojančiai gamtinį vandenį	49
3. TIRIAMOJI DALIS	51
3.1. Tyrimų objektas – administracinio pastato vėsinimo sistema	51
3.2. Šaldymo stoties darbo režimas	52
3.3. Atsinaujinančio energijos šaltinio pritaikymas esamai OKS	53
3.3.1. Vandens atvedimo į esamą sistemą prijungimo analizė	54
3.3.2. Naujiems įrenginiams parinkti atliekami vandens debito ir sistemos pasipriešinimo skaičiavimai	58
4. ALTERNATYVIOS IR PROJEKTE NUMATYTOS PATALPŲ ORO VĖSINIMO SISTEMŲ ENERGINIS, EKONOMINIS BEI EKOLOGINIS PALYGINIMAS	66

4.1. Patalpų oro vėsinimo sistemų darbo laiko skaičiavimas	66
4.2. Energinis, ekonominis bei ekologinis vėsinimo sistemų palyginimas	67
5. IŠVADOS	71
LITERATŪRA	72
PRIEDAI	74
1 priedas. Publikuotas straipsnis	75
2 priedas. Elektros energijos gamyba, suvartojimas, eksportas, importas	82
3 priedas. Centrinės oro tiekimo kameros techninės charakteristikos	83
4 priedas. Detali esamosios šaldymo stoties schema	88
5 priedas. Šilumokaičio techninės charakteristikos (1)	89
6 priedas. Šilumokaičio techninės charakteristikos (2)	90
7 priedas. Naujosios, vandeniu vėsinamos, šaldymo mašinos techninės charakteristikos	91
8 priedas. Vandens gerinimo įrenginys (filtras)	96
9 priedas. Vandens padavimo siurblio techninės charakteristikos	98
10 priedas. Principinė naujos oro vėsinimo sistemos prijungimo schema	99
11 priedas. Cirkuliacinio siurblio Nr. 2 techninės charakteristikos	100
12 priedas. Cirkuliacinio siurblio Nr. 3 techninės charakteristikos	102
13 priedas. Esamosios ir alternatyviosios oro vėsinimo sistemų įrangos sudedamosios dalys	104
14 priedas. Naujosios oro vėsinimo sistemos įdiegimo sąmata	105
15 priedas. Išmetalų (CO^2) išsiskyrimas gaminant elektros energiją	106

IVADAS

Vis didėjanti oro tarša, sparčiai vykstantys klimato pokyčiai bei senkantys pirminės energijos šaltiniai verčia žmones mąstyti apie ateitį. Dėl didėjančios oro taršos atmosferoje, žemėje vyksta vadinamasis šiltnamio efektas.

Naujausiais duomenimis per pastarąjį šimtmetį vidutinė temperatūra Žemėje pakilo 0,6 °C, o vidutinė temperatūra Europoje – beveik 1 °C, todėl tęsiantis tokioms oro temperatūros kilimo tendencijoms, per artimiausius dešimtmečius gali išnykti net trys ketvirtadaliai Šveicarijos sniegynų. Vasaros tampa vis sausringesnės ir karštesnės, gyvenimo sąlygos jų metu tampa sunkesnės [11].

Jau dabar bandoma diegti naujausias ekologiškai švarias, tačiau brangias oro bei vandens valymo sistemas, vis daugiau stengiamasi panaudoti neišsenkančių energijos šaltinių: vandenį, vėją ir kt., mažinama naftos gavyba bei ieškoma jai alternatyvos.

Nūdienos aktualiausia problema – galutinės energijos vartojimo didėjimas paslaugų ir kitos veiklos sektoriuje. Būtent šiame sektoriuje pirmiausiai siekiama išlaikyti patalpų oro komfortines sąlygas. Todėl vasaros laikotarpiu išauga elektros energijos vartojimas, kuris siejamas su išaugusiu kondicionierių naudojimu. Tačiau didėjantis jų poreikis verčia sunerimti energetikos specialistus, kurie baiminasi elektros stočių perkrovimo, nes tuo atveju galima iš viso likti be elektros energijos.

Todėl, taupant vis didėjančią energijos poreikį bei mažinant santykinę oro taršą, pasaulyje imta diegti naują ekologiškai švarią oro vėsinimo sistemą, panaudojant aplinkoje sukauptą vėšą (šiuo atveju vandens). Šios sistemos panaudojimas leistų sumažinti elektros energijos kainos priklausomybę nuo didėjančių iškaskamojo kuro kainos bei papildomai leistų sutaupyti valstybės lėšų.

Pagrindiniai šio darbo tikslai:

- ✓ išnagrinėti galimybes Lietuvoje pritaikyti ekologiškai švarų patalpų oro vėsinimo metodą, panaudojant natūralią gamtinių vandenų vėšą;
- ✓ palyginti Nerio vandens vėsos su esama pastato vėsinimo sistema panaudojimo galimybes energiniu, ekonominiu bei ekologiniu požiūriais.

1. NATŪRALIOS VANDENŲ VĖSOS PASAULYJE PANAUDOJIMO ORO KONDICIONAVIMO SISTEMOSE APŽVALGA

1.1. Energijos poreikis žmonių reikmėms

Pagrindinė XXI amžiaus ekologinė problema – didėjanti aplinkos oro tarša. Tai vienas iš svarbiausių veiksnių, turinčių didelį poveikį klimato kaitai [14].

Europos aplinkos agentūros (EAA) 2006 ataskaitoje pristatoma lyginamoji 32 Europos valstybių aplinkos analizė, kur teigiama, kad tokio masto klimato pokyčių Europoje nebuvo 5 tūkst. metų. Jei panašios tendencijos išliks ir toliau, iki 2050 m. ištirps trys ketvirtadaliai Šveicarijos sniegynų, o žmonės gyvens tokiomis klimato sąlygomis, kokiomis dar niekada negyveno. Taigi, klimato pokyčiai gali gerokai pakeisti gamtinį Europos žemėlapi [24].

Ataskaitoje pabrėžiama, Išrinkti visokius tokius sakinius: kaip anksčiau minėta, ataskaitoje pabrėžiama, kad pramonės srityje pastebėtas didesnis energijos gamybos efektyvumas ir mažėjantis energijos poreikis, tačiau vartotojų ir paslaugų sektoriuje energijos suvartojimas padidėjo. Vis daugiau namų ūkių naudoja elektros prietaisus. Tyrimai rodo, kad elektros prietaisai, palikti budėjimo režimu, dabar sudaro 3–13 % elektros suvartojimo namų ūkiuose [15].

Didelę šių prietaisų dalį sudaro oro kondicionieriai, kurių naudojimas pramonės, vartotojų bei paslaugų sektoriuose sparčiai didėja. Svarbu paminėti, kad pirmieji oro vėsinimo prietaisai buvo naudoti Persijoje prieš tūkstančius metų, kai stoge buvo įrengiamos orlaidės, gaudančios vėją, kuris vėliau pereidavo per vandens talpyklą ir šitaip atvėsintas oras patekdavo į pastatą. XIX amžiuje britų mokslininkas M. Faradėjus atrado, kad spaudžiant orą ir verčiant tam tikras dujas į skystą pavidalą, o vėliau leidžiant šiam skysčiui garuoti, vėsinaamas oras. Tačiau idėja nebuvo panaudota praktiškai [20].

Pirmieji modernūs oro kondicionieriai buvo sukurti XX a. – Willis Havilandas Carrieris 1902 metais vienai Niujorko spaustuvių sukūrė elektrinį oro kondicionierių. Šis įtaisas ne tik vėsino patalpas, bet ir išlaikė žemą oro drėgnumo lygį. 1911 metais W. H. Carrieris atskleidė oro kondicionieriaus formulę, o 1915 metais sukūrė Carrier kompaniją, gaminančią oro kondicionierius biurams. Vėliau kondicionieriai buvo pritaikyti namams bei automobiliams [20].

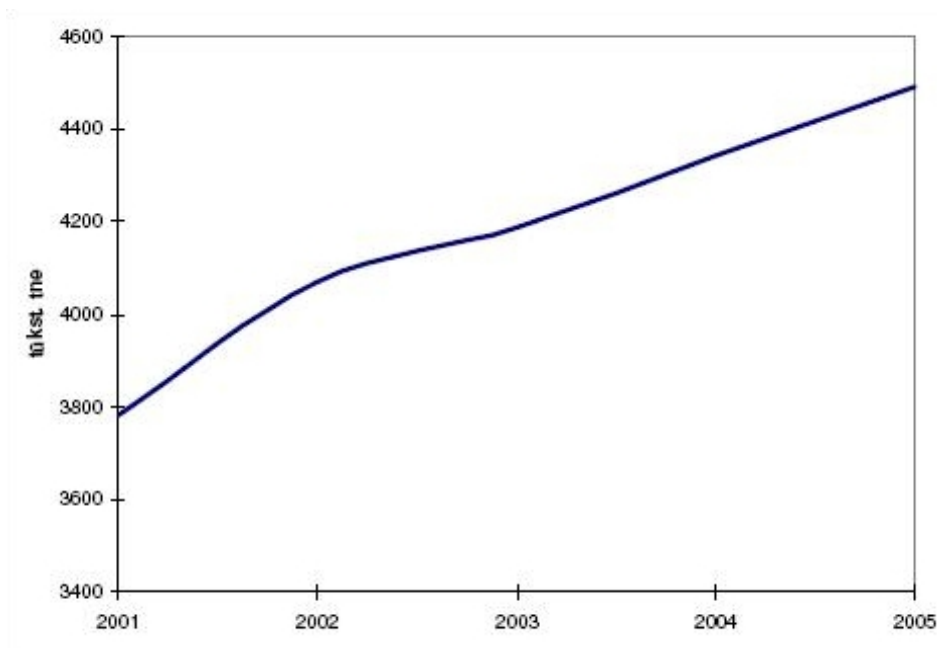
Pirmųjų kondicionierių šaldymo sistemoje, kaip ir to laiko šaldytuvuose, buvo naudojamos nuodingos dujos (amoniakas, metilo chloridas), kurios, atsiradus nuotėkiui, sukeldavo mirtinus apsinuodijimus. 1928 metais Thomas Midgley, Jr. sukūrė šaldymo sistemas, naudojančias chlorofluorokarbono dujas (freoną), kurios nebuvo kenksmingos žmonėms, bet kenkė atmosferos ozono sluoksniui [20].

Oro kondicionavimo metu oras yra sušildomas arba atvėsinaamas, sudrėkinamas arba džiovinamas, valomas, dezinfekuojamas ir jonizuojamas. Kylant aplinkos temperatūrai kondicionavimo

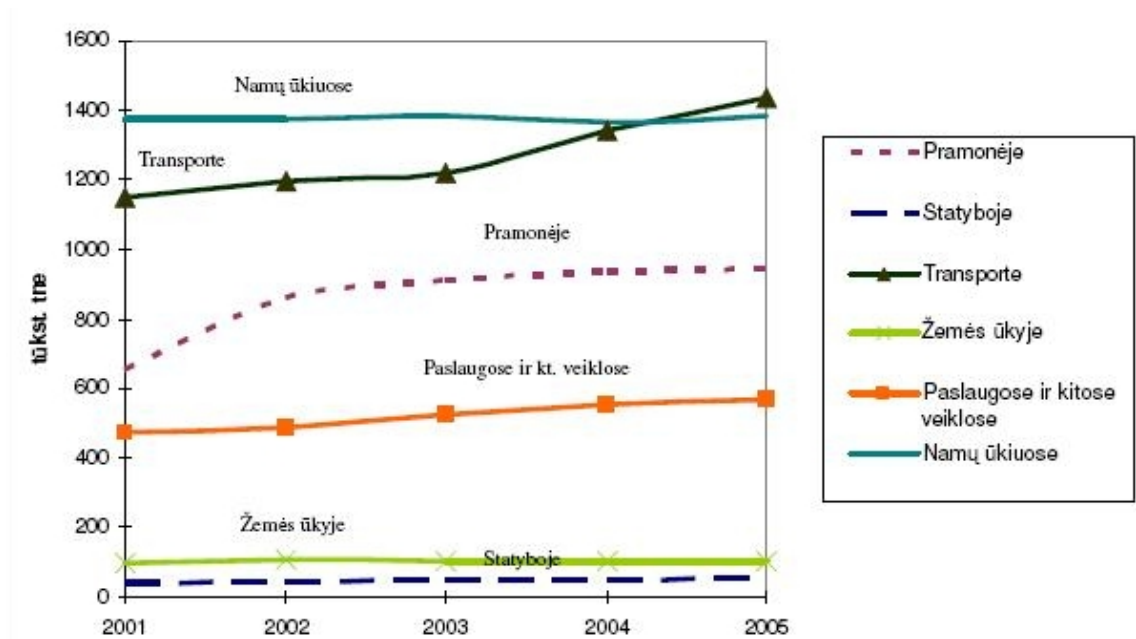
sistemų poreikis išaugo gyvenamosiose patalpose, nors daugiau paplitusios visuomeniniuose pastatuose, gydymo įstaigose, kai kuriose gamybinėse patalpose [16].

Oras gali būti kondicionuojamas iš dalies, kada palaikomos tik oro mikroklimatinės sąlygos (temperatūra ir drėgmė). Oro kondicionavimo sistemos yra reguliuojamos ir veikia automatiškai, užprogramavus norimas sąlygas bei funkcijas. Oro kondicionavimas jungia kelias tarpusavio funkcijas: *vėdinimą ir šildymą* [16].

Kaip jau buvo minėta, galutinės energijos suvartojimas vartotojų ir paslaugų sektoriuose didėja ir Lietuvoje, ir Europos Sąjungos valstybėse (žr. 1, 2, 3 pav.). *Galutinė energija* vadinama ta pirminių gamtinių išteklių (akmens anglių, gamtinių dujų, naftos ir kt.) ir antrinių energijos išteklių (elektros energijos, naftos produktų, centralizuotai tiekiamos šilumos ir kt.) dalis, kuri suvartojama tam tikrai produkcijai gaminti materialinės gamybos šakose arba siekiant užtikrinti norimą aptarnavimo sektoriaus teikiamų paslaugų kiekį bei gyvenimo sąlygų lygį. Ją tiesiogiai savo įrenginiuose suvartoja galutiniai vartotojai (pramonės ir žemės ūkio įmonės, transporto ir aptarnavimo sektoriaus įmonės, individualūs vartotojai ir pan.) [12], [9].



1 pav. Galutinis energijos suvartojimas 2001–2005 m. Lietuvoje [10]



2 pav. Galutinis energijos suvartojimas pagal atskirus sektorius 2001–2005 Lietuvoje [10]

Pagal Lietuvos energijos instituto ataskaitoje („Energetikos sektoriaus vystymosi tendencijų analizė ir prognozės iki 2025 m.“) pateiktas „energijos poreikių prognozes“, *pirminės* energijos išteklių poreikiai, sustabdžius Ignalinos AE 2009 metų pabaigoje ir nestatant naujos branduolinės elektrinės, per laikotarpį iki 2025 metų pagrindinio scenarijaus atveju, padidėtų apie 25 %. Tai prisidėtų prie aplinkos taršos didinimo. Atsižvelgiant į pateiktus grafikus, galima teigti, kad būtina kuo daugiau panaudoti atsinaujinančius energijos išteklius, t. y. daugiau investuoti į švarių technologijų (atsinaujinantys šaltiniai: vėjo, saulės, vandens ir kt.) diegimą. Taip pat būtina suderinti aplinkosauginę ir ekonominę naudą [10].

Šylant klimatui vis dažniau naudojamos kondicionavimo sistemos, kurioms reikalingi dideli elektros energijos kiekiai. 2003 m. Niujorko priemiestyje pusė dienos dingo elektros energija dėl sistemos apkrovimo, naudojant pernelyg daug oro kondicionierių. Po kelių mėnesių tas pats pasikartojė ir Europoje – Italijoje. Tad kondicionavimo sistemos ženkliai didina bendrąją energijos suvartojimą, todėl šiose – oro vėsinimo technologijose vis dažniau panaudojamas atsinaujinantis energijos šaltinis – vanduo.

Pasaulinės praktikos pavyzdžiai taikant natūralią vandens vėšą kondicionavimo sistemose pateikti 1.2. poskyryje.

1.2. Pasaulinės praktikos pavyzdžiai taikant oro vėsinimo sistemoms natūralią vandens vėsą

Vanduo sudaro 70 % gyvųjų organizmų svorio ir yra terpė visiems svarbiems biologiniams procesams. Vanduo – nepakeičiamas žmonių bei gyvosios gamtos egzistavimo pagrindas. Taip pat vanduo yra ir daugelio gamybos procesų sudedamoji dalis bei verslo sričių objektas. Jo ištekliai nuolat atsinaujina be žmogaus pagalbos ir šių išteklių kiekis sąlygiškai nekinta. Vystantis pramonei, ryškėjant valstybių sienų kontūrams politiniame pasaulio žemėlapyje, keičiantis politinėms, socialinėms bei ekonominėms pasaulio realijoms, išsivystė naujos mokslo bei technikos šakos [7].

Saugant gamtą, energijos gamybai vis daugiau imta naudoti atsinaujinančius energijos šaltinius, t. y. vandenį, vėją, saulę ir kt.

Lietuvoje panaudojama 14% turimų techninių vandens energijos išteklių ir jų dalis bendrame energijos balanse yra apie 1% bei elektros energijos balanse apie 3% (įskaitant Kruonio hidroakumuliacinę elektrinę). Svarbiausios ir galingiausios šios energijos rūšies elektrinės yra prie Nemuno ir Nerios. Kol veikia Ignalinos atominė elektrinė, šių elektrinių naudoti visu pajėgumu nėra reikalo. Tačiau gali ateiti toks laikas, kad to ne tik prireiks, bet ir neužteks elektros energijos gamintojų. Minimos rūšies elektrinėms kurti būtų tinkamiausias Nemuno vidurupis Birštono, Alytaus krašte [9].

Taip pat svarstoma, kaip geriau organizuoti energijos gavybą, kad kuo mažiau būtų padaroma žalos gamtai, nes jos pasekmės teks būsimosioms kartoms.

Dideliuose vandens telkiniuose – ežeruose, upėse bei jūrose ir vandenynuose yra daug vandens, kurio temperatūra yra žemesnė nei oro. Didėjantis energijos poreikis, klimato kaita bei aplinkos oro užterštumas jau nuo 1986 m. paskatino panaudoti natūralią vandens vėsą oro vėsinimui.

Aplinkosaugos požiūriu ši technologija yra labai ekologiška: sunaudojama nuo 80 iki 90 % mažiau energijos palyginti su senosiomis oro aušinimo sistemomis, taip pat sumažėja oro tarša, mažėja rūgščių lietų, mažinama emisija dujų, sukeliančių šiltnamio efektą. Technologiškai įrodytas šios technologijos ilgaamžiškumas, t. y. tarnauja dukart ilgiau nei įprasti oro kondicionavimo prietaisai, taip pat mažai priklauso nuo energijos kainų pakilimo ateityje [25].

Tačiau ši technologija turi ir keletą esminių trūkumų: tai pernelyg nauja technologija ir ją diegiančios kompanijos neturi pakankamai patirties, trukdo konservatyvus žmonių požiūris į naujas technologijas, be to, tam reikalingos didelės investicijos šiai naujoviškai sistemai įdiegti. Tuo tarpu atsipirkimo laikas priklauso nuo teritorijos, kurioje sistema bus įdiegta (vartotojų skaičius ir kaip jie nutolę nuo šilumos perdavimo stočių). Taip pat būtina sąlyga, kad vandens telkinys turėtų būti šalia teritorijos, kurią numatoma aptarnauti.

Kai patalpų oras vėsinamas daugiau nei viename pastate, ši oro vėsinimo technologija dar vadinama „Rajoniniu aušinimu“. Kaip jau minėta anksčiau, šios technologijos atsipirkimo laikas

priklauso nuo aptarnaujančios teritorijos ploto. Vadinasi, vieno objekto (statinio) aptarnavimas ekonomiškai nenaudingas, o ir įdiegimo kaštai didesni nei tektų vienam pastatui „rajoninio aušinimo“ atveju.

Pasaulinėje praktikoje diegiant šią technologiją pavyzdžių nėra daug, nes reikia didelių investicijų ir tai įgyvendinti galima tik ekonomiškai stiprioje valstybėje.

Projektai įgyvendinti:

- 2000: Kornelio universitetas (JAV);
- 2003: Toronto mieste (Kanada);
- 2005: Guamo saloje (neinkorporuotoje JAV teritorijoje).

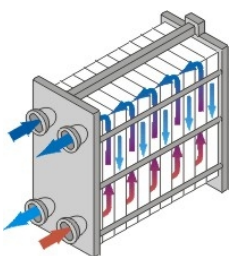
Oro vėsinimo sistemos veikimo principas visur yra panašus, tik aptarnaujamos teritorijos plotas bei įdiegimo kaštai yra skirtingi. Vieni pirmųjų, kurie šią sistemą (bandomasis projektas) išbandė, buvo Havajų inžinieriai. Visa tai buvo atlikta laboratorijoje. Atlikus bandymus, buvo praktiškai įrodyti šios sistemos privalumai, t. y. energijos poreikis orui aušinti sumažėjo apie 80–90 %. Santykinai sumažėjo oro tarša. Praktikoje šią sistemą vieni iš pirmųjų panaudojo švedai. Tai atliko keletas ūkininkų, kurie gyveno šalia tekančios upės. Tačiau pirmieji rimti projektai buvo įgyvendinti tik po keliolikos metų t. y. 2000 m.

Ši nauja oro aušinimo sistema buvo įdiegta *Kornelio universitete (Cornell university - New York)*. Nors šio projekto įgyvendinimas kainavo apie 55 mln. dol., tačiau tai leidžia ilgai, saugiai ir taupiai aušinti orą universitete [26].

Pagrindinės priežastys, kurios lėmė keisti senus, įprastus oro kondicionierius į naują oro aušinimo technologiją, buvo šios:

- pastebimai sumažės elektros energijos poreikis oro aušinimui universitete, palyginus su senąja sistema (t. y. 80 % arba 20 mln. kWh/metus). Tiek energijos užtenka 2500 namų aptarnauti;
- energijos poreikio mažėjimas prisideda prie santykinės oro taršos mažinimo;
- sistemos ilgaamžiškumas, t.y. sistemos tarnavimo laikas 2–3 kartus ilgesnis nei įprastų oro kondicionierių (15 – 30 metų);
- sistemos panaudojimas supančiai aplinkai kenksmingo poveikio beveik neturi.

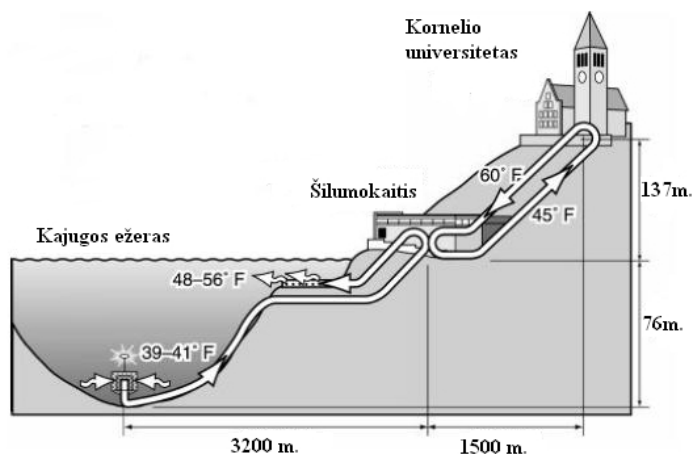
Veikimo principas



3 pav. Šilumos perdavimas

Šaltas vanduo iš vandens telkinio siurbiamas į 3,5 km ilgio vamzdyną, kuris prijungtas prie aušinimo stoties, esančios ant kranto. Į vamzdį šaltas ($3,9^{\circ}\text{C}$) vanduo patenka 76 m. gylyje ir pumpuojamas į šilumos perdavimo įrenginius (žr. 3 pav.), kuriuose vyksta šilumos mainai. Šiluma savaime yra perduodama iš šiltesnio kūno į šaltesnį. Kadangi tarp dviejų kūnų (vanduo–vanduo) yra temperatūrų

skirtumas, tai iš šiltesnio kūno į šaltesnį energija perduodama tol, kol abiejų kūnų temperatūros išsilygina. Vadinasi, šiltas ($15,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) vanduo, atitekėjęs iš universiteto į šilumos perdavimo įrenginius, kur atiduoda šilumą šaltam vandeniui, atvėsdamas iki ($7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), teka į oro kondicionierius, esančius universitete. Ten vanduo tuo pačiu principu sukaupia šilumą, atiduodamas aplinkai vėsą. Taip patalpos oras tampa vėsesnis (žr. 4 pav.).



4 pav. Oro aušinimo sistema Kornelio universitete

Svarbu paminėti, kad aplinkosaugos požiūriu labai svarbu atlikti aplinkos monitoringą, t. y. stebėti sistemos poveikį aplinkai.

Atlikus išsamius skaičiavimus buvo nustatyta, kad eksploatuojant šią oro aušinimo sistemą Kornelio universitete pastebimai sumažėjo oro tarša (žr. 1 lentelę) bei elektros energijos poreikis, vandens temperatūra nepakito, „maisto“ grandinė ežere nenutrūko [26].

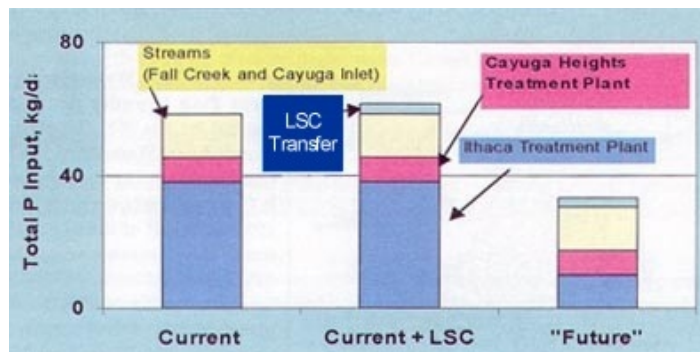
1 lentelė. Kasmetiniai taršos sumažėjimo, energijos sutaupymo kiekiai dėl LSC sistemos naudojimo

Metai	Energija kW/h (sutaupyta)	SO ₂ (t/m)	NO _x (t/m)	CO ₂ (t/m)
1	18,200,000	26,4	11,6	7,850
2	24,600,000	35,7	15,6	10,610
3	25,500,000	37,0	16,2	10,998
4	17,900,000	26,0	11,4	7,720
Viso	86,200,000	99	43	29,458

Iš lentelės matyti, kad energijos poreikis labai sumažėjo, pradėjus taikyti naująją oro vėsinimo technologiją. Taip pat pastebimai sumažėjo išmetamų teršalų kiekis į aplinką. Taip atsitiko todėl, kad, gaminant antrinę energiją (elektrą), mažiau deginami naftos produktai ir taip mažiau teršiama aplinka.

Dauguma žmonių klaidingai galvoja, kad išleistas šiltas vanduo ($\sim 13\text{--}15\text{ }^{\circ}\text{C}$) iš sistemos atgal į ežerą didina šilumos kiekį ežere, tačiau palyginimui galima teigti, kad tas poveikis lygus pastoviam dviejų valandų saulės švietimui per metus. Sukaupta šiluma žiemą skleidžiama į atmosferą – taip natūraliai atvėsta vanduo ežere.

Tačiau atliekant kasmetinę aplinkos stebėseną (monitoringą) buvo pastebėta, kad fosforo koncentracija ežere skiriasi trimis procentiniais punktais, kur vanduo išteka į atvirą jūrą ir kur vanduo išleidžiamas iš sistemos (žr. 5 pav.). Ataskaitoje teigiama, kad šios technologijos naudojimas neprisideda prie fosforo didėjimo. Taip yra dėl to, kad traukiant šaltą vandenį iš gilesnio sluoksnio traukiamas ir fosforas, kuris patenka su ne visai išvalytomis nuotekomis. Ateityje numatyta pertvarkyti nuotekų išvalymo reikalavimus – taip fosforo kiekis nebus aptinkamas paviršiniuose ežero sluoksniuose.



5 pav. Fosforo kiekio padidėjimas [26]

Nepaisant to, kad tokiems projektams reikalingos labai didelės investicijos (vien tik šio universiteto projekto kaina siekė apie 60 mln.dol), JAV aplinkos apsaugos departamentas pasiūlė ir daugiau tokių projektų įgyvendinti, nes ekonomikos ir aplinkosaugos požiūriu tai labai naudinga.

Po keletos metų jau buvo įgyvendintas ir vienas iš pirmųjų grandiozinių projektų, kai oro aušinimas buvo tiekiamas centralizuotai. Tai pavyko padaryti Kanadoje.

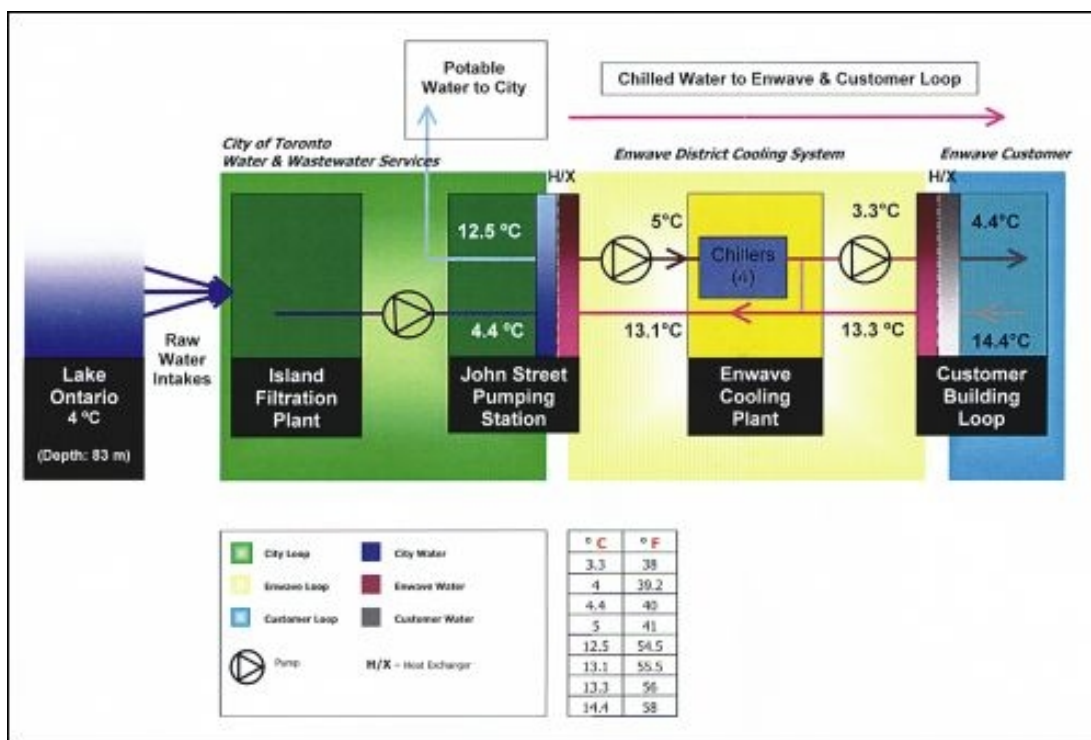
Torontas yra didžiausias Kanados miestas ir Ontarijo provincijos sostinė turinti 4,61 mln. gyventojų (2005 m. duomenimis, su priemiesčiais – apie 6 mln.). Miestas išsidėstęs šiaurinėje Ontarijo ežero pakrantėje. *Torontas* yra Kanados verslo ir finansų sostinė – čia yra įsikūrę daugelio bankų ir didelių kompanijų centrinių ofisų.

Remiantis atliktais tyrimais, laboratorijoje (Havajuose) ir jau įgyvendinto projekto (Kornelio universitete) praktika, Kanados aplinkos apsaugos departamentas kartu su vyriausybe taip pat nusprendė įgyvendinti šį ekonomiškai labai naudingą projektą. Tai pavyko padaryti 2003 metais.

Šios oro aušinimo sistemos veikimo principas yra praktiškai toks pat, kaip ir aukščiau aprašytame Kornelio universitete. Šaltas ($4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) vanduo patenka į vamzdį, esantį 83 m. gylyje ir yra siurbiamas 5,5 km ilgio vamzdynu į filtravimo įrenginius, kurie pastatyti salelėje šalia kranto. Toliau vamzdis išsišakoja. Vienu vamzdziumi vanduo tiekiamas į miestą, kitu teka į netoliese esančią energijos transformavimo stotį, kur vyksta šilumos mainai.

Taigi, šiltas ($13,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) vanduo atitekėjęs iš miesto į šilumos perdavimo įrenginius, atiduoda šilumą šaltam vandeniui, taip atvėsdamas iki ($5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Atvėsintas vanduo grįžta atgal pas šalčio

vartotojus, t. y. į oro kondicionierius, esančius mieste. Ten vanduo tuo pačiu principu sukaupia šilumą, atiduodamas aplinkai vėšą. Taip patalpos oras tampa vėsesnis (žr. 6 pav.). Tačiau ši sistema šiek tiek skiriasi nuo anksčiau aprašyto projekto. Vartotojų skaičius yra daug didesnis nei Kornelio universitetas, todėl „Deep Lake Water Cooling System“ įdiegtas ir įprastas šilumos siurblys, kuris labiau atšaldo vandenį.



6 pav. Oro aušinimas panaudojant Ontarijo ežerą [25]

Svarbu paminėti, kad prie šios centralizuotos oro aušinimo sistemos yra prisijungę nemažai vartotojų. Iš pradžių šis skaičius siekė 27 pastatus, o šiuo metu iš viso jau yra prijungę 46 pastatai, tokie kaip [25], [27]:

- Canados oro centras;
- Bankas „Plaza“;
- Toronto metro salė;
- Ričmondo Adelaidės centras;
- Komercinių pastatų kompleksas.

Šios „District cooling” (centralizuoto oro aušinimo) sistemos trūkumų yra šiek tiek daugiau nei anksčiau aprašytoje, kadangi esami ir potencialūs vartotojai yra toliau nuo vandens telkinio, todėl stipriai išauga sistemos įdiegimo kaštai, taip pat didesniu atstumu tekantis vanduo šiek tik sušyla, t. y. atsiranda šalčio nuostolių. Kuo didesnis atstumas tarp vartotojų ir „Heat Exchanger“ (šilumos perdavimo) įrenginių, tuo daugiau investicijų reikia įgyvendinant šią, aplinkosaugos požiūriu labai švarią oro aušinimo sistemą.

Kaip ir Kornelio projekte, taip ir šiame projekte atliekamas kasmetinis aplinkos monitoringas, t. y. šios naujos oro aušinimo sistemos poveikis aplinkai. Energijos, oro taršos sumažėjimo duomenys pateikti antroje lentelėje (žr. 2 lentelę). Pažymėtina, kad vien Kanados metro salei prisijungus prie šios centralizuotos sistemos, energijos suvartojimas sumažėjo 1,7 mln.kWh/metus, CO² (anglies dioksidas) emisija į aplinką sumažėjo 1,915 t/m, t. y. lygu 383 mašinų išmetamoms dujoms [25], [27].

2 lentelė. Faktai ir duomenys – eksploatuojant DLWC sistemą

Faktas	Kiekis	Vienetai
Sistemos maksimali aušinimo apkrova	75,000	tonos/m
Sutaupoma energijos, kuria aptarnaujami	6800	namai
Energijos sumažėjimas (piko metu)	61	MWh/m
Energijos vartojimo sumažėjimas	85	mln.kWh/m
Elektros poreikis aušinimui sumažėjo	90	%
Šilumos kiekio sumažėjimas išleidžiant jį į vandenį gaminant elektrą	173	mln.kW/m
Vandens sutaupymas naudojant pagamintą elektrą	14,9	mlrd.l
Šiltnamio efekto mažinimas: anglies dioksidu (CO ₂)	79,00	t/m
Azoto oksido (NO) sumažėjimas	145	t/m
Patalpų bendras tūris kurioms tiekiamas atvėsintas oras	3,2	mln.m ³
Gylis, iš kur pumpuojamas šaltas vanduo	83	m
Vamzdyno ilgis iki šilumos/šalčio perdavimo įrenginių	5,5	km
Projektas įgyvendintas	2003	metais
Projekto įgyvendinimas kainavo	170	mln.\$ (dolerių)
Numatytas tarnavimo laikas palyginus su senais oro kondicionieriais	2	kartus ilgesnis, t.y. 20-40 metų
Projekto atsipirkimo laikas	6 - 10	metų

Kaip matyti iš pateiktos lentelės, sistemos įdiegimas kainavo apie 170 mln.\$ (dolerių). Investicijos labai priklauso nuo to, kiek yra vartotojų ir koku spinduliu juos reikės aptarnauti. Toronto atveju vartotojų yra labai daug ir jiems aptarnauti papildomai reikėjo tiesti vamzdyną. Todėl didelę investicijų sumos dalį sudarė trasos tiesimas iki vartotojų bei vamzdžių izoliavimas siekiant sumažinti nuostolius.

Tačiau nesunku pastebėti akivaizdų teigiamą šios sistemos poveikį. Ženkliai sumažėjo išmetalu (CO² – 79,00 t/m, NO – 145 t/m) kiekis į aplinką. Taip pat sumažėjo elektros energijos poreikis oro aušinimui (palyginti su įprastais oro kondicionieriais, sumažėjo 90 %). Prognozuojama, kad projektas atsipirks po 6–10 metų.

Kadangi ežeras yra labai didelis (plotas siekia 18,5 km²), šilumos perdavimo bei vandens temperatūros kilimo neįmanoma apskaičiuoti, t. y. skaičiai artimi nuliui [25], [27].

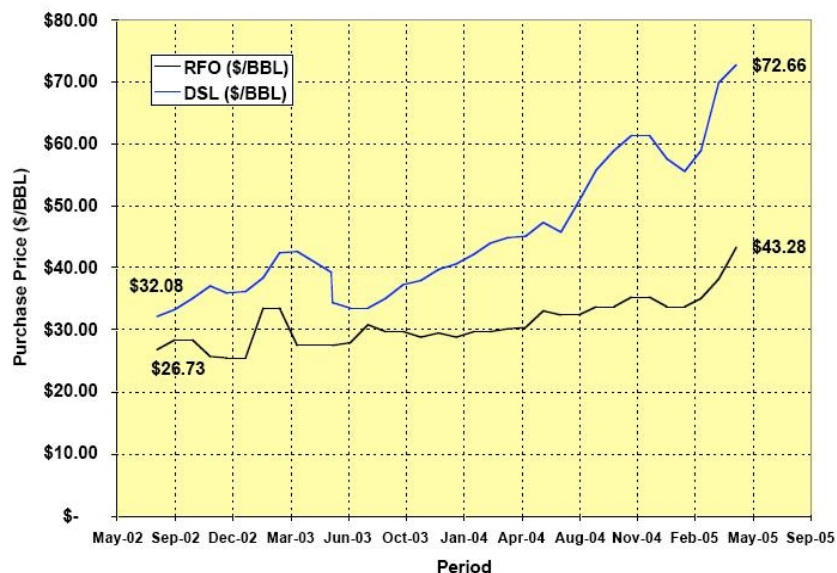
Taigi, atsižvelgus į tai, kiek naudos suteikia ši ekologiškai švari ir ekonomiškai labai naudinga sistema, galima teigti, kad jos panaudojimas Toronto gyventojams pilnai pasiteisino.

Dar viena centralizuoto tipo oro aušinimo sistema baigiama įdiegti *Guamo* teritorijoje. Šis atvejis įdomus tuo, kad rajoninis oro vėsinimas bus panaudotas saloje, kur kuro ir elektros kainos yra gan didelės.

Guamo teritorija – sala, esanti Ramiojo vandenyno vakaruose ir turinti savivaldą (neinkorporuota JAV teritorija). Klimatui didelę įtaką turi salą supantis Ramusis vandenynas. Čia oro temperatūra vasarą retai kada pakyla aukščiau nei 30 C, o žiemą retai kada nukrinta žemiau 19 C. Dėl šilto klimato bei supančio vandenyno, Guamos sala pelnė turistų pripažinimą. Pajamos iš turizmo čia sudaro didelę dalį BVP (apie 90 %). Turistų atvyksta iš Japonijos ir JAV karinių pajėgų bazių, kurios užima 1/3 salos teritorijos [28].

Guamo saloje yra nemažai viešbučių, kuriuose dėl šilto klimato reikalingas oro kondicionavimas. Naudojant įprastą oro aušinimo sistemą yra naudojama elektros energija, kuri saloje yra viena iš brangiausių valstijose (1000 kWh–143,32\$) [28], [29].

Siekiant sumažinti labai dideles išlaidas elektros energijai, išvengti priklausomybės nuo importuojamo kuro kainų (2005 m. žr. 7 pav.) bei prisidėti prie santykinės oro taršos mažinimo, reikėjo ieškoti alternatyvių ekonomiškesnių sprendimų [28], [29].



7 pav. Mazuto bei dyzelino kainos augimo grafikas [28]

Taip buvo nuspręsta įdiegti SWAC (Sea Water Air Conditioning) sistemą, kuri pagrįsta šalto vandens panaudojimu.

Įdiegus naują sistemą, bendras energijos poreikis sumažės apie 80 %. Sistemos privalumą patvirtina atlikti skaičiavimai ir pasaulinėje praktikoje jau seniau įgyvendinti panašūs projektai. Visa tai ir buvo pagrindiniai motyvai, kodėl šią oro vėsinimo sistemą buvo numatyta įgyvendinti Guamo saloje.

Šios oro aušinimo sistemos veikimo principas yra lygiai toks pat kaip ir Kornelio universitete bei Toronte, t. y. šaltas (5,7 °C) vanduo patenka į vamzdį esantį 700 m. gylyje, ir siurbiamas 4,1 km į netoliese esantį energijos transformavimo stotį, kuriuose vyksta šilumos mainai.

Šiltas (14,9 °C) vanduo, atitekėjęs iš viešbučių komplekso į šilumos perdavimo įrenginius, atiduoda šilumą šaltam vandeniui ir taip atvėsta iki (6,5 °C). Atvėsintas vanduo grįžta atgal pas šalčio vartotojus, t. y. į oro kondicionierius esančius mieste [28].

Tačiau ši sistema šiek tiek skiriasi nuo „Toronto projekto“, t. y. vartotojų skaičius yra mažesnis nei Toronte („Deep Lake Water Cooling System“), nėra įdiegtas ir papildomas šilumos siurblys, kuris turėtų labiau atvėsinti vandenį (taupant elektros energiją), nėra papildomų vandens valymo įrenginių, kadangi pakanka senosios vandens tiekimo sistemos tiekiamo vandens kiekio.

Pažymėtina, kad įdiegus šią sistemą, iš pradžių būtų aptarnaujamas 23-jų viešbučių tinklas, o sistemos aušinimo apkrova siektų ne daugiau kaip 16,000 t/m [28], [29].

Energijos, oro taršos sumažėjimo bei kiti projektiniai duomenys pateikti trečioje lentelėje (žr. 3 lentelę).

3 lentelė. Projektiniai energijos, oro taršos bei kiti duomenys eksploatuojant SWAC sistemą

Faktas	Kiekis	Vienetai
Sistemos maksimali aušinimo apkrova	16,000	tonos/m
Elektros poreikis aušinimui sumažėja	80 - 90	%
Šiltnamio efekto mažinimas: anglies dioksidu (CO ₂)	12,34	t/m
Azoto oksido (NO) sumažėjimas	7,33	t/m
Gylis iš kur yra pumpuojamas šaltas vanduo	700	m
Vamzdyno ilgis iki šilumos/shalčio perdavimo įrenginių	4,1	km
Projektas įgyvendintas	-	metai
Projekto įgyvendinimo kaina	50 - 60	mln.\$ (dolerių)
Numatytas tarnavimo laikas palyginus su senais oro kondicionieriais	2	kartus ilgesnis, t.t 20-40 metų
Projekto atsipirkimo laikas	11 - 20	metų

Kaip matyti iš pateiktos lentelės, sistemos įdiegimas kainuos apie 50–60 mln.\$ (dolerių), t. y. tris kartu mažiau nei projektas Toronte. Galutinė kaina priklausys nuo to, kiek vartotojų ir koku spinduliu juos reikės aptarnauti. Šiuo atveju vartotojų nėra daug (23 – objektai) ir didesnę investicijų sumos dalį sudarys trasos tiesimo darbai bei vamzdyno ilgis iki vartotojų, jų izoliavimas dėl šalčio nuostolių sumažinimo.

Tačiau šios sistemos teigiamas poveikis yra akivaizdus, t. y. ženkliai sumažės išmetamų teršalų (CO_2 – 12,34 t/m, NO – 7,33 t/m) kiekis į aplinką bei elektros energijos poreikis oro aušinimui (palyginti su įprastais oro kondicionieriais sumažės apie 80–90%). Prognozuojama, kad projektas atsipirks per 11–20 metų.

Kadangi šaltas vanduo bus imamas iš Ramiojo vandenyno, tai šilumos perdavimas iš salos į vandenyną bei vandens temperatūros kilimas neįmanomas.

Taigi, nepaisant to, kad projekto kaina gali siekti net 60 mln.dol. ir įvertinus tai, kiek naudos suteiks ši ekologiškai švari ir ekonomiškai labai naudinga sistema, galima teigti, kad jos panaudojimas Guamo gyventojams visiškai pasitvirtins.

Be šių aprašytų naujų oro aušinimo sistemos pritaikymo atvejų, panašūs projektai įgyvendinami Vankuveryje (Kanada), Stockholme (Švedija). Taip pat vis daugėja valstybių, kurios aktyviai domisi šia nauja technologija. Tačiau tikslinga paminėti keletą reikalavimų, kuriuos reikia žinoti prieš įdiegiant „free cooling“ (nemokamas vėsinimas) sistemą yra šie:

- kuo atstumas nuo kranto iki šalto vandens telkinio bus mažesnis, tuo bus ekonomiškai pigesnis (dėl vamzdžių tiesimo) projektas bei efektyviau dirbs sistema;
- oro kondicionavimo sistemos dydis (šilumos perdavimo įrenginiai): sistemos pajėgumas turi būti ne mažesnis kaip 1000 t (tona šalčio yra lygi vienai tonai ledo per 24 valandas išlydyti);
- procentinis oro kondicionavimo sistemos panaudojimas: kuo daugiau naudojama per metus, tuo didesnė tiesioginė nauda;
- vietinė elektros kaina: prieš diegiant šią naują oro aušinimo sistemą būtina įvertinti esamas ir būsimąsias elektros kainas;
- sistemos išsidėstymo pakrantėje sudėtingumas: sistema geriausiai veikia su rajoniniu (centralizuotu) vėsinimu, kur vėsinama daug pastatų (nedidelių atstumu nutolę nuo vandens). Sistema labiau ekonomiškai pasitvirtina jei ši distribucijos (paskirstymo) sistema kompaktiška (atstumas mažesnis).

Žemėje vandens išteklių yra labai daug, todėl yra natūralus boras iš dalies sumažinti išmetamų teršalų kiekį į aplinką ir tapti mažiau priklausomiems nuo vis didėjančių naftos produktų kainų, daugelis kitų pasaulio valstybių aktyviai domisi ir noriai bando pritaikyti šią sistemą. Ne išimtis ir Lietuva.

Galimybė pritaikyti šią sistemą Lietuvoje apžvelgiama tolesniuose skyreliuose.

1.3. Natūralios gamtinės vėsos panaudojimo galimybė Lietuvoje

Lietuva – piečiausia Baltijos šalis, esanti rytiniame Baltijos jūros krante. Bendras Lietuvos plotas yra 65 300 km². Šalies siena ribojasi šiaurėje su Latvija, pietuose ir pietryčiuose su Baltarusija,

pietvakariuose su Rusija (Kaliningrado sritimi) ir Lenkija, o vakaruose su Baltijos jūra. Lietuvoje gyvena apie 3,50 milijono gyventojų, kurių tankumas – 57 žmonės viename kvadratiname kilometre. Apytiksliai 68 % gyventojų gyvena miestuose. Lietuvos sostinė – Vilnius (553 000 gyventojų), išikūręs pietrytinėje šalies dalyje. Kiti didesni miestai – Kaunas (361 000 gyventojų), esantis centrinėje Lietuvoje, uostamiestis Klaipėda (187 000 gyventojų) – vakaruose bei Šiauliai (129,000 gyventojų) ir Panevėžys (115 000 gyventojų) – šiaurėje [30].

Rytinė Lietuvos dalis yra kalvota su aukščiausiu Lietuvos tašku – Juozapinės kalva (294m). Centrinė, šiaurinė, vakarinė ir pietinė Lietuvos dalys yra plokštesnės.

Lietuvoje yra apie 29900 upių ir upelių, kurių kiekvienas yra ilgesnis kaip 0,25 km, o jų bendras ilgis siekia 64 tūkst. km. 758 upių ilgis viršija 10 km, 18 upių ilgesnės negu 100 km ir 9 upės yra ilgesnės negu 200 km. Vidutinis upių tinklo tankis yra 0,99 km/km². Vakarinę Lietuvos dalį skalauja Baltijos jūra. Didžiausių Lietuvos upių bei ežerų pagrindiniai parametrai pateikiami 4 ir 5 lentelėse [30].

4 lentelė. Didžiausios upės Lietuvoje

Eil. Nr.	Pavadinimas	Bendras ilgis (m)	Ilgis šalyje (m)
1	Nemunas	937	475
2	Neris	510	234
3	Venta	346	161
4	Šešupė	298	209
5	Mūša (Lielupė)	284	146

5 lentelė. Didžiausi ežerai Lietuvoje

Eil. Nr.	Pavadinimas	Plotas (ha)	Gylis (m)
1	Drūkšiai	4479,0	33,3
2	Dysnai	2439,4	6,0
2	Dusia	2334,2	31,7
3	Sartai	1331,6	22,0
4	Luodis	1320,0	16,5
5	Metelys	1292,0	15,0

Lietuvoje didžiausia dalis elektros energijos yra pagaminama Ignalinos (žr. priedą Nr. 2) atominėje elektrinėje, tačiau yra ir mažesnių elektrinių, kuriai naudojančių dujas arba naftą. Vystantis pramonei, gerėjant žmonių pragyvenimo lygiui, energijos poreikis (žr. 1 ir 2 pav.), bei išsiskiriančių teršalų emisija į aplinką Lietuvoje didėja [17].

Išsiskyrusių teršalų įtaka atmosferai yra labai žalinga, nes vyksta šiltėjimo procesas. Dėl to žmonės vasaros laikotarpiu naudoja daug elektros prietaisų, t. y. oro kondicionierius.

Patalpų vėsinimui paprastai yra naudojama elektra bei dujos. Augantys vėsinimo poreikiai, ypač šiltuoju vasaros laikotarpiu, energijos tiekėjams kelia padidinto energijos eikvojimo problemų. Ir toliau

naudojant tradicines vėsinimo technologijas, ateityje bus sunaudojama vis daugiau energijos, o tai turės įtakos tiek ekonomikai, tiek aplinkos apsaugai bei klimato kaitai.

Lietuvoje yra nemažai paviršinio vandens išteklių, kuriame yra sukaupta natūralios vėsos [19]. Ekonomišku bei aplinkosauginiu požiūriu (taip parodė pasaulinė praktika) ją tikslinga panaudoti patalpų orui vėsinti.

Kaip rodo pasaulinė praktika, tinkamiausia naudoti vandenį orui aušinti, kai šalia yra vandens telkinys. Lietuvoje geriausiai diegti šią sistemą teritorijose, kurios yra šalia Baltijos jūros (Klaipėdos apskrities dalis), kadangi vandens temperatūra gilesniame sluoksnyje išsilaiko pastovi visą šiltąjį laikotarpį. Esant pastoviai vėsiui (apie 7–8 °C) vandens temperatūrai labai sumažėja naujos oro vėsinimo sistemos įdiegimo kaštai, kadangi nereikia papildomos šaldymo įrangos.

Mano darbo tikslas – pritaikyti šią ekologiškai švarią oro aušinimo sistemą Lietuvoje, panaudojant Neries upės vėšą Vilniaus mieste bei palyginti ją su įprasta trimis (energinium, ekonominiu ir ekologiniu) požiūriais.

Vilnius — miestas Europos šiaurės rytuose, Lietuvos sostinė, Vilniaus apskrities, rajono ir miesto savivaldybės centras.

Miestas įsikūręs dviejų upių — Neries ir Vilnios santakoje. Čia dirba Prezidentas, Seimas, Vyriausybė, Aukščiausiasis Teismas, įsikūrusios diplomatinės tarnybos, švietimo, kultūros, mokslo, gydymo įstaigos, bankai. Vilniaus istorinis centras – senamiestis, yra vienas didžiausių Rytų Europoje (360 ha). Dėl savo unikalumo 1994 metais jis buvo įtrauktas į UNESCO svarbiausių pasaulio saugotinių objektų sąrašą [18].

Dabartinis Vilnius – sparčiausiai auganti ir modernėjanti Baltijos šalių sostinė, pretenduojanti būti patraukliausiu verslo, politinių ir kultūrinių susitikimų bei renginių centru aplinkinių šalių regione.

Tačiau remiantis Vilniaus miesto savivaldybės bendruoju planu iki 2015 m., elektros energijos poreikis Vilniuje, kaip ir visoje Lietuvoje, didės (2006 m. – pastorių apkrova buvo 398 MW, 2015 m. – bus 505 MW, 2025 m. bus 638 MW) . Todėl būtinas racionalus jos panaudojimas ateityje. Sumažinus vis didėjantį elektros sunaudojimo kiekį, sumažės ir santykinė oro tarša, bus sutaupomos lėšos, kurias bus galima panaudoti renovuojant Vilniaus miestą.

Atsižvelgus į esamas problemas, Vilniaus mieste tikslinga išnagrinėti galimybes pritaikyti naują oro aušinimo technologiją, kuri pirmiausiai turėtų sumažinti elektros energijos poreikio didėjimą kas įtakotų mažesnę santykinę teršalų emisiją į aplinką. Tam reikalinga vėsa būtų imama iš Neries upės, kuri teka per Vilnių. Svarbu paminėti tai, kad dešiniajame upės krante yra išsidėstę daug komercinių ir administracinių pastatų (bankai, parduotuvės, pramogų arenos ir kt.), kuriems orą aušinti vėsiu Neries vandeniu būtų ekonomiškai labai naudinga.

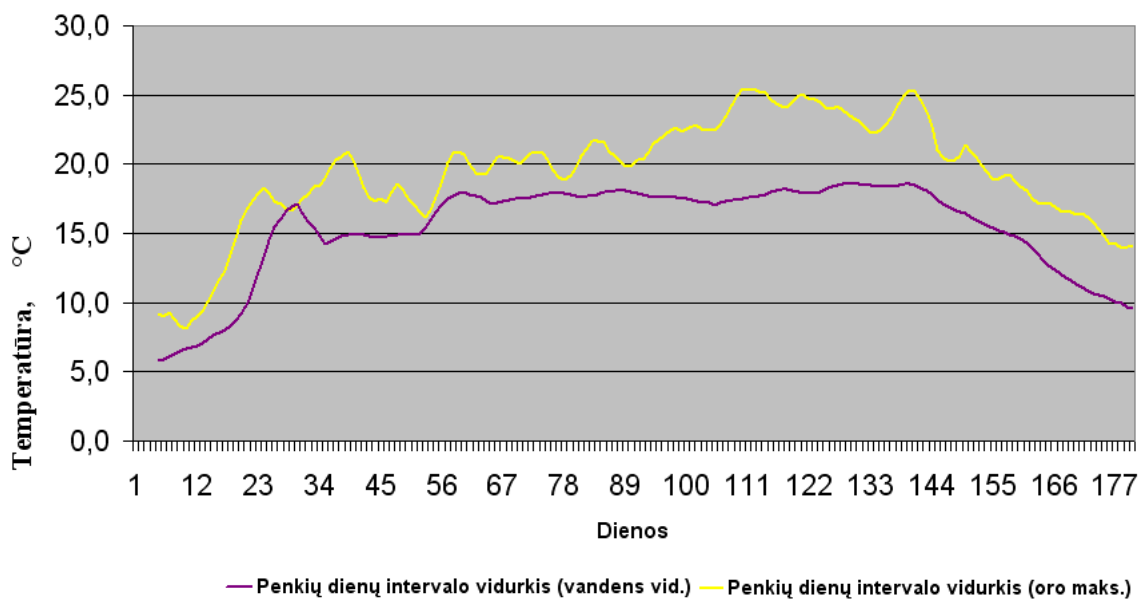
Prieš pradėdant diegti šią sistemą būtina atlikti oro bei vandens temperatūros matavimus šiltuoju periodo metu, tam reikalingi duomenys pateikti tolimesniuose poskyriuose.

1.3.1. Vandens ir oro temperatūros kitimas šiltuoju metų laikotarpiu (Vilniuje)

Prieš atliekant išsamius skaičiavimus bei projektavimo darbus, būtina atlikti klimatinis oro ir vandens matavimus Vilniaus mieste. Renkant informaciją svarbu žinoti, jog kuo daugiau metinių duomenų surinkta, tuo tikslesnis gaunamas temperatūros kitimo grafikas.

Siekiant įgyvendinti pirmąjį darbo tikslą, t. y. panaudoti sukauptą upės vandens vėsą tiekiamam lauko orui vėsinti, buvo išanalizuota Vilniaus miesto lauko oro bei Neries upės vandens temperatūros.

Tyrimui atlikti buvo pasirinktas 2000–2004 m. laikotarpis nuo balandžio pradžios iki rugsėjo mėnesio pabaigos. Remtasi Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos sukauptais duomenimis. Sukaupti duomenys buvo apdoroti „Microsoft Excel 2003“ programos paketu ir pavaizduoti grafiškai (žr. 8 pav.).



8 pav. Oro ir vandens temperatūrų kitimo grafikas

Iš grafiko matyti, kad vandens temperatūros kitimas priklauso nuo lauko oro temperatūros kitimo. Ši vandens temperatūros nepastovumą sąlygoja upės gylis, t. y. dėl nepakankamo gylio vandens temperatūra svyruoja visą nagrinėjamą laikotarpį, tačiau šis svyravimas yra mažesnis už oro temperatūros svyravimus. Apibendrinus galima teigti: kadangi vandens temperatūra (vidutinė) išlieka visą nagrinėjamą laikotarpį žemesnę už maksimalią lauko oro temperatūrą, tai jis yra tinkamas naudoti tik naujai parinktai šaldymo mašinai vėsinti, t. y. vanduo gali būti pradėtas naudoti įpusėjus balandžio mėnesiui (1 pav. 20 diena), kai lauko oro temperatūra pasiekia 18 °C, o nutrauktas rugsėjo pradžioje (1 pav. 158 diena atitinka rugsėjo 7 d.), lauko oro temperatūra nukritus žemiau 18 °C. Giliuose Lietuvos vandens telkiniuose 6–8 m gylyje vandens temperatūra nusistojusi 4–7 °C ir per metus kinta nežymiai [35]. Smulkesnė temperatūrų analizė pateikta 2.2. poskyryje.

2. TIEKIAMO ORO TEMPERATŪRA

Svarbu parametras yra tiekiamo oro temperatūra. Vasaros laikotarpiu, kai patalpas reikia vėsinti tiekiamo oro temperatūra būna žemesnė nei darbo veiklos zonoje. Tačiau skirtumas negali būti didelis (3-5 °C), nes kitaip tiekiamas oras nespės sušilti ir darbo zonoje klimatinės oro sąlygos gali neatitikti higienos normas. Pažymėtina, kad dirbtinio klimato sukūrimo ir palaikymo procesas pastatuose vadinamas kondicionavimu (klimatizavimu). Oras kondicionuojamas tada, kai natūralios ir mechaninės traukos vėdinimo sistemomis negalima palaikyti patalpose higienos ir technologinių normų, kaip pvz. temperatūra [13].

Pastate turi būti suprojektuotos ir įrengtos tokios mikroklimato bei oro kokybės parametrus palaikančios ir reguliuojančios šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos, kad normaliai eksploatuojant patalpas normaliomis lauko sąlygomis visose to pastato patalpų veiklos zonose, arba tik numatytose vietose, optimaliai naudojant energiją būtų galima palaikyti norminius mikroklimato bei oro kokybės parametrus. Šios sistemos, būdamos pastato dalimis, turi tenkinti esminius statinio reikalavimus [13], [8].

Projektinės patalpos mikroklimato ir oro kokybės sąlygos apsprendžiamos tokiais parametrais: oro, patalpos atitvarų ir jaučiamoji temperatūros; oro santykinė drėgmė; oro greitis ir teršalų koncentracija ore [8].

Mikroklimato ir oro kokybės parametrų palaikymo tikslumas nustatomas pagal aplinkos kokybės patalpoje kategoriją, kuri gali būti aukšta (A), vidutinė (B) arba pakankama (C). Šios kategorijos gali skirtis šiltuoju ir šaltuoju metų laiku [13].

Oro kondicionavimo sistemos turi turėti galimybę reguliuoti tiekiamo oro temperatūrą taip, kad patalpos oro ar jos veiklos zonos juntamosios temperatūros svyravimai neturėtų neigiamos įtakos žmogaus komfortui ar jo darbo produktyvumui [13].

I patalpą turi būti tiekiamas toks švaresnis oro kiekis, kad patalpos oro kokybė atitiktų sveikatos priežiūros teisės aktų reikalavimus. Šiluminio komforto aplinkos parametrai nustatomi visai darbo zonai. Darbo patalpų šiluminio komforto aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės pateiktos 2.1 lentelėje [13].

2.1 lentelė. Darbo patalpų šiluminio komforto aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės.

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

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

Šiame baigiamajame darbe pasirinktas analizuojamas pastatas yra – administracinės paskirties, todėl mikroklimatiniai reikalavimai šiose patalpose atitinka (B) kategoriją. Šio pastato oro kondicionavimo sistema suprojektuota remiantis visais aukščiau išvardintais reikalavimais. Šiltuoju metų laikotarpiu, komfortinė oro temperatūra palaikoma 22 – 24 °C, oro santykinis drėgnumas 40 – 60 %, oro judėjimo greitis neviršijamas 0,2 m/s. (lengvas fizinis Ib kategorijos darbas – darbas, kurį dirbant žmogaus energijos sąnaudos sudaro daugiau kaip 500 kJ/h, bet ne daugiau kaip 630 kJ/h (reikalauja nedidelės fizinės įtampos sėdint, stovint ar vaikstant)).

Kaip jau buvo minėta anksčiau, labai svarbus parametras yra tiekiamo oro temperatūra. Siekiant pakankamos šiluminės aplinkos, visų kategorijų darbams oro temperatūros skirtumas pagal darbo zonos aukštį leidžiamas iki 3 °C [13] todėl tikslinga pateikti tiekiamo oro parametrų (temperatūros, tiekimo greičio ir kt.) skaičiavimus.

2.1. Tiekiamo oro temperatūros skaičiavimas

Atliekant tiekiamo oro parametrų skaičiavimus pirmiausiai būtina pasirinkti konkretų pastatą, t. y. koks jo tipas (administracinis, komercinės ar kt. paskirties). Nes nuo to ženkiai priklauso koks vėsos poreikis bus pastate. Šiuo atveju buvo pasirinktas administracinės paskirties pastatas, kur vėsos poreikis jau žinomas (apskaičiuotas), t.y.

$$\Phi_b = \Phi_{ir.} + \Phi_{zm.} + \Phi_{apšv.} + \Phi_{sp.} = 50,5 kW$$

Φ - energijos kiekis, kWh;

$\Phi_{ir.}$ – šilumos pritekis nuo technologinių įrenginių;

$\Phi_{zm.}$ – šilumos pritekis nuo žmonių;

$\Phi_{apšv.}$ – šilumos pritekis nuo dirbtinio apšvietimo;

$\Phi_{sp.}$ – šilumos pritekis dėl saulės spinduliuotės.

Komfortinėms sąlygoms pasiekti, oras po patalpas turi būti paskirstytas taip, kad veiklos zonoje (1,8 m virš grindų) oro judėjimo greitis turi būti $0,2 \frac{m}{s}$, (žr. 2.1 lentelę), tačiau remiantis HN 69:2003 pakankamų sąlygų ribomis, paruošto oro parametrai darbo zonoje gali būti ir didesni nei komfortinių sąlygų (žr. 2.2 lentelę), kai darbo kategorija yra Ib.

2.2 lentelė. Darbo patalpų pakankamos šiluminės aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės

Metų laiko-tarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C		Oro santykinis drėgnumas, %, ne daugiau kaip	Oro judėjimo greitis, m/s
		Nuolati-nėse darbo vietose	Nenuolati-nėse darbo vietose		
1	2	3	4	5	6
Šalta-sis	Lengvas – Ia	21–25	18–26	75	Ne daugiau kaip 0,1
	Lengvas – Ib	20–24	17–25	75	Ne daugiau kaip 0,2
	Vidutinio sunkumo – IIa	17–23	15–24	75	Ne daugiau kaip 0,3
	Vidutinio sunkumo – IIb	15–21	13–23	75	Ne daugiau kaip 0,4
	Sunkus – III	13–19	12–20	75	Ne daugiau kaip 0,5
Šilta-sis	Lengvas – Ia	22–28	20–30	55 (prie 28 °C)	0,1–0,2
	Lengvas – Ib	21–28	19–30	60 (prie 27 °C)	0,1–0,3
	Vidutinio sunkumo – IIa	18–27	17–29	65 (prie 26 °C)	0,2–0,4
	Vidutinio sunkumo – IIb	16–27	15–29	70 (prie 25 °C)	0,2–0,5
	Sunkus – III	15–26	13–28	75 (prie 24 °C ir žemiau)	0,2–0,6

Iš 2.2 lentelės matyti, kad komfortinės oro sąlygos nebūtinai turi būti užtikrintos, t.y. šiuo atveju kai darbo kategorija yra Ib, tai pakankamos šiluminės aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės yra didesnės nei komfortinės (oro judėjimo greitis gali būti 0,1 – 0,3 m/s, o temperatūra darbo vietoje gali būti 21 – 28 °C), pažymėtina, kad pakankami patalpų parametrai negali būti viršijami.

Žinant patalpų vėsinimo galią, apskaičiuojami projektiniai tiekiamo oro kiekiai šiltuoju metų periodu pagal tokią formulę:

$$L = \frac{\Phi}{c_p \cdot \Delta t_0} \quad (2.1)$$

čia:

L - į patalpas tiekimo oro debitas, $\frac{m^3}{s}$;

Φ - projektinė vėsinimo galia, šiltuoju $\Phi = 50,5 kW$ (šiuo atveju yra pasirinktas konkretus pastatas, kurio reikiama vėsinimo galia jau apskaičiuota, t.y. 50,5 kW) metu;

Δt_0 - temperatūrų skirtumas tarp tiekiamo oro ir oro veiklos zonoje, šiltuoju periodu $\Delta t_0^v = 6^\circ C$;

c_p – specifinė oro tūrinė šiluma, esant pastoviam slėgiui, $c_p = 1,29 \text{ kJ/m}^3 \cdot K$.

Pagal HN 69:2003 „Siekiant pakankamos šiluminės aplinkos, visų kategorijų darbams oro temperatūros skirtumas pagal darbo zonos aukštį leidžiamas iki 3 °C“ – tai reiškia kad tarp grindų lygio ir 1,8 m negali būti didesnis kaip 3 °C skirtumas.

Tai galimas temperatūrų skirtumas tarp tiekiamo oro ir patalpos oro turi būti toks, kad darbo zonoje oro temperatūra nebūtų žemesnė nei iš HN 69:2003 2.2 lentelės – 22 °C (Ib kategorijai), 21 (Ib), 18 (IIb) ir t.t, tačiau reikia įvertinti tai, jog tiekiamo oras sušyla, kol pasiekia veiklos zoną. Tad priimama, kad skirtumas tarp tiekiamo oro ir oro veiklos zonoje yra 6 °C.

$$L = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta t_0} = \frac{50,5}{1,29 \cdot 6} = 6,52 \text{ (m}^3/\text{s)} = 23488,4 \text{ (m}^3/\text{h)};$$

Kadangi pastato patalpose yra 30 oro skirstytuvų. Vadinasi vienam skirstytuvui tenkantis oro kiekis šiltuoju metų periodu yra lygus:

$$L = 23488,4 / 30 = 0,22 \text{ (m}^3/\text{s)} = 782,95 \text{ (m}^3/\text{h)}.$$

Šiltuoju metų laikotarpiu, esant skaičiuotinoms lauko oro sąlygoms, per kiekvieną skirstytuvą išteks $782,95 \text{ m}^3/\text{h}$ kiekis 18°C temperatūros oras.

Svarbu įvertinti tiekiamo oro greitį, oro greitis pasiekęs veiklos zoną neturi viršyti greičio normos darbo zonoje (oro greitis turi būti ne didesnis kaip $0,1 \text{ m/s}$ (komfortinis) ir ne didesnis kaip $0,2 \text{ m/s}$ (pakankamos sąlygos) pagal HN 69:2003 (žr. 2.2 lentelę).

Tiekiamo oro greičio perkrytis apskaičiuojamas taip:

$$v_x = m \cdot v_0 \cdot \frac{\sqrt{F_0}}{x} \cdot k_n \quad (2.2)$$



2.1 pav. Lubose montuojamas oro skirstytuvas

Koeficientai m ir n parenkami pagal difuzoriaus konstrukciją [6] (žr. 2.1 pav.).

čia:

m – greičio gesimo koeficientas, parinktiems oro

skirstytuvams pagal $m = 0,8$;

n – temperatūros skirtumo gesimo koeficientas, parinktiems

oro skirstytuvams pagal $n = 0,65$;

F_0 – prie skirstytuvo prijungto ortakio plotas, kai oro išteklėjimo angos skersmuo $d_0 = 399 \text{ mm}$,
 $F_0 = 0,125 \text{ m}^2$;

x – atstumas nuo oro išteklėjimo angos iki veiklos zonos; žinoma $x = 1,20 \text{ m}$;

k_n – neizotermiškumo koeficientas;

v_x – oro išteklėjimo iš angos greitis, m/s ; apskaičiuojamas taip:

$$v_0 = \frac{L'}{F_0}, \quad (2.3)$$

$$v_0 = \frac{0,22}{0,125} = 1,74 \left(\frac{m}{s} \right).$$

Neizotermiškumo koeficientas k_n apskaičiuojamas taip:

$$k_n = \sqrt[3]{1 \pm 2,5 \cdot Ar_x}, \quad (2.4)$$

čia „+“ ženklą naudojame, kai gravitacinės jėgos greitina orą (pučiant žemyn šaltą orą), „-“ – kai gravitacinės jėgos stabdo orą (pučiant žemyn šiltą orą).

Ar_x - Archimedo kriterijus, apskaičiuojamas taip:

$$Ar_x = \frac{n}{m^2} \cdot \frac{g \cdot \Delta t_0 \cdot x^2}{v_0^2 \cdot t_v \cdot d_0}; \quad (2.5)$$

čia g – laisvojo kritimo pagreitis; $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$.

$$Ar_x = \frac{0,65}{0,80^2} \cdot \frac{9,81 \cdot 6 \cdot 1,20^2}{1,74^2 \cdot 24 \cdot 0,399} = 2,968.$$

$$k_n^v = \sqrt[3]{1 + 2,5 \cdot 2,968} = 4,14.$$

$$v_x^v = 0,80 \cdot 1,74 \cdot \frac{\sqrt{0,125}}{1,20} \cdot 4,14 = 1,70 \left(\frac{m}{s} \right).$$

Taip pat randamas ir temperatūros perkritis;

$$\Delta t_x = n \cdot \Delta t_0 \cdot \frac{\sqrt{F_0}}{x} \cdot k_n \quad (2.6)$$

$$\Delta t_x^v = 0,65 \cdot 6 \cdot \frac{\sqrt{0,125}}{1,20} \cdot 4,14 = 4,76 (^{\circ}C).$$

Atlikus skaičiavimus, gauname, kad šiltuoju metų laiku, esant skaičiuotinoms lauko oro sąlygoms, veiklos zonoje oro judėjimo greitis bus $1,74 - 1,70 = 0,04$ m/s (čia iš skirstytuvo angos ištekęs oro greitis yra 1,74 m/s; greičio perkritis iki darbo zonos yra 1,70 m/s), temperatūra į veiklos zoną pateks $24^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C} + 4,76^{\circ}\text{C} = 22,76^{\circ}\text{C}$ (čia 24°C - palaikoma oro temperatūra patalpoje; 6°C – skirtumas tarp tiekiamo oro temperatūros ir oro temperatūros darbo zonoje; $4,76^{\circ}\text{C}$ – temperatūros perkritis, t.y. sušyla oras kol pasiekia darbo zoną).

Higienos normose HN69:2003 nustatyta, kad veiklos zonoje (1,8m virš grindų) oro judėjimo greitis neturi viršyti 0,2 m/s (žr. 2.1 lentelę), tačiau remiantis HN 69:2003 pakankamų sąlygų ribomis, paruošto oro parametrai darbo zonoje gali būti ir didesni nei komfortinių sąlygų (žr. 2.2 lentelę), kai darbo kategorija yra Ib (0,1 – 0,3 m/s), o tiekiamo oro temperatūra neturi viršyti darbo patalpų pakankamos šiluminės aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės verčių (kai darbo kategorija Ib tai temperatūra darbo zonoje turi būti 21 – 28 $^{\circ}\text{C}$).

Atliktas skaičiavimas, nustatytus reikalavimus tenkina.

Tiekiamo oro temperatūros, oro judėjimo greitį galima apskaičiuoti pasitelkus ir kompiuterines programas, kaip pvz. „Winda“. Tereikia apskaičiuoti vėsinamos galios poreikį ir likusius skaičiavimus atlikti su programa. Programos pagalba galima parinkti difuzorius, bei mikroklimatinius parametrus (triukšmo lygis, oro judėjimo greitis) ir viską atvaizduoti grafiškai.

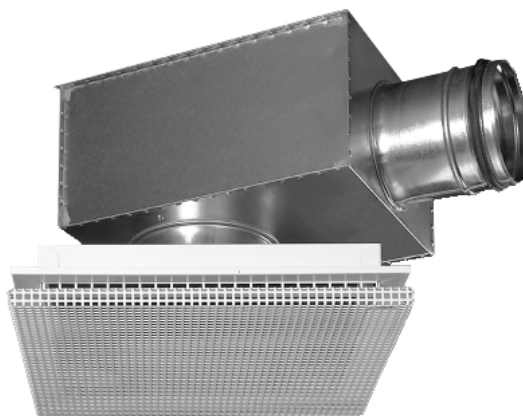
Labai svarbu atkreipti dėmesį ir į tiekiamo oro difuzorius. Difuzoriuose susidaro nedidelis slėgis (oro pasipriešinimas), dėl to oras gali šiek tiek išilti. Dėl šios priežasties difuzorių gamintojai, rekomenduoja kuo žemesnę (teigiamą) tiekiamo oro temperatūrą. Pateikiami keli skirtingi difuzorių modeliai („Swegon“), kuriuose skiriasi maksimali tiekiamo oro temperatūra (žr. 2.2 ir 2.3 pav.).



2.2 pav. Lubose montuojamas oro skirstytuvas

2.2 paveikslėlyje pateikto modelio, gamintojai rekomenduoja ne žemesnę kaip 14 $^{\circ}\text{C}$ tiekiamo oro temperatūrą.

Sekančiame paveikslėlyje (2.3 pav.) pavaizduotas panašios konstrukcijos difuzorius, tačiau gamintojai rekomenduoja, kad tiekiamo oro temperatūra būtų ne žemesnė kaip 12 $^{\circ}\text{C}$.



2.3 pav. Lubose montuojamas oro skirstytuvas

Tos pačios firmos („Swegon“) gamintojai, taip pat pateikia panašios konstrukcijos difuzorius, kurių rekomenduojam maksimali žemutinė tiekiamo oro temperatūra tik 10 °C . Reikia atkreipti dėmesį, kad tiekiamo oro temperatūra yra pakankamai žema, tačiau gamybinių patalpų aukštis paprastai yra aukštesnis nei gyvenamųjų ar administracinių, todėl šiose patalpose (gamybinėse) tiekiamo oro temperatūra turi būti žemesnė [31].

Tikslinga pateikti daugiau skirtingų konstrukcijų bei difuzorių išdėstymo galimybių. „Swegon“ gamintojai pateikia ir daugiau skirtingo išdėstymo tiekiamo oro skirstytuvu, kurie pateikti 2.3 lentelėje.

2.3 lentelė. Oro skirstytuvų tipai bei rekomenduojama tiekiamo oro temperatūra

Eil.Nr.	Oro skirstytuvų tipas	Rekomenduojami tiekiamo oro temperatūra °C
1	Sieniniai	ne žemesnė kaip 12
2	Lubiniai	ne žemesnė kaip 10
3	Srautiniai	ne žemesnė kaip 8

Kaip matyti iš pateiktos lentelės, daugumos skirstytuvų rekomenduojamos oro tiekimo temperatūros – panašios, tačiau keletas iš jų montuojami tik tam tikrose patalpose, pvz. srautiniai montuojami tik dideliuose pastatuose (t. y. gamyklose ar sandėliuose), kai patalpų aukščiai dideli, todėl srautas nukreiptas į patalpos apačią (be jokių grotelių), kad ištekęs oras greičiau pasiektų darbo zoną ir palaikytų reikiamą oro temperatūrą joje.

2.2. Lauko oro, vandens temperatūra ir trukmė, kada galima panaudoti gamtinius vandenį kondicionavimo sistemose

Prieš pradėdant analizuoti vandens ir lauko oro temperatūras, pažymėtina, kad higienos normose 69:2003, teigiama, kad šiltuoju metų laikotarpiu, priklausomai nuo darbo kategorijos, remiantis pakankamų sąlygų ribomis, paruošto oro parametrai darbo zonoje gali būti ir didesni nei komfortinių

sąlygų (žr. 2.2 lentelę), kai darbo kategorija yra Ib (0,1 – 0,3 m/s), o tiekiamo oro temperatūra neturi viršyti darbo patalpų pakankamos šiluminės aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės verčių (kai darbo kategorija Ib tai temperatūra darbo zonoje turi būti 21 – 28 °C).

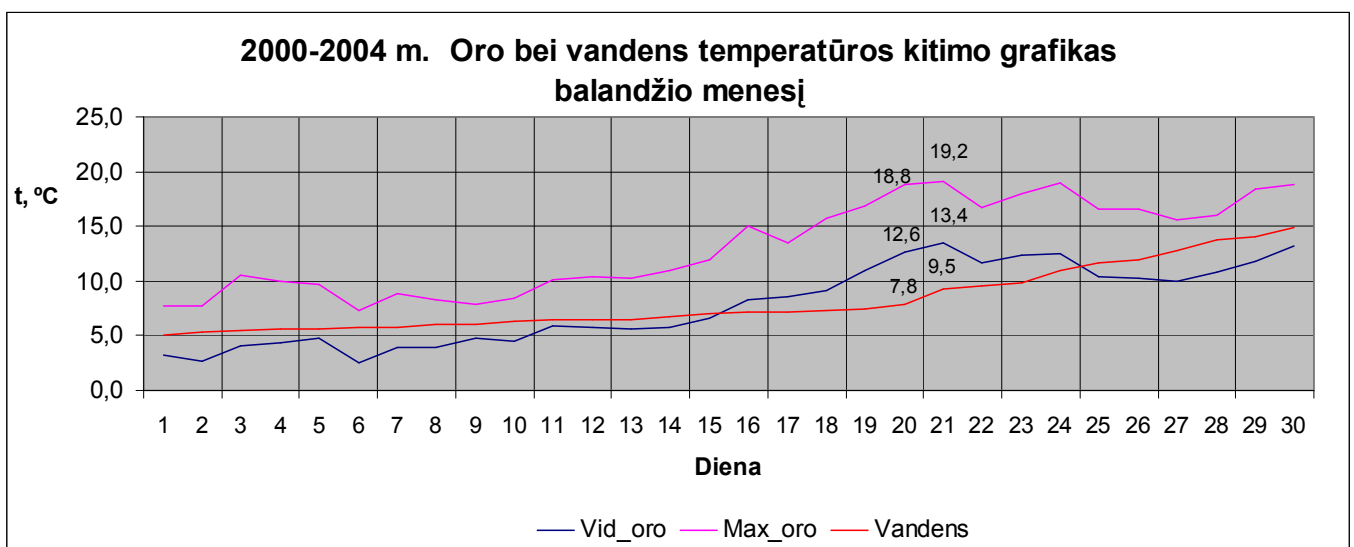
Svarbus yra ir reglamentuojamas oro temperatūros skirtumas („Siekiant pakankamos šiluminės aplinkos, visų kategorijų darbams oro temperatūros skirtumas pagal darbo zonos aukštį leidžiamas iki 3 °C“).

Laiko tarpas kada galima naudoti natūralią vandens vėsą labai priklauso nuo pastato tipo ar architektūros (kai patalpų orą ir aplinką skiria tik viena išorinė siena arba kai patalpa yra patalpoje pvz. kino salė esanti pastato viduje) taip pat nuo pastato paskirties: komercinės, gyvenamasis ir kt. bei nuo patalpų išdėstymo (rytinėje, vakarinėje, šiaurinėje ar pietinėje pastato dalyje).

Taigi, visi šie aspektai, daugiau ar mažiau įtakoja kada ir kiek laiko reikės naudoti natūralią gamtinę vėsą.

Nagrinėjamas lauko oro bei vandens temperatūrų laikotarpis – 5-eri metai (2000 m. – 2004 m.). Visų metų duomenys buvo susumuoti ir išvesti jų vidurkiai, t.y. vidutinė daugiametė paros temperatūra (oro ir vandens) bei vidutinis daugiametis temperatūros maksimumas (oro). Remiantis apskaičiuotomis vidutinėmis temperatūrų reikšmėmis, galima daryti prielaidą, kad šių duomenų dėka, galima nustatyti tik apytikslį atskaitos laiką, kada būtų galima naudoti natūralią gamtos vėsą atsižvelgiant ir į vandens temperatūrą. Kadangi į vidutines reikšmes įsiskaičiuoja ir nakties temperatūra.

Minėto laikotarpio balandžio mėnesio vidutinė maksimali paros oro temperatūra aukščiausia buvo 19,2 °C (21 mėnesio dieną) aukščiau nulio, tuo tarpu vandens paros vidurkis tuo metu siekė 9,5 °C (21 mėnesio dieną) aukščiau nulio (žr. 2.4 pav.). Vadinasi tą dieną jau buvo galima naudoti natūralią gamtinę vėsą.

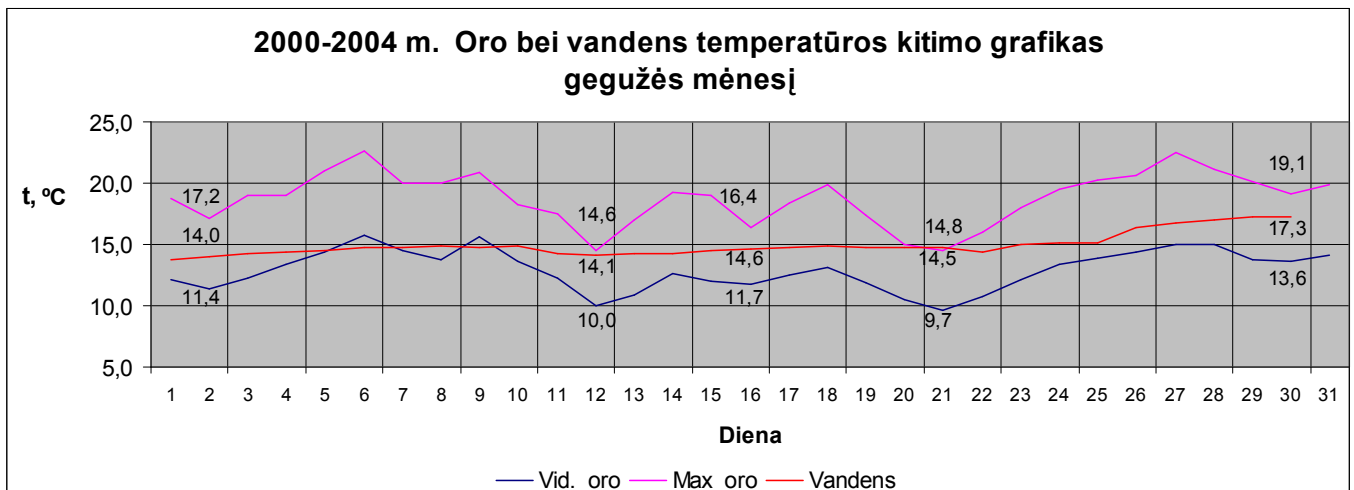


2.4 pav. Lauko oro bei vandens temperatūrų kitimo grafikas balandžio mėnesį

Remiantis vidutinės daugiametės oro temperatūros kreive, aušinimo poreikio iki minėtos dienos gali ir neprireikti, nes aukščiausia temperatūra $19,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ trunka tik vieną dieną, tačiau jei pažiūrėsime į aukščiausių temperatūrų kreivę, teoriškai aušinimo poreikis reikalingas jau 19 ar 20 balandžio mėnesio dienomis. Šiomis dienomis aukščiausių temperatūrų vidurkis pasiekia 18 laipsnių. Kaip jau buvo minėta anksčiau, reikia įvertinti tai, jog patalpoje esantys žmonės bei įranga papildomai pakelia patalpos oro temperatūrą penkiais laipsniais. Vadinasi lauko oro temperatūrai pasiekus $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ galima pradėti aušinti patalpas, tačiau būtina atkreipti dėmesį ir į tuometinę (19-os ir 20-os dienos) vandens temperatūrą. Kaip matyti iš grafiko, vidutinė daugiametė (vandens) paros temperatūra, tomis dienomis siekia apie $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, o tai pilnai pakanka, kad būtų galima aušinti patalpų orą paviršiaus vandeniu. Tačiau dienų (palankių, kai tinka naudoti upės vėsą) yra labai mažai, tik trys ar keturios, todėl įjungti įrangą kelioms valandoms (naudoti upės vėsą) nėra ekonomiškai. Todėl geriausia yra naudoti įrangą pastoviu laiku, t.y. kai palankios oro ir vandens temperatūros trunka ilgiau.

Vvandeniu orą aušinančių įrenginių šaltnešio temperatūra būna $14\text{--}18\text{ }^{\circ}\text{C}$, vadinasi, natūralią gamtinę vėsą (šiuo atveju upės vandenį) galima naudoti iki tol kol jos temperatūra pasiekia apie $14\text{--}15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Galima naudoti ir šiek tiek aukštesnės temperatūros vandenį (pvz. $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ar $17\text{ }^{\circ}\text{C}$), tačiau, kuo aukštesnė šaltnešio temperatūra, tuo aukštesnė tiekiamo oro temperatūra, todėl orą (patalpoje) atvėsinti truks ilgiau nei tai užruktų esant žemesnės temperatūros šaltešiui.

Stebint sekančio mėnesio temperatūrų kitimo grafiką, matyti, kad praktiškai visą (dienos metu, kai temperatūra viršija $18\text{ }^{\circ}\text{C}$) mėnesį galima naudoti upės vėsą (žr. 2.5 pav.).

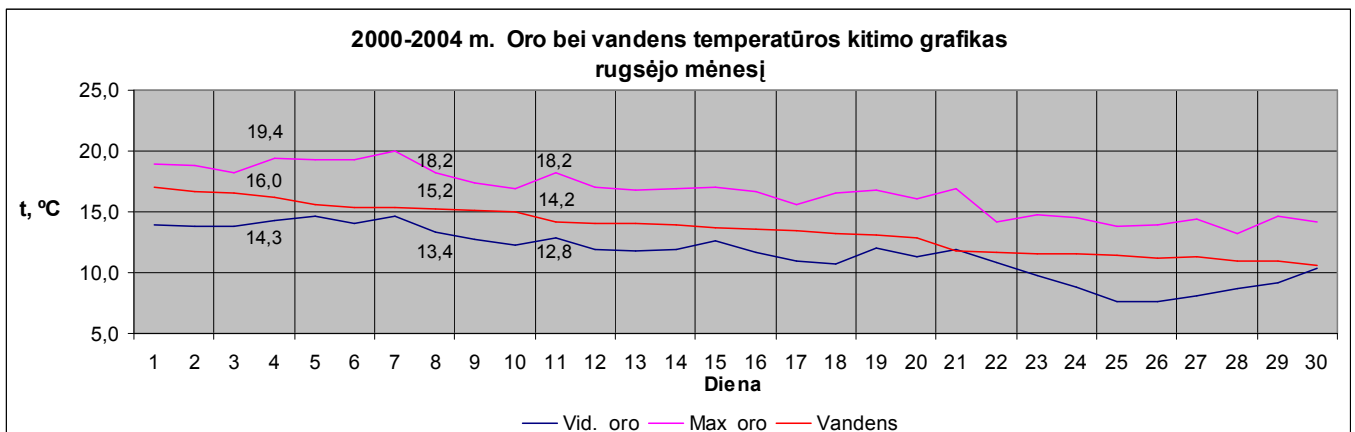


2.5 pav. Lauko oro bei vandens temperatūrų kitimo grafikas gegužės mėnesį

Tačiau vidutiniškai gegužės mėnesio 2,12,16 bei 21 dienomis maksimali oro temperatūra nesiekdavo $18\text{ }^{\circ}\text{C}$, todėl tomis dienomis aušinti neekonomiška, svarbu pastebėti, kad vidutinė vandens temperatūra 21 mėnesio dieną buvo šiek tiek aukštesnė (vandens $14,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, o oro $14,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) už vidutinę aukščiausią oro. Taip gali būti todėl, kad upės gylis nėra didelis, o išilęs vanduo nespėja atvėsti kartu su

oru. Toliau vandens temperatūra kyla ir apie $17,1^{\circ}\text{C}$ – $20,5^{\circ}\text{C}$ laikosi iki rugpjūčio mėnesio pabaigos. Vadinasi, likęs šiltasis laikotarpis (birželio, liepos, rugpjūčio mėnesiai) nėra tinkamas naudoti vien tik upės vandenį patalpų orui vėsinti, t. y. vanduo gali būti panaudojamas naujai parinktai įrangai aušinti pvz. šaldymo mašiną.

Kaip jau buvo minėta, upės temperatūra pakilusi aukščiau kaip $17,5^{\circ}\text{C}$ laikosi iki rugsėjo mėnesio pradžios (vidutiniškai 5 – os dienos). Analizuojant rugsėjo mėnesio temperatūrų pasiskirstymo kreives, matyti, kad vandens vėsą buvo tikslinga pradėti naudoti nuo 6 dienos iki 8 dienos ir 11 dieną (žr. 2.6 pav.).



2.6 pav. Lauko oro bei vandens temperatūrų kitimo grafikas rugsėjo mėnesiais

Toliau lauko oro ir vandens temperatūra visą laiką krinta. Tad patalpas buvo galima aušinti ir lauko oru, kurio temperatūra visą laiką buvo žemesnė nei 18°C .

Taigi, remiantis pateiktais duomenimis, dar neprasidėjus vasarai, kai oro temperatūra gan greitai kyla, patalpų orui aušinti galima naudoti upės vėsą (vandenį), tačiau nuo gegužės pabaigos, vidutinė upės temperatūra apie $18,5^{\circ}\text{C}$ išsilaiko iki šiltojo metų laikotarpio pabaigos (rugsėjo vidurio žr. 2.6 pav.), todėl upės vandenį naudoti tikslinga tik naujiems agregatams aušinti (pvz. šaldymo mašinai), kadangi skaičiuojamoji maksimali vasaros oro temperatūra siekia 32°C , o vandens 24 – 25°C .

Pažymėtina, kad aukštesnės temperatūros (apie 19°C) vandenį orui aušinti, taip pat galima naudoti, tačiau tokia šaltnešio temperatūra orą atvėsins tik keletą laipsnių, todėl papildomai orą atvėsinti reikės įprastiniais oro vėsinimo įrenginiais (pvz. kondicionieriais). Šiek tiek atvėsintam orui galutinai atvėsinti iki reikiamos tiekiamo oro temperatūros reikės mažiau energijos, tačiau ekonomiškai tai gali būti per nelyg brangu.

Vadinasi, visą procesą (kada naudoti natūralios vėsos vandenį) valdo automatika laiku perjungdama vėsinimo agento sriautus atsižvelgiant į lauko bei patalpų oro temperatūras.

2.3 Oro vėsėjimas

2.3.1. Oro vėsėjimo sistemų klasifikacija

Oro kondicionavimo sistema (OKS) susideda iš kondicionieriaus, kuriame apdorojamas oras, ortakių, oro paskirstymo įtaisų, reguliavimo ir kontrolės įtaisų bei automatikos. Stambesniems OKS aptarnauti įrengiami šaldymo mašinų skyriai, statomi aušinimo baseinai [8].

Pagal centralizavimo laipsnį OKS yra *centrinės* ir *vietinės*. Centrinėse sistemose paruoštas oras tiekiamas iš vieno kondicionieriaus į daugelį patalpų.

Centrinėse vėsėjimo sistemose procesas yra susijęs su šilumos perdavimu nuo šaltesnių kūnų šiltesniems kūnams. Šaldymo įrenginiuose (kondicionieriuose) medžiaga ar jos srautas atšaldomi žemiau apsupties temperatūros. To siekiant iš šaldomų kūnų atimama šiluma atiduodama apsupčiau. Centrinėse vėsėjimo sistemose šaldymo įrenginiai, kaip ir šilumos siurbiai dirba pagal atvirkštinį ciklą [8].

Šalčiu čia vadinama šiluma, atimama iš šaltesnio už aplinką kūno. Vykstant atvirkštiniam ciklui jam turi būti tiekiamas (sunaudojamas) darbas arba šiluma. Pagal naudojamą cikle medžiagą (šaldymo agentą) šaldymo įrenginiai (centrinėse vėsėjimo sistemose) skirstomi į *oro ir garo* šaldymo/vėsėjimo įrenginius. Pagal tai, koku įrenginiu atliekamas suspaudimo procesas gariniai šaldymo/vėsėjimo įrenginiai yra skirstomi į:

- ✓ kompresorinius;
- ✓ ežektorinius;
- ✓ absorbcinius.

Šiuo metu labiausiai yra paplitę kompresoriniai šaldymo įrenginiai. Besivystant naujom technologijom pradedami plačiau naudoti ir absorbciniai šaldymo įrenginiai. Svarbu paminėti tai, jog centriniai kondicionieriai jungiami prie šalto ir karšto vandens, kanalizacijos, elektros tinklų, todėl oras juose gali būti šildomas ir aušinamas, drėkinamas ir sausinimas [1].

Kai patalpų šilumos ir drėgmės režimas skirtingas, kiekvienoje patalpoje gali būti įrengtas vietinis kondicionierius. Šie kondicionieriai yra autonomiški, juos reikia prijungti prie elektros tinklo. Autonomiški kondicionieriai mūsų klimato sąlygomis naudojami tik orui vėsinti [1].

2.3.2. Kompresorinis garinis šaldymo įrenginys

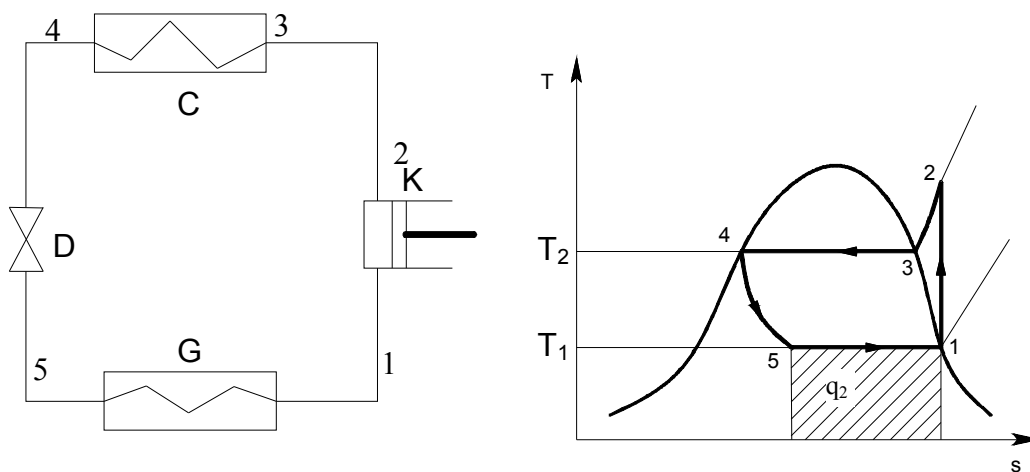
Juos patogu naudoti pramonės įmonėse – galima panaudoti šilumą, išsiskiriančią gamybinių procesų metu. Šiuose šaldymo įrenginiuose darbo medžiaga (šaldymo agentu) dažniausiai naudojami freonai, o kartais ir amoniakas. Yra žinoma jog amoniakas yra nuodingas, o kai kurie freonai ardo atmosferos ozono sluoksnį, todėl daugelį freonų yra uždrausta naudoti šaldymo įrenginiuose, taip pat yra įvedami mokesčiai už jų naudojimą [1].

Monrealyje, 1995 m. posėdžiavusios šalys pasirašė protokolą, kuriuo buvo nustatyta, CFC ir HCFC šaldymo agentų grupėms uždraudimo terminus. Išsivysčiusios šalys CFC grupės šaldymo agentų gamybą ir vartojimą nutraukė jau 1996 m., o besivystančioms šalims šis terminas buvo nukeltas iki 2010 m.

Vykdamas Monrealio protokolo nuostatas ir išvystytos pramonės šalims uždraudus CFC grupės freonų gamybą ir vartojimą, aplinkos apsaugos kontrolės dėmesys buvo sutelktas klimato pasaulio atšilimo ir įvairių freonų bei jų mišinių ilgalaikumo atmosferoje problemų sprendimui. Pagrindinės pasaulinio atšilimo priežastys yra CO_2 ir kai kurių kitų medžiagų (pvz. freonų) patekimas į atmosferą.

Tačiau atsiradus visai gamai ozono sluoksniui nekenksmingų mišinių, dalinai arba visai galinčių pakeisti kontroliuojamos HCFC grupės šaldymo agentus, daugelis Europos šalių nusprendė HCFC grupės šaldymo agentams draudimo terminus dar labiau sutrumpinti. Pvz. Švedija naujai gaminamai šaldymo ir šilumos siurblių įrangai HCFC grupės medžiagų naudojimą uždraudė nuo 1998 m., o dar veikiančios įrangos aptarnavimą šios grupės šaldymo agentais sutrumpino iki 2002 m.

Atsižvelgiant į šias priežastis yra vystomos kitos vėsinimo technologijos, kurios nenaudoja aplinkai kenksmingų medžiagų. Viena iš tokių technologijų yra kompresijos principu veikiančios šaldymo įrenginiai (žr. 2.7 pav.).



2.7 pav. Kompresorinio šaldymo įrenginio principinė schema ir jo ciklas T-s diagramoje

2.7 paveiksle pavaizduota principinė kompresorinio garinio šaldymo įrenginio schema ir terminė diagrama. Ją sudaro: kompresorius – K, kondensatorius – C, droseliais vožtuvas – D ir garintuvas (šaldymo kamera) – G.

Terminėje diagramoje (T-s koordinatėse) pavaizduoti šie procesai:

- ✓ 1-2 kompresoriuje C suteikiant techninį darbą e_c adiabiškai spaudžiamas drėgnasis garas virsta perkaitintuoju, slėgis padidėja nuo p_1 iki p_2 , T_1 iki T_2 ;

- ✓ 2-3-4 perkaitintasis garas izobarinio proceso metu virsta sausuoju sočiuoju 2-3 ir susikondensuoja 3-4. kondensacijos metu 1 kg garo netenka q_1 šilumos. Ši šiluma kondensatoriuje C atiduodama aplinkos orui arba aušinamam vandeniui;
- ✓ 4-5 droseliavimas droseliname vožtuve D, kuriame, esant pastoviai entalpijai, dalis kondensato išgaruoja. Slėgis sumažėja nuo p_2 iki p_1 , o temperatūra nuo T_1 iki T_2 ;
- ✓ 5-1 izobarinis, o kartu izoterminis garavimas. 1 kg garo gauna q_2 vienetų šilumos (užbrūkšniuotas plotas). Visas procesas vyksta garintuve G. Šiluma yra paimama iš kameroje esančių kūnų ar oro. Toliau ciklas kartojamas ir viskas vyksta ratu.

Šaldymo įrenginio efektyvumą įprastai nusakomas šaldymo koeficientu.

$$\eta_{\text{ši}} = \frac{q_2}{e_c} = \frac{q_2}{q_1 - q_2}; \quad (2.7)$$

Jis nusako šilumos kiekį, atimtą iš šaldomų kūnų ir tenkantį sunaudoto darbo vienetui. Garavimo ir kondensacijos procesai yra izobariniai, todėl šilumos kiekius galima išreikšti per Δh

$$q_2 = h_1 - h_5 \text{ (procesas 5-1);}$$

$$q_1 = h_2 - h_4 \text{ (procesas 2-3-4);}$$

$$h_4 = h_5 \text{ (procesas 4-5).}$$

Tuomet šaldymo koeficientas:

$$\eta_{\text{ši}} = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_4 - h_1 + h_5} = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1}. \quad (2.8)$$

Skaiciuojant šaldymo įrenginius reikia turėti šaldymo agento būsenos diagramas (T-s ar p-s) arba perkaitintojo ir sočiojo garo lenteles atitinkamoms h reikšmėms rasti. Įrenginių skaičiavimui šiuo metu plačiai naudojamos kompiuterinės programos. Viena iš jų yra „CoolPack“, kurios pagalba galima nustatyti daugelio žinomų šaldymo agentų parametrus konkrečiuose taškuose, taip pat nustatyti įrenginio šaldymo efektyvumą, bei paskaičiuoti atskirų ciklo elementų parametrus, jų apkrovimą įvertinant įvairius išorinius faktorius.

2.3.3. Absorbicinis aušinimas

Kaip energijos šaltinis čia naudojama žemo spaudimo garo ar karšto vandens šiluma arba šiluma, gaunama kaitinant liepsną. Šio proceso realizavimui reikalinga dviejų darbinių kūnų pora. Pramonės įrenginiuose, kai norima sukurti ypač žemą temperatūrą, naudojama pora yra amoniakas / vanduo ($\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$). Oro kondicionieriuose dažniausiai naudojami agregatai, naudojantys vandens / ličio bromido ($\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$) porą [1].

Čia vyksta tikrai terminės (šiluminės) energijos mainai su aplinka praktiškai nedalyvaujant mechaninei energijai. Be to nevyksta pastebimi šilumos energijos į mechaninę ir atvirkščiai mainai.

Absorbciniai šaldymo įrenginiai nuo kompresorinių skiriasi tuo, kad vietoj mechaninio kompresoriaus jame naudojamas termocheminis kompresorius. Kaip jau minėta absorbciniame šaldymo įrenginyje yra dviejų komponentų tirpalas (binarinis), sudarytas iš absorbento ir šaldymo agento. Šis binarinis mišinys sukuria šaldymo agento ir garų slėgio skirtumą. Visais kitais atžvilgiais absorbcinis šaldymo įrenginys iš principo nesiskiria nuo kompresorinio.

2.3.3.1. Pagrindinės binarinių tirpalų savybės

- Absorbento virimo temperatūra turi būti žymiai aukštesnė už šaldymo agento virimo temperatūrą esant tam pačiam slėgiui;
- Binarinio tirpalo virimo temperatūra esant duotam slėgiui priklauso nuo komponentų masinės koncentracijos, t. y. kuo šaldymo agento jame daugiau, tuo žemesnėje temperatūroje tirpalas užverda. Verdančiame binariniame tirpale šaldymo agento koncentracija mažėja, dėl to, kad jis greičiau išgaruoja;
- Garas, susidaręs verdant binariniam tirpalui turi vienodą temperatūrą su tirpalu, tačiau šaldymo agento koncentracija gase žymiai didesnė, nei tirpale.

Binariniai tirpalai ir jų virimo temperatūros pateiktos lentelėje Nr. 2.4.

2.4 lentelė. Binariniai tirpalai ir jų virimo temperatūros

Absorbentas	Šaldymo agentas	Taikymo sritis
Vanduo 100°C	Amoniakas (NH ₃) -33,4°C	Pramoniniai šaldymo įrenginiai
Ličio bromidas 1312°C	Vanduo 100°C	Oro kondicionavimo šaldymo įrenginiai

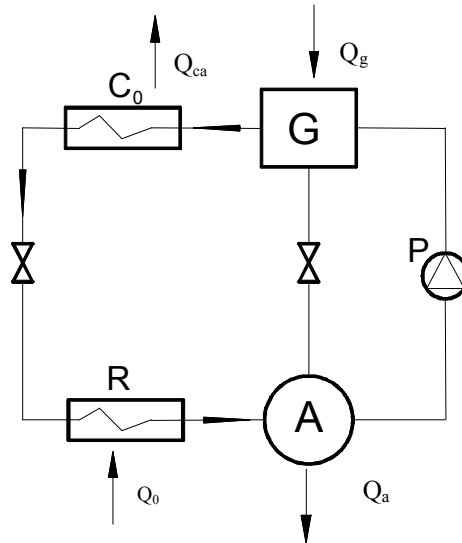
Svarbu priminti tai jog nors amoniakas yra nuodingas, tačiau būtent šios šaldymo sistemos buvo pradėtos naudoti pirmosios.

2.3.3.2. Absorbcijos ciklas

Absorbcijos ciklas vyksta suteikus jam šilumos kiekį Q prie temperatūros T , kuri yra aukštesnė už aplinkos temperatūrą T_s . Šilumos suvartojimas Q , kuris leidžia sugerti šilumos kiekį Q_0 prie temperatūros $T_0 < T_s$ nuo šaldomo (vėsiamo) kūno, kuris taip pat yra kaip šilumos šaltinis, turi turėti reikšmę, kuri įtakoja šaldymo sistemos entropijos pokytį lygų ar didesnę už nulį. Absorbcinio šaldymo įrenginio ciklas

yra šilumos variklio ir kompresorinio ciklo junginys. Kompresorius absorbciniame įrenginyje yra pakeistas generatoriumi, absorberiu ir siurbliu [1].

Vadinasi, principinė absorbcinio šaldymo įrenginio schema su visais pagrindiniais elementais būtų tokia (žr. 2.8 pav.):



2.8 pav. Absorbcinio šaldymo įrenginio principinė schema ir jo ciklas T- s diagramoje

2.8 paveiksle pavaizduota principinė kompresorinio garinio šaldymo įrenginio schema ir terminė diagrama. Ją sudaro: kondensatorius – C_0 , garintuvas (šaldymo kamera) – R , generatorius - G , absorberis - A ir siurblys - P .

Tokiai sistemai šilumos balanso lygtis būtų tokia:

$$\sum Q_i = Q_{gen} + Q_{gar} + Q_p - (Q_{kond} + Q_{abs}) \quad (2.9)$$

Šaldymo įrenginio efektyvumas paprastai yra nusakomas šaldymo koeficientu, kuris lygus iš aplinkos paimtos šilumos (Q_0) santykiu su generatoriui suteikta šiluma Q :

$$\eta = \frac{Q_0}{Q}; \quad (2.10)$$

Idealiai reversiniam ciklui naudingumo koeficientas būtų:

$$\zeta_c = \left(1 - \frac{T_s}{T}\right) \frac{T_0}{T_s - T_0} = \eta_{ic} \varepsilon_c; \quad (2.11)$$

čia:

T_s - aplinkos temperatūra;

T ir T_0 yra aukšto ir žemo potencialo šilumos šaltiniai.

Įrenginio ekserginis efektyvumas būtų skaičiuojamas pagal formulę:

$$\eta_x = \frac{E_0}{E} = \frac{Q_0 \left(\frac{T_s}{T_0} - 1 \right)}{Q \left(1 - \frac{T_s}{T} \right)} \quad (2.12)$$

Analizuojant absorbcinius šaldymo įrenginius dažnai reikia priimti daug prielaidų. Be to tai yra terminis ciklas, todėl jo veikimas priklauso nuo daugelio temperatūrų:

- Šilumos šaltinio temperatūros $T = T'$ kuri lemia aukščiausią garavimo temperatūrą generatoriuje T_2 ;
- Aplinkos temperatūros arba aušinančio vandens temperatūros T_{w1} , kuri lemia kondensavimosi temperatūrą ir slėgį T_c ir p_c , taip pat ir žemiausią absorbavimo temperatūrą T_4 ;
- Vėsinamo kūno temperatūros T_x , kuri lemia garavimo temperatūrą garintuve p_o ir žemiausia garavimo temperatūrą $T_{7'} = T_0$.

Praktiniai nurodymai priimant svarbiausias veikimo temperatūras, nuo kurių priklauso ciklo veikimas būtų tokie:

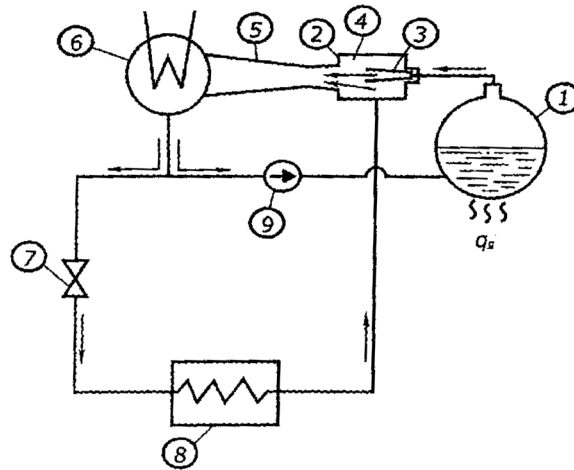
- Aukščiausia garavimo temperatūra generatoriuje yra $T_2 = T - \tau_2$, kur $\tau_2 = 5-10$ (K) kai šilumos šaltinis yra garas, karštas vanduo ar šiltas vanduo ir $\tau_2 = 30-50$ (K), kai šilumos šaltinis yra dujos (tiesioginio degimo absorbciniai įrenginiai);
- Žemiausia ir aukščiausia garavimo temperatūros yra $T_{7'} = T_0 = T_x - \tau_0$ ir $T_{8'} = T_0 + (3-10)K$, kur $T_x \geq T_{8'}$ ir temperatūrų pokytis $T_{8'} - T_0$ priklauso nuo tirpalo koncentracijos ir garintuvo konstrukcijos;
- Žemiausia absorbcijos temperatūra yra $T_4 = T_{w1} + \tau_4$, kur $\tau_4 = (4-6)K$.

2.3.4. Ežektorinis aušinimas

Tai pramoniniuose oro kondicionavimo įrenginiuose plačiai naudojamas palyginti pigus šaldymo būdas. Jam reikia pakankamo spaudimo panaudoto garo ir žemos temperatūros aušinančio vandens.

Vietoj įprastinio kompresoriaus naudojamas ežektorius (srovinis kompresorius, slėgtuvas), kurio schema pavaizduota 2.9 paveiksle. Šaldymo agentu naudojamas vandens garas. Tuo atveju neigiamų temperatūrų pasiekti negalima [1].

Ežektoriaus darbas paremtas tuo, kad dideliu greičiu tekantis aktyvusis srautas dalį savo kinetinės energijos atiduoda siurbiamajam srautui. Susidaro dviejų srautų mišinys, kurio parametrai nustatomi kaip dviejų srautų maišymosi rezultatas.



2.9 pav. Ejektorinio šaldymo įrenginio principinė schema

2.9 paveiksle pavaizduotą ejektorinę schemą sudaro: 1 – garo generatorius; 2 – ejektorius; 3 – jo tūta; 4 – maišymosi kamera; 5 - difuzorius; 6 - kondensatorius; 7 - droselinis vožtuvas; 8 - garintuvas šaldymo kamera; 9 - generatoriaus maitinimo siurblys.

Naudojant vandens garus, parankiau panaudoti ejektorių, nes vandens garo specifinis tūris esant darbo sąlygoms labai didelis ($t=+5^{\circ}\text{C}$, $v''=147,2 \text{ m}^3/\text{kg}$) ir tuo atveju reikia labai didelių gabaritų kompresorių. Todėl pasirenkamas kompaktiškesnis, nors energetiniu požiūriu žymiai mažiau efektyvesnis įrenginys - *ejektorius*.

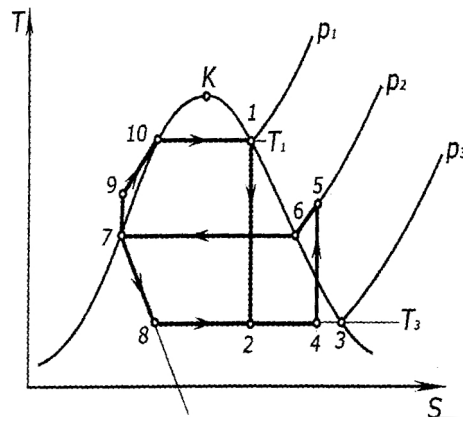
Vandens garo privalumai:

- didelė savitoji garavimo šiluma r ;
- šaldymo agentas pigus, nekenksmingas ekologiškai ir fiziologiškai.

Iš garo generatoriaus 1 aktyvusis (darbinis) garas patenka į ejektoriaus 2 tūtą 3. Čia garas adiabiškai plečiasi, slėgis krenta nuo p_1 iki p_3 , temperatūra nuo T_1 iki T_3 .

1-2 - adiabinis išsiplėtimas ejektoriaus tūtoje 3. Tekėdamas dideliu greičiu šis garas išsiurbia (ejektuoja) p_3 slėgio garą 3 iš šaldymo kameros 8. 2 ir 3 parametrų garai maišymosi kameroje 4 susimaišo ir įgyja 4 taško parametrus; 2-3-4 - susimaišymas; 4-5 - mišinio suspaudimas difuzoriuje 5 (greitis mažėja, slėgis auga) 5-6-7 -slėgio p garas patenka į kondensatorių 6, susikondensuoja, atiduoda šilumą q_1 (Q_1).

Išėjęs iš kondensatoriaus, kondensatas pasidalija į 2 dalis. Didesnioji dalis patenka į droselinį vožtuvą 7, pagal $h = \text{const}$ slėgis sumažėja nuo p_2 iki p_3 ir temperatūra nuo T_2 iki T_3 , procesas 7-8. Po to jis patenka į garintuvą (šaldymo kamerą), kuriame dėl žemo slėgio (p_3) "priverstas" išgaruoti, ir tuo pat metu gauti iš aplinkos (šaldomo kūno) šiam procesui reikalingą šilumą. T.y. čia gaminamas šaltis. Procese 8 – 3 vienas kilogramas garo gauna q_2 šilumos. Toliau viskas ciklas (šaldymo kartojasi). Šio įrenginio ciklas pavaizduotas 2.10 paveiksle.



2.10 pav. Ežektorinio šaldymo įrenginio ciklas T – s diagramoje

Mažesnioji kondensato dalis iš kondensatoriaus 6 patenka į siurbli 9 ir yra tiekiamas į garo generatorių (procesas 7-9). Čia jis izobariškai pašildomas iki virimo temperatūros (procesas 9-10), o po to, kai $T_1 = const$, ir $p_1 = const$, išgarinamas (procesas 10-1). Procesams 9-10-1 sunaudojama šiluma Q_g . Turime du ciklus su skirtingais medžiagų kiekiais, todėl vaizdavimas diagramoje nerodo šių ciklų kiekybinio tarpusavio palyginimo. Kiekviename cikle dalyvauja skirtingas medžiagos kiekis, t.y. ne taip kaip vaizduojant kitus ciklus, kur paprastai ciklas parodomas 1 kg šaldymo agento [1].

Ežektoriuje 1 kg aktyvaus garo pasiurbia m kg šaldymo cikle dalyvaujančio garo. Ežektorinio šaldymo įrenginio efektyvumas nusakomas šilumos išnaudojimo koeficientu.

$$\xi = \frac{Q_2}{Q_g} = \frac{mq_2}{q_g}, \quad (2.13)$$

čia:

q_2 – pagamintas šaltis;

q_g – šiluma garo gamybai;

Izobariniuose procesuose išreiškus $q = \Delta h$ gauname:

$$q_2 = h_3 - h_8 \quad q_8 = h_3 - h_9, \quad (2.14)$$

$$\xi = \frac{m(h_3 - h_8)}{h_1 - h_9}. \quad (2.15)$$

Termodinaminio požiūriu garo kompresorinis ciklas yra tobulesnis už ežektorinį. Palyginimui, pateikiami parametų kitimo intervalai tokiuose šaldymo įrenginiuose:

$$\begin{array}{ll} t_3 \approx 3 \dots 10^\circ\text{C} & p_3 \approx 0,7 \dots 1,2 \text{ kPa}, \\ t_2 \approx 30 \dots 40^\circ\text{C} & p_2 \approx 4,2 \dots 7,4 \text{ kPa}, \end{array}$$

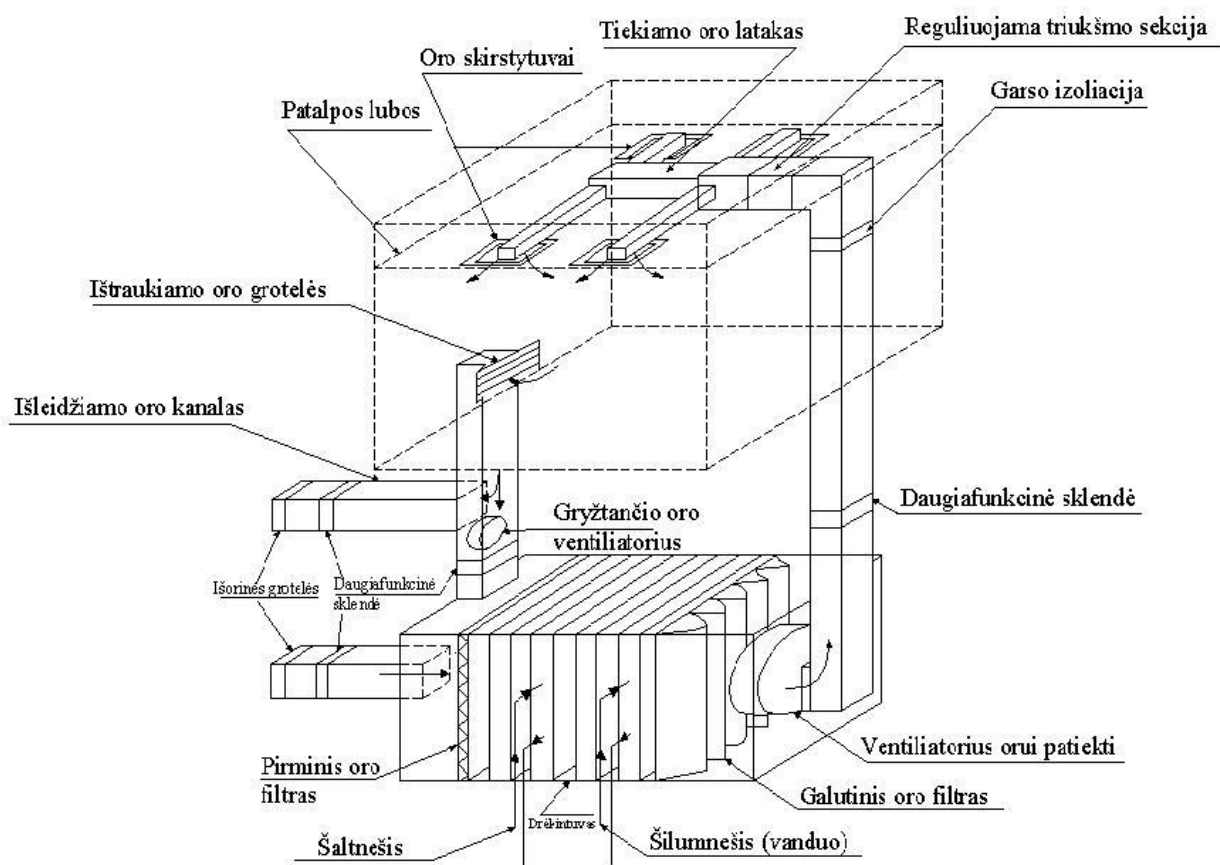
$$t_1 \approx 135..180^{\circ}\text{C} \quad p_1 \approx 0,3...1 \text{ MPa.}$$

Svarbu paminėti tai, jog tokio tipo mašinų maksimalus naudingumo koeficientas siekia apie – 23 %.

2.4. Oro aušinimo schemas bei procesai, kuriuose galima panaudoti gamtinius vandenis

Kaip jau buvo minėta, oro kondicionavimo sistemos gali būti *centrinės* arba *vietinės*. Centrinėse sistemose paruoštas oras tiekiamas iš vieno kondicionieriaus į daugelį patalpų. Kai pastato patalpose reikia palaikyti pastovius oro parametrus (santykinę drėgmę, temperatūrą, oro greitį) naudojamos būtent šios oro kondicionavimo sistemos. Pagal oro apdorojimo schemą centrinės OKS yra *tiesiasrovės* ir *recirkuliacinės*. Pastarosiose sistemose apdorojant lauko orą, įmaišoma panaudoto šalinamo oro (sušildyti ar atvėsinti įtekantį orą), o tiesiasrovės apdoroja tik lauko orą. Jos dažniausiai naudojamos gydymo įstaigose, nes užterštą orą į patalpas negalima gražinti [8].

Centrinė oro kondicionavimo sistema dažniausiai statoma ant pastato stogo, tačiau jei nėra galimybės įrengti ant stogo, ji montuojama ir pastato rūsyje (žr. 2.11 pav.).



2.11 pav. Centrinė oro kondicionavimo sistema

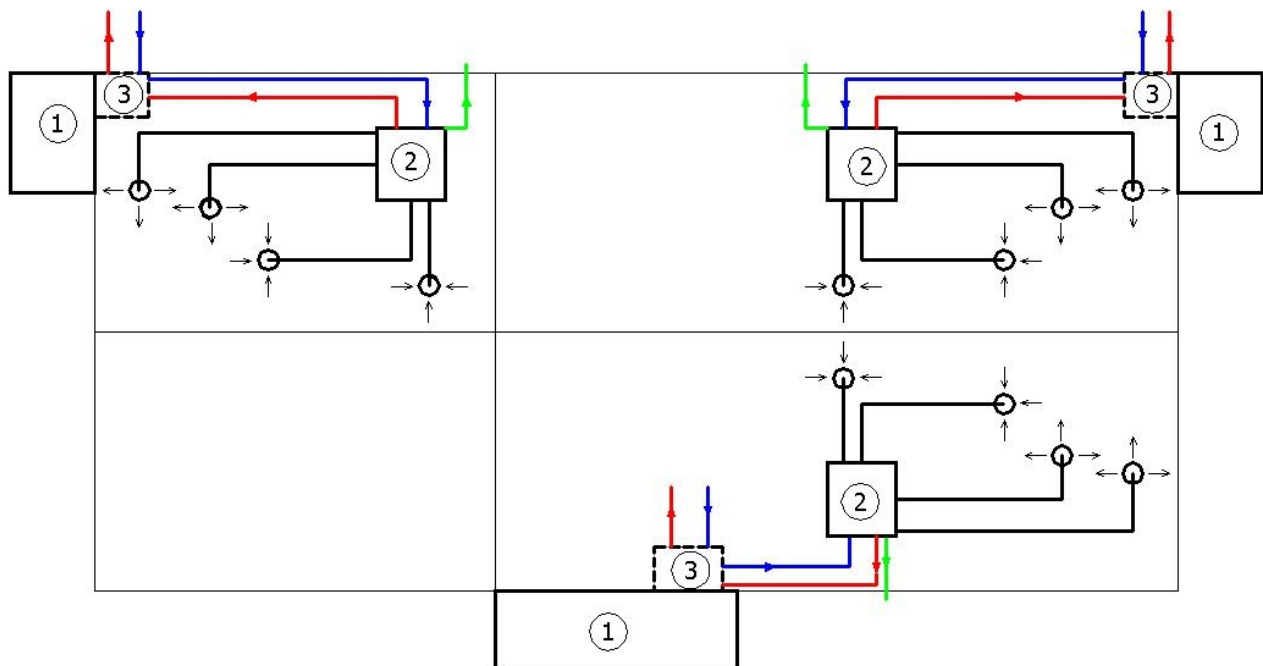
Šiuo atveju ištekantis oras iš patalpos nėra maišomas su įtekančiu į patalpą, todėl ši sistema dažnai naudojama gydymo įstaigose ar sanatorijose. Kaip matyti iš paveikslėlio į oro tiekimo kamerą atiteka šaltnešis bei šilumnešis. Vienas iš jų orą atvėsina, o kitas pašildo (priklausomai nuo poreikio). Oro pašildymas vyksta šildymo sekcijoje (kondensatoriuje), kurioje šiluma atiteka vandeniu arba gaminama šildymo mašinos (kondicionieriaus veikiantis atvirkštiniu ciklu) [8], [32].

Oro aušinamas vyksta taip kaip šildymo sekcijoje (garintuve), tik šaltu vandeniu arba garuojant šaltnešiui aušintuvo vamzdeliuose (šilumos siurblys), kuriuose dažniausiai naudojamas freonas. Šilumos siurblys gali orą ir ataušinti, ir pakelti iki reikiamos temperatūros.

Svarbu atkreipti dėmesį į tai jog, vanduo, kuris naudojamas šaltnešiui ar šilumai atvesti yra imamas iš centralizuotos sistemos (vandentiekio), tačiau tai yra brangiau nei naudoti vandenį iš paviršinių vandens telkinių. Todėl dėl šios priežasties daugelyje sistemų pradedama naudoti paviršinį vandenį (dažnai paviršiniame vandenyje įmerkami vamzdžiai, kuriuose atvesta ar sušyla cirkuliuojantis vandens/glikolio mišinys).

Vasaros laikotarpiu, kai vandens bei oro temperatūros skirtumas būna apie $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (pvz. oro $19\text{ }^{\circ}\text{C}$, o vandens būna apie $13\text{ }^{\circ}\text{C}$) jau tikslinga naudoti paviršinio vandens vėsą. Dažnai vasaros laikotarpio pradžioje oro temperatūra viršija $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, tuo metu kai oro temperatūra staigiai kyla, vandens temperatūra, bent kelias dienas, išlieka pastovi (žr. 2.4 pav.), vadinasi tuo metu ekonomiškai labai naudinga orą aušinti paviršiniu vandeniu.

Paviršinio vandens vėsą taip pat sėkmingai galima panaudoti ir vietinėse oro kondicionavimo sistemose (žr. 2.12 pav.).



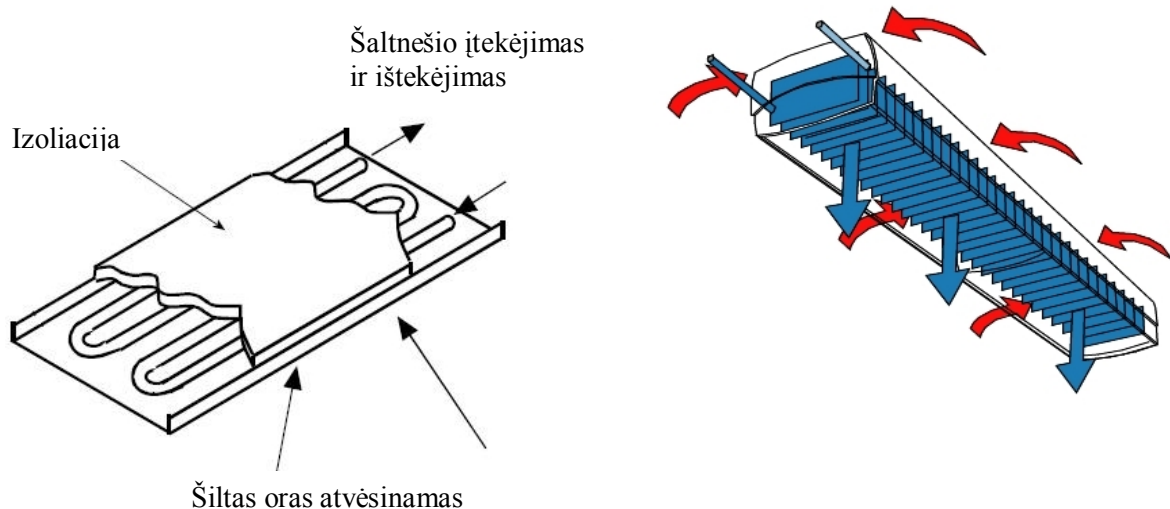
2.12 pav. Vietinė oro kondicionavimo sistema

Ši oro aušinimo sistema naudojama tuose pastatuose, kur nereikia palaikyti pastovių oro parametrų (santykinės drėgmės ar temperatūros). Paprastai ant pastato stogo ar palėpėje stovi išorinis blokas (1 – kondensatorius) kuriame į lauką atiduodama iš pastato paimta šiluma, pastato viduje, virš lubų būna pastatyti vidiniai blokai (2 – garintuvai), kuriame atvėsinamas oras. Mėlyna bei raudona spalva (tarp 1 ir 2 blokų) pažymėta freono tekėjimo kryptis. Iš kiekvieno vidinio bloko nuvedamas kondensatas (vėsdamas oras kondensuojasi).

Freonui aušinti, kuris cirkuliuoja pastate taip pat galima naudoti paviršinio vandens vėsą. Tam tikslui prieš išorinį bloką galima įrengti tarpinį šilumokaitį (3 – šilumokaitis). Kai paviršinio vandens (Neries upės) temperatūra tinkama, t. y. šilumai nuvesti galima panaudoti upės vandenį.

Priklausomai nuo pastato tipo ir vėsos poreikio, ši (vietinė) oro aušinimo sistema gali būti šiek tiek kitokia. Ant stogo statomos šaldymo mašinos („chiller“), kurios atšaldo vandenį. Iš šaldymo mašinos vamzdžiais vanduo teka į vandeninius ventiliatorinius aušintuvus / šildytuvus („fancoil“ ar „split“).

Ventiliatorinio konvektoriaus sistema gali ne tik aušinti patalpas, bet ir šildyti, jie gali būti statomi ir ant sienos šalia grindų (juose vėsų orą išpučia ventiliatoriai), „split“ konstrukcijos aušintuvai paprastai montuojami ant lubų, nes šiltas oras kyla į viršų ir juose atvėsta. (žr. 2.13 pav.).



2.13 pav. Lubiniai oro aušintuvai

Naudojant šio tipo aušintuvus yra rizika, kad ant lubų susidarys kondensatas (vanduo). Šiai problemai išspręsti įrengiami oro drėgnumą matuojantys prietaisai. Todėl, oras patenkantis į patalpas, dažnai būna sausesnis (sausesniame ore mažiau drėgmės, todėl nesusidaro kondensatas ant lubų) arba didinama įtekančio šaltnešio temperatūra.

Vandeniui aušinti, kuris patenka į tokio tipo aušintuvus, taip pat būtų galima naudoti paviršinio vandens vėsą. Šioje sistemoje reikia įrengti tarpinį šilumokaitį prieš šaldymo mašiną.

Tokio tipo aušintuvuose šaltnešio temperatūra paprastai būna nuo 7 – 15 °C (šaltnešis atiteka 7 °C išteka apie 15 °C) vandens temperatūra (tekančio į „split“ tipo aušintuvus) paprastai būna 7-8 °C priklausomai nuo vėsos poreikio, jei naudojamas freonas vandeniui atvėsinti, tada temperatūra (vandens, kuris teka į „split“ ar „fancoil“ tipo aušintuvus) gali siekti ir 3 – 6 °C, tam atvejui kad vanduo neužšaltų jis yra sumaišomas su etilenglikoliu.

2.5. Šaldymo medžiagos ir jų poveikis aplinkai

Kompresorinėse šaldymo mašinose, skirtose oro kondicionavimui, prieš kelis dešimtmečius išskirtinai buvo naudojami fluoro ar chloro ir metano ar etano angliavandenių dariniai. Jie buvo laikomi saugiausiais, nes nedegūs, praktiškai nenuodingi. Tačiau dėl didėjančio jų poveikio aplinkai (ozono sumažėjimo) pastaruoju laiku fluoro-chloro angliavandenių emisijai į atmosferą keliama vis griežtesni apribojimai [2].

Atskirų šaldymo agentų pavojingumas ozonui yra nevienodas. Kiekvienas iš jų vertinamas vadinamuoju santykinio pavojingumo ozonui potencialu – RODP (Relative Ozon Deplation Potencial). Kenksmingiausiai medžiagai jis lygus vienetui. Tokia yra šaldymo medžiaga R11. Kitas žalingas šaldymo medžiagų poveikis – tai šiltnamio efektas, kurį sukelia padidėjęs CO₂ kiekis atmosferoje. Kiekviena medžiaga įvertinama santykinio šiltnamio efektu – RGE (Relative Greenhouse effect). Maksimali (blogiausia) jo reikšmė yra 1. Tokį RGE turi freonas R12. Ne ką mažesnė freono R11 reikšmė. Galima tikėtis, kad ateityje išaiškės ir kitokie šių medžiagų poveikio atmosferai aspektai [2].

Svarbiausia neigiamo šaldymo medžiagų poveikio priežastis ta, kad vandenilio atomai pakeičiami fluoro ir chloro atomais. Tokioms medžiagoms priskirtini freonai R11, R12, R500 ir R502, ypač plačiai naudojami buitinėje šaldymo technikoje, parduotuvių ir saugyklų įrangoje. Tikimasi, jog jie bus pakeisti kitokiais freonais. Vienas iš tokių R134a, kurio RODP beveik 0. Tačiau iki galo neišaiškintas jo toksikologinis poveikis. Naujovėms priskirtinas freonas R22 iš dalies halogenizuota vandenilio, fluoro, chloro angliavandenių šaldymo medžiaga. Jo RODR – 0,05. Tačiau kol kas jį įmanoma naudoti tik didesnio nei 1 kW galingumo įrenginiuose. Chloro neturintys freonai R23 (fluoro – angliavandenių) ir R152a (vandenilio – fluoro – angliavandenių) nepažeidžia ozono sluoksnio, bet R152a yra degus [2].

Mažą RODP turi vadinamosios neazeotropinės šaldymo medžiagos. Jų dėka ekonomiškesnėmis tampa ir pačios šaldymo mašinos. Greta dviejų komponentų kuriamos trijų komponentų šaldymo medžiagos. Nors jų RODP nedidelis, tačiau panaudojimas – tik laikinas ozono problemos sprendimas. Tausojant aplinką kaip šaldymo medžiaga vėl bandomas naudoti amoniakas (NH₃), kuris dėl savo pavojingumo nenaudojamas nuo šio amžiaus septinto dešimtmečio [2].

Trumpai apžvelgus šaldymo agentų poveikį aplinkai, nesunku įsitikinti, kad naujoviškos, oro aušinimo sistemos (naudojant natūralią gamtoje esančią vėsa), panaudojimas ateityje tik didės, tačiau

būtina išanalizuoti ir paviršinio vandens ypatumus bei jo poveikį naujoms oro vėsinimo įrangoms. Gamtinių vandenų sudėties ypatumai ir jų poveikis kondicionavimo įrangai pateikiamas sekančiame 2.6 poskyryje.

2.6. Gamtinių vandenų sudėties ypatumai ir jų poveikis kondicionavimo įrangai

2.6.1. Gamtinio vandens cheminė sudėtis

Žemės paviršiaus gamtiniam vandeniui būdinga cheminė ir izotopinė sudėtis įvairovė, susijusi su vandens objektų formavimosi geologinėmis sąlygomis, vandens apytakos intensyvumu, raida geologinėje istorijoje, vykstant geocheminiams ir biologiniams procesams.

Gamtinis vanduo skirstomas į:

- ✓ Atmosferos vandenį;
- ✓ Upių vandenį;
- ✓ Ežerų vandenį;
- ✓ Jūrų ir vandenynų vandenį.

Kaip jau buvo minėta, daugiausia natūralios vėsos yra jūrose ir vandenynuose, nes kuo didesnis gylys tuo vėsesnis vanduo, tačiau priklausomai nuo objekto (pastato, kurio patalpų oras būtų vėšinamas vandeniui) dydžio sėkmingai galima panaudoti ir upių, ir ežerų vėsą oro aušinimui, tačiau naudojant jūrų ar vandenynų vandenį reikalingos didesnės investicijos, kadangi vanduo yra sūrus ir jam apdoroti reikalinga papildoma vandens gerinimo įranga.

Taigi, projektuojant ir įrengiant oro aušinimo technologiją, kuri naudotų paviršinį vandenį būtina atsižvelgti ir į vandens savybes bei jo ypatumus, nes nuo to priklausys ir projekto investiciniai kaštai, ir įrangos atsipirkimo laikas. Vandens kokybę nusakančios savybės skirstomos į *fizikines, chemines ir biologines – bakteriologines* [3].

✓ Prie *fizikinių* vandens savybių priskiriama temperatūra, pakibusių medžiagų koncentracija, drumstumas, skaidrumas, spalva, kvapas, skonis;

✓ *Chemines* vandens savybes nusako joninė sudėtis, sausų ir kaitintų liekanų kiekis, kietumas, aktyvioji reakcija, fluoro geležies, mangano, silicio junginių, organinės kilmės amoniako koncentracija, prisotinimas ištirpusių dujų, oksidacija;

✓ *Biologinės – bakteriologinės* vandens savybės dažniausiai nusakomos nustatant bendrąjį saprofitinių ir koli grupės bakterijų kiekį. Priklausomai nuo vandens panaudojimo srities nagrinėjamos ir kitos biologinės savybės: geležies, mangano ar kitų bakterijų rūšys, koks vandens telkinio saprobiškumas ir t.t.

Atsižvelgiant į tai jog, vandeniui orą aušinančios sistemos ciklai yra visiškai uždari t.y. vanduo, kuris imamas iš upės nesusimaišo su vandeniui cirkuliuojančiu pastate, bei jis nėra naudojamas kitoms reikmėms (buitinėms) įrengiant šią sistemą galima nepaisyti kai kurių *fizikinių bei biologinių – bakteriologinių* vandens savybių.

Sistemos ilgaamžiškumui įtakos neturi nei vandens skaidrumas, nei spalva, kvapas ar skonis taip pat nėra svarbu kiek ir kokių bakterijų bus vandenyje. Dėl dviejų aspektų galima nepaisyti ir vandens drumstumo ar pakibusių medžiagų koncentracijos.

Pirma – kadangi vanduo sistemoje nėra stovintis, o visą laiką cirkuliuoja, todėl vamzdžių užsikimšimo tikimybė išlieka labai maža, o antra – tai, kad vanduo kuris patenka ir tą apytakos ratą, kuris cirkuliuoja tik iki šaltinio atidavimo įrenginio yra fiziniiais metodais apdorojamas. *Fizinio metodo* taikymo būdai yra šie: košimas, nusodinimas, filtravimas ir kt.

Košiant – vanduo praleidžiamas pro grotas, sietus, mikrofiltrus. Taip atskiriamos neištirpusios priemaišos, kurių dalelės stambesnės už koštuvų angas: lapai, mediena, pluoštinės medžiagos, dumbliai ir kt.

Toliau yra įrengiamas *grūdėtų medžiagų sluoksnis*, kuriame susilaiko netirpios pakibusios medžiagos. Filtruose taip pat gali vykti biologiniai ir cheminiai procesai (pvz. šalinant geležį, manganą, deguonį). Žinant tai, jog sistema veikia tik šiltuoju metų laikotarpiu - papildomos vandens gerinimo priemonės tokios kaip: vandens fluoravimo, specialios priemonės su dubliais ar biologiniu jų apaugimu, užšaldymo, hidratavimo, elektroforezės ekstrahavimo ir kt., nėra taikomos [4].

Vandeniui, kurio apytakos ciklas yra pastate, taip pat nėra keliami aukšti kokybės reikalavimai. Skirtumas tik tas, kad vandens kaita čia nevyksta, t.y. iš šio apytakos rato vanduo nėra išleidžiamas, tol kol nereikia atlikti sistemos pravalymo, kurio periodiškumą numato projektuotojai priklausomai nuo sistemos naudojimo laiko. Svarbu paminėti tik tai, kad prieš įleidžiant vandenį į sistemą jis apdorojamas jonų kaitos būdu, kur pašalinamos druskos, kurių poveikis vamzdžiams nėra pageidaujamas.

Kaip jau buvo minėta, šioje oro aušinimo sistemoje vanduo teka visiškai uždaruose cikluose t.y. pagrindinis ir vienintelis vandens sąlytis vyksta su vamzdžiais. Vadinasi būtina šiek tiek panagrinėti vandens *chemines savybes*, kurios didelę įtaką turi vamzdžių ilgaamžiškumui. Pagrindinės cheminės vandens savybės į kurias reikia atsižvelgti parenkant vamzdžius yra šios:

➤ *Aktyvioji reakcija*. Ji išreiškiama neigiamu vandenilio jonų koncentracijos logaritmu, žymimu pH. Vanduo gali būti rūgštus, šarminis ir neutralus. Švarus vanduo yra neutralus, kaip $pH = 7$. Vandens rūgštingumas ar šarmingumas turi būti normos ribose, nes kai pH reikšmės mažos, rūdija vamzdžiai, kai $pH > 9$, vandens skonis darosi šarminis, ilgiau jį geriant, sutrinka, fiziologinė žmogaus organizmo pusiausvyra.

➤ *Deguonies* gamtiniai vandenys prisotina iš atmosferos. Paviršinių vandens telkinių viršutiniuose sluoksniuose deguonies koncentracija artima jo tirpumui, gilesniuose sluoksniuose (ypač

ežerų) ir požeminiuose vandenyse deguonies mažiau. Skylant organinėms medžiagoms paviršiniuose vandens telkiniuose, deguonis dalyvauja oksidacijos procese. Kai oksidacija vyksta pakankamai intensyviai, ištirpusio deguonies gali nebelikti. Vandenyje ištirpęs deguonis dažnai pageidautinas, tačiau jis aktyvina metalų koroziją.

➤ *Angliarūgštė*. Paviršiniuose telkiniuose ji atsiranda dėl vandenyje vykstančių biocheminių procesų ir dėl sąlyčio su oru. Angliarūgštė vandeniui paprastai suteikia malonų skonį, tačiau sukelia metalo ir betono koroziją, todėl atliekant kai kuriuos vandens gerinimo procesus, labai svarbu, kokia angliarūgštės koncentracija.

➤ *Sieros vandenilis*. Jis susidaro, vykstant organinių medžiagų redukcijai. Kai vandenyje yra sieros vandenilio ir geležies, susidaro juodos smulkios geležies sulfido nuosėdos. Jos reaguoja su metalu ir sudaro korozinius elementus, todėl plieniniai vamzdžiai greičiau rūdija. Vamzdžiuose, kuriuose vanduo teka lėčiau, gali atsirasti sulfatinių bakterijų ir dėl to vamzdžiai gali užakti [4].

Prieš parenkant vamzdžių tipus, kurie būtų naudojami vandeniui patiekti bei cirkuliacijai palaikyti, būtina atlikti aprašytų, vandens cheminių savybių tyrimus.

Svarbu atkreipti dėmesį į tai, jog ilgainiui vandens sudėtis keičiasi, todėl būtina atlikti tyrimus įvairiu metų laikotarpiu. Paviršinių telkinių vandens pavyzdžius analizei reikia imti (ne mažiau kaip po tris pavyzdžius po kiekvieną kartą): per pavasario potvynį, vasarą – esant žemiausiems vandens lygiams, rudenį – lietinguoju laikotarpiu, per patį viduržiemį. Analizuojamos tos vandens savybės, kurios yra svarbiausios jo naudotojui.

Paviršinių vandenų stebėjimus (monitoringą) vykdo Aplinkos ministerijos regionų aplinkos apsaugos departamentų valstybinės analitinės kontrolės skyriai ir Jungtinis tyrimų centras. Aplinkos ministerija kasmet pateikia paviršinių vandenų laboratorinius tyrimus, į kuriuos būtina atsižvelgti prieš pradedant naudoti (techniniu aspektu) paviršinį vandenį. Jei pateikti parametrai neviršija leistinų (įrangai nustatytų) normų, tada vanduo gali būti naudojamas be papildomo apdorojimo.

Šiame darbe, orui aušinti buvo pasirinkta Neries upės (Vilniuje) vanduo, todėl tikslinga pateikti paskutinių metų (2005 m.) monitoringo rezultatus ir palyginti juos su tais, kurie reikalaujami įrangai (vamzdžiams) (žr. 2.5 lentelę).

2.5 lentelė. Cheminių elementų kiekiai vandenyje [33], [34]

Eil. Nr.	Cheminės savybės vandens savybės	Kiekis vandenyje [33]	Leistinas kiekis [34]
1	<i>Aktyvioji reakcija (pH)</i>	8,16	6 – 9
2	<i>Deguonis (O₂)</i>	9,47 mg/l	3 – 5
3	<i>Angliarūgštė (CO₂)</i>	0	> 35 mg/l
4	<i>Sieros vandenilis (H₂S)</i>	0	3 – 5 mg/l

Kaip matyti iš pateiktų rezultatų tik ištirpusio deguonies kiekis viršija leistinus konstrukcinius vamzdžių parametrus, vadinasi prieš pradedant naudoti upės vandenį reikia atkreipti dėmesį į deguonies koncentraciją ir numatyti technologinį būdą kaip sumažinti jo kiekį iki leistino (jei tai neišvengiama).

Smulkesnė informacija, apie reikalavimus įrangai, naudojančiai gamtinį vandenį pateikiama sekančiame, poskyryje.

2.7. Reikalavimai įrangai, naudojančiai gamtinį vandenį

Yra žinoma, jog brangiausia šios (naudojant vandenį orui vėsinti) vėsinimo sistemos dalis yra perdavimo sistema arba kitaip tariant vamzdynai. Lyginant su šildymo sistemos vamzdynais, vėsinimo vamzdynų skersmenys turi būti didesni. Tai lemia ženkliai mažesnis temperatūrų skirtumas tarp tiekiamo ir grįžtamo vandens temperatūros.

Remiantis paprastais skaičiavimais, nesunku įsitikinti, kaip stipriai temperatūrų skirtumas lemia vandens srautą vamzdynuose. Naudojantis formule:

$$G = \frac{0,86 \cdot Q \cdot 1000}{\Delta t \cdot 60}, l/min \quad (2.16)$$

čia:

Q – perduodamos energijos kiekis, kW;

Δt – temperatūros skirtumas tarp tiekiamo ir grįžtamo agento, °C.

Tiekiamo vandens temperatūra paprastai kinta tarp 5°C ir 15°C priklausomai nuo šiltojo metų laikotarpio. Tuo tarpu grįžtamojo vandens temperatūra paprastai yra tik 5-6 laipsniais aukštesnė.

Taigi 6°C skirtumas (Δt) lemia 2,4 l/min vandens debitą vienam kilovatui perneštos šilumos. Kad sumažinti vamzdynų skersmenis, galima tiekti žemesnės temperatūros vandenį, kad padidinti temperatūrų skirtumą, tačiau praktiškai žemiausia galima vandens temperatūra yra 4°C, tačiau reikia priminti, jog šiuo atveju paviršinio vandens telkinys – upė, vadinasi 4°C vandens temperatūra būna tada kai lauko oro temperatūra taip pat nėra aukšta (~ 10°C).

Primenant jog šioje sistemoje yra du apytakos ciklai, t.y. vienas pastate kitas lauke, vadinasi ir reikalavimai vamzdynams yra skirtingi. Atsižvelgiant į pateiktas gamtinio vandens ypatybes, ypač reikia atkreipti dėmesį į lauko vamzdynus. Jie turi būti labai patikimi, nes vamzdžius slegia gruntas kai kuriais atvejais gali kilti hidrauliniai smūgiai bei pastoviai sistemoje susidarantis vakuumas, todėl šiam vamzdynui keliami šie pagrindiniai reikalavimai [5]:

- jais turi būti patikimai tiekiamas reikalingas vandens kiekis pastoviu slėgiu;
- turi būti pakankamai stiprūs, kad nesulinkti nuo savosios masės bei atlaikyti papildomą grunto spaudimą;
- hermetiškumas;
- vidinės vamzdžio sienelės turi būti kiek įmanoma glotnesnės, kad nesusidarytų „kamščiai“ ir nedidėtų slėgio nuostoliai.

Šiuos reikalavimus atitinka ketiniai, plieniniai, gelžbetoniniai, plastikiniai ir kitų medžiagų vamzdžiai, tačiau dauguma iš jų nėra atsparūs korozijai. Norint, kad oro aušinimo sistema tarnautų kuo ilgiau, būtina naudoti tuos vamzdžius, kurie visiškai atsparūs korozijai.

Naudojant upės vandenį, šiuo atveju Neris, reikia atkreipti dėmesį į ištirpusio deguonies koncentraciją. Ši koncentracija du kartus viršija konstrukcinius (vamzdžių) reikalavimus, todėl kai kuriais atvejais būtina šią koncentraciją sumažinti iki leistinos. Tam tikslui taikomas *terminis* arba *vakuuminis* degazavimo metodas ar *apdorojama reagentais* (natrio tiosulfatu, sieros oksido dujomis ir kt.). Šie metodai taikytini tada kai vandens naudojimas vyksta ilgą laiką [5].

Šiuo atveju, kai analizuojama (upės) vandens naudojimo galimybė orui aušinti, galima teigti, kad papildomos įrangos vandeniui apdoroti nebūtina, nes vandens naudojimo laikotarpis bus tik šiltuoju metų laikotarpiu. Tai nėra ilgas laiko tarpas palyginus su vandentiekio eksploatuojamais vamzdynais (vanduo tiekiamas visą metų laikotarpį). Todėl praėjus vasarai, vamzdynai gali būti cheminėmis priemonėmis pravalyti išvengiant korozijos. Jei upės vandenį numatoma naudoti ilgesnį laiką rekomenduojama papildomai apdirbti vandenį ar naudoti plastikinius vamzdžius.

Todėl vis dažniau naudojami plastikiniai vamzdžiai, kurie dar papildomai aptraukiami specialiomis medžiagomis (dažniausiai sintetinė guma), kuri neleidžia sušilti šaltnešiui. Nors atstumas nuo upės iki aušinamo pastato nėra didelis, tačiau papildomos apsaugos priemonės padeda išlaikyti pastovią šaltenšio temperatūrą. Dar vienas svarbus elementas, kuris privalo būti šioje sistemoje, tai vandens padavimo siurblys, kurio dėka vanduo yra paduodamas iš vandens telkinio (mūsų atveju iš upės) į sistemą.

Vamzdynas, kuris yra pastato viduje (priklausomai nuo situacijos gali būti ir išorėje) taip pat turi būti nerūdijantis. Dažniausiai naudojamas plastikinis vamzdynas, kuris papildomai būna izoliuotas tos pačios sintetinės gumos kevalais. Kadangi šis apytakos ciklas yra visiškai uždaras, t. y. su aplinka kontakto nėra, vis dažniau vanduo yra sumaišomas kartu su neužšąlančiu skysčiu (jei šis apytakos ciklas yra išorėje), tam kad prireikus sistemą būtų galima eksploatuoti ir žiemą.

Papildomi reikalavimai vamzdynui kai teka vanduo su priemaišomis, nėra keliami, kadangi plastikiniai vamzdžiai yra atsparūs beveik visom priemaišom. Tačiau tais atvejais kai vanduo yra karštas, šie vamzdžiai netinka, nes prie aukštesnės temperatūros jie deformuojasi ir praranda savo stiprumą. Todėl jie tinka tik šaltam vandeniui tiekti (kondicionavimo sistemose). Tačiau svarbu pažymėti, kad vanduo tekantis su priemaišomis yra pavojingas vandeniui vėsinamoms šaldymo mašinoms ar šilumokaičiams, nes smulkios priemaišos (skendinčios medžiagos) gali juos paprasčiausiai užkimšti. Todėl prieš paduodant vandenį vamzdžiais į sistemą (šilumokaitį ar šaldymo mašiną) jis turi būti mechaniškai išvalytis. Išvalymo lygį turi nurodyti šilumokaičių ar šaldymo mašinų tiekėjas/gamintojas.

Kiti papildomi reikalavimai įrangai, kuri naudoja gamtinį vandenį nėra keliami, nes įtakos sistemos ilgaamžiškumui neturi.

3. TIRIAMOJI DALIS

3.1. Tyrimų objektas – administracinio pastato vėsinimo sistema

Kaip jau buvo minėta 2-oje darbo dalyje, analizuojamas administracinės paskirties pastatas. Būtent šios paskirties pastatų pasiūla stipriai išaugusi. Paprastai tai būna daugiaaukščiai, šiuolaikinio dizaino pastatai, kurie pasižymi tuo, kad didelį sienų plotą užima langai. Dėl šios priežasties žiemos metu būna nemaži šilumos nuostolių, o vasaros laikotarpiu vargina didelis šilumos pritekėjimas. Taip pat administraciniuose pastatuose gausu įvairios elektroninės įrangos, žmonių, kurie visi daugiau ar mažiau išskiria šilumą. Dėl visų išvardintų priežasčių patalpose tampa tvanku, o esant nepalankioms mikroklimatinėms sąlygoms krenta žmonių darbingumas, todėl šiuose pastatuose (administraciniuose) yra įrengiamos mechaninės (dirbtinės) vėdinimo bei vėsinimo sistemos.

Nagrinėjamas objektas yra Vilniaus mieste. Pastatas yra 3 aukštų, iš kurių viršutinis – techninis. Vieno aukšto plotas – 320 m^2 , pastato aukštis – 9,45 m. Įdiegta vėsinimo galia yra 50,5 kW, t. y. vėsinimo poreikio galia 1 m^2 yra 79 W.

Pagrindiniai pastato ir vėsinimo sistemos rodikliai pateikti 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Pastato ir vėsinimo sistemos techniniai rodikliai

Pastato bendras plotas	960 m^2
Pastato tūris	$2\,880 \text{ m}^3$
Vėsinamasis plotas	640 m^2
Instaliuota vėsinimo galia	50,5 kW

Pasirinkto pastato vėsinimo poreikius užtikrina centrinė oro kondicionavimo sistema, kurią sudaro: du ventiliatoriai su dažnio keitikliais, pirmos ir antros pakopos filtrai, vandeninis šildytuvas, freoninis aušintuvas, rotacinis regeneratoriums, triukšmo slopintuvas ir kt. Įrenginyje naudojami išcentriniai ventiliatoriai su rotoriumi, įrengtu ant variklio veleno, kur apsisukimai reguliuojami tiristoriniais reguliatoriais. Filtrai skirti tam, kad į patalpas nepatektų dulkėtas oras. Be to jie apsaugo ir kitus įrengimo elementus (pvz. rekuperatorius) nuo užteršimo. Detali įrenginio schema bei visi parametrai pateikti priede Nr. 3.

Šalia OKS įrenginio yra šaldymo stotis. Čia paruošiamas šaltnešis (vandens/glikolio 35 % mišinys), kuris atitekėjęs iki OKS vėsinimo sekcijos atvėsina paduodamą lauko orą. Principinė detali šaldymo stoties schema pateikta priede Nr. 4.

Šaldymo mašiną sudaro du šaldymo agento kontūrai. Pirmasis – vidinis šaldymo mašinos kontūras, o antrasis – sujungia kondensatorių ir aušintuvą. Principinis šaldymo mašinos, veikimo principas aprašytas 2-ame skyriuje („2.3.2 Kompresorinis garinis šaldymo įrenginys“).

Vėsinimo temperatūra yra valdoma vidinio valdiklio. Tiekiamojo šaltnešio temperatūra palaikoma $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$, o grįžtamojo šaltnešio temperatūra palaikoma $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Atšaldytas šaltnešis tiekiamas į pastato vėsinimo sistemą, kuri susideda iš vėdinimo įrenginių, vėsinimo sekcijų ir ventiliatorių. Siurbliai palaiko šaltnešio cirkuliaciją tarp šaldymo mašinos ir šaldymo sekcijos.

3.2 lentelėje pateiktos oro kondicionavimo įrenginio ir šaldymo stoties techninės charakteristikos.

3.2 lentelė. Pagrindinės centrinės OKS įrenginio ir šaldymo stoties techninės charakteristikos

Pavadinimas	Techninės charakteristikos
Šaldymo stotis	
Šaldymo mašina	$Q = 50,0\text{ kW}$; $T_{R407c} = +7/+12\text{ }^{\circ}\text{C}$; $P = 25\text{ kW}$
Cirkuliacinis siurblys Nr.1	$hw-290,0\text{ kPa}$; $Q_{debitas} = 0,3\text{ m}^3/\text{h}$; $P = 2\text{ kW}$
Cirkuliacinis siurblys Nr.2	$hw-50,0\text{ kPa}$; $Q_{debitas} = 8,6\text{ m}^3/\text{h}$; $P = 1\text{ kW}$
Cirkuliacinis siurblys Nr.3	$hw-50,0\text{ kPa}$; $Q_{debitas} = 8,6\text{ m}^3/\text{h}$; $P = 1\text{ kW}$
Glikolio talpa	30 l
Vamzdžio skersmuo (nuo šaldymo mašinos iki ventkamos)	65 mm
Oro kondicionavimo agregatas	
Oro aušinimo sekcija	$Q = 50,0\text{ kW}$; $T_{H20} = +7/+12\text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_{oro} = +26/+20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; $hw-15,62\text{ kPa}$.
Ventiliatorius su dažnio keitikliu (tiekiamam orui)	$P = 15\text{ kW}$;
Ventiliatorius su dažnio keitikliu (šalinamam orui)	$P = 11\text{ kW}$;
Įrenginio masė	2087 kg;
Tiekiamo oro srautas	$26000\text{ m}^3/\text{h}$;
Statinis slėgis	600 Pa.

3.2. Šaldymo stoties darbo režimas

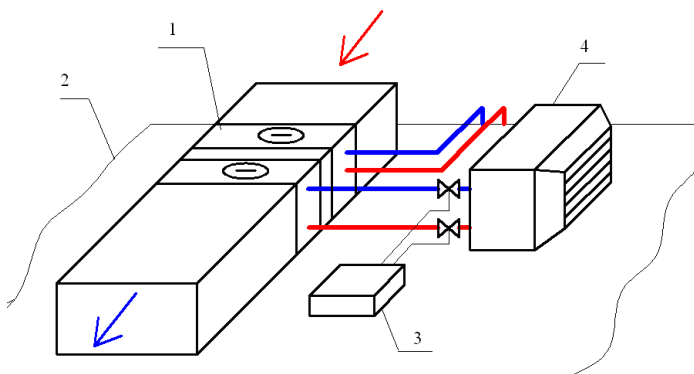
Šaldymo stotis dirba, priklausomai nuo lauko oro temperatūros, t.y. stotis gali dirbti dviem režimais: šaldymo kompresoriais režimu ir vėsinama lauko oru režimu. Darbo režimą valdo įrengta automatika, kuri turi būti integruota kiekvienos oro kondicionavimo sistemos dalis. Ji garantuoja nepertraukiamą įrenginio naudojimą, be kurios gali kilti eksploataavimo problemų, suprastėti mikroklimatinės sąlygos patalpose ar kilti rimtų avarijų.

Tuo metu kai tiekiamo lauko oro vėsinti nereikia (esant žemiau kaip $\sim +18\text{ }^{\circ}\text{C}$), į patalpas pučiamas vėsus lauko oras. Nakties metu paprastai tiekiamo oro vėsinti būtinybės nėra, tad šaldymo mašina išsijungia ir vyksta tik mechaninis patalpų vėdinimas. Siekiant ekonomiškai palaikyti pastovią patalpų temperatūrą, lauko oras tiekiamas pro rotacinį regeneratorių, kuriame jis pašildomas šalinamų iš patalpų oru.

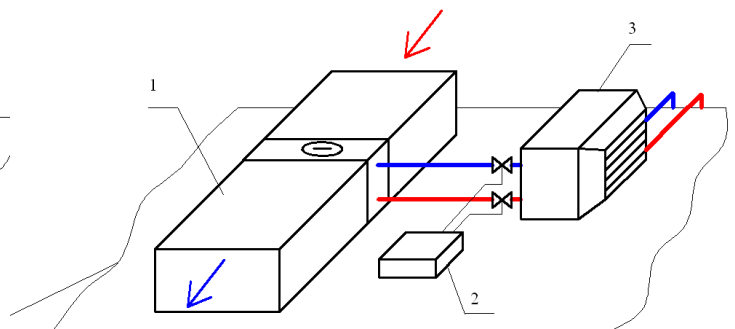
3.3. Atsinaujinančio energijos šaltinio pritaikymas esamai OKS

Antroje darbo dalyje (2.4 „Oro aušinimo schemas bei procesai, kuriuose galima panaudoti gamtinius vandenius“) buvo pateikti bei aprašyti pagrindiniai būdai kaip ir kur galima atvesti upės vėsa į įprastą orą aušinančias sistemas. Šiuo atveju, kai lauko oro temperatūra vėsinama centralizuotai, galimi šie paviršinio vandens prijungimo būdai:

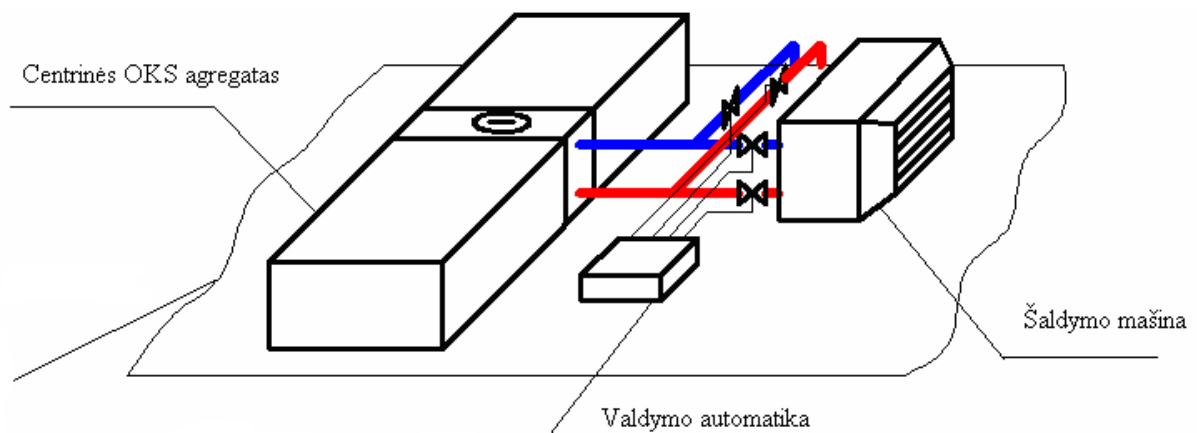
- vandens atvedimas į šalia įrengtą papildomą šalčio sekciją (žr. 3.1 pav.);
- vandens atvedimas į šaldymo mašiną ir taip aušinti kondensatorių (šilumos nuvedimas, žr. 3.2 pav.);
- vandens atvedimas į esamą sistemą, t. y. šaldymo mašinos atjungimas ir natūralios vėsos naudojimas (žr. 3.3 pav.).



3.1 pav. Vandens atvedimas į papildomą šalčio sekciją (1- papildoma vėsinimo sekcija; 2- OKS agregatas; 3 – valdymo automatika; 4 – šaldymo mašina).



3.2 pav. Vandens atvedimas į esamą šaldymo mašiną (1- OKS agregatas; 2 – valdymo automatika; 3 – šaldymo mašina).



3.3 pav. Principinė vandens atvedimo į esamą oro aušinimo sistemą schema

Norint įrengti bent vieną iš pateiktų variantų pirmiausiai reikalingas vandens gerinimo įrenginys, t. y. mechaninis vandens filtras, kad į sistemas nepatektų stambesnių ar smulkesnių skendinčių medžiagų. Taip pat galima įrengti tarpinį šilumokaitį (geriausiai vamzdelinį), kuris mažiau jautrus ne itin švariam vandeniui, nei jau esančios vėsinimo sistemos elementai (vamzdžiai ir kt.), tačiau ir jam reikės filtro, kad nešvarumai vandenyje neužkimštų šilumokaičio vamzdelių.

Iš pateiktų natūralios vėsos prijungimo būdų tinkamiausias yra trečiasis (vandens atvedimas į esamą sistemą) būdas. Pirmąjį ir antrąjį variantus galima atmesti. Pirmasis variantas (3.1 pav.) netinka dėl to, kad upės vandens temperatūra nėra pastovios temperatūros ir atvėsinti tiekiamą orą keliais laipsniais, o po to papildomai aušinti esama šaldymo mašina nėra ekonomiškai bei efektyvi. Visų įrenginių darbo efektyvumas didėja, kai didėja pačio įrenginio apkrova (įrenginiai dirbdami nepilnu apkrovimu dirba neefektyviai).

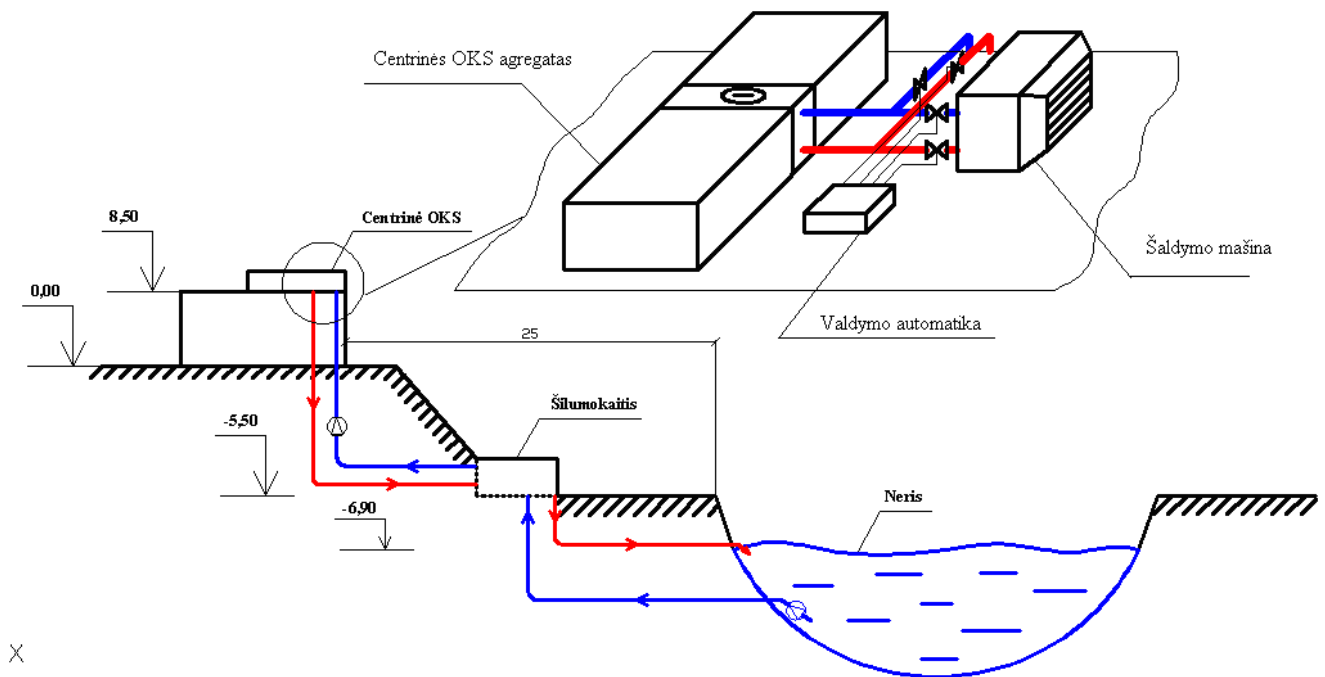
Antrojo varianto atmetimą galima motyvuoti tuo, kad trūksta nemažai svarbių šaldymo mašinos darbo parametrų, t. y. vidinių freono temperatūrų, jam cirkuliuojant tarp garintuvo ir kondensatoriaus, tam kad būtų galima atlikti šaldymo mašinos jautrumo analizę. Žinoma, galima priimti prielaidas (sugalvoti temperatūras), tačiau taip nebus galima objektyviai ir tiksliai palyginti su esama vėsinimo sistema ekonominiu, ekologiniu ir energiniu požiūriais.

Dėl šių objektyvių priežasčių ir buvo pasirinktas trečiasis, natūralios vėsos prijungimo prie esamos vėsinimo sistemos, būdas.

3.3.1. Vandens atvedimo į esamą sistemą prijungimo analizė

Kaip jau buvo minėta buvo pasirinktas trečiasis (vandens atvedimas į esamą sistemą, t.y. šaldymo mašinos atjungimas ir natūralios vėsos naudojimas) būdas (žr. 3.4 pav.).

Siekiant išvengti didelių išlaidų prijungiant šią sistemą prie esamos, nebūtina keisti esamo šaldymo stoties vamzdžio (nuo šaldymo mašinos iki ventkamos) skersmuo paliekamas 65 mm.



3.4 pav. Principinė, natūralios vėsos prijungimo prie esamos orą vėsinančios sistemos, schema

Šios sistemos prijungimui yra reikalingas vandens gerinimo įrenginys (vandens filtras), vandens padavimo siurblys, tarpinis šilumokaitis bei cirkuliacinis siurblys (tarp ventkamos ir tarpinio šilumokaičio).

Vandens filtras mechaniškai išvalytų vandenį nuo skendinčių medžiagų, kurių dalelių dydis turi būti ne didesnis kaip 0,6 mm. Vandens minkštinti ar kitaip chemiškai apdoroti nereikia, nes tarpinio šilumokaičio gamintojai reikalauja tik mechaniškai išvalyti vandenį iki jau minėto, skendinčių dalelių, dydžio.

Remiantis „2.2. Lauko oro, vandens temperatūra ir trukmė, kada galima panaudoti gamtinius vandenį kondicionavimo sistemose“ skyriuje aprašytu lauko oro ir vandens temperatūrų kitimu, buvo gauta, kad natūralią gamtinę vėsa (vandenį) galima pradėti naudoti kai jo paviršiaus temperatūra vidutiniškai pasiekia 14,5 °C (gegužės mėnesio pradžioje), tuo metu oro temperatūra beveik visą laikotarpį (iki rugsėjo pirmosios savaitės pabaigos) būna aukštesnė nei 18 °C.

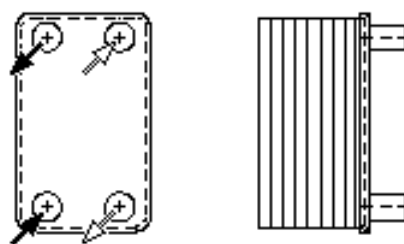
Upės vanduo būtų pumpuojamas iki tarpinio šilumokaičio (žr. 3.4 pav.), kuriame atvėsins iš pastato atitekėjusį vandens ir glikolio mišinuką. Atsižvelgiant į lauko oro ir vandens temperatūrų nepastovų kitimą, šilumokaičio gamintojai rekomenduoja šilumokaitį naudoti iki tol, kol vandens vidutinė paros temperatūra pasiekia 17,5–18 °C, o tuometinė oro maksimali paros siekia apie 23–24 °C (tuo metu skirtumas tarp lauko oro ir vandens temperatūrų didžiausias, vėliau jis mažėja).

Paviršinis vanduo gali būti pradedamas naudoti kai pasiekia 14,5 °C, o tuometinė lauko oro temperatūra jau vidutiniškai pasiekia apie 18–21 °C. Žinant šias lauko oro ir upės vandens temperatūras, buvo parinktas tarpinis vamzdelinis „CIAT“ firmos šilumokaitis (EXL 14 70 SR žr. 3.5 pav.) [21]. Visi jo

parametrai pateikti 3.3 lentelėje (visi likusieji parametrai pateikti priedas Nr. 5).

3.3 lentelė. Vamzdelinio šilumokaičio techninės charakteristikos

	Techninės charakteristikos	
	Vandens ir glikolio mišinys	Upės vanduo (šaltnešis)
Itekėjusi/ištekėjusi, °C	19/15	14,5/17
Debitas, m ³ /h	1,98	2,85
Slėgio pasipriešinimas, kPa	0,895	1,07
Kaina, Lt	10760	



3.5 pav. Vamzdelnis šilumokaitis

Šis tarpinis šilumokaitis „pagamina“ tik 8,3 kW vėsos. Taip yra todėl, kad yra mažas temperatūrų skirtumas tarp upės vandens ir aplinkos oro (apie 5–6 °C.). Atsižvelgiant į temperatūrų kreivių analizę (2.2 skyriuje), būtina patikrinti kiek šis šilumokaitis išgaus vėsos prie maksimalios rekomenduojamos vandens temperatūros (17,1 °C) [21].

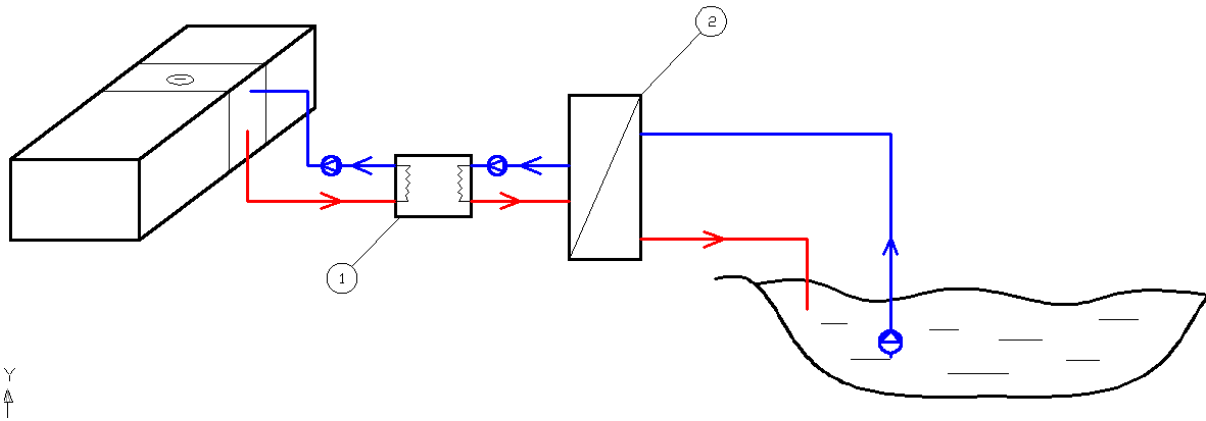
Upės vandens temperatūrai pasiekus 17,1 °C, tuometinė lauko oro temperatūra paprastai siekia apie 25 °C, o kai kuriomis dienomis (balandžio mėnesį) ir 26 °C. Vadinas, temperatūrų skirtumas tarp lauko oro ir upės vandens jau tampa 8–9 °C. Taigi ir šilumokaičio išgauta vėsa yra didesnė, t.y. to pačio modelio šilumokaitis išgauna 12,4 kW vėsos (skaičiavimus atliko projektuotojai pasitelkę kompiuterinę šilumokaičių parinkimo programą). Tuo tarpu nagrinėjamo pastato freoninė oro aušinimo sistema pagamina 50,5 kW reikalingos vėsos. Vadinas prie palankiausių lauko oro ir upės vandens sąlygų (tinkamų temperatūrų) parinkto tarpinio šilumokaičio pagaminta vėsa yra 4 kartus mažesnė nei jos reikia.

Vienintelis būdas, kaip pasiekti reikiamą vėsos poreikį – statyti papildomai šilumos siurblių ar šaldymo mašiną, kuri atšaldytų vandens ir glikolio mišinuką iki 7 °C. Šaldymo mašina dirbtų efektyviau jei šiluma iš jos būtų nuvedama tiesiogiai upės vandeniui, kadangi skaičiuotina lauko oro maksimali temperatūra Lietuvoje siekia 32 °C, o vandens nesiekia 25 °C. Tačiau šaldymo mašinos gamintojai nerekomenduoja naudoti upės vandens tiesiogiai šilumai nuvesti, t.y. vanduo turi būti mechaniškai filtruotas (išvalytas nuo skendinčių medžiagų).

Atsižvelgiant į tai, šaldymo mašiną galima įrengti dviem būdais:

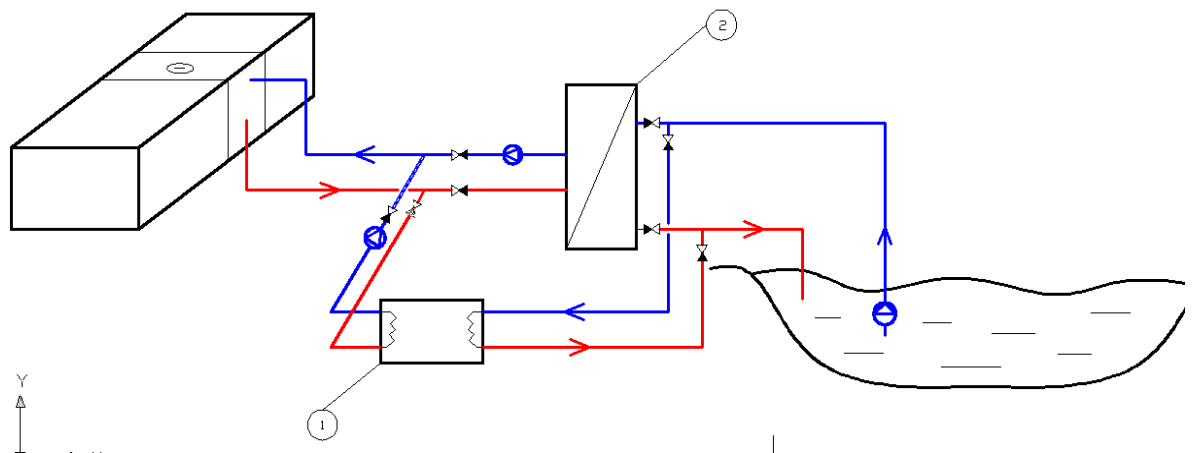
- statyti prieš šilumokaitį (žr. 3.6 pav.);

- statyti lygiagrečiai šilumokaičio (3.7 pav.).



3.6 pav. Šaldymo mašinos pastatymo schema (1 – šaldymo mašina; 2 – tarpinis šilumokaitis)

Šios sistemos naudojimas, kai šaldymo mašina įrengta už (žiūrint nuo upės) šilumokaičio, turi vieną esminį trūkumą, t. y. šilumos mainai pirmiau vyksta šilumokaityje ir vanduo atitekėjęs į šaldymo mašiną paprastai būna keliais laipsniais šiltesnis nei atitekėtų tiesiai iš upės, todėl krenta šaldymo mašinos efektyvumas. Atsižvelgiant į šią priežastį, buvo nuspręsta šaldymo mašiną įrengti lygiagrečiai (žr. 3.7 pav.).



3.7 pav. Šaldymo mašinos pastatymo schema (1 – šaldymo mašina; 2 – tarpinis šilumokaitis)

Antrasis variantas nuo pirmojo skiriasi tuo, kad tuo metu, kai vandens temperatūra yra tinkama vėsinti patalpą, naudojamas tik tarpinis šilumokaitis, o kai vandens temperatūra netinkama, tada vanduo tiekiamas į šaldymo mašiną šilumai nuvesti, o vėsos poreikį tuo metu užtikrina pati šaldymo mašina.

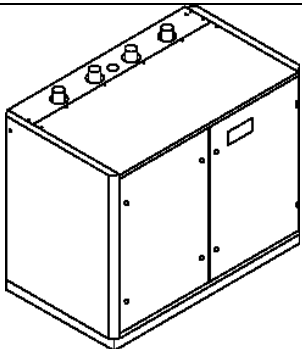
Remiantis 2.2. poskyryje atlikta „Lauko oro, vandens temperatūra ir trukmė, kada galima panaudoti gamtinius vandenį kondicionavimo sistemose“ atlikta temperatūrų analize galima teigti, kad upės vandens naudoti prie $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ nėra tikslo, kadangi tuometinė oro temperatūra būna apie $11\text{--}12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Patalpų vėsinimo galimybė atsiranda tik tada, kai vandens temperatūra pasiekia $14,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (oro būna aukštesnė kaip $18\text{ }^{\circ}\text{C}$), tačiau prie tokio mažo temperatūrų skirtumo neįmanoma išgauti reikiamos galios vėsos, t.y. norint

kuo labiau priartėti prie 50 kW (pasirinkto pastato atvejis), būtina statyti labai didelius šilumokaičius, o tai nėra ekonomiškai naudinga bei užima didelį plotą. Jau buvo minėta, kad pasirinktas tarpinis šilumokaitis prie palankiausių temperatūrų (vandens ir aplinkos oro) skirtumo pasiekia tik 12,4 kW vėsos (žr. priedas Nr. 6). Todėl tik itin retais atvejais, kai pavasarį pasitaiko ankstyvų šiltų dienų (vandens temperatūra 8 °C, o oro - maksimali temperatūra gali siekti iki 21 °C, tačiau tai trukti gali tik vidudienį ir keletą valandų) galima patalpas aušinti ir vandeniu. Tačiau pastoviam patalpų aušinimui upės vanduo netinka, todėl patalpų oro aušinimas gali vykti tik naudojant šaldymo mašiną, kurioje šiluma gali būti nuvedama upės vandeniu.

Yra žinoma, kad norint užtikrinti reikiamą vėsos poreikį (50 kW), vandens ir glikolio mišinys turi būti atvėsintas iki 7/12 °C. Naujai parinkta šaldymo mašina bus vėsinama upės vandeniu visą laikotarpį (kai yra poreikis vėsinti patalpas). Atsižvelgiant į tai buvo parinktas „CIAT“ firmos šaldymo mašina (DYNACIAT 150V R410A série LG/LGP priedas Nr. 7) [21]. Visi jos konstrukciniai parametrai pateikti 3.4 lentelėje.

3.4 lentelė. Šaldymo mašinos techninės charakteristikos

	Techninės charakteristikos	
	Vandens ir glikolio mišinys	Upės vanduo (šaltnešis)
Itekėjusi/ištekėjusi, °C	7/12	25/30*
Debitas, m ³ /h	8,5	9,4
Slėgio pasipriešinimas, kPa	73,1	47,2
Elektros energijos poreikis, kW	8,7 kW	
Pagamina vėsos galia, kW	50,5 kW	
Kaina, Lt	31298	



* - priimta maksimali skaičiuotina vandens temperatūra, kai oro tuo metu yra ne mažiau 32 °C

Tam kad prijungti naują, oro aušinimo sistemą reikia atlikti vandens padavimo debito, vamzdyno skersmens skaičiavimus bei cirkuliacinio siurblio ir naujos šaldymo mašinos parinkimą. Visa tai pateikta sekančiame 3.3.2 poskyryje.

3.3.2. Naujiems įrenginiams parinkti atliekami vandens debito ir sistemos pasipriešinimo skaičiavimai

Žinant tarpinio šilumokaičio išgaunamą vėsinimo galią (prie palankiausių temperatūrų), galima apskaičiuoti vandens debitą pagal tokią formulę:

$$G = \frac{\Phi}{c_v \cdot \Delta t_0} \quad (3.1)$$

čia:

L - į šilumokaitį tiekimo vandens debitas, $\frac{m^3}{h}$;

Φ - galia, kurią pasiekia šilumokaitis $\Phi = 12,4 kW$ (žr. priedas Nr. 6);

Δt_v - temperatūrų skirtumas tarp tiekiamo ir grįžtamo upės vandens, šiltuoju periodu $\Delta t_v \approx 2^\circ C$;

c_v – specifinė vandens šiluma, esant pastoviam slėgiui, $c_v = 4,19 \text{ kJ/m}^3 \cdot K$.

$$G = \frac{\Phi}{c_v \cdot \Delta t_0} = \frac{12,4}{4,19 \cdot 1,9} = 1,66 \text{ (m}^3/\text{h)};$$

Atlikus skaičiavimus gaunasi, kad vandens debitas, kuris turi būti tiekiamas į šilumokaitį yra $1,66 \text{ m}^3/\text{h}$, tačiau parinkus šilumokaitį pagal katalogą (atsižvelgiant į temperatūras) buvo gauta, kad vandens debitas turėtų būti apie $1,80 \text{ m}^3/\text{h}$ (žr. priedas Nr. 6). Todėl vadovaujantis šilumokaičio gamintojo reikalavimais vandens debitas priimamas $1,80 \text{ m}^3/\text{h}$.

Vadinasi, kai upės vandens ir lauko oro temperatūrų skirtumas didžiausias, vanduo gali būti pumpuojamas $1,80 \text{ m}^3/\text{h}$ debitu, tačiau reikiamos vėsos (poreikis – $50,5 \text{ kW}$) jis neišgaus. Todėl vandenį tikslinga panaudoti naujai parinktai šaldymo mašinai aušinti ir tekės $9,4 \text{ m}^3/\text{h}$ debitu (debitas pateiktas jau parinkus šaldymo mašiną žr. priedas Nr. 7) į ją, kuri ir užtikrins reikiamą pastato vėsos poreikį.

Lieka tik teorinė galimybė vėsinti patalpų orą vien šilumokaičiu, kadangi atlikus 2.2. poskyryje lauko oro ir vandens temperatūrų analizę, tokio laikotarpio (tinkamo naudoti upės vandenį, kad užtikrinti reikiamą pastato vėšą) nebuvo pastebėta.

Tad numatant galimybę ateityje naudoti tik šilumokaitį (tiekiamam orui vėsinti), bus įrengiama sudėtinga automatika, kuri ir valdys sklendes (atitinkamai į lauko oro ir vandens temperatūros skirtumą) bei kitus oro vėsinimo įrenginius. Svarbu paminėti, jog panardinamas vandens siurblys turėtų būti kintamo darbo režimo, t. y. prie $1,80 \text{ m}^3/\text{h}$ ir $9,4 \text{ m}^3/\text{h}$ debito ir tik taip bus užtikrinamas efektyvus vėsinimo įrangos darbo režimas.

Pagal pirmąją ($1,80 \text{ m}^3/\text{h}$) priimtą debitą parenkamas vamzdžio (nuo upės iki tarpinio šilumokaičio) skersmuo bei vandens gerinimo įrenginys (filtras).

Vamzdžio skersmens parinkimui buvo naudojama „TA Select II“ programos paketas. Programoje įvedus priimtą debitą ($1,80 \text{ m}^3/\text{h}$) buvo gauti šie rezultatai (žr. 3.6 pav.).

First suggestions									
Balancing Valve							Steel Heavy BS 1387		
Name	Version	Size	Setting turns	Dp Pa	Dp 100% Pa	Dp 50% Pa	Size	Linear Dp Pa/m	v m/s
STAD 40	Without drain	40 (1½")	2.72	3000	884	8695	40	56.3	0.392
STAD 40	With drain ½"	40 (1½")	2.72	3000	884	8695			
STAD 40	With drain ¾"	40 (1½")	2.72	3000	884	8695			
STAD 32	Without drain	32 (1¼")	3.19	3000	1610	14882	32	122	0.538
STAD 32	With drain ½"	32 (1¼")	3.19	3000	1610	14882			
STAD 32	With drain ¾"	32 (1¼")	3.19	3000	1610	14882			
STAD 25	Without drain	25 (1")	4.00*	4277	4277	24654			
STAD 25	With drain ½"	25 (1")	4.00*	4277	4277	24654			
STAD 25	With drain ¾"	25 (1")	4.00*	4277	4277	24654			
STAD 20	Without drain	20 (¾")	4.00*	9954	9954	89197			
STAD 20	With drain ½"	20 (¾")	4.00*	9954	9954	89197			
STAD 20	With drain ¾"	20 (¾")	4.00*	9954	9954	89197			

* full opening

3.6 pav. Vamzdžio skersmens parinkimas

Kaip matyti iš paveikslėlio, vamzdžio skersmens parinkimui yra pateikiami du variantai, t. y. 40 mm ir 32 mm. Siekiant išvengti didesnio pasipriešinimo vamzdyje rekomenduojama dėti 40 mm skersmens vamzdį. Vandens tėkmės greitis (v) būtų 0,39 m/s, slėgio nuostoliai (H) 56,3 Pa/m. Bendras vamzdžio ilgis 15 m, t.y. 12,5 m horizontaliai ir 2,5 vertikalčiai (žr. 3.4 pav.). Įvertinus visą ilgį bei pakėlimo aukštį, slėgio nuostoliai (pasipriešinimas kurį turėtų įveikti vandens siurblys) skaičiuojami pagal tokią formulę:

$$H_v = h_{vrt.} + h_{hrz.} \quad (3.2)$$

čia:

 $h_{vrt.}$ – slėgio nuostoliai vertikaliame vamzdyje; $h_{hrz.}$ – slėgio nuostoliai horizontaliame vamzdyje (1 mm H_2O stulpelio = 9,81 Pa);

$$H_v = 2500 \cdot 9,81 + 56,3 \cdot 15 = 25370 \text{ Pa} = 25,37 \text{ kPa}.$$

Taip pat reikia įvertinti ir šilumokaičio pasipriešinimą, kuris yra 0,78 kPa (žr. priedas Nr. 6). Slėgio (vamzdžio ir šilumokaičio) nuostoliai bus:

$$\Sigma h_v = 25,37 + 0,78 = 26,15 \text{ kPa}.$$

čia:

 Σh_v – suminiai (vamzdžio ir šilumokaičio) slėgio nuostoliai.

Vėsinimo sistemai veikiant antruoju ($9,4 \text{ m}^3/\text{h}$) priimtu debitu vamzdžio skersmuo bus šiek tiek didesnis (žr. 3.7 pav.).

First suggestions									
Balancing Valve							Steel Heavy BS 1387		
Name	Version	Size	Setting turns	Dp Pa	Dp 100% Pa	Dp 50% Pa	Size	Linear Dp Pa/m	v m/s
STAF 80	Standard	80 (3")	4.97	3000	613	10488	80	41.9	0.531
STAF 65-2	Standard	65 (2½")	5.13	3000	1221	7078	65	94.7	0.741
STAD 50	Without drain	50 (2")	4.00*	8101	8101	64321			
STAD 50	With drain ½"	50 (2")	4.00*	8101	8101	64321			
STAD 50	With drain ¾"	50 (2")	4.00*	8101	8101	64321			
STAD 40	Without drain	40 (1½")	4.00*	23900	23900	236010			
STAD 40	With drain ½"	40 (1½")	4.00*	23900	23900	236010			
STAD 40	With drain ¾"	40 (1½")	4.00*	23900	23900	236010			

* full opening

3.7 pav. Vamzdžio skersmens parinkimas iki šaldymo mašinos

Iš paveikslėlio matyti, kad šaltnešio tėkmės greitis bus didesnis (buvo 0,392 m/s, o dabar 0,741 m/s). Taip pat padidėjo ir slėgio pasipriešinimas (buvo 56,3 Pa/m, o dabar 94,7 Pa/m), kurį turėtų įveikti vandens tiekimo siurblys. Tačiau didesnio skersmens vamzdynas prasideda prie pat vandens, t. y. didesnę ir mažesnę vamzdyną skirtų sklendė, kuri dirbtų priklausomai nuo upės vandens ir lauko oro temperatūrų skirtumo (jei upės vandens temperatūra tinkama vėsinti patalpas, vanduo paduodamas siauresniu vamzdynu į šilumokaitį, o kai vandens temperatūra netinkama vėsinti patalpas, vanduo paduodamas didesnio skersmens vamzdynu į šaldymo mašiną).

Kadangi šaldymo mašina būtų statoma ant pastato stogo, tai ir vamzdyno bendras ilgis būtų ilgesnis: horizontaliai 25 m ir vertikalčiai 16,5 m (žr. 3.4 pav.). Įvertinus visą vamzdžio ilgį, slėgio nuostoliai (pasipriešinimas kurį turės įveikti vandens siurblys) bus skaičiuojami analogiškai:

$$H_v = 16500 \cdot 9,81 + 94,7 \cdot 41,5 = 165795 \text{ Pa} = 165,80 \text{ kPa}.$$

Taip pat reikia įvertinti ir šaldymo mašinos pasipriešinimą, kuris yra 47,2 kPa (žr. priedas Nr. 7 bei 3.4 lentelė). Slėgio nuostoliai bus:

$$\Sigma h_v = 165,80 + 47,2 = 213,00 \text{ kPa}.$$

čia:

Σh_v – suminiai (vamzdžio ir šaldymo mašinos) slėgio nuostoliai.

Tam, kad parinkti vandens tiekimo siurblių, reikia įvertinti ir vandens gerinimo įrenginio pasipriešinimą. Filtras parenkamas atsižvelgiant į debitus ir privaloma vandens išvalymo lygį, t.y. vandenyje neturi būti didesnių nei 0,6 mm skendinčių medžiagų, o filtro pralaidumas turi būti apie 2,0 – 9,5 m³/h. Atsižvelgiant į šiuos parametrus buvo parinktas automatinis mechaninio valymo filtras AM-3130 (žr. priedas Nr. 8), kurio parametrai pateikiami 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė. Mechaninio filtro techninės charakteristikos

Techninės charakteristikos						
Modelis	Našumas, m ³ /h	Filtro korpuso skersmuo/ aukštis (coliais)	Slėgio pasipriešinimas, kPa	Filtravimo įrangos dydis I/G/A(mm)	Kaina, Lt.	
AM-3130	5,5-9,5	30x72	3.9 kPa (prie 9 m ³ /h)	760x760x2100	17200,00	

Iš lentelės matyti, kad filtro našumo minimali riba yra 5,5 m³/h, o vykstant patalpų vėsinimui tik per šilumokaitį vandens debitas neviršija 1,80 m³/h. Tiekėjai tegia, kad nuo to vandens išvalymo lygis nepasikeis, todėl rekomenduotų dėti mažesnio našumo vandens filtrą, tačiau tada maksimali filtro našuma riba nesiektų reikiamo 9,4 m³/h. Tačiau atsižvelgus į tai, kad sistema veiktų tik antruoju režimu (nes vandens temperatūra neužtikrintų reikiamos pasirinkto pastato vėsos) paliekamas pasirinktas vandens filtras.

Taigi, visos sistemos pasipriešinimas įvertinus visą įrangą (nuo upės iki šilumokaičio ir nuo upės iki šaldymo mašinos) būtų:

$$1) \Sigma h_v = 213,00 + 3,9 = 216,9 \text{ kPa.};$$

$$2) \Sigma h_v = 26,15 + 3,9 = 30,05 \text{ kPa.}$$

Pirmuoju atveju vanduo būtų pumpuojamas į šaldymo mašiną įvertinus vandens filtro, vamzdyno ir šaldymo mašinos pasipriešinimą esant 9,4 m³/h debitui. Antruoju atveju vanduo būtų pumpuojamas tik į šilumokaitį įvertinus vandens filtro, vamzdyno ir šilumokaičio pasipriešinimą esant 1,80 m³/h debitui (žr. 3.6 lentelę).

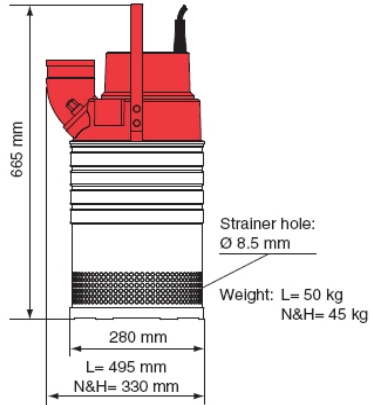
3.6 lentelė. Darbo režimai vandens siurbliui parinkti

Darbo režimai	Debitas, m ³ /h	Sistemos pasipriešinimas, kPa
I	1,80 m ³ /h	30,05
II	9,4 m ³ /h	216,90

Remiantis 3.6 lentelėje pateiktais duomenimis buvo parinktas panardinamas „Grindex“ (Priedas Nr. 9) vandens siurblys, kurio pagrindiniai techniniai parametrai pateikti sekančioje 3.7 lentelėje bei 3.8 pav.

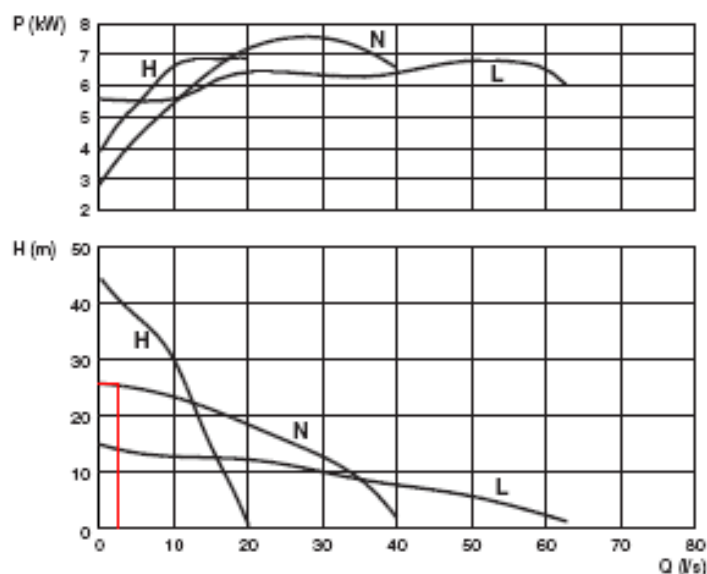
3.7 pav. lentelė. Pagrindinės siurblio charakteristikos

Techninės charakteristikos				
Modelis	Našumas, l/s		Elektros energijos poreikis, kW	
	I režimas	II režimas	I režimas	II režimas
Major 50 Hz	0,6	2,6	2,0	3,1



Strainer hole: Ø 8.5 mm

Weight: L= 50 kg
N&H= 45 kg



3.8 pav. Siurblio darbo diagrama

Parinktas panardinamas vandens siurblys dirbtų normaliu slėgio palaikymo, II darbo režimu (esant 216,90 kPa pasipriešinimui) (diagramoje N – normal) su nedideliu slėgio pasipriešinimo rezervu (šiuo darbo režimu maksimalus pasipriešinimas, kurį siurblys gali įveikti – 26 m = 255 kPa) [22]. Prireikus dirbti I darbo režimu (žemas slėgis, L - low), siurblys turės per didelę atsargą, t. y. palaikant 1,80 m³/h debitą būtų eikvojama elektros energija, tačiau šis darbo režimas gali būti įjungtas tik prie palankių, lauko oro ir vandens temperatūrų, kurių, atlikus 2.2 skyriuje analizę, nebuvo pastebėta.

Visi aukščiau pateikti skaičiavimai buvo atlikti tik vandens atvedimo iki šilumokaičio ir šaldymo mašinos. Sekantys skaičiavimai pateikti cirkuliaciniams siurbliams parinkti, kurie „varinėtų“ vandens ir glikolio mišinį į vientkamerą.

Sistemai veikiant *antruoju režimu*, t.y. tik veikiant šaldymo mašinai, vandens ir glikolio mišinys tekės tokiu pačiu debitu (8,6 m³/h) ir tokio pat skersmens vamzdžiu, kaip ir senoji (dabar esanti) oro aušinimo sistema (skersmuo 65 mm, detalus prijungimas pateiktas priede Nr. 10), tačiau reikės pakeisti

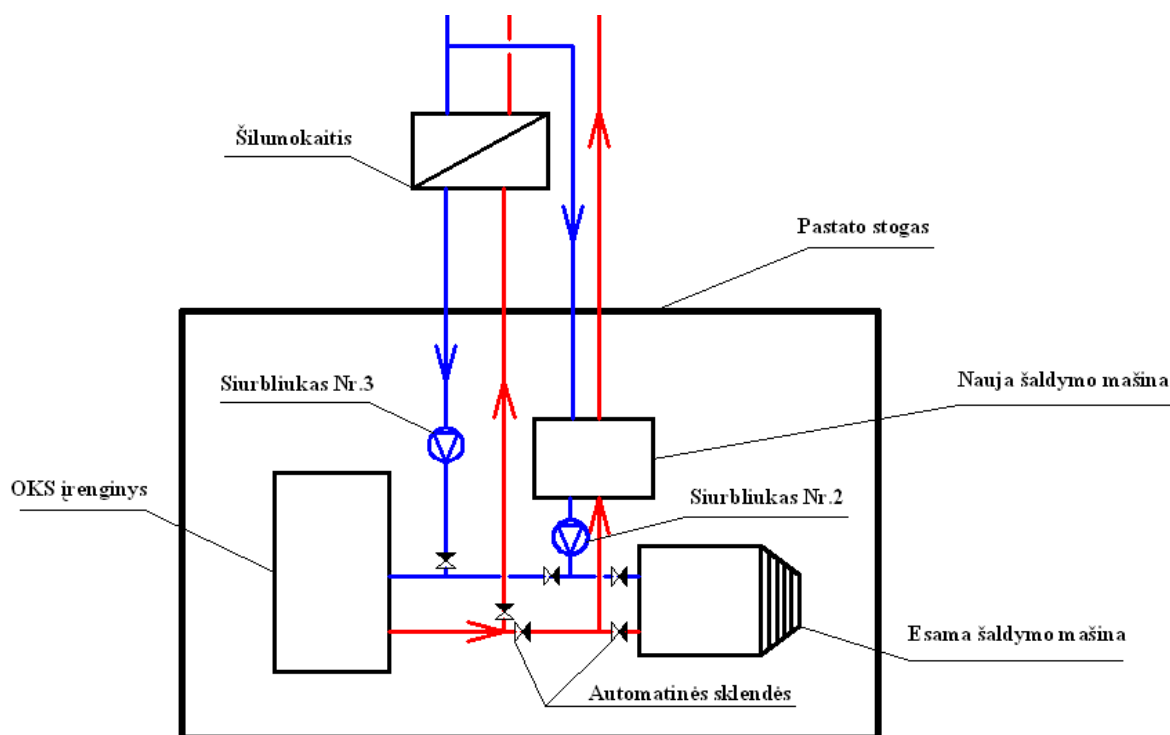
cirkuliacinį siurbliuką Nr. 2 ir demontuoti siurbliuką Nr. 3 (žr. 3.2 lentelę), kadangi skiriasi esamosios ir naujos šaldymo mašinos pasipriešinimas.

Žinant debitą bei šaldymo mašinos (73,1 kPa) ir oro aušintuvo esančio centriniame oro kondicionavimo agregate (15,62 kPa) pasipriešinimą, parenkamas cirkuliacinis siurbliukas (Nr. 2 žr. priedą Nr. 11) su programos paketu „Wilo-select“ [23]. Pagrindiniai techniniai, parinkto siurbliuko, parametrai pateikiami 3.8 lentelėje.

3.8 lentelė. Cirkuliacinio siurbliuko techninės charakteristikos

	Techninės charakteristikos	
Debitas, m ³ /h	8,6	
Elektros energijos poreikis, kW	0,881	
Svoris, kg	18,5	
Kaina, Lt	3881	

Sistemai veikiant *pirmuoju režimu*, t. y. veikiant tik šilumokaičiui, vandens ir glikolio mišinys tekės tokiu pačiu debitu ir tokio pat skersmens vamzdžiu kaip ir antruoju režimu, tačiau cirkuliacijai užtikrinti reikės įrengti cirkuliacinį siurbliuką. Tam kad parinkti šį siurbliuką reikia įvertinti šilumokaičio, vamzdžio (nuo šilumokaičio iki ventkamos) ir vienkamos pasipriešinimą (žr. 3.9 pav.).



3.9 pav. Principinė naujos sistemos prijungimo schema

Įvertinus vamzdžio ilgį vertikaliai (~14,5 m), horizontaliai (~12,5 m žr. 3.4 pav.) bei palikus tą patį debitą ($8,6 \text{ m}^3/\text{h}$) ir skersmenį (65 mm) su „TA Select II“ programos paketu analogiškai galima rasti vamzdžio pasipriešinimą (žr. 3.10 pav.)

First suggestions									
Balancing Valve							Steel Heavy BS 1387		
Name	Version	Size	Setting turns	Dp Pa	Dp 100% Pa	Dp 50% Pa	Size	Linear Dp Pa/m	v m/s
STAF 80	Standard	80 (3")	4.81	3000	513	8778	80	35.6	0.486
STAF 65-2	Standard	65 (2½")	4.84	3000	1022	5925	65	80.4	0.678
STAD 50	Without drain	50 (2")	4.00*	6782	6782	53844			
STAD 50	With drain ½"	50 (2")	4.00*	6782	6782	53844			
STAD 50	With drain ¾"	50 (2")	4.00*	6782	6782	53844			
STAD 40	Without drain	40 (1½")	4.00*	20009	20009	197568			
STAD 40	With drain ½"	40 (1½")	4.00*	20009	20009	197568			
STAD 40	With drain ¾"	40 (1½")	4.00*	20009	20009	197568			

* full opening

3.10 pav. Vamzdžio pasipriešinimas prie atitinkamo debito

Apskaičiavus vamzdžio pasipriešinimą, kuris yra 80,4 Pa/m, analogiškai pagal 3.2 formulę galima apskaičiuoti viso vamzdžio pasipriešinimą:

$$H_v = h_{\text{vrt.}} + h_{\text{hrz.}} \quad (3.2)$$

čia:

$h_{\text{vrt.}}$ – slėgio nuostoliai vertikaliame vamzdyje;

$h_{\text{hrz.}}$ – slėgio nuostoliai horizontaliame vamzdyje (1 mm H_2O stulpelio = 9,81 Pa);

$$H_v = 14500 \cdot 9,81 + 12,5 \cdot 80,4 = 1,147 \text{ kPa.}$$

Taip pat būtina įvertinti ir hidraulinius nuostolius oro aušintuvo, esančio centriniame oro kondicionavimo agregate (15,62 kPa) bei šilumokaičio pasipriešinimą (0,895 kPa). Sistemos pasipriešinimas būtų:

$$\Sigma h_v = 1,147 + 15,62 + 0,895 = 17,66 \text{ kPa.}$$

čia:

Σh_v – suminiai (vamzdžio, šilumokaičio ir ventkamos) slėgio nuostoliai.

Apskaičiavus suminį sistemos pasipriešinimą, parenkamas cirkuliacinis siurbliukas (Nr. 3) su programos paketu „Wilo-select“ (žr. priedą Nr. 12).

Pagrindiniai techniniai, parinkto siurbliuko parametrai pateikiami 3.9 lentelėje.

3.9 lentelė. Cirkuliacinio siurbliuko techninės charakteristikos

	Techninės charakteristikos	
Debitas, m ³ /h	8,6	
Elektros energijos poreikis, kW	0,4	
Svoris, kg	6,3	
Kaina, Lt	1652	

Turint visus naujos sistemos įrenginius, atliekamas abiejų oro vėsinimo sistemų (senos ir naujos) energinis, ekonominis bei ekologinis palyginimas. Visi skaičiavimai pateikiami sekančiame skyriuje.

4. ALTERNATYVIOS IR PROJEKTE NUMATYTOS PATALPŲ ORO VĖSINIMO SISTEMŲ ENERGINIS, EKONOMINIS BEI EKOLOGINIS PALYGINIMAS

4.1. Patalpų oro vėsinimo sistemų darbo laiko skaičiavimas

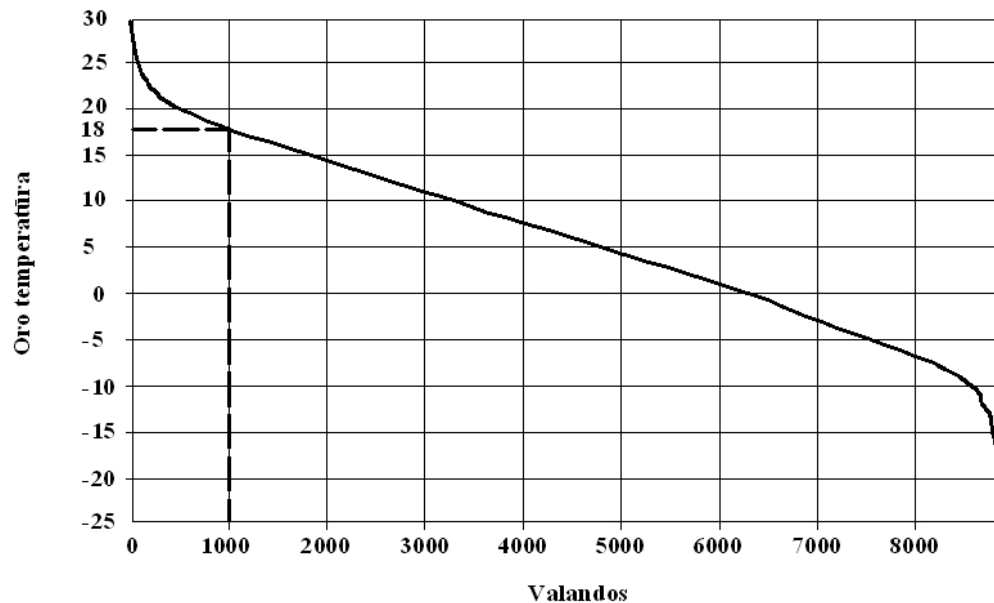
Tam, kad tiksliai būtų galima atlikti abiejų oro vėsinimo sistemų palyginimus būtina priimti keletą prielaidų bei apskaičiuoti kiek valandų trunka patalpų oro vėsinimas šiltuoju metų laikotarpiu, t.y. kiek elektros energijos suvartotų alternatyvioji ir esamoji oro vėsinimo sistemos.

Skaičiavimams atlikti buvo priimtos tokios prielaidos:

- Vertinimo laikotarpis – 15 metų. Toks laikotarpis pasirenkamas, nes jis atitinka sistemų gyvavimo laikotarpį;
- Elektros energijos kaina nekinta per visą laiko periodą (lieka 31 ct.), nes atsižvelgiant į miglotas elektros energijos plėtimosi perspektyvas (elektros „tiltas“ į vakarus, atominės antrojo bloko uždarymas) – sunku prognozuoti tolimesnį elektros energijos kainos kilimo eigą per visą nagrinėjamą laikotarpį.

Taigi siekiant įgyvendinti antrąjį darbo tikslą, t. y. palyginti dvi sistemas (esamą ir naują) trimis (energinis, ekonominis ir ekologinis) požūriais buvo priimta dar viena, esamai ir naujai oro vėsinimo sistemoms prielaida:

- Abiejų oro vėsinimo sistemų darbo laiko trukmė yra 1000 valandų. Prielaida numatyta remiantis 4.1 paveiksle pateiktu grafiku.



4.1 Lauko oro temperatūros trukmė Vilniaus mieste

Kadangi administracinio pastato patalpose turi būti nustatyta 22 °C [13] bei žinant, kad vidiniai šilumos išsiskyrimai vidaus temperatūrą pakelia 4–5 °C, vėsinti patalpų orą reikia, kai lauko temperatūra pasiekia apie 18 °C [13]. Todėl remiantis 4.1 paveikslėlyje pateiktu grafiku matyti, kad vėsinimo poreikis trunka apie 1000 valandų.

Įvertinus tai, kad esamosios oro vėsinimo sistemos galia siekia 29 kW, o būsimosios – 13,08 kW (žr. priedą Nr. 13) bei parinkus abiejų oro vėsinimo sistemų darbo trukmę (1000 valandų) galima atlikti energinį, ekonominį ir ekologinį sistemų palyginimą.

4.2. Energinis, ekonominis bei ekologinis vėsinimo sistemų palyginimas

Visi skaičiavimai atlikti įvertinus anksčiau išvardintas prielaidas (vertinimo laikotarpis – 15 metų, elektros energijos kaina – 31 ct/kWh ir sistemų darbo laiko trukmė – 1000 valandų).

Energinis – sistemų vertinimas remiasi iš pastato šalinamos šilumos kiekiu ir sunaudotos elektros energijos kiekiu palyginimu, šį santykį atspindi koeficientas COP (angl. Coefficient of Performance).

$$COP = \frac{E_{pagamintos}}{E_{suteiktos}} \quad (4.1)$$

čia:

$E_{pagamintos}$ – pagamintos šalčio energijos kiekis;

$E_{suteiktos}$ – suteiktos energijos kiekis;

Kuo COP yra didesnis, tuo mažiau reikia suteikti sistemai pirminės energijos, norint pagaminti tą patį naudingos energijos kiekį.

Kaip jau buvo minėta, esamosios oro vėsinimo sistemos galia – 29 kW, o naujos – 13,08 kW. Vadinasi abiejų vėsinimo sistemų COP yra lygus:

- 1) $COP_{senos} = 50,5/29 = 1,74$;
- 2) $COP_{naujos} = 50,5/13,08 = 3,86$.

Įvertinus visą laikotarpį (15 metų) – abiejų sistemų sunaudotas elektros energijos (E) kiekis apskaičiuojamas taip:

$$E = L \cdot P \cdot h \quad (4.2)$$

čia:

L – sistemos veikimo laikotarpis (15 m.);

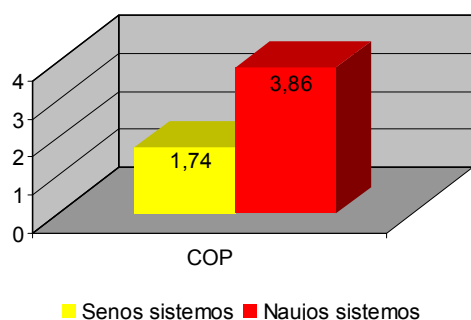
P – sistemos įrangos suminė galia (kW);

h – patalpų vėsinimo poreikis per sezoną (1000 valandų).

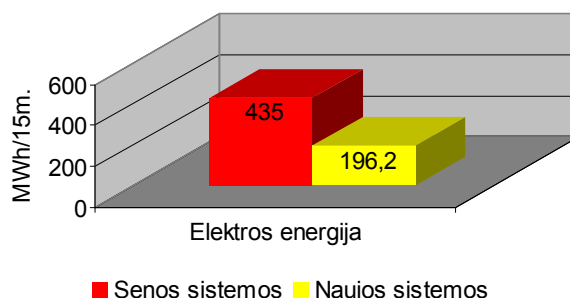
Taigi abiejų sistemų sunaudotas elektros energijos kiekis būtų:

- 1) $E_{senos} = 15 \cdot 29 \cdot 1000 = 435000 \text{ kWh} = 435 \text{ MWh}$;
- 2) $E_{naujos} = 15 \cdot 13,08 \cdot 1000 = 196200 \text{ kWh} = 196,2 \text{ MWh}$.

Atlikti skaičiavimai parodo, kad energiniu (techniniu) požiūriu naujoji oro vėsinimo sistema dirbtų efektyviau, t. y. jos efektyvumas didesnis 2,2 karto bei sunaudotų 2,2 karto mažiau elektros energijos. Apskaičiavus pinigine išraiška būtų sutaupyta 74028 Lt (238800 kWh būtų sutaupyta per visą laikotarpį). Aiškesniam supratimui gauti skaičiavimų rezultatai pateikti 4.2 ir 4.3 paveikslėliuose.

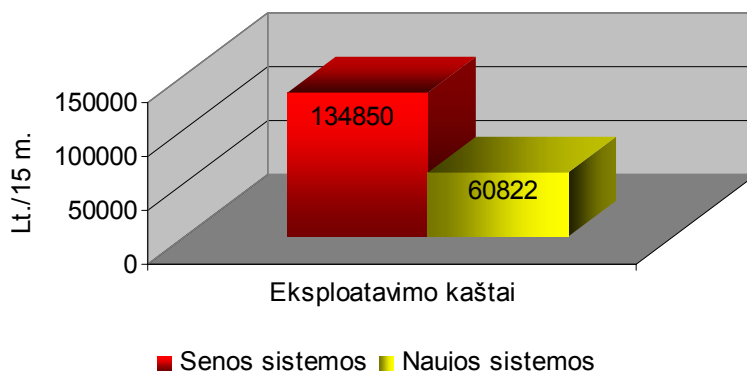


4.2 pav. Sistemų palyginimas COP koeficientu



4.3 pav. Sistemų palyginimas elektros energijos sąnaudomis

Analizuojant sistemų efektyvumą *ekonominiu* požiūriu, lyginami jų metiniai eksploatavimo kaštai. Jie gaunami padauginus sunaudotą elektros energijos kiekį iš elektros energijos kainos. Esamosios oro vėsinimo sistemos kaštai (per 15 metų) būtų – 134 850 Lt., o naujosios – 60822 Lt (žr. 4.4 pav.). Matyti, kad būtų sutaupyta – 74028 Lt.



4.4 pav. Sistemų eksploatavimo kaštai per visą nagrinėjamą laikotarpį

Skaičiuojant ekonominę palyginimą būtina įvertinti ir sutaupytos energijos kainą (SEK). SEK – energijos taupymui įvertinti naudojamas kriterijus. Šis kriterijus atsižvelgia tiek į sistemos gyvavimo laikotarpį, tiek į pinigų skolinimosi kainą. Kriterijus apskaičiuojamas pagal formulę:

$$SEK = \frac{I}{Q_s} \cdot \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}} \quad (4.3)$$

čia:

I – investicijų dydis (~87000 Lt – žr. priedą Nr. 14);

Q_s – sutaupytos energijos kiekis per metus (15920 kWh, t. y. 238800 kWh/15 m. = 15920 kWh);

n – sistemos naudojimo laikotarpis (15 m.);

d – diskonto norma (vieneto dalimis–0,06).

Nustatyta, kad $SEK = 0,56$ Lt./kWh. Kadangi apskaičiuota reikšmė yra didesnė nei faktinis elektros energijos tarifas, tai šis energijos taupymas nėra ekonomiškai efektyvus. Galutiniam įsitikinimui buvo apskaičiuotas ir paprastasis sistemos atsipirkimo laikas (PAL).

Paprastasis atsipirkimo laikas – metų skaičius, per kuriuos energijos sutaupymai padengs investicijas naujai oro vėsinimo sistemai. Kai metinių sutaupymų suma per projekto laikotarpį išlieka tokia pati, paprastasis atsipirkimo laikas buvo apskaičiuotas taip:

$$PAL = \frac{I}{S} \quad (4.4)$$

čia:

I – investicijos naujai sistemai įrengti (87000 Lt);

S – metiniai sutaupymai, Lt.

PAL = 17,6 m. Paprastas atsipirkimo laikotarpis pustrečių metų viršija sistemos naudojimo laikotarpį, t. y. naujoji oro vėsinimo sistema ekonomiškai neatsiperka.

Ekologinis sistemų palyginimas remiasi CO₂ emisijos išmetimo skirtumu (tarp sistemų) į aplinką, kuris susidaro gaminant elektros energiją. CO₂ emisija į aplinką buvo apskaičiuota „SimaPro“ programos paketu, t. y. pagaminus 1 kWh elektros energijos į aplinką išsiskiria 31 g išmetalų (žr. priedą Nr. 15). Eksploatuojant abi sistemas, išmetalų išsiskyrimo kiekis apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$I = E_x \cdot A \quad (4.5)$$

čia:

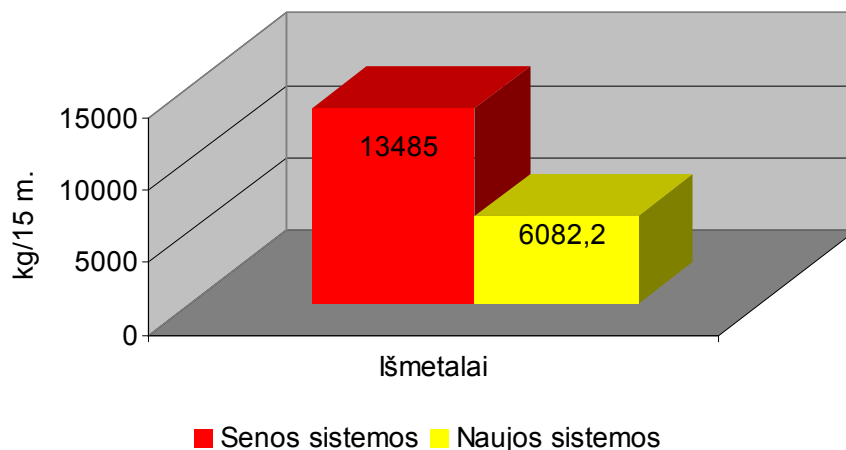
E_x – išmetalų išsiskyrimo kiekis pagaminus 1 kWh elektros energijos (31 g);

A – sunaudotos elektros energijos kiekis per visą nagrinėjamą laikotarpį;

$$1) I_{\text{senos}} = 31 \cdot 435000 = 13485000 \text{ g} = 13485 \text{ kg};$$

$$2) I_{\text{naujos}} = 31 \cdot 196200 = 6082200 \text{ g} = 6082,2 \text{ kg}.$$

Aiškesniam supratimui skaičiavimų rezultatai pateikti 4.5 paveikslėlyje.



4.5 pav. Išmetalų išsiskyrimo kiekiai per visą sistemų naudojimo laikotarpį

Kaip matyti iš 4.5 paveikslėlio, per visą nagrinėjamąjį laikotarpį (15 metų) eksploatuojant naująją sistemą išmetalų išsiskirtų 2,2 karto mažiau nei esamoji (naudojant naująją sistemą išsiskirtų 6082,2 kg išmetalų).

5. IŠVADOS

Išanalizavus kondicionuojamo oro vėsinimo galimybes, naudojant aplinkoje sukauptą vėšą (šiuo atveju gamtinių vandenų) bei palyginus administracinės paskirties pastato Vilniuje oro vėsinimo sistemą naudojant Neries su esamąja sistema trimis požiūriais, t. y. energiniu, ekonominiu bei ekologiniu, galima daryti tokias išvadas:

1. Energinis sistemų palyginimas parodė, kad analizuojamo pastato naujoji (šaldymo mašinai aušinti naudojamas paviršinis vanduo) oro vėsinimo sistema naudotų 2,2 karto mažiau elektros energijos per visą nagrinėjamą laikotarpį nei esamoji (freoninė), t. y. esamoji sunaudotų 435 MWh, o naujoji – 196,2 MWh. Taip pat 2,2 karto būtų mažiau teršiama aplinka eksploatuojant naująją sistemą, t. y. eksploatuojant esamąją išmetalų išsiskirtų apie 13485 kg/15m, o naująją – 6082,2 kg/15m. Taigi, energiniu ir ekologiniu atžvilgiais natūralios vėsos panaudojimo perspektyva yra viliojanti.

2. Atlikus tyrimą bei skaičiavimus buvo gauta, kad paviršinė vandens temperatūra tinkama tik parinktai šaldymo mašinai aušinti. Naujai oro vėsinimo sistemai prijungti prie esamos reikia investuoti apie 87000 Lt (įskaičiuota visa reikiama įranga, įrangos įdiegimas jos bandymai bei žmonių atlyginimai).

Šiuo konkrečiu atveju tai ekonomiškai neapsimoka, nes investicijos yra pernelyg didelės, kad jos greitai laiku atsipirktų. Alternatyvios oro vėsinimo sistemos atsipirkimo laikotarpis siekia 17,6 metų ir 2,6 metais viršija leistinąjį sistemos naudojimo laikotarpį. Numatoma, kad elektros energijos kaina Lietuvoje didės, todėl oro vėsinimo sistemos naudojant upės vėšą atsipirkimo laikotarpis trumpės, t. y. sistema gali ir atsipirkti, tačiau pakankamai patikimai tai apskaičiuoti šiuo metu neįmanoma dėl sunkiai prognozuojamos elektros energijos kainos kitimo spartos.

3. Pažymėtina, kad šaldymo mašinos tampa nereikalingos bei sumažėja investiciniai kaštai, jei yra galimybė pasinaudoti giliu vandens telkiniu (jūra ar ežeru), nes giliau 6–8 m vandens temperatūra praktiškai nekinta ir yra gana žema (4–7 °C). Taip pat siekiant sumažinti investicinius kaštus vandens telkinys turėtų būti šalia aptarnaujamo pastato.

4. Taigi, norint įdiegti šią ekologiškai švarią oro vėsinimo sistemą Vilniuje pirmiausiai būtina, kad aptarnaujamų pastatų būtų kuo daugiau ir jie turėtų būti išsidėstę šalia upės, nes tik taip būtų sumažinti investiciniai kaštai bei šaltinio nuostoliai vamzdžiuose. Antra – būtina pasinaudoti Europos Sąjungos paramos fondais, kadangi šios sistemos panaudojimas ženkliai prisidėtų prie santykinės aplinkos teršimo mažinimo.

LITERATŪRA

1. Martinaitis V., *Techninė termodinamika*, Vilnius: Technika, 2003. psl.: 140-148;
2. Jakštas A., *Energijos transformavimo mašinos*, Vilnius: Technika, 2000. psl.:110-112;
3. Mažeika J., Mokrik R., *Hidrogeochemija*, Vilnius:2006. psl.: 204-212;
4. Sakalauskas A., Stankevičius V. ir kt. *Vandentiekis*, Vilnius: Mokslas, 1982. psl.:207-216;
5. Lukianas A., Pekus R., Sabas G., *Skysčių mechanika ir vandentiekis*, Vilnius: Technika, 2003. psl.: 158-168;
6. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха, Москва, 1978;
7. Eudukevičienė M., *Lietuvos geografija*, Klaipėdos universitetas, 2007. psl.: 135-136;
8. Juodis E., *Vėdinimas*, Vilnius: Enciklopedija, 1998. psl.: 223-236;
9. Lietuvos Respublikos ūkio ministerija, *Tiekimo saugumas Lietuvos elektros energijos rinkoje monitoringo ataskaita*, Vilnius, 2006;
10. Ekostrategija, *Energijos vartojimo efektyvumo potencialo atskiruose Lietuvos ūkio sektoriuose analizė ir rekomendacijų, atsižvelgiant į ES teisės aktų reikalavimus, dėl energijos vartojimo efektyvumo didinimo bei šio didinimo veiksmų plano projekto parengimas*, Vilnius, 2006;
11. Europos Bendrija, *Klimato kaita – kas tai?*, Belgija, 2006;
12. LR seimo 2007 m. sausio 18 d. nutarimas Nr. X-1046 „Dėl nacionalinė energetikos strategijos patvirtinimo“ (Žin., 2007, Nr. 11-430);
13. LR sveikatos apsaugos ministro 2003 m. gruodžio 24 d. įsakymas Nr. V-770 „Dėl Lietuvos higienos normos HN 69:2003 "Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai" patvirtinimo (Žin., 2004, Nr. 45-1485);
14. Kytra S., *Atsinaujinantys energijos šaltiniai*, Kaunas: Technologija, 2006;
15. *Ar jūsų šeima stabdo klimato kaitą?* Prieiga per internetą: <http://www.europarl.europa.eu>; [Žiūrėta 2007 11 25];
16. *Butų vėdinimas bei kondicionavimas*. Prieiga per internetą: http://distance.ktu.lt/kursai/buitis/gphp_4.htm [Žiūrėta 2008 01 07];
17. Aplinkos ministerija, *Oro kokybės metraščiai*. Prieiga per internetą: http://www.am.lt/LSP/list_air_chronicle.php3 [Žiūrėta 2008 01 19];
18. Laisvoji enciklopedija Wikipedia, *Vilnius*. Prieiga per internetą: <http://lt.wikipedia.org/wiki/Vilnius> [Žiūrėta 2008 02 09];
19. Aplinkos apsaugos agentūra, *LR upių, ežerų ir tvenkinių valstybės kadastras*. Prieiga per internetą: http://aaa.am.lt/VI/article.php3?article_id=336 [Žiūrėta 2008 02 18];

20. Laisvoji enciklopedija Wikipedia, *Oro kondicionierius*. Prieiga per internetą: http://lt.wikipedia.org/wiki/Oro_kondicionierius [Žiūrėta 2008 02 27];
21. Vėdinimo ir kondicionavimo įranga. Prieiga per internetą: www.perksas.lt [Žiūrėta 2008 03 15];
22. Panardinami vandens siurbliai. Prieiga per internetą: www.grindex.com [Žiūrėta 2008 03 28];
23. Cirkuliaciniai siurbliai. Prieiga per internetą: www.wilo.com [Žiūrėta 2008 04 05];
24. World Energy Outlook, *On current energy trends, carbon-dioxide emissions will accelerate*, 2006;
25. Enwave Energy Corporation. Prieiga per internetą: www.enwave.com/dlwc.php [Žiūrėta 2006 11 15];
26. Cornell university, *How Lake Source Cooling Works*. Prieiga per internetą: http://www.utilities.cornell.edu/utl_lscfte_howlscworks.html [Žiūrėta 2006 11 15];
27. Deep Lake Water Cooling and the City. Prieiga per internetą: <http://www.toronto.ca/environment/initiatives/cooling.htm> [Žiūrėta 2006 11 16];
28. Seawater Air-Conditioning. Prieiga per internetą: <http://www.seaconinternational.com/> [Žiūrėta 2006 11 18];
29. Cold Seawater Air Conditioning. Prieiga per internetą: <http://www.makai.com/p-swac.htm> [Žiūrėta 2006 11 20];
30. Baltic travel marathon. Prieiga per internetą: <http://project.zip.ee/btm/htdocs/?path=2696&PHPSESSID=766ab9b64047cbbf84dcef4a90c5e3d2> [Žiūrėta 2007 04 19];
31. Energizing Indoor Climate. Prieiga per internetą: www.swegon.com [Žiūrėta 2007 11 15];
32. Information for Built Environment Students and Practitioners. Prieiga per internetą: www.info4study.co.uk [Žiūrėta 2008 03 10];
33. Aplinkos apsaugos agentūra, *Valstybinio upių monitoringo duomenys*. Prieiga per internetą: <http://aaa.am.lt/VI/index.php#r/1693> [Žiūrėta 2007 10 15];
34. LR sveikatos apsaugos ministro 2004 m. kovo 31 d. įsakymas Nr. D1-156 „Dėl statybos techninio reglamento STR 2.02.04:2004 „Vandens ėmimas, vandenruošas. Pagrindinės nuostatos“ patvirtinimo (Žin., 2004, Nr. 104-3848);
35. Balsio ir Gulbino ežerų termika, deguonies režimas ir vandens elektrinis laidis. Prieiga per internetą: <http://images.katalogas.lt/maleidykla/geo31/G-10.pdf> [Žiūrėta 2008 01 20].

PRIEDAI

PUBLIKUOTAS STRAIPSNIS**LIETUVOS GAMTINIŲ VANDENŲ PANAUDOJIMO PASTATŲ ORUI VĖSINTI GALIMYBIŲ ANALIZĖ****Nerijus Jasinskas, magistrantas****Egidijus Juodis, vadovas**

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

1. Įvadas

Vis didėjanti oro tarša, sparčiai vykstantys klimato pokyčiai bei senkantys pirminės energijos šaltiniai verčia žmones mąstyti apie ateitį.

Siekiant komfortinių gyvenimo ar darbo sąlygų patalpose diegiamos naujos vėdinimo ir vėsinimo sistemos. Vis dažniau stengiamasi panaudoti neišsenkančius energijos šaltinius: vandenį, vėją ir kt. [1].

Šiltuoju metų laikotarpiu didėjantis oro kondicionierių naudojimas veikia elektros energijos poreikio didėjimą, o tai kelia nerimą energetikos specialistams, kurie baiminasi dėl elektros stočių perkrovimo ar ilgalaikio elektros energijos nutraukimo. Todėl, siekiant stabdyti vis didėjantį energijos poreikį bei mažinti oro taršą, ypač karšto klimato šalyse vis plačiau taikoma ekologiškai švari oro vėsinimo sistema, t. y. panaudojama aplinkos vėsa (vanduo). Šios sistemos panaudojimas leidžia sumažinti elektros energijos poreikį pastato vėsinimui nuo 70 % iki 90 % (priklausomai nuo vėsinamo ploto) [2].

2. Darbo tikslai:

- išnagrinėti galimybes pritaikyti ekologiškai švarų patalpų oro vėsinimo metodą, panaudojant natūralią gamtinių vandenų vėsą;
- palyginti Neries vandens vėsos panaudojimo galimybes su esama pastato vėsinimo sistema energiniu, ekonominiu bei ekologiniu požiūriais.

3. Tyrimo objektas

Tyrimui atlikti buvo pasirinktas administracinės paskirties pastatas Vilniaus mieste, šalia Neries upės. Pastatas yra 3 aukštų, iš kurių viršutinis – techninis. Vieno aukšto plotas – 320 m², pastato aukštis – 9,45 m. Įdiegta vėsinimo galia yra 50,5 kW (projektinė lauko oro temperatūra + 26,0 °C), vėsinimo galios poreikis 1 m² yra 79 W, ją užtikrina centrinė oro kondicionavimo sistema. Šalia OKS įrenginio yra šaldymo stotis. Čia paruošiamas šaltnešis (vandens-glikolio 35 % mišinys), kuris atitekėjęs iki OKS vėsinimo sekcijos atvėsina tiekiamą lauko orą. Įdiegta šaldymo stoties galia (įskaitant ir cirkuliacinius siurblius) siekia 29 kW.

Vėsinimo temperatūra yra valdoma vidinio valdiklio. Tiekiamojo šaltnešio temperatūra palaikoma $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$, o grįžtamojo šaltnešio temperatūra palaikoma $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

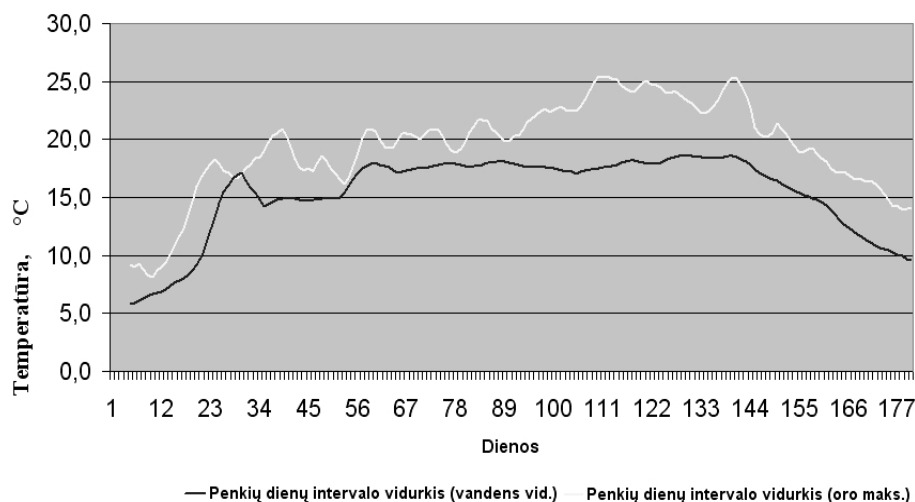
Šaldymo stotis dirba, priklausomai nuo lauko oro temperatūros, t. y. stotis gali dirbti dviem režimais: šaldymo kompresoriais režimu ir vėsinama lauko oru režimu. Darbo režimą valdo įrengta automatika, kuri turi būti integruota kiekvienos oro kondicionavimo sistemos dalis. Ji garantuoja nepertraukiamą įrenginio naudojimą, be kurios gali kilti eksploataavimo problemų, suprastėti mikroklimatinės sąlygos patalpose ar kilti rimtų avarių.

Tuo metu, kai tiekiamo lauko oro vėsinti nereikia (esant žemiau kaip $\sim +18\text{ }^{\circ}\text{C}$), į patalpas pučiamas vėsus lauko oras. Nakties metu paprastai tiekiamo oro vėsinti būtinybės nėra, tad šaldymo mašina išsijungia ir vyksta tik mechaninis patalpų vėdinimas. Siekiant ekonomiškai palaikyti pastovią patalpų temperatūrą, lauko oras tiekiamas panaudojant rotacinį regeneratorių, kuriame jis pašildomas šalinamu iš patalpų oru.

4. Tyrimo metodika ir duomenų analizė (temperatūrų)

Siekiant įgyvendinti pirmąjį darbo tikslą, t. y. panaudoti sukaupią upės vandens vėsą tiekiamam lauko orui vėsinti, buvo išanalizuota Vilniaus miesto lauko oro bei Neries upės vandens temperatūros.

Tyrimui atlikti buvo pasirinktas 2000–2004 m. laikotarpis nuo balandžio pradžios iki rugsėjo mėnesio pabaigos. Remtasi Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos sukauptais duomenimis. Sukaupiti duomenys buvo apdoroti „Microsoft Excel 2003“ programos paketu ir pavaizduoti grafiškai (žr. 1 pav.).



1 pav. Lauko oro ir vandens temperatūrų grafikas

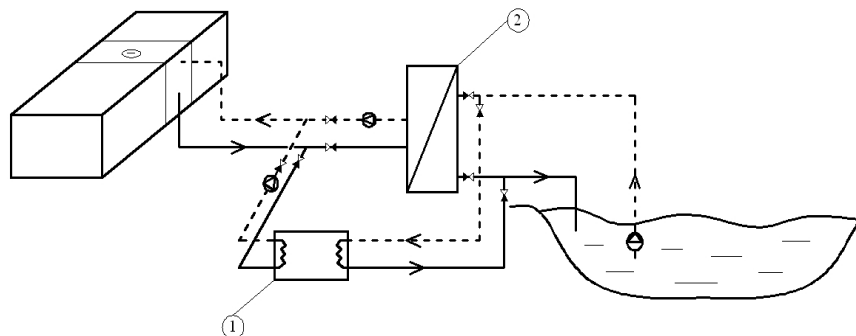
Iš grafiko 1 pav. matyti, kaip vandens temperatūros kitimas priklauso nuo lauko oro temperatūros kitimo. Vandens temperatūros nepastovumą sąlygoja upės gylis, t. y. dėl nepakankamo gylio vandens temperatūra svyruoja visą nagrinėjamą laikotarpį, tačiau šis svyravimas yra mažesnis už oro temperatūros svyravimus. Apibendrinus galima teigti: kadangi vandens temperatūra (vidutinė) išlieka visą nagrinėjamą

laikotarpį žemesnė už maksimalią lauko oro temperatūrą, tai jis yra tinkamas naudoti parinktai šaldymo mašinai vėsinti, t. y. vanduo gali būti pradėtas naudoti įpusėjus balandžio mėnesiui (1 pav. 20 diena), kai lauko oro temperatūra pasiekia $18\text{ }^{\circ}\text{C}$, o nutrauktas rugsėjo pradžioje (1 pav. 158 diena atitinka rugsėjo 7 d.), lauko oro temperatūra nukritus žemiau $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Giliuose Lietuvos vandens telkiniuose 6–8 m gylyje vandens temperatūra nusistojusi $4\text{--}7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ir per metus kinta nežymiai [3].

Upės vėsos panaudojimui galimas vien tik tarpinis šilumokaitis, kurio naudojimas leistų ženkliai sumažinti investicijų kaštus įdiegiant ir eksploatuojant naujas oro vėsinimo sistemas (visai nenaudojant freoninių šaldymo mašinų). Tačiau tam tikslui vandens temperatūra privalo išlikti pastovi $5\text{--}7\text{ }^{\circ}\text{C}$ visą vasaros laikotarpį (šiuo atveju taip nėra, žr. 1 pav.). Parinkus jį buvo gauta, kad vandens temperatūra nėra tinkama išgauti reikiamo $50,5\text{ kW}$ pastato vėsos.

Esant didžiausiam vandens ir maksimalios lauko oro temperatūros skirtumui parinktas tarpinis šilumokaitis gali išgauti apie $12\text{--}13\text{ kW}$ vėsos.

Atsižvelgus į tai buvo nuspręsta vandenį naudoti naujai parinktai šaldymo mašinai aušinti ir visos (naujos) oro vėsinimo sistemos galia siektų $13,08\text{ kW}$. Vandenį bus galima naudoti visą patalpų vėsinimo laikotarpį. Naujos orą aušinančios sistemos principinė schema pateikiama 2 paveiksle.



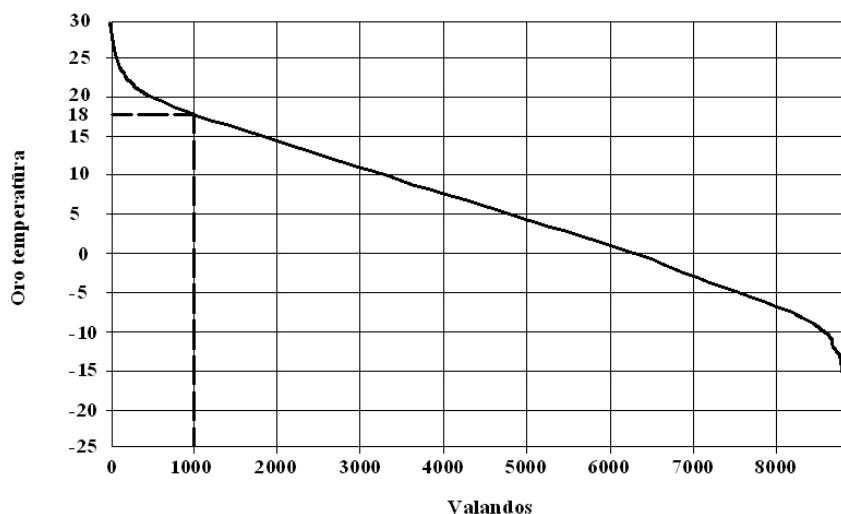
2 pav. Orą aušinančių sistemų prijungimo schemas (1 – šaldymo mašina; 2 – tarpinis šilumokaitis)

Šioje sistemoje yra paliktas ir tarpinis šilumokaitis, kuris galės būti panaudojamas, tik esant palankioms lauko oro ir vandens temperatūroms. Tačiau remiantis 2000–2004 m. laikotarpio išanalizuotu temperatūrų grafiku (1 pav.) palankaus laikotarpio, kada reikiamą pastato oro vėšinimą galėtų užtikrintų tik tarpinis šilumokaitis, nebuvo pastebėta.

Siekiant įgyvendinti antrąjį darbo tikslą, t. y. palyginti dvi sistemas (esamą ir naują) trimis (energinio, ekonominio ir ekologinio) požiūriais buvo priimta esamai ir naujai oro vėsinimo sistemoms prielaida, kad oro vėsinimo sistemos darbo laiko trukmė yra 1000 valandų. Prielaida numatyta remiantis 3 paveiksle pateiktu grafiku.

Kadangi administracinio pastato patalpose turi būti nustatyta $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ [4] bei žinant, kad vidiniai šilumos išsiskyrimai vidaus temperatūrą pakelia $4\text{--}5\text{ }^{\circ}\text{C}$, vėsinti patalpų orą reikia, kai lauko temperatūra

pasiekia apie 18 °C [4]. Todėl remiantis 3 paveikslėlyje pateiktu grafiku matyti, kad vėsinimo poreikis trunka apie 1000 valandų (3 pav.).



3 pav. Lauko oro temperatūros trukmė Vilniaus mieste

Įvertinant esamos ir būsimos vėsinimo sistemos instaliuotą elektros galią bei darbo trukmę buvo atliktas energinis, ekonominis bei ekologinis sistemų palyginimas.

5. Energinis, ekonominis bei ekologinis vėsinimo sistemų palyginimas

Skaičiavimams atlikti buvo priimtos tokios prielaidos:

- Vertinimo laikotarpis – 15 metų. Toks laikotarpis pasirenkamas, nes jis atitinka sistemų gyvavimo laikotarpį;
- Elektros energijos kaina nekinta per visą laiko periodą (lieka 31 ct.), nes atsižvelgiant į miglotas elektros energijos plėtimosi perspektyvas (elektros „tiltas“ į vakarus, atominės antrojo bloko uždarymas) – neaiški kainos kitimo eiga per visą nagrinėjama laikotarpį.

Energinis – sistemų vertinimas remiasi iš pastato šalinamos šilumos kiekiu ir sunaudotos elektros energijos kiekiu palyginimu, šį santykį atspindi koeficientas COP (angl. Coefficient of Performance). Kuo COP yra didesnis, tuo mažiau reikia suteikti sistemai pirminės energijos, norint pagaminti tą patį naudingos energijos kiekį.

Esamosios oro vėsinimo sistemos galia – 29 kW, o naujos – 13,08 kW. Energiniu požiūriu nauja sistema naudoja 2,2 karto elektros energijos mažiau nei esamoji. Techniniu požiūriu esamosios oro vėsinimo sistemos $COP = 1,74$, o naujosios – 3,86. Atlikti skaičiavimai parodė, kad energetiniu (techniniu) požiūriu naujoji oro vėsinimo sistema dirbs efektyviau, t. y. jos efektyvumas didesnis 2,2 karto.

Taigi įvertinus visą laikotarpį (15 metų) – esamoji oro vėsinimo sistema sunaudos 435 MWh elektros energijos, tuo tarpu naujoji – 2,2 karto mažiau (196,2 MWh). Apskaičiavus pinigine išraiška būtų sutaupyta 74028 Lt (238800 kWh būtų sutaupyta per visą laikotarpį).

Analizuojant sistemų efektyvumą *ekonominiu* požiūriu, lyginami jų metiniai eksploatavimo kaštai. Jie gaunami padauginus elektros energijos kiekį iš elektros energijos kainos. Esamosios oro vėsinimo sistemos kaštai (per 15 metų) bus – 134 850 Lt., o naujosios – 60822 Lt. Bus sutaupyta – 74028 Lt. Kadangi naujosios sistemos ekonominiai kaštai (elektros energijai) per visą laikotarpį yra dvigubai mažesni, tai buvo įvertintas naujosios sistemos atsipirkimo laikas bei sutaupytos energijos kaina (SEK).

SEK – energijos taupymui įvertinti naudojamas šis kriterijus. Šis kriterijus atsižvelgia tiek į sistemos gyvavimo laikotarpį, tiek į pinigų skolinimosi kainą. Šis kriterijus apskaičiuotas pagal formulę:

$$SEK = \frac{I}{Q_s} \cdot \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}} \quad (1)$$

čia:

I – investicijų dydis (87000 Lt);

Q_s – sutaupytos energijos kiekis per metus (15920 kWh);

n – sistemos naudojimo laikotarpis (15 m.);

d – diskonto norma (vieneto dalimis - 0,06).

Nustatyta, kad $SEK = 0,56$ Lt./kWh. Kadangi apskaičiuota reikšmė yra didesnė nei faktinis elektros energijos tarifas, tai šis energijos taupymas nėra ekonomiškai efektyvus. Galutiniam įsitikinimui buvo apskaičiuotas ir paprastasis sistemos atsipirkimo laikas.

Paprastasis atsipirkimo laikas – metų skaičius, per kuriuos energijos sutaupymai padengs investicijas naujai oro vėsinimo sistemai. Kai metinių sutaupymų suma per projekto laikotarpį išlieka tokia pati, paprastasis atsipirkimo laikas buvo apskaičiuotas taip:

$$PAL = \frac{I}{S} \quad (2)$$

čia:

I – investicijos naujai sistemai įrengti (87000 Lt);

S – metiniai sutaupymai, Lt.

$PAL = 17,6$ m. Paprastasis atsipirkimo laikotarpis pusterčių metų viršija sistemos naudojimo laikotarpį, t. y. naujoji oro vėsinimo sistema ekonomiškai neatsiperka.

Ekologinis sistemų palyginimas remiasi CO₂ emisijos išmetimo skirtumu (tarp sistemų) į aplinką, kuris susidaro gaminant elektros energiją. CO₂ emisija į aplinką buvo apskaičiuota „SimaPro“ programos paketu, t. y. pagaminti 1 kWh elektros energijos į aplinką išsiskirs 31 g išmetalų. Tad per visą nagrinėjamąjį laikotarpį (15 metų) eksploatuojant naują sistemą išmetalų išsiskirtų 2,2 karto mažiau nei esamoji (naudojant naująją sistemą išsiskirtų 60 822 kg išmetalų).

5. Išvados

1. Energinis sistemų palyginimas parodo, kad analizuojamo pastato naujoji (šaldymo mašinai aušinti naudojamas paviršinis vanduo) oro vėsinimo sistema naudotų 2,2 karto elektros energijos mažiau nei esamoji (freoninė) ir taip pat 2,2 karto būtų mažiau teršiama aplinka. Taigi, energiniu ir ekologiniu atžvilgiais natūralios vėsos panaudojimo perspektyva yra viliojanti.

2. Atlikus tyrimą bei skaičiavimus buvo gauta, kad paviršinė vandens temperatūra tinkama tik parinktai šaldymo mašinai aušinti. Naujai oro vėsinimo sistemai prijungti prie esamos reikia investuoti apie 87000 Lt. (visa reikiama įranga, įrangos instaliavimas jos bandymai bei žmonių atlyginimai).

Šiuo konkrečiu atveju tai ekonomiškai neapsimoka, nes investicijos yra pernelyg didelės, kad jos greitai laiku atsipirktų. Alternatyvios oro vėsinimo sistemos atsipirkimo laikotarpis siekia 17,6 metų ir 2,6 metais viršija leistiną sistemų naudojimo laikotarpį.

3. Šaldymo mašinos tampa nereikalingos bei sumažėja investiciniai kaštai, jei yra galimybė pasinaudoti giliu vandens telkiniu (jūra ar ežeru), nes giliau 6–8 m vandens temperatūra praktiškai nekinta ir yra gana žema (4–7 °C).

Literatūra

1. Renewable origin primary energy production. Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/energy/res/index_en.htm> [Žiūrėta 2008 01 20];
2. Cornell Project Genesis and Evolution. Prieiga per internetą: <www.energy.rochester.edu/idea/cooling/1995/dwsc/cornell.htm> [Žiūrėta 2008 01 20];
3. Balsio ir Gulbino ežerų termika, deguonies režimas ir vandens elektrinis laidis. Prieiga per internetą: <<http://images.katalogas.lt/maleidykla/geo31/G-10.pdf>> [Žiūrėta 2008 01 20];
4. HN 69:2003 „Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai (Žin., 2004, Nr. 45-1485).

The Analysis of Lithuanian Natural Water Resources for Air Cooling in Buildings

Nerijus Jasinskas
Egidijus Juodis

S u m m a r y

The present work purposes to: inquire into the chances of application of an ecologically clean air cooling method based on the use of the natural cool of natural water bodies and compare the chances of

using the cool of water taken from the Neris with the existing cooling system installed in the building from the energetic, economic and ecological point of view.

Analysis of external weather and water temperatures over 2000-2004 (early April till the end of September) showed that under the largest temperature difference the cool of water would not secure the necessary coolness in the building. Thus, a decision to use water for the newly selected cooling machine was made.

The energetic, ecological and economic comparison of two cooling systems (the existing one based on freon and the new one based on water) indicated that in this particular case investment into the installation of the new system would amount to approximately 87 000 litas. However, the new air cooling system will not pay for itself because the operable area is too limited.

2 priedas

Elektros energijos gamyba, suvartojimas, eksportas, importas

2005 metais AB „Lietuvos energija“ elektros pardavimas užsieniui sudarė 4,030 TWh. Dėl VI „Ignalinos AE“ pirmojo reaktoriaus uždarymo 2004 m. pabaigoje, elektros eksportas sumažėjo 45 %. AB „Lietuvos energija“ eksportavo elektros energiją į Latviją, Estiją, Baltarusiją, Rusijos Federacijos Kaliningrado sritį, Lenkiją bei Rusijos Federaciją (kontinentinę dalį). 2005 eksportas į Rusijos Federaciją sudarė daugiau kaip pusę viso eksportuoto elektros energijos kiekio.

2005 m. importuota buvo 1,064TWh. Pagrindiniai importo laikotarpiai Latvijos pavasarinio potvynio laikotarpis ir VI „Ignalinos atominė elektrinė“ reaktoriaus remonto laikotarpis

Lietuvos didmeninėje elektros rinkoje visuomeniniai ir nepriklausomi tiekėjai nupirko 9,282 TWh, t.y. 8 proc. daugiau nei 2004 metais.

1 lentelė. Lietuvos elektrinių 2005 metais į tinklą patiekta elektros energija, mln. kWh

Ignalinos AE	9544,1
Lietuvos elektrinė	970,9
Mažeikių elektrinė	122,1
Vilniaus elektrinė	1111,8
Kauno energija	0,6
Kauno termofikacinė elektrinė	608,7
Klaipėdos energija	17,2
Kitos elektrinės prijungtos prie ST	10,1
Iš viso šiluminėse elektrinėse:	2841,4
Kauno hidroelektrinė	380,5
Kruonio hidroakumuliacinė elektrinė	369,1
Elektrinės, naudojančios atsinaujinančius energijos išteklius	75,3
Iš viso elektrinės, naudojančios atsinaujinančius energijos išteklius:	824,9
Pramonės įmonių ir kitų žinybų elektrinės	394,3
Iš viso:	13604,7

Centrinės oro tiekimo kameros techninės charakteristikos



UAB Amalva, Ozo g. 10, LT-08200 Vilnius
 Tel. +370 (5) 2300585, Faks. +370 (5) 2300588
 info@amalva.lt, http://www.amalva.lt

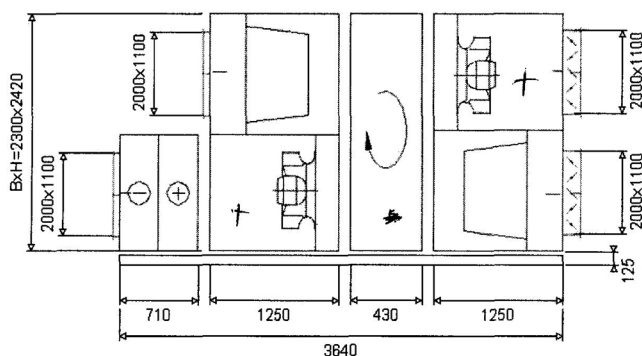
Data: 2007.11.06
 Užsakymo Nr.
 Užsakovas:
 Projektas:
 Eksploatacijos vieta:
 Parengė:

Vėdinimo įrenginio žymuo:

Komfovent VERSO-R-80-M-15/11-F5/G3-X-IS2-HW/2R/3,0/8-CW/3R/2,5/12-C3

Techniniai duomenys

Įrenginio dydis: 80



Atmosferinis slėgis: [Pa] 101325
 Oro tankis: [kg/m³] 1,2

Vėdinimo įrenginio našumas

Tiekiamo oro srautas: [m³/h] 26000
 Statinis slėgis: [Pa] 600
 Šalinamo oro srautas: [m³/h] 26000
 Statinis slėgis: [Pa] 600
 SFP: [kW/m³/s] 2,4
 Maksimalus srovės stiprumas: [A] 67,0

Korpuso konstrukcija

Sieneles iš dviejų cinkuotų plieno lakštų, užpildytų šilumą ir garsą izoliuojančia nedegia mineraline vata ($\lambda=0,039$ W/mK)

Sienelių storis: [mm] 45

Įrenginio masė

Masė (netto): [kg] 2087



Valdymo automatika C3

Rotacinis šilumokaitis su dažnio keitikliu: RR-AL-2100-M-O-SN(2200x2200x310)-PN-A1-T

Diametras: 2100 mm
Bangos aukštis: 2,1 mm
Tipas: AL

		Šildymas	
		Tiekimas	Šalinamas
Temp. efektyvumas	[%]	59,9	
Slėgio kritimas	[Pa]	118,3	118,3
Oro srauto greitis	[m/s]	4,77	4,77
Tankis	[kg/m³]	1,2	1,2
Tiekiamo oro srautas			
Oro kiekis	[m³/h]	26000	26000
Temperatūra	[°C]	-23,0	20,0
Santykinis drėgnumas	[%]	82	55
Absoliut. drėgnumas	[%]	0,39	7,96
Entalpija	[kJ/kg]	-22,18	40,42
Šalinamo oro srautas			
Temperatūra	[°C]	2,8	-5,8
Santykinis drėgnumas	[%]	98	98
Absoliut. drėgnumas	[g/kg]	4,49	2,27
Entalpija	[kJ/kg]	14,09	-0,13
Energijos atsistatymas			
Energijos perd.	[kW]	225,03	
Kondensatas	[kg/h]	53,59	

Tiekiamo oro srautas

Užsklanda su pavara

Aluminių profilių uždaromoji oro užsklanda	
Slėgio nuostoliai	[Pa] 9
Pavaros tipas	AF24

Oro filtras:

Kišeninis oro filtras
Filtravimo klasė: F5
Skaičiuotini slėgio nuostoliai filtre: 76 Pa
Rekomenduojama keisti filtrus: 131 Pa

Matmenys b x h x d: 490x490x635 mm
Kišenių kiekis: 10
Filtrų kiekis: 4

Matmenys b x h x d: 490x592x635 mm
Kišenių kiekis: 10
Filtrų kiekis: 4

Vandens oro šildytuvas

Cu-Al P60AC 2R-16T-2035A-3.0pa 8C 1 1/4"

Galingumas	[kW]	152,2
	[kcal/h]	130926

UAB Amalva, Ozo g. 10, Vilnius, Lithuania. <http://www.amalva.lt>

Standartinis oro srautas	[Sm ³ /h]	26000
Oro srauto greitis	[m/s]	3,5
Slėgio nuostoliai	[Pa]	32
Pradinė oro temperatūra	[°C]	2,8
Pradinė oro sant. drėgmė	[%]	98
Pašild. oro temperatūra	[°C]	20
Pašild. oro sant. drėgmė	[%]	31
Absoliutinė oro drėgmė	[g/kg]	4,49
Šilumnešis		Vanduo
Pradinė temperatūra	[°C]	80
Grižtamo temperatūra	[°C]	60
Debitas	[dm ³ /h]	6671
Hidrauliniai nuostoliai	[kPa]	15,6
Etilenglikolis pagal tūrį	[%]	0
Techniniai duomenys		
Vamzdeliai		Varis (Cu)
Plokštelės		Aluminis (Al)
Tūris	[m ³]	0,0161
Naudingas plotas	[m ²]	72,01
Atstumas tarp plokštelių	[mm]	3,0
Pajungimo vamzdžiai	["]	1 1/4"
Apribojimai		
Maks. leist. hydr. slėgis	[bar]	15
Maks. šilumnešio temp.	[°C]	100

Oro aušintuvas

Cu-Al P60AR 3R-16T-1975A-2.5pa 12C 1 1/2"

Galingumas	[kW]	50,0
	[kcal/h]	43000
Standartinis oro srautas	[Sm ³ /h]	26000
Oro srauto greitis	[m/s]	3,95
Slėgio nuostoliai	[Pa]	90
Pradinė oro temperatūra	[°C]	26,0
Pradinė oro sant. drėgmė	[%]	50
Atauš. oro temperatūra	[°C]	20,48
Atauš. oro sant. drėgmė	[%]	70
Absoliutinė oro drėgmė	[g/kg]	10,51
Šilumnešis		Vanduo
Pradinė temperatūra	[°C]	7
Grižtamo temperatūra	[°C]	12
Debitas	[dm ³ /h]	8594
Hidrauliniai nuostoliai	[kPa]	15,62
Etilenglikolis pagal tūrį	[%]	0
Kondensacija	[kg/h]	1,00
Techniniai duomenys		
Vamzdeliai		Varis (Cu)
Plokštelės		Aluminis (Al)
Tūris	[m ³]	0,0232
Naudingas plotas	[m ²]	124,82
Atstumas tarp plokštelių	[mm]	2,5
Pajungimo vamzdžiai	["]	1 1/2"
Apribojimai		

**Lašų gaudytuvas su drenažo vonele**

Skaičiuotini nuostoliai lašų gaudytuve	[Pa]	49
--	------	----

Ventiliatorius su dažnio keitikliu

Tipas		ER80C
Darbo rato diametras	[mm]	800
Oro srautas	[m ³ /h]	26000
Statinis slėgis	[Pa]	974
Bendras ventil. slėgis	[Pa]	1052
Naud. koeficientas	[%]	79
P(L)	[kW]	9,62
Apsisukimai	[1/min]	1277
Variklis		
Gamintojas		Siemens
Galia	[kW]	15
Apsisukimai	[1/min]	2940
Dažnis	[Hz]	50
Darbinis dažnis	[Hz]	22
Efektyvumas (prie 50Hz, 4/4 apkrovos)	[%]	90
Srovė (prie 400V, 50Hz)	[A]	26,5
Vieno greičio su dažnio keitikliu		
Absorb. el. variklio galia:	[kW]	11,75

Šalinamo oro srautas**Užsklanda su pavara**

Aluminio profilių uždaromoji oro užsklanda		
Slėgio nuostoliai	[Pa]	9
Pavaros tipas		SM24

Oro filtras:

Kišeninis oro filtras
 Filtravimo klasė: G3
 Skaičiuotini slėgio nuostoliai filtre: 80 Pa
 Rekomenduojama keisti filtrus: 125Pa

Matmenys bxxhxd: 490x490x360 mm
 Kišenių kiekis: 6
 Filtrų kiekis: 4

Matmenys bxxhxd: 490x592x360 mm
 Kišenių kiekis: 6
 Filtrų kiekis: 4

Ventiliatorius su dažnio keitikliu

Tipas		ER80C
Darbo rato diametras	[mm]	800
Oro srautas	[m ³ /h]	26000
Statinis slėgis	[Pa]	807
Bendras ventil. slėgis	[Pa]	886
Naud. koeficientas	[%]	78,1
P(L)	[kW]	8,19
Apsisukimai	[1/min]	1217



Variklis		
Gamintojas		Siemens
Galia	[kW]	11
Apsisukimai	[1/min]	1459
Dažnis	[Hz]	50
Darbinis dažnis	[Hz]	42
Efektyvumas (prie 50Hz, 4/4 apkrovos)	[%]	88,5
Srovė (prie 400V, 50Hz)	[A]	21,5
Vieno greičio su dažnio keitikliu		
Absorb. el. variklio galia:	[kW]	10,17

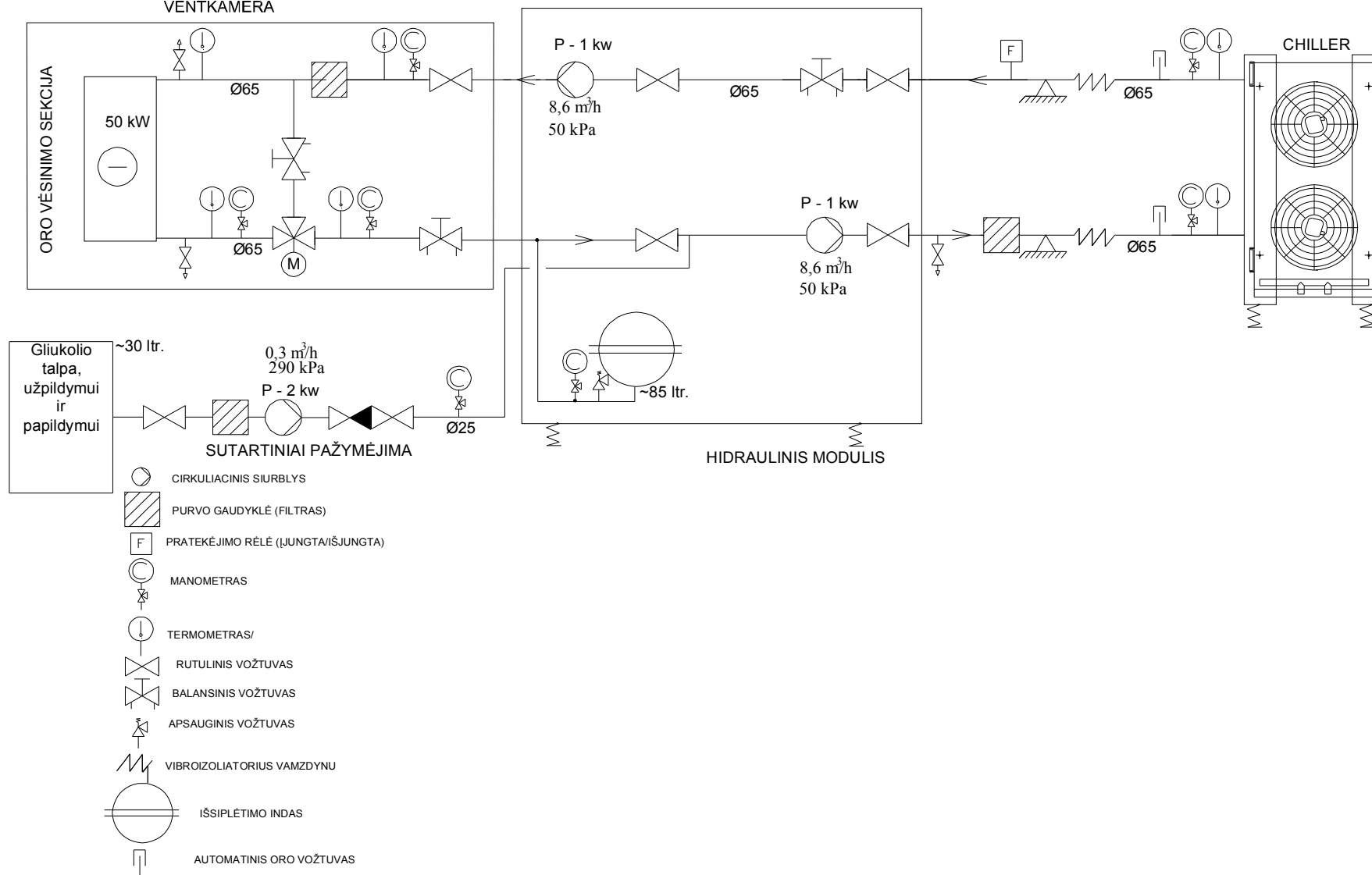
Akustiniai duomenys**Garso lygis****Į ortakius**

F[Hz]		Tiekiamo oro srautas		Šalinamo oro srautas	
		Įsiurbime	Išpūtime	Įsiurbime	Išpūtime
63	[dB]	75,2	85,2	78,2	84,2
125	[dB]	82,9	88,9	82,9	87,9
250	[dB]	84,5	92,5	85,5	91,5
500	[dB]	85,2	92,2	86,0	91,0
1000	[dB]	78,1	88,1	81,0	87,0
2000	[dB]	66,8	83,8	74,6	82,6
4000	[dB]	61,3	79,3	69,2	78,2
8000	[dB]	52,8	74,8	61,7	73,7
dB(A)		84,3	93,3	86,2	92,2

Į aplinką

63	[dB]	72,2
125	[dB]	74,9
250	[dB]	71,5
500	[dB]	64,2
1000	[dB]	59,1
2000	[dB]	56,8
4000	[dB]	51,3
8000	[dB]	42,8
dB(A)	[dB]	67,5

Detali esamosios šaldymo stoties schema
VENTKAMERA



Šilumokaičio techninės charakteristikos



Project references :

Dated : 04/12/2007

Page : 1 / 106

Client :

Contact :

Your reference :

Your contact :

Phone :

e-mail :

Fax :

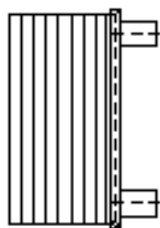
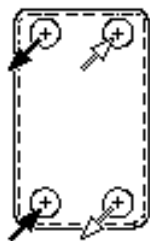
EXEL HEAT EXCHANGER

EXL 14 70 SR

Very economic heat exchanger for its basic cost, easy installation and maintenance. Very light and compact it is easy to install. EXEL has a very high pressure withstand because it is entirely brased.

Duty 8,3 kW

	MEG 35%	Water
Inlet / outlet temperature	19 / 15 °C	14,5 / 17 °C
Flow	1,98 m³/h	2,85 m³/h
Pressure drop	0,895 kPa	1,07 kPa
Fouling	0,000005 m²K/W	0,000005 m²K/W
Working pressure / design	3,6 / 4 bar	3,6 / 4 bar
Inlet/outlet piping	With groove	Without groove



Dimensions (L x w x h)	206 x 265 x 528 mm
Empty weight	37 kg
Total volume :	15.6 l
Plates	Stainless 316
Brazings	Copper
Connections st. steel 316 mm	By brazing 54 or 53.98 mm
Fluids circulation	Counter flow

Construction in accordance with our standard
PED 97/23/EC hot/cold : Article 3.3 / Article 3.3

Control factory

Our units are guaranteed against all manufacturing faults but we are not responsible in case of corrosion

Description	Quantity	Price per unit Without taxes
EXL 14 70 SR	1	3 119,00 EUR

As per our general sales conditions in your possession

Validity of prices : 1 month

Šilumokaičio techninės charakteristikos



Project references :

Dated : 03/12/2007

Page : 1 / 106

Client :

Contact :

Your reference :

Your contact :

Phone :

e-mail :

Fax :

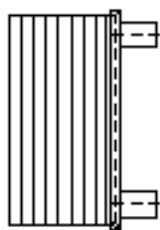
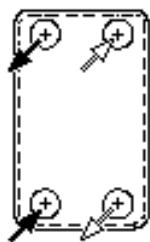
EXEL HEAT EXCHANGER

EXL 14 70 SR

Very economic heat exchanger for its basic cost, easy installation and maintenance. Very light and compact it is easy to install. EXEL has a very high pressure whistand because it is entirely brased.

Duty 12,4 kW

	MEG 35%	Water
Inlet / outlet temperature	19,5 / 18,1 °C	17,1 / 19 °C
Flow	8,60 m³/h	1,80 m³/h
Pressure drop	9,45 kPa	0,78 kPa
Fouling	0,000005 m²K/W	0,000005 m²K/W
Working pressure / design	3,6 / 4 bar	3,6 / 4 bar
Inlet/outlet piping	With groove	Without groove



Dimensions (L x w x h)	206 x 265 x 528 mm
Empty weight	37 kg
Total volume :	15.6 l
Plates	Stainless 316
Brazings	Copper
Connections st. steel 316 mm	By brazing 54 or 53.98 mm
Fluids circulation	Counter flow

Construction in accordance with our standard
PED 97/23/EC hot/cold : Article 3.3 / Article 3.3

Control factory

Our units are guaranteed against all manufacturing faults but we are not responsible in case of corrosion

Description	Quantity	Price per unit Without taxes
EXL 14 70 SR	1	3 119,00 EUR

As per our general sales conditions in your possession

Validity of prices : 1 month

Naujosios, vandeniu vėsinamos, šaldymo mašinos techninės charakteristikos



References :

Dated : 22.01.2008

Page : 1 / 106

Client :

Contact :

Your reference :

Your contact :

Phone :

E-mail :

Fa:

DYNACIAT 150V R410A série LG/LGP*Compact design and silent unit - Scroll compressors - Brazed plates exchanger**Control by microprocessor electronic module.*

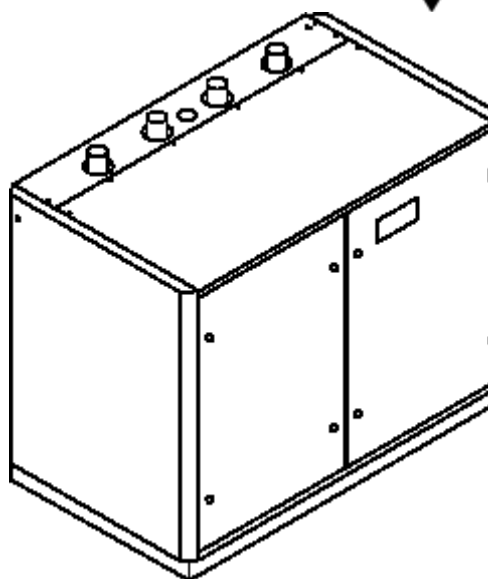
As per technical brochure N° CAT

Refrigerant : R410A
 Number of refrigerant circuits : 1
 Cooling capacity control : 100-0 %
 Starting mode : direct

Cooling capacity : 50,5 kW
EER (ESEER) : 5,30 (5,31)
 Fluid : MEG(40%)
 Inlet / Outlet temperature : 12,0 0C / 7,0 0C
 Flow rate : 8,6 m3/h
 Pressure drop : 73,1 kPa
 Connection diameter : G 1"1/4 mâle

Heating capacity : 54,8 kW
COP : 6,30
 Fluid : Water
 Inlet / outlet temperature : 25,0 0C / 30,0 0C
 Flow rate : 9,4 m3/h
 Pressure drop : 47,2 kPa
 Connection diameter : G 1"1/2 mâle

Total absorbed power : 8,7 kW
 Electrical supply : 400V / 3ph 50Hz
 Maximum nominal current : 28,0 A
 Starting current : 198 A
 Starting current with SOFT START option : 118 A

**DIMENSIONS AND WEIGHT**

Length : 798 mm	Width : 883 mm	Height : 1 201 mm
Empty weight : 300 kg	Operating weight : 312 kg	

SOUND POWER LEVEL (Lw)						
Sound power level spectrum (dB Lin)						Lw Global sound level
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	
78	74	72	67	60	64	
						70 dB(A)

Sound power level : reference 10E-12 W, tolerance +/-3 dB.

SOUND PRESSURE LEVEL (Lp) (*)						
Sound pressure level spectrum (dB Lin)						Lp Global sound level
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	
47	43	41	36	29	33	
						39 dB(A)

Sound pressure level : reference $2 \cdot 10E-5$ Pa, tolerance +/-3 dB.

As per norm ISO 3744 $L_p = L_w - 10 \log S$

(*) (at 10 m, at 1,5 m from the ground, in free field, directivity 2. Acoustics sound pressure levels depend of installation design and they are given like indicative values. We remind that you have to compare acoustic sound power levels, only certified and reliable values.

Description	Quantity	Price per unit Without taxes EUR
DYNACIAT 150V R410A série LG/LGP	1	9 072,00 EUR
Options at extra cost :		
• Phases control relay (rotation - no phase - over and undervoltage)	1	230,00 EUR

As per our general sales conditions in your possession. Technical modifications reserved.

Validity of prices : 1 month.

STANDARD EQUIPMENTS INCLUDED :

- **Water flow switch**
- **Main safety switch**
- **Rs 485 output - MODBUS - JBUS protocol**
- **Running timer**
- **Antivibration mounts**

We stay at your disposal to propose you a maintenance contract for all our units (France only)

Fitting of water filter (minimum 600 microns) on hydraulic circuits (s) in order to protect heat exchangers.

#Filtre proposé en option, tenir compte des pertes de charge correspondantes pour le choix de la pompe de circulation.

Minimum water capacity of the installation 299 l, for a correct operation of the unit.

Minimum chilled water capacity calculation is made for EUROVENT standard conditions

Note:

Installations with important thermal variation or industrial process designed to supply very constant, may favour the use of a tankbuffer tank

Plan for control between the unit and the circulation pump(s)

Evaporator water flow must be between 4,8 and 14,6 m³/h

Condenser water flow must be between 4,1 and 11,1 m³/h

TECHNICAL DESCRIPTION

DYNACIAT 150V R410A série LG/LGP

Unit in accordance with directives :

- Machines (89/37 CEE modified)
- CEM (89/336 CEE) 92/31 CEE - 93/68 CEE
- 73/23 CEE 93/68CEE
- PED 97/23/EC : Category II

Unit in accordance with norms :

- EN 60-204 - EN 378-2

- 1 REFRIGERANT CIRCUIT(S)

- 1 SCROLL HERMETIC COMPRESSOR(S)

- Centrifugal oil pump , oil sight glass , motor cooled by suction gas , motor protection by internal winding thermostat
- **Compressors mounted on antivibration mounts**

- 1 BRAZED PLATES EVAPORATOR(S)

Total water capacity 3,6 I

- End plates and internal plates in stainless steel AISI 316
- High efficiency optimised plates profile
- Thermal insulation
- **Plan a water filter of 600 microns min.**

- 1 BRAZED PLATES CONDENSER(S) Total water capacity 4,1 I

- End plates and internal plates in AISI 316 stainless steel
- High efficiency optimised plates profile
- **Plan a water filter of 600 microns minimum**

(in accordance with norms NF C15100 and EN 60204)

- Main safety switch
- **Control transformer**
- **Electrical panel wiring numbering**
- Protection of the power and control electrical circuits
- Compressor(s) motor(s) contactor(s)
- Main earth plug

- USER-FRIENDLY CONNECT MICROPROCESSOR

USER-FRIENDLY CIAT CONECT DISPLAY AND CONTROL SYSTEM

ensuring the following functions :

- **Display for all information on 2 lines of 20 characters LCD screen (pressures- temperatures- running time...)**
- **Direct access to the reading and the value of each parameter**
- Water temperature control (exchanger outlet or inlet)
- Possibility of the set point drift according to external temperature (energy saving function)
- Condensing pressure control
- **Remote double set point adjustment of chilled water**
- Antishort cycle control
- Counting and balancing of compressors running time
- Compressors starting number control
- **Possibility to control the unit by remote management (RS 485 output in standard- MODBUS / JBUS protocol)**

Available inputs with free voltage contacts :

- External ON / OFF contacts (pumps and units)

- Compressors load shedding
- Switchable set point 1 / set point 2 Heating/Cooling switch over

Available outputs with free voltage contacts :

- General fault

FREE CONTACT RELAY CARD option (kit delivered separately)

Available voltage free contacts :

- Water flow fault
- Antifreeze fault
- Pump fault
- Fan fault (package unit with air cooled condenser only)
- High pressure fault
- Low pressure fault
- Compressor safety fault
- Compressor running

REMOTE CONTROL BOX option (kit delivered separately)

- Ensure the same functions than the one installed on the unit
- Can be installed until 1000 meters

Phases control relay (option) :

- Phases rotation direction control
- Detection of no phase
- Control of over and under voltage

Option for MANAGEMENT OF SEVERAL UNITS MULTICONNECT (kit delivered separately)

Main available functions :

- Management up to 8 units on the same water loop
- Cooling or heating mode management
- Management of chilled water or hot water pump
- Management of safety unit
- Load shedding of units
- Time programming of the installation
- Management of ice storage mode
- Faults management of each unit
- Balancing of the running time of each unit
- Integrated GTC MODBUS-JBUS connection allowing to get running and faults status of each unit

- STANDARD ELECTRICAL SUPPLY

400V / 3ph 50Hz + Earth

- STANDARD REFRIGERANT ACCESSORIES

- Filter dryer(s)
- Thermostatic(s) expansion valve(s)
- Sight glass(es)

- CONTROL AND SAFETY DEVICES

- High and low pressure safety switches
- **Evaporator water flow switch**
- Evaporator anti-freeze sensor
- Hot water control sensor
- Chilled water control sensor
- External sensor temperature

- UNIT CONSTRUCTION

- Packaged unit
- Casing with RAL7024 - RAL 7035 lacquered galvanised metal sheet
- Removable access panels for an easy maintenance
- Connections at the top of the unit for an easy installation and reduction of the ground area of the unit

- Special antivibration assembly for lower sound level

**Unit delivered in operating order, settings and tests made in factory before delivery.
Design and manufacture following ISO 9001 certification**

Vandens gerinimo įrenginys (filtras)

1. Filtro paskirtis.

Automatiškai regeneruojamas (savaimė atsiplaunantis) filtras AM-5010 skirtas šalinti iš vandens mechanines priemaišas (smėlį, smulkias mechanines daleles, rūdis) ir koloidines kilmės medžiagas. Minėtas priemaišas ir medžiagas „sulaiko“ filtro korpusė esantis filtravimo užpildas, o vėliau automatiškai pašalina į drenažą (kanalizaciją) atbulinio praplovimo metu. Išsamiau apie automatiškai atsiplaunančių užpilamųjų filtrų veikimą žiūrėkite.

2. Naudojimas.

Automatinis mechaninio valymo filtras AM-3130 veikia Single darbo režimu ir naudojamas tais atvejais kai išvalyto vandens poreikis nėra didelis ((pilnai atidarytas standartinis 1 vandens maišytuvas (0,7m³/h) arba 2 maišytuvai nepilnai)), o tokio vandens tiekimas nebūtinai ištisą parą. Toks įrenginys pvz. gali būti montuojamas kotedžose ar privačiose namų valdose, kai vandenyje aptinkamas didelis vandens drumstumas ar mechaninių priemaišų kiekis. Filtras naudojamas siekiant apsaugoti nuo abrazyvinio susidėvėjimo ir priešlaikinių vamzdyno, santechninės įrangos, buitinės technikos (indaplovių, skalbimo mašinų, vandens šildymo įrengimų) gedimų, t.p. naudojamo ir vartojamo vandens savybėms pagerinti.

3. Įrangos komplektacija.

3.1. Sistema sukomplektuota automatinio valdymo vožtuvu 5000F. Gamintojas „FLECK Controls“, JAV padalinys Prancūzijoje. Veikimo principas, sandara, reguliavimas ir nustatymas pateikti naudojimo Instrukcijoje.

3.2. Filtravimo įrangos „bazė“ - standartinis korpusas 10x54" pagamintas iš polietileno ir apipintas stiklo pluošto siūlais. Gaminys atitinka higienos, saugumo bei technologinius reikalavimus.

3.3. Filtravimo terpė: įvairių struktūrų, tankio ir dydžio kvarcinis smėlis ir antracitas.

4. Filtro montavimas.

Montavimo darbai vykdomi laikantis „Automatinių užpilamųjų filtrų montavimo, nustatymo, paleidimo eksploatacijai ir garantinio aptarnavimo INSTRUKCIJA“ reikalavimų, kuri pristatoma kartu su įranga.



5. Veikimo principas

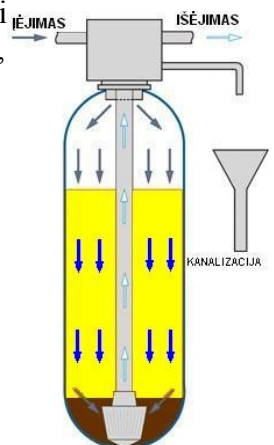
Užpilamojo filtro be cheminės regeneracijos veikimas.

Šiam, gana dažnai pasitaikančiam, regeneruojamųjų vandens filtrų tipui priklauso, pavyzdžiui, mechaninio valymo filtri (AM tipo), oksiduojantys filtri, šalinantys geležį (AGO tipo), adsorbciniai (anglies) filtri (AA tipo).

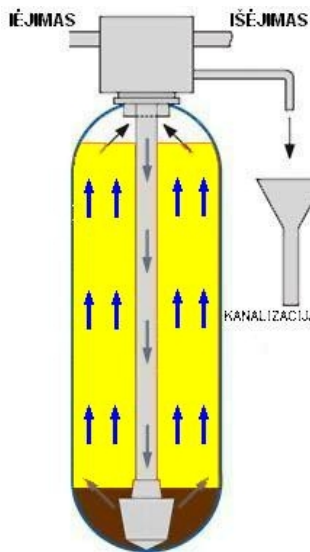
Visų šių filtrų sandara yra panaši (žr. skyrių „Vandens filtro sandara“) ir turi vienodą veikimo algoritmą, kuris sudarytas iš žemiau aprašytų ciklų.

1. Vandens valymas (Service)

Vandens valymo ciklas. Nevalytas vanduo per padavimą patenka į filtrą, prateka pro filtruojančio užpilo sluoksnį ir išvalytas pro apatinį skirstytuvą ir centrinį vamzdį patenka į išleidimo (valyto vandens) liniją.



Ciklo trukmė priklauso nuo vandens taršos lygio ir filtravimo užpildo rūšies, tačiau šis ciklas nesitęsia ilgiau kaip 6 – 7 dienas.



2. Atbulinis praplovimas (Backwash)

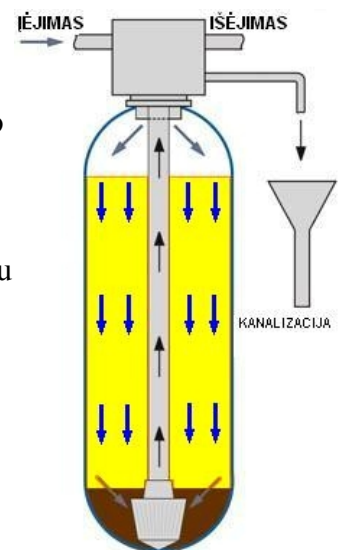
Intensyvaus filtruojančiosios terpės atgalinio plovimo ciklas. Iš esmės šis ciklas ir yra regeneracijos ciklas, t.y. užpildo filtravimo savybių atstatymo ciklas. Dėl to tokio tipo filtrai dažnai vadinami „vandens filtrai su atbuliniu praplovimu“. Neišvalytas vanduo iš įeigos centriniu vamzdžiu ir pro apatinį skirstytuvą patenka iš filtruojančiojo užpildo apačios priešinga vandens srautui valymo cikle kryptimi (iš čia ir plovimo pavadinimas – „atbulinis“), supurena užpildą ir išplauna susikaupusius nešvarumus. Nešvarus vanduo patenka į išleidimo sistemą. Išlieka galimybė vandeniui patekti į sistemos išleidimo angą (dėl priešgaisrinio saugumo), tačiau vanduo neišvalytas tekės tiesiai filtru, todėl regeneracijos metu tokį vandenį naudoti nepatartina.

Trukmė – 5-20 minučių.

3. Spartusis plovimas (Rapid rinse)

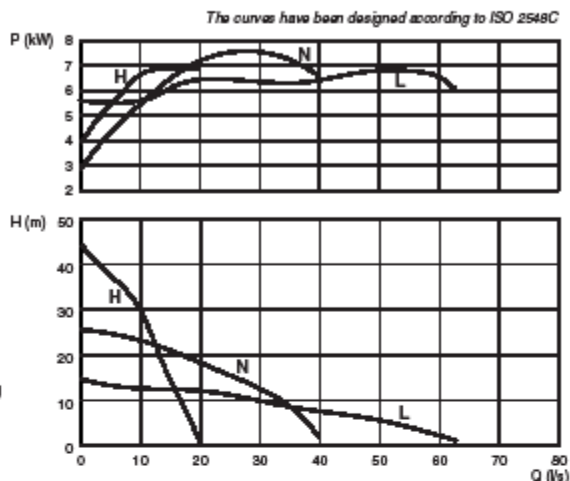
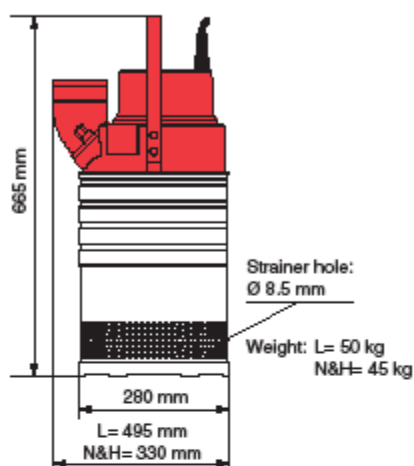
Plovimas vyksta ta pačia kryptimi, kaip ir vandens valymo ciklo metu, tačiau vanduo išteka ne pro išleidimo angą, o išleidžiamas į kanalizaciją. Šio plovimo paskirtis – išleisti į kanalizaciją likusius nešvarumus ir pirmąją dalį išvalyto vandens. Spartusis plovimas taip pat šiek tiek sutankina filtruojamosios terpės sluoksnį, todėl kartais yra vadinamas „suspaudimo“ plovimu. Išlieka galimybė vandeniui patekti į sistemos išleidimo angą (dėl priešgaisrinio saugumo), tačiau tokį vandenį šiame etape naudoti nepatartina.

Ciklo trukmė – 5-10 minučių.



Vandens padavimo siurblio techninės charakteristikos

No: PD004	Revision 2 2001.08	GRINDEX
MAJOR		
Electrical submersible drainage pump	50 Hz	www.grindex.com
		PROLINE

**Pump types**

N: Normal pressure
H: High pressure
L: High flow

Classification

Electrical submersible pump
Protection class: IP68
Max. submersion depth: 20 m

Electrical motor

Squirrel cage induction motor
Insulation class: F (IEC 85)

Technical data

Shaft speed	r.p.m.	2800
Rated output	kW	6.1
Max. power cons.	kW	7.6
Rated current A at		
230 V	21	
400 V	12	
500 V	9.7	

Other voltages on request

Motor protector

Phase sequence control, phase failure guard, temperature guard with thermal contacts in the stator, airvalve (= SMART-system)

Power cable

H07RN-F, length 20 m
4x4 mm², U = 230 V
4x2.5 mm², U > 230 V

Shaft seals

Double mechanical face seals with an oil compartment between the seals
Material lower seal: Silicon carbide - silicon carbide
Material upper seal: Carbon - silicon carbide

Bearings

Lower: Double angular contact ball bearing with C3 clearance
Upper: Ball bearing with C3 clearance

Discharge connections

Hose, BSP or NPT
N: 4"
H: 3"
L: 6"

Materials

Casted parts	Aluminium
Outer casing	Stainless steel
Motor shaft	Stainless steel
Impeller	Cr-alloyed white cast iron
Screws and nuts	Stainless steel
Diffusers	Polyurethane or nitrile rubber

Accessories

Tandem connection
Low suction collar
Zinc anodes
Float switch

Limitations

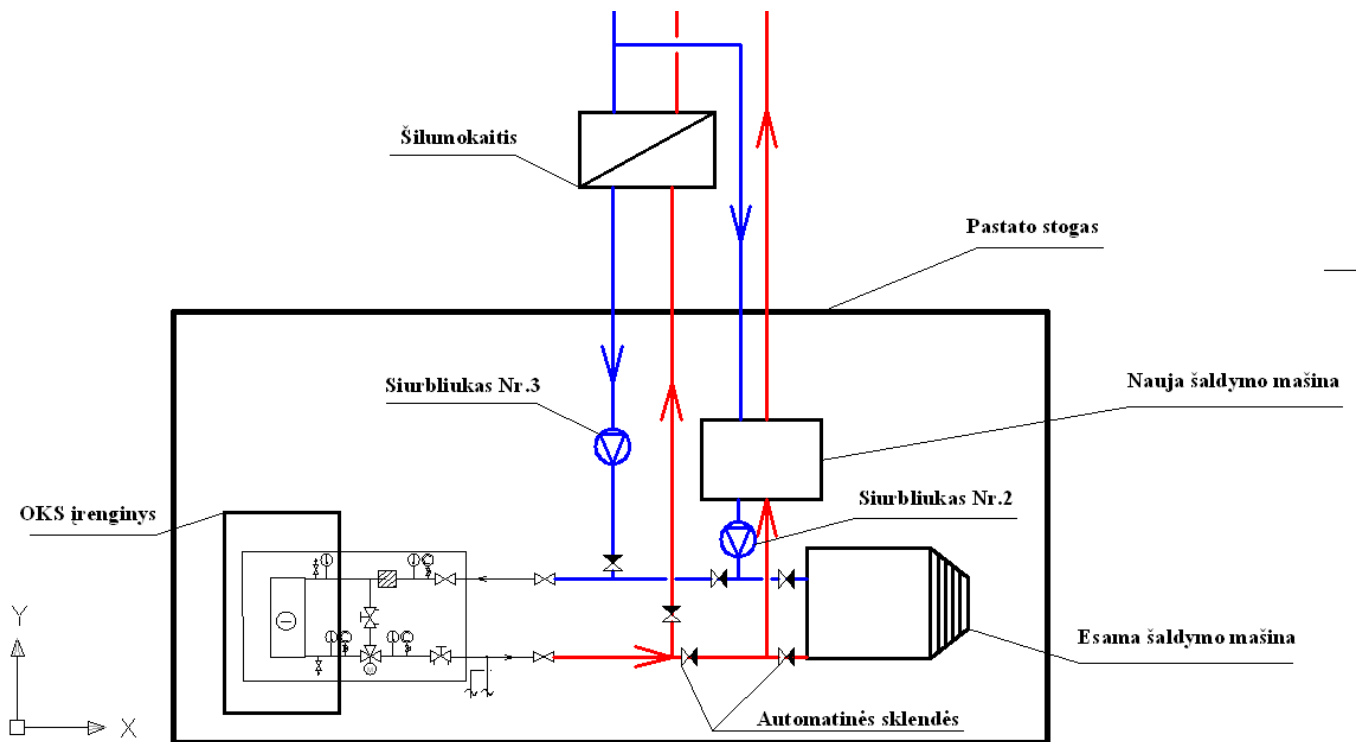
Max. submersion depth: 20 m
Max. liquid temperature: 40°C
Max. liquid density: 1100 kg/m³
pH of the liquid: 5-8

Specifications can be changed without notice.

GRINDEX

Grindex AB	Box 538	SE-136 25 Haninge	Sweden
Tel: +46 8 606 66 00		Fax: +46 8 745 53 28	
e-mail: grindex@grindex.com		www.grindex.com	

Principinė naujos oro vėsinimo sistemos prijungimo schema



Phone Telefax		Tender text	WILO	
Customer		Project	Page 1 / 2	
Customer no.		Project no.	Date 2008-01-22	
Contact		Location		
Care of				

Item	Qty.	Description	Price gr.	Price [EUR]	Price [EUR]
1		System: Standard pump Wilco-TOP-S 50/10 3~ PN 6/10 3-Speed Glandless Pump Energy efficiency class: C Glandless inline circulating pump, suitable for pipe-supported installation. Thermal shell insulation as standard. Manual 3-speed control. Suitable for connections to mains power supply 1 ~ 230 V, 50 Hz (up to P2 = 180 W) or 3 ~ 400 V, 50 Hz. Pumps with 1 ~ motor: Non overloading up to P2 = 90 W or P2 = 180 W with full motor overload protection by means of thermal winding contacts (WSK) when used in conjunction with Wilo SK 602/622 contactor box. Pumps with 3 ~ Motor: Non overloading up to P2 = 90 W, with run pilot light and electronic rotation control or from P2 = 180 W upwards with integrated motor overload protection including trip electronics with run and fault lights, volt-free collective fault signal and electronic rotation control. Cast iron body, fibre reinforced PP impeller, stainless steel shaft running in carbon sleeve bearings. Fluid : Water, pure 100 % Flow rate : 8,60 m³/h Total head : 9,06 m Fluid temperature range : -20 °C to + 130 °C (140 °C short-term) (with Protect-Module from -20 °C to +110 °C) Working/rated pressure : /PN10 Mains power : 3~400V/50Hz Max. power input P1 : 0,881 kW Max. speed : 2700 1/min Degree of protection : IP 44 Pipe connections : DN 50/PN10 Make : Wilo Type : Wilco-TOP-S 50/10 3~ PN 6/10 Item number : 2046608	W2	1125,00	1125,00
				Subtotal:	1125,00
Total net price		VAT in %	Total gross price		
1125,00 EUR		19	1338,75 EUR		

Phone Telefax	TOP-S 50/10 3~ PN 6/10 System: Standard pump																																									
Customer Customer no. Contact Care of	Project Project no. Position no. Location	Page 2 / 2 Date 2008-01-22																																								
		Requested data <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Flow</td> <td>8,6</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Head</td> <td>9,06</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Fluid</td> <td colspan="2">Water, pure</td> </tr> <tr> <td>Fluid temperature</td> <td>20</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Density</td> <td>998,2</td> <td>kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Kinematic viscosity</td> <td>1,001</td> <td>mm²/s</td> </tr> <tr> <td>Vapor pressure</td> <td>10</td> <td>kPa</td> </tr> </table>	Flow	8,6	m³/h	Head	9,06	m	Fluid	Water, pure		Fluid temperature	20	°C	Density	998,2	kg/m³	Kinematic viscosity	1,001	mm²/s	Vapor pressure	10	kPa																			
Flow	8,6	m³/h																																								
Head	9,06	m																																								
Fluid	Water, pure																																									
Fluid temperature	20	°C																																								
Density	998,2	kg/m³																																								
Kinematic viscosity	1,001	mm²/s																																								
Vapor pressure	10	kPa																																								
		Pump data <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Make</td> <td colspan="2">WILO</td> </tr> <tr> <td>Type</td> <td colspan="2">TOP-S 50/10 3~</td> </tr> <tr> <td>Pump type</td> <td colspan="2">Single head pump</td> </tr> <tr> <td>Pressure rating</td> <td colspan="2">PN10</td> </tr> <tr> <td>Min. fluid temperature</td> <td>-20</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Max. fluid temperature</td> <td>130</td> <td>°C</td> </tr> </table>	Make	WILO		Type	TOP-S 50/10 3~		Pump type	Single head pump		Pressure rating	PN10		Min. fluid temperature	-20	°C	Max. fluid temperature	130	°C																						
Make	WILO																																									
Type	TOP-S 50/10 3~																																									
Pump type	Single head pump																																									
Pressure rating	PN10																																									
Min. fluid temperature	-20	°C																																								
Max. fluid temperature	130	°C																																								
		Hydraulic data (duty point) <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Flow</td> <td>8,83</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Head</td> <td>9,58</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Power input P1</td> <td>0,672</td> <td>kW</td> </tr> <tr> <td>Speed</td> <td>2700</td> <td>1/min</td> </tr> </table>	Flow	8,83	m³/h	Head	9,58	m	Power input P1	0,672	kW	Speed	2700	1/min																												
Flow	8,83	m³/h																																								
Head	9,58	m																																								
Power input P1	0,672	kW																																								
Speed	2700	1/min																																								
		Minimum suction head <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Temperature</td> <td>50</td> <td>95</td> <td>110</td> <td>130</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Minimum suction head</td> <td>3</td> <td>10</td> <td>16</td> <td>29</td> <td>m</td> </tr> </table>	Temperature	50	95	110	130	°C	Minimum suction head	3	10	16	29	m																												
Temperature	50	95	110	130	°C																																					
Minimum suction head	3	10	16	29	m																																					
		Materials / Shaft seal <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Housing</td> <td>Cast iron</td> </tr> <tr> <td>Shaft</td> <td>X 40 Cr 13</td> </tr> <tr> <td>Impeller</td> <td>Fiber-reinforced PP</td> </tr> <tr> <td>Bearing</td> <td>Metal impregnated carbon</td> </tr> </table>	Housing	Cast iron	Shaft	X 40 Cr 13	Impeller	Fiber-reinforced PP	Bearing	Metal impregnated carbon																																
Housing	Cast iron																																									
Shaft	X 40 Cr 13																																									
Impeller	Fiber-reinforced PP																																									
Bearing	Metal impregnated carbon																																									
		Dimensions <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>a2</td> <td>91</td> <td>l0</td> <td>280</td> <td>dL1</td> <td>14</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a1</td> <td>67</td> <td>l1</td> <td>223</td> <td>dL2</td> <td>19</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b1</td> <td>101</td> <td>n</td> <td>4</td> <td>kL1</td> <td>110</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b2</td> <td>123</td> <td>d</td> <td>102</td> <td>kL2</td> <td>125</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b3</td> <td>110</td> <td>D</td> <td>165</td> <td>Pg</td> <td>2 x 13,5</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	a2	91	l0	280	dL1	14			a1	67	l1	223	dL2	19			b1	101	n	4	kL1	110			b2	123	d	102	kL2	125			b3	110	D	165	Pg	2 x 13,5		
a2	91	l0	280	dL1	14																																					
a1	67	l1	223	dL2	19																																					
b1	101	n	4	kL1	110																																					
b2	123	d	102	kL2	125																																					
b3	110	D	165	Pg	2 x 13,5																																					
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Suction side</td> <td>DN 50</td> <td>/ PN 6/10</td> </tr> <tr> <td>Discharge side</td> <td>DN 50</td> <td>/ PN 6/10</td> </tr> <tr> <td>Weight</td> <td>18,5</td> <td>kg</td> </tr> </table>	Suction side	DN 50	/ PN 6/10	Discharge side	DN 50	/ PN 6/10	Weight	18,5	kg																															
Suction side	DN 50	/ PN 6/10																																								
Discharge side	DN 50	/ PN 6/10																																								
Weight	18,5	kg																																								
		Motor data <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Energy efficiency class</td> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rated power P2</td> <td>0,45</td> <td>kW</td> </tr> <tr> <td>Power input P1</td> <td>0,881</td> <td>kW</td> </tr> <tr> <td>Nominal speed</td> <td>2700</td> <td>1/min</td> </tr> <tr> <td>Rated voltage</td> <td colspan="2">3~400 V, 50 Hz</td> </tr> <tr> <td>Max. power consumption</td> <td>1,73</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Degree of protection</td> <td colspan="2">IP 44</td> </tr> <tr> <td>Permitted voltage tolerance</td> <td colspan="2">+/- 10%</td> </tr> </table>	Energy efficiency class	C		Rated power P2	0,45	kW	Power input P1	0,881	kW	Nominal speed	2700	1/min	Rated voltage	3~400 V, 50 Hz		Max. power consumption	1,73	A	Degree of protection	IP 44		Permitted voltage tolerance	+/- 10%																	
Energy efficiency class	C																																									
Rated power P2	0,45	kW																																								
Power input P1	0,881	kW																																								
Nominal speed	2700	1/min																																								
Rated voltage	3~400 V, 50 Hz																																									
Max. power consumption	1,73	A																																								
Degree of protection	IP 44																																									
Permitted voltage tolerance	+/- 10%																																									
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Item no. of standard version</td> <td>2046608</td> </tr> </table>	Item no. of standard version	2046608																																						
Item no. of standard version	2046608																																									

Reserves to change any technical data.

Software version 3.1.6 - 05.04.2007 (Build 19)

User group DE data status DE_2007

Phone Telefax		Tender text	WILO	
Customer		Project	Page 1 / 2	
Customer no.		Project no.	Date 2008-01-22	
Contact		Location		
Care of				

Item	Qty.	Description	Price gr.	Price [EUR]	Price [EUR]
1		System: Standard pump Wilo-TOP-S 25/10 3~ PN 10 3-Speed Glandless Pump Energy efficiency class: D Glandless inline circulating pump, suitable for pipe-supported installation. Thermal shell insulation as standard. Manual 3-speed control. Suitable for connections to mains power supply 1 ~ 230 V, 50 Hz (up to P2 = 180 W) or 3 ~ 400 V, 50 Hz. Pumps with 1 ~ motor: Non overloading up to P2 = 90 W or P2 = 180 W with full motor overload protection by means of thermal winding contacts (WSK) when used in conjunction with Wilo SK 602/622 contactor box. Pumps with 3 ~ Motor: Non overloading up to P2 = 90 W, with run pilot light and electronic rotation control or from P2 = 180 W upwards with integrated motor overload protection including trip electronics with run and fault lights, volt-free collective fault signal and electronic rotation control. Cast iron body, fibre reinforced PP impeller, stainless steel shaft running in carbon sleeve bearings. Fluid : Water, pure 100 % Flow rate : 8,60 m³/h Total head : 1,80 m Fluid temperature range : -20 °C to + 130 °C (140 °C short-term) (with Protect-Module from -20 °C to +110 °C) Working/rated pressure : /PN10 Mains power : 3~400V/50Hz Max. power input P1 : 0,400 kW Max. speed : 2610 1/min Degree of protection : IP 44 Pipe connections : 1"/G 1 ½/PN10 Make : Wilo Type : Wilo-TOP-S 25/10 3~ PN 10 Item number : 2061963	W2	479,00	479,00
Subtotal:				479,00	
Total net price		VAT in %	Total gross price		
479.00 EUR		19	570.01 EUR		

Phone Telefax	TOP-S 25/10 3~ PN 10 System: Standard pump	
Customer Customer no. Contact Care of	Project Project no. Position no. Location	Page 2 / 2 Date 2008-01-22

Requested data		
Flow	8,6	m³/h
Head	1,803	m
Fluid	Water, pure	
Fluid temperature	20	°C
Density	998,2	kg/m³
Kinematic viscosity	1,001	mm²/s
Vapor pressure	10	kPa

Pump data		
Make	WILO	
Type	TOP-S 25/10 3~	
Pump type	Single head pump	
Pressure rating	PN10	
Min. fluid temperature	-20	°C
Max. fluid temperature	130	°C

Hydraulic data (duty point)		
Flow	9,77	m³/h
Head	2,32	m
Power input P1	0,395	kW
Speed	2600	1/min

Minimum suction head						
Temperature	50	95	110	130		°C
Minimum suction head	0,5	5	11	24		m

Materials / Shaft seal	
Housing	EN-GJL 200
Shaft	X 40 Cr 13
Impeller	Fiber-reinforced PP
Bearing	Metal impregnated carbon

Dimensions							mm				
b1	68,5	a1	52								
b2	92	a2	72,5								
b3	102	Pg	2 x 13,5								
l0	180	G	G1 1/2								
l1	171,5										

Suction side	1"/G 1 1/2	/ PN 10
Discharge side	1"/G 1 1/2	/ PN 10
Weight	6,3	kg

Motor data		
Energy efficiency class	D	
Rated power P2	0,18	kW
Power input P1	0,4	kW
Nominal speed	2610	1/min
Rated voltage	3~400 V, 50	Hz
Max. power consumption	0,79	A
Degree of protection	IP 44	
Permitted voltage tolerance	+/- 10%	

Item no. of standard version	2061963
------------------------------	---------

Reserves to change any technical data.

Software version 3.1.6 - 05.04.2007 (Build 19)

User group DE data status DE_2007

1 lentelė. Esamosios ir alternatyviosios oro vėsinimo sistemų įrangos sudedamosios dalys

Esamoji oro vėsinimo sistema		Naujoji oro vėsinimo sistema	
<i>Įrenginio pavadinimas</i>	<i>Galia, kW</i>	<i>Įrenginio pavadinimas</i>	<i>Galia, kW</i>
Šaldymo mašina	P = 25 kW	Šaldymo mašina	P = 8,7 kW
Cirkuliacinis siurblys Nr.1	P = 2 kW	Vandens siurblys	P = 3,1 kW
Cirkuliacinis siurblys Nr.2	P = 1 kW	Cirkuliacinis siurblys Nr.2	P = 0,881 kW
Cirkuliacinis siurblys Nr.3	P = 1 kW	Cirkuliacinis siurblys Nr.3	P = 0,4 kW
	Viso: 29 kW		Viso: 13,08 kW

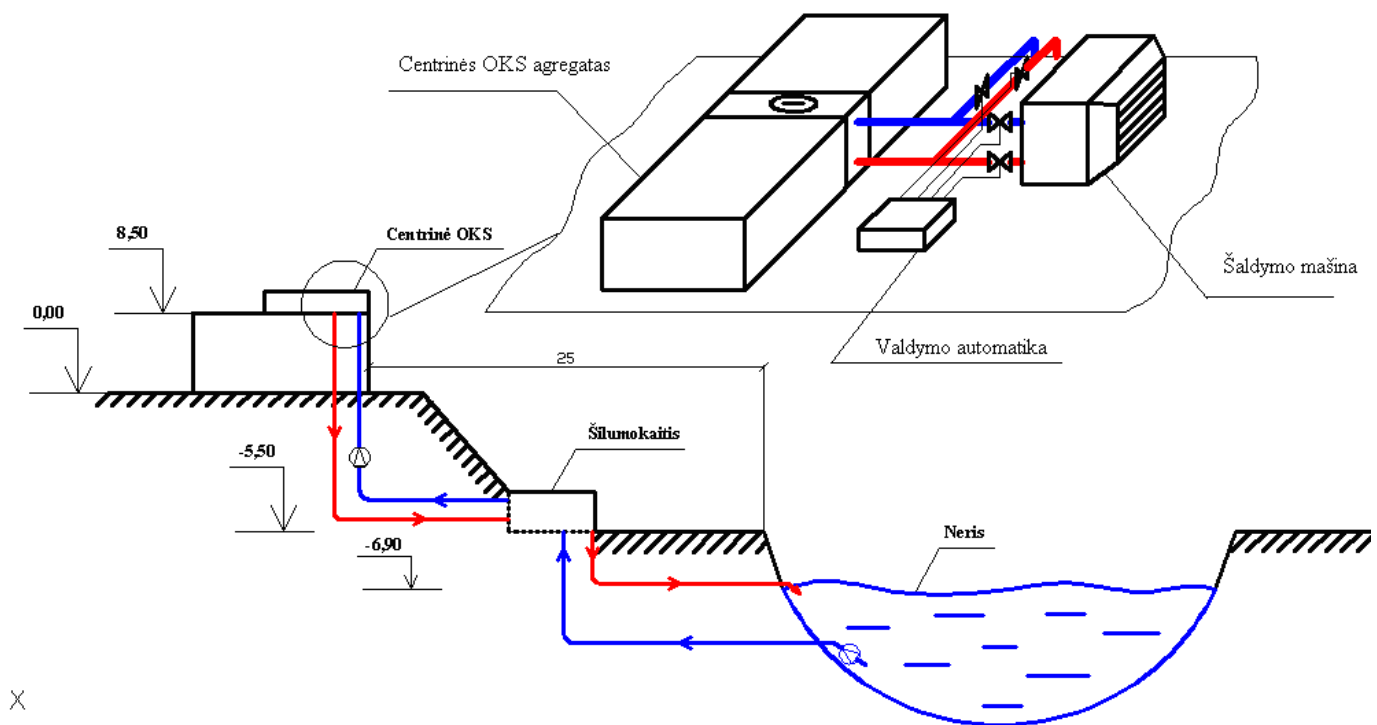
2 lentelė. Naujosios oro vėsinimo sistemos įdiegimo sąmata

Įranginio pavadinimas	Kaina, Lt.
Vamzdelinis šilumokaitis	10760
Vandeniui aušinama šaldymo mašina	31298
Vandens gerinimo įrenginys (filtras)	17200
Vandens padavimo siurblys	1900
Cirkuliacinis siurblys Nr. 2*	3881
Cirkuliacinis siurblys Nr. 3*	1652
Vamzdyno ilgis ~ 95 m.** (95 Lt./1m)	9025
Viso:	75716
Valdymo automatika 15 % nuo visos sumos	11357,4
Iš viso:	87073,4

Paaiškinimas:

*siurbLIAI pavaizduoti 9 priedo schemoje, kur pateiktas detalus naujos oro vėsinimo sistemos prijungimas ;

** atstumai pateikti 13.1 paveiksle.



13.1 pav. Principinė, natūralios vėsos prijungimo prie esamos orą vėsinančios sistemos, schema

Išmetalų (CO²) išsiskyrimas gaminant elektros energiją

K208	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
182											
183											
184											
185	Carbon dioxide	7150,1 kg		Carbon dioxide	1 kg CO2-Eq. / kg		7150,1				
186	Carbon monoxide	6,667 kg		Carbon monoxide	1,57 kg CO2-Eq. / kg		10,46719				
187	Chloroform	1,1E-06 kg		Chloroform	30 kg CO2-Eq. / kg		0,000033				
188	Dinitrogen monoxide	0,10393 kg		Dinitrogen monoxide	296 kg CO2-Eq. / kg		30,76328				
189	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	6,32E-17 kg		Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	1300 kg CO2-Eq. / kg		8,216E-14				
190	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	0,0832 kg		Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	9800 kg CO2-Eq. / kg		815,36				
191	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	0,000175 kg		Ethane, hexafluoro-, HFC-116	11900 kg CO2-Eq. / kg		2,0825				
192	Methane	23,50856 kg		Methane	23 kg CO2-Eq. / kg		540,69688				
193	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	0,00011 kg		Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	6900 kg CO2-Eq. / kg		0,759				
194	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	0,000164 kg		Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	1700 kg CO2-Eq. / kg		0,2788				
195	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	9,45E-05 kg		Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	14000 kg CO2-Eq. / kg		1,323				
196	Methane, dichloro-, HCC-30	2,34E-05 kg		Methane, dichloro-, HCC-30	10 kg CO2-Eq. / kg		0,000234				
197	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	0,00015 kg		Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	10600 kg CO2-Eq. / kg		1,59				
198	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	0,000246 kg		Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	210 kg CO2-Eq. / kg		0,05166				
199	Methane, tetrachloro-, CFC-10	1,37E-05 kg		Methane, tetrachloro-, CFC-10	1800 kg CO2-Eq. / kg		0,02466				
200	Methane, tetrafluoro-, FC-14	0,00157 kg		Methane, tetrafluoro-, FC-14	5700 kg CO2-Eq. / kg		8,949				
201	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	0,0007 kg		Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	4600 kg CO2-Eq. / kg		3,22				
202							8565,67 kg			277778 kWh	
203							0,031			1 kWh	
204											
205											
206											
207					2,77778E-13						
208					1kJ	0,000277778 kWh					
209					1TJ	1.000.000.000,00 kJ					
210						277778					
211						277778					