



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA

Andrius Timofejevas

**VISUOMENINIO PASTATO VANDENINĖS VĖSINIMO SISTEMOS
VEIKIMO REŽIMŲ ANALIZĖ**

**ANALYSIS OF OPERATING MODES OF WATER BASED COOLING
SYSTEM IN PUBLIC BUILDING**

Baigiamasis magistro darbas

Energetika ir termoinžinerija studijų programa, valstybinis kodas **62406T106**

Termoinžinerijos specializacija

Energetikos ir termoinžinerijos mokslo kryptis

Vilnius, 2010

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(parašas)

(vardas, pavardė)

(data)

Andrius Timofejevas

**VISUOMENINIO PASTATO VANDENINĖS VĖSINIMO SISTEMOS
VEIKIMO REŽIMŲ ANALIZĖ**

**ANALYSIS OF OPERATING MODES OF WATER BASED COOLING
SYSTEM IN PUBLIC BUILDING**

Baigiamasis magistro darbas

Energetika ir termoinžinerija studijų programa, valstybinis kodas **62406T106**

Termoinžinerijos specializacija

Energetikos ir termoinžinerijos mokslo kryptis

Vadovas

(Moksl.laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

(Moksl.laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

(Moksl.laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2010

Baigiamojo darbo užduotis

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA

ISBN ISSN
Egz. sk.: 2
Data: 2010 05 25

Magistro tezės

Visuomeninio pastato vandeninės vėsinimo sistemos veikimo režimų analizė

Andrius Timofejevas

Kalba

X lietuvių

Darbe nagrinėjama visuomeninio pastato vėsinimo sistema. Pastatas, kurio naudingas plotas 7900 m², yra Vilniaus mieste, jo vėsinimo sistemoje yra 268 ventiliatoriniai konvektoriai. Pasirinkti trys šių įrenginių hidraulinio aprišimo variantai: pastoviojo srauto sistema, kintamojo srauto sistema su rankiniais balansavimo ventiliais ir kintamojo srauto sistema su automatiniais balansavimo ir valdymo ventiliais. Lyginamos pradinės sistemų investicijos ir montavimo bei eksploatacijos išlaidos. Paprastai projektuojama ir plačiai paplitusi pastoviojo srauto sistema su triangiais ventiliais pagal visus kriterijus yra prasčiausia. Energijos tausojimo požiūriu išsiskiria sistema su automatiniais ventiliais. Susumavus 10 metų eksploatacijos išlaidas ir pradines investicijas, pastoviojo srauto sistema yra brangiausia. Kintamojo srauto sistema su rankiniais balansavimo ventiliais yra 20 %, o su automatiniais – 37 % pigesnė. Brangstant elektros energijai, šis skirtumas gali tik didėti. Galvojant apie energijos taupymą, efektyvų energijos naudojimą, CO₂ mažinimą ir globalų klimato atšilimą, pastoviojo srauto sistemos, sukurtos prieš kelis dešimtmečius, turės būti užmirštos ir reikės pereiti prie daug efektyvesnių automatinių sprendimų.

Vėsinimas, hidraulinis balansavimas, efektyvumas, energijos taupymas, aprišimo schemos, srautas.

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY
ENVIRONMENTAL ENGINEERING FACULTY
BUILDINGS DEPARTMENT OF ENERGY

ISBN ISSN
Nb cp. 2
Date: 2010 05 25

Master's thesis

Analysis of operating modes of water based cooling system in public building

Andrius Timofejevas

Language

X Lithuanian

An issue is a cooling systems analysis in a public building. Public building is situated in Vilnius city, area of 7900 m², installed 268 fan coils. The comparison is made modelling between constant flow, variable flow with manual balancing, and variable flow systems with automatic balancing control valves. Analysis is done for initial investment (installation costs) and operating costs. The calculation has showed advantages of variable flow. System with manual balancing and two way control valves comparing overall cost is 20% lower. System with automatic balancing control valves is 37% lower comparing to constant flow system with three way valves during 10 year period. Difference may be only bigger then electricity price increase.

Cooling, hydraulic balancing, efficiency, energy saving, application, flow.

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	8
LENTELIŲ SĄRAŠAS	9
PRIEDŲ SĄRAŠAS.....	10
IVADAS	12
1. VISUOMENINIŲ PASTATŲ VANDENINIO VĖSINIMO SISTEMŲ TIPAI, YPATUMAI IR GALIMOS PROBLEMOS	13
1.1. Pastoviojo srauto sistema.....	13
1.2. Kintamojo srauto sistema su rankiniais balansiniais ventiliais	13
1.3. Kintamojo srauto sistema su automatiniais balansiniais ventiliais.....	14
1.4. Mažas temperatūrų skirtumas.....	15
1.5. Ventilio charakteristika ir jos įtaka valdymui.....	16
1.6. Per didelio srauto susidarymas	20
1.7. Slėgio skirtumo reguliatorius	20
1.8. Automatinio balansavimo ir valdymo ventiliai	21
1.9. Standartinio valdymo ventilio ir automatinio balansavimo – valdymo ventilio veikimo palyginimas.....	23
1.10. Cirkuliacinio siurblio valdymo būdai	25
1.11. Darbo tikslas, prielaidos	26
2. PASTOVIOJO SRAUTO SISTEMOS ANALIZĖ	28
2.1. Gražinamojo srauto temperatūra	28
2.2. Energijos nuostoliai vamzdyne.....	28
2.3. Cirkuliacinio siurblio darbo analizė	30
2.4. Montavimo, srauto balansavimo sąnaudos.....	31
2.5. Investicijos.....	32
3. KINTAMOJO SRAUTO SISTEMOS SU RANKINIAIS BALANSINIAIS VENTILIAIS ANALIZĖ	33
3.1. Gražinamojo srauto temperatūra	33
3.2. Energijos nuostoliai vamzdyne.....	33
3.3. Cirkuliacinio siurblio darbo analizė	34
3.4. Montavimo, srauto balansavimo sąnaudos.....	34
3.5. Investicijos.....	35

4. KINTAMOJO SRAUTO SISTEMOS SU AUTOMATINIAIS BALANSAVIMO VENTILIAIS ANALIZĖ.....	37
4.1. Grąžinamojo srauto temperatūra	37
4.2. Energijos nuostoliai vamzdyne.....	37
4.3. Cirkuliacinio siurblio darbo analizė	38
4.4. Montavimo, srauto balansavimo sąnaudos	38
4.5. Investicijos.....	40
5. REZULTATŲ APIBENDRINIMAS	41
5.1. Grąžinamojo srauto temperatūra	41
5.2. Energijos nuostoliai vamzdyne.....	41
5.3. Cirkuliacinės sąnaudos	42
5.4. Montavimo, srauto balansavimo sąnaudos	43
5.5. Investicijos.....	43
5.6. Visų sąnaudų palyginimas	44
6. ATSIPIRKIMO SKAIČIAVIMAS	46
7. OBJEKTO PALYGINIMAS SU KITAIS PASTATAIS	47
IŠVADOS	49
LITERATŪRA	50
PRIEDAI	51

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Pastoviojo srauto sistema.....	13
2 pav. Kintamojo srauto sistema su rankiniais balansiniais ventiliais.....	14
3 pav. Kintamojo srauto sistema su automatiniais balansiniais ventiliais.....	14
4 pav. Sistema veikia 100 % galia.....	15
5 pav. Sistema veikia 50 % galia.....	16
8 pav. Įtakos skaičiavimo pavyzdys	17
9 pav. Valdymo ventilio tiesinė charakteristika	18
10 pav. Valdymo ventilio logaritminė charakteristika	18
11 pav. Slėgio pasiskirstymas tipinėje dviejų vamzdžių sistemoje	19
12 pav. Per didelio srauto susidarymas dėl atsiradusio laisvo slėgio tipinėje dviejų vamzdžių sistemoje	20
13 pav. Sistema su slėgio skirtumo reguliatoriais	21
13 pav. ABVV veikimo principas	22
14 pav. Sistema su ABVV tipo automatinio balansavimo ir valdymo ventiliu.....	22
15 pav. Tipinio VV ventilio ir ABVV ventilio darbo palyginimas. Abu ventiliai valdomi elektros pavara, 0 – 10 V signalu	24
16 pav. Naujos kartos ABVV ventilis	24
17 pav. Siurblio valdymo charakteristikos	25
18 pav. Matmenys	29
19 pav. Gražinamojo srauto temperatūra.....	41
20 pav. Vėsos nuostoliai vamzdyne	42
21 pav. Cirkuliacinių sąnaudų palyginimas.....	42
22 pav. Montavimo, balansavimo sąnaudos	43
23 pav. Investicijos	44
24 pav. Grafinis palyginimas.....	45
25 pav. Grafinis palyginimas.....	48

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Vamzdyno ilgiai.....	27
2 lentelė. Naudingas plotas.....	27
3 lentelė. Grąžinamojo srauto temperatūra pastoviojo srauto sistemoje	28
4 lentelė. Vėsos nuostoliai pastoviojo srauto sistemoje	30
5 lentelė. Pastoviojo srauto sistemos, cirkuliacinio siurblio darbo sąnaudos.....	30
6 lentelė. Pastoviojo srauto sistemos montavimo, balansavimo sąnaudos.....	31
7 lentelė. Įrangos kaina pastoviojo srauto sistemai	32
8 lentelė. Vėsos nuostoliai kintamojo srauto sistemoje su rankiniais balansavimo ventiliais.....	33
9 lentelė. Kintamojo srauto sistemos, su rankiniais balansavimo ventiliais cirkuliacinio siurblio darbo sąnaudos	34
10 lentelė. Kintamojo srauto sistemos montavimo, balansavimo darbų sąnaudos.....	35
11 lentelė. Įrangos kaina kintamojo srauto sistemai su rankiniais balansiniais ventiliais.....	35
12 lentelė. Vėsos nuostoliai kintamojo srauto sistemoje su automatiniais balansavimo ventiliais.....	37
13 lentelė. Kintamojo srauto sistemos, su automatiniais balansavimo, valdymo ventiliais cirkuliacinio siurblio darbo sąnaudos	38
14 lentelė. Kintamojo srauto sistemos su automatiniais ventiliais montavimo, balansavimo darbų sąnaudos	39
15 lentelė. Įrangos kaina kintamojo srauto sistemai su automatiniais ventiliais.....	40
14 lentelė. Visų sąnaudų palyginimas	44
17 lentelė. Investicijų atsipirkimas lyginant sistemas Nr.2 ir Nr.3.....	46
18 lentelė. Faktinių sąnaudų palyginimas	47

PRIEDŲ SĄRAŠAS

1 Priedas. EXEL TERPĖJE VEIKIANTI RANKINIŲ BALANSAVIMO VENTILIŲ SKAIČIUOTĖ	51
2 Priedas. ANALIZUOJAMOJO OBJEKTO ŽINIARAŠTIS	51
3 Priedas. TRIANGIŲ VENTILIŲ TECHNINIS APRAŠYMAS	51
4 Priedas. DVIANGIŲ VENTILIŲ TECHNINIS APRAŠYMAS	51
5 Priedas. RANKINIŲ BALANSINIŲ VENTILIŲ TECHNINIS APRAŠYMAS	51
6 Priedas. AUTOMATINIŲ BALANSAVIMO, VALDYMO VENTILIŲ TECHNINIS APRAŠYMAS	51
7 Priedas. STRAIPSNIS	51
8 Priedas. TIPINIO AUKŠTO PLANAS	51

SANTRUMPOS IR SUTRUMPINIMAI

ABVV – automatinis balansavimo valdymo ventilis

RB – rankinis balansinis

°C – laipsniai Celsijaus

COP – naudingo veiksmo koeficientas

Pav. - paveikslas

PVM – pridėtinės vertės mokestis

BV – balansavimo ventilis

VV – valdymo ventilis

Kvs – srautas per ventilių esant pilnam ventilio atidarymui, kai slėgio skirtumas 1 baras.

IVADAS

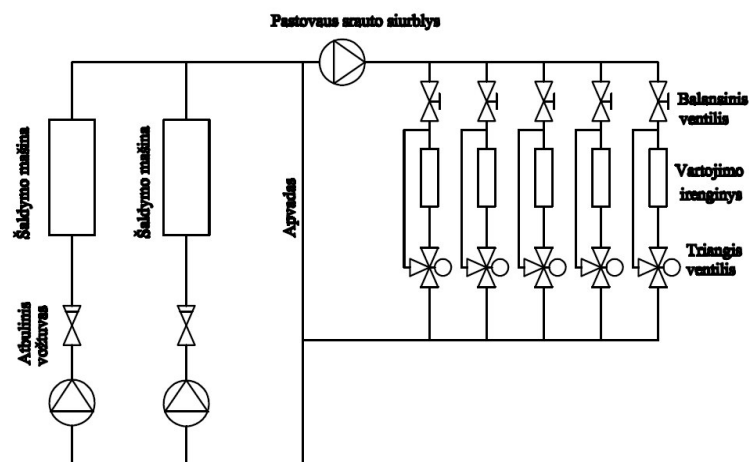
Šiuolaikiniams viešosios paskirties pastatams keliama aukšti patalpų mikroklimato reikalavimai. Patalpų oro kaita, nustatytosios vidaus temperatūros pasitelkus šildymo ir vėsinimo sistemas palaikymas, taip pat keičiantis oro sąlygoms gebėjimas nustatytus temperatūros parametrus laiko atžvilgiu palaikyti. Yra gana sudėtinga užduotis palaikyti tinkamą paros temperatūrą patalpoje, kai keičiasi ne tik išorės lauko temperatūra, bet ir žmonių skaičius, saulės spinduliuotės intensyvumas, kitų patalpų užimtumas, biuro technikos naudojimas, noras turėti skirtingus parametrus skirtingose patalpose. Seniau įrengtos sistemos dažniausiai neatitinka šiandieninių technologinių ar higieninių reikalavimų, nes yra neefektyvios. Įrenginiuose neefektyviai ir nuostolingai sunaudojama daug energijos. Nors ir moderni klimato kontrolės sistema, tačiau ji ne visada parenkama tinkamai, dažnai vadovaujama stereotipais, kurie buvo suformuoti seniai, esant ribotoms techninėms galimybėms, ir todėl šiandien, siekiant efektyviai naudoti energiją, ši pasenusi sistema nebegali būti taikoma. Projektuojant inžinerines sistemas, kita problema yra nesugebėjimas įvertinti sistemos, kaip nedalomos visumos. Prietaisai, reguliatoriai, vamzdynai ar šilumnešio ruošimo įranga parenkama tam tikroms projekcinėms sąlygoms ir retai kas analizuoja, kaip įranga, kai šilumos apkrova bus tik dalinė, veiks didžiąją eksploatavimo laiko dalį ir kaip šiuo atveju tarpusavyje sąveikaus sistemos elementai. O juk vėsinimo sistema beveik visą laiką veikia esant tik daliai apkrovai. Tipinės pasekmės gali būti šios: dideli temperatūros reguliuojamojoje patalpoje svyravimai, didelis sistemos keliamas triukšmas, mažas šilumnešio temperatūros skirtumas, per didelių šilumnešio srautų susidarymas sistemoje, dideli cirkuliacijos kaštai, trumpas valdymo ventilių tarnavimo laikas (greitas pavarų susidėvėjimas), būtinybė dažnai kartoti sistemos balansavimą, nepakankamas šilumnešio srautas kritiniams kontūrams.

Vandeninė vėsinimo sistema susideda iš vėsos gamybos, tiekimo ir vartojimo įrenginių. Visi jie turi būti tarpusavyje suderinti. Šiame darbe lyginamos keleto skirtingų šalčio sistemų montavimo, investicijų ir eksploatavimo išlaidos. Lyginimui pasirinktos trijų tipų sistemos. Tai pastoviojo srauto, kintamojo srauto su rankiniais balansiniais ir kintamojo srauto su automatiniais balansiniais valdymo ventiliais vėsinimo sistemos [5, 8, 14].

1. VISUOMENINIŲ PASTATŲ VANDENINIO VĖSINIMO SISTEMŲ TIPAI, YPATUMAI IR GALIMOS PROBLEMOS

1.1. Pastoviojo srauto sistema

Šiomis dienomis vis dar populiariausia yra pastoviojo srauto vėsinimo sistema. Šiuo atveju, nepriklausomai nuo kontūro šiluminės apkrovos, sistemoje ar jos dalyje palaikomas pastovus projektinis šilumnešio srautas. Tai pasiekama naudojant trianguis valdymo vožtuvus (1 pav.).



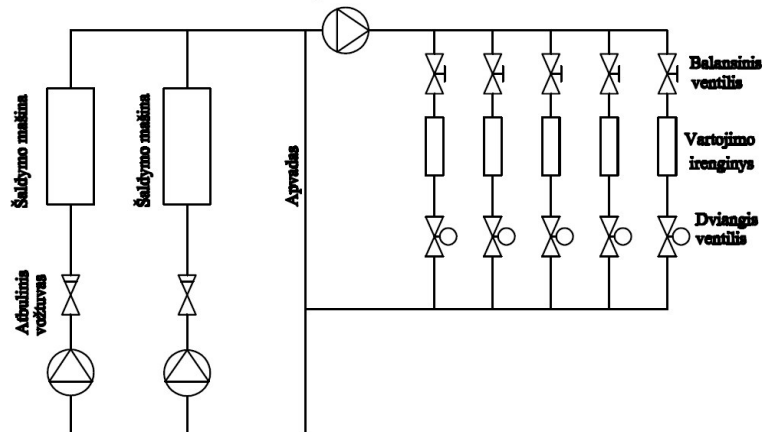
1 pav. Pastoviojo srauto sistema

Parinkant pastoviojo srauto sistemos įrangą reikalingas ventilių Kvs verčių, ventilių įtakos bei ventilių išankstinių nustatymų skaičiavimas. Šio tipo sistema cirkuliacijai naudoja daug energijos, nes siurblys nuolat veikia 100 % galia., todėl dėl nereikalingos cirkuliacijos gaunami dideli vėsos nuostoliai. Gera ventilių įtaka šio tipo sistemose praktiškai neįmanoma, nes egzistuoja mažo temperatūrų skirtumo problema.

1.2. Kintamojo srauto sistema su rankiniais balansiniais ventiliais

Kintamojo srauto sistemoje dviangiai valdymo ventiliai (VV) suteikia sistemai kintamojo srauto pobūdį. Visiškai užsidarius ventiliui srautas nebeteka, todėl padidėja slėgis. Šio tipo sistemoje galima naudoti siurblį su dažnio keitikliu (palaikant pastovų cirkuliacinį slėgį), kuris tik iš dalies sumažina padidėjusį slėgį. Perteklinio slėgio atsiranda vis daugiau, kuo daugiau VV uždaryta, tuo daugiau srauto

teka per likusius įrenginius [1]. Viršsrautis sukelia mažo temperatūrų skirtumo problemą, triukšmą (2 pav.).

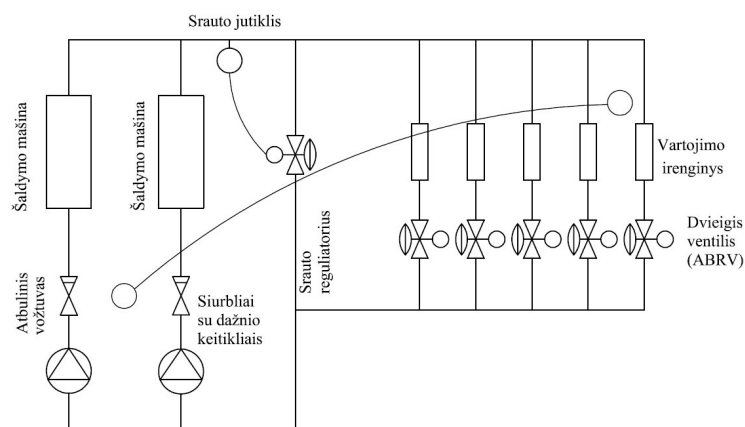


2 pav. Kintamojo srauto sistema su rankiniais balansiniais ventiliais

Kintamojo srauto sistemoje su rankiniais balansiniais ventiliais egzistuoja panašios, bet nelygiavertės problemos lyginant su pastoviojo srauto sistema. Čia cirkuliacijos kaštai yra mažesni, tačiau atsiranda triukšmo problema.

1.3. Kintamojo srauto sistema su automatiniais balansiniais ventiliais

Kintamojo srauto sistemos su automatiniais balansavimo ir valdymo ventiliais veikimo principas panašus kaip ir sistemos su rankiniais balansavimo ventiliais. Tačiau čia naudojami ventiliai, kurie susideda iš dviejų dalių, - tai dviangis ventilis ir slėgio skirtumo reguliatorius, kuris per dviangį vožtuvą palaiko reikiamą slėgio perkvytį [4]. Tokioje sistemoje, mažėjant sistemos apkrovai, cirkuliacinis siurblys gali būti reguliuojamas proporcingai mažinant ir srautą, ir slėgį (3 pav.)



3 pav. Kintamojo srauto sistema su automatiniais balansiniais ventiliais

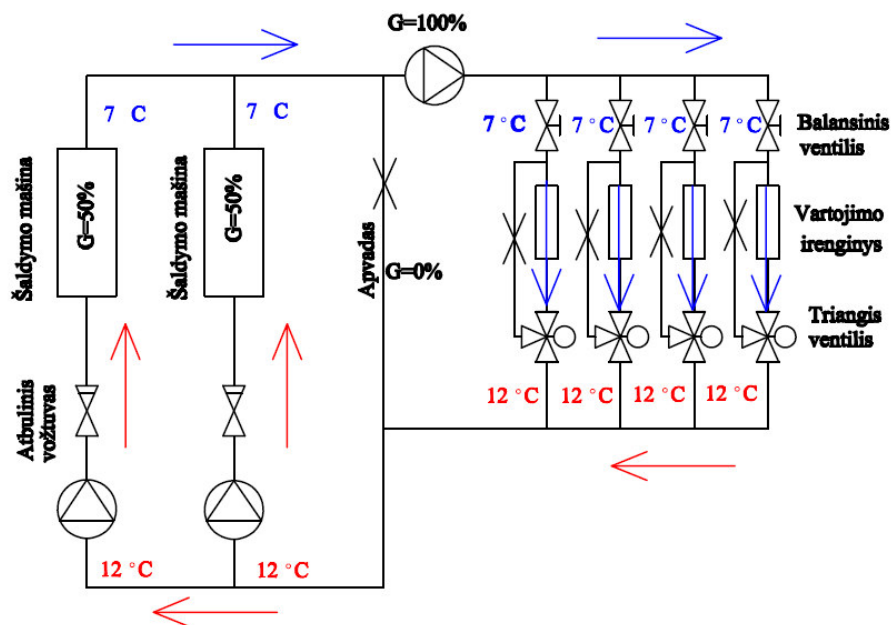
Ši sistema yra lanksti, gali efektyviai dirbti tiek esant maksimaliai, tiek ir daliai apkrovai. Joje nėra perteklinių srautų, mažo temperatūrų skirtumo ir triukšmo. Be to, paprasčiau parenkami ir montuojami ventiliai, kadangi automatiniai balansavimo ir valdymo ventiliai per kiekvieną ventiliatorinį konvektorių nuolatos užtikrina reikiamą srautą. Šiuo atveju rankiniai balansavimo ventiliai atšakose, stovuose ar magistralėse tampa nebereikalingi.

1.4. Mažas temperatūrų skirtumas

Vėsos punktas projektuojamas veikti su tam tikru tiekiamojo ir grąžinamojo šilumnešio temperatūrų skirtumu. Jeigu sistemos veikimo metu nukrypstama nuo šių projektinių temperatūros verčių, mažėja vėsinimo agregato efektyvumas. Esant mažam šilumnešio temperatūrų skirtumui, vėsos punkto efektyvumas gali sumažėti iki 40 % [9, 3, 15, 4]. Kadangi tai tiesiogiai lemia energijos sąnaudas ir sąskaitą už elektrą, problema yra labai rimta. Panagrinėkime du variantus: kai sistema veikia visu apkrovimu (4 pav.) ir kai sistema veikia esant 50 % galiai (5 pav.).

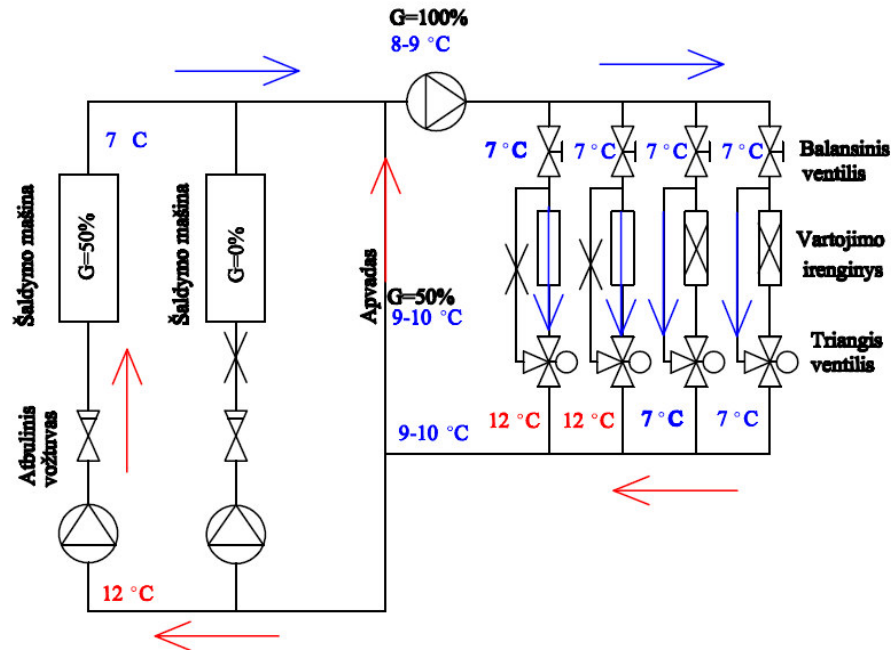
Panagrinėkime du variantus:

- kai sistema veikia visu apkrovimu 4 pav.,
- kai sistema veikia esant 50 % galiai 5 pav.



4 pav. Sistema veikia 100 % galia

Sistemai veikiant visa galia (4 pav.), pastoviojo srauto sistema veikia puikiai. Visas šilumnešis yra patiekiamas vartojimo įrenginiams, srautas apvadu neteka. Tačiau tokia apkrova vėsinimo sistemos veikia tik 2 - 5% viso savo darbo laiko [3].



5 pav. Sistema veikia 50 % galia

Tarkime, pusei sistemos nebereikia vėsos, tada 50 % triangių ventilių nukreipia srautą apvadu. Srautui tekant apvadu šilumnešis iš tiekimo linijos yra nukreipiamas į grąžinamąjį vamzdį. Grįžtančio šilumnešio temperatūra pradeda kristi. Vėsos punkto automatika dirba palaikydama fiksuotą tiekiamą temperatūrą 7 °C. Kadangi grįžtančio srauto temperatūra krenta, vėsos punktas privestas mažinti galią, atjungdamas vieną iš kompresorių. Kadangi turime pastoviojo srauto sistemą, siurblys negali tiekti mažiau srauto, todėl dalis pradeda tekėti apvadu. Grįžtantis 9 - 10 °C šilumnešis maišosi su tiekiamuoju 7 °C šilumnešiu, dėl to tiekiamą temperatūrą tampa ne 7 °C, o 8 - 9 °C. Tada veikiantys įrenginiai gauna aukštesnės temperatūros šilumnešį, todėl jų galia krenta, o patalpose temperatūra kyla. Jei patalpai reikalinga projektinė galia, jos nebegalima pasiekti. Taip sistema puse galios veikia daugiausia laiko.

1.5. Ventilio charakteristika ir jos įtaka valdymui

Ventilio charakteristika – tai ventilio atidarymo laipsnio ir srauto dydžio priklausomybė. Atidarę ventilių 100 %, turėsime 100 % srautą. Toliau keičiame ventilio atidarymo dydį ir matavimų vietoje nustatome srauto reikšmę pastoviam slėgio kritimui ventilyje, pavyzdžiui (9 pav.), atidarius 50

%, užfiksuotas 50 % srautas. Taip nustatoma ventilio charakteristika. Atidarymo laipsnio ir srauto priklausomybė gali būti įvairi. Tai priklauso nuo konstrukcinių ventilio savybių. Populiariausios ventilio charakteristikos yra:

- tiesinė charakteristika (9 pav.),
- logaritminė charakteristika (10 pav.).

Valdymo ventilio charakteristika priklauso nuo to, kokią siurblio slėgio dalį naudosime valdymo ventilyje (ventilio įtaka, - angl. „authority“). Įtakos skaičiavimo pavyzdys pateiktas (8 pav.). Suskaičiuokime arčiausiai siurblio ir toliausiai esančio ventilio įtaką pagal formulę 1, [12]:

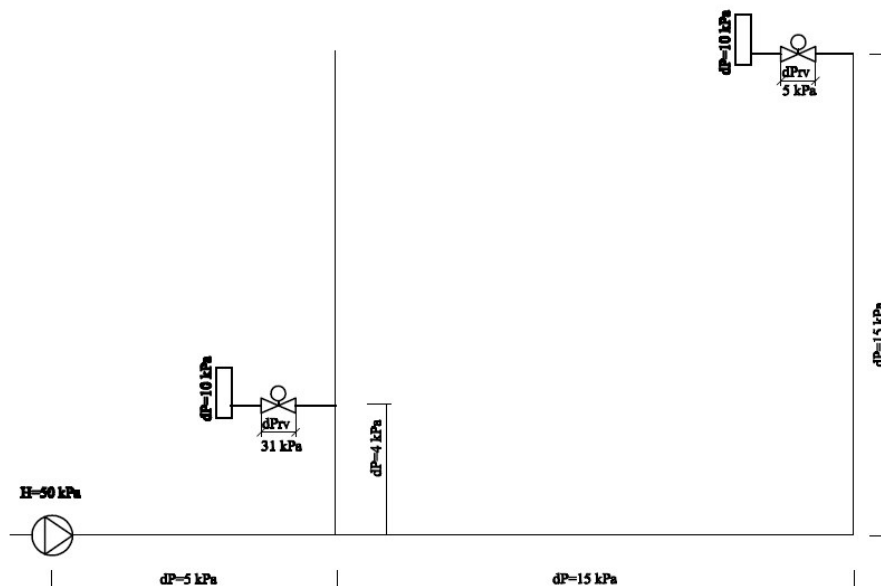
$$I = \frac{\Delta P_{\text{Vožtuvo}}}{\Delta P_{\text{Sistemos+vožtuvo}}} \quad [1]$$

$$I_I = \frac{31}{5+4+10+31} = 0.62,$$

Išvada - arčiausiai siurblio esančio ventilio įtaka >0.5, taigi įtaka gera. [12]

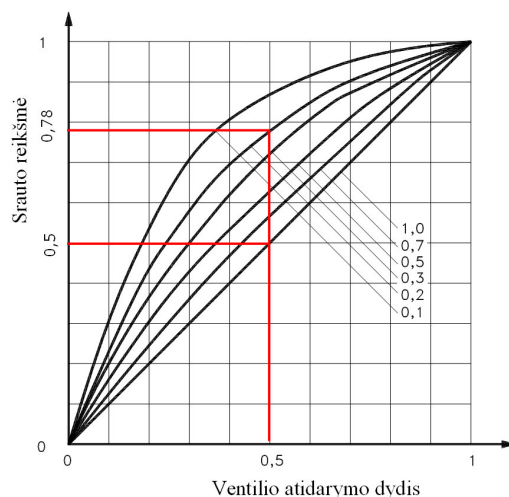
$$I_{II} = \frac{5}{5+15+15+10+5} = 0.1$$

Išvada, toliausiai nuo siurblio esančio ventilio įtaka < 0.5, vadinasi įtaka nepatenkinama.



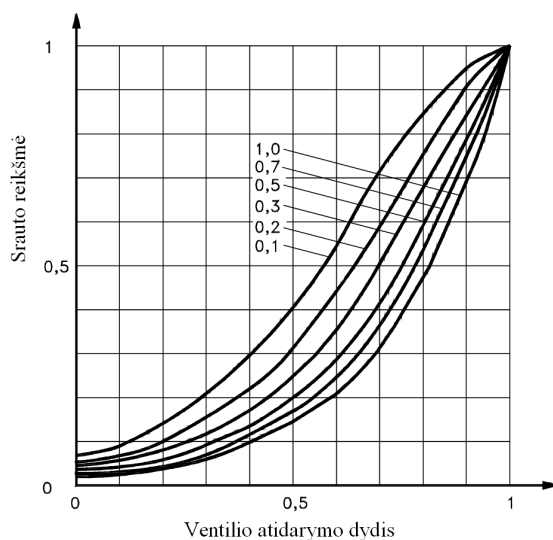
8 pav. Įtakos skaičiavimo pavyzdys

Valdymo ventilio tiesinės charakteristikos įvairioms ventilio įtakos reikšmėms, kitaip tariant, įvairioms VV turimoms reikšmėms pateikiamos 9 paveiksle. Jei valdymo ventilio įtaka (I_{VV}) lygi 0,5, tai reiškia, kad slėgio kritimas valdymo ventilyje sudaro 50 % viso turimo slėgio reikšmės nagrinėjamame valdymo kontūre [6].



9 pav. Valdymo ventilio tiesinė charakteristika

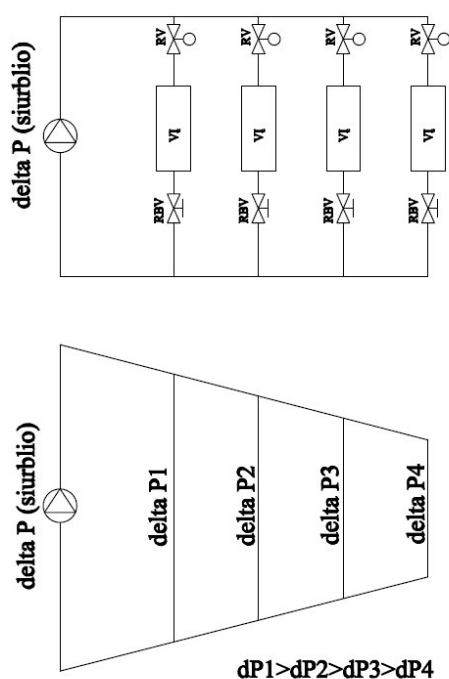
Išnagrinėkime atvejį, kai VV sudaro tik 20 % turimo slėgio ($I_{VV} = 0,2$). Esant tokiai žemai valdymo ventilio įtakai, dėl charakteristikos deformacijos atidarius ventilių 50 %, srautas sudarys 78 % maksimalaus srauto reikšmės. Atidarius ventilių 20 %, srautas sudarys 50 % maksimalaus srauto. Tai reiškia, kad reguliavimas yra labai nestabilus, dėl to kyla dideli temperatūros svyravimai, nuolat veikia ventilio pavara ir t. t.



10 pav. Valdymo ventilio logaritminė charakteristika

Išvada: siekiant išvengti charakteristikos deformacijos, reikia naudoti kuo didesnę slėgį ventilyje. Kuo didesnė VV įtaka, tuo geresnis reguliavimas. Idealias sąlygas valdymo ventiliui pasieksime tada, kai įtaka bus lygi vienetui, praktiškai tai įmanoma tik tada, kai valdymo ventilis bus su slėgio skirtumo reguliatoriumi.

Arčiau siurblio esantys valdymo ventiliai disponuoja daug didesniu cirkuliaciniu slėgiu, todėl per didelis slėgis paprastai slopinamas rankiniais balansavimo ventiliais (BV) (11 pav.).



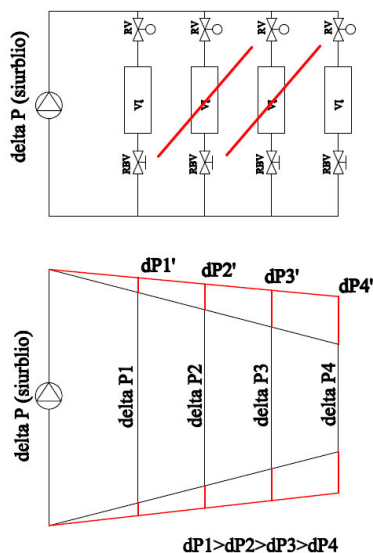
11 pav. Slėgio pasiskirstymas tipinėje dviejų vamzdžių sistemoje

Kintamojo srauto sistemose esant mažesniems nei projektinei srautai, rankinis balansinis ventilis tiesiog neatlieka savo funkcijos. Kai valdymo ventiliai prisiveria, srautas kintamojo srauto sistemos kontūruose keičiasi. Norint diferencinius ruožo slėgio padidėjimus nuslopinti, reikia keisti pirminius ventilių nustatymus, o rankiniai balansavimo ventiliai sistemos veikimo metu to atlikti negali.

Rankinis balansavimo ventilis tinkamai veikia tik esant projektinėms sąlygoms, kitaip tariant, situacijoje, kai visi valdymo ventiliai yra visiškai atidaryti. Kiekvieno valdymo ventilio uždarymas ar pridarymas pakeičia projektinį slėgio pasiskirstymą ir gali sukelti šilumnešio srautų persiskirstymą, netolygų temperatūrų pasiskirstymą pastate, triukšmą, kavitaciją ir t. t.

1.6. Per didelio srauto susidarymas

Kai srautas mažesnis už projektinį (<100 %), slėgio nuostoliai sistemos vamzdinyuose, rankiniuose balansavimo ventiliuose yra gerokai mažesni už pirminius projektinius, tai lemia papildomo slėgio padidėjimą atskiruose atidarytuose prietaisuose.



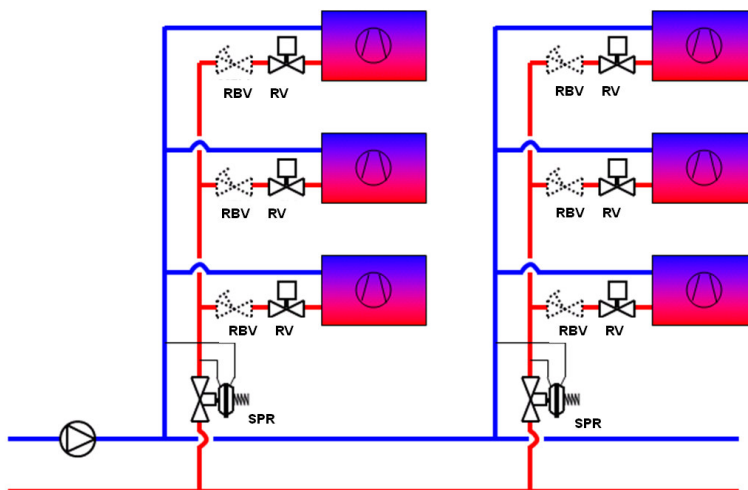
12 pav. Per didelio srauto susidarymas dėl atsiradusio laisvo slėgio tipinėje dviejų vamzdžių sistemoje

Dėl tokio slėgio padidėjimo susidaro per dideli srautai galiniuose įrenginiuose (12 pav.). Per dideli srautai sąlygoja mažo temperatūrų skirtumo problemą.

1.7. Slėgio skirtumo reguliatorius

Grįžkime prie sistemos (12 pav.). Žinant didžiausią problemą – slėgio padidėjimą kontūruose, priklausomai nuo įrengimo vietos, kintamojo srauto sistemose reikia naudoti slėgio skirtumo reguliatorius, kurie:

- išlaiko pastovų slėgį kiekvienoje atšakoje ar stovė nepriklausomai nuo jo įrengimo vietos;
- pagerina valdymo ventilių darbo sąlygas, nes yra galimybė išlaikyti aukštesnes ventilių įtakas. Taip padidinta valdymo ventilio įtaka nepadidina siurblio diferencinio slėgio (iš čia mažesnės cirkuliacijos išlaidos);
- leidžia išvengti per didelių srautų susidarymo;
- leidžia išvengti netolygaus temperatūros pasiskirstymo;
- palieka galimybę sistemas lengvai išplėsti ir pritaikyti naujoms darbo sąlygoms.



RV - reguliavimo ventilis, SPR - slėgio perkriojo reguliatorius, RBV - rankinis balansinis ventilis

13 pav. Sistema su slėgio skirtumo reguliatoriais

Toks įdiegimas reikalauja didesnės patirties, skirstant sistemą į hidraulinius modulius, kurie bus atskirti nuo visos sistemos, panaudojant slėgio skirtumo reguliatorius (13 pav.).

Tačiau ir toks sprendimas dar nėra idealus. Problemos atsiranda didelėse, šakotose sistemose, kur slėgių skirtumo reguliatorius „aptarnauja“, pavyzdžiui, keliolika aukštų. Arba, instaliuotas viename aukšte, iš eilės reguliuoja dideliame plote išdėstytą sistemą, į kurią įeina keliolika ventiliatorinių konvektorių. Tokiu atveju valdymo ventilis, įrengtas arčiau slėgio skirtumo reguliatoriaus, turės didžiausią įtaką, o įrengtas šio hidraulinio kontūro gale – mažiausią [12].

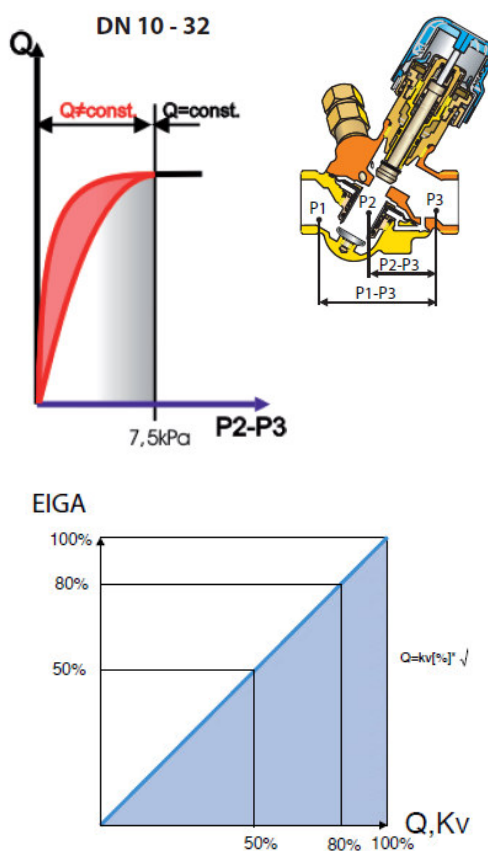
1.8. Automatinio balansavimo ir valdymo ventiliai

Optimalus sprendimas būtų panaudoti individualų slėgio skirtumo reguliatorių kiekvienam valdymo ventiliui. Šiuo metu tai įmanoma panaudojant naujos kartos ventilius, kurie yra vadinami ABVV - automatiniai balansavimo valdymo ventiliai (14 pav.).

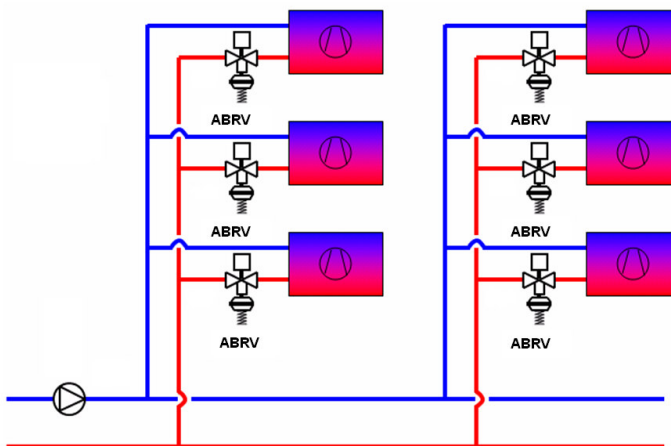
ABVV yra valdymo ventilis kartu su slėgio skirtumo reguliatoriumi. Slėgio skirtumo reguliatorius palaiko pastovų slėgio perkrytį prieš valdymo ventilį ir už jo, nepriklausomai nuo to, ar keičiasi sąlygos sistemoje. Dėl tokios konstrukcijos srautas automatiškai ribojamas iki apibrėžtos vertės, o ventilio įtaka lygi 1.

Kadangi ABVV riboja valdymo ventilyje slėgio skirtumą (ΔP) iki pastovaus dydžio ($Q = \text{const.}$), vadinasi, srautas ABVV yra taip pat ribojamas. ABVV funkcionavimui reikia, kad slėgio skirtumas ($P_2 - P_3$) būtų mažiausiai 7,5 kPa. Maksimalų srautą galima nustatyti, ribojant valdymo eigą (13 pav.).

Jeigu nustatymo kv. vertė sumažėja perpus, srautas taip pat sumažėja perpus. Kadangi ABVV ventilio charakteristika tiesinė, norint gauti pusę srauto, reikia nustatyti pusę eigos.



13 pav. ABVV veikimo principas



14 pav. Sistema su ABVV tipo automatinio balansavimo ir valdymo ventiliu

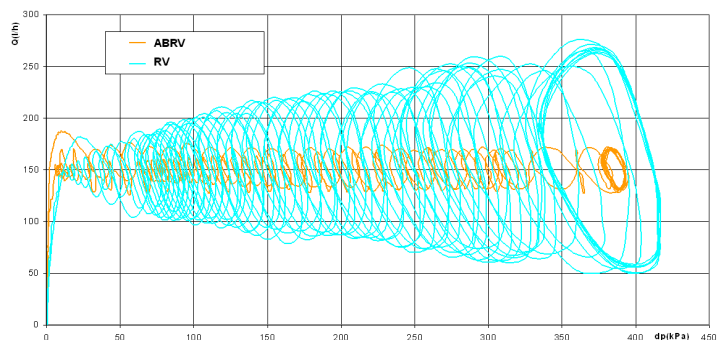
Tokiu atveju nereikia naudoti didelio skersmens slėgio reguliatorių stovuose, atšakose ar galiniuose vartojimo įrenginiuose, dėl to mažėja investicinės išlaidos. Naudojant ABVV tipo ventilius, reguliavimas ir balansavimas perkeliama tiesiai į vartojimo įrenginius.

Naujos kartos ABVV ventilių ypatybės:

- Valdymo ventilio įtaka yra lygi 1, dėl to, ventilio charakteristika nėra deformuota (kiekviename ventilyje įmontuotas slėgių skirtumo reguliatorius panaikina būtinybę apskaičiuoti įtakas).
- Kiekvienam vartojimo įrenginiui pakanka naudoti tik vieną ventilį (nereikalingi papildomi balansavimo ventiliai stovuose, horizontaliuose vamzdžiuose ir t. t.); be to, dėl mažesnio ventilių skaičiaus sumažėja taip pat ir montavimo bei investicinės išlaidos (nenaudojami didelio skersmens stovai, aukštų ventiliai ir t. t.).
- Įmontuota reguliuojamo automatinio srauto ribotuvo funkcija – sistemos balansavimas vyksta automatiškai.
- Supaprastintas parinkimas – ventilių parinkimui pakanka žinoti reikalaujamą srautą, o ventilio skersmuo parenkamas patikrinus, ar šiam skersmeniui tinkamas srautas telpa minimalaus – maksimalaus srauto intervale [7].

1.9. Standartinio valdymo ventilio ir automatinio balansavimo – valdymo ventilio veikimo palyginimas.

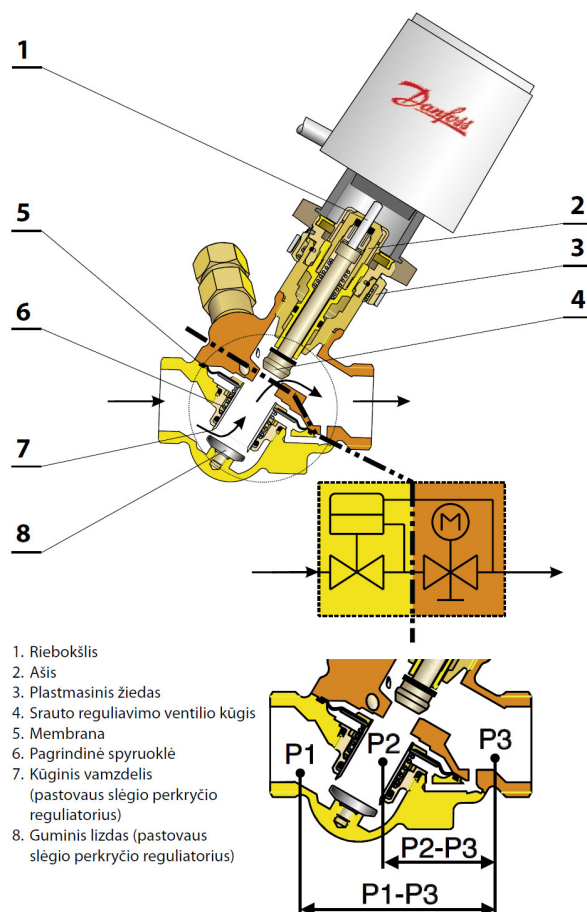
Siekiant išanalizuoti, kaip ventiliai veikia esant dalinei ir maksimaliai cirkuliacinio slėgio apkrovai. Standartinis dviejų angų valdymo ventilis ir automatinis balansavimo valdymo ventilis su moduliuojama pavara buvo tiriami firmos Danfoss AS, gamyklos laboratorijoje, Slovėnijoje, modeliuojant darbines sąlygas. Abu ventiliai parinkti 150 l/val. srautui palaikyti. Lyginamasis testas buvo atliktas esant kintamojo slėgio sąlygoms nuo 0 iki 400 kPa.



— ABVV su moduliuojamo veikimo pavara

— Standartinis dviejų angų VV su moduliuojamo veikimo pavara

15 pav. Tipinio VV ventilio ir ABVV ventilio darbo palyginimas. Abu ventiliai valdomi elektros pavara, 0 – 10 V signalu



16 pav. Naujos kartos ABVV ventilis

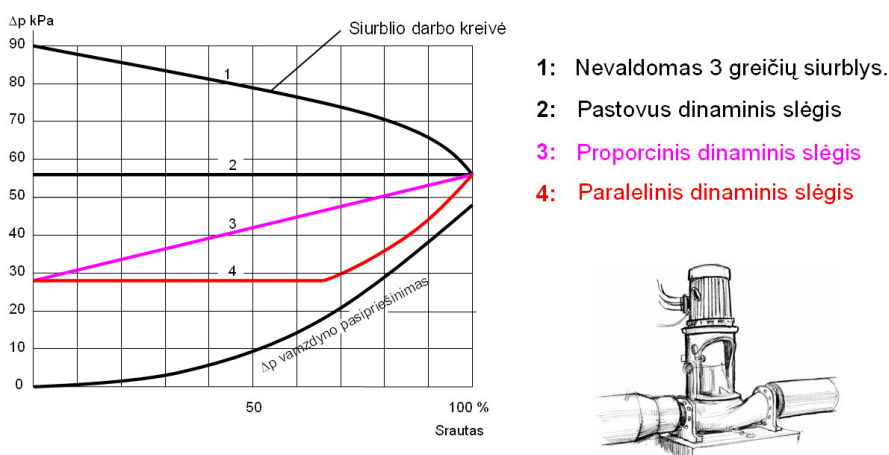
Slėgio kritimą ventilyje padidinus iki 400 kPa, taip imituojant įvairias ventilių padėtis sistemoje arba slėgio sąlygų pasikeitimą dėl kintamų srautų. Tipinis dviejų angų ventilis (žydros spalvos linija) (15 pav.) pradeda virpėti, visą laiką mėgindamas išlaikyti projektinį srautą, kuris užtikrintų

pageidaujamą komforto temperatūrą patalpoje. Ventilio virpėjimas atsiranda, dėl per didelio slėgio skirtumo dvianagiam ventiliui. Didesnė cirkuliacinio slėgio reikšmė, atsirandanti ventilyje dėl besikeičiančių hidraulinių sąlygų, lemia didesnį šilumnešio srautą. O didesnis srautas veikia temperatūros kitimą patalpoje. Tai sukelia temperatūros svyravimus patalpoje (sumažėja komfortas ir padidėja eksploatacijos išlaidos), pavara nuolat veikia, o tai, aišku, trumpina pavaros gyvavimo laiką [7]. ABVV šio testo metu, dėl įmontuoto slėgio skirtumo regulatoriaus veikia stabiliai. Taip užtikrinama norima patalpos temperatūra.

ABVV tipo ventilio darbas brėžinyje pavaizduotas oranžine linija. Kadangi apatinėje ventilio dalyje įmontuotas membraninio tipo slėgio regulatorius, slėgio kritimas valdymo ventilyje, esančiame viršutinėje ventilio dalyje, yra pastovus, pastovi reikšmė $P_2 - P_3 = \text{const}$ (16 pav.) ir nepriklauso nuo slėgio kitimo sistemoje. Srautas visą laiką bus pastovus ir priklausys tik nuo patalpos termostato signalo. Srauto svyravimas nesikeis plačiame slėgio svyravimo sistemoje intervale ir pakilus slėgiui ventilyje iki 400 kPa. Tai užtikrina projektinį šilumos kiekį ir mažas eksploatacijos išlaidas, nes prieš tai jau aptartas per didelį srautų susidarymo reiškinys yra eliminuotas.

1.10. Cirkuliacinio siurblio valdymo būdai

Cirkuliacinio siurblio valdymo charakteristika turi didelę reikšmę sistemos veikimo sąnaudoms. Cirkuliacinis siurblys gali būti valdomas keliais būdais [6,10]. Tačiau ne visas siurblio valdymo charakteristikas galima naudoti nagrinėjamosiose sistemose. Siurblio valdymo charakteristikos vaizduojamos (17 pav.).



17 pav. Siurblio valdymo charakteristikos

Siurblio valdymo charakteristika Nr.1 gali būti naudojama visų tipų sistemose. Naudoti siurblio charakteristiką Nr.2 yra tikslinga tik kintamojo srauto sistemoje. Charakteristikos Nr.3 ir Nr. 4 yra nerekomenduojamos naudoti kintamojo srauto sistemose su rankiniais balansiniais ventiliais, nes gali neužtekti srauto arčiau siurblio esantiems įrenginiams. Charakteristikas Nr.3 ir Nr. 4 galima naudoti tik su slėgio skirtumo reguliatoriais arba ventiliais, kaip ABVV kurie turi įmontuotus slėgio skirtumo reguliatorius.[2, 4].

1.11. Darbo tikslas, prielaidos

Darbo tikslas yra išanalizuoti pasirinktų vandeninių vėsinimo sistemų tipų darbo efektyvumą esant daliniam ir visam apkrovimui. Sistemų apkrova analizuojama pasirinktoms: pastoviojo srauto, kintamojo srauto su rankinio balansavimo įranga ir kintamojo srauto su automatinio balansavimo įranga sistemoms. Siekiama išnagrinėti sistemas skirtingais naudojimo etapais:

- Eksploatacija;
- Montavimas;
- Investicijos.

Analizuojami sprendimai optimaliam sistemos darbui, efektyvumui didinti.

Skaičiavimams naudojami duomenys:

- Elektros energijos kaina nuo 2010 m. sausio 25d., 0,41 Lt/kWh vartotojams sunaudojantiems per metus daugiau kaip 12000 kWh;
- Vėsinimo sezono trukmė, priimta 200 dienų;
- Darbo valandų skaičius per dieną, priimta 24 Val. (į bendrą sistemą yra įjungtas serverių vėsinimas).

Priimama per sezoną 200 darbo dienų, tada $200d. \cdot 24val.=4800\text{ val.}$ Nakties metu sistema nėra stabdoma, nes reikalinga vėsa serverių aušinimui. 200 dienų priimta, nes kitu laiku vėsa gaunama tiesiogiai iš aušyklų, apeinant vėsos punktą.

Tyrimui pasirinkta visuomeninio pastato esančio Vilniaus mieste, Saltoniškių g., ventiliatorinių konvektorių vėsinimo sistema. Vėsa yra ruošiamą vėsos punkte ir tiekiamą į ventiliatorinių konvektorių tinklą. Šiame pastate sumontuoti ABVV tipo ventiliai.

Nagrinėjamo pastato vamzdyno ilgiai pateikiamas 1 lentelėje.

1 lentelė. Vamzdyno ilgiai

Vamzdžio sąlyginis skersmuo	Vamzdžių bendras ilgis
DN	M
DN 15	116,2
DN 20	441,6
DN 25	355,4
DN 32	596,9
DN 40	466,9
DN 50	484,2
DN 65	287,5
DN 80	39,1
DN 100	52,9
DN 125	72,5
DN 150	59,8
DN 200	78,2
	3051,2

Vamzdyno ilgis naudojamas šalčio nuostoliams per izoliaciją skaičiuoti.

Pastato naudingas šildomas/vėsimamas plotas pateikiamas 2 lentelėje.

2 lentelė. Naudingas plotas.

Aukšto numeris	Aukšto plotas
NR1	m ²
1	1240,3
2	1314,4
3	1320,2
4	1351,2
5	1194,9
6	496,31
7	488,4
8	491,5
SUMA:	7897,21

Pastato naudingas plotas 7897,21 m².

Remiantis pasirinkto pastato inžinerinės sistemos pagrindu modeliuojami, pastovaus srauto, kintamo srauto su rankinio balansavimo įranga ir kintamo srauto su automatinio balansavimo valdymo įranga sistemų darbo režimai.

2. PASTOVIOJO SRAUTO SISTEMOS ANALIZĖ

2.1. Gražinamojo srauto temperatūra

Gražinamojo srauto temperatūra kintamojo srauto sistemoje priklauso nuo vėsos poreikio. Triangis ventilis srautą praleidžia (5 pav.) arba per įrenginį arba apvadu grąžina į sistemą. Grįžtamo srauto temperatūra priklauso nuo to, kiek įrenginių veikia. Bendras srautas teka visada vienodas. Temperatūrą tiekime bandoma palaikyti pastovią $+7^{\circ}\text{C}$. Gražinamos temperatūros apskaičiavimui įvedamas ne vienaikiškumo koeficientas (pvz.: $0,75 \cdot 12^{\circ}\text{C} + 0,25 \cdot 7^{\circ}\text{C}$ ir t.t.). Sistemos vėsos poreikis per vėsinimo sezoną: 100 % galia – 6 % laiko, 75 % galia -15 % laiko, 50 % galia – 35 % laiko, 25 % galia – 44 % laiko [11]. Skaičiavimai pateikiami 3 lentelėje. Nagrinėjamo objekto projekcinė vėsos galia 1143kW, srautas $176 \text{ m}^3/\text{val}$.

3 lentelė. Gražinamojo srauto temperatūra pastoviojo srauto sistemoje

Eil. nr.	Srauto poreikis	Reikalingas srautas	Ne vienaikiškumo koeficientas, %	Srautas tekantis per įrenginius	Srautas tekantis triangio ventilio apvadu	Tiekiamo srauto temperatūra	Gražinamojo srauto temperatūra
Dimensija	%	m^3/val .	%	m^3/val .	m^3/val .	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
1	100	176,0	6	176,0	0,0	7,0	12,0
2	75	132,0	15	99,0	33,0	7,0	10,8
3	50	88,0	35	44,0	44,0	7,0	9,5
4	25	44,0	44	11,0	33,0	7,0	8,3
5			SUMA:				
						Vidutinė sezoninė:	9,3

Pastoviojo srauto sistemos vidutinė sezoninė grąžinamojo srauto temperatūra $9,3^{\circ}\text{C}$.

Kuo žemesnė grąžinamojo srauto temperatūra, tuo didesni vėsos nuostoliai vamzdyne.

2.2. Energijos nuostoliai vamzdyne

Skaičiuojami vėsos nuostoliai vamzdyne. Vėsos perdavimo koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę [1], matmenys sužymėti (18 pav.). Skaičiuojami tik grąžinamojo vamzdžio nuostoliai, nes visų sistemų tiekama temperatūra yra vienoda. Skaičiavimai pateikiami 4 lentelėje.

$$k_{\text{vamzd_su_izoliacija}} = \frac{1}{\frac{1}{d_{in} \cdot \Pi \cdot \alpha_{in}} + \sum \frac{1}{2 \cdot \Pi \cdot \lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i,out}}{d_{out,in}} + \frac{1}{d_{out} \cdot \Pi \cdot \alpha_{out}}} \quad (1)$$

Čia:

$k_{\text{vamzd_su_izoliacija}}$ – vėsos perdavimo koeficientas, W/m²K;

d_{in} – vamzdžio vidinis skersmuo, mm;

d_{out} – vamzdžio išorinis skersmuo, mm;

d_i – vamzdžio su izoliacija skersmuo, mm;

α_{out} – šilumos mainų koeficientas nuo paviršiaus orui, (priimama 12 W/m²K) [7];

α_{in} – šilumos mainų koeficientas, 3200-6000 W/m²K, priimamas 4000 W/m²K [7];

λ_i – izoliacijos laidumo koeficientas, (panaudota K FLX izoliacija 0,035 W/mK) [7];

Vėsos nuostoliai vamzdyne apskaičiuojami pagal formulę [2];

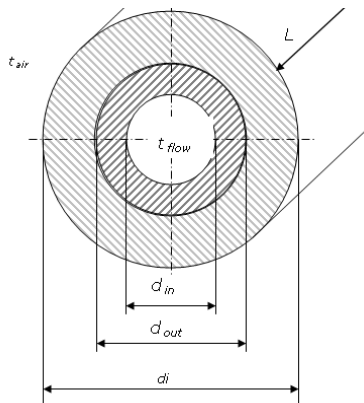
$$Q = k_{\text{vamzd_suizoliacija}} \cdot L \cdot (t_{air} - t_{flow}) \quad (2)$$

Čia:

L – vamzdyno ilgis, m;

t_{air} – vidutinė patalpos temperatūra, 21°C;

t_{flow} – vidutinė sezoninė šaltnešio temperatūra, 9,3 (apskaičiuota, skyriuje 2.1) °C;



18 pav. Matmenys

4 lentelė. Vėsos nuostoliai pastoviojo srauto sistemoje

Vamzdžio sąlyginis matmuo	d_{in}	d_{uot}	d_i	L	k(vamzd. izol)	$t_{(air)}$	$t_{(flow)}$	Q	Sezoninis sistemos darbo laikas	Vėsos nuostoliai per sezoną
	mm	mm	mm	m	W/m ² K	°C	°C	W	Val.	kWh
DN 15	16	18	38	116,2	0,2428	21	9,3	165	4800	792
DN 20	20	22	42	441,6	0,2786	21	9,3	720	4800	3454
DN 25	26	28	48	355,4	0,3314	21	9,3	689	4800	3307
DN 32	33	35	55	596,9	0,3924	21	9,3	1370	4800	6576
DN 40	39,3	44,5	74,5	466,9	0,3692	21	9,3	1008	4800	4840
DN 50	51,2	57	87	484,2	0,4474	21	9,3	1267	4800	6082
DN 65	70,3	76,1	106,1	287,5	0,5660	21	9,3	952	4800	4570
DN 80	82,5	88,9	118,9	39,1	0,6452	21	9,3	148	4800	708
DN 100	100,8	108	148	52,9	0,6188	21	9,3	192	4800	919
DN 125	125	133	173	72,5	0,7395	21	9,3	313	4800	1504
DN 150	150	159	199	59,8	0,8647	21	9,3	303	4800	1452
DN 200	206,5	219,1	279,1	78,2	0,8348	21	9,3	382	4800	1833
SUMA:				3051				7508		36038

Šiuo nagrinėjamu atveju, vėsos nuostoliai per sezoną yra 36 MWh, per 10 metų 360 MWh.

2.3. Cirkuliacinio siurblio darbo analizė

Pastoviojo srauto vėsinimo sistemos cirkuliacinis siurblys dirba visą laiką kai yra įjungta vėsinimo sistema, nepriklausomai ar yra vėsos poreikis. Siurblio išvystomas cirkuliacinis slėgis ir srautas visą darbo laiką yra nekintantys. Cirkuliacinio siurblio sąnaudos skaičiuojamos 5 lentelėje. Skaičiavimams naudojama siurblio valdymo charakteristika – Nr. 1, nevaldomas siurblys.

5 lentelė. Pastoviojo srauto sistemos, cirkuliacinio siurblio darbo sąnaudos

Eil.nr.	Srauto poreikis	Reikalingas srautas	Siurblio naudojamas elektros energijos kiekis	Ne vienalaikiškumo koeficientas	Dienos per vėsinimo sezoną	Valandos per vėsinimo sezoną	Elektros energijos suvartojimas per sezoną	Elektros energijos suvartojimas per 30 metų
	%	m ³ /val.	kW	%	Dienos	Val.	kWh	
1	100	176	10,2	6	12	288	2938	29376

2	75	132	10,2	15	30	720	7344	73440
3	50	88	10,2	35	70	1680	17136	171360
4	25	44	10,2	44	88	2112	21542	215424
5				SUMA:	200	4800	48960	489600
Lt per 10 metų								200736

Cirkuliacinio siurblio sunaudojama elektros energijos per sezoną 49,0 MWh. Elektros energijos sunaudojama per 10 metų 490 MWh už 200 736 litų.

2.4. Montavimo, srauto balansavimo sąnaudos

Skaičiavimuose priimtas montavimo laiko normatyvas balansavimo ir rutulinei uždarymo armatūrai vienodas. Montuotojo darbo užmokestis skaičiuojamas su visais mokesčiais, priimta rinkos kaina 4000 Lt. Rankinių balansinių ventilių balansavimo darbų rinkos kaina be PVM 30 Litų/Vnt. Pastoviojo srauto sistemos su triangiais ventiliais montavimo, balansavimo darbų skaičiavimai pateikiami 6 lentelėje.

6 lentelė. Pastoviojo srauto sistemos montavimo, balansavimo sąnaudos

Eil. nr.	Ventilis	Rutulinis uždarymo ventilis	Triangis ventilis	Balansinis ventilis	Automatinis balansavimo, valdymo ventilis	Montavimo laikas	Darbuotojo valandinis darbo įkainis	Suma	Įkainis balansavimo darbams (1 vožtuvui)	Suma
Mato vienetai	DN	Vnt.	Vnt.	Vnt.	Vnt.	Val.	Lt su mokesčiais	Lt be PVM	Lt be PVM	Lt be PVM
1	15	46	53	53	0	144,83	25	3620,8	30	1590
2	20	202	195	195	0	624,02	25	15600,5	30	5850
3	25	126	20	20	0	144,34	25	3608,5	30	600
4	32	0	0	0	0	0,00	25	0,0	30	0
5	40	0	0	0	0	0,00	25	0,0	30	0
6	50	49	0	3	0	85,80	25	2145,0	30	90
7	65	4	0	16	0	33,00	25	825,0	30	480
8	80	2	0	2	0	7,56	25	189,0	30	60
9	100	4	0	3	0	13,23	25	330,8	30	90
10	125	1	0	1	0	3,90	25	97,5	30	30
								26417		8790
										35207

Šios sistemos montavimo, balansavimo darbai kainuos 35207 Lt.

2.5. Investicijos

Pastoviojo srauto sistemai įrengti skaičiuojamos įrangos investicijos pagal 2009 metų katalogines kainas. Vertinama visa uždaroji, valdymo ir balansavimo armatūra. Nevertinamas šaldymo stoties aprišimas. Taip pat pavarų įrengimas valdymo vožtuvams, nes visais nagrinėjama atvejais pavarų skaičius ir kaina yra vienoda. Vamzdynas ir su juo susijusi įranga, bei vėsinimo prietaisai taip pat yra tie patys ir lyginant sistemas kainų įtakos neturėtų. Skaičiavimai pateikti 7 lentelėje.

7 lentelė. Įrangos kaina pastoviojo rauto sistemai

Eil. nr.	Ventilis	Rutulinis uždarymo ventilis		Triangis ventilis		Balansinis ventilis		Automatinis balansavimo, valdymo ventilis		
		Kiekis	Kaina	Kiekis	Kaina	Kiekis	Kaina	Kiekis	Kaina	Suma
	DN	Vnt.	Lt be PVM	Vnt.	Lt be PVM	Vnt.	Lt be PVM	Vnt.	Lt be PVM	Lt be PVM
1	15	46	11,7	53	155	53	161	0	329	17286,2
2	20	202	16,7	195	176	195	183	0	358	73378,4
3	25	126	26	20	196	20	195	0	436	11096
4	32	0	0	0	0	0	248	0	773	0
5	40	0	0	0	0	0	316	0	2452	0
6	50	49	106	0	0	3	388	0	2573	6358
7	65	4	358,53	0	0	16	1071	0	5423	18570,1
8	80	2	470,99	0	0	2	1512	0	5732	3965,98
9	100	4	673,07	0	0	3	2182	0	6971	9238,28
10	125	1	1165,2	0	0	1	2969	0	12932	4134,23
										144027

Pastoviojo srauto sistemoje armatūros įrengimas kainuos 144027 Lt.

3. KINTAMOJO SRAUTO SISTEMOS SU RANKINIAIS BALANSINIAIS VENTILIAIS ANALIZĖ

3.1. Grąžinamojo srauto temperatūra

Modeliuojant Excel terpėje veikiančia skaičiuote (1 priedas) nustatyta, jog vidutinis sezoninis viršsrautis kintamojo srauto sistemoje su rankinio balansavimo ventiliais yra 40 %. Tada tiekiamojo srauto ir grąžinamojo srauto temperatūrų skirtumas, bus mažesnis 40 %. Tada grąžinamojo srauto temperatūra apskaičiuojama taip: $(T_2 - T_1) - 40\% + T_1 = (12 - 7) / 1,4 + 7 = 10,6 \text{ } ^\circ\text{C}$;

Čia:

T1 – tiekiamo srauto temperatūra, 7°C ; T2 – grąžinamojo srauto temperatūra, 12°C ;

3.2. Energijos nuostoliai vamzdyne

Skaičiavimai atliekami naudojant tas pačias formules kaip ir skyriuje 2.2, grąžinamojo srauto temperatūra apskaičiuota skyriuje 3.1. Skaičiavimai pateikiami 8 lentelėje.

8 lentelė. Vėsos nuostoliai kintamojo srauto sistemoje su rankiniais balansavimo ventiliais

Vamzdžio sąlyginis matmuo	din	dout	di	L	k(vamzd, izol)	t(air)	t(flow)	Q	Sezoninis sistemos darbo laikas	Vėsos nuostoliai per sezoną
	mm	mm	mm	m	W/m ² K	°C	°C	W	Val.	kWh
DN 15	16	18	38	116,2	0,2428	21	10,6	147	4800	704
DN 20	20	22	42	441,6	0,2786	21	10,6	640	4800	3071
DN 25	26	28	48	355,4	0,3314	21	10,6	612	4800	2939
DN 32	33	35	55	596,9	0,3924	21	10,6	1218	4800	5845
DN 40	39,3	44,5	74,5	466,9	0,3692	21	10,6	896	4800	4302
DN 50	51,2	57	87	484,2	0,4474	21	10,6	1126	4800	5407
DN 65	70,3	76,1	106,1	287,5	0,5660	21	10,6	846	4800	4062
DN 80	82,5	88,9	118,9	39,1	0,6452	21	10,6	131	4800	630
DN 100	100,8	108	148	52,9	0,6188	21	10,6	170	4800	817
DN 125	125	133	173	72,5	0,7395	21	10,6	279	4800	1337
DN 150	150	159	199	59,8	0,8647	21	10,6	269	4800	1291
DN 200	206,5	219,1	279,1	78,2	0,8348	21	10,6	339	4800	1629
SUMA:				3051				6674		32034

Šiuo nagrinėjamu atveju, vėsos nuostoliai per sezoną yra 32 MWh, per 10 metų 320 MWh.

3.3. Cirkuliacinio siurblio darbo analizė

Kintamojo srauto vėsinimo sistemos cirkuliacinio siurblio sąnaudos skaičiuojamos 9 lentelėje. Skaičiavimams naudojami duomenys:

- Siurblio valdymo charakteristika – Nr. 2, pastovus dinaminis slėgis.

9 lentelė. Kintamojo srauto sistemos, su rankiniais balansavimo ventiliais cirkuliacinio siurblio darbo sąnaudos

Eil.nr.	Srauto poreikis	Reikalingas srautas	Siurblio naudojamas elektros energijos kiekis	Ne vienaikiškumo koeficientas	Dienos per vėsinimo sezoną	Valandos per vėsinimo sezoną	Elektros energijos suvartojimas per sezoną	Elektros energijos suvartojimas per 30 metų
	%	m3/val.	kW	%	Dienos	Val.	kWh	
1	100	176	10,2	6	12	288	2938	29376
2	75	132	9,7	15	30	720	7014	70135
3	50	88	8,3	35	70	1680	13894	138938
4	25	44	7,1	44	88	2112	14894	148937
5				SUMA:	200	4800	38739	387386
							Lt per 10 metų	158828

Cirkuliacinio siurblio sunaudojama elektros energijos per metus 38,7 MWh. Elektros energijos sunaudojama per 10 metų už 158828 litų.

3.4. Montavimo, srauto balansavimo sąnaudos

Skaičiavimuose priimtas laiko normatyvas dviangiams valdymo vožtuvams, rutulinei uždarymo armatūrai, bei balansiniams ventiliams vienodas, nes nevertinamas pavarai sumontuoti reikalingas laikas. Montuotojo darbo užmokestis skaičiuojamas su visais mokesčiais, priimta rinkos kaina 4000 Lt. Rankinių balansinių ventilių balansavimo darbų rinkos kaina be PVM 30 Litų. Kintamojo srauto sistemos su rankiniais balansiniais ventiliais montavimo, balansavimo darbų skaičiavimai pateikiami 10 lentelėje.

10 lentelė. Kintamojo srauto sistemos montavimo, balansavimo darbų sąnaudos

Eil. nr.	Ventilis	Rutulinis uždarymo ventilis	Dviangis ventilis	Balansinis ventilis	Automatinis balansavimo, valdymo ventilis	Montavimo laikas	Darbuotojo valandinis darbo įkainis	Suma	Įkainis balansavimo darbams (1 vožtuvui)	Suma
Mato vienetai	DN	Vnt.	Vnt.	Vnt.	Vnt.	Val.	Lt su mokesčiais	Lt be PVM	Lt be PVM	Lt be PVM
1	15	46	53	53	0	77,52	25	1938	30	1590
2	20	202	195	195	0	331,52	25	8288	30	5850
3	25	126	20	20	0	114,54	25	2864	30	600
4	32	0	0	0	0	0,00	25	0	30	0
5	40	0	0	0	0	0,00	25	0	30	0
6	50	49	0	3	0	80,85	25	2021	30	90
7	65	4	0	16	0	10,20	25	255	30	480
8	80	2	0	2	0	3,78	25	95	30	60
9	100	4	0	3	0	7,56	25	189	30	90
10	125	1	0	1	0	1,95	25	49	30	30
								15698		8790
										24488

Šios sistemos montavimo, balansavimo darbai kainuos 24488 Lt.

3.5. Investicijos

Įrangos investicijos kintamojo srauto sistemai skaičiuojamos, kaip pastoviojo srauto sistemai (lentelė 7), skiriasi tik dvinagių ventilių kaina. Skaičiavimai pateikiami 11 lentelėje.

11 lentelė. Įrangos kaina kintamojo srauto sistemai su rankiniais balansiniais ventiliais

Eil. nr.	Ventilis	Rutulinis uždarymo ventilis		Dviangis ventilis		Balansinis ventilis		Automatinis balansavimo, valdymo ventilis		
		Kiekis	Kaina	Kiekis	Kaina	Kiekis	Kaina	Kiekis	Kaina	Suma
	DN	Vnt.	Lt be PVM	Vnt.	Lt be PVM	Vnt.	Lt be PVM	Vnt.	Lt be PVM	Lt be PVM
1	15	46	11,7	53	48	53	161	0	329	11615,2
2	20	202	16,7	195	64	195	183	0	358	51538,4

3	25	126	26	20	102	20	195	0	436	9216
4	32	0	0	0	0	0	248	0	773	0
5	40	0	0	0	0	0	316	0	2452	0
6	50	50	106	0	0	3	388	0	2573	6464
7	65	2	358,53	0	0	16	1071	0	5423	17853,1
8	80	4	470,99	0	0	2	1512	0	5732	4907,96
9	100	2	673,07	0	0	3	2182	0	6971	7892,14
10	125	2	1165,2	0	0	1	2969	0	12932	5299,46
										114786

Kintamojo srauto sistemoje armatūros įrengimas kainuos 114786 Lt.

4. KINTAMOJO SRAUTO SISTEMOS SU AUTOMATINIAIS BALANSAVIMO VENTILIAIS ANALIZĖ

4.1. Gražinamojo srauto temperatūra

Sistemoje su automatiniais balansavimo, valdymo ventiliais gražinamojo srauto temperatūra yra visada vienoda ir nepriklauso nuo veikiančių įrenginių kiekio. Vartojama tiek vėsos, kiek jo pagaminama. Gražinama temperatūra visada +12 °C.

4.2. Energijos nuostoliai vamzdyne

Skaičiavimai atliekami naudojant tas pačias formules kaip ir skyriuje 2.2, gražinamojo srauto temperatūra apskaičiuota skyriuje 4.1. Skaičiavimai pateikiami 12 lentelėje.

12 lentelė. Vėsos nuostoliai kintamojo srauto sistemoje su automatiniais balansavimo ventiliais

Vamzdžio sąlyginis matmuo	din	dout	di	L	k(vamzd, izol)	t(air)	t(flow)	Q	Sezoninis sistemos darbo laikas	Vėsos nuostoliai per sezoną
	mm	mm	mm	m	W/m2K	°C	°C	W	Val.	kWh
DN 15	16	18	38	116,2	0,2428	21	12	127	4800	609
DN 20	20	22	42	441,6	0,2786	21	12	554	4800	2657
DN 25	26	28	48	355,4	0,3314	21	12	530	4800	2544
DN 32	33	35	55	596,9	0,3924	21	12	1054	4800	5059
DN 40	39,3	44,5	74,5	466,9	0,3692	21	12	776	4800	3723
DN 50	51,2	57	87	484,2	0,4474	21	12	975	4800	4679
DN 65	70,3	76,1	106,1	287,5	0,5660	21	12	732	4800	3515
DN 80	82,5	88,9	118,9	39,1	0,6452	21	12	114	4800	545
DN 100	100,8	108	148	52,9	0,6188	21	12	147	4800	707
DN 125	125	133	173	72,5	0,7395	21	12	241	4800	1157
DN 150	150	159	199	59,8	0,8647	21	12	233	4800	1117
DN 200	206,5	219,1	279,1	78,2	0,8348	21	12	294	4800	1410
SUMA:				3051				5775		27722

Šiuo nagrinėjamu atveju, vėsos nuostoliai per sezoną yra 27 MWh, per 10 metų 270 MWh.

4.3. Cirkuliacinio siurblio darbo analizė

Šios vėsinimo sistemos cirkuliacinio siurblio sąnaudos skaičiuojamos 13 lentelėje. Skaičiavimams naudojami duomenys:

- Siurblio valdymo charakteristika – Nr. 3, proporcinis dinaminis slėgis.

13 lentelė. Kintamojo srauto sistemos, su automatiniais balansavimo, valdymo ventiliais cirkuliacinio siurblio darbo sąnaudos

Eil.nr.	Srauto poreikis	Reikalingas srautas	Siurblio naudojamas elektros energijos kiekis	Ne vienaikiškumo koeficientas	Dienos per vėsinimo sezoną	Valandos per vėsinimo sezoną	Elektros energijos suvartojimas per sezoną	Elektros energijos suvartojimas per 30 metų
	%	m ³ /val.	kW	%	Dienos	Val.	kWh	
1	100	176	10,2	6	12	288	2938	29376
2	75	132	7,5	15	30	720	5371	53712
3	50	88	4,7	35	70	1680	7938	79380
4	25	44	3,0	44	88	2112	6420	64204,8
5				SUMA:	200	4800	22667	226673
							Lt per 10 metų	92936

Cirkuliacinio siurblio sunaudojama elektros energijos per metus 22,7 MWh. Elektros energijos sunaudojama per 10 metų už 92936 litų.

4.4. Montavimo, srauto balansavimo sąnaudos

Automatinių balansavimo, valdymo ventilių montavimo normatyvas yra toks pat kaip kitų dviangių ventilių. Balansuoti sistemos su šiais ventiliais beveik nereikia, todėl rinkos kaina yra gerokai mažesnė lyginant su rankiniais ventiliais. Taikomas ventilio padėties nustatymo įkainis 5 Lt už viena vieneta. Skaičiavimai pateikiami 14 lentelėje

14 lentelė. Kintamojo srauto sistemos su automatiniais ventiliais montavimo, balansavimo darbų sąnaudos

Eil. nr.	Ventilis	Rutulinis uždarymo ventilis	Triangis ventilis	Balansinis ventilis	Automatinis balansavimo, valdymo ventilis	Montavimo laikas	Darbuotojo valandinis darbo įkainis	Suma	Įkainis balansavimo darbams (1 vožtuvui)	Suma
Mato vienetai	DN	Vnt.	Vnt.	Vnt.	Vnt.	Val.	Lt su mokesčiais	Lt be PVM	Lt be PVM	Lt be PVM
1	15	46	0	0	53	50,49	25	1262	5	265
2	20	202	0	0	195	222,32	25	5558	5	975
3	25	126	0	0	20	100,74	25	2519	5	100
4	32	0	0	0	0	0,00	25	0	5	0
5	40	0	0	0	0	0,00	25	0	5	0
6	50	52	0	0	0	85,80	25	2145	5	0
7	65	16	0	2	0	29,70	25	743	5	0
8	80	2	0	2	0	7,56	25	189	5	0
9	100	1	0	1	0	3,78	25	95	5	0
10	125	1	0	1	0	3,90	25	98	5	0
								12607		1340
13947										

Šios sistemos montavimo, balansavimo darbai kainuos 13947 Lt.

4.5. Investicijos

Įrangos investicijos kintamojo srauto sistemai su automatiniais ventiliais skaičiuojamos pateikiamos 15 lentelėje.

15 lentelė. Įrangos kaina kintamojo srauto sistemai su automatiniais ventiliais

Eil. nr.	Ventilis	Rutulinis uždarymo ventilis		Triangis ventilis		Balansinis ventilis		Automatinis balansavimo, valdymo ventilis		
		Kiekis	Kaina	Kiekis	Kaina	Kiekis	Kaina	Kiekis	Kaina	Suma
	DN	Vnt.	Lt be PVM	Vnt.	Lt be PVM	Vnt.	Lt be PVM	Vnt.	Lt be PVM	Lt be PVM
1	15	46	11,7	0	155	0	161	53	329	17975,2
2	20	202	16,7	0	176	0	183	195	358	73183,4
3	25	126	26	0	196	0	195	20	436	11996
4	32	0	0	0	0	0	248	0	773	0
5	40	0	0	0	0	0	316	0	2452	0
6	50	52	106	0	0	0	388	0	2573	5512
7	65	16	358,53	0	0	2	1071	0	5423	7878,48
8	80	2	470,99	0	0	2	1512	0	5732	3965,98
9	100	1	673,07	0	0	1	2182	0	6971	2855,07
10	125	1	1165,2	0	0	1	2969	0	12932	4134,23
										127500

Kintamojo srauto sistemoje su automatiniais balansiniais ventiliais, armatūros įrengimas kainuos 127500 Lt.

5. REZULTATŲ APIBENDRINIMAS

Rezultatų apibendrinimui lyginamos visos sistemos.

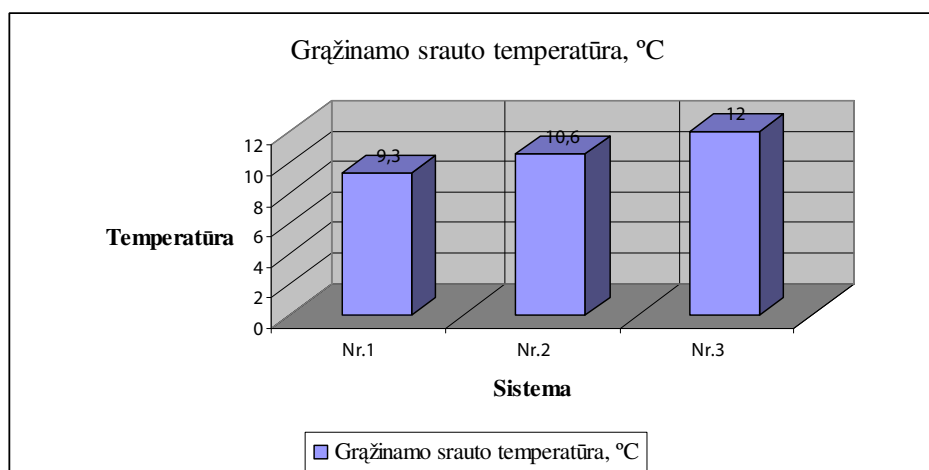
Sistema Nr.1 - Pastoviojo srauto sistema su rankiniais balansavimo ventiliais ir trinagiais valdymo ventiliais

Sistema Nr.2 – Kintamojo srauto sistema su rankiniais balansavimo ventiliais ir dvinagiais valdymo ventiliais.

Sistema Nr.3 – Kintamojo srauto sistema su automatinio balansavimo, valdymo ventiliais.

5.1. Grąžinamojo srauto temperatūra

Grąžinamojo srauto temperatūra turi įtakos vėsos nuostoliams nuo vamzdyno į aplinką. Palyginimas pateikiamas 19 paveiksle.

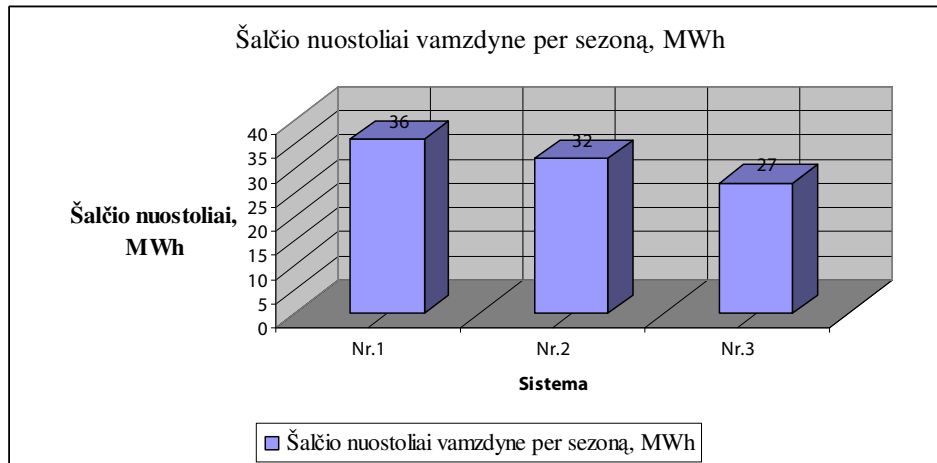


19 pav. Grąžinamojo srauto temperatūra

Įrangai veikiant projekto galia, visų sistemų grąžinama temperatūra yra vienoda – 12°C. Tačiau įvertinus periodinę apkrovą ir išanalizavus sistemos darbą per sezoną bendra grąžinama temperatūra skiriasi. Efektyviausiai dirba ta sistema, kurios grąžinamoji temperatūra yra artima arba lygi projektinei, esant tiek projektinei tiek dalinei apkrovai.

5.2. Energijos nuostoliai vamzdyne

Energijos nuostoliai tiesiogiai susiję su grąžinamojo srauto temperatūra. Palyginimas pateikiamas (20 pav.).

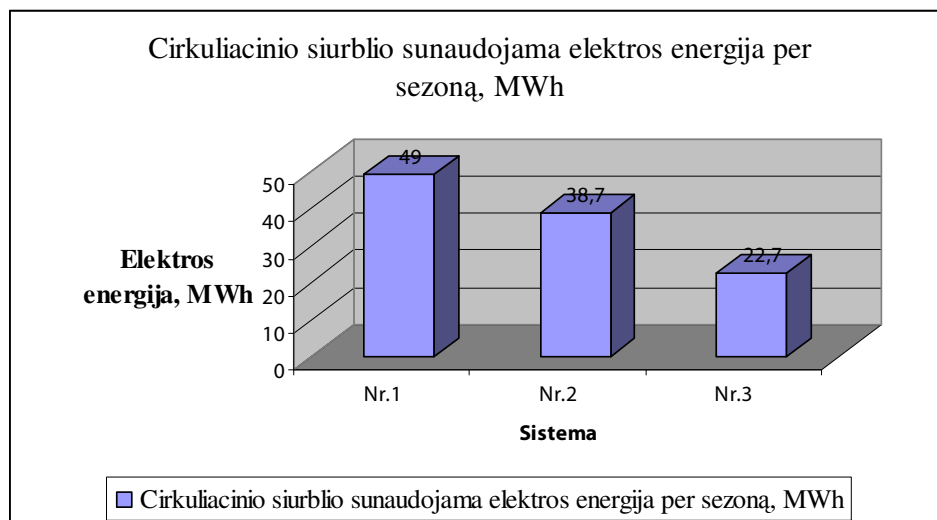


20 pav. Vėsos nuostoliai vamzdyne

Lyginant vėsos nuostolius skirtingų tipų sistemose pastebėta jog kintamojo srauto sistemos yra pranašesnės mažesnių nuostolių vamzdyne kriterijumi. Kintamojo srauto sistemoje su rankiniais balansiniais ventiliais vėsos nuostoliai mažesni 11 %, su automatiniais balansavimo – valdymo ventiliais 25 % lyginant su Pastoviojo srauto sistema.

5.3. Cirkuliacinės sąnaudos

Cirkuliacinio siurblio sunaudojamas elektros energijos kiekis lyginamas 21 paveiksle.



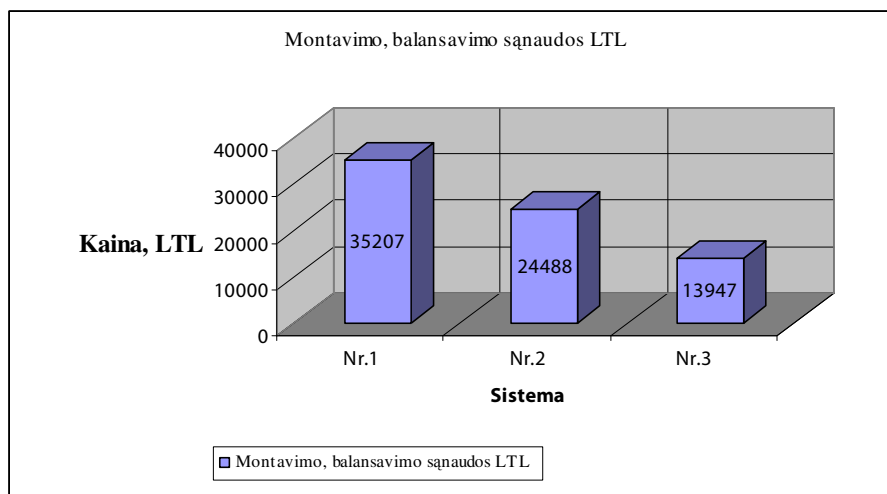
21 pav. Cirkuliacinių sąnaudų palyginimas

Siekiant optimaliai naudoti energiją turi būti suderinamumas tarp sistemos tiekimo ir vartojimo įrenginių. Tik sistemoje su automatinio balansavimo ventiliais galima pasiekti optimaliausią siurblio

veikimą. Sistemoje su rankiniais balansiniais ventiliais įrengus siurblio valdymą su Pastoviojo slėgio palaikymo charakteristika taupoma 21 %, o su automatiniais ventiliais pagal proporcinę charakteristiką taupoma 54 % cirkuliacijai tenkančios energijos. Lyginant su pastoviojo srauto sistema.

5.4. Montavimo, srauto balansavimo sąnaudos

Montavimo ir sistemų suderinimo, paruošimo eksploatacijai sąnaudos pateikiamos (22 pav.).

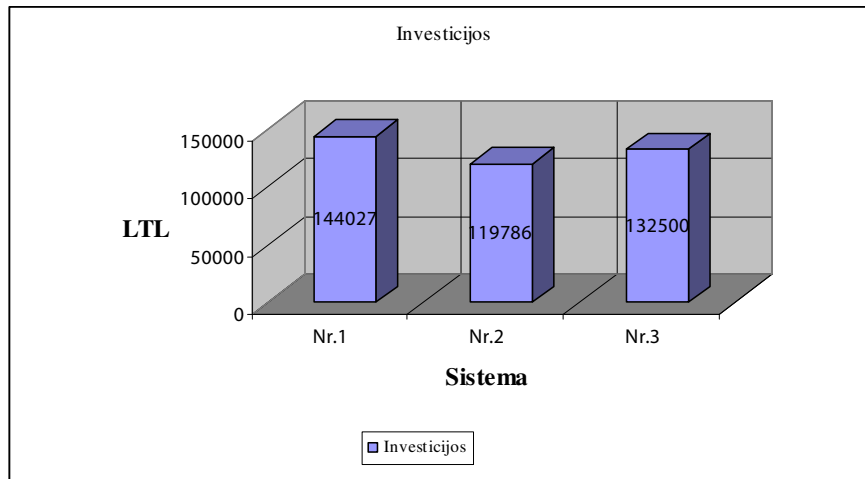


22 pav. Montavimo, balansavimo sąnaudos

Montavimo sąnaudos priklauso nuo įrangos kiekio ir montavimo sudėtingumo. Trinagius vožtuvus montuoti yra sudėtingiau, todėl reikia daugiau laiko. Automatiniai ventiliai atlieka balansinio ir valdančiojo ventilio funkciją todėl taupomos montavimo sąnaudos, o kadangi balansuoti jų nereikia sutaupoma dar daugiau laiko. Antra sistema montavimo, balansavimo lyginimu kainuoja 30 % pigiau, o sistema Nr.3, net 60 % pigiau lyginant su sistema Nr. 1.

5.5. Investicijos

Lyginant sistemų investicijas, prie kintamojo srauto sistemų investicijų pridedama dažnio keitiklio kaina. Parinktas dažnio keitiklis 10,2 kW galios siurbliu kainuoja 5000 Lt be PVM. Palyginimas pateikiamas (23 pav.).



23 pav. Investicijos

Pradinių investicijų požiūriu pigiausia yra kintamojo srauto sistema su rankinio balansavimo ventiliais. Pastoviojo srauto sistema yra brangesnė 17 %, o kintamojo srauto su automatiniais ventiliais 10 %

5.6. Visų sąnaudų palyginimas

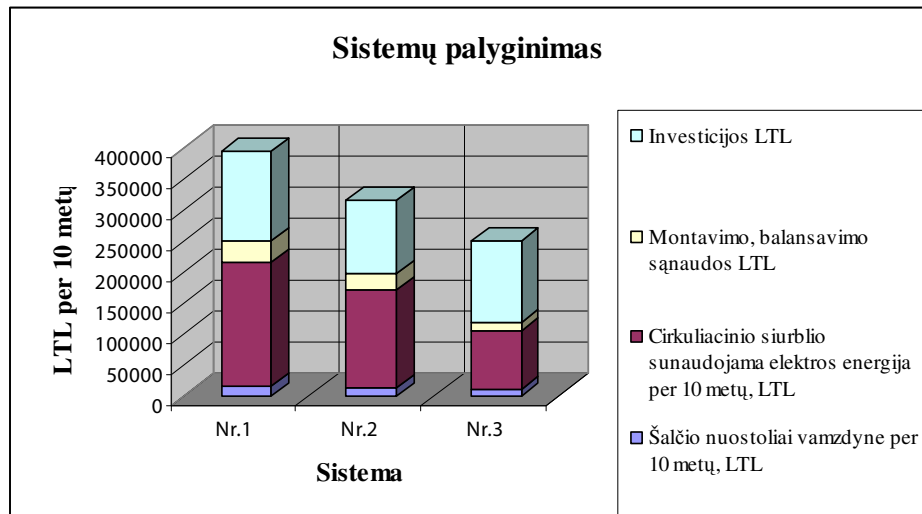
Daroma prielaida jog 50 % vėsos nuostolių patenka į patalpas, kita dalis per šachtas ir pagalbines patalpas nuteka į išorę.

Sąnaudos skaičiuojamos 10 metų laikotarpiui, tai laikas per kurį sąlyginai neturėtų sugesti nei vienas ventilis.

Vėsos nuostoliams įvertinti pinigine išraiška, priimama jog sezoninis vėsos mašinos naudingo veiksmo koeficientas (EER – angl. „COP“) yra 5. Skaičiavimai pateikiami 14 lentelėje ir 24 paveiksle.

14 lentelė. Visų sąnaudų palyginimas

Sistemos Nr.	Vėsos nuostoliai vamzdyne per sezoną, MWh	Cirkuliacinio siurblio sunaudojama elektros energija per sezoną, MWh	Vėsos nuostoliai vamzdyne per 10 metų, LTL	Cirkuliacinio siurblio sunaudojama elektros energija per 10 metų, LTL	Montavimo, balansavimo sąnaudos LTL	Investicijos LTL	Suma
Nr.1	36	49	14760	200900	35207	144027	394894
Nr.2	32	38,7	13120	158670	24488	119786	316064
Nr.3	27	22,7	11070	93070	13947	132500	250587



24 pav. Grafinis palyginimas

Susumavus išlaidas eksploatacijai per 10 metų, montavimui ir pradines investicijas matome jog Pastoviojo srauto sistema yra brangiausia. Kintamojo srauto sistema su rankiniais balansiniais ventiliais yra 20 % pigesnė, o su automatiniais 37 %. Brangstant elektros energijai skirtumas gali tik didėti. Galvojant apie energijos taupymą, efektyvų energijos naudojimą, CO₂ mažinimą ir globalų klimato atšilimą Pastoviojo srauto sistemos sukurtos prieš kelis dešimtmečius turės būti užmirštos ir pereita prie daug efektyvesnių automatinių sprendimų. Tai automatiniai balansavimo -valdymo ventiliai, dažnio keitikliai siurbliams, moduluojamas temperatūros valdymas (šiam darbe nebuvo analizuojamas) bei kita energiją tausojanti įranga kuri pradinių investicijų požiūriu gali atrodyti brangesnė.

6. ATSIPIRKIMO SKAIČIAVIMAS

Atsipirkimui skaičiuoti lyginamos tik Nr.2 ir Nr.3 sistemos, nes Nr.1 sistema tiek pradinių investicijų požiūriu, tiek eksploatacijos prasme yra brangiausia, todėl atsipirkimas negalimas. Sistema Nr. 3 yra brangesnė pradinių investicijų požiūriu, tačiau jos eksploataciniai kaštai yra mažesni. Skaičiuojame per kiek laiko Nr.3 sistema atsipirks lyginant su sistema Nr.2. Skaičiavimai pateikiami 17 lentelėje.

17 lentelė. Investicijų atsipirkimas lyginant sistemas Nr.2 ir Nr.3

	Investicijos	Metiniai vamzdyno nuostoliai	Metinės išlaidos cirkuliacijai
	LTL	LTL	LTL
Inžinerinė sistema Nr.2	119786	1312	15867
Inžinerinė sistema Nr.3	132500	1107	9307
Diskonto norma 6,9%	12714	-205	-6560
1 metai	6826,266	-205	-6560
2 metai	532,27835	-205	-6560
3 metai	-6195,9944	-205	-6560

Sistema Nr.3 yra brangesnė 12714 Lt, lyginant su sistema Nr.2, tačiau eksploatacijos metu sistema Nr.3 sutaupo virš šešių tūkstančių litų per metus, taigi ji atsiperka per nepilnus 2 metus, kai palūkanų norma 6,9 %

7. OBJEKTO PALYGINIMAS SU KITAIS PASTATAIS

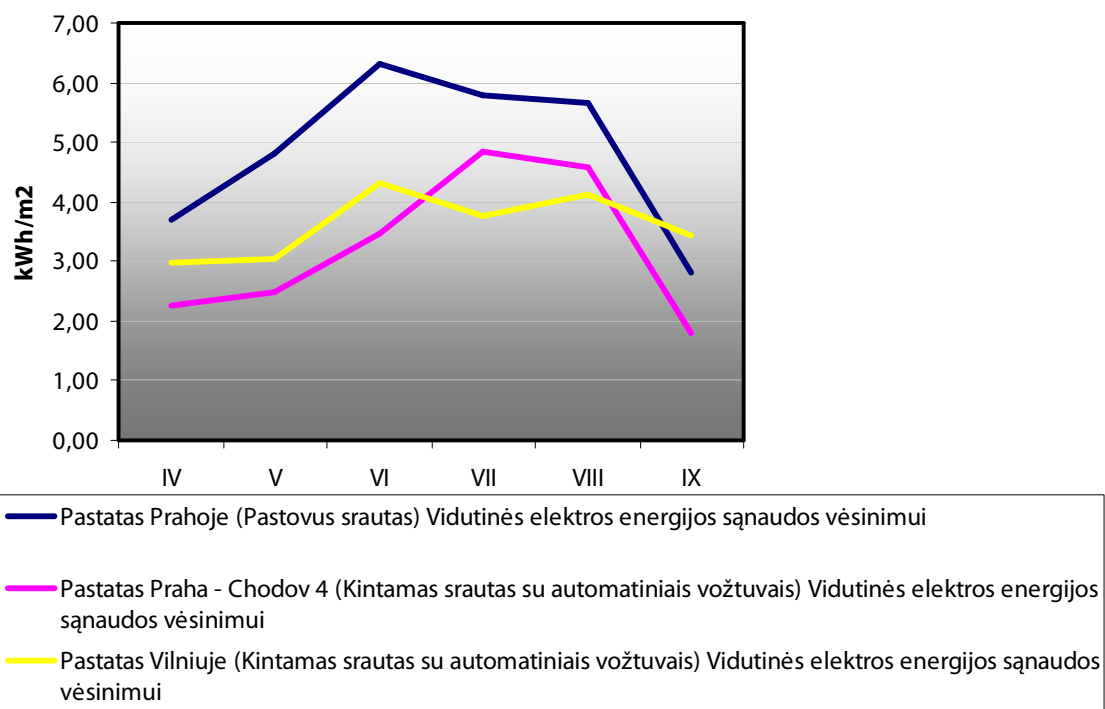
Nagrinėjamas objektas Vilniaus mieste lyginamas su panašiais objektais Čekijoje. Pastatuose Čekijoje, sumontuota pastoviojo srauto ir kintamojo srauto sistema su automatinio balansavimo įranga [13]. Pastate Vilniuje sumontuota kintamojo srauto sistema su automatinio balansavimo įranga. Lyginimui vertinamos bendros elektros energijos sąnaudos vėsinimui į kurias įeina elektros energija reikalinga aušintuvams, aušintuvų cirkuliaciniams siurbliams, šaldymo mašinos kompresoriams, šaldymo mašinų cirkuliaciniams siurbliams ir sistemos cirkuliaciniams siurbliams tenkanti elektros energija. Elektros energijos sąnaudos pateikiamos 18 lentelėje ir (25 pav.).

Liginami pastatai yra naujos statybos, pastatymo laikotarpio skirtumas 3 metai. Pastato Nr.1 naudingas plotas 4490 m², pastato Nr.2 naudingas plotas 4200 m², pastato Nr.3 7900 m².

18 lentelė. Faktinių sąnaudų palyginimas

Eil. nr.	Objektas	Pastatas Nr.1 Prahoje (Pastovus srautas)	Pastatas Praha Nr.2- Chodov 4 (Kintamas srautas su automatiniais ventiliais)	Pastatas Vilniuje Nr.3 (Kintamas srautas su automatiniais ventiliais)
	Mėnuo	Vidutinės elektros energijos sąnaudos vėsinimui	Vidutinės elektros energijos sąnaudos vėsinimui	Vidutinės elektros energijos sąnaudos vėsinimui
		kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
IV	Balandis	3,69	2,26	2,98
V	Gegužė	4,79	2,48	3,04
VI	Birželis	6,30	3,46	4,31
VII	Liepa	5,78	4,85	3,76
VIII	Rugpjūtis	5,64	4,57	4,13
IX	Rugsėjis	2,80	1,81	3,44
Vidurkis:		4,83	3,24	3,61

Lyginant automatinio balansavimo sistemas su kintamojo srauto sistema pastate Čekijoje, kintamojo srauto sistemų su automatinio balansavimo įranga faktinės elektros energijos sąnaudos yra 33 % ir 25 % mažesnės.



25 pav. Grafinis palyginimas

Kaip matyti grafike, visais mėnesiais pastate su pastoviojo srauto sistema sunaudojama daugiausiai energijos, išskyrus rugsėjo mėnesį, kai pastato Vilniuje inžinerinė sistema naudoja 22% daugiau energijos lyginant su pastato Nr.1 inžinerine sistema.

IŠVADOS

1. Įrangai veikiant projektine galia, visų sistemų grąžinamo šilumnešio temperatūra yra vienoda, 12°C , o $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$. Tačiau įvertinus dalinę apkrovą ir išanalizavus sistemų darbą per vėsinimo sezoną, vidutinis šilumnešio temperatūrų skirtumas yra $\Delta t=3,6^{\circ}\text{C}$ (Sistema Nr.1), $\Delta t=2,3^{\circ}\text{C}$ (Sistema Nr.2) ir $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$ (Sistema Nr.3).

2. Vėsos nuostoliai vamzdyne iš nagrinėtų sistemų mažiausi kintamojo srauto sistemoje su automatinio balansavimo įranga. Kintamojo srauto sistemoje su rankiniais balansiniais ventiliais vėsos nuostoliai mažesni 11 %, su automatiniais balansavimo – valdymo ventiliais 25 % lyginant su pastoviojo srauto sistema.

3. Energijos sąnaudų požiūriu iš nagrinėtų sistemų geriausia yra kintamojo srauto sistema su automatiniais balansavimo valdymo ventiliais, blogiausia – pastoviojo srauto sistema su triangiais ventiliais, o tarpinę padėtį užima kintamojo srauto sistema su rankiniais balansavimo ir dviangiais valdymo ventiliais. Kintamojo srauto sistemoje su rankiniais balansiniais ventiliais įrengus siurblio valdymą su pastoviojo slėgio palaikymo charakteristika taupoma 21 %, o su automatiniais ventiliais pagal proporcinę charakteristiką taupoma 54% cirkuliacijai tenkančios energijos lyginant su pastoviojo srauto sistema.

4. Montavimo ir balansavimo sąnaudų požiūriu geriausia sistema yra kintamojo srauto su automatiniais balansavimo valdymo ventiliais, blogiausia – pastoviojo srauto sistema, tarpinę padėtį užima kintamojo srauto sistema su rankiniais balansavimo ir dviangiais valdymo ventiliais. Montavimo sąnaudos priklauso nuo įrangos kiekio ir montavimo sudėtingumo. Triangius ventilius montuoti yra sudėtingiau, todėl reikia daugiau laiko. Automatiniai ventiliai atlieka balansinio ir valdančiojo ventilio funkciją todėl taupomos montavimo sąnaudos, o kadangi balansuoti jų nereikia sutaupoma dar daugiau laiko. Antra sistema montavimo, balansavimo lyginimu kainuoja 30 % pigiau, o sistema Nr.3, net 60 % pigiau lyginant su sistema Nr. 1.

5. Pradinių investicijų požiūriu geriausia kintamojo srauto su rankiniais balansavimo ir dviangiais valdymo ventiliais sistema. Kintamojo srauto sistema su automatinio balansavimo įranga 10%, o pastoviojo srauto sistema 17% kainuoja daugiau.

6. Suminių išlaidų per pirmuosius 10 metų požiūriu geriausia yra kintamojo srauto sistema su automatiniais balansavimo valdymo ventiliais, nes palyginti su kitomis nagrinėtomis sistemomis, ji kainuoja 20-40% mažiau.

7. Lyginant faktines sąnaudas, automatinio balansavimo sistemų (Vilniuje ir Čekijoje) su kintamojo srauto sistema pastate Čekijoje, kintamojo srauto sistemų su automatinio balansavimo įranga faktinės elektros energijos sąnaudos yra 33 % (pastate Čekijoje) ir 25 % mažesnės (pastate Vilniuje).

LITERATŪRA

1. TRANE, Engineers newsletter 1999, volume 28, No.3 „Variable – Primary – Flow Systems“
2. 8 Steps – Control of heating system, 1995. Danfoss A/S. 185p.
3. McQuay Air conditioning, Application Guide „Chiller Plant Design“ – 2002, McQuay International. 94p.
4. Efficient HVAC system optimization—in-building section, Lu Lu, Wenjian Cai, Lihua Xie, Shujiang Li, Yeng Chai Soh, Energy and Buildings, (2005) 11–22.
5. Rehva journal, volume 44, issue 1, March 2007 – „The Role of the building energy performance regulations and certification“
6. Lennan Orberg, Balancing of differential pressure in heating systems, 1999 Danfoss A/S, Danfoss hydronic balancing, Nordborg, Denmark. 31p.
7. UAB Danfoss duomenų bazė.
8. Analysis of annual heating and cooling energy requirements for office buildings in different climates. Science Direct, Energy and buildings 40 (2008) 763-773.
9. Optimal chiller loading by evolution strategy for saving energy, Science Direct, Energy and buildings 39 (2007) 437-444.
10. Energy and Buildings 41 (2009) 197–205, Energy efficient control of variable speed pumps in complex building central air-conditioning systems.
11. Nevienalaikiškumo koeficientai: www.grundfoss.com
12. Balancing of control loops. 1999 Robert Petitjean, M.E., Tour and Andersson Hydronics AB, Technical Documentation. 52p.
13. Danfoss s.r.o., V Parku 2316/12, 148 00 Praha 4 - Chodov, Česká republika Telefon: +420 283 014 111, Telefax: +420 283 014 567, Homepage: www.danfoss.cz
14. Ilari Aho, Rehva journal 2009, volume 46, issue 2, „Trends in heating and cooling“
15. John Dillliott, University of California, 2008 Chilled water valve upgrades.

PRIEDAI

- 1 Priedas. EXEL TERPĖJE VEIKIANTI RANKINIŲ BALANSAVIMO VENTILIŲ SKAIČIUOTĖ
- 2 Priedas. ANALIZUOJAMOJO OBJEKTO ŽINIARAŠTIS
- 3 Priedas. TRIANGIŲ VENTILIŲ TECHNINIS APRAŠYMAS
- 4 Priedas. DVIANGIŲ VENTILIŲ TECHNINIS APRAŠYMAS
- 5 Priedas. RANKINIŲ BALANSINIŲ VENTILIŲ TECHNINIS APRAŠYMAS
- 6 Priedas. AUTOMATINIŲ BALANSAVIMO, VALDYMO VENTILIŲ TECHNINIS APRAŠYMAS
- 7 Priedas. STRAIPSNIS
- 8 Priedas. TIPINIO AUKŠTO PLANAS