

Erasmus+ Projektas ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

Finansuojama Europos Komisijos lėšomis. Tačiau išreiškiamas požiūris ar nuomonė yra tik autoriaus (-ių) ir nebūtinai atspindi Europos Komisijos ir Erasmus+ Nacionalinės agentūros požiūrį ar nuomonę. Nei Europos Komisija, nei Erasmus+ Nacionalinės agentūros negali būti laikomos už juos atsakinga.

BIM4Energy projektas

Pastatų energijos vartojimo efektyvumui didinti geriausių alternatyvų katalogas ŠVOK sistemų gerinimas



1. Tikslai

Pamokos tikslas – suteikti dalyviams išsamią informaciją apie naujausias ir populiariausias energiją taupančias šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo (ŠVOK) sistemas. Pamokos tikslai:

- Suprasti pastatų energijos vartojimo efektyvumą (BEE).
- Suprasti mokslinius geriausių HVAC sistemų ir įrangos vertinimus.
- Strategijos, kaip optimizuoti šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemas, siekiant pagerinti energijos vartojimo efektyvumą.
- Pastatų automatizavimo sistemos.
- ŠVOK sistemos su atsinaujinančios energijos integravimu.
- Efektyvių šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų pavyzdžiai.

2. Mokymosi metodika

Mokytojas apie 30 min. pristatys pamokos temą.

Mokiniai perskaitys šios pamokos medžiagą žemiau nurodyta seka:

- Pastatų energijos vartojimo efektyvumas.
- Šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų moksliniai vertinimo rodikliai.
- Šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų optimizavimo strategijos energijos vartojimo efektyvumui didinti.
- Atsinaujinančios energijos integravimas į šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemas.
- Istoriniai duomenys ir atsinaujinančios šilumos suvartojimo prognozės.
- Energiją taupančios šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos praktikoje.

Siekiant įvertinti pamokos sėkmę, siūlome mokiniams atlikti apklausą raštu arba žodžiu.

3. Pamokos trukmė

Šis pamokų ciklas įgyvendinamas savarankiško mokymosi būdu naudojantis BIM4ENERGY projekto žiniatinklio svetaine www.bim4energy.eu. Mokymo medžiaga sudaryta taip, kad būtų galima ją pristatyti per 3 akademines valandas.

4. Būtinai mokymo (si) išteklių

Klasė su kompiuteriais ir prieiga prie interneto.

Reikalinga programinė įranga: .pdf dokumentus nuskaitanti įranga.

5. Turinys ir pamoka

5.1. Pastatų energijos vartojimo efektyvumas

Pastato energinis naudingumas yra standartizuotas pastato energijos vartojimo efektyvumo matas, paprastai išreiškiamas skalėje nuo A iki G, kur A reiškia labiausiai energiją taupančius pastatus, o G – mažiausiai energiją taupančius. Supratę veiksniai, kurie turi įtakos pastato energijos vartojimo efektyvumui, nekilnojamojo turto savininkai ir valdytojai gali priimti pagrįstus sprendimus dėl modernizavimo ir renovacijos, siekdami padidinti energijos vartojimo efektyvumą, sumažinti išlaidas ir prisidėti prie tvaresnės ateities. Pastato energijos vartojimo efektyvumo reitingą lemia keli veiksniai, tarp jų – šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistema.

Dažniausiai naudojamos pastatų energijos vartojimo efektyvumo skalės:

- Energijos vartojimo sertifikatai (angl. *energy performance certificates*, EPC): Europoje plačiai naudojami EPC suteikia standartizuotą pastato energijos vartojimo efektyvumo įvertinimą. Paprastai naudojama A–G skalė, kur A reiškia efektyviausią, o G – mažiausiai efektyvų. Lietuvoje jis vadinamas pastato energinio naudingumo sertifikatu.
- Namų energijos vertinimo sistema (HERS): Jungtinėse Amerikos Valstijose naudojamas HERS indeksas suteikia balą nuo 0 iki 100, kur 0 reiškia didžiausią energijos vartojimo efektyvumą. 100 balų reiškia namą, atitinkantį minimalų reikalaujamą standartą.
- Nacionalinė langų ir durų vertinimo taryba (NFRC): ši sistema vertina langų ir durų energijos vartojimo efektyvumą, naudojant U vertę (šilumos perdavimo koeficientą, angl. *heat transfer coefficient*) ir visuminės saulės energijos praleisties koeficientą (angl. *solar heat gain coefficient*, SHGC, nurodo lango ar kito stiklo elemento gebėjimą praleisti saulės energiją į pastato vidų). Mažesni U vertė ir visuminės saulės energijos praleisties koeficientas paprastai rodo geresnę izoliaciją ir mažesnę šilumos nuostolį.
- **LEED** (angl. *leadership in energy and environmental design*): nors tai nėra paprasta A–G skalė, LEED teikia ekologiškų pastatų sertifikavimo sistemą su įvairiais sertifikavimo lygiais (sertifikuotas, sidabrinis, auksinis, platininis), pagrįstais išsamiu kriterijų rinkiniu, įskaitant energijos vartojimo efektyvumą.
- **BREEAM** (angl. *building research establishment environmental assessment method*) naudoja atskirą vertinimo sistemą, skirtą pastatų tvarumo charakteristikoms vertinti. BREEAM vertina įvairius pastato tvarumo aspektus, įskaitant energiją, vandenį, medžiagas, atliekas, ekologiją, transportą, sveikatą ir gerovę, valdymą, taršą ir inovacijas. BREEAM sertifikatas suteikiamas nepriklausomų vertintojų, kurie pateikia patikimą ir nešališką pastato tvarumo charakteristikų vertinimą.

Konkretūs pastato energijos vartojimo efektyvumo apskaičiavimo metodai gali skirtis priklausomai nuo regiono ar šalies. Tačiau paprastai atsižvelgiama į šiuos pagrindinius veiksnius:

- » **Pastato apvalkalas:** izoliacija, langai ir sandarumas.
- » **ŠVOK sistemos:** šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo efektyvumas.
- » **Apšvietimo sistemos:** apšvietimo įrangos ir valdymo įrangos efektyvumas.
- » **Atsinaujinančios energijos šaltiniai:** saulės, vėjo ar geoterminės energijos integravimas.

Kodėl pastato energijos vartojimo efektyvumas yra svarbus?

- ✓ **Mažesnės energijos sąnaudos:** energiją taupantys pastatai reiškia mažesnes komunalinių paslaugų sąskaitas savininkams ir gyventojams.
- ✓ **Aplinkos tvarumas:** mažesnis energijos suvartojimas reiškia mažesnę anglies dioksido išmetimą ir mažesnę poveikį klimato kaitai.
- ✓ **Padidėjusi nekilnojamojo turto vertė:** energiją taupantys pastatai dažnai yra patrauklesni nuomininkams ir pirkėjams, todėl gali padidėti nekilnojamojo turto vertė.
- ✓ **Didesnis komfortas:** efektyvios šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos gali užtikrinti patogesnę patalpų aplinką.
- ✓ **Atitiktis teisės aktams:** daugelyje sričių galioja statybos normos ir taisyklės, nustatančios minimalius energijos vartojimo efektyvumo standartus.

5.2. Šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų moksliniai vertinimo rodikliai

Šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo (akronimas ŠVOK) sistemos yra pagrindinis veiksnys, užtikrinantis patogią patalpų aplinką, reguliuojantis temperatūrą ir oro kokybę. Tačiau jų energijos suvartojimas gali būti didelis. Šių sistemų optimizavimas yra labai svarbus siekiant sumažinti eksploatacines išlaidas ir aplinkos poveikį. Tyrimai parodė, kad optimizavus šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemas galima sutaupyti daugiau nei 50 % energijos. Pastato savininkams ar nuomininkams tai tiesiogiai susiję su geresne oro kokybe, mažesnėmis komunalinių paslaugų sąskaitomis ir didesniu komfortu. Tačiau šiam optimizavimui reikalingas strateginis požiūris.

HVAC sistemos apima platų technologijų spektrą, skirtų reguliuoti patalpų temperatūrą, drėgmę ir oro kokybę. Pastaruoju metu didelį populiarumą įgijo specialus ŠVOK sistemos tipas – šilumos siurbliai, kurie gali šildyti ir vėsinti patalpas. Skirtingai nuo tradicinių

sistemų, kurios šildymui naudoja degalus, šilumos siurbliai šilumą perduoda naudodami šaldymo ciklą. Vėsinimo režimu jie iš patalpų oro paima šilumą ir išleidžia ją į lauką. Atvirkščiai, šildymo režimu jie išgauna šilumą iš išorinės aplinkos, net esant žemai temperatūrai, ir perduoda ją į patalpas. Ši unikali šilumos pernešimo galimybė abejomis kryptimis daro šilumos siurblius labai energiją taupančiomis ir aplinkai draugiškomis sistemomis. Nors šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos gali apimti įvairius šildymo ir vėsinimo metodus, šilumos siurbliai yra universali ir tvari priemonė patalpų klimatui palaikyti.

Renkantis tinkamiausią įrangą, labai svarbu įvertinti šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų veikimo charakteristikas. Šios charakteristikos suteikia vertingos informacijos apie sistemos veikimo efektyvumą. Dažniausiai naudojami šildymo ir vėsinimo sistemų efektyvumo rodikliai yra [1]:

sezoninis energijos vartojimo efektyvumo koeficientas
(angl. *seasonal energy efficiency ratio*, SEER)

- matuoja oro kondicionieriaus ir šilumos siurblių atvėsinimo per tipišką atvėsinimo sezoną, padalytą iš suvartotos energijos. Aukštesnis SEER reitingas rodo didesnę energijos efektyvumą ir mažesnes eksploatacijos išlaidas [2]. Norėdami sužinoti įrenginio SEER, pažiūrėkite, ar ant lauko įrenginio yra geltonos ir juodos spalvos energijos vartojimo etiketė, arba patikrinkite, ar ant vidaus įrenginio yra popieriaus lapelis su reitingu, arba žiūrėkite modelio numerį (pvz., „XV20i“ reiškia, kad maksimalus SEER yra 20). Jei šie būdai nepadeda, susisiekite su gamintoju ir nurodykite įrenginio modelį ir serijos numerį.
- apskaičiuojamas norminį metinį vėsinimo poreikį padalijant iš metinių elektros energijos sąnaudų vėsinimui.

energijos vartojimo efektyvumo koeficientas
(angl. *energy efficiency ratio*, EER)

- kiekybiškai įvertina aušinimo galią vienam energijos įvesties vienetui. Tačiau EER vertina efektyvumą kontroliuojamomis laboratorinėmis sąlygomis, o SEER atspindi realias sezonines charakteristikas.
- parodo, kiek pagaminto šalčio (kW) tenka 1 kW sunaudotos elektros energijos.

šildymo sezoninis efektyvumo koeficientas
(angl. *heating seasonal performance factor*, HSPF)

- vertina bendrą šilumos siurblio šildymo efektyvumą. Jis atspindi šilumos išėjimo (BTU) ir suvartotos elektros energijos (kilovatvalandėmis) santykį per tipišką šildymo sezoną. Didesnis HSPF reiškia didesnę energijos efektyvumą.

našumo koeficientas
(angl. *coefficient of performance, COP*)

- matuoja šilumos siurblio efektyvumą, konkrečiai, kiek šilumos energijos jis gali perkelti už tam tikrą energijos kiekį. Didesnis COP reiškia efektyvesnį šilumos siurblį, t. y. jis gali suteikti daugiau šildymo ar vėsinimo galios už tą patį suvartojamos energijos kiekį. COP.
- parodo, kiek pagamintos šilumos (kW) tenka 1 kW sunaudotos elektros energijos.

sezoninis veiksmingumo koeficientas
(angl. *seasonal coefficient of performance, SCOP*)

- matuoja šilumos siurblio energijos vartojimo efektyvumą per visą šildymo arba vėsinimo sezoną. Skirtingai nuo efektyvumo koeficiento (COP), kuris matuoja efektyvumą vienu metu, SCOP atsižvelgia į kintančias lauko temperatūras ir darbo sąlygas per visą šildymo arba vėsinimo sezoną.
- apskaičiuojamas norminį metinį šildymo poreikį padalijant iš metinių elektros energijos sąnaudų šildymui.

Iš esmės, šie vertinimo rodikliai skirti nustatyti, kaip efektyviai ŠVOK sistema ar šilumos siurblys paverčia energiją į šaldymą ar šildymą, o aukštesnės vertės rodo didesnę efektyvumą. Suprasti šiuos efektyvumo rodiklius yra svarbu priimant pagrįstus sprendimus lyginant skirtingas ŠVOK sistemas. Pirmenybę teikiant sistemoms ir komponentams su aukštesniais rodikliais, galima maksimaliai padidinti energijos efektyvumą ir pasiekti reikšmingus energijos taupymus.

5.3. Šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų optimizavimo strategijos energijos vartojimo efektyvumui didinti

ŠVOK sistemų optimizavimas yra labai svarbus tiek energijos taupymo, tiek išlaidų mažinimo požiūriu. Toliau pateikiamos kelios strategijos, kaip padidinti jų efektyvumą:

1. Reguliarus techninis aptarnavimas

- Filtrų valymas arba keitimas: užsikimšę filtrai riboja oro srautą, todėl sistema turi dirbti intensyviau, o tai didina energijos suvartojimą. Reguliariai valykite arba keiskite filtrus pagal gamintojo rekomendacijas.
- Patikrinkite ir valykite išorinio ir vidinio bloko dalis: reguliarus valymas užtikrina optimalų veikimą.
- Patikrinkite šaltnešio lygį: netinkamas šaltnešio lygis gali smarkiai paveikti sistemos efektyvumą ir sukelti brangius remontus. Užtikrinkite, kad jo lygis būtų nurodytame diapazone.

2. Įrangos atnaujinimas į energiją taupančias sistemas

- Aukšto efektyvumo įrenginiai: apsvarstykite galimybę senesnius, mažiau efektyvius įrenginius pakeisti naujesniais modeliais, atitinkančiais *ENERGY STAR*® standartus. Šie modeliai dažnai turi pažangias funkcijas, pvz., kintamo greičio variklius ir patobulintą izoliaciją, dėl kurių sumažėja energijos suvartojimas.
- Išmanieji termostatai: išmanieji termostatai užtikrina tikslių temperatūros valdymą ir planavimą, optimizuoja energijos suvartojimą pagal patalpos užimtumą ir paros laiką. Jie taip pat gali išmokyti jūsų pageidavimus ir atitinkamai koreguoti nustatymus.

3. Oro paskirstymo ir ventiliacijos optimizavimas

- Sandarinkite ir izoliuokite ortakius: nesandarūs ortakiai gali prarasti didelį kiekį oro kondicionavimo. Sandarinkite ir izoliuokite ortakius, kad išvengtumėte energijos nuostolių ir pagerintumėte sistemos efektyvumą.
- Subalansuokite oro srautą: užtikrinkite tinkamą oro paskirstymą visame pastate, subalansuodami oro srautą skirtingose patalpose. Tai padės išvengti karštų ar šaltų vietų ir užtikrins tolygų temperatūros paskirstymą.
- Pagal poreikį reguliuojama ventiliacija: naudokite pagal poreikį reguliuojamas ventiliacijos sistemas, kurios reguliuoja ventiliacijos intensyvumą pagal užimtumą, taip sumažindamos energijos švaistymą dėl per didelės ventiliacijos.

4. Pastato automatizavimo sistemų įdiegimas

- Centralizuotas valdymas: pastatų automatizavimo sistemos užtikrina centralizuotą šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų valdymą, leidžiantį efektyviai jas eksploatuoti ir stebėti.
- Duomenimis pagrįstas optimizavimas: pastatų automatizavimo sistemos gali rinkti duomenis apie energijos suvartojimą ir sistemos veikimą, leidžiant duomenimis pagrįstai optimizuoti šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo nustatymus.
- Integracija su kitomis sistemomis: pastatų automatizavimo sistemos gali būti integruotos su kitomis pastato sistemomis, pvz., apšvietimo ir užtvarų valdymo sistemomis, siekiant dar labiau padidinti energijos vartojimo efektyvumą.

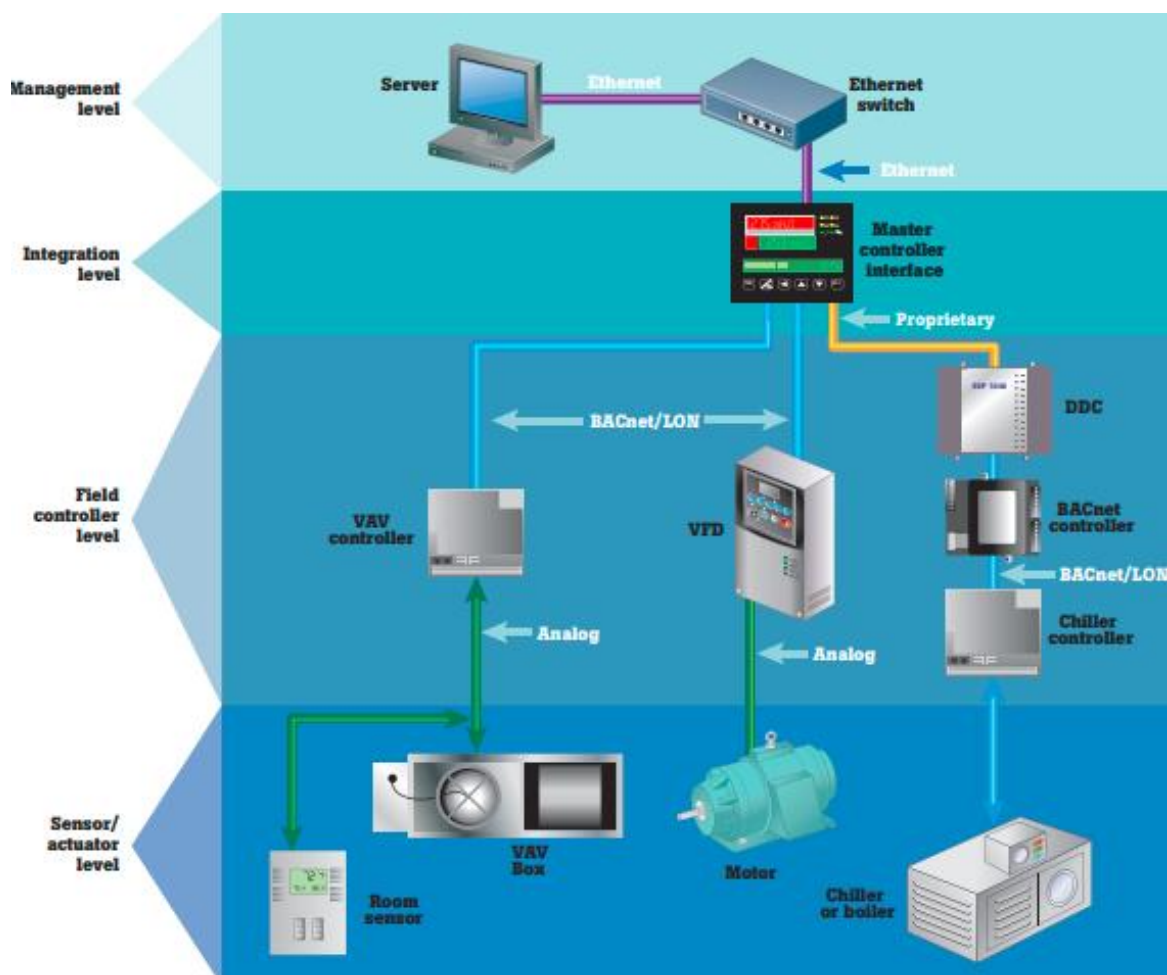
Pamokoje „Efektyvios ŠVOK sistemos ir energijos vektoriai“ išsamiai pristatytos pagrindinės strategijos, kaip padidinti ŠVOK sistemų efektyvumą, įskaitant reguliarios priežiūros svarbą, strateginį pažangių termostatų diegimą ir oro paskirstymo optimizavimą.

Šiame skyriuje bus nagrinėjami **pastatų automatizavimo sistemų** projektavimo, diegimo ir veikimo ypatumai, pabrėžiant jų svarbą vaidmenį siekiant žymiai sumažinti energijos sąnaudas ir pagerinti bendras pastato eksploatacines savybes.

Pastatų automatizavimo sistemos tikslas – centralizuotai valdyti aplinkos sąlygas pastate per vartotojo sąsają. Tam visame pastate įrengiamas įrenginių aktuatorių tinklas, kurį valdo centrinis valdiklis. Veiksmingas valdiklio, įrenginių ir aktuatorių ryšys yra ypač svarbus.

Sėkmingas pastatų automatizavimo sistemos diegimas priklauso nuo komponentų sąveikos. Tradiciškai šį procesą supaprastindavo vieno gamintojo įrangos naudojimas, nes visi įrenginiai laikėsi to paties ryšio protokolo. Tačiau standartizavus ryšio protokolus, sąveika tarp skirtingų gamintojų produktų tapo paprastesnė.

Pastatų automatizavimo sistemos paprastai susideda iš keturių skirtingų funkcinių sluoksnių (žr. 1 pav.). Šių sluoksnių vientisumas yra labai svarbus sistemos sąveikai. Bet koks gamintojo nukrypimas nuo nustatytų standartų gali trukdyti jo komponentų suderinamumui platesnėje pasaulinėje pastatų automatizavimo sistemų ekosistemoje.



1 pav. Keturi pastatų automatizavimo sistemos architektūros lygmenys [3].

Valdymo lygis užtikrina sąsają tarp pastatų automatizavimo sistemos programinės įrangos ir tinklo. Šis lygis leidžia perduoti duomenis tarp programos ir tinklo. Pastatų automatizavimo sistemos programinės įrangos lygis apibrėžia taisyklių rinkinį, kuris reglamentuoja sistemos objektų aktyvavimą arba deaktivavimą. Šie objektai, kurie

atitinka fizinius objektus, pvz., oro tvarkymo įrenginius, turi savybes, apibūdinančias jų charakteristikas ir atitinkamus parametrus. Kai objektas atlieka veiksmą, jis aktyvuoja susijusius parametrus, pvz., reguliavimo vožtuvą arba kintamo dažnio pavarą ventiliatoriui.

Integracijos lygis arba priežiūros lygis atlieka svarbų vaidmenį užtikrinant patikimą duomenų perdavimą visoje sistemoje. Jis apima tiek programinės įrangos, tiek aparatinės įrangos komponentus.

Šio lygio programinė įranga apibrėžia tarp įrenginių keičiamų pranešimų formatą ir turinį. Šie pranešimai perduoda svarbią informaciją, pvz., įrenginio būseną, temperatūros rodmenis ir ventiliatoriaus greitį.

Šio lygio aparatinės įrangos komponentai palengvina fizinį duomenų perdavimą tarp įrenginių. Gali būti naudojamos įvairios ryšio priemonės, kiekviena su unikalėmis savybėmis. Būtina atidžiai apsvarstyti pasirinktą ryšio priemonę, nes duomenų perdavimo skirtumai gali sukelti rodmenų neatitikimus, o tai gali lemti netikslią informaciją.

Lauko valdiklio lygis yra duomenų surinkimo pastatų automatizavimo sistemos pagrindas. Šiame lygyje yra strategiškai visoje įrangoje išdėstyti lauko įrenginiai, kurie nuolat stebi ir matuoja svarbius fizinius parametrus.

Siekiant palengvinti duomenų perdavimą, lauko valdiklio lygis leidžia šioms įrenginiams, pvz., jutikliams ir siūstuvams, perduoti surinktus duomenis priežiūros lygiui tolesniam apdorojimui ir būtinų valdymo veiksmų vykdymui. Šie duomenų mainai paprastai yra inicijuojami priežiūros lygio gautais signalais, kurie pradeda duomenų perdavimo procesą.

Jutiklių / aktuatorių lygis arba įvesties / išvesties (I/O) sluoksnis sudaro sąsają tarp fizinio pasaulio ir sistemos skaitmeninės sferos. Šis kritinis lygis apima visus fizinius įrenginius, atsakingus už duomenų surinkimą, pvz., jutiklius, aktuatorius ir ryšio sąsajas.

Įvesties/išvesties lygis atlieka dvi pagrindines funkcijas:

1. Duomenų surinkimas: renka realaus laiko duomenis iš įvairių šaltinių, įskaitant temperatūros jutiklius, drėgmės jutiklius, slėgio jutiklius ir užimtumo detektorius. Šie neapdoroti duomenys perduodami centriniam valdikliui apdoroti ir analizuoti.
2. Komandų vykdymas: gauna komandas iš centrinio valdiklio ir paverčia jas veiksmais fiziniams įrenginiams. Pavyzdžiui, gali įjungti vožtuvą vandens srautui reguliuoti, reguliuoti ventiliatoriaus greitį arba įjungti/išjungti apšvietimo įrenginius.

I/O lygis turi būti suderinamas su įvairiais ryšio protokolais ir duomenų formatais. Kai kurie įrenginiai duomenis gali perduoti tiesiogiai į valdiklį, o kiti gali naudoti pramonės

standartinius protokolus, pvz., *Modbus* arba *BACnet*. Šis lygis užtikrina sklandžią įvairių įrenginių ir centrinės valdymo sistemos integraciją ir sąveiką.

Iš esmės I/O lygis veikia kaip tiltas, jungiantis fizinės pastato komponentus su pastatų automatizavimo sistemos intelektualia valdymo logika, užtikrinantis veiksmingą pastato veiklos stebėjimą, valdymą ir optimizavimą.

Įvairiuose sektoriuose pastebima tendencija standartizuoti praktiką. Standartizavimas suteikia daug privalumų, įskaitant didesnį sąveikumą ir geresnį techninės pagalbos prieinamumą sistemos gedimų atveju. Pastatų automatizavimo sistemų lygių architektūra tiesiogiai remia šią tendenciją. Laikydami šios lygių struktūros, pažangūs gamintojai projektuoja įrenginius, kurie sklandžiai integruojasi į bendrą pastatų automatizavimo sistemos sistemą.

5.4. Atsinaujinančios energijos integravimas į šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemas

Atsinaujinančių energijos šaltinių integravimas į ŠVOK sistemas yra svarbus žingsnis link tvaraus ir energiją taupančios ateities. Naudodami švarius energijos šaltinius, galime žymiai sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro, sumažinti poveikį aplinkai ir eksploataavimo išlaidas.

Pagrindiniai atsinaujinančios energijos šaltiniai ŠVOK sistemose:

- **Saulės energija**, kuri gali būti naudojama per fotovoltinius modulius (saulės baterijas) tiesiogiai maitinti elektra šilumos siurblius, ventiliatorius ir kitus komponentus arba per saulės šilumos kolektorius šildyti vandenį absorbciniams šaldytuvams ar spindulinio šildymo sistemoms.
- **Geoterminė energija** naudoja stabilią žemės temperatūrą šildymui ir vėsinimui per geoterminius šilumos siurblius.
- **Vėjo energija** gali būti naudojama elektros energijai gaminti, kad būtų galima maitinti įvairius šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo komponentus, ypač vietovėse, kuriose yra pastovūs vėjo ištekliai.
- **Biomasės energija** apima organinių medžiagų, pvz., medienos ir žemės ūkio atliekų, deginimą, siekiant pagaminti šilumą patalpų šildymui arba absorbuojamiesiems šaldytuvams maitinti.

Atsinaujinančios energijos šaltiniai gali būti tiesiogiai integruoti į šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo įrangą, pavyzdžiui, saulės FV panelės gali būti naudojamos elektros šilumos siurbliams maitinti, o hibridinės sistemos, derinančios atsinaujinančius energijos šaltinius su tradiciniais energijos šaltiniais, užtikrina didesnį patikimumą ir efektyvumą. Pavyzdžiui, geoterminis šilumos siurblys gali veikti kartu su atsargine dujine krosnimi. Be to, integruojant energijos kaupimo sistemas, pavyzdžiui, baterijas ar šilumos akumuliatorius, atsinaujinančią energiją galima naudoti netgi tada, kai jos gamyba yra

maža arba jos visai nėra, užtikrinant pastovią ir patikimą energijos tiekimą šildymo, vėsinimo ir vėdinimo sistemoms.

Atsinaujinančių energijos šaltinių integravimas į šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemas suteikia daug privalumų. Mažindamos priklausomybę nuo iškastinio kuro, šios sistemos žymiai sumažina šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą, taip prisidedant prie anglies dioksido išmetimo mažinimo. Be to, naudojant nemokamus arba pigius atsinaujinančių energijos šaltinius, pavyzdžiui, saulės ir vėjo energiją, sumažėja eksploatacijos išlaidos ir energijos sąskaitos. Be to, integruojant atsinaujinančių energijos šaltinius, didėja energetinė nepriklausomybė, nes mažėja priklausomybė nuo elektros tinklo. Šios sistemos skatina naudoti švarius ir tvarius energijos šaltinius, prisidedant prie sveikesnės ir tvaresnės aplinkos.

Atsinaujinančių energijos šaltinių integravimas į šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemas gali kelti iššūkius. Pirma, saulės ir vėjo energijos nepastovumas, kuris svyruoja priklausomai nuo oro sąlygų, reikalauja kruopštaus planavimo ir gali prireikti įdiegti energijos saugojimo sistemas arba atsarginius energijos šaltinius. Antra, pradinės investicijos į atsinaujinančių energijos šaltinių sistemas gali būti didesnės nei į tradicines sistemas, nors šios išlaidos palaipsniui mažėja. Galiausiai, atsinaujinančių energijos šaltinių integravimas į esamas ŠVOK sistemas dažnai reikalauja specialių žinių ir kruopštaus planavimo, siekiant užtikrinti optimalų veikimą ir suderinamumą su esama infrastruktūra.

Atsinaujinančios energijos integravimas į ŠVOK sistemas teikia daug aplinkosaugos ir ekonominių privalumų. Įdiegdami šias technologijas ir įveikdami susijusius iššūkius, galime sukurti tvaresnius ir energiją taupančius pastatus, kurie prisidės prie švaresnės ir sveikesnės ateities.

5.5. Istoriniai duomenys ir atsinaujinančios šilumos suvartojimo prognozės

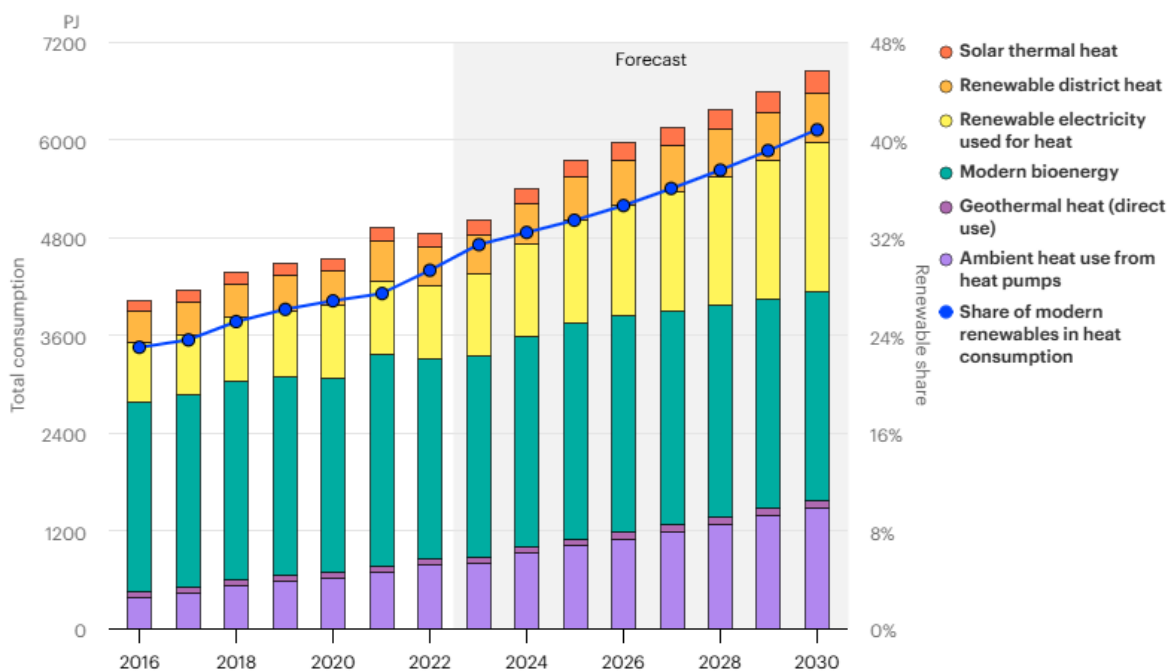
Šilumos suvartojimas tebėra dominuojantis sektorius pasaulinėje energijos suvartojimo struktūroje, sudarantis beveik pusę viso suvartojimo ir 2023 m. sudarysiantis apie 40% su energija susijusių CO₂ išmetamųjų teršalų. Nuo 2017 m. iki 2023 m. pasaulinis šilumos poreikis išaugo 7%. Tačiau šiuolaikinių atsinaujinančių šilumos šaltinių augimas atsiliko ir patenkinio tik pusę šio didėjančio poreikio. Todėl per šį laikotarpį su šiluma susijusios CO₂ emisijos padidėjo 5%, o pagrindinis šio padidėjimo šaltinis buvo pramonės sektorius [4].

2023 m. dinamišką atsinaujinančiosios energijos rinką smarkiai paveikė keletas veiksnių. Tai buvo padidėjusios palūkanų normos, infliacinis spaudimas, statybos veiklos sumažėjimas daugelyje šalių, žemesnių gamtinių dujų kainų atsigavimas ir besikeičianti politika. Nors tokios technologijos kaip šilumos siurbliai, saulės šilumos ir geoterminės šildymo sistemos yra pranašios dėl mažų eksploataavimo išlaidų, didelės pradinės investicijos yra didelė kliūtis namų ūkiams.

Pasaulinė šilumos siurblių rinka po spartaus augimo 2023 m. patyrė sulėtėjimą. Šis nuosmukis, kuris, palyginti su praėjusiais metais, yra vertinamas 3%, gali būti siejamas su keliais veiksniais.

Japonijoje, kur šilumos siurblių rinka yra brandi, oro-vandens šilumos siurblių pardavimas sumažėjo 10% palyginti su praėjusiais metais, daugiausia dėl didelės infliacijos ir sumažėjusio vartojimo. Panašiai ir Jungtinėse Valstijose oro-oro šilumos siurblių pardavimas sumažėjo 15%. Šį nuosmukį galima susieti su didėjančiomis skolinimosi išlaidomis, didesniu vartotojų susirūpinimu dėl didelių investicijų ir laukiamomis valstybės administruojamomis nuolaidomis pagal infliacijos mažinimo įstatymą, kuris turėtų būti taikomas artimiausiais metais. Šios nuolaidos, skirtos skatinti energiją taupančių technologijų diegimą, galėjo paskatinti kai kuriuos JAV vartotojus atidėti pirkimo sprendimus.

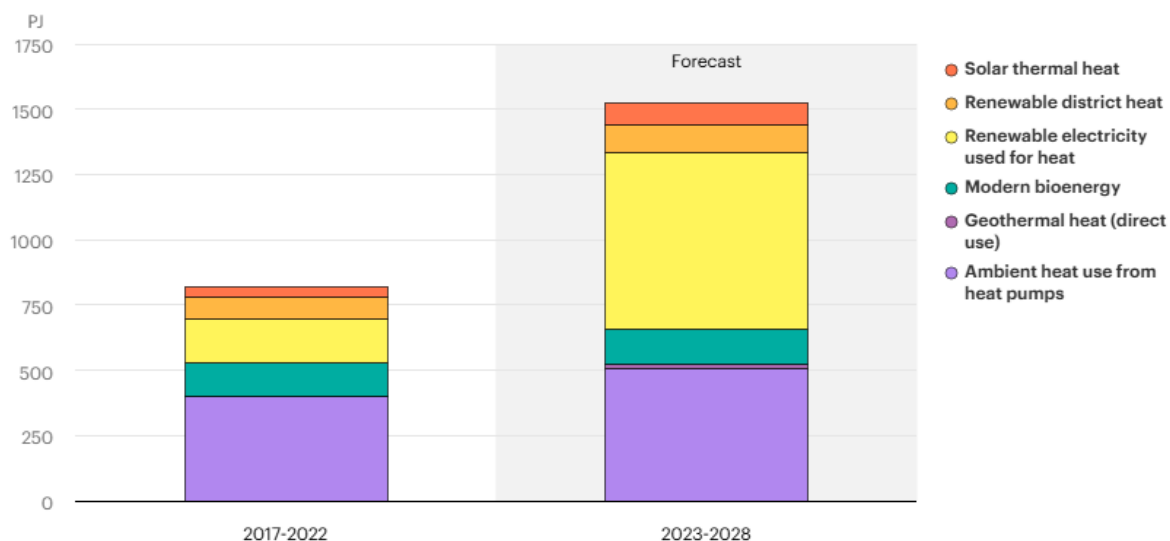
Europos šilumos siurblių rinka, nors ir tebėra stipri, 2023 m. patyrė 6,5% nuosmukį, palyginti su praėjusiais metais, todėl keliems gamintojams teko koreguoti veiklą ir mažinti darbo vietų skaičių. Tačiau šis nuosmukis nebuvo vienodas visame žemyne. Vokietijoje (+59%), Nyderlanduose (+43%) ir Belgijoje (+72%) šilumos siurblių pardavimas smarkiai išaugo, o Italijoje (-44%), Suomijoje (-42%) ir Lenkijoje (-39%) – smarkiai sumažėjo.



2 pav. Atsinaujinančios energijos suvartojimas pastatuose Europoje [5].

Tačiau praėjusiais metais šilumos siurbliai toliau didino savo rinkos dalį Europoje ir daugelyje šalių, išskyrus Italiją, Lenkiją ir Suomiją, pralenkė iškastinio kuro katilus. Dėl šios tendencijos 2023 m. šilumos siurbliai sudarė beveik trečdalį visų šildymo sistemų pardavimų.

Prognozuojama, kad 2024–2030 m. atsinaujinančiosios energijos suvartojimas pasaulyje smarkiai augs ir viršys 50% (15 EJ).



3 pav. Vartojimo augimas, pastatai pagal šildymo technologijas, Europa [5].

Šis augimo tempas 2,4 karto viršija ankstesnį šešerių metų laikotarpį. Tačiau šis reikšmingas atsinaujinančios šilumos naudojimo augimas nėra pakankamas, kad visiškai kompensuotų prognozuojamą bendrą šilumos paklausos padidėjimą. Todėl tikėtina, kad priklausomybė nuo iškastinio kuro šilumos gamybai išliks, o tai iki 2030 m. lems 4% metinį su šiluma susijusių CO₂ išmetamųjų teršalų padidėjimą.

Be to, numatoma, kad per šį laikotarpį su šiluma susijusios emisijos viršys 100 Gt CO₂, o tai sudaro beveik 30% likusio anglies dioksido biudžeto, kad būtų 50% tikimybė apriboti visuotinį atšilimą iki 1,5 °C.

5.6. Energiją taupančios šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos praktikoje

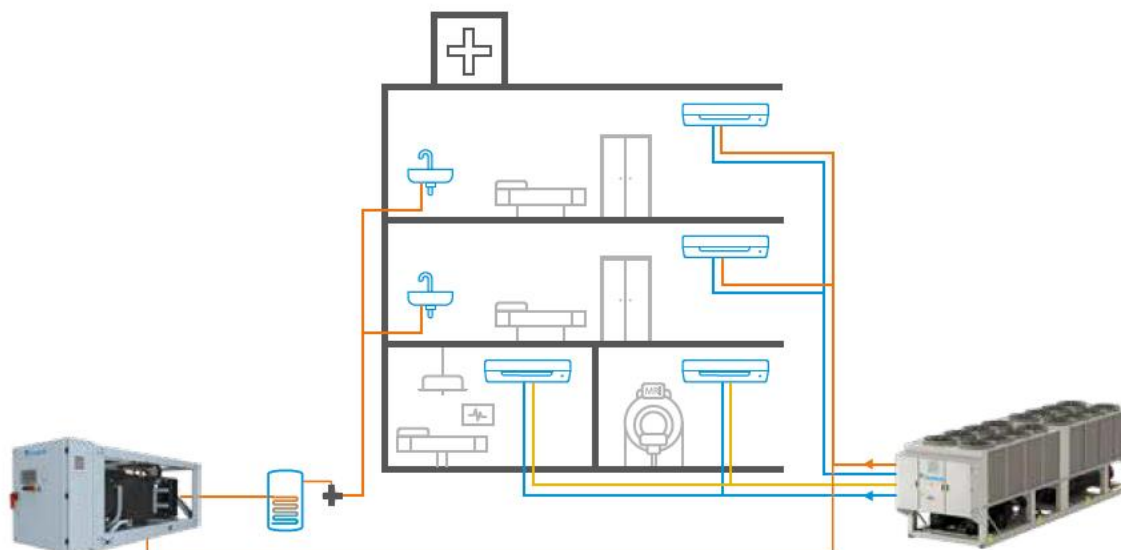
Toliau pateikiama išsami keleto žinomų šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų analizė, ypatingą dėmesį skiriant jų moksliniams veiklos rodikliams. Ši išsami analizė suteiks išsamią kiekvienos sistemos galimybių apžvalgą, leidžiančią skaitytojams geriau suprasti jų privalumus ir trūkumus.

5.6.1. Oras-vanduo šilumos siurblys

Šaldymo įrenginys yra įrengtas aukšto efektyvumo kompresoriais su kintamo dažnio pavara (VFD) technologija, užtikrinančia tikslų galingumo moduliavimą, ir kintamo tūrio santykio (VVR) funkcija, leidžiančia pasiekti optimalų našumą plačiame darbo diapazone. Jame naudojamas ekologiškas šaldymo agentas R-513A, kurio globalinis atšilimo potencialas (GWP) yra žymiai mažesnis nei tradicinių šaldymo agentų. Šis pažangus šilumos siurblys siūlo vienu metu šildymo ir aušinimo funkcijas, užtikrina lanksčią ir

greitą temperatūros kontrolę, kad būtų patenkinti įvairūs ir kintantys įvairių taikymų poreikiai.

Jo pajėgumas yra nuo 400 iki 800 kW tiek šaldymo, tiek šildymo režimuose, o bendras energijos efektyvumo koeficientas siekia iki 7,89. Jis veikia aplinkos temperatūroje nuo -18 °C iki +50 °C, šaldomo vandens temperatūra svyruoja nuo -8 °C (su vandens ir glikolio mišiniu) iki +20 °C, o šildomo vandens temperatūra – nuo +30 °C iki +60 °C.



4 pav. Daikin vienu metu šildantis ir aušinantis šilumos siurblys [6].

1 lentelė. Oras-vanduo šilumos siurblio techniniai duomenys.

Techninės specifikacijos		Matavimo vienetas	Vertė
Aušinimo galia		kW	3
Šildymo galia		kW	403
Galingumas	Aušinimas	kW	135,5
	Šildymas	kW	126,76
SEER			4
EER			2
COP			3,1
SCOP			3,21
Šaldymo agentas		GWP	6

Šilumos siurblys gali būti plačiai naudojamas įvairiose srityse, nuo pramoninių iki komercinių pastatų, viešbučių ir ligoninių. Jis užtikrina patikimą veikimą ir optimalų našumą įvairiose vietose ir oro sąlygose.

5.6.2. Oro apdorojimo įrenginys

Šis išsamus valdymo sprendimas užtikrina sklandų integravimą į įvairias šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemas. Jis apima oro srauto ir temperatūros valdymą, tiek tiekiamo, tiek grįžtančio oro, taip pat aplinkos temperatūros stebėjimą. Aušinimo sistemos yra profesionaliai valdomos, įskaitant šaldytą vandenį ir DX aušinimą, su papildoma energijos efektyvumo nauda dėl integruoto laisvo aušinimo. Be to, sistema turi automatinę CO₂ kontrolę, užtikrinančią optimalią patalpų oro kokybę. Ji palaiko tiek kintamo oro tūrio (angl. *variable air volume*, VAV), tiek pastovaus oro tūrio (angl. *constant air volume*, CAV) sistemas, užtikrinančias lankstumą ir pritaikomumą įvairiems šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo poreikiams.

Oro apdorojimo įrenginys (angl. *air handling unit*, AHU) turi oro srautą nuo 750 m³/h iki 144 000 m³/h, kad patenkintų visus klientų poreikius. Šie įrenginiai, kurie yra prieinami tiek vidaus, tiek lauko versijomis, yra specialiai suprojektuoti, kad būtų lengvai transportuojami ir surenkami vietoje. Lygus vidinis paviršius pagerina patalpų oro kokybę (angl. *indoor air quality*, IAQ). Integravimas su DX aušinimo sistemomis yra sklandus, įskaitant suderinamumą su VRV IV ir ERQ jungtimis.

Galima rinktis iš plataus ventiliatorių asortimento, įskaitant EC, AC kištukinius ir diržo pavaros variantus su į priekį išlenktomis, atgal išlenktomis ir atgal išlenktomis aerodinaminėmis mentėmis.

Šildymo/aušinimo spiralinės sekcijos yra su nerūdijančio plieno kondensato surinkimo dėklu su lašelių apsauga. Galima rinktis įvairius drėkintuvus, pritaikytus konkrečioms klientų poreikiams. Aukščiausios klasės efektyvumo filtrai yra su gamykliniu diferencinio slėgio manometru.

Profilis pagamintas iš anoduoto aliuminio su šilumine pertvara arba be jos. Pagrindinis rėmas gali būti pagamintas iš cinkuoto plieno, aliuminio, nerūdijančio plieno 430 arba 316 klasės. Plokščių izoliacijos variantai: poliuretano putos arba mineralinė vata. Vidinėms ir išorinėms plokščių dangoms galima pasirinkti iš įvairių medžiagų: iš anksto padengtos, aliuminio, nerūdijančio plieno 304 arba 316 klasės.



5 pav. D-AHU Professional gamintojo Daikin [7].

Tiekimo pusėje yra sklendės sekcija su ventiliacijos grotelėmis ir gamykliniu aktuatoriumi, aukščiausios klasės efektyvumo filtrai su gamykliniu diferencinio slėgio manometru, šilumos rekuperavimo sistema (skersinio srauto ir priešpriešinio srauto plokštelinis šilumokaitis arba rotacinis šilumokaitis), maišymo dėžė su sklendėmis ir gamykliniu pavarų mechanizmu, šildymo/aušinimo spiralinė dalis su nerūdijančio plieno kondensato surinkimo dėžute ir lašelių apsauga, tiekimo oro ventiliatorius su EC technologija (su atveriamomis durelėmis, atidarymo mechanizmo stebėjimu, sumontuotu ir sujungtu apšvietimu bei įjungimo/išjungimo jungikliu).

Grįžtamojoje pusėje yra aukščiausios klasės efektyvumo filtrai su gamykliniu diferencinio slėgio manometru. Taip pat yra išmetamo oro ventiliatorius su EC technologija, atveriamomis durelėmis, atidarymo mechanizmo stebėjimu, sumontuotu ir sujungtu apšvietimu bei įjungimo/išjungimo jungikliu. Sistemoje yra maišymo dėžė su sklendėmis ir gamykliniu pavarų mechanizmu. Įrengta šilumos rekuperavimo sistema (skersinio srauto ir priešsrauto plokštelinis šilumokaitis arba rotacinis šilumokaitis). Galiausiai grįžtamoji pusė susideda iš sklendės sekcijos su ventiliacijos grotelėmis ir gamykliniu pavaros mechanizmu.

Atsižvelgiant į D-AHU Professional aukštą pritaikymo įvairioms taikymo sritims lygį, 2 lentelėje pateikta pagrindinių techninių charakteristikų santrauka, kad būtų galima geriau suprasti jo galimybes.

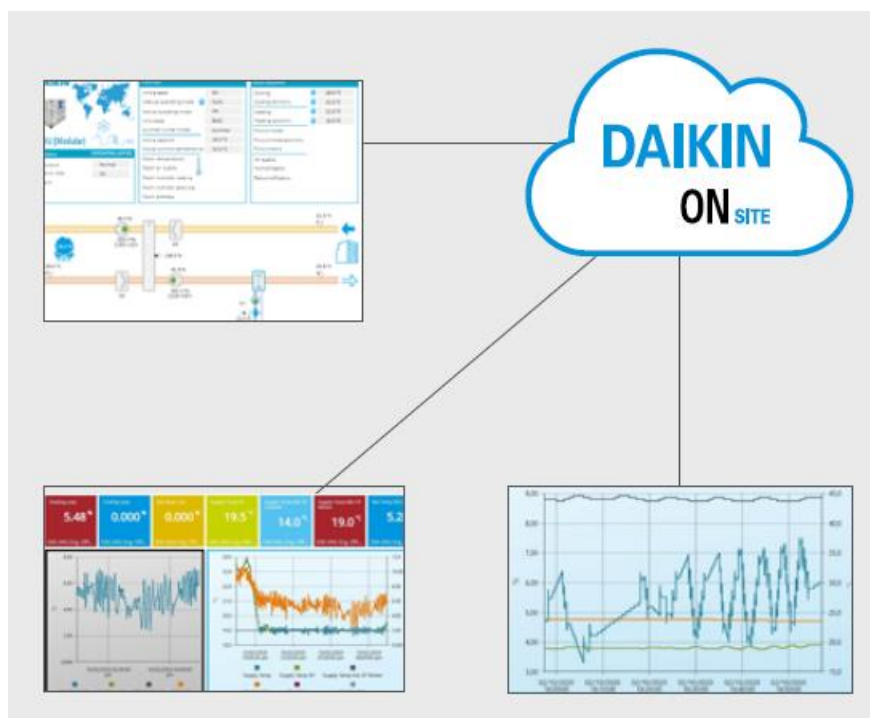
2 lentelė. AHU techninės specifikacijos.

Techninės specifikacijos	Matavimo vienetas	Vertė
Oro srautas	m ³ /h	15
Temperatūros efektyvumas žiemą		
Galios įėjimas	kW	7
SFPv ⁽¹⁾	kW/m ³ /s	1,55

⁽¹⁾SFPv yra parametras, kuris kiekybiškai apibūdina ventiliatoriaus efektyvumą (kuo jis mažesnis, tuo geriau). Jis mažėja, jei oro srautas sumažėja.

ŠVOK sistema turi šiluminiu būdu izoliuotą konstrukciją, pašalinantį šilumos tiltelius visame oro apdorojimo įrenginyje, taip padidinant energijos efektyvumą. Lygus vidinis paviršius pagerina patalpų oro kokybę, sumažindamas dulkių kaupimąsi ir palengvindamas valymą. Šis įsipareigojimas vidaus oro kokybei yra dar labiau sustiprintas atitiktimi griežtiems VDI 6022 higienos reikalavimams.

Oro apdorojimo įrenginys taip pat aprūpintas *Daikin on Site* platforma (žr. 6 pav.), kuri siūlo įvairias funkcijas ir galimybes įrenginiui stebėti ir valdyti. Stebėjimo sistema suteikia prieigą prie informacinių skydelių, nuotolinę prieigą, planavimo funkciją, internetinius grafikus, diagnostiką ir programinės įrangos atnaujinimus.

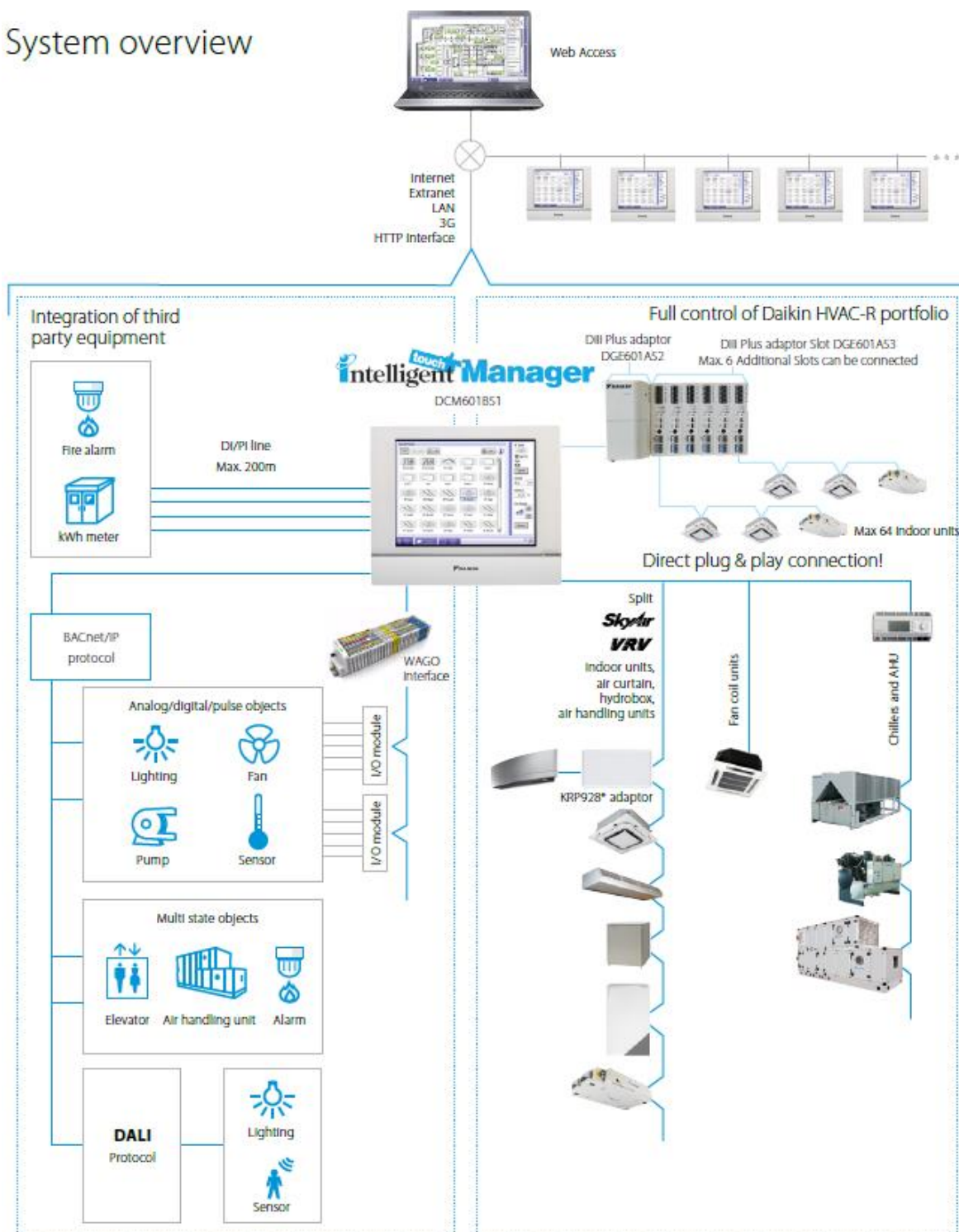


6 pav. Oro apdorojimo įrenginio valdymo platforma [7].

Gamintojas taip pat gali pasiūlyti pastato automatizavimo sistemą (angl. *building automation system*) (žr. 7 pav.). Pažangus energijos valdymas stebi, ar energija naudojama pagal planą, ir padeda nustatyti energijos švaistymo šaltinius. Galingi tvarkaraščiai užtikrina tinkamą veikimą visus metus. Energiją galima taupyti suderinant

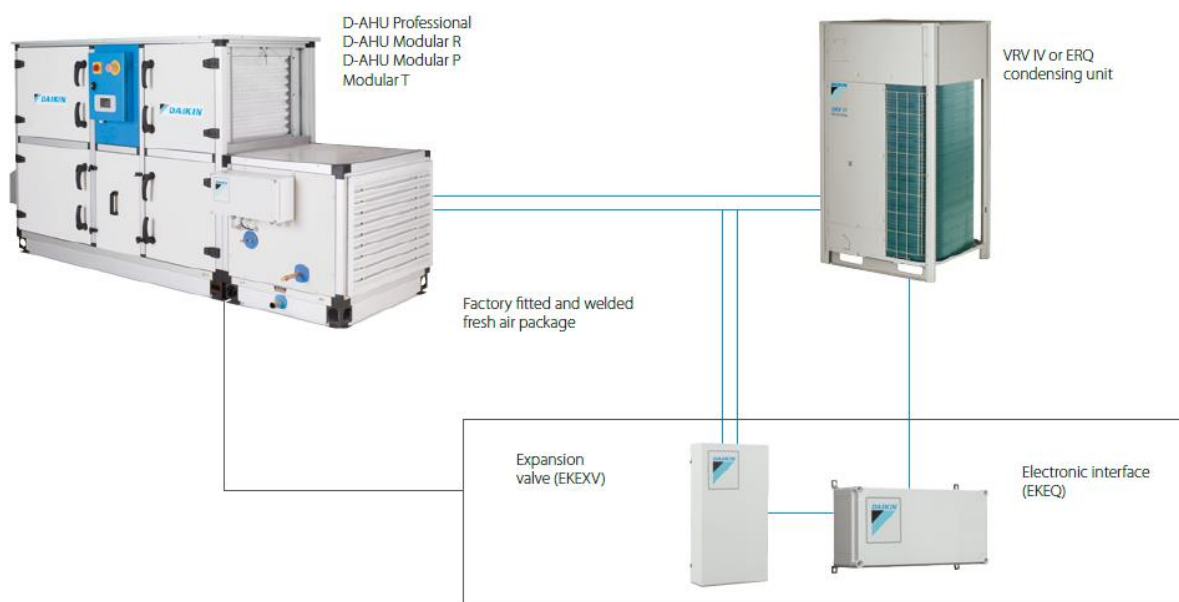
oro kondicionavimo veikimą su kita įranga, pvz., šildymu. Didžiausios galios išjungimo valdymas, aktyvuotas pagal tvarkaraštį, leidžia vartotojams valdyti lauko įrenginį 4 nustatymuose: 100 %, 70 %, 40 % ir 0 %.

System overview



7 pav. Pastato valdymo sistema [7].

Daikin šviežio oro paketas yra išsamus sprendimas, apimantis visus įrenginių valdiklius (plėtimosi vožtuvą, valdymo bloką ir oro apdorojimo įrenginio valdiklį) bei gamykliniu būdu sumontuotus ir sukonfigūruotus jutiklius. Norint pasiekti didesnį efektyvumą, oro apdorojimo įrenginio integravimas su šilumos atgavimo sistema (žr. 8 pav.) yra dar veiksmingesnis, nes biuro sistema dažnai gali veikti vėsinimo režimu, kai lauko oras yra per šaltas, kad būtų galima jį įleisti į patalpas nekondicionuotu. Tokiu atveju šiluma iš biurų yra tiesiog perduodama šaltam įeinančiam šviežiam orui šildyti. *Daikin ERQ* ir *VRV* įrenginiai greitai reaguoja į tiekiamo oro temperatūros svyravimus, todėl patalpų temperatūra yra pastovi, o galutinis vartotojas jaučiasi labai patogiai. Geriausias sprendimas yra *VRV* serija, kuri dar labiau pagerina komfortą, nes užtikrina nuolatinį šildymą, net ir atitirpinimo metu.



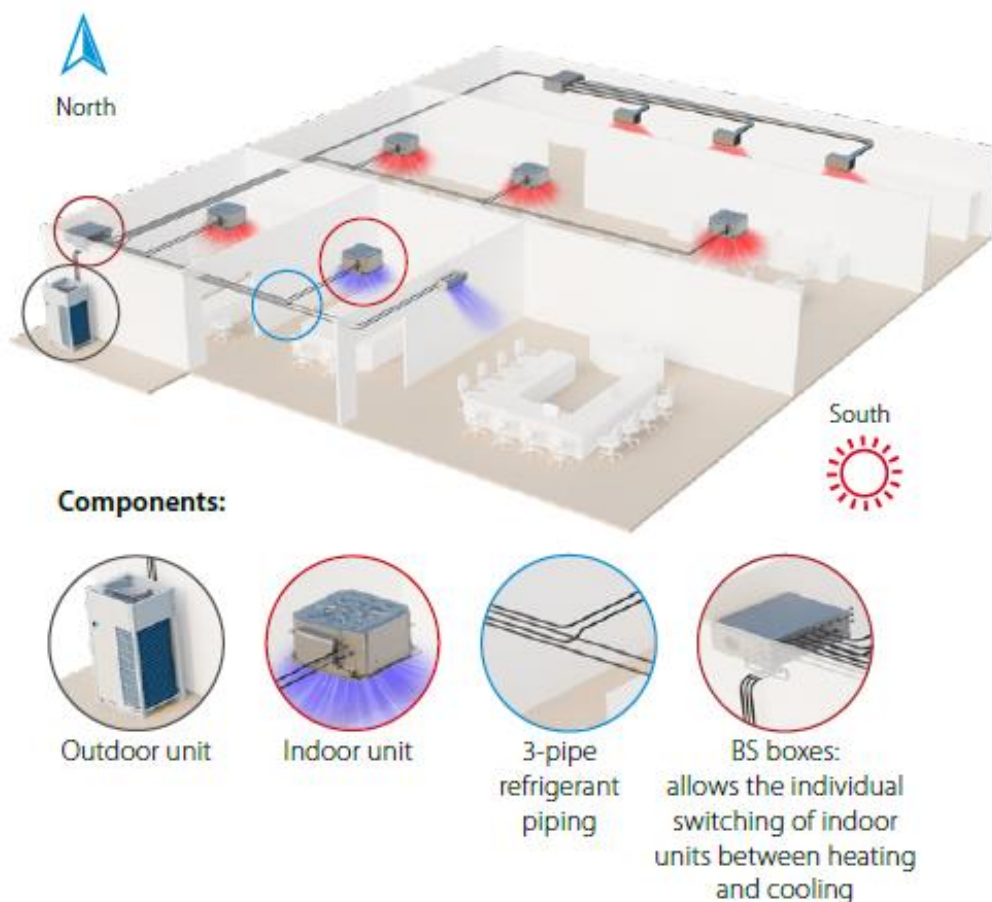
8 pav. Oro apdorojimo įrenginio integravimas su šilumos atgavimo sistema [7].

5.6.3. Šildymo, vėsinimo ir vėdinimo sistema su kintamu šaltnešio tūriu ir šilumos atgavimo funkcija

Kintamo šaltnešio tūrio (angl. *variable Refrigerant volume*, VRV) sistemoje su šilumos atgavimu energijos efektyvumas yra pagerinamas per kelias pagrindines savybes. Šilumos atgavimas perduoda šilumą iš sričių, kuriose reikalingas aušinimas, į vietas, kuriose reikia karšto vandens arba šildymo, taip maksimaliai išnaudojant energiją. Kintama šaltnešio technologija optimizuoja komfortą ir padidina sezoninį efektyvumą iki 28% palyginti su alternatyviais sprendimais, dinamiškai reguliuodama šaltnešio temperatūrą pagal aušinimo apkrovą. Originalios 3-vamzdžių technologijos įtraukimas žymiai padidina energijos efektyvumą šilumos atgavimo režime.

VRV 5 Heat Recovery (žr. 9 pav.) yra geriausias sprendimas efektyvumo ir komforto atžvilgiu. Jis sumažina CO₂ ekvivalentiškas emisijas, naudodamas mažesnį GWP R-32 šaltnešį ir sumažintą šaltnešio kiekį. Ši sistema naudoja vienkomentį šaltnešį, todėl lengviau perdirbti ir vėl naudoti. Tvarumas yra maksimaliai užtikrinamas viso gyvenimo ciklo metu, dėka rinkoje pirmaujančio realaus sezono efektyvumo. "Nemokamas" šildymas pasiekiamas per efektyvų 3-vamzdžių šilumos atgavimą, perduodant šilumą iš aušinimo zonų į šildymo zonas.

Ši technologija leidžia sistemai efektyviai dirbti mažose patalpose. Specialiai R-32 suprojektuoti vidaus įrenginiai užtikrina žemą triukšmo lygį ir maksimalų efektyvumą. Vienalaikis vėsinimas ir šildymas užtikrina optimalų asmeninį komfortą svečiams ir nuomininkams. Montavimo lankstumas maksimalus, nes vamzdžių ilgis gali siekti 165 metrus, o bendras ilgis – 1000 metrų. Garso slėgio lygis gali būti tik 40 dB(A) dėl 5 žemo garso lygio pakopų. Sistema užtikrina iki 78 Pa ESP, todėl galima rinktis lanksčias ortakių konfigūracijas. Platus darbinis diapazonas nuo +46 °C aušinimo režimu iki -20 °C šildymo režimu užtikrina patikimą veikimą įvairiomis klimato sąlygomis. VRV 5 Heat Recovery apima pažangias technologijas, paveldėtas iš VRV IV+, pvz., kintamą šaldymo agento temperatūrą, nuolatinį šildymą, 7 segmentų ekraną, visiškai inverterinius kompresorius, 4 pusių šilumokaitį, šaldymo agentu aušinamą PCB ir naują DC ventiliatoriaus variklį.



9 pav. Kintamo šaltnešio tūrio (VRV) šilumos atgavimo sistema [7].

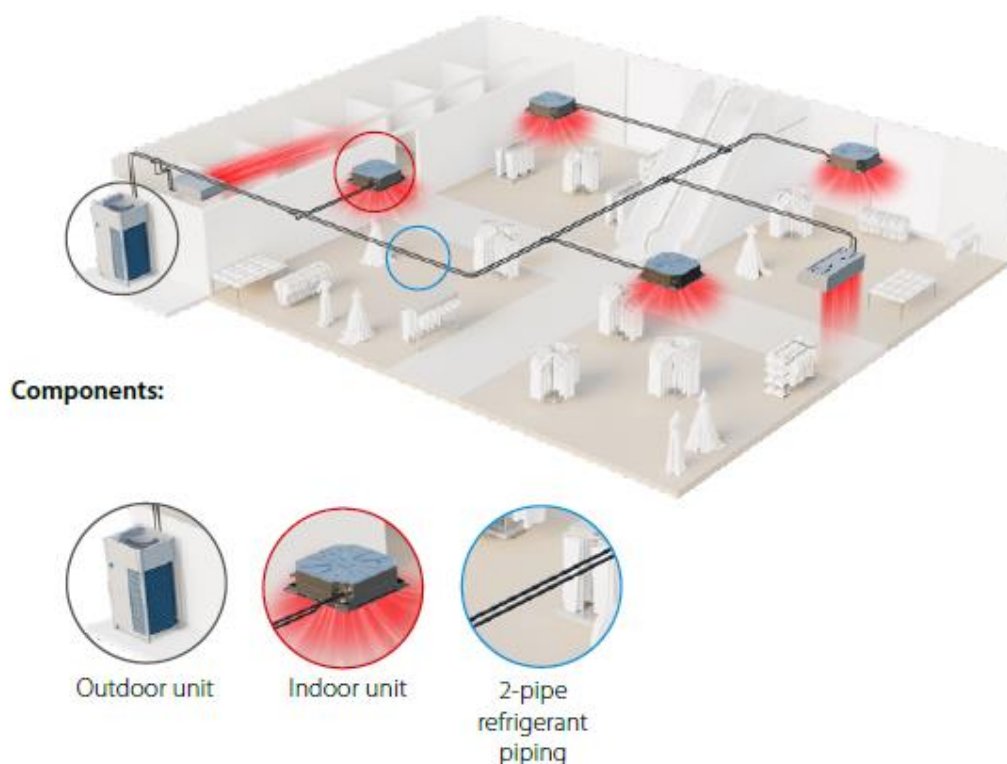
Siekiant geriau suprasti ir palyginti, 3 lentelėje pateiktos kintamo šaltnešio tūrio (VRV) šilumos atgavimo sistemos lauko bloko techninės specifikacijos.

3 lentelė. *Daikin* kintamo šaltnešio tūrio (VRV) šilumos atgavimo modelio *REYA8A* techniniai duomenys.

Techniniai duomenys	Matavimo vienetas	Vertė
Galingumo diapazonas	HP	
Aušinimo galia	kW	5
Šildymo galia	kW	62
SEER	-	7
SCOP	-	4
Garso slėgio lygis	dBA	5
Šaldymo agentas	GWP	67

5.6.4. Šildymo, vėsinimo ir vėdinimo sistema su kintamo šaltnešio tūrio šilumos siurbliu

Kintamo šaltnešio tūrio (VRV) šilumos siurblys (žr. 10 pav.) yra sprendimas, užtikrinantis komfortą ir mažą energijos suvartojimą. Mažesnis CO₂ ekvivalentas pasiekiamas naudojant mažesnį GWP R-32 šaldymo agentą ir mažesnį šaldymo agento kiekį. Vienos sudedamosios dalies šaldymo agentas supaprastina pakartotinį naudojimą ir perdirbimą. Sistema pasižymi rinkos lyderio realaus sezono efektyvumu, užtikrinančiu didžiausią tvarumą per visą jos eksploatacijos ciklą. Ši technologija leidžia efektyviai dirbti mažose patalpose be papildomų priemonių. Specialiai R-32 suprojektuoti vidaus įrenginiai užtikrina žemą triukšmo lygį ir maksimalų efektyvumą. Montavimo lankstumas atitinka R-410A sistemas, vamzdžių ilgis gali siekti iki 165 metrų, o bendras ilgis – 1000 metrų. Dėl 5 žemo triukšmo lygio pakopų triukšmo slėgis gali būti tik 40 dB(A), o ESP siekia iki 78 Pa, palengvinant ortakio montavimą. Darbinis diapazonas yra nuo +46 °C aušinimo režimu iki -20 °C šildymo režimu. VRV 5 įtraukti pagrindiniai VRV standartai ir technologijos, įskaitant kintamą šaldymo agento temperatūrą, nuolatinį šildymą, 7 segmentų ekraną, visiškai inverterinius kompresorius, 4 pusių šilumokaitį ir šaldymo agentu aušinamas spausdintines plokštes.



10 pav. Kintamo šaltnešio tūrio šilumos siurblio sistema [7].

Siekiant geriau suprasti ir palyginti su kintamo šaltnešio tūrio šilumos atgavimo sistema, 4 lentelėje pateiktos kintamo šaltnešio tūrio šilumos siurblio sistemos lauko bloko techninės specifikacijos.

4 lentelė. *Daikin* kintamo šaltnešio tūrio (VRV) šilumos siurblio modelio RXYA8A techninės specifikacijos.

Techniniai duomenys	Matavimo vienetas	Vertė
Galingumo diapazonas	HP	
Aušinimo galia	kW	5
Šildymo galia	kW	62
SEER	-	7
SCOP	-	4
Garso slėgio lygis	dBA	5
Šaldymo agentas	GWP	67

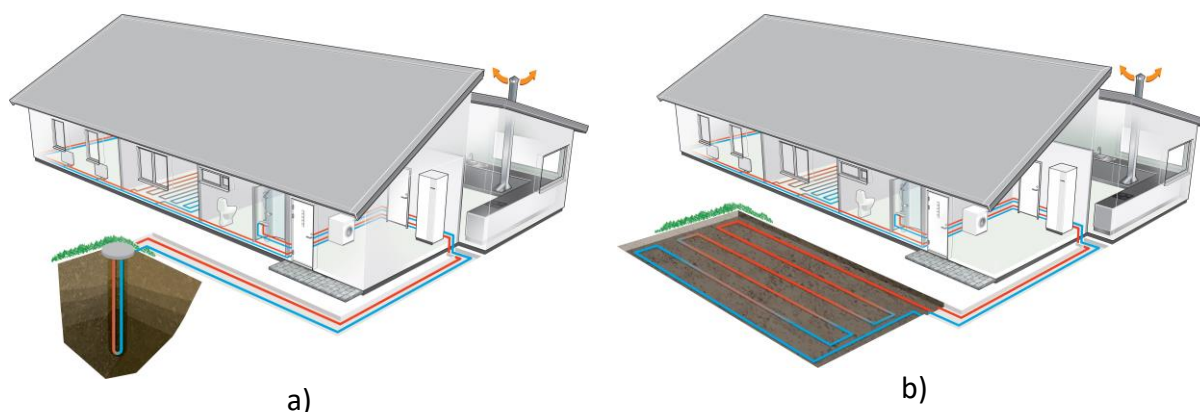
Palyginus 3 lentelėje pateiktus kintamo šaltnešio tūrio šilumos atgavimo duomenis su 4 lentelėje pateiktais kintamo šaltnešio tūrio šilumos siurblio duomenimis, matyti, kad dauguma veikimo rodiklių yra labai panašūs. Pagrindinis skirtumas yra 1,5% mažesnė SEER vertė šilumos siurblio sistemoje.

Ši analizė rodo, kad nors kintamo šaltnešio tūrio šilumos siurblių sistema pasižymi šiek tiek mažesniu sezoniniu energijos efektyvumu nei šilumos atgavimo sistema, bendros abiejų sistemų veikimo charakteristikos yra labai panašios. Šių dviejų kintamo šaltnešio tūrio technologijų pasirinkimas greičiausiai priklausys nuo konkrečių projekto reikalavimų ir aplinkybių, pvz., vienu metu reikalingo šildymo ir vėsinimo, turimos erdvės apribojimų ir pageidaujamo energijos efektyvumo lygio.

5.6.5. Žemė-vanduo šilumos siurblys

Šilumos siurbLIAI yra universalios ir vis populiareesnės šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų sudedamosios dalys. Jie veikia ne šilumą generuodami, o perduodami, todėl yra labai energijos efektyvūs.

Šiluma iš žemės (11 pav.) yra paimama per uždara druskos tirpalo sistemą, kurioje cirkuliuoja vandens ir antifrizo mišinys. Šilumos siurblio garintuve druskos tirpalas (vanduo, sumaišytas su antifrizu, glikoliu arba etanoliu) atiduoda savo energiją šaldymo agentui, kuris garuoja ir suspaudžiamas kompresoriuje. Dabar padidintos temperatūros šaltnešis yra perduodamas į kondensatorių, kur jis atiduoda savo energiją šildymo terpės grandinei ir, jei reikia, prijungtam vandens šildytuvui.



11 pav. Žemė-vanduo šilumos siurbLIAI: a) gręžinių kolektoriai; b) horizontalūs žemės kolektoriai.

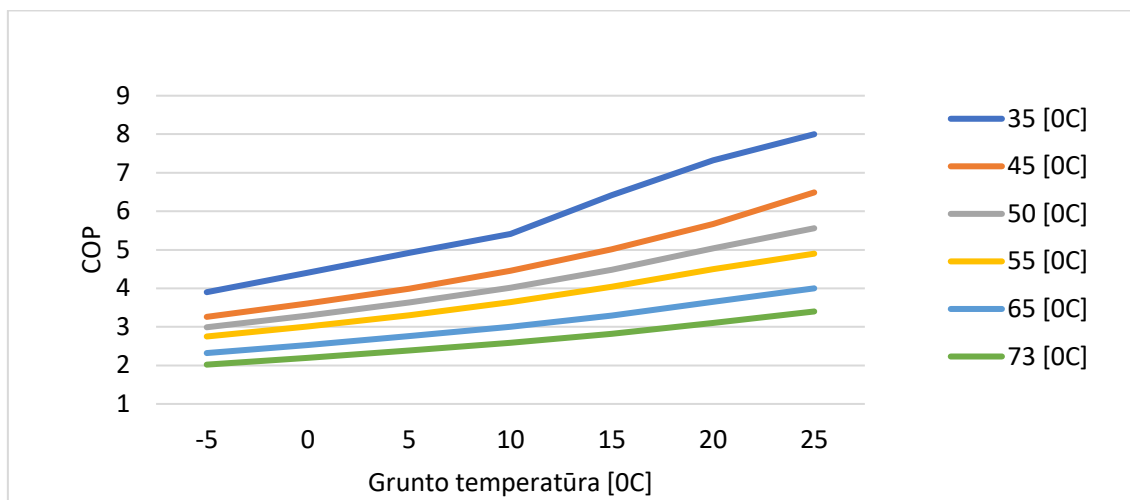
5 lentelėje pateikti *Viessmann Vitocal 350-G Pro 352.A114* (B0/W35 114,2 kW) [8] geoterminio šilumos siurblio, naudojančio R134a šaldymo agentą, efektyvumo koeficiento (COP) duomenys. COP vertės pateikiamos kaip funkcija nuo kintančių žemės šilumos šaltinio temperatūrų, suteikiant vertingos informacijos apie šilumos siurblio efektyvumą skirtingomis eksploataavimo sąlygomis.

5 lentelė. Žemė-vanduo šilumos siurblio COP kaip žemės temperatūros funkcija.

Grunto temperatūra	Vandens temperatūra					
	35 [°C]	45 [°C]	50 [°C]	55 [°C]	65 [°C]	73 [°C]
	COP					
-	3	3	2	2	2,32	2,02

0	4,41	3,61	3,29	3,01	2,53	2,2
5	4,92	3,99	3,63	3,3	2,76	2,39
10	5,41	4,46	4,02	3,64	3	2,59
15	6,42	5,01	4,48	4,04	3,29	2,82
2	7,32	5,67	5,04	4,5	3,65	3,1
25	8	6,49	5,56	4,9	4	3

Siekiant geriau suprasti ankstesnėje lentelėje pateiktas COP vertes, 12 paveiksle parodyta COP kitimas priklausomai nuo šaltinio temperatūros. Šis grafinis vaizdas suteikia vertingos informacijos apie sistemos veikimo tendencijas įvairiomis eksploataavimo sąlygomis.



12 pav. COP kitimas priklausomai nuo žemės temperatūros.

12 paveikslo analizė rodo aiškią tendenciją: žemės šilumos siurblio sistemos COP yra didžiausias, kai žemės šilumos šaltinio temperatūra yra aukšta, o šildomojo skysčio temperatūra yra žymiai žemesnė. Šis pastebėjimas atitinka pagrindinius šilumos siurblio veikimo principus, pagal kuriuos mažesnis temperatūrų skirtumas tarp šilumos šaltinio (žemės) ir šildomojo skysčio (druskos tirpalo) paprastai užtikrina efektyvesnį šilumos perdavimą.

Tas pats reiškinys pasireiškia ir šilumos siurblio šildymo galios atveju (žr. 6 lentelę).

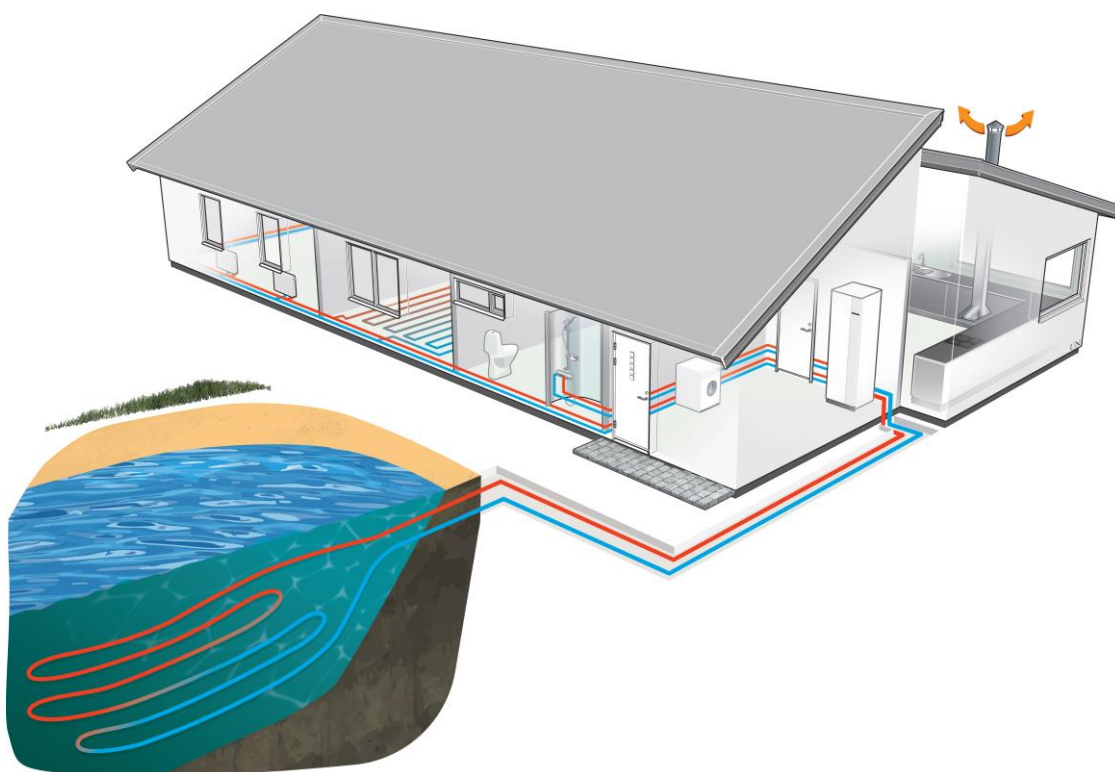
6 lentelė. Žemė-vanduo šilumos siurblio šildymo galia priklausomai nuo žemės temperatūros.

Žemės temperatūra	Vandens temperatūra					
	35 [°C]	45 [°C]	50 [°C]	55 [°C]	65 [°C]	73 [°C]
	Šildymo galia					
-	9	81	76	71	61	52,6
0	114,2	101,6	96	90,2	78,1	68,3
5	136,1	124,6	118,3	111,7	98	86,6
10	158	151,2	144,1	136,5	120,8	107,6
15	196,1	181,3	173,3	164,8	146,7	131,5

20	228,2	215,7	206,8	197,2	177,3	160,1
25	254,5	241	239	221	201	191

5.6.6. Vanduo-vanduo šilumos siurblys

Vanduo-vanduo šilumos siurblio veikimo principas labai panašus į geoterminio šilumos siurblio veikimo principą. Abu jie veikia perduodami šiluminę energiją naudojant šaldymo agentą. Tačiau pagrindinis skirtumas yra šilumos šaltinis. Žemės šilumos siurblys šilumą iš žemės gauna per po žeme įkastą vamzdžių kilpą, o vandens-vandens šilumos siurblys (13 pav.) šiluminę energiją gauna tiesiogiai iš vandens telkinio, pvz., ežero, upės ar šulinio. Tokia tiesioginė sąveika su vandeniu leidžia efektyviai keisti šilumą, todėl vandens-vandens šilumos siurbliai yra tinkamas pasirinkimas šildymo ir vėsinimo sistemoms įvairiose aplinkose.



13 pav. Vanduo-vanduo šilumos siurblys.

Siekiant palengvinti dviejų skirtingų šilumos siurblių tipų palyginimą, 7 lentelėje pateikiami *Vitocal 350-G Pro 352.A076* modelio (W10/W35 106 kW) [8] ir panašaus našumo alternatyvos koeficiento (COP) vertės. Ši lyginamoji analizė parodo *Vitocal 350-G Pro* pranašumą energijos vartojimo efektyvumo atžvilgiu, palyginti su žemė-vanduo modeliu, kur COP yra žymiai didesnis.

7 lentelė. Vanduo-vanduo šilumos siurblio COP priklausomai nuo vandens temperatūros.

Vandens temperatūra	Vandens temperatūra (viduje)					
	35 [°C]	45 [°C]	50 [°C]	55 [°C]	65 [°C]	73 [°C]
	COP					
1	5,44	4,52	4	3,689	3,03	2,61
15	6,5	5,09	4,56	4,09	3,34	2,85
2	7,53	5,78	5,13	4,58	3,71	3,15
25	8,2	6,1	5,4	4,9	4,11	3,47

5.6.7. Oras-vanduo šilumos siurblys

Oro-vandens šilumos siurbliai veikia išgaudami šilumą iš aplinkos oro, kaip ir kiti šilumos siurblių tipai, ir perduodami ją vandens šildymo sistemai per šaldymo ciklą. Tai daro juos lengvai prieinamu ir ekonomišką sprendimu daugeliui taikymų.

Pagrindinės oro-vandens šilumos siurblių savybės – gebėjimas išgauti šilumą iš aplinkos oro, užtikrinti šildymą ir vėsinimą, taip pat paprastai mažesnė įrengimo kaina, palyginti su geoterminėmis sistemomis. Jie yra prieinami dėl plačios paplitimo ir tinkamumo įvairioms taikymo sritims.

Siekiant palengvinti išsamią skirtingų šilumos siurblių technologijų lyginamąją analizę, 8 ir 9 lentelėse pateikiamos to paties gamintojo *Viessman* oro-vandens šilumos siurblio *Vitocal* 300-A 302.B60 [8], turinčio du kompresorius, techninės specifikacijos.

Įtraukus oro-vandens šilumos siurblių kartu su geoterminiais ir vandens šilumos siurbliais, galima tiesiogiai įvertinti pagrindines eksploatacines charakteristikas, įskaitant COP ir šildymo galią. Išnagrinėjus šias specifikacijas, galima lengvai nustatyti kiekvienos technologijos privalumus ir trūkumus, o tai leidžia priimti pagrįstą sprendimą renkantis tinkamiausią šilumos siurblio sistemą konkrečioms projekto reikalavimams.

8 lentelė. Oras-vanduo šilumos siurblio COP priklausomybė nuo lauko temperatūros.

Lauko temperatūra	Vandens temperatūra		
	35 [°C]	45 [°C]	55 [°C]
	COP		
-	1	1	-
-	2,3	2	1,7
-7	2,9	2,6	2,3
2	3	3	2
7	4	3	3
10	4,4	3,7	3
12	4,5	3,8	3,3
20	4,9	4	3,5
25	5,2	4,3	3,7

30	5,4	4,5	3,8
35	5,7	4,7	3

9 lentelė. Oras-vanduo šilumos siurblio šildymo galia priklausomai nuo lauko temperatūros.

Lauko temperatūra	Vandens temperatūra		
	35 [°C]	45 [°C]	55 [°C]
	Šildymo galia		
-	44	39	-
-15	59	55,4	51
-7	76	73,4	70,4
2	94,4	90,2	86
7	111,6	112,2	112,8
10	122	121,2	120,6
12	128,8	127,2	125,8
20	145,2	139,8	134,6
25	154,4	147,8	140,8
30	164,6	155,8	147,2
35	174	163,8	153,4

Svarbu atkreipti dėmesį, kad oro-vandens šilumos siurblio efektyvumas gali svyruoti dėl didelių lauko oro temperatūros svyravimų, ypač šaltesniu klimatu. Be to, lauko įrenginiai gali kelti triukšmą, kuris kai kuriose instaliacijose gali kelti problemų.

Šilumos siurblio technologijos pasirinkimas – geoterminis, vandens šaltinis ar oro šaltinis – turi didelės įtakos sistemos našumui, montavimo sudėtingumui ir bendroms išlaidoms. Vandens šaltinio šilumos siurbliai ir geoterminiai šilumos siurbliai paprastai pasižymi didžiausiu efektyvumu dėl stabilios temperatūros ištisus metus, tačiau jiems reikalingi vandens šaltiniai ir dideli žemės kontūro įrengimai, o oro šaltinio šilumos siurbliai yra prieinamesnis ir ekonomiškėnis sprendimas, turintis platesnį taikymo spektrą.

Galutinis sprendimas priklauso nuo įvairių veiksnių, įskaitant klimato sąlygas, konkrečios vietos ypatumus, turimus išteklius ir individualius projekto reikalavimus. Siekiant pasirinkti tinkamiausią ir ekonomiškiausią šilumos siurblio sprendimą konkrečiam atvejui, būtina išsamiai įvertinti šiuos veiksnius ir atlikti išsamią kiekvienos sistemos techninių charakteristikų ir veikimo duomenų analizę.

6. Rezultatai

Siekiant įvertinti pamokos sėkmę, siūlome mokiniams atlikti apklausą raštu arba žodžiu.

7. Ko išmokome

Pastatų energijos vartojimo efektyvumas.

Šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų moksliniai vertinimo rodikliai.

Šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų optimizavimo strategijos energijos vartojimo efektyvumui didinti.

Atsinaujinančios energijos integravimas į šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemas.

Istoriniai duomenys ir atsinaujinančios šilumos suvartojimo prognozės.

Energiją taupančios šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos praktikoje.

Nuorodos

- [1] ANSI/AHRI 210/240-2008: 2008 Standard for Performance Rating of Unitary Air-Conditioning & Air-Source Heat Pump Equipment". Air Conditioning, Heating and Refrigeration Institute. 2008.
- [2] <https://www.americanstandardair.com/resources/blog/what-is-seer/> (accessed December 17, 2024).
- [3] <https://control.com/technical-articles/the-layers-of-modern-building-automation-system-architecture/> (accessed December 17, 2024).
- [4] <https://www.iea.org/reports/renewables-2024/global-overview> (accessed January 9, 2025).
- [5] <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewable-energy-progress-tracker> (accessed January 14, 2025).
- [6] https://www.daikinmea.com/en_us/product-group/chillers.html (accessed January 14, 2025).
- [7] https://www.daikinmea.com/en_us/product-group/air-handling-units.html (accessed January 14, 2025).
- [8] <https://www.viessmann.ro/ro/cunostinte/tehnologie-sistem/pompe-caldura.html> (accessed January 15, 2025).