

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

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

This Erasmus+ Project has EECn funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the authors, and the European Commission and Erasmus+ National Agencies cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein

BIM4Energy Project

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC



Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

Content

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC.....	1
1 – Scop.....	3
2 - Metodologia de învățare	3
3 – Durata tutorialului	3
4 - Resursele didactice necesare	4
5 - Conținut și tutorial.....	4
5.1 – Eficiența energetică a clădirilor (EEC).....	4
5.2 – Metrica științifică a sistemelor HVAC	5
5.3 – Strategii de optimizare a sistemelor HVAC pentru îmbunătățirea eficienței energetice	7
5.4 – Integrarea energiei regenerabile în sistemele HVAC	12
5.5 – Date istorice și previziuni privind consumul de energie termică regenerabilă	13
5.6 – Sisteme HVAC eficiente din punct de vedere energetic.....	15
References	29
6 – Livrabile.....	30
7- Ce am învățat.....	30

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

1 – Obiectiv

Un catalog al celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățiri ale sistemelor HVAC are ca scop echiparea participanților cu o înțelegere cuprinzătoare a celor mai noi și în tendințe sisteme de încălzire, ventilație și aer condiționat eficiente din punct de vedere energetic. Obiectivele acestui tutorial Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățiri ale sistemelor HVAC sunt următoarele:

- Înțelegerea eficienței energetice a clădirilor (EEC).
- Înțelegerea clasificărilor științifice ale celor mai bune sisteme și echipamente HVAC.
- Strategii de optimizare a sistemelor HVAC pentru îmbunătățirea eficienței energetice.
- Sisteme de automatizare a clădirilor.
- Sisteme HVAC cu integrarea energiei regenerabile.
- Exemple de sisteme HVAC eficiente.

2 - Metodologia de învățare

Profesorul va da o explicație despre cele mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățiri ale sistemului HVAC de aproximativ 30 de minute.

Studentii vor citi acest tutorial și vor urma pașii prezentați în tutorial, și anume:

- Eficiența energetică a clădirilor;
- Măsurători științifice ale sistemelor HVAC;
- Strategii de optimizare a sistemelor HVAC pentru îmbunătățirea eficienței energetice;
- Integrarea energiei regenerabile în sistemele HVAC;
- Date istorice și previziuni pentru consumul de energie termică regenerabilă;
- Sisteme HVAC eficiente din punct de vedere energetic în practică.

Pentru a evalua succesul aplicației, se sugerează un chestionar pentru studenți.

3 – Durata tutorialului

Implementarea descrisă în acest tutorial va fi realizată prin intermediul site-ului web al proiectului BIM4ENERGY prin autoînvățare.

3 ore de curs sunt potrivite pentru această formare.

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

4 - Resursele didactice necesare

Sală de calculatoare cu PC-uri cu acces la internet.

Software necesar: Microsoft Office.

5 - Conținut și tutorial

5.1 – Eficiența energetică a clădirilor (EEC)

Înainte de a analiza îmbunătățirile specifice ale sistemelor HVAC, este esențial să înțelegem ce este eficiența energetică a clădirilor și cum se măsoară aceasta. EEC este o măsură standardizată a performanței energetice a unei clădiri, exprimată de obicei pe o scară de la A la G, A fiind cea mai eficientă energetică. Mai mulți factori influențează ratingul EEC al unei clădiri, inclusiv sistemul său HVAC.

EEC oferă un instrument valoros pentru evaluarea și îmbunătățirea performanței energetice a clădirilor. Prin înțelegerea factorilor care influențează ratingul EEC al unei clădiri, proprietarii și administratorii pot lua decizii în cunoștință de cauză cu privire la modernizări și renovări pentru a spori eficiența energetică, a reduce costurile și a contribui la un viitor mai durabil.

EEC este o măsură standardizată a performanței energetice a unei clădiri. În esență, clasifică consumul de energie al unei clădiri, la fel cum se clasifică elevii la școală. Eficiența energetică a clădirilor este adesea evaluată pe o scară, de obicei de la A la G, unde A reprezintă clădirile cele mai eficiente din punct de vedere energetic, iar G reprezintă clădirile cele mai puțin eficiente. Acest sistem ajută consumatorii și factorii de decizie politică să înțeleagă dintr-o privire performanța energetică a unei clădiri.

Scări comune de eficiență energetică a clădirilor:

- **Certificate de performanță energetică (EPC):** Utilizate pe scară largă în Europa, EPC-urile oferă o evaluare standardizată a performanței energetice a unei clădiri. Scara A-G este frecvent utilizată, A fiind cea mai eficientă, iar G cea mai puțin eficientă.
- **Home Energy Rating System (HERS):** Utilizat în Statele Unite, indicele HERS oferă un punctaj de la 0 la 100, 0 fiind cel mai eficient energetic. Un scor de 100 reprezintă o locuință care respectă codul minim de bază.
- **National Fenestration Rating Council (NFRC):** Acest sistem evaluează performanța energetică a ferestrelor și ușilor, utilizând un factor U (coeficient de transfer termic) și un coeficient de câștig de căldură solară (SHGC). Factori U și SHGC mai mici indică în general o eficiență energetică mai bună.

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

- **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design): Deși nu este o simplă scală A-G, LEED oferă un sistem de certificare pentru clădirile ecologice, cu diferite niveluri de certificare (Certified, Silver, Gold, Platinum) pe baza unui set cuprinzător de criterii, inclusiv eficiența energetică.
- **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) utilizează un sistem de rating distinct pentru a evalua performanța de sustenabilitate a clădirilor. BREEAM evaluează diverse aspecte ale durabilității unei clădiri, inclusiv energia, apa, materialele, deșeurile, ecologia, transportul, sănătatea și bunăstarea, gestionarea, poluarea și inovarea. Certificarea BREEAM este acordată de evaluatori independenți, oferind o evaluare fiabilă și imparțială a performanței unei clădiri în materie de durabilitate.

Metodele specifice de calcul pentru determinarea CEE a unei clădiri pot varia în funcție de regiune sau țară. Cu toate acestea, factorii cheie luați în considerare în general includ:

- Anvelopa clădirii: Izolație, ferestre și etanșeitate la aer.
- Sisteme HVAC: Eficiența sistemelor de încălzire, ventilație și aer condiționat.
- Sisteme de iluminat: Eficiența corpurilor de iluminat și a comenzilor.
- Surse de energie regenerabilă: Integrarea energiei solare, eoliene sau geotermale.

De ce este importantă EEC?

1. **Reducerea costurilor cu energia:** Clădirile mai eficiente din punct de vedere energetic se traduc prin facturi mai mici la utilități pentru proprietari și ocupanți.
2. **Sustenabilitatea mediului:** Un consum redus de energie înseamnă o amprentă de carbon redusă și o contribuție mai mică la schimbările climatice.
3. **Creșterea valorii proprietății:** Clădirile eficiente din punct de vedere energetic sunt adesea mai atractive pentru chiriași și cumpărători, crescând potențial valoarea proprietății.
4. **Confort îmbunătățit:** Sistemele HVAC eficiente pot duce la medii interioare mai confortabile.
5. **Conformitatea cu reglementările:** În multe zone, există coduri de construcție și reglementări care impun standarde minime de eficiență energetică.

5.2 – Metrica științifică a sistemelor HVAC

Sistemele HVAC sunt esențiale pentru menținerea unui mediu interior confortabil prin reglarea temperaturii și a calității aerului. Cu toate acestea, consumul lor de energie

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

poate fi substanțial. Optimizarea acestor sisteme este esențială pentru reducerea costurilor operaționale și minimizarea impactului asupra mediului. De fapt, studiile au arătat că optimizarea sistemelor HVAC poate duce la economii de energie de peste 50%. Pentru proprietari sau ocupanții clădirii, aceasta se corelează direct cu îmbunătățirea calității aerului, a facturilor la utilități și a confortului. Cu toate acestea, este necesară o abordare strategică pentru această optimizare.

Sistemele HVAC cuprind o gamă largă de tehnologii concepute pentru a regla temperatura interioară, umiditatea și calitatea aerului. Pompele de căldură reprezintă un tip specific de sistem HVAC, care a câștigat o tracțiune semnificativă în ultima perioadă și care poate încălzi și răci un spațiu. Spre deosebire de sistemele tradiționale care se bazează pe arderea combustibilului pentru încălzire, pompele de căldură utilizează un ciclu de refrigerare pentru a transfera căldura. În modul de răcire, acestea extrag căldura din aerul interior și o eliberează în exterior. În schimb, în modul de încălzire, acestea extrag căldură din mediul exterior, chiar și la temperaturi scăzute, și o transferă în interior. Această capacitate unică de a muta căldura în ambele direcții face ca pompele de căldură să fie foarte eficiente din punct de vedere energetic și ecologic. În timp ce sistemele HVAC pot include diverse metode de încălzire și răcire, pompele de căldură oferă o soluție versatilă și durabilă pentru menținerea unui climat interior confortabil.

Evaluarea ratingurilor de performanță ale sistemelor HVAC este extrem de importantă pentru selectarea celui mai potrivit echipament. Aceste evaluări oferă informații valoroase cu privire la eficiența operațională a unui sistem. Parametrii comuni utilizați pentru a evalua performanța sistemelor de încălzire și răcire includ indicele de eficiență energetică sezonieră (SEER), indicele de eficiență energetică (EER), factorul de performanță sezonieră pentru încălzire (HSPF), coeficientul de performanță (COP) sau coeficientul de performanță sezonieră (SCOP) [1].

- **SEER** măsoară puterea de răcire (în unități termice britanice) produsă de aparatele de aer condiționat și de pompele de căldură pe parcursul unui sezon de răcire tipic, împărțită la energia consumată. Un indice SEER mai mare indică o eficiență energetică mai mare și costuri de operare mai mici [2]. Pentru a afla SEER-ul unei unități, verificați unitatea exterioară pentru un autocolant galben și negru al Ghidului energetic sau inspectați unitatea interioară pentru o hârtie cu ratingul sau consultați numărul modelului (de exemplu, "XV20i" sugerează un SEER maxim de 20). Dacă aceste metode eșuează, contactați producătorul cu numerele de model și de serie ale unității.
- **EER** cuantifică, de asemenea, puterea de răcire (în BTU) per unitate de energie consumată (în kilowați-oră). Cu toate acestea, EER evaluează eficiența în condiții de laborator controlate, în timp ce SEER reflectă performanța sezonieră reală. De exemplu, un EER de 14 înseamnă că sistemul produce 14 BTU de răcire pentru fiecare watt de energie electrică consumată.

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

- **HSPF** evaluează eficiența globală de încălzire a unei pompe de căldură. Acesta reprezintă raportul dintre producția de căldură (în BTU) și energia electrică consumată (în kilowați-oră) în timpul unui sezon de încălzire tipic. Un HSPF mai mare indică o eficiență energetică mai mare.
- **COP** măsoară eficiența unei pompe de căldură, în special cantitatea de energie termică pe care o poate transporta pentru o anumită cantitate de energie absorbită. Un COP mai ridicat indică o pompă de căldură mai eficientă, ceea ce înseamnă că aceasta poate furniza mai multă căldură sau răcire pentru aceeași cantitate de energie consumată. COP se calculează prin împărțirea puterii de încălzire sau răcire (în unități de energie) la energia absorbită (tot în unități de energie).
- **SCOP** măsoară eficiența energetică a unei pompe de căldură pe parcursul unui întreg sezon de încălzire sau răcire. Spre deosebire de coeficientul de performanță (COP), care măsoară eficiența la un moment dat, SCOP ia în considerare temperaturile exterioare variabile și condițiile de funcționare de-a lungul întregului sezon de încălzire sau răcire. SCOP se calculează prin împărțirea cantității totale de căldură furnizată (pentru încălzire) sau eliminată (pentru răcire) la cantitatea totală de energie consumată pe parcursul întregului sezon.

În esență, parametrii urmăresc să determine cât de eficient un sistem HVAC sau o pompă de căldură transformă energia în răcire, valorile mai mari indicând o eficiență mai mare. Înțelegerea acestor coeficienți de eficiență este esențială pentru a lua decizii în cunoștință de cauză atunci când comparați diferite sisteme HVAC. Prioritizând sistemele și componentele cu valori mai ridicate, se poate maximiza eficiența energetică și se pot obține economii semnificative de energie.

5.3– Strategii de optimizare a sistemelor HVAC pentru îmbunătățirea eficienței energetice

Optimizarea sistemelor HVAC este esențială atât pentru conservarea energiei, cât și pentru reducerea costurilor. Iată câteva strategii de îmbunătățire a eficienței acestora:

1. Întreținere periodică

- Curățați sau înlocuiți filtrele: Filtrele înfundate restricționează fluxul de aer, forțând sistemul să lucreze mai mult, ceea ce duce la creșterea consumului de energie. Curățați sau înlocuiți filtrele în mod regulat, în conformitate cu recomandările producătorului.
- Inspectați și curățați serpentinele: Serpentinele murdare ale evaporatorului și condensatorului reduc eficiența transferului de căldură. Curățarea regulată asigură performanțe optime.

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

- Verificați nivelul agentului frigorific: Nivelurile necorespunzătoare de agent frigorific pot afecta semnificativ eficiența sistemului și pot duce la reparații costisitoare. Asigurați-vă că nivelurile de agent frigorific sunt în intervalul specificat.

2. Schimbați echipamentele cu unele eficiente din punct de vedere energetic

- Unități cu eficiență ridicată: Luați în considerare înlocuirea unităților mai vechi, mai puțin eficiente, cu modele mai noi care îndeplinesc standardele ENERGY STAR®. Aceste modele au adesea caracteristici avansate, cum ar fi motoare cu turație variabilă și izolare îmbunătățită, ceea ce duce la un consum mai mic de energie.
- Termostate inteligente: Termostatele inteligente oferă un control precis al temperaturii și programarea, optimizând consumul de energie în funcție de ocupare și de momentul zilei. De asemenea, acestea vă pot învăța preferințele și pot ajusta setările în consecință.

3. Optimizarea distribuției aerului și a ventilației

- Sigilați și izolați conductele: Conductele neetanșe pot irosi o cantitate semnificativă de aer condiționat. Sigilați și izolați conductele pentru a preveni pierderile de energie și pentru a îmbunătăți eficiența sistemului.
- Echilibrați fluxul de aer: Asigurați distribuția corectă a aerului în întreaga clădire prin echilibrarea fluxului de aer în diferite încăperi. Acest lucru previne apariția punctelor calde sau reci și asigură distribuția uniformă a temperaturii.
- Ventilație controlată de cerere: Utilizați sisteme de ventilație controlate la cerere care ajustează ratele de ventilație în funcție de nivelul de ocupare, reducând risipa de energie asociată cu ventilația excesivă.

4. Implementarea sistemelor de automatizare a clădirilor

- Control centralizat: Sistemele de automatizare a clădirilor (BAS) oferă control centralizat asupra sistemelor HVAC, permițând funcționarea și monitorizarea eficientă.
- Optimizare bazată pe date: BAS poate colecta date privind consumul de energie și performanța sistemului, permițând optimizarea bazată pe date a setărilor HVAC.
- Integrarea cu alte sisteme: BAS se poate integra cu alte sisteme ale clădirii, cum ar fi comenzile pentru iluminat și umbră, pentru a spori și mai mult eficiența energetică.

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

După ce am examinat pe larg strategiile de bază pentru îmbunătățirea eficienței sistemelor HVAC în tutorialul nostru anterior, "Sisteme HVAC eficiente și vectori energetici", care a inclus importanța critică a întreținerii regulate, implementarea strategică a termostatelor inteligente și optimizarea distribuției aerului, vom începe acum o explorare mai aprofundată a sistemelor de automatizare a clădirilor.

Această secțiune va analiza complexitatea proiectării, implementării și funcționării sistemelor de automatizare a clădirilor, subliniind rolul esențial al acestora în realizarea unor economii semnificative de energie și în îmbunătățirea performanței generale a clădirii.

BAS vizează gestionarea centralizată a condițiilor de mediu din cadrul unei instalații prin intermediul unei interfețe utilizator. Pentru a realiza acest lucru, în întreaga clădire este instalată o rețea de dispozitive de teren și actuatori mecanice, toate controlate de un controler central. Comunicarea eficientă între controler, dispozitivele de teren și actuatori este extrem de importantă.

Succesul implementării BAS depinde de interoperabilitatea dintre componente. În mod tradițional, utilizarea echipamentelor de la un singur producător simplifică acest proces, deoarece toate dispozitivele aveau la același protocol de comunicare. Cu toate acestea, odată cu standardizarea protocoalelor de comunicare, interoperabilitatea între produsele diferiților furnizori a devenit mai fezabilă.

Sistemele de automatizare a clădirilor constau de obicei din patru straturi funcționale distincte (a se vedea figura 1). Menținerea integrității acestor straturi este esențială pentru interoperabilitatea sistemului. Orice abatere de la standardele stabilite de către un producător poate împiedica compatibilitatea componentelor sale în cadrul ecosistemului mai larg al sistemelor globale de automatizare a clădirilor.

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

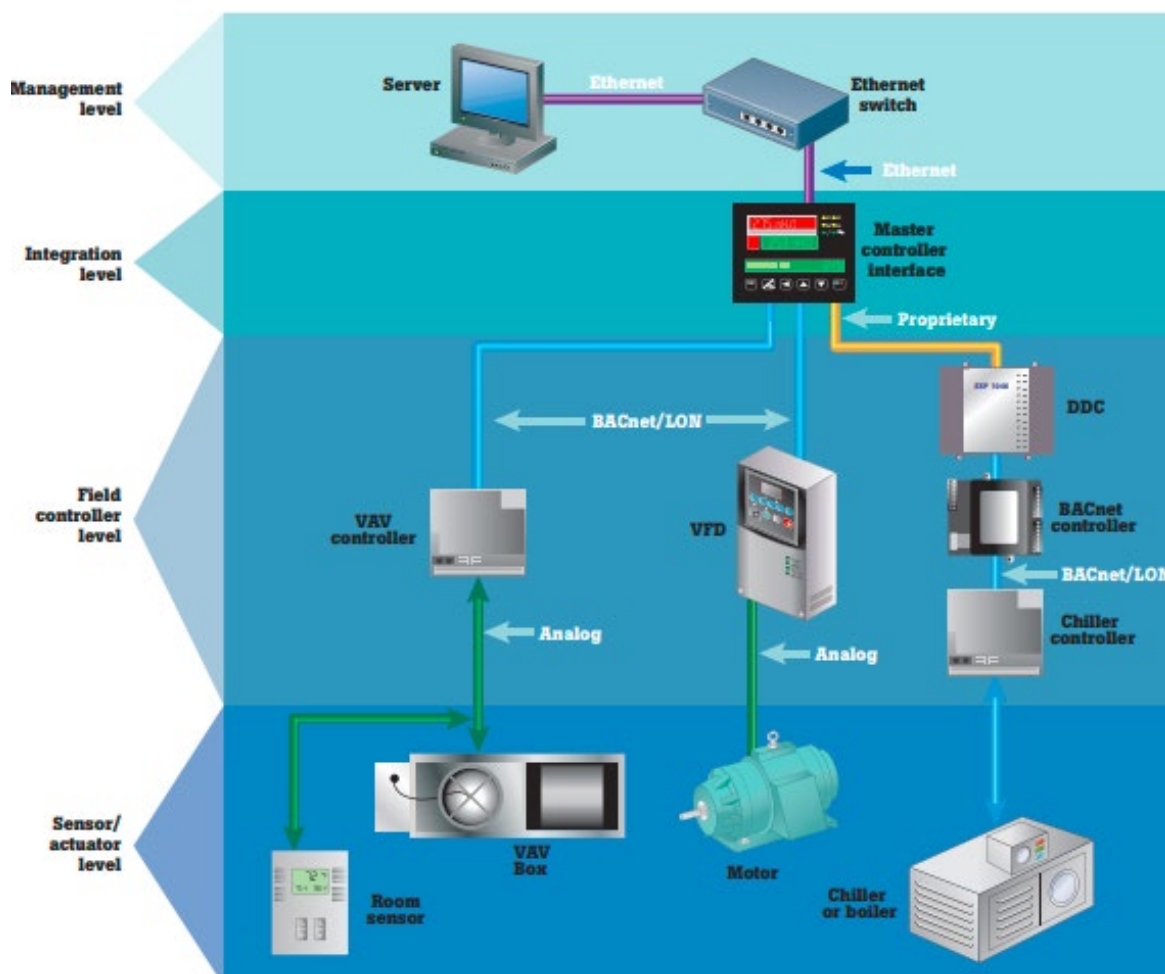


Figura 1. Cele patru straturi ale arhitecturii BAS [3]

Nivelul de gestionare oferă o interfață între aplicația software BAS și rețea. Acest nivel permite transferul de date între aplicație și rețea. Nivelul de aplicație din cadrul unui BAS definește un set de reguli care guvernează activarea sau dezactivarea obiectelor sistemului. Aceste obiecte, care reprezintă entități fizice precum aparatele de tratare a aerului, posedă proprietăți care le descriu caracteristicile și parametrii relevanți. Atunci când un obiect efectuează o acțiune, acesta activează parametrii asociați, cum ar fi o supapă de control sau un variator de frecvență (VFD) pentru un ventilator.

Nivelul de integrare sau stratul de supraveghere joacă un rol crucial în asigurarea transmiterii fiabile a datelor în cadrul sistemului. Acesta cuprinde atât componente software, cât și hardware.

Software-ul din cadrul acestui nivel definește formatul și conținutul mesajelor schimbate între dispozitive. Aceste mesaje transmit informații esențiale, cum ar fi starea dispozitivelor, citirile de temperatură și vitezele ventilatorului.

Componentele hardware din cadrul acestui strat facilitează transmiterea fizică a datelor între dispozitive. Pot fi utilizate o varietate de medii de comunicare, fiecare cu

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

caracteristici unice. Este esențial să se ia în considerare cu atenție mediul ales, deoarece variațiile în transmiterea datelor pot duce la discrepanțe în citiri, rezultând în informații inexacte.

Nivelul controlerului de teren servește drept bază pentru achiziția de date în cadrul BAS. Acest nivel găzduiește dispozitive de teren poziționate strategic în întreaga instalație, care monitorizează și măsoară continuu parametrii fizici critici.

Pentru a facilita transmiterea datelor, nivelul controlerului de teren permite acestor dispozitive, cum ar fi senzorii și transmițătoarele, să transmită datele colectate către nivelul de supraveghere pentru prelucrarea ulterioară și executarea acțiunilor de control necesare. Acest schimb de date este de obicei declanșat de semnale primite de la nivelul de supraveghere, care inițiază procesul de transmitere a datelor.

Nivelul senzor/actuator sau nivelul de intrare/ieșire (I/O) constituie interfața dintre lumea fizică și domeniul digital al sistemului. Acest nivel critic cuprinde toate dispozitivele fizice responsabile de achiziția datelor, cum ar fi senzorii, actuatoarele și interfețele de comunicare.

Stratul I/O îndeplinește două funcții principale:

1. Achiziționarea datelor: Acesta colectează date în timp real din diverse surse, inclusiv senzori de temperatură, senzori de umiditate, senzori de presiune și detectoare de ocupare. Aceste date brute sunt apoi transmise la controlerul central pentru prelucrare și analiză.
2. Executarea comenzilor: Acesta primește comenzi de la controlerul central și le traduce în acțiuni pentru dispozitivele fizice. De exemplu, poate activa o supapă pentru a controla debitul de apă, poate regla viteza unui ventilator sau poate porni/opri corpurile de iluminat.

Stratul I/O trebuie să accepte diverse protocoale de comunicare și formate de date. În timp ce unele dispozitive pot transmite date direct către controler, altele pot utiliza protocoale standard industriale precum Modbus sau BACnet. Acest strat asigură integrarea și interoperabilitatea fără probleme între diverse dispozitive și sistemul central de control.

În esență, stratul I/O acționează ca o punte, conectând componentele fizice ale clădirii la logica de control inteligent a BAS, permițând monitorizarea, controlul și optimizarea eficientă a operațiunilor clădirii.

În diverse sectoare, este evidentă o tendință către practici standardizate. Această standardizare oferă numeroase avantaje, inclusiv o interoperabilitate sporită și un acces îmbunătățit la asistență tehnică în cazul unor disfuncționalități ale sistemului. Arhitectura stratificată din cadrul sistemelor de automatizare a clădirilor (BAS) sprijină în mod direct această tendință. Prin aderarea la această structură stratificată,

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

producătorii avansați proiectează dispozitive care se integrează perfect în cadrul general al BAS.

5.4– Integrarea energiei regenerabile în sistemele HVAC

Integrarea surselor de energie regenerabilă în sistemele HVAC este un pas crucial către un viitor durabil și eficient din punct de vedere energetic. Prin valorificarea surselor de energie curată, putem reduce în mod semnificativ dependența noastră de combustibili fosili, putem minimiza impactul asupra mediului și putem reduce costurile de exploatare.

Principalele surse de energie regenerabilă pentru HVAC includ:

- **Energia solară**, care poate fi exploatată prin intermediul panourilor fotovoltaice (PV) pentru a alimenta direct pompele de căldură electrice, ventilatoarele și alte componente sau prin intermediul colectoarelor solare termice pentru a încălzi apa pentru răcitoarele cu absorbție sau sistemele de încălzire radiantă.
- **Energia geotermală** utilizează temperatura stabilă a Pământului pentru a furniza atât încălzire, cât și răcire prin intermediul pompelor de căldură geotermale.
- **Energia eoliană** poate fi utilizată pentru a genera electricitate pentru alimentarea diferitelor componente HVAC, în special în zonele cu resurse eoliene constante.
- **Energia din biomasă** implică arderea materialelor organice, cum ar fi lemnul și deșeurile agricole, pentru a produce căldură pentru încălzirea spațiilor sau pentru alimentarea răcitoarelor cu absorbție.

Sursele de energie regenerabilă pot fi **integrate direct** în echipamentele HVAC, cum ar fi utilizarea panourilor solare fotovoltaice pentru alimentarea pompelor electrice de căldură sau a turbinelor eoliene pentru acționarea ventilatoarelor. **Sistemele hibride**, care combină sursele de energie regenerabile cu sursele de energie tradiționale, oferă fiabilitate și eficiență sporite. De exemplu, o pompă de căldură geotermală poate funcționa împreună cu un cuptor pe gaz de rezervă. În plus, integrarea **sistemelor de stocare a energiei**, cum ar fi bateriile sau stocarea termică, permite utilizarea energiei regenerabile chiar și în timpul perioadelor de producție scăzută sau inexistentă, asigurând o aprovizionare constantă și fiabilă cu energie pentru operațiunile HVAC.

Integrarea surselor de energie regenerabilă în sistemele HVAC oferă numeroase **avantaje**. Prin minimizarea dependenței de combustibili fosili, aceste sisteme reduc semnificativ emisiile de gaze cu efect de seră, contribuind astfel la reducerea amprentei de carbon. În plus, utilizarea surselor de energie regenerabilă gratuite sau cu costuri reduse, cum ar fi energia solară și eoliană, duce la scăderea costurilor de exploatare și la reducerea facturilor la energie. În plus, integrarea surselor de energie regenerabilă sporește independența energetică prin reducerea dependenței de rețea și creșterea

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

autosuficienței. În cele din urmă, aceste sisteme promovează utilizarea de surse de energie curate și durabile, contribuind la un mediu mai sănătos și mai durabil.

Integrarea surselor regenerabile de energie în sistemele HVAC prezintă mai multe **provocări**. În primul rând, natura intermitentă a energiei solare și eoliene, care fluctuează în funcție de condițiile meteorologice, necesită o planificare atentă și poate necesita includerea sistemelor de stocare a energiei sau a surselor de alimentare de rezervă. În al doilea rând, costurile inițiale de investiție asociate sistemelor de energie regenerabilă pot fi mai ridicate în comparație cu sistemele tradiționale, deși aceste costuri scad treptat. În cele din urmă, integrarea surselor de energie regenerabilă în sistemele HVAC existente necesită adesea expertiză specializată și planificare atentă pentru a asigura performanța optimă și compatibilitatea cu infrastructura existentă.

Integrarea energiei regenerabile în sistemele HVAC oferă numeroase **beneficii economice și de mediu**. Prin adoptarea acestor tehnologii și depășirea provocărilor asociate, putem crea clădiri mai durabile și mai eficiente din punct de vedere energetic, care să contribuie la un viitor mai curat și mai sănătos.

5.5– Date istorice și previziuni privind consumul de energie termică regenerabilă

Consumul de căldură rămâne un sector dominant în consumul global de energie, reprezentând aproape jumătate din total și contribuind cu aproximativ 40% la emisiile de CO₂ legate de energie în 2023. Între 2017 și 2023, cererea globală de energie termică a înregistrat o creștere substanțială de 7 % (14 exajouli). Cu toate acestea, **creșterea surselor regenerabile moderne** de energie termică a rămas în urmă, acoperind doar jumătate din această cerere în creștere. În consecință, emisiile de CO₂ legate de căldură au crescut cu 5 % în această perioadă, sectorul industrial fiind principalul contribuitor la această creștere [4].

Peisajul dinamic al piețelor energiei termice regenerabile în 2023 a fost influențat în mod semnificativ de mai mulți factori. Printre aceștia s-au numărat ratele ridicate ale dobânzilor, presiunile inflaționiste, scăderea activității de construcții în multe țări, reparația prețurilor scăzute la gazele naturale și evoluția cadrelor politice. În timp ce tehnologiile precum pompele de căldură, sistemele solare termice și sistemele de încălzire geotermală oferă avantajul unor costuri de exploatare scăzute, investițiile inițiale substanțiale reprezintă un obstacol semnificativ pentru gospodării. În consecință, vânzările acestor tehnologii prezintă o sensibilitate pronunțată la fluctuațiile costurilor de împrumut și la sentimentul predominant al consumatorilor.

Piața globală a pompelor de căldură a cunoscut o încetinire în 2023, după o perioadă de creștere robustă. Acest declin, estimat la 3% față de anul precedent, poate fi atribuit mai multor factori.

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

În Japonia, o piață matură a pompelor de căldură, vânzările de pompe de căldură aer-apă au înregistrat o scădere de 10% de la an la an, în principal din cauza impactului combinat al inflației ridicate și al cheltuielilor de consum reduse. În mod similar, în Statele Unite s-a observat o scădere de 15% a vânzărilor de pompe de căldură aer-aer. Această scădere poate fi legată de creșterea costurilor de împrumut, de aprecierea crescută a consumatorilor față de investițiile semnificative și de anticiparea viitoarelor reduceri administrate de stat în temeiul Legii privind reducerea inflației, care se așteaptă să devină disponibile în următorii ani. Aceste reduceri, menite să stimuleze adoptarea de tehnologii eficiente din punct de vedere energetic, ar fi putut determina unii consumatori americani să amâne deciziile de cumpărare.

Piața europeană a pompelor de căldură, deși încă foarte performantă, a înregistrat un declin de 6,5% de la an la an în 2023, necesitând ajustări operaționale și reduceri de personal pentru mai mulți producători. Totuși, această scădere nu a fost uniformă pe întregul continent. În timp ce Germania (+59%), Țările de Jos (+43%) și Belgia (+72%) au înregistrat o creștere substanțială a vânzărilor de pompe de căldură, Italia (-44%), Finlanda (-42%) și Polonia (-39%) au înregistrat contracții semnificative.

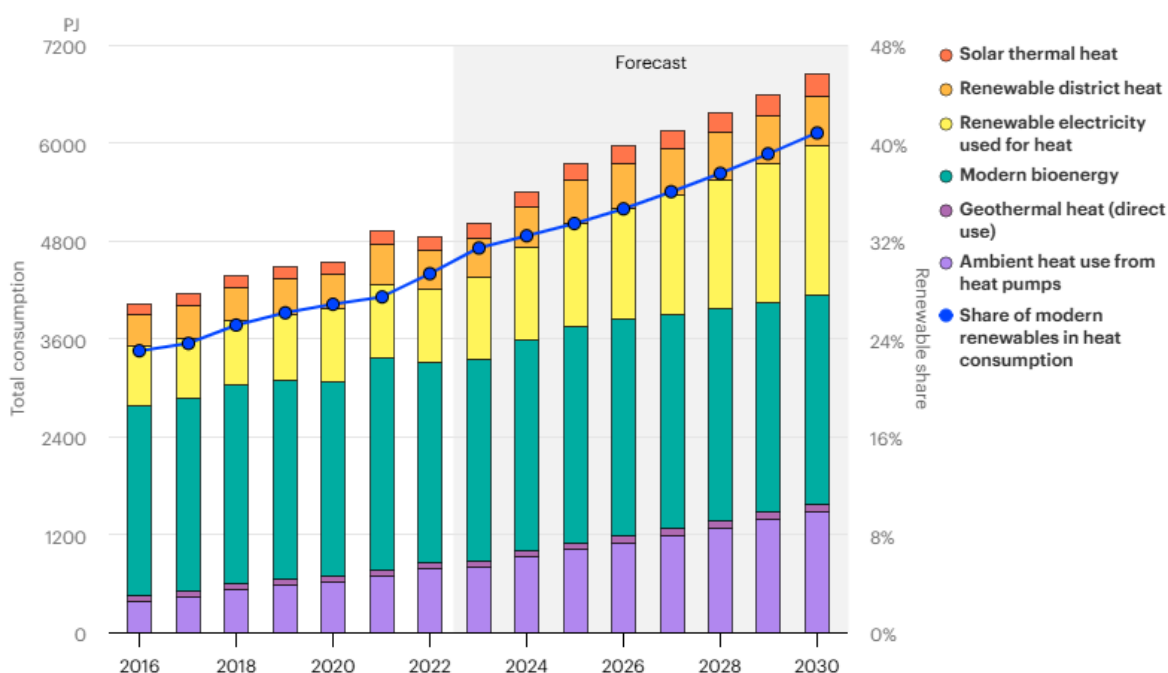


Figura 2 - Consumul de energie termică regenerabilă în clădiri în Europa [5]

Cu toate acestea, pompele de căldură și-au continuat expansiunea cotei de piață în Europa anul trecut, depășind cazanele pe combustibil fosil în majoritatea țărilor, cu excepții notabile, printre care Italia, Polonia și Finlanda. Această tendință a făcut ca pompele de căldură să reprezinte aproape o treime din totalul vânzărilor de sisteme de încălzire în 2023.

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

Se preconizează că consumul global de energie termică regenerabilă va înregistra o creștere substanțială între 2024 și 2030, depășind o creștere de 50% (15 EJ).

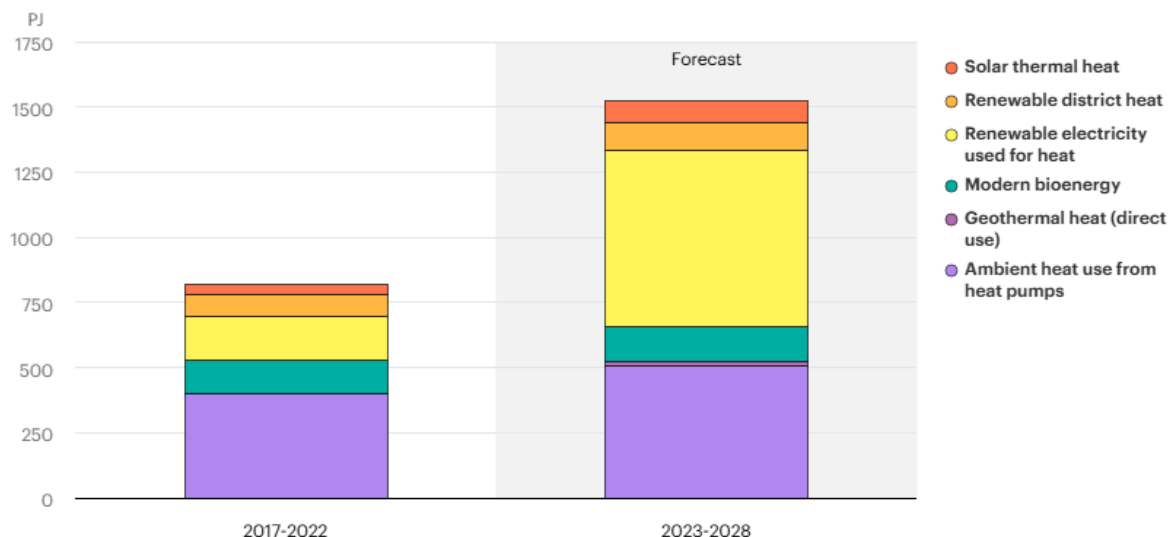


Figura 3 - Creșterea consumului, Clădiri în funcție de tehnologia de încălzire, Europa [5]

Această rată de creștere depășește perioada anterioară de șase ani cu un factor de 2,4. Cu toate acestea, această expansiune semnificativă a utilizării energiei termice regenerabile este insuficientă pentru a compensa pe deplin creșterea preconizată a cererii globale de energie termică. În consecință, se preconizează că dependența de combustibilii fosili pentru generarea de căldură va persista, ceea ce va duce la o creștere cu 4% a emisiilor anuale de CO₂ legate de căldură până în 2030.

În plus, se preconizează că emisiile cumulate legate de căldură în această perioadă vor depăși 100 Gt CO₂, o cifră care constituie aproape 30% din bugetul de carbon rămas pentru o probabilitate de 50% de limitare a încălzirii globale la 1,5°C.

5.6– Sisteme HVAC eficiente din punct de vedere energetic

Următoarea secțiune va prezenta o examinare detaliată a mai multor sisteme HVAC importante, cu un accent deosebit pe parametrii lor de performanță științifică. Această analiză aprofundată va oferi o imagine de ansamblu completă a capacităților fiecărui sistem, permițând cititorilor să înțeleagă mai bine avantajele și dezavantajele acestora.

5.6.1. Chiller aer-apă

Răcitorul este echipat cu compresoare de înaltă eficiență cu tehnologie VFD (Variable Frequency Drive) pentru modulare precisă a capacității și capacitate VVR (Variable Volume Ratio), permițând o performanță optimă într-o gamă largă de funcționare. Acesta utilizează agentul frigorific ecologic R-513A, având un potențial de încălzire globală (GWP) semnificativ redus în comparație cu agenții frigorifici tradiționali. Acest

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

chiller avansat oferă capacități simultane de încălzire și răcire, asigurând un control flexibil și receptiv al temperaturii pentru a satisface nevoile diverse și în continuă evoluție ale diferitelor aplicații.

Capacitatea sa variază de la 400 la 800 kW, atât în modul de răcire, cât și în cel de încălzire, cu un indice de eficiență energetică totală (TER) de până la 7,89. Funcționează la temperaturi ambientale cuprinse între -18°C și +50°C, cu temperaturi ale apei răcite cuprinse între -8°C (cu un amestec apă/glicol) și +20°C, iar temperaturile apei de încălzire între +30°C și +60°C.

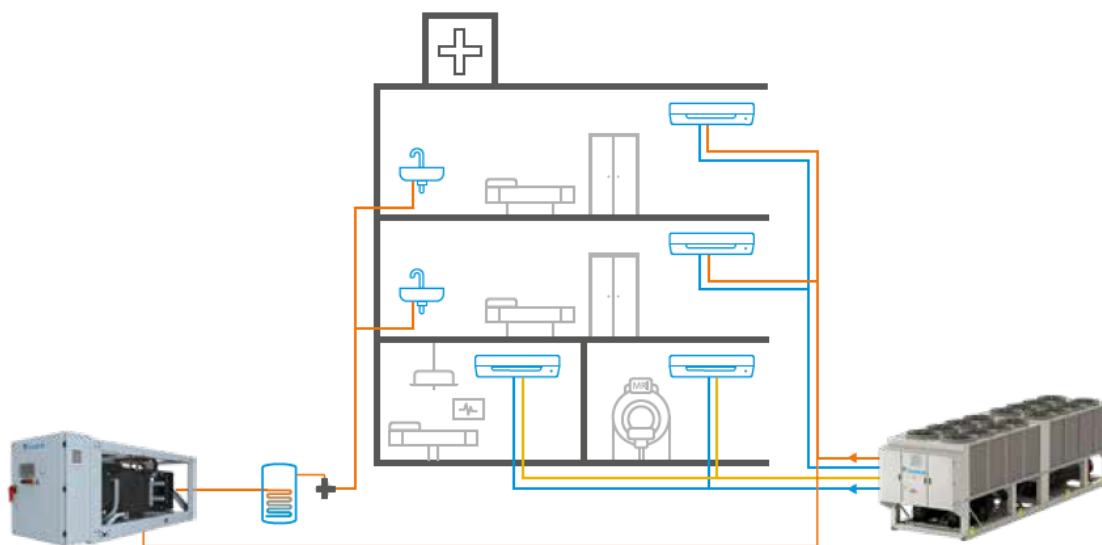


Figura 4 - Chiller cu încălzire și răcire simultană de la Daikin [6]

Tabelul 1 - Specificații tehnice ale unui chiller aer-apă

Specificații tehnice		Unitatea de măsură	Valoare
Capacitate de răcire		kW	393.1
Capacitate de încălzire		kW	403.1
Putere de intrare	Răcire	kW	135.55
	Încălzire	kW	126.76
SEER			4.55
EER			2.90
COP			3.18
SCOP			3.21
Refrigerant		GWP	630

Chiller-ul poate fi utilizat pe scară largă în diverse aplicații, de la clădiri industriale la comerciale, hoteluri și spitale. Acesta asigură o funcționare fiabilă și o performanță optimă într-o gamă largă de locații și condiții meteorologice.

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

5.6.2. Unități de tratare a aerului

Această soluție de control completă oferă o integrare perfectă pentru o gamă largă de sisteme HVAC. Aceasta cuprinde controlul debitului de aer și al temperaturii, incluzând atât aerul de alimentare, cât și cel de retur, precum și monitorizarea temperaturii ambientale. Sistemele de răcire sunt gestionate de experți, inclusiv răcirea cu apă și DX, cu avantajul suplimentar al integrării răcirii gratuite pentru eficiență energetică. În plus, sistemul încorporează controlul automat al CO₂ pentru o calitate optimă a aerului interior. Acesta suportă atât sistemele cu volum de aer variabil (VAV), cât și cele cu volum de aer constant (VAC), oferind flexibilitate și adaptabilitate la diverse nevoi HVAC.

Unitatea de tratare a aerului (AHU) are un debit de aer care variază de la 750 m³/h la 144.000 m³/h pentru a răspunde tuturor nevoilor clienților. Disponibile în versiuni pentru interior și exterior, aceste unități sunt proiectate la comandă pentru a fi ușor de transportat și asamblat la fața locului. Suprafața interioară netedă îmbunătățește calitatea aerului interior (IAQ). Integrarea cu sistemele de răcire DX este perfectă, inclusiv compatibilitatea cu cuplajul VRV IV și ERQ.

Se oferă o varietate de sisteme de recuperare a căldurii, inclusiv roți termice (sensibile, entalpice sau de sorbție), schimbătoare de căldură cu plăci cu flux încrucișat și contracurent și serpentine de rulare. Este disponibilă o gamă largă de ventilatoare, inclusiv opțiuni EC, cu priză de curent alternativ și acționate cu curea, cu palete curbate înainte, curbate înapoi și cu palete aerodinamice înapoi.

Secțiunea serpentinei de încălzire/răcire are o tavă de condens din oțel inoxidabil cu protecție împotriva scurgerilor. Sunt disponibile diverse umidificatoare pentru a se potrivi cerințelor specifice ale clienților. Filtrele cu eficiență premium sunt echipate cu un manometru de presiune diferențială montat în fabrică.

Profilul este fabricat din aluminiu anodizat cu sau fără întrerupere termică. Cadrul de bază este disponibil în oțel galvanizat, aluminiu, oțel inoxidabil 430 sau 316. Opțiunile de izolare a panoului includ spumă poliuretanică sau vată minerală. O gamă largă de materiale poate fi selectată pentru pielea internă și externă a panoului: Preacoperit, Aluzinc, Aluminiu, Oțel inoxidabil 304, sau 316.

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC



Figura 5 - D-AHU Professional de la Daikin [7]

Partea de alimentare include o secțiune a clapetei cu grile de ventilație și dispozitive de acționare montate în fabrică, filtre cu eficiență premium cu un manometru de presiune diferențială montat în fabrică, un sistem de recuperare a căldurii (schimbător de căldură cu plăci cu flux încrucișat și flux contrar sau schimbător de căldură rotativ), o cutie de amestecare cu clapetă și dispozitive de acționare montate în fabrică, o secțiune a serpentinei de încălzire/răcire cu o tavă de condens din oțel inoxidabil și protecție la picurare și un ventilator de alimentare cu aer cu tehnologie EC (cu o ușă cu balamale, monitorizare a acționării la deschidere, iluminat montat și cablat și întrerupător ON/OFF).

Partea de retur include filtre de eficiență premium cu un manometru de presiune diferențială montat în fabrică. De asemenea, include un ventilator de evacuare a aerului care utilizează tehnologia EC, echipat cu o ușă cu balamale, monitorizare a acționării la deschidere, iluminare montată și cablată și un comutator ON/OFF. Sistemul încorporează o cutie de amestecare cu un clapetă și actuatoare montate în fabrică. Este inclus un sistem de recuperare a căldurii (fie schimbător de căldură cu plăci cu flux transversal și contra flux, fie schimbător de căldură rotativ). În cele din urmă, partea de retur cuprinde o secțiune a clapetei cu grile de ventilație și actuatoare montate în fabrică.

Având în vedere gradul ridicat de personalizare al D-AHU Professional pentru a se potrivi diverselor aplicații, tabelul 2 oferă un rezumat al specificațiilor sale tehnice cheie pentru a oferi o înțelegere cuprinzătoare a capacităților sale.

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

Tabelul 2 - Specificații tehnice ale AHU

Specificații tehnice	Unitate de măsură	Valoare
Flux de aer	m ³ /h	15,000.0
Eficiența temperaturii iarna	%	78.2
Puterea de intrare	kW	7.61
SFPv ⁽¹⁾	kW/m ³ /s	1.551

⁽¹⁾ SFPv este un parametru care cuantifică eficiența ventilatorului (cu cât este mai mic, cu atât va fi mai bine). Acesta se reduce dacă fluxul de aer scade.

Sistemul HVAC are o construcție cu rupturi termice, eliminând punțile termice pe întreaga AHU pentru o eficiență energetică sporită. Suprafața interioară netedă promovează îmbunătățirea IAQ prin minimizarea acumulării de praf și facilitarea curățării. Acest angajament față de IAQ este consolidat și mai mult prin conformitatea cu ghidul strict de igienă VDI 6022.

AHU vine cu platforma Daikin on Site (a se vedea figura 6), care oferă diferite caracteristici și funcții pentru monitorizarea și controlul unității. Sistemul de monitorizare pune la dispoziție tablouri de bord, acces de la distanță, programare, grafice online, diagnosticare, actualizare software.

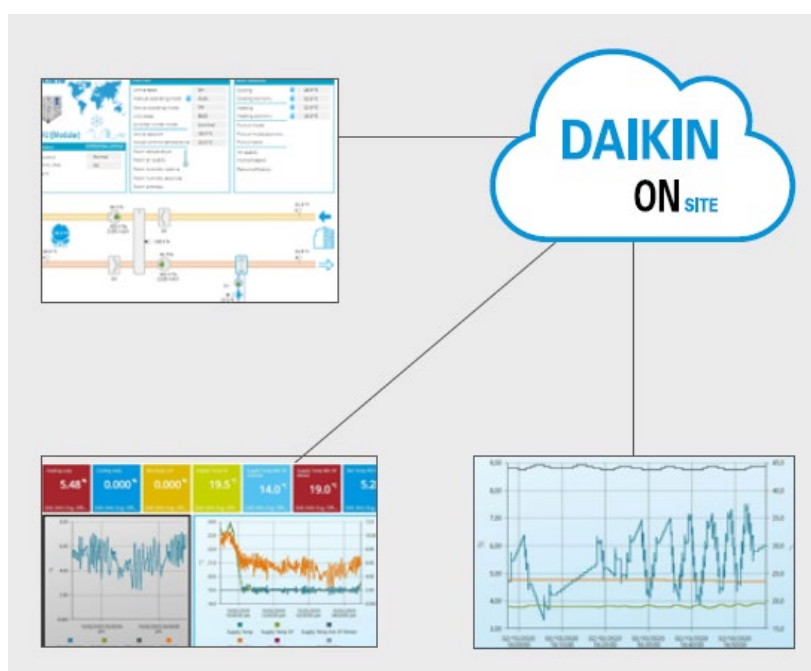


Figura 6 - Platforma de control a AHU [7]

Producătorul poate furniza, de asemenea, un sistem de automatizare a clădirii (a se vedea figura 7). Gestionarea inteligentă a energiei monitorizează dacă utilizarea energiei este conformă cu planul și ajută la detectarea originilor risipei de energie. Programele puternice garantează funcționarea corectă pe tot parcursul anului. Energia poate fi economisită prin interconectarea funcționării A/C cu alte echipamente, cum ar fi

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

încălzirea. Controlul întreruperii puterii de vârf, activat în cadrul funcției de programare, permite utilizatorilor să opereze unitatea exterioară în 4 setări: 100%, 70%, 40% și 0%.

System overview

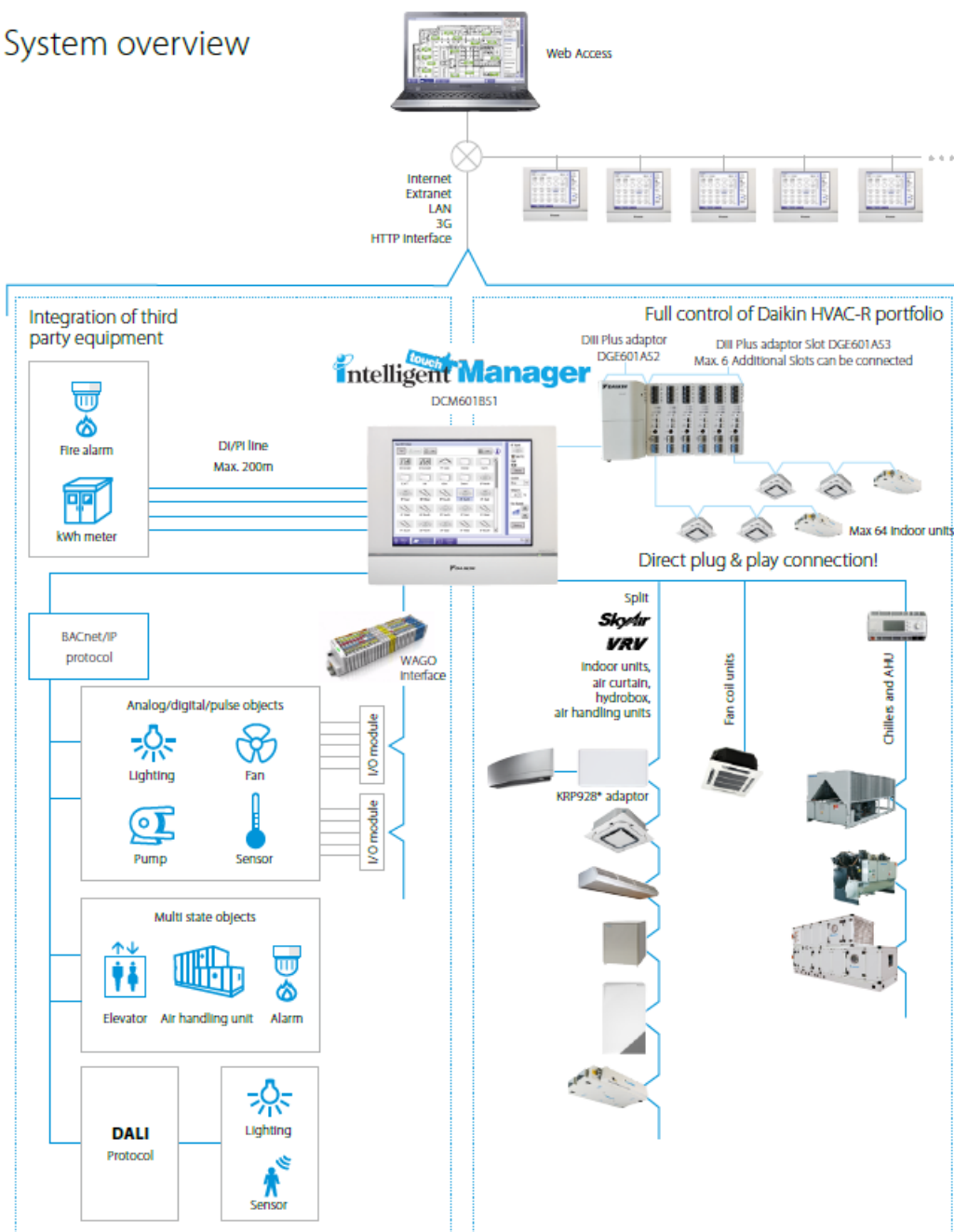


Figura 7 - Sistemul de gestionare a clădirii [7]

Pachetul Daikin pentru aer proaspăt oferă o soluție completă, incluzând toate comenzile unității (supapă de expansiune, cutie de comandă și controler AHU) și senzorii montați și configurați din fabrică. Pentru a obține o eficiență mai mare, integrarea AHU cu un sistem de recuperare a căldurii (a se vedea figura 8) este și mai eficientă, deoarece un sistem de birouri poate fi frecvent în modul de răcire în timp ce aerul exterior este prea rece pentru a fi adus în interior în stare necondiționată. În acest caz, căldura din birouri

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

este doar transferată pentru a încălzi aerul proaspăt rece care intră. Unitățile Daikin ERQ și VRV reacționează rapid la fluctuațiile temperaturii aerului de alimentare, rezultând o temperatură interioară constantă și niveluri ridicate de confort pentru utilizatorul final. Ultimul model este gama VRV, care îmbunătățește și mai mult confortul, oferind încălzire continuă, inclusiv în timpul dezghețului.

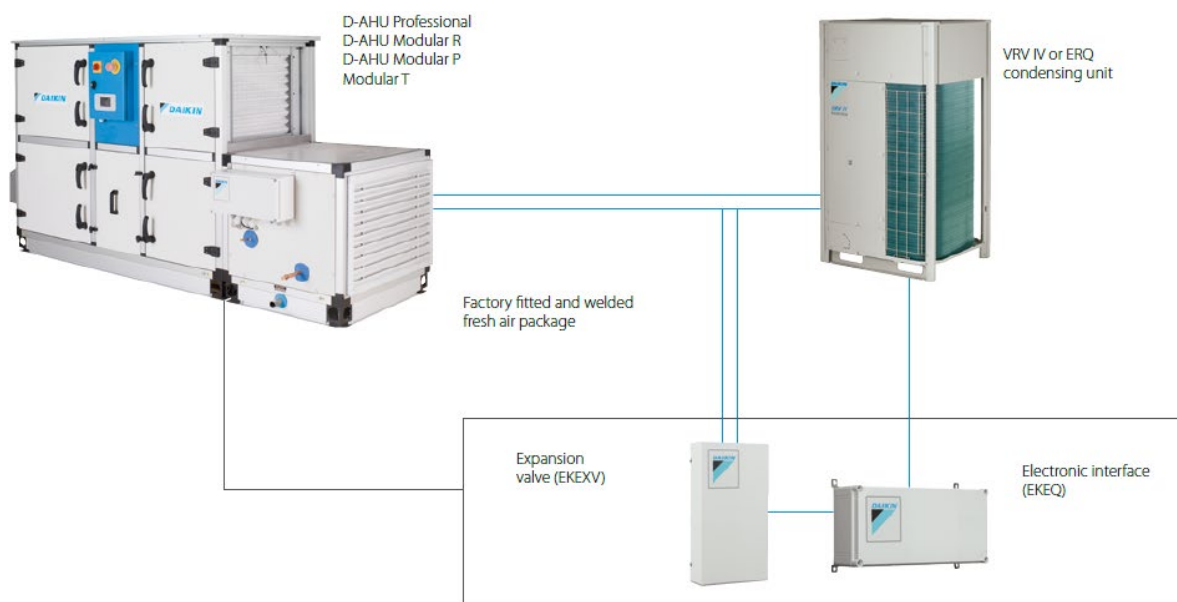


Figura 8 - Integrarea unei AHU cu un sistem de recuperare a căldurii [7]

5.6.3. Sistem HVAC cu volum variabil de agent frigorific (VRV) cu recuperare de căldură

În sistemul VRV cu recuperare de căldură, eficiența energetică este îmbunătățită prin câteva caracteristici cheie. Recuperarea căldurii transferă căldura din zonele în care este necesară răcirea în locațiile în care este nevoie de apă caldă sau încălzire, maximizând utilizarea energiei. Tehnologia cu agent frigorific variabil optimizează confortul și crește eficiența sezonieră cu până la 28% în comparație cu soluțiile alternative prin ajustarea dinamică a temperaturii agentului frigorific în funcție de sarcina de răcire. Includerea tehnologiei originale cu 3 țevi crește semnificativ eficiența energetică în timpul modului de recuperare a căldurii.

VRV 5 Heat Recovery (a se vedea figura 9) oferă cea mai bună soluție din clasa sa atât pentru eficiență, cât și pentru confort. Acesta reduce emisiile echivalente de CO₂ prin utilizarea unui agent frigorific R-32 cu GWP mai mic și a unei încărcături reduse de agent frigorific. Acest sistem utilizează un agent frigorific monocomponent, ceea ce îl face ușor de reutilizat și reciclat. Sustenabilitatea este maximizată pe parcursul întregului ciclu de viață, datorită eficienței sezoniere reale, lider de piață. Încălzirea "gratuită" este

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

obținută prin recuperarea eficiență a căldurii din 3 țevi, transferând căldura din zonele de răcire în zonele de încălzire.

Tehnologia permite sistemului să se adreseze eficient aplicațiilor pentru încăperi mici. Unitățile interioare special concepute pentru R-32 asigură niveluri scăzute de zgomot și eficiență maximă. Răcirea și încălzirea simultană asigură un confort personal optim pentru oaspeți și locatari. Flexibilitatea instalării este maximizată cu lungimi ale conductelor de până la 165 de metri și o lungime totală de 1.000 de metri. Nivelurile de presiune sonoră pot fi de până la 40 dB(A) datorită celor 5 trepte de sunet redus. Sistemul oferă un ESP de până la 78 Pa, permițând opțiuni flexibile de canalizare. O gamă largă de funcționare de până la +46°C în răcire și până la -20°C în încălzire asigură o performanță fiabilă în diverse climate. VRV 5 Heat Recovery încorporează tehnologii avansate moștenite de la VRV IV+, cum ar fi temperatura variabilă a agentului frigorific, încălzirea continuă, un afișaj cu 7 segmente, compresoare full inverter, un schimbător de căldură cu 4 laturi, un PCB răcit cu agent frigorific și un nou motor de ventilator DC.

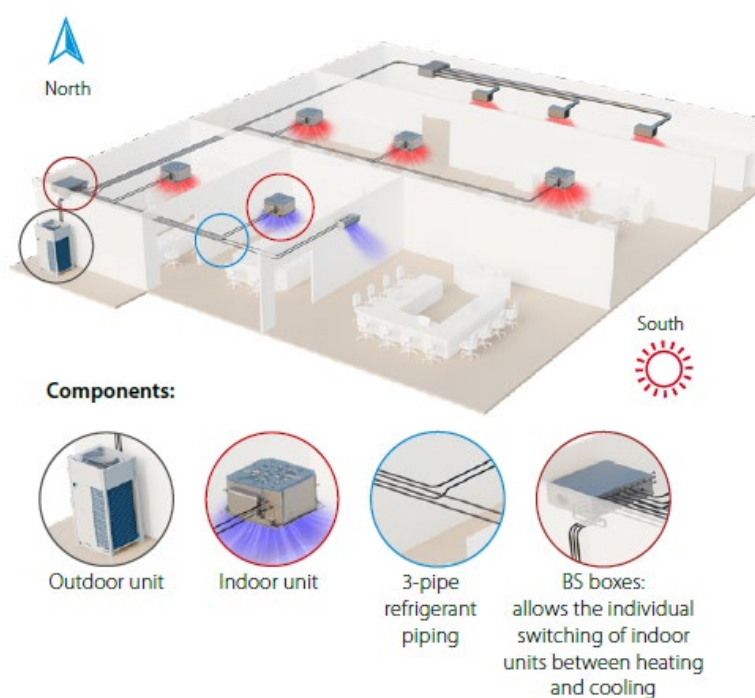


Figura 9 - Sistemul de recuperare a căldurii VRV [7]

Pentru o mai bună înțelegere și comparație, în tabelul 3 sunt prezentate specificațiile tehnice ale unității exterioare a unui sistem VRV de recuperare a căldurii.

Tabelul 3 - Specificații tehnice ale modelului VRV de recuperare a căldurii REYA8A de la Daikin

Specificații tehnice	Unitate de măsură	Valoare
Putere	HP	20
Capacitatea de răcire	kW	55.9

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

Capacitatea de încălzire	kW	62.5
SEER	-	7.27
SCOP	-	4.38
Nivelul de presiune sonoră	dBA	56.3
Refrigerant	GWP	675

5.6.4. Sistem HVAC cu pompă de căldură cu volum frigorific variabil (VRV)

Pompa de căldură VRV (a se vedea figura 10) oferă o soluție atât pentru confort, cât și pentru un consum redus de energie. Reducerea echivalentului de CO₂ se realizează prin utilizarea agentului frigorific R-32 cu GWP mai mic și a unei încărcături mai mici de agent frigorific. Utilizarea unui agent frigorific monocomponent simplifică reutilizarea și reciclarea. Sistemul se mândrește cu o eficiență sezonieră reală de vârf pe piață, asigurând cea mai mare durabilitate pe tot parcursul ciclului său de viață. Tehnologia permite funcționarea eficientă în încăperi mici, fără a necesita măsuri suplimentare. Unitățile interioare special concepute pentru R-32 asigură niveluri scăzute de zgomot și eficiență maximă. Flexibilitatea instalării reflectă sistemele R-410A, cu lungimi ale conductelor de până la 165 de metri și o lungime totală de 1.000 de metri. Presiunea acustică poate fi de până la 40 dB(A) datorită celor 5 trepte de sunet scăzut, în timp ce ESP ajunge până la 78 Pa pentru a facilita canalizarea. Intervalul de funcționare se extinde de la +46°C în răcire la -20°C în încălzire. VRV 5 încorporează principalele standarde și tehnologii VRV, inclusiv temperatura variabilă a agentului frigorific, încălzirea continuă, un afișaj cu 7 segmente, compresoare cu inverter complet, un schimbător de căldură cu 4 laturi și PCB-uri răcite cu agent frigorific.

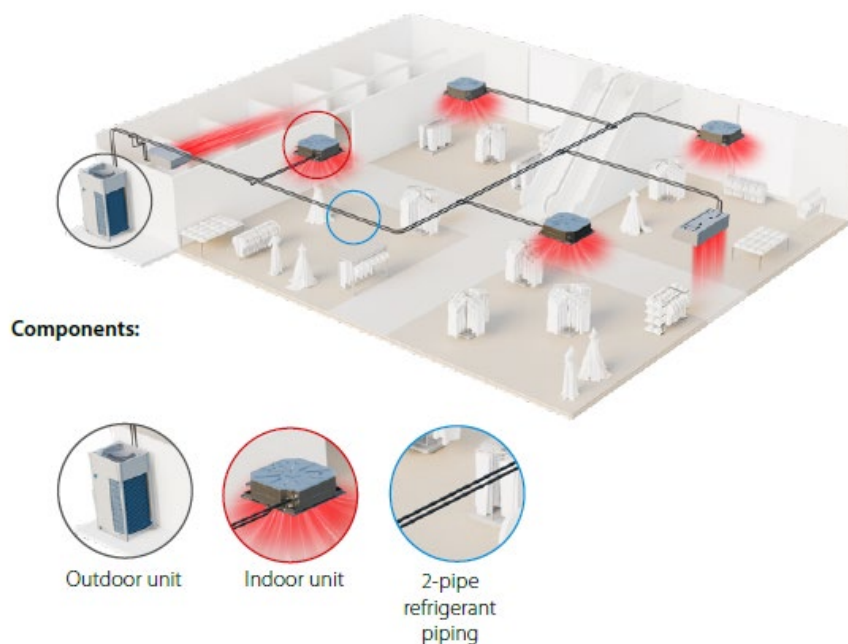


Figura 10 - Sistem cu pompă de căldură VRV [7]

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

Pentru o mai bună înțelegere și comparație cu sistemul de recuperare a căldurii VRV, în tabelul 4 sunt prezentate specificațiile tehnice ale unui sistem de pompă de căldură VRV al unității exterioare.

Tabelul 4 - Specificații tehnice ale pompei de căldură VRV model RXYA8A de la Daikin

Specificații tehnice	Unit of measure	Value
Putere	HP	20
Capacitatea de răcire	kW	55.9
Capacitatea de încălzire	kW	62.5
SEER	-	7.16
SCOP	-	4.38
Nivelul de presiune sonoră	dBA	56.3
Refrigerant	GWP	675

O comparație a datelor privind recuperarea căldurii VRV din tabelul 3 cu datele privind pompa de căldură VRV din tabelul 4 relevă un grad ridicat de similitudine în majoritatea parametrilor de performanță. Principala diferență observată este o valoare SEER cu 1,5% mai mică pentru sistemul cu pompă de căldură.

Această analiză demonstrează că, deși sistemul cu pompă de căldură VRV prezintă o eficiență energetică sezonieră ușor mai scăzută în comparație cu omologul său cu recuperare de căldură, caracteristicile generale de performanță ale ambelor sisteme sunt remarcabil de similare. Alegerea între aceste două tehnologii VRV va depinde probabil de cerințele specifice ale proiectului și de considerente precum nevoia de încălzire și răcire simultană, constrângerile legate de spațiul disponibil și nivelul dorit de eficiență energetică.

5.6.5. Pompă de căldură sol-apă

Pompele de căldură sunt un subsistem versatil și din ce în ce mai popular în cadrul sistemelor HVAC. Acestea funcționează pe principiul transferului de căldură, mai degrabă decât al generării acesteia, ceea ce le face foarte eficiente din punct de vedere energetic.

Căldura din sol (figura 11) este preluată printr-un sistem închis de apă sărată în care circulă un amestec de apă și antigel. În evaporatorul pompei de căldură, saramura (apă amestecată cu antigel, glicol sau etanol) își eliberează energia către agentul frigorific, care este vaporizat pentru a fi comprimat în compresor. Agentul frigorific, a cărui temperatură a crescut acum EEC_n , este trecut în condensator, unde își cedează energia circuitului agentului termic și, dacă este necesar, eventualului încălzitor de apă andocat.

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

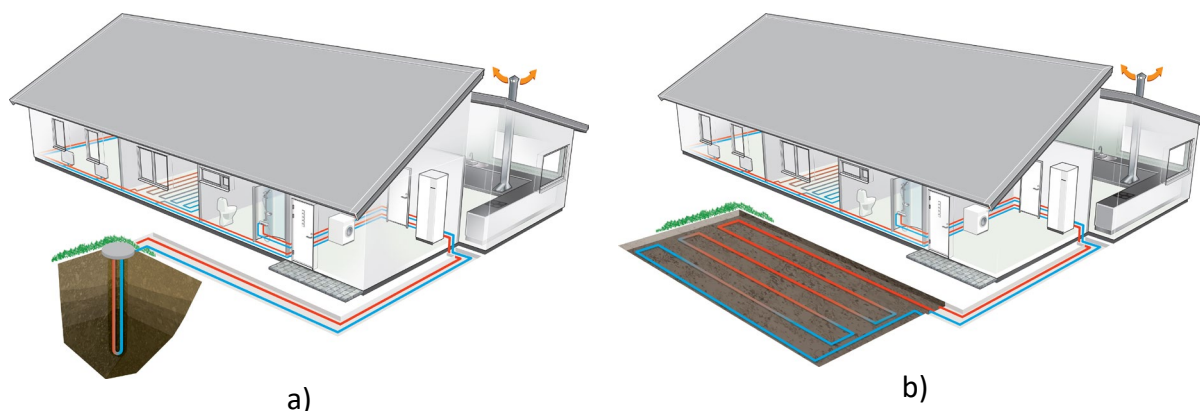


Figura 11 - Pompe de căldură cu sursă subterană: a) colectoare forate; b) colectoare orizontale

Tabelul 5 prezintă datele privind coeficientul de performanță (COP) pentru o pompă de căldură subterană Viessmann Vitocal 350-G Pro 352.A114 (B0/W35 114,2 kW) [8], utilizând R134a ca agent frigorific. Valorile COP sunt afișate în funcție de temperaturile variabile ale sursei subterane, oferind informații valoroase cu privire la eficiența pompei de căldură în diferite condiții de funcționare.

Tabelul 5 - COP al pompei de căldură sol-apă în funcție de temperatura solului

Temperaturi ale solului	Temperaturi ale apei					
	35 [°C]	45 [°C]	50 [°C]	55 [°C]	65 [°C]	73 [°C]
	COP					
-5	3.9	3.26	2.99	2.75	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
20	7.32	5.67	5.04	4.5	3.65	3.1
25	8	6.49	5.56	4.9	4	3.4

Pentru o mai bună înțelegere a valorilor COP prezentate în tabelul precedent, figura 12 ilustrează variația COP în funcție de temperatura sursei. Această reprezentare grafică oferă informații valoroase cu privire la tendințele de performanță ale sistemului într-o gamă largă de condiții de funcționare.

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

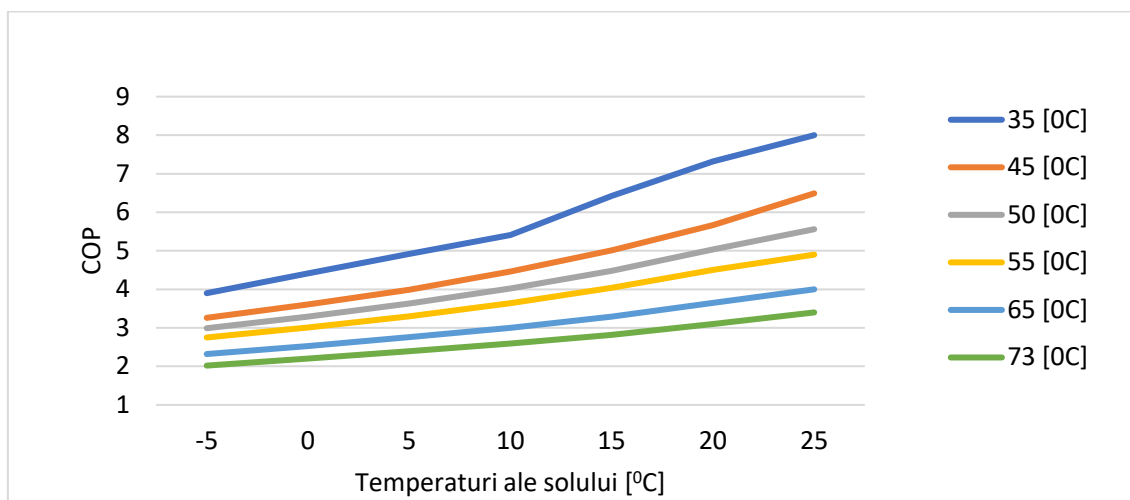


Figura 12 - Variația COP în funcție de temperatura solului

O analiză a figurii 12 relevă o tendință clară: COP al sistemului de pompă de căldură cu sursă subterană prezintă cele mai mari valori în condițiile în care temperatura sursei subterane este ridicată, iar temperatura apei încălzite (saramură) este semnificativ mai scăzută. Această observație se aliniază principiilor fundamentale de funcționare a pompelor de căldură, în care o diferență de temperatură mai mică între sursa de căldură (sol) și apa caldă (saramură) duce, în general, la un transfer de căldură mai eficient.

Același fenomen apare atunci când ne referim la capacitatea de încălzire a pompei de căldură (a se vedea tabelul 6).

Tabelul 6 - Capacitatea de încălzire a pompei de căldură sol-apă în funcție de temperatura solului

Temperaturi ale solului	Temperaturi ale apei					
	35 [°C]	45 [°C]	50 [°C]	55 [°C]	65 [°C]	73 [°C]
	Capacitatea de încălzire					
-5	90.5	81.5	76.5	71.5	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	191.9

5.6.6. Pompă de căldură apă-apă

Principiul de funcționare al unei pompe de căldură apă-apă seamănă foarte mult cu cel al unei pompe de căldură subterane. Ambele funcționează prin transferul de energie termică folosind un agent frigorific. Cu toate acestea, o diferență esențială constă în sursa de căldură. În timp ce o pompă de căldură terestră extrage căldura din sol printr-

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

o buclă îngropată de țevi, o pompă de căldură apă-apă (figura 13) extrage direct energia termică dintr-un corp de apă, cum ar fi un lac, un râu sau o fântână. Această interacțiune directă cu apa permite un schimb eficient de căldură, făcând din pompele de căldură apă-apă o opțiune viabilă pentru aplicații de încălzire și răcire în diverse medii.

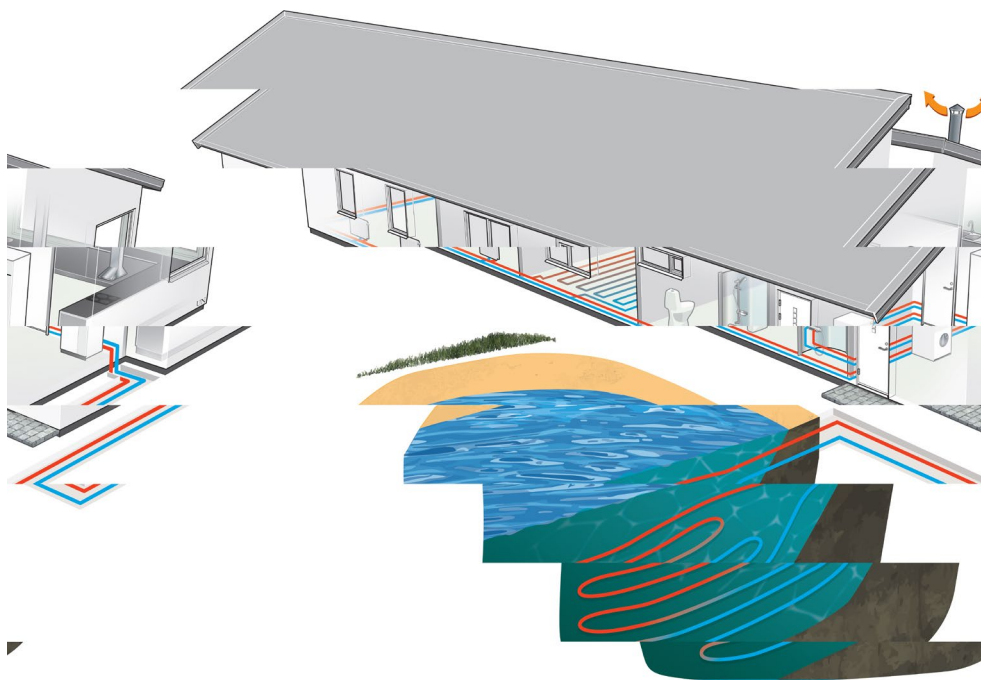


Figura 13 - Pompă de căldură apă-apă

Pentru a facilita o comparație directă între cele două tipuri distincte de pompe de căldură, tabelul 7 prezintă valorile coeficientului de performanță (COP) pentru modelul Vitocal 350-G Pro 352.A076 (W10/W35 106kW) [8] alături de o alternativă cu capacități similare. Această analiză comparativă evidențiază eficiența energetică superioară a Vitocal 350-G Pro, demonstrând o creștere notabilă a COP în comparație cu modelul sol-apă.

Tabelul 7 - COP al pompei de căldură apă-apă în funcție de temperatura apei

Temperaturile apei	Temperaturile apei (interior)					
	35 [°C]	45 [°C]	50 [°C]	55 [°C]	65 [°C]	73 [°C]
	COP					
10	5.44	4.52	4.07	3.689	3.03	2.61
15	6.5	5.09	4.56	4.09	3.34	2.85
20	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

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

5.6.7. Pompă de căldură aer-apă

Pompele de căldură aer-apă funcționează prin extragerea căldurii din aerul înconjurător, la fel ca alte tipuri de pompe de căldură, și transferul acesteia către un sistem de încălzire pe bază de apă prin intermediul unui ciclu de refrigerare. Acest lucru le face o soluție ușor accesibilă și rentabilă pentru multe aplicații.

Caracteristicile principale ale pompelor de căldură aer-apă includ capacitatea lor de a extrage căldura din aerul înconjurător, de a furniza atât încălzire, cât și răcire și, în general, de a fi mai puțin costisitoare de instalat în comparație cu sistemele geotermale. Accesibilitatea acestora se datorează disponibilității lor pe scară largă și adecvării la o gamă largă de aplicații.

Pentru a facilita o analiză comparativă cuprinzătoare a diferitelor tehnologii de pompe de căldură, tabelele 8 și 9 prezintă specificațiile tehnice ale unei pompe de căldură aer-apă de la același producător Viessman: Vitocal 300-A 302.B60 [8] echipată cu două compresoare.

Această includere a unei pompe de căldură aer-apă alături de pompe de căldură cu sursă terestră și cu sursă de apă permite o evaluare directă a principalelor caracteristici de performanță, inclusiv COP și capacitatea de încălzire. Prin examinarea acestor specificații, avantajele și dezavantajele distincte ale fiecărei tehnologii pot fi identificate cu ușurință, permițând luarea unor decizii în cunoștință de cauză atunci când se selectează cel mai adecvat sistem de pompe de căldură pentru cerințele specifice ale proiectului.

Tabelul 8 - COP al pompei de căldură aer-apă în funcție de temperaturile exterioare

Temperaturi exterioare	Temperaturile apei		
	35 [°C]	45 [°C]	55 [°C]
	COP		
-22	1.8	1.6	-
-15	2.3	2.1	1.7
-7	2.9	2.6	2.3
2	3.6	3	2.6
7	4	3	3
10	4.4	3.7	3.2
12	4.5	3.8	3.3
20	4.9	4.2	3.5
25	5.2	4.3	3.7
30	5.4	4.5	3.8
35	5.7	4.7	3.9

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

Tabelul 9 - Capacitatea de încălzire a pompei de căldură aer-apă în funcție de temperaturile exterioare

Temperaturile exterioare	Temperaturile apei		
	35 [°C]	45 [°C]	55 [°C]
	Capacitatea de încălzire		
-22	44	39.6	-
-15	59	55.4	51
-7	76.2	73.4	70.4
2	94.4	90.2	86
7	111.6	112.2	112.8
10	122.8	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

Este important să rețineți că eficiența pompei de căldură aer-apă poate fluctua din cauza variațiilor semnificative ale temperaturii aerului exterior, în special în climatele mai reci. În plus, unitățile exterioare pot genera zgomot, ceea ce poate fi un motiv de îngrijorare pentru unele instalații.

Alegerea tehnologiei pompei de căldură - sol-sursă, apă-sursă sau aer-sursă - influențează semnificativ performanța sistemului, complexitatea instalării și costul total. Pompele de căldură cu sursă de apă și pompele de căldură cu sursă terestră prezintă, în general, cea mai mare eficiență datorită temperaturii stabile de-a lungul anului, dar necesită surse de apă disponibile și o instalare extinsă a buclei terestre, în timp ce pompele de căldură cu sursă de aer oferă o soluție mai accesibilă și mai rentabilă, cu o gamă mai largă de aplicații.

În cele din urmă, alegerea optimă depinde de diverși factori, inclusiv condițiile climatice, considerentele specifice amplasamentului, resursele disponibile și cerințele proiectului individual. O evaluare aprofundată a acestor factori, împreună cu o analiză cuprinzătoare a specificațiilor tehnice și a datelor de performanță pentru fiecare sistem, este esențială pentru a asigura selectarea celei mai potrivite și mai rentabile soluții de pompă de căldură pentru o anumită aplicație.

References

- [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.

Catalogul celor mai bune alternative pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor: Îmbunătățirea sistemului HVAC

- [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).

6 – Livrabil

Pentru a evalua succesul tutorialului, se recomandă ca studenții să răspundă la un chestionar online

7- Ce am învățat

Scări diferite de evaluare a eficienței energetice a clădirilor.

Metrica științifică a sistemelor HVAC.

Strategii de optimizare a sistemelor HVAC.

Sisteme de automatizare a clădirilor.

Ce surse regenerabile pot fi integrate în sistemele HVAC.

Date statistice și previziuni în ceea ce privește consumul de energie termică regenerabilă.

Diferențe în ceea ce privește metrica științifică între diferite tipuri de sisteme HVAC.