

# SUVREMENI SUSTAVI ZA UČINKOVITO UPRAVLJANJE ENERGIJOM U ZGRADAMA

---

**Pedić, Petar**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:185454>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-04**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH**  
**TEHNOLOGIJA**

**Sveučilišni studij**

**SUVREMENI SUSTAVI ZA UČINKOVITO**  
**UPRAVLJANJE ENERGIJOM U ZGRADAMA**

**Završni rad**

**Petar Pedić**

**Osijek, 2022.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Osijek, 08.09.2022.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada na  
preddiplomskom sveučilišnom studiju**

|   |  |
|---|--|
| <b>Ime i prezime Pristupnika:</b>   | Petar Pedić  |
| <b>Studij, smjer:</b>   | Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska  |
| <b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>  | 4571, 24.07.2018.  |
| <b>OIB Pristupnika:</b>   | 00805179219  |
| <b>Mentor:</b>  | Izv. prof. dr. sc. Zvonimir Klaić  |
| <b>Sumentor:</b>  | ,  |
| <b>Sumentor iz tvrtke:</b>  |  |
| <b>Naslov završnog rada:</b>  | Suvremeni sustavi za učinkovito upravljanje energijom u zgradama   |
| <b>Znanstvena grana rada:</b>   | <b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>  |
| <b>Zadatak završnog rad:</b>  | Opisati i objasniti pojam sustav upravljanja zgradom. Navesti komponente i objasniti konstrukciju sustava upravljanja zgradom. Prikazati i opisati postojeći sustav upravljanja zgradom - njegove komponente i način funkcioniranja. |
| <b>Prijedlog ocjene završnog rada:</b>  | Vrlo dobar (4)   |
| <b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b> | Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda<br>Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda<br>Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda<br>Razina samostalnosti: 2 razina                                    |
| <b>Datum prijedloga ocjene od strane mentora:</b>   | 08.09.2022.  |
| <b>Datum potvrde ocjene od strane Odbora:</b>   | 21.09.2022.  |
| Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:   | <i>Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.</i>   |
|   | Datum:   |

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 26.09.2022.

**Ime i prezime studenta:**

Petar Pedić

**Studij:**

Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

4571, 24.07.2018.

**Turnitin podudaranje [%]:**

12

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Suvremeni sustavi za učinkovito upravljanje energijom u zgradama**

izrađen pod vodstvom mentora Izv. prof. dr. sc. Zvonimir Klaić

i sumentora ,

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 2. SUSTAV UPRAVLJANJA ZGRADOM .....                       | 2  |
| 3. KONSTRUKCIJA I KOMPONENTE BMS-A .....                  | 7  |
| 3.1. Uređaji vanjskog sloja .....                         | 9  |
| 3.2. Uređaji automatizacijskog sloja .....                | 11 |
| 3.3. Sustav za grijanje, ventilaciju i klimatizaciju..... | 13 |
| 3.4. Rashladni uređaji.....                               | 18 |
| 4. PODUZETNIČKI INKUBATOR VINKOVCI .....                  | 21 |
| 5. ZAKLJUČAK.....   | 32 |
| 6. LITERATURA .....                                       | 33 |
| SAŽETAK .....   | 34 |
| ABSTRACT.....   | 34 |
| ŽIVOTOPIS .....   | 35 |

## 1. UVOD

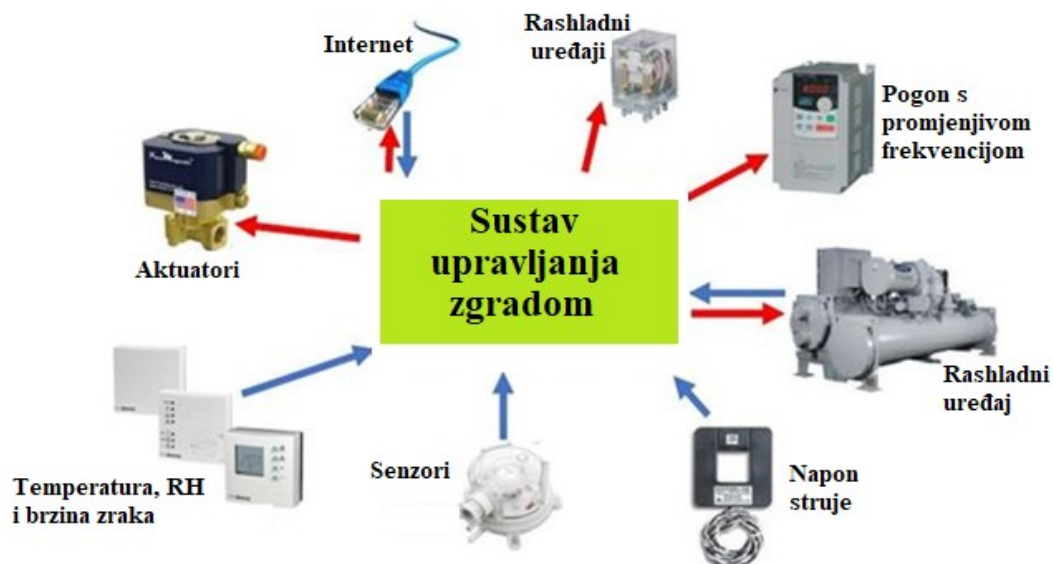
Ne tako davno glavna prodajna točka sustava upravljanja zgradom (BMS-a) bila je da pomaže u smanjenju troškova energije. Danas se fokus pomaknuo – zahvaljujući zakonodavnom pritisku na emisije i rastućoj društvenoj zabrinutosti zbog klimatskih promjena, uloga modernog BMS-a je podupiranje napora za dekarbonizaciju. Zgrade su izvor gotovo 40% globalnih ukupnih izravnih i neizravnih emisija CO<sub>2</sub>, prema Međunarodnoj agenciji za energiju, [1]. Zbog toga je lako razumjeti zašto će postizanje nulte razine ugljika u zgradama biti glavni prioritet. Moderni sustav može pomoći u postizanju ovog cilja. Dobitak energetske učinkovitosti je glavni cilj, ali ispravno instaliran i upravljan BMS može u prosjeku ostvariti uštedu energetske učinkovitosti od oko 15-20%. U svijetu se sve više raspravlja o porezima na ugljik kao alatu za poticanje promjena. Kada se potrošnja energije smanji, smanjuju se i emisije, što zauzvrat smanjuje vjerojatni učinak poreza na ugljik.

Ovaj završni rad u prvom poglavlju govori o BMS-u (eng. A Building Management System), odnosno što su to suvremeni sustavi za učinkovito upravljanje energijom u zgradama. Tema drugo poglavlje je konstrukcija i komponente BMS-a. Prikazuje i opisuje koji su dijelovi i kako radi BMS. Treće poglavlje prikazuje jedan primjer zgrade sa svim uređajima, sensorima, procesima i svemu ostalom što jedna zgrada koja sadrži BMS pruža.

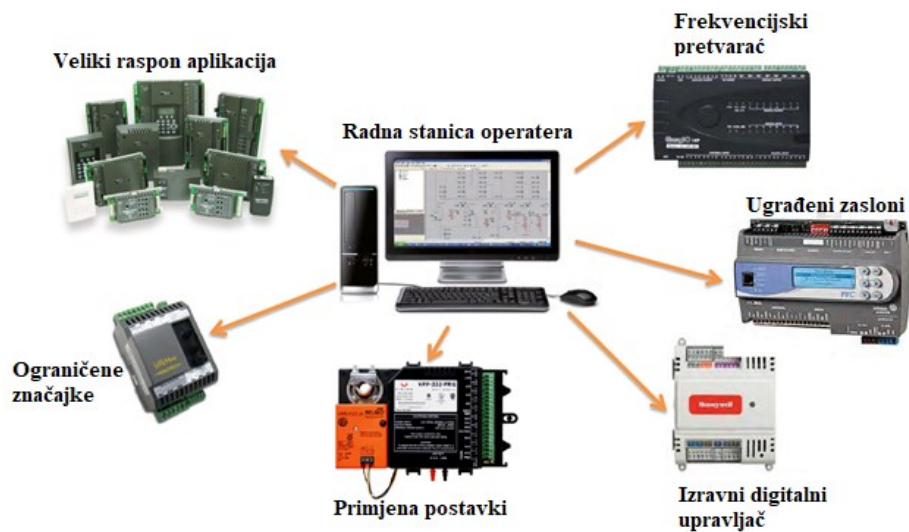
## 2. SUSTAV UPRAVLJANJA ZGRADOM

Kada se govori o suvremenim sustavima za upravljanje energijom u zgradama (BMS - eng. Building Management System) onda se misli na računalne upravljačke sustave instalirane u zgradama koji nadziru i upravljaju mehaničkom i električnom opremom zgrade kao što su ventilacija, rasvjeta, energetske sustavi, protupožarni sustavi i sigurnosni sustavi. BMS koristi programski logički upravljač (eng. PLC - Programmable logic controller) zajedno sa sustavom za nadzor i kontrolu svih sustava (eng. SCADA - Control and data acquisition interface software) uključenih u METRO. BMS nudi sustav za automatsko otkrivanje kvarova i dijagnosticira strategije za energetske performanse zgrade, [2].

Vrlo osnovni BMS sastoji se od softvera, poslužitelja s bazom podataka i pametnih senzora povezanih na internetsku mrežu. Pametni senzori oko zgrade prikupljaju podatke i šalju ih u BMS, gdje se pohranjuju u bazu podataka. Ako senzor prijavi podatke koji su izvan unaprijed definiranih uvjeta, BMS će aktivirati alarm. U podatkovnom centru, na primjer, BMS može pokrenuti alarm kada temperatura u serverskom ormaru poslužitelja prijeđe prihvatljive granice. Ovisno o sustavu, BMS softver se može instalirati kao samostalna aplikacija ili se može integritati s drugim programima za praćenje. Napredniji BMS-ovi mogu nadzirati i upravljati širokim rasponom usluga zgrada na više platformi i protokola, pružajući administratorima objekta jedinstven, zajednički pogled na operacije objekta, [3].



Slika 1.1. Prikaz ulaza i izlaza BMS-a



**Slika 1.2.** Tipične komponente sustava – BMS hardver

BMS u građevini može biti jedinstven ili s više podsustava povezanih na jednu središnju jedinicu. Hoće li pojedine strukture imati zaseban podsustav, a zatim se povezati na središnji sustav, ovisi o složenosti podsustava i zahtjevu za njegovu autonomnost u pogonu. BMS u građevini objedinjava sve zahtjeve za gospodarsko, sigurnosno i tehnološko korištenje građevine. Blok dijagram prikazuje hardverski primjer arhitekture jednog središnjeg nadzornog sustava ne ulazeći u detaljnu analizu programskog rješavanja pojedine strukture (podsustava) ili pojedine podstanice. Radi složenosti sustava strukture strojarstva u građevini, objedinjavanje njegovih programskih funkcija prikazano je posebnim podsustavom povezanim na središnju jedinicu BMS-a. Naravno da se svaka struktura u građevini može, ako je potrebno, tretirati na isti način. Kako bi se postavilo rješenje za gospodarsko, sigurnosno i tehnološko upravljanje građevinom, treba obuhvatiti sljedeće sustave:

- Sustav grijanja, ventilacije i klimatizacije
- Sustav elektroenergetike
- Sustav tehnološke energetike
- Sustav vatrodjave
- Sustav zaštite od požara
- Sustav protuprovale
- Sustav nadzora ulaza i izlaza
- Sustav telefonije



- Sustav ozvučenja
- Drugi sustavi po zahtjevu i složenosti tehnološke namjene građevine

U svrhu ostvarivanja višeg stupnja sigurnosti građevine, BMS se povezuje preko sabirnice s odgovarajućim interventnim institucijama (npr. vatrogasnom jedinicom i sl.), [4].

Važno je za korisnike BMS-a, uključujući upravitelje objekta i stanare zgrade da moraju biti upoznati s mogućnostima i operativnim parametrima BMS-a. Na određenim mjestima potrebno je angažirati usluge stručnjaka za BMS za ažuriranje informacija u priručnicima za rad i održavanje. Također je potrebno angažirati usluge stručnjaka za BMS u optimizaciji algoritama upravljanja, reprogramiranja, postavljanje funkcija izvješćivanja i postavljanje monitora i dijagnostičkih ekrana. Važno je postaviti dijagnostičke zaslone za provjeru ključnih funkcija sustava za grijanje, ventilaciju i klimatizaciju (eng. HVAC - Heating, ventilation, and air conditioning) uključujući:

- optimiziranje rada ekonomskih ciklusa
- ispravan rad terminala s promjenjivim volumenom zraka (sa ciljem eliminacije nepotrebnog ponovnog zagrijavanja)
- modulacija ventilatora i crpki putem pogona s promjenjivom brzinom
- rad hladnjaka i bojlera uključujući ponovno podešavanje protoka temperature, te otkrivanje propuštanja kontrolnih ventila kao što su u baterijama za ponovno grijanje

Kako bi se izbjeglo prekomjerno klimatiziranje, moraju se odabrati: vrijeme popunjenosti, kontrolne postavke za temperaturu i relativnu vlažnost (eng. RH - Relative Humidity). Neka razmatranja pri postavljanju BMS-a uključuju:

- državne praznike treba programirati tako da se ukloni nepotreban rad
- rad nakon radnog vremena treba biti ograničene samo na ta područja u kojima se radi
- u dogovoru sa zaposlenicima objekta temperature za rad po zimi treba postaviti na 20-21°C, a ljeti 24-25°C
- relativna vlažnost može varirati od 35-60%, bez značajnog utjecaja na udobnost stanara
- prolazna područja u kojima stanari provode relativno kratak vremenski period obično mogu podnijeti visoke temperaturna odstupanja od 17°C do 26°C.

BMS treba servisirati i održavati u ispravnom stanju. Senzore je potrebno kalibrirati barem jednom godišnje i to je važno provjeriti da na senzore ne utječu vanjski čimbenici uključujući solarni dobitak, izlaz topline iz uredske opreme i curenje zraka kroz nezatvorene ulaze za

kablove. Vrlo male smetnje u sustavu mogu izazvati potrebu za servisiranjem BMS-a, a taj problem treba riješiti ako se želi da zgrada isporučuje i održava najbolje uvjete.

Moderne usluge automatizacije zgrada odnose se na integraciju. Povezivanjem različite mehaničke i električne opreme na radnom mjestu u sustav, zgradu pretvara u inteligentnu zgradu. Mogućnost učinkovitog upravljanja i nadzora svih aspekata zgrade pruža niz pogodnosti koje tvrtka može iskoristiti. Neke od prednosti uključuju:

- Automatizacija za uštedu energije - Osnovna svrha BMS-a je kontrola i nadzor različitih sustava u zgradi. Korištenjem moćnih dijagnostičkih alata i informacija o korištenju energije, BMS može ograničiti rasipanje energije mjerenjem potrošnje energije. U prosjeku, BMS može smanjiti operativne troškove opreme do 15%.
- Dostupni resursi - Budući da upravljanje zgradom može integrirati mnoge sustave u zgradi te može kontrolirati i nadzirati te sustave, pristup informacijama koje su potrebne je brži i lakši. Zbog ove jednostavne funkcionalnosti, može se smanjiti količina obuke i broj osoblja za održavanje potrebnog za izvođenje ovih radnji. To će osloboditi resurse za održavanje i učinkovitije ih koristiti.
- Skraćeno vrijeme zastoja - Zastoji su nešto što je neprihvatljivo za većinu poduzeća. Bolnice, podatkovni centri i drugo ne mogu si priuštiti da se njihova građevinska oprema pokvari. Jedna od najznačajnijih prednosti BMS-a je mogućnost otkrivanja problema prije nego što dođe do zastoja. BMS će izvršiti automatsku provjeru sustava koji su s njim integrirani. Te provjere mogu identificirati probleme na koje treba obratiti pozornost i poslati upozorenje. To daje dovoljno vremena da se riješe problemi prije nego što se oprema pokvari. Također može pratiti životni ciklus komponenti što daje priliku da se može planirati kada će se napraviti preventivno održavanje.
- Produženi vijek trajanja - Bez obzira koliko je oprema dobro napravljena ili fino podešena, postoji trenutak kada će je trebati zamijeniti. Međutim, preventivnim održavanjem može se produljiti vijek trajanja opreme. Sustav može reći kada postoji problem s bilo kojim dijelom opreme, omogućujući da se zakaže održavanje prije nego što su potrebni potpuni popravci.
- Sigurnost zgrade - Automatizacija zgrade može poboljšati ukupnu sigurnost zgrade. BMS može automatski otvoriti rolete kada se otkrije požar. Ova akcija može olakšati pristup zgradi za vatrogasce. Također može otvoriti nove putove za evakuaciju ljudi koji su još uvijek u zgradi. Sustavi nadzora koji su povezani sa sustavom upravljanja

zgradom mogu se usmjeriti prema mjestu požara, što može omogućiti vatrogascima da procijene područje i kreiraju strategiju za gašenje požara. Sigurnosne kamere se također mogu koristiti za jednostavno praćenje područja iz centralne ili udaljene mreže. Pokretne stepenice i dizala mogu se brzo prebaciti u način evakuacije, [5].

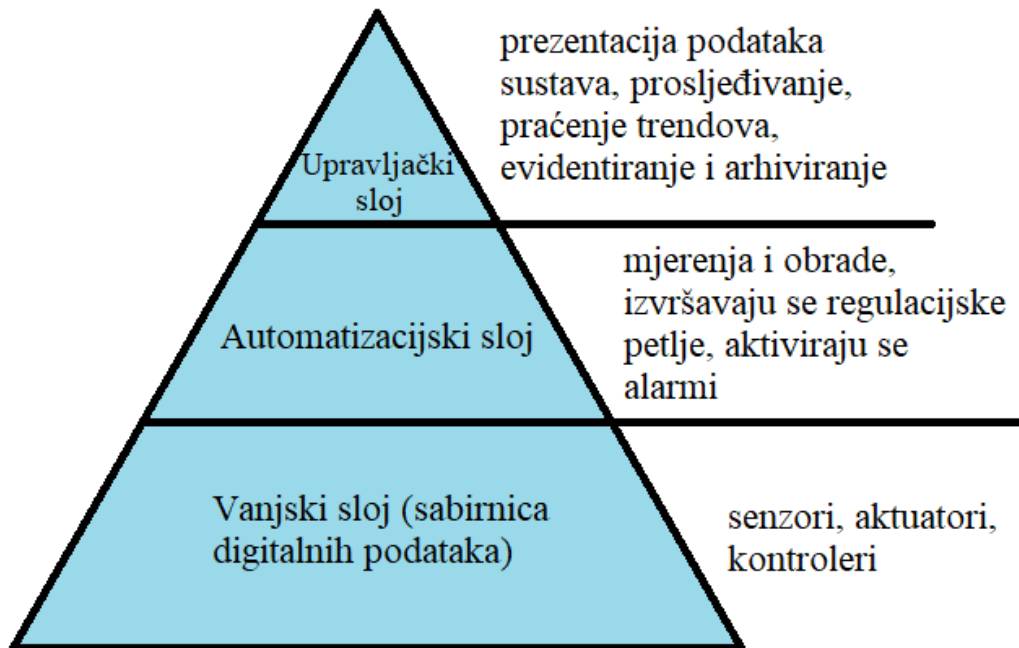
U slučaju kada želimo zamijeniti BMS ili ga želimo nadograditi, postoje određeni čimbenici i uvjeti o kojima treba dobro razmisliti. Čimbenici koje treba uzeti u obzir pri odlučivanju o nadogradnji postojećeg sustava su:

- Koliko je star sustav? BMS sustavi stariji od 10 godina su vjerojatno zastarjeli i nisu više toliko učinkoviti.
- Postoji li još uvijek podrška od strane prodavača za verzije softvera i kontrolere?
- Može li dobavljač vratiti sustav u slučaju pada softvera i postoji li mogućnost zamjene ili popravka kontrolera?
- Jesu li senzori i aktuatori adekvatni i u dobrom stanju?
- Može li se BMS konfigurirati za pristup webu za pružanje mogućnosti daljinskog upravljanja i praćenja dijagnostike?
- Daje li BMS mogućnost komuniciranja opremom kao što su rashladni uređaji i brojila energije koji koriste visoku razinu sučelja (uključujući bežične tehnologije), koja omogućuju informacije koje treba razmjenjivati?
- Ima li vaš BMS mogućnost prikupljanja i pohranjivanja podataka za svrhe energetskog nadzora i aktivne optimizacije HVAC opreme, [6]?

### 3. KONSTRUKCIJA I KOMPONENTE BMS-A

Konstrukciju BMS-a možemo podijeliti u tri sloja (Sl. 3.1.):

1. Vanjski sloj
2. Automatizacijski sloj
3. Upravljački sloj



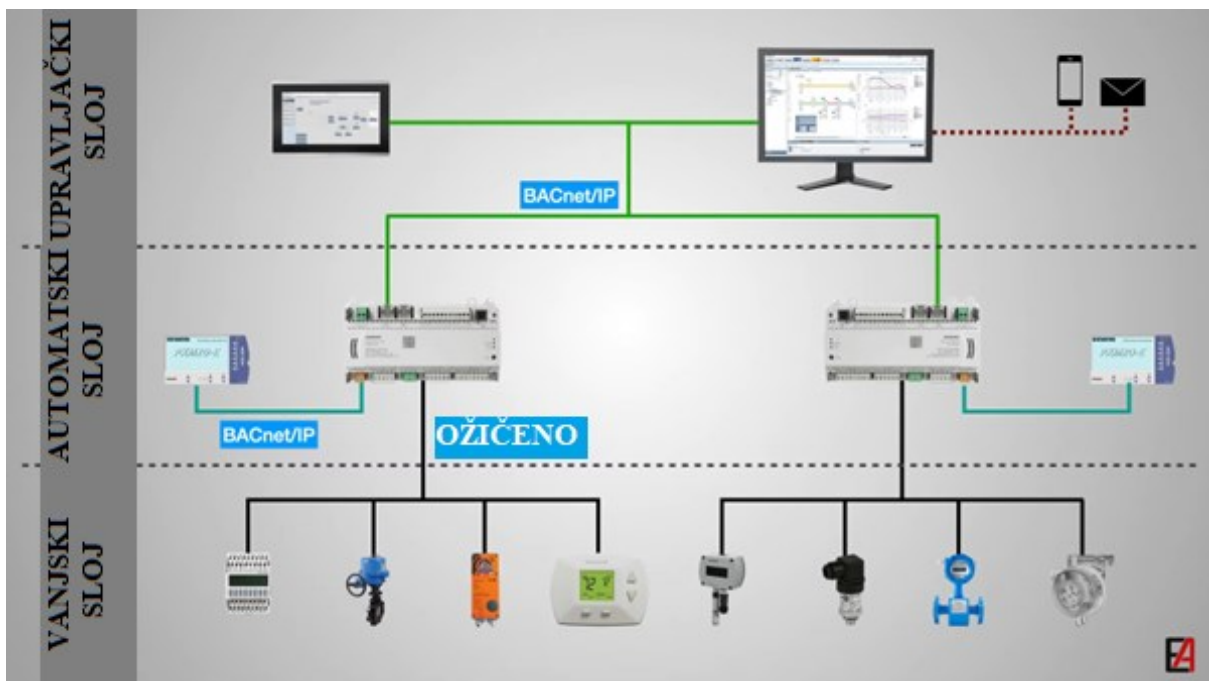
Slika 3.1. Slojevi BMS-a

Prvi sloj je vanjski sloj. Njega čine svi senzori, aktuatori, ventili, termostati, moduli te drugi uređaji. Ovaj sloj ima jako važnu ulogu. Sve daljnje radnje BMS sustava temelje se na odzivima svih ovih uređaja.

Drugi sloj je automatizacijski sloj. U njemu se nalaze inteligentne mikroprocesorske jedinice. One su zapravo mozak cijelog ovog sustava. Dakle, one uz pomoć primljenih informacija iz prvog sloja poduzimaju mjere kako bi svima prisutnima u zgradi pružili ugodan i siguran boravak. Mogu se spojiti na rukom upravljane operativne ploče s kojih se može upravljati i kontrolirati svakim uređajem daljinski.

Zadnji, treći sloj, zove se upravljački sloj. Ovaj sloj pruža interaktivno korisničko sučelje operateru zgrade. Prikazuje sve informacije koje su kontroleri preuzeli iz vanjskog sloja u formatu grafičkog korisničkog sučelja. Upravljački sloj može biti računalo ili HMI (eng. Human machine interface). Također, ovaj sloj može slati podatke putem poruke ili e-pošte u slučaju bilo kakvih kritičnih alarma.

Vanjski sloj sa automatizacijskim slojem povezuje se pomoću kablova. Operativne ploče se spajaju pomoću kablova sabirnica ili standardnog Internet kablova. Automatizacijski sloj je povezan sa upravljačkim slojem pomoću BACnet/IP protokola uz korištenje građevinskih strukturnih kabelskih mreža. Na slici 3.2. može se vidjeti pojednostavljeni prikaz slojeva i veza između njih.



Slika 3.2. Prikaz spajanja uređaja po slojevima [7]

### 3.1. Uređaji vanjskog sloja

Aktuator je sastavni dio vanjskog sloja koji je odgovoran za pomicanje i upravljanje mehanizmom ili sustavom, na primjer otvaranjem ventila. Pojednostavljeno rečeno, to je "pokretač". Za aktuator je potreban upravljački uređaj (kojim se upravlja upravljačkim signalom) i izvor energije.



*Slika 3.1.1. Aktuator za vatru i dim*

Pametni senzori oko zgrade prikupljaju podatke i šalju ih u BMS, gdje se pohranjuju u bazu podataka. Ako senzor prijavi podatke koji su izvan unaprijed definiranih uvjeta, BMS će aktivirati alarm.



*Slika 3.1.2. Senzor za temperaturu*

Termostat je uređaj koji osjeća temperaturu sustava tako da se temperatura sustava održava blizu željene zadane vrijednosti.



**Slika 3.1.3.** *Termostat*

Ventil je uređaj koji regulira, usmjerava ili upravlja protokom tekućine (plinovi, tekućine, fluidizirane krute tvari ili mulj) otvaranjem, zatvaranjem ili djelomično blokiranjem različitih prolaza. Ventili su tehnički spojni elementi, ali se o njima obično govori kao o zasebnoj kategoriji.



**Slika 3.1.4.** *Primjeri ventila*

Pogon s promjenjivom frekvencijom (eng. VFD) je vrsta kontrolera motora koji pokreće električni motor mijenjajući frekvenciju i napon njegovog napajanja. VFD također ima mogućnost upravljanja povećanja i smanjenja motora tijekom pokretanja ili zaustavljanja. Iako pogon kontrolira frekvenciju i napon napajanja koji se dovodi do motora, to često nazivamo kontrolom brzine, budući da je rezultat podešavanje brzine motora. Najčešća upotreba VFD-a

je za upravljanje ventilatorima, crpkama i kompresorima, a te primjene čine 75% svih pogona koji rade u svijetu, [8].



*Slika 3.1.5. Pogon promjenjive frekvencije*

### **3.2. Uređaji automatizacijskog sloja**

DDC je skraćenica od engleskog izraza Direct Digital Control. Riječ je o programibilnom mikroprocesorskom sustavu koji čita podatke s BMS uređaja iz vanjskog sloja, obrađuje te podatke koristeći programiranu logiku i daje izlaz upravljačkoj opremi u BMS sustavu. Izravni digitalni sustavi upravljanja vlasnicima zgrada daju višu razinu upravljanja mehaničkim i električnim sustavima. Najmoderniji sustavi također mogu ponuditi značajku analize trendova.

DDC obično ima sljedeće značajke:

1. Analogni ulazi služe za praćenje vrijednosti senzora iz vanjskog sloja.
2. Digitalni ulazi za praćenje stanja uključenja/isključenja s prekidača/kontraktora.
3. Analogni izlaz služi za upravljanje pogonskim uređajima.
4. Digitalni izlaz služi za upravljanje relejom ili osiguravanje niskog napona.
5. DDC mora imati interni ROM/RAM za pohranjivanje upravljačke logike i vrijednosti senzora.
6. Mora imati ugrađene mrežne protokole za prijenos podataka između uređaja.
7. Moderni DDC kontroler trebao bi imati sposobnost implementacije BACnet protokola za komunikaciju.



U svijetu su danas na tržištu dostupni različiti DDC kontroleri od različitih proizvođača i dostupni su s različitim funkcijama i značajkama na temelju specifičnih potreba. Moguć je zahtjev da kontroler ima sve ulaze/izlaze kao što su analogni ulaz, digitalni ulaz, analogni izlaz i digitalni izlaz ili da neki kontroler ima samo digitalne ili samo analogne ulaze, [9].



**Slika 3.2.1. DDC**

### 3.3. Sustav za grijanje, ventilaciju i klimatizaciju

HVAC (eng. Heating, ventilation, and air conditioning) označava grijanje, ventilaciju i klimatizaciju, a u hrvatskoj je poznatiji još pod imenom zrakovod. Ovaj sustav omogućuje grijanje i hlađenje stambenih i poslovnih zgrada. HVAC sustavi mogu se pronaći bilo gdje, od obiteljskih kuća do podmornica gdje pružaju sredstva za udobnost okoliša. Postaju sve popularniji u novogradnji, ovi sustavi koriste svježi vanjski zrak čime osiguravaju visoku kvalitetu zraka u zatvorenom prostoru. V u HVAC-u, ili ventilacija, je proces zamjene ili razmjene zraka unutar prostora. To osigurava bolju kvalitetu zraka u zatvorenom prostoru i uključuje uklanjanje vlage, dima, mirisa, topline, prašine, bakterija u zraku, ugljičnog dioksida i drugih plinova, kao i upravljanje temperaturom i dopunu kisika.

Tri glavne funkcije HVAC sustava međusobno su povezane, posebno kada osiguravaju prihvatljivu kvalitetu zraka u zatvorenom prostoru i toplinsku udobnost. Sustav grijanja i klimatizacije često je jedan od najkompliciranijih i najopsežnijih sustava u zgradi, ali kad prestane raditi posljedice se osjete vrlo brzo. Postoji devet dijelova HVAC sustava, a to su povrat zraka, filter, ispušni otvori, cijevi, električni elementi, vanjska jedinica, kompresor, zavojnice i puhalo.

- Povrat zraka

Povrat zraka dio je sustava koji označava početnu točku ciklusa ventilacije. Taj povrat usisava zrak, uvlači ga kroz filter, a zatim ga prenosi u glavni sustav. Važno je paziti da se često čisti prašina s povrata jer se krhotine i prašina lako mogu nakupiti na filterima.

- Filtar

Filtar je drugi dio sustava za povrat zraka kroz koji se zrak uvlači. Potrebno je redovito mijenjati filtre kako bi sustav bio u vrhunskom stanju.

- Ispušni otvori

Sljedeći dio sustava su ispušni otvori gdje se izbacuju ispušni plinovi stvoreni sustavom grijanja. Bitno je provjeravati dimnjake ili otvore za odzračivanje svake godine i prilagoditi ih ako je potrebno.

- Cijevi

Cijevi su kanali kroz koje prolazi zagrijani ili ohlađeni zrak. Cijevi treba pregledavati i čistiti svakih 2 do 5 godina kako bi se sve održavalo u ispravnom stanju.

- Električni elementi

Ovaj dio sustava je malo složeniji, ali često problemi prvo nastaju ovdje. Ako nešto ne radi kako treba, provjeriti je li u termostatu isključen prekidač ili istrošene baterije.

- Vanjska jedinica

Vanjska jedinica ima ventilator koji osigurava strujanje zraka. Treba čuvati jedinicu od krhotina i vegetacije jer to može uzrokovati ozbiljne probleme ako se biljke usišu u ventilator.

- Kompresor

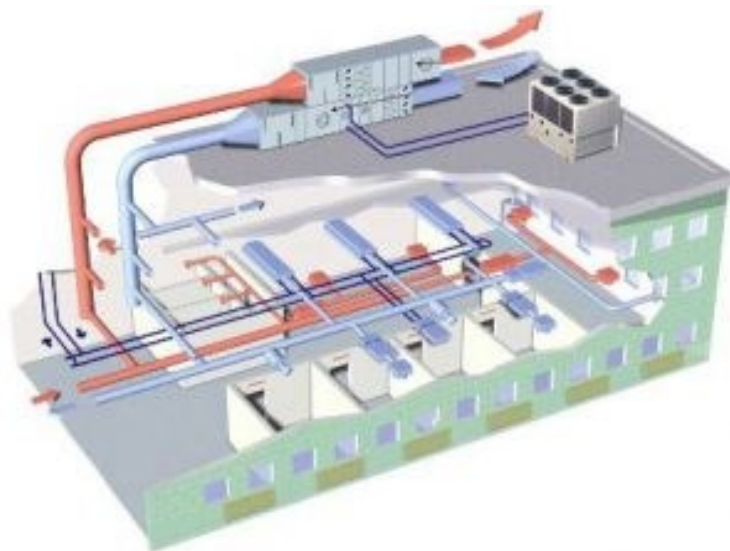
Kao dio vanjske jedinice, kompresor je odgovoran za pretvaranje rashladnog sredstva iz plina u tekućinu i šalje ga u cijevi. Ako u sustavu nešto ne radi kako treba, provjeriti kompresor. Često je uzrok mnogih kvarova sustava.

- Zavojnice

Obično još jedan dio vanjske jedinice, zavojnice hlade zrak dok prolazi uz malu pomoć rashladnog sredstva. Potrebno je provjeravati zavojnice svake godine. Ako se smrznu, treba se provjeriti razina filtra i/ili rashladnog sredstva.

- Puhalo

Puhalo uvlači topli zrak kroz glavni dio jedinice. Što se ovaj zrak učinkovitije kreće, to će sustav biti izdržljiviji, [10].



**Slika 3.3.1.** *Prikaz HVAC sustava*

Budući da HVAC označava grijanje, ventilaciju i klimatizaciju, to su ta tri glavna dijela uključena u cijeli sustav:

### 1. Grijanje

HVAC sustav uključuje neku vrstu opreme (kao što su peć, bojler ili toplinska pumpa) za proizvodnju topline koja se koristi za zagrijavanje unutarnjeg prostora. Oprema može ciljati na sobu, zonu ili cijelu zgradu. Oprema za grijanje koristi različite metode za zagrijavanje prostora (kondukcijom, konvekcijom ili zračenjem) i koristi različite vrste resursa za proizvodnju topline, kao što su električna energija, propan, lož ulje ili prirodni plin. Iako grijanje obično nije primarna briga podatkovnog centra HVAC-a, ono je još uvijek važan čimbenik, osobito u hladnim klimama, gdje bi toplina mogla biti potrebna za zaštitu vanjske opreme ili komponenti kao što su rashladni uređaji.

### 2. Ventilacija

Sveobuhvatan sustav ventilacije bitan je za učinkovitost HVAC-a. Ventilacija je mehanizam odvojen od grijanja ili klimatizacije, ali radi u sprezi s oba, održavajući protok zraka neophodan za učinkovito grijanje ili hlađenje zgrade. Osim toga, izmjenjuje unutarnji zrak s vanjskim kako bi se osigurao svježi dotok. Ventilacija također može igrati ulogu u filtriranju zraka ili održavanju odgovarajuće razine vlažnosti, ovisno o sustavu grijanja ili hlađenja. Pravilna ventilacija posebno je važna u podatkovnim centrima, gdje se koristi zajedno s klima uređajem za hlađenje IT infrastrukture. Podatkovni centri koriste različite strategije za ventilaciju i hlađenje svojih sustava, ovisno o vrsti opreme i njihovom rasporedu.

### 3. Klimatizacija

HVAC sustav uključuje neku vrstu opreme za hlađenje zraka koji kruži. Pristup hlađenju može značajno varirati od jednog poslovnog prostora do drugog. Na primjer, oprema za klimatizaciju može se nalaziti unutar zgrade ili izvana, kao što je krov. Također može koristiti vodu za kontrolu temperature, a ne rashladnu tekućinu. Osim toga, može igrati ulogu u filtriranju zraka ili kontroliranju vlažnosti, radeći zajedno s ventilacijskim sustavom. Podatkovni centri se uvelike oslanjaju na klimatizaciju kako bi osigurali da IT infrastruktura može ispravno raditi, koristeći različite strategije za hlađenje i ventilaciju svojih sustava.

Iako su HVAC komponente neovisni sustavi, djeluju kao integrirana cjelina čiji je cilj pravilno kontrolirati i održavati klimu unutarnjeg prostora. Posljednjih godina komercijalni HVAC

sustavi počeli su postajati automatiziraniji i inteligentniji, uključujući napredne tehnologije kao što su umjetna inteligencija i prediktivna analitika, [11].



**Slika 3.3.2.** *Prikaz HVAC sustava u zgradi*



**Slika 3.3.3.** *Prikaz HVAC sustava na krovu zgrade*

U industriji klimatizacije, izraz HVAC se često koristi umjesto AC. HVAC se odnosi na grijanje, ventilaciju i klimatizaciju, dok se AC jednostavno odnosi na klimatizaciju. AC se općenito koristi kada se govori o sustavima koji su dizajnirani za hlađenje zraka u domu.

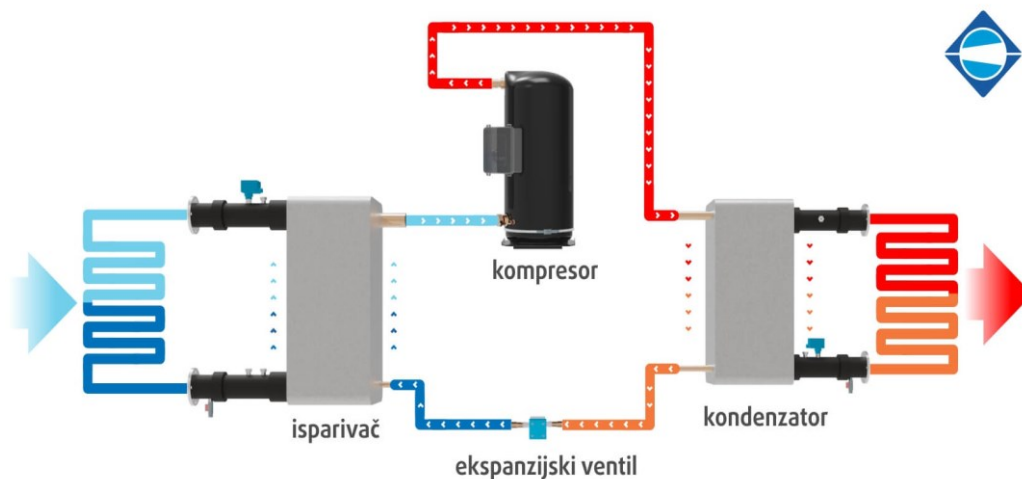
Prozorske jedinice i centralni AC standardni su sustavi koji se široko koriste. HVAC može uključivati dizalice topline i plinske peći kao i klimatizacijske jedinice. To znači da se HVAC bavi i grijanjem i hlađenjem. Tvrtke će te pojmove koristiti naizmjenično jer se mnoge usluge popravka izmjenične struje bave i rješenjima za grijanje i hlađenje. HVAC također pokriva ventilaciju i kanalizaciju, [12].

### 3.4. Rashladni uređaji

Rashladni uređaji (engl. Chiller Systems) postali su bitna komponenta HVAC-a u širokom rasponu komercijalnih objekata, uključujući hotele, restorane, bolnice, sportske arene, industrijske i proizvodne pogone, itd. Industrija je odavno prepoznala da rashladni sustavi predstavljaju najvećeg potrošača električne energije u većini objekata. Lako mogu potrošiti više od 50% ukupne potrošnje električne energije tijekom sezonskih razdoblja. Prema američkom Ministarstvu energetike (DOE), svi rashladni uređaji mogu iskoristiti približno 20% ukupne električne energije proizvedene u Sjevernoj Americi. Štoviše, DOE procjenjuje da rashladni uređaji mogu potrošiti do 30% dodatne potrošnje energije zbog različitih operativnih neučinkovitosti, [13]. Ove priznate neučinkovitosti koštaju tvrtke i građevinske objekte milijarde dolara godišnje. Općenito, rashladni uređaj olakšava prijenos topline iz unutarnjeg u vanjski okoliš. Ovaj uređaj za prijenos topline oslanja se na fizičko stanje rashladnog sredstva dok cirkulira kroz rashladni sustav. Naravno, rashladni uređaji mogu funkcionirati kao srce svakog centralnog HVAC sustava.

Rashladni uređaj radi na principu kompresije ili apsorpcije pare. Rashladni uređaji osiguravaju kontinuirani protok rashladne tekućine na hladnu stranu sustava procesne vode na željenoj temperaturi od oko 50°F (10°C). Rashladna tekućina se zatim crpi kroz sustav, izvlačeći toplinu iz jednog područja objekta (npr. strojeva, procesne opreme, itd.) dok teče natrag na povratnu stranu sustava procesne vode. Rashladni uređaj koristi kompresijski mehanički rashladni sustav koji se povezuje sa sustavom procesne vode putem uređaja koji se naziva isparivač. Rashladno sredstvo cirkulira kroz isparivač, kompresor, kondenzator i ekspanzijski uređaj rashladnog uređaja.

U svakoj od gore navedenih komponenti rashladnog uređaja događa se termodinamički proces. Isparivač funkcionira kao izmjenjivač topline tako da se toplina zarobljena protokom rashladnog sredstva procesa prenosi na rashladno sredstvo. Kako se odvija prijenos topline, rashladno sredstvo isparava, pretvarajući se iz tekućine niskog tlaka u paru, dok se temperatura rashladnog sredstva procesa smanjuje. Rashladno sredstvo tada teče u kompresor, koji obavlja više funkcija. Prvo, uklanja rashladno sredstvo iz isparivača i osigurava da tlak u isparivaču ostane dovoljno nizak da apsorbira toplinu pravilnom brzinom. Drugo, podiže tlak u izlaznoj pari rashladnog sredstva kako bi osigurao da njegova temperatura ostane dovoljno visoka da otpusti toplinu kada dođe do kondenzatora. Rashladno sredstvo se vraća u tekuće stanje na kondenzatoru. Latentna toplina koja se predaje kako rashladno sredstvo prelazi iz pare u tekućinu prenosi se iz okoline rashladnim medijem (plin ili voda).



**Slika 3.4.1.** Prikaz rada rashladnog uređaja

Kao što je spomenuto, postoje dva različita rashladna medija (plin ili voda) koji mogu olakšati prijenos latentne topline koja nestaje kako se rashladno sredstvo mijenja iz pare u tekućinu. Dakle, rashladni uređaji mogu koristiti dvije različite vrste kondenzatora, plinom hlađene i vodeno hlađene.

Plinsko hlađeni kondenzatori nalikuju "radijatorima" koji hlade automobilske motore. Koriste motorizirano puhalo za tjeranje zraka kroz mrežu rashladnih vodova. Osim ako nisu posebno dizajnirani za visoke uvjete okoline, plinom hlađeni kondenzatori zahtijevaju temperaturu okoline od 95°F (35°C) ili nižu za učinkovit rad.



Vodom hlađeni kondenzatori obavljaju istu funkciju kao i kondenzatori hlađeni plinom, ali zahtijevaju dva koraka za završetak prijenosa topline. Prvo, toplina prelazi iz pare rashladnog sredstva u vodu kondenzatora. Zatim se topla voda iz kondenzatora pumpa u rashladni toranj gdje se procesna toplina na kraju ispušta u atmosferu. [13]



**Slika 3.4.2.** *Prikaz vodom rashladnog uređaja u većim postrojenjima*

#### 4. PODUZETNIČKI INKUBATOR VINKOVCI

Poduzetnički inkubator u Vinkovcima je zgrada koja se nalazi na adresi Dragutina Žanića Karle 16. Izgradnja ove zgrade trajala je od 1.11.2017. do 1.3.2020. godine. Cilj ove građevine je poboljšanje poslovne infrastrukture i poslovanja malih i srednjih poduzetnika s ciljem olakšanog rasta i razvoja te stvaranja mogućnosti za otvaranje novih radnih mjesta na području Grada Vinkovaca i Vukovarsko-srijemske županije. Izgradnjom su osigurani standardizirani poslovni prostori visoke opremljenosti prilagođeni potrebama poduzetnika. Projektom je osigurana i stručna podrška kroz poslovno savjetovanje, edukacije, povezivanja, prezentacije i promidžbe poduzetnika početnika u početnim i najkritičnijim fazama razvoja njihovih poduzeća čime će se povećati broj tvrtki koje opstaju na tržištu te povećati stopa preživljavanja start-up tvrtki. [14]



*Slika 4.1. Poduzetnički inkubator*

Namjena zgrade Poduzetničkog inkubatora je gospodarsko-poslovna, s ukupno bruto površinom od 2.147,70 m<sup>2</sup> od čega je ukupno 1.861,03 m<sup>2</sup> korisne površine objekta koju čine: 5 proizvodnih prostora ukupne površine 759,70 m<sup>2</sup>, 13 uredskih poslovnih prostora ukupne površine 1.388,08 m<sup>2</sup>, upravni dio zgrade ukupne površine 97 m<sup>2</sup> te konferencijska dvorana od 100 m<sup>2</sup> i višenamjenska dvorana s mogućnošću pregrađivanja također ukupne površine 100 m<sup>2</sup>. Osim prostora, stanarima se osigurava poslovna oprema te savjetodavne, intelektualne, poslovne i druge usluge.



**Slika 4.2.** *Poduzetnički inkubator*

Poduzetnički inkubator Vinkovci posjeduje 13 uredskih poslovnih prostora ukupne površine 1.388,08 m<sup>2</sup>:

- U potpunosti namješteni uredi različitih veličina
- Superbrzi internet 500/500 Mb/s
- Vatrodojavni sustav
- Mogućnost dijeljenja ureda s drugim tvrtkama
- Klimatizirani i grijani prostor
- Atraktivna lokacija u blizini centra grada
- Besplatni parking



**Slika 4.3.** Ured

Coworking je oblik poduzetništva koji se temelji na umrežavanju i obavljanju samostalne djelatnosti različitih profesionalaca koji dijele radnu infrastrukturu, ali sami i organiziraju oblike i količinu interakcije s drugim coworkerima. Coworking je jedna od mnogih ekstenzija “ekonomije dijeljenja” bazirane na razmjeni i dijeljenju resursa među članovima određene zajednice. Na taj način ostvaruje se značajna ušteda, a i potenciraju se same mogućnosti resursa, kako fizičkih, ako se govori o coworking prostoru, tako i intelektualnih, što znači da se razmjenjuju kontakti i informacije. Poduzetnički inkubator Vinkovci posjeduje Coworking prostor s kompletno opremljenih 6 radnih jedinica.



**Slika 4.4.** *Coworking prostor*

Poduzetnički inkubator Vinkovci posjeduje 5 proizvodnih prostora za sve tipove proizvodnje.

Uvjeti koje pružaju proizvodni prostori:

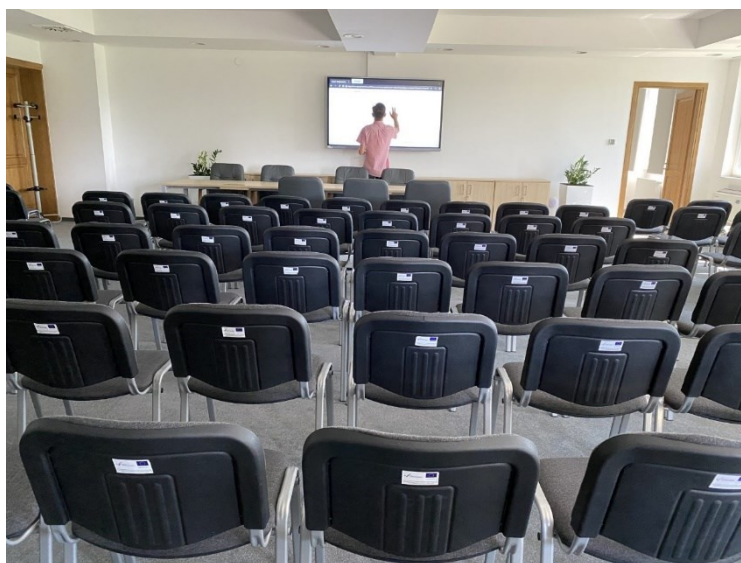
- Podjela prostora prema potrebama korisnika
- Vatrodojavni sustav
- Nesmetan vlastiti pristup kamionom, ili dostavnim vozilom 24/7
- Videonadzor i protuprovalni sustav
- Klimatizirani i grijani prostor
- Atraktivna lokacija u neposrednoj blizini centra grada
- Besplatni parking



**Slika 4.5.** *Proizvodni prostor*

Dvorane su idealne za svaki tip događanja dok predvorje dvorane može služiti kao izlagački prostor ili kao idealan prostor za posluživanje hrane i pića u stankama. Prednosti modernih konferencijskih dvorana su:

- Super brzi internet 500/500 Mb/s
- Veliki Smart TV
- konferencijski stol
- 120 sjedećih mjesta
- Klimatizirani i grijani prostor
- Besplatni parking
- Atraktivna lokacija u blizini centra grada



**Slika 4.6.** *Konferencijska dvorana*

Cijela zgrada povezana je BMS sustavom. Kreće se od vanjskog sloja ka upravljačkom sloju. Inkubator od vanjskih uređaja ima senzore za rasvjetu, senzore za vlagu te senzore za protupožarni sustav. Na slici 4.7. se vidi senzor za vlagu koji su podešeni tako da u slučaju kad vani pada kiša ili druge vremenske nepogode, da se prskalice za travu ne uključuju.



**Slika 4.7.** *Senzor vlage*

Senzor vlage ima još puno opcija i funkcija koje se mogu promijeniti i naređivati po želji korisnika. Sve promjene rade se preko uređaja sa slike 4.8.



**Slika 4.8.** *Uređaj za postavke senzora vlage*

Senzor za rasvjetu postavljen je na zidu zgrade koji je okrenut prema strani na kojoj Sunce zalazi, tako da se rasvjeta ne bi palila dok još ima prirodne svjetlosti.



**Slika 4.9.** *Senzor za rasvjetu*

Sljedeći senzor je jedan od najbitnijih senzora za sigurnost inkubatora. To je senzor za požar. On se nalazi u svakoj prostoriji u cijeloj zgradi te čim osjeti opasnost javlja se upozorenje te je odmah spojen za poziv vatrogasnoj službi.





**Slika 4.10.** Kontrolna jedinica za protupožarni sustav i senzor za vatru

Inkubator se grije i hladi pomoću Rashladnih uređaja hlađenih vodom (eng. Water-Cooled Chillers). Glavni dio tog sustava hlađenja nalazi se na krovu zgrade, slika 4.11. Ovisno o potrebama korisnika, uređaj hladi ili zagrijava vodu do željene temperature te se kroz cijevi voda proteže cijelim inkubatorom i dolazi do klima uređaja na slici 4.12. koji hlade/zagrijavaju ventilator koji raspršuje hladan/topao zrak po prostoriji.



**Slika 4.11.** Rashladni uređaj hlađen vodom



**Slika 4.12.** *Rashladna jedinica*

Sve rashladne jedinice spojene su sa termostatom te svaka prostorija ima svoj termostat preko kojega se može naređivati temperatura i način rada klime po željama korisnika.



**Slika 4.13.** *Termostat*

Radi uštede energije i struje inkubator također ima uređaj za grijanje tople vode uz pomoć Sunčevog zračenja, slika 4.14. Ti solarni kolektori zagrijevaju vodu koja je povezana sa bojlerom koji je dalje povezan sa cijevima koje odvode vodu po želji i potrebi korisnika.



**Slika 4.14.** *Solarni sustav za grijanje vode*

Svi ovi senzori, uređaji, sustavi povezani su zajedno u jedan regulator (slika 4.15.) i sve to čini jedan BMS sustav. Pomoću regulatora može se upravljati sa svakim dijelom sustava sa jednog mjesta. Također se mogu određivati uvjeti i načini rada, sve po željama i potrebama korisnika.



**Slika 4.15.** *Glavni regulator*

Inkubator ima veliku uštedu novca, resursa, struje i ostalog zahvaljujući ovom BMS sustavu. Na krovu zgrade Inkubatora nalazi se fotonaponska elektrana (slika 4.16.). Spomenuta elektrana proizvodi električnu energiju koja skoro u cijelosti pokriva sve potrebe zgrade Inkubatora.



**Slika 4.16.** *Fotonaponska elektrana na krovu zgrade*

## 5. ZAKLJUČAK

Zahvaljujući brzom napretku tehnologije u svijetu će biti sve više zgrada sa sustavom za upravljanje energijom što će dovesti do velikih ušteda resursa i energetske učinkovitosti. Sustav optimiziranja sustava, poput rasvjete, klimatizacije i pomoćnih usluga, za smanjenje potrošnje energije moguće je pomoću modernog BMS-a. Ne radi se samo o smanjenju troškova i održavanju usklađenosti s ekološkim ciljevima, već i o poboljšanju iskustva stanara, što zauzvrat pomaže zadržati stanare i dodatno štiti krajnji učinak. Poduzetnički inkubator u Vinkovcima je zgrada koja sadrži moderan BMS. Zahvaljujući njemu ostvaruje velike uštede električne energije i također je zgrada koja je ekološki jako povoljna. Smanjen je udio ugljikova dioksida koji jako šteti atmosferi i uzrokuje klimatske promjene.

## 6. LITERATURA

- [1] <https://buildings.honeywell.com/us/en/news-events/news/2021/10/building-management-systems-in-an-age-of-carbon-neutrality> pristupljeno: rujan 2022.
- [2] G. Pradeep, P. Chandra Shaker, SVS Prasad, Building Management System
- [3] <https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/building-management-system>, pristupljeno: svibanj 2022.
- [4] I. Cetinić, T.Rengel, Z. Vašatko, Centralni sustavi nadzora i upravljanja (CNUS) kao preduvjet za učinkovito korištenje energije u zgradarstvu
- [5] <https://agservicestx.com/benefits-of-building-management-systems/> pristupljeno: lipanj 2022.
- [6] HVAC HESS Factsheet Building Management System
- [7] <https://www.youtube.com/watch?v=ReEp0HH91ZU> pristupljeno: svibanj 2022.
- [8] <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/> pristupljeno: lipanj 2022.
- [9] <https://bms-system.com/what-is-ddc-or-direct-digital-controller-in-bms-system/> pristupljeno: lipanj 2022.
- [10] <https://brennanheating.com/how-does-hvac-system-work/> pristupljeno: lipanj 2022.
- [11] <https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/HVAC> pristupljeno: lipanj 2022.
- [12] <https://genhvac.com/whats-the-difference-between-hvac-and-ac/> pristupljeno: lipanj 2022.
- [13] <https://blog.senseware.co/2017/11/16/ultimate-guide-chiller-systems> pristupljeno: lipanj 2022.
- [14] <https://www.inkubator-vinkovci.eu/> pristupljeno: lipanj 2022.

## **SAŽETAK**

Završnim radom se htjelo prikazati što su to pametne zgrade. Opisano je što je to sustav za upravljanje energijom te njegova konstrukcija i komponente. Objašnjena je funkcija uređaja koji čine BMS. Prikazan je primjer zgrade poduzetničkog inkubatora u Vinkovcima koja sadrži suvremeni sustav za upravljanje energijom.

Ključne riječi: Sustav za upravljanje energijom, pametne zgrade, BMS

## **ABSTRACT**

The final work wanted to show what smart buildings are. It describes what an energy management system is and its construction and components. The function of the devices that make up the BMS is explained. An example of a business incubator building in Vinkovci, which contains a modern energy management system, is presented.

Key words: Energy management system, smart buildings, BMS

## **ŽIVOTOPIS**

Petar Pedić rođen je 28.7.1999. u Vinkovcima gdje završava Osnovnu školu Vladimira Nazora. Nakon toga upisuje Gimnaziju Matije Antuna Reljkovića Vinkovci te odabire prirodoslovno matematički smjer koju završava 2018. godine. Zbog ljubavi prema fizici, matematici i tehnologiji upisuje Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku, smjer elektrotehnika. Početkom osnovne škole počinje se baviti sportom te kreće trenirati nogomet. Nakon 11 godina treniranja nogometa prelazi na treniranje futsala (dvoranskog nogometa) kojim se i danas bavi te je član kluba Aurelia Futsal iz Vinkovaca.