

**РАЗВОЈ ТЕХНИЧКОГ СИСТЕМА ЗА ГРАЈАЊЕ И ХЛАЂЕЊЕ СТУДЕНТСКОГ ДОМА „ДР ЗОРАН ЂИНЂИЋ“ СОМБОР****DEVELOPMENT OF THE TECHNICAL SYSTEM FOR HEATING AND COOLING OF THE "DR. ZORAN ĐINĐIĆ" STUDENT DORMITORY, SOMBOR***Милош Несторовић, Факултет техничких наука, Нови Сад***Област- МАШИНСТВО**

**Кратак опис** – У овом мастер раду анализирани су системи заједничког грејања и хлађења студентског дома у Сомбору, ВРФ систем и систем са топлотном пумпом и вентилатор конвекторима. Постојећи систем грејања у студентском дому је централно радијаторско грејање, на топлану ЈКП „Енергана Сомбор“. Постојећи систем нема опцију хлађења током летње сезоне. Потреба за хлађењем је све израженија. Из тог разлога потребно је анализирати најбоље заједничко техничко решење, за систем грејања и хлађења, у погледу енергетске ефикасности и финансијске исплативости.

**Кључне речи:** Топлотна пумпа ваздух-вода, вентилатор-конвектори, ВРФ систем

**Abstract** - This work includes the calculation of internal gas installation for a multi-family residential building. The work included the calculation of central heating as well as the selection of heating elements. The elements of the internal gas installation and the characteristics of natural gas as an energy source are also covered.

**Keywords:** Air-water heat pump, VRF system, fan convectors

**1. Увод**

Студентски дом “др Зоран Ђинђић” је дом прве категорије, изграђен је 2008. године, а у фебруару 2009. године усељени су први станари. Налази се у Сомбору у Подгоричкој улици бб, у непосредној близини Педагошког факултета. Капацитет дома је 140 места која су распоређена у 69 двокреветних и 2 једнокреветне собе. Објекат је спратности: П+3.

Тема мастер рада је делимичан прелаз грејања студентског дома, у Сомбору са старог система централног грајања, са грејним телима (радијаторима) у температурном режиму 80/60 °С, преко градске топлане „ЈКП Енергана Сомбор“, на заједнички систем грејања и хлађења.

Предмет реконструкције објекта су просторије, које захтевају и хлађење током летње сезоне, у приземљу: библиотека, клуб, трпезарија, просторије за педагога, психолога, лекара, рачуновођу и управника, као и студентске собе на вишим етажама.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Мирослав Кљајић, ред. проф.

Мана постојећег система грејања је немогућност хлађења у летњој сезони, а како је потреба за хлађењем све израженија, поготово код студентских домова где је удобност становања кључна.

У данашњем свету, ефикасно управљање енергијом и одрживо грејање и хлађење постали су од кључног значаја у контексту глобалних климатских промена и растућих потреба за енергетском ефикасношћу. Како се популација повећава и урбанизација напредује, захтеви за удобност у стамбеним и комерцијалним објектима расту, а истовремено се смањује доступност традиционалних извора енергије. У том контексту, системи климатизације попут ВРФ (Variable Refrigerant Flow) и топлотне пумпе ваздух-вода представљају иновативна решења која комбинују енергетску ефикасност, флексибилност и одрживост.

Овај рад има за циљ да упореди и анализира ове две технологије у контексту стамбеног објекта, конкретно у студентском дому, који захтева високе стандарде удобности и енергетске ефикасности. У раду ће бити разматране предности и мане сваког система, као и њихова економска оправданост у условима реалне примене. Поред тога, истражиће се и утицај ових система на животну средину и дугорочне трошкове одржавања.

Кроз детаљну анализу, овај рад има за циљ да пружи смернице за будуће одлуке о избору система грејања и хлађења, узимајући у обзир енергетске, економске и еколошке аспекте.

**2. Енергетска ефикасност**

Енергетска ефикасност односи се на коришћење мање енергије за обављање истих задатака или стварање истих производа. У суштини, то значи постизање већег учинка уз мање ресурса. Ево неколико кључних аспеката [1]:

- Повећање продуктивности: Енергетски ефикасни уређаји, попут светлосних диода (LED), климатизера или топлотних пумпи, конзумирају мање електричне енергије за постизање истих или бољих резултата.

- Смањење емисија: Повећањем енергетске ефикасности, смањује се потражња за енергијом, што може довести до мањих емисија CO<sub>2</sub> и других

штетних гасова, чиме се позитивно утиче на животну средину.

- Економска корист: Повећање енергетске ефикасности често доводи до смањења рачуна за енергију. Инвестиције у ефикасније системе и уређаје могу се исплатити у дугорочном периоду.

- Употреба обновљивих извора: Енергетска ефикасност је важна у интеграцији обновљивих извора енергије, јер мања потрошња енергије значи да ће и производња из обновљивих извора бити адекватнија.

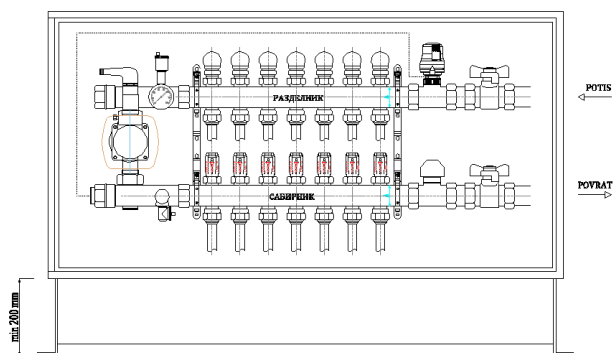
### 3. Топлотна пумпа ваздух-вода

Топлотна пумпа ваздух-вода је систем који извлачи топлоту из спољашњег ваздуха и преноси је у воду, која се затим користи за грејање и хлађење просторија или за загревање воде. Ово су неке основне информације [2]:

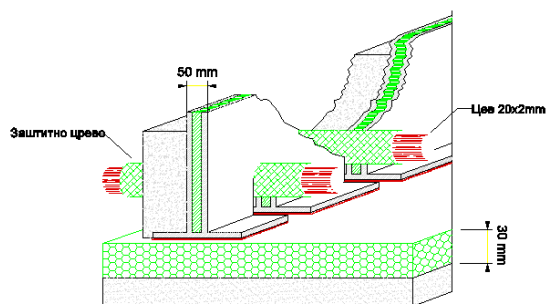
Принцип рада: Топлотна пумпа функционише на принципу хлађења и грејања, слично као климатизациони систем. Она користи фреон (расхладно средство) које апсорбује топлоту из ваздуха, а затим ту топлоту компримује и преноси у воду.

### 4. Вентилатор конвектори

Вентилатор-конвектори, познати и као вентилаторски радијатори или вентилаторски грејачи, су уређаји који комбинују грејање и хлађење у један систем. Они функционишу тако што користе вентилатор за циркулацију ваздуха кроз грејач или хладњак, чиме се ефикасно преноси топлота или хладноћа у просторију.



Слика 1: Етажни разводни ормар за напајање вентилатор-конвектора



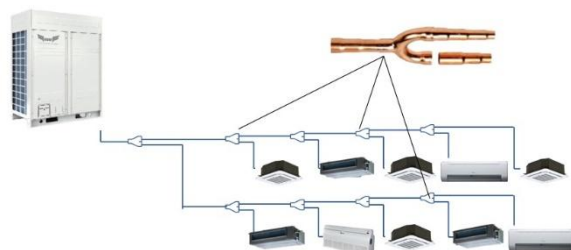
Слика 2: Начин вођења цеви кроз преградне зидове



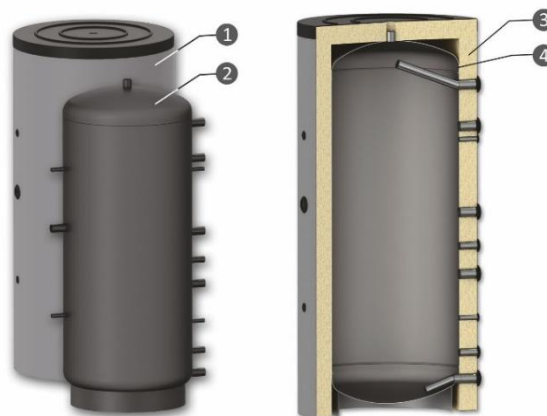
Слика 3: Парапетни вентилатор конвектор

### 5. ВРФ систем

ВРФ (Variable Refrigerant Flow) системи су климатизациони системи који користе флуид за хлађење или грејање и могу регулисати проток флуида према потребама. Они су ефикасни јер омогућавају контролу температуре у различитим просторијама одједном, што је идеално за зграде са више простора или различитим захтевима за климатизацију.



Слика 4: ВРФ систем повезан у рачвама



Слика 5: Акумулатор топлот

## 6. Анализа система са топлотном пумпом, ваздух вода и ВРФ система

### Основни захтеви

- **85 kW** је укупан потребан капацитет за грејање и хлађење (добijen прорачунима)

### Поређење:

1. **Ефикасност:** Оба система су ефикасна, али ВРФ може пружити бољу енергетску ефикасност у условима где је потребно грејање и хлађење у различитим деловима објекта.
2. **Прилагодљивост:** ВРФ системи нуде већу прилагодљивост у контроли температуре у свакој соби, што може бити важно у студентском дому.
3. **Уградња и одржавање:** Топлотне пумпе ваздух-вода могу бити лакше за инсталирање и одржавање, али могу захтевати додатне елементе (као што су резервоари за топлу воду).
4. **Трошкови:** ВРФ системи могу имати веће почетне трошкове, али уштеде на енергији могу бити значајне током времена.

## 7. Финансијска анализа

Разматраћемо три аспекта: иницијална улагања, оперативне трошкове, и додатне факторе као што је хлађење током лета, што је важно јер систем на топлану нема ту могућност.

### Основни подаци:

- Величина објекта: 1.500 m<sup>2</sup>
- Потребна снага: 85 kW
- Инвестиција у ВРФ систем: 85.450 €
- Инвестиција у топлотну пумпу: 75.750 €
- Топлана: Постојећа, без иницијалних трошкова за улагање.
- Могућност хлађења: Топлана нема могућност хлађења лети.

### Потребни кораци за анализу исплативости:

- Почетни трошкови: Инвестиција у систем.
- Оперативни трошкови: Грејање и хлађење током године.
- За топлану узимамо у обзир само грејање, док ће ВРФ систем и топлотна пумпа обезбедити и грејање и хлађење.

- Прорачун уштеда енергије: Како су нови системи енергетски ефикаснији, прорачунаћемо колико ће смањење потрошње енергије допринети уштедама.
- Трошкови одржавања: Укључићемо разлике у трошковима одржавања система.

### Претпоставке

- Цена енергије (гас за топлану и електрична енергија за ВРФ и топлотну пумпу): 0,07 €/kWh за гас и 0,12 €/kWh за струју.
- Период коришћења: Грејање током 6 месеци годишње, хлађење 3 месеца.
- Енергетска ефикасност:
- ВРФ систем има коефицијент ефикасности (COP) за грејање 4,85 и за хлађење 4,35
- Топлотна пумпа има COP за грејање 4,22 и за хлађење 4,15
- Топлана има ефикасност 1 (1 kWh гаса = 1 kWh топлоте).
- Број сати грејања: 1.800 сати годишње
- Број сати хлађења: 900 сати годишње

### Прорачун потрошње енергије и трошкова за грејање:

1. Грејање са топланом:
  - Потребна енергија:  
 $85 \text{ kW} \cdot 1.800 \text{ h} = 153.000 \text{ kWh}$
  - Трошкови грејања:  
 $153.000 \text{ kWh} \cdot 0,07 \text{ €/kWh} = 10.710 \text{ € годишње}$
2. Грејање ВРФ системом:
  - Потребна електрична енергија:  
 $153.000 \text{ kWh} / 4,85 = 31.546 \text{ kWh годишње}$
  - Трошкови грејања:  
 $31.546 \text{ kWh годишње} \cdot 0,12 \text{ €/kWh} = 3.785 \text{ € годишње}$
3. Грејање топлотном пумпом:
  - Потребна електрична енергија:  
 $153.000 \text{ kWh} / 4,22 = 36.255 \text{ kWh годишње}$
  - Трошкови грејања:  
 $36.255 \text{ kWh годишње} \cdot 0,12 \text{ €/kWh} = 4.351 \text{ € годишње}$

### Прорачун потрошње енергије и трошкова за хлађење:

1. Хлађење ВРФ системом:

- Потребна електрична енергија:  
 $85\text{ kW}\cdot 900\text{ h}=76.500\text{ kWh}$   
 $76.500\text{ kWh}/4,35=17.586\text{ kWh}$  годишње

- Трошкови хлађења:  
 $17.586\text{ kWh}$  годишње  $\cdot 0,12\text{ e/kWh}=2.110\text{ e}$  годишње

## 2. Хлађење топлотном пумпом:

- Потребна електрична енергија:  
 $85\text{ kW}\cdot 900\text{ h}=76.500\text{ kWh}$   
 $76.500\text{ kWh}/4,15=18.434\text{ kWh}$  годишње
- Трошкови хлађења:  
 $18.434\text{ kWh}$  годишње  $\cdot 0,12\text{ e/kWh}=2.212\text{ e}$  годишње

## Годишњи трошкови

1. Топлана:  
Грејање: 10.710 € (хлађење није могуће).
2. ВРФ систем:  
Грејање: 3.785 €  
Хлађење: 2.110 €

Укупни трошкови: 5.895 € годишње

3. Топлотна пумпа:  
Грејање: 4.351 €  
Хлађење: 2.212 €  
Укупни трошкови: 6.563 € годишње

## Уштеде и период повраћаја:

1. ВРФ систем:
  - Уштеда у односу на топлану:  $10,710\text{ e} - 5,895\text{ e} = 4,815\text{ e}$
  - Период повраћаја:  $85.450\text{ e} / 4.815\text{ e} = 17,74$  година
2. Топлотна пумпа:
  - Уштеда у односу на топлану:  $10,710\text{ e} - 6,536\text{ e} = 4,174\text{ e}$
  - Период повраћаја:  $75.750\text{ e} / 4.174\text{ e} = 18,26$  година

## Закључци:

- ВРФ систем је нешто исплативији у смислу уштеде и периода повраћаја (17,74 године), са нижим годишњим трошковима у односу на топлотну пумпу.

- Топлотна пумпа има благо дужи период повраћаја (18,26 година), али и даље значајну уштеду у односу на систем топлане.

Оба система пружају знатну уштеду у односу на топлану и обезбеђују и грејање и хлађење, што је велика предност.

## 8. Закључак

У светлу све веће потребе за енергетски ефикасним и еколошки одрживим решењима у климатизацији, овај рад је пружио детаљну анализу два иновативна система — ВРФ (Variable Refrigerant Flow) и топлотних пумпи ваздух-вода — у контексту примене у студентским домовима. Путем упоредне анализе кључних фактора, као што су енергетска ефикасност, трошкови инсталације и одржавања, флексибилност у управљању температуром и утицај на животну средину, идентификоване су предности и недостаци оба система.

ВРФ системи су се показали као изузетно флексибилна решења која пружају индивидуалну контролу температуре у свакој просторији, што значајно побољшава удобност за студенте. Њихова висока енергетска ефикасност, иако захтевају веће иницијалне инвестиције, у многим случајевима доводи до смањења оперативних трошкова. Насупрот томе, топлотне пумпе ваздух-вода нуде приступачнију алтернативу, користећи обновљиви извор енергије и пружајући добру ефикасност у умјереним климатским условима.

У закључку, избор између ВРФ система и топлотних пумпи ваздух-вода зависи од специфичних потреба, буџетских ограничења и климатских услова у којима се примењују. Оба система представљају одржива решења која могу значајно побољшати квалитет живота у студентским домовима, а њихово правилно планирање и имплементација могу допринети значајним уштедама у енергији и смањењу негативног утицаја на животну средину.

Савремена решења за климатизацију не само да повећавају удобност, већ и играју важну улогу у енергетској транзицији. Због тога, будућа истраживања могу се усредсредити на иновације у технологији, као и на интеграцију ових система са обновљивим изворима енергије, чиме се још више побољшавају услови за живот и учење у студентским домовима.

Избор између ВРФ система и топлотне пумпе ваздух-вода зависи од специфичних потреба и услова у студентском дому. Ако је потребна висока флексибилност у контроли температуре и ако објекат има различите потребе за грејањем и хлађењем, ВРФ

систем може бити бољи избор. Са друге стране, ако је акценат на нижим почетним трошковима и ефикасности, топлотна пумпа ваздух-вода може бити адекватнија опција.

#### **Различити аспекти:**

- **Флексибилност:** Ако је потребна независна контрола за сваку собу, ВРФ системи заиста пружају већу флексибилност и прилагодљивост.
- **Трошкови:** Топлотне пумпе ваздух-вода имају нижу иницијалну цену и бољи избор за објекте са стабилним потребама за грејањем и хлађењем.
- **Бучност:** ВРФ системи раде тише, што доприноси побољшању комфора у просторијама где студенти живе и уче.
- **Простор:** ВРФ системи захтевају мање простора за инсталацију у поређењу са системима са топлотном пумпом, што може бити значајно у ограниченим условима као што су студентски домови.

#### **Литература**

[1] - „Daikin“ енергетска ефикасност, доступно на:  
[https://www.daikin.rs/sr\\_rs/customers.html](https://www.daikin.rs/sr_rs/customers.html)

[2] - „Vaillant“, топлотне пумпе, доступно на:  
<https://www.vaillant.rs/krajnji-korisnici/proizvodi/grupa-proizvoda/toplotna-pumpa/>

[3] - „Ventil Clima“ AIR вентилатор конвектори, доступно на:  
<https://www.ventilclima.com/eng/products/fan-coil-units/>

[4] - „Midea“ ВРФ систем, доступно на:  
<https://www.midea.com/global/hvac/vrf>

[5] - PPR цевовод, доступно на:  
<https://deltaterm.net/k000023-pp-cev-climatherm-faser-160x14-6-k000023>

[6] - Изолација са парно непропусном браном, доступно на: <https://deltaterm.net/k000023-pp-cev-climatherm-faser-160x14-6-k000023>

[7] - Циркулационе пумпе „IMP“, Словенија, доступно на: <https://www.pumps.si/Pumps/>

[8] - Регулациони вентил, доступно на:  
<https://www.etaz.rs/regulacioni-ventili>

[9] – Експанзиона посуда „Elbi“, доступно на:  
<https://www.etaz.rs/elbi>

[10] – Акумулатор топлоте, доступно на:  
<https://www.grejanje-expont.rs/akumulator-toplote-p.html>

[11] – Топлотна пумпа ваздух-вода, доступно на:  
<https://www.konnen-heatpump.com/Product-Detials/Commercial-air-source-heat-pump-water-heater-2754>

Уз мастер рад достављен је прилог који садржи нумеричку и графичку документацију.



**Милош Несторовић**, рођен у Сомбору, 14.07.1996. године.  
Факултет техничких наука, Нови Сад,  
Машинство, енергетика и процесна  
техника,  
Основне академске студије, завршио  
2019. године  
E mail: milosnestorovic1996@gmail.com