

# Usporedba energenata za proizvodnju toplinske energije u centralnim toplinskim sustavima na primjeru prosječne stambene jedinice

---

**Kokanović, Josip**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:261709>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-23**

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika**

**USPOREDBA ENERGENATA ZA PROIZVODNJU  
TOPLINSKE ENERGIJE U CENTRALNIM  
TOPLINSKIM SUSTAVIMA**

**Završni rad**

**Josip Kokanović**

**Osijek, 2024.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1S: Obrazac za ocjenu završnog rada na stručnom prijediplomskom studiju****Ocjena završnog rada na stručnom prijediplomskom studiju**

Ime i prezime pristupnika:	Josip Kokanović
Studij, smjer:	Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika, smjer
Mat. br. pristupnika, god.	A 4645, 27.07.2020.
JMBAG:	0165084380
Mentor:	dr. sc. Krešimir Miklošević
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	dr. sc. Željko Špoljarić
Član Povjerenstva 1:	dr. sc. Krešimir Miklošević
Član Povjerenstva 2:	Zorislav Kraus, dipl. ing. el.
Naslov završnog rada:	Usporedba energenata za proizvodnju toplinske energije u centralnim toplinskim sustavima na primjeru prosječne stambene jedinice
Znanstvena grana završnog rada:	<b>Elektrostrojarstvo (zn. polje elektrotehnika)</b>
Zadatak završnog rada:	Opisati arhitekturu standardnih centralnih toplinskih sustava. Kod izračuna troškova energenata uzeti u obzir trenutačne cijene energenata i učinkovitost sustava grijanja. Usporedbu raditi na primjeru četverosobnoga stana ukupne neto površine od 80m <sup>2</sup> . Analizu slučaja temeljiti na trenutačnim cijenama energenata u Republici Hrvatskoj. Osvrnuti se na trenutačnu metodologiju izračuna distribucije toplinske energije unutar centralnih toplinskih sustava kao i pravilnika o načinu raspodjele i obračuna troškova isporučene toplinske energije. Koristiti se javno dostupnim
Datum ocjene pismenog dijela završnog rada od strane mentora:	22.09.2024.
Ocjena pismenog dijela završnog rada od strane mentora:	Izvrstan (5)
Datum obrane završnog rada:	15.10.2024.
Ocjena usmenog dijela završnog rada (obrane):	Izvrstan (5)
Ukupna ocjena završnog rada:	Izvrstan (5)
Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije završnog rada čime je pristupnik završio stručni prijediplomski studij:	15.10.2024.

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

Osijek, 15.10.2024.

**Ime i prezime Pristupnika:**

Josip Kokanović

**Studij:**Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika, smjer  
Elektroenergetika**Mat. br. Pristupnika, godina  
upisa:**

A 4645, 27.07.2020.

**Turnitin podudaranje [%]:**

6

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Usporedba energenata za proizvodnju toplinske energije u centralnim toplinskim sustavima na primjeru prosječne stambene jedinice**

izrađen pod vodstvom mentora dr. sc. Krešimir Miklošević

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 pristupnika:

## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. VRSTE CENTRALNIH TOPLINSKIH SUSTAVA</b> .....	4
<b>2.1. Zatvoreni sistem centralnog grijanja</b> .....	4
<b>2.2. Otvoreni sistem centralnog grijanja</b> .....	5
<b>3.OSNOVNE KOMPONENTE SUSTAVA</b> .....	7
<b>3.1. Kotlovnica</b> .....	7
<b>3.2. Distribucijska mreža</b> .....	9
<b>3.3. Potrošačke jedinice</b> .....	12
<b>4.FUNKCIONALNOST I RAD</b> .....	13
<b>5.ANALIZA ENERGENATA</b> .....	15
<b>5.1. Popis energenata</b> .....	15
<b>5.2. Efikasnost sustava</b> .....	18
<b>6.TRENTNE CIJENE ENERGENATA</b> .....	22
<b>6. 1. Prikaz trenutnih cijena</b> .....	22
<b>6.2. Usporedba troškova</b> .....	24
<b>7.PRORAČUN POTREBNE ENERGIJE ZA GRIJANJE STANA</b> .....	27
<b>8.ANALIZA POVRATA INVESTICIJE</b> .....	32
<b>9.ZAKONSKI OKVIR</b> .....	33
<b>9.1. Pregled važećih zakona i propisa u RH i pravilnika</b> .....	33
<b>10. ZAKLJUČAK</b> .....	35
<b>11.LITERATURA</b> .....	36
<b>12.ŽIVOTOPIS</b> .....	37
<b>13.SAŽETAK</b> .....	38
<b>14.ABSTRACT</b> .....	39

## 1. UVOD

Sustavi grijanja predstavljaju ključni aspekt energetske potrebe stambenih zgrada, a pravilna optimizacija grijanja može značajno smanjiti troškove energije i ekološki otisak. Kako se cijene energenata kontinuirano mijenjaju, a zahtjevi za smanjenje emisija stakleničkih plinova postaju sve stroži, odabir pravog energenta za grijanje stambenih jedinica postaje presudan. Optimizacija sustava grijanja, posebno u stambenim zgradama, može značajno smanjiti potrošnju energije i emisije stakleničkih plinova, čime se doprinosi održivijoj budućnosti [1]. Ciljevi rada su analiza i usporedba različitih energenata koji se koriste u centralnim toplinskim sustavima, s posebnim naglaskom na troškove, ekološke aspekte i dugoročnu isplativost. Ovaj rad se fokusira na energente poput peleta, drva, lož ulja, prirodnog plina i električne energije, analizirajući njihov utjecaj na ukupne troškove grijanja i ekološke karakteristike. Zadatak završnog rada, obuhvaća istraživanje različitih energenata za centralne toplinske sustave, usporedbu njihovih ekonomskih i ekoloških parametara te analizu dugoročne isplativosti u kontekstu prosječne stambene jedinice.

Grijanje stambenih jedinica može se provoditi na različite načine, a centralni toplinski sustavi su među najčešće korištenim zbog svoje učinkovitosti u distribuciji topline iz jednog izvora prema više krajnjih korisnika. Glavna razlika između sustava leži u izvoru energenta, koji može značajno utjecati na ukupne troškove grijanja, ali i na ekološki utjecaj. Cilj ovog rada je analizirati i usporediti različite energente, uključujući pelete, drva, lož ulje, prirodni plin i električnu energiju, te procijeniti njihovu učinkovitost i dugoročnu isplativost u kontekstu stambene jedinice.

U prvom dijelu rada detaljno će se razmotriti arhitektura centralnih toplinskih sustava, s naglaskom na razlike između otvorenih i zatvorenih sustava. Bit će objašnjeni ključni elementi tih sustava, uključujući kotlove, distribucijske mreže i

regulacijske sustave. Na temelju ove analize prikazat će se prednosti i nedostaci svakog tipa sustava te njihova prilagodljivost različitim vrstama energenata.

U drugom dijelu rada pozornost će biti usmjerena na izračun potrebne energije za grijanje stambene jedinice tijekom zime. Korištenjem idealnog plinskog zakona i pretpostavki o prosječnoj sezoni grijanja, izračunat će se koliko je energije potrebno za održavanje unutrašnje temperature od 24°C, dok je vanjska temperatura postavljena na 0,5°C. Ovaj izračun ključan je za razumijevanje ukupnih troškova grijanja, jer različiti energenti zahtijevaju različite količine za isporuku iste količine toplinske energije.

Treći dio rada bavit će se detaljnom analizom troškova energenata. Usporedit će se trenutačne cijene peleta, drva, lož ulja, prirodnog plina i električne energije u Republici Hrvatskoj. Kroz ovu analizu prikazat će se koliko će svaki energent koštati tijekom sezone grijanja, uzimajući u obzir energetske gustoće svakog goriva i količinu potrebnu za pokrivanje ukupnih potreba stambene jedinice.

Nakon toga, četvrti dio rada fokusirat će se na dugoročne aspekte troškova, uključujući kako fluktuacije cijena energenata mogu utjecati na ukupnu isplativost određenih goriva. Uz analizu povijesnih trendova cijena goriva, posebno će se naglasiti važnost odabira energenta s predvidivim troškovima, kao što su peleti i drva, koji su manje podložni velikim tržišnim promjenama u usporedbi s fosilnim gorivima poput lož ulja i prirodnog plina.

Također, analizirat će se zakonski okvir u Republici Hrvatskoj i Europskoj uniji, koji potiče prelazak na obnovljive izvore energije te daje poticaje za ekološki prihvatljivije sustave grijanja.

U zaključku, rad će dati preporuke za odabir najisplativijeg i ekološki najprihvatljivijeg energenta za grijanje stambene jedinice, uzimajući u obzir sve

relevantne čimbenike od troškova i isplativosti do ekološkog otiska i zakonodavnih smjernica.



## **2. VRSTE CENTRALNIH TOPLINSKIH SUSTAVA**

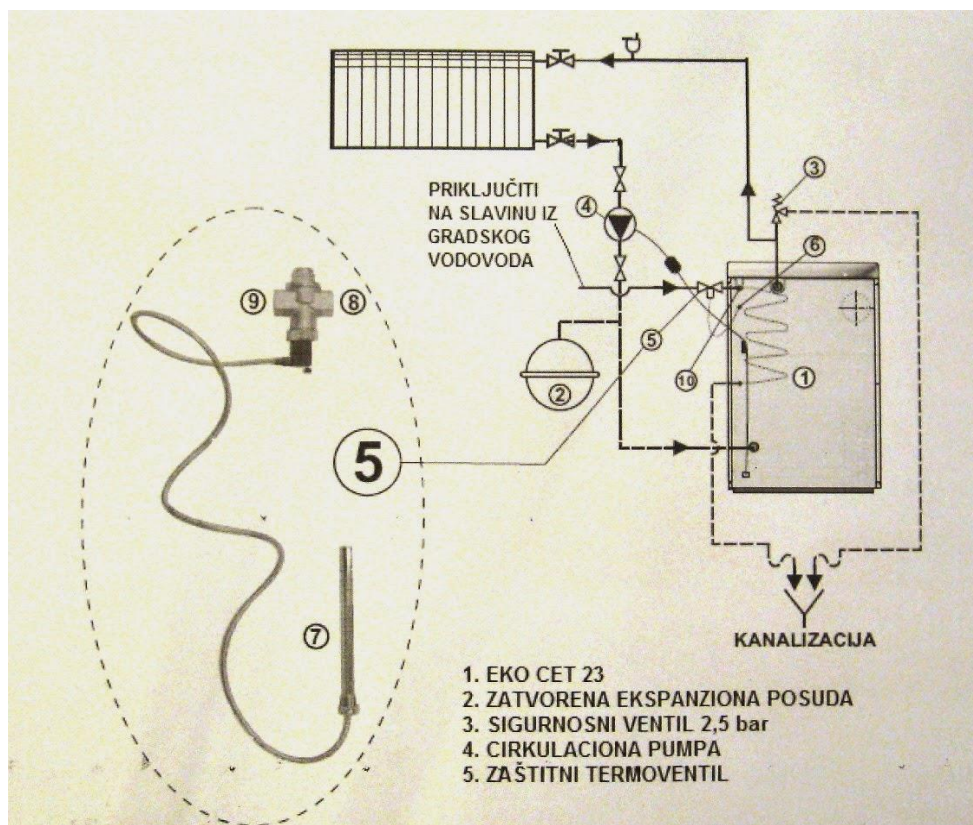
Centralni toplinski sustavi predstavljaju glavno rješenje za grijanje većih stambenih objekata, zgrada i naselja, omogućujući jednostavniju distribuciju toplinske energije iz jednog središnjeg izvora prema krajnjim korisnicima. Ovi sustavi mogu biti različitih tipova, ovisno o načinu rada, korištenom energentu i tehnologiji distribucije topline.

### **2.1. Zatvoreni sistem centralnog grijanja**

Prvi tip centralnog toplinskog sustava je zatvoreni sistem (Slika 2.1.). Ovaj sustav grijanja je sustav u kojem se voda ili druga tekućina koristi za prijenos topline, ali je potpuno izolirana od vanjske atmosfere. Zatvoreni sustav radi pod kontroliranim tlakom, a njegov tlak ovisi o temperaturi vode unutar sustava. Kako se voda zagrijava, volumen se širi, a kako se hladi, volumen se smanjuje. Kako bi se upravljalo ovim širenjem vode, unutar zatvorenog sustava koristi se ekspanzijska posuda, koja je ključna za održavanje stabilnog tlaka u sustavu. Ekspanzijska posuda omogućava aporpciju viška volumena vode pri zagrijavanju te sprječava opasne oscilacije pritiska koje bi mogle oštetiti sustav [2].

Jedna od glavnih prednosti zatvorenog sustava je ta što je zatvoren prema vanjskom zraku i tako zrak ne ulazi u sustav, čime se izbjegavaju problemi poput korozije cijevi i radijatora. Ovo znatno produljuje vijek trajanja sustava. Zbog toga zahtijevaju manje održavanja jer nema potrebe za stalnim nadopunjavanjem vode.

Zatvoreni sustavi pogodni su za moderne zgrade i sustave grijanja na čvrsta goriva ili plinske kotlove, gdje je potrebno zadržati visoku energetska učinkovitost. U sustavima grijanja koji koriste zatvorene krugove, važno je i osigurati pravilno održavanje cirkulacijskih pumpi, koje osiguravaju ravnomjernu distribuciju topline kroz cijeli sustav. Pumpa pomaže da se zagrijana voda konstantno kreće kroz sustav, što omogućava učinkovito i ravnomjerno grijanje svih prostorija.



Slika 2.1. Prikaz zatvorenog centralnog sustava [3]

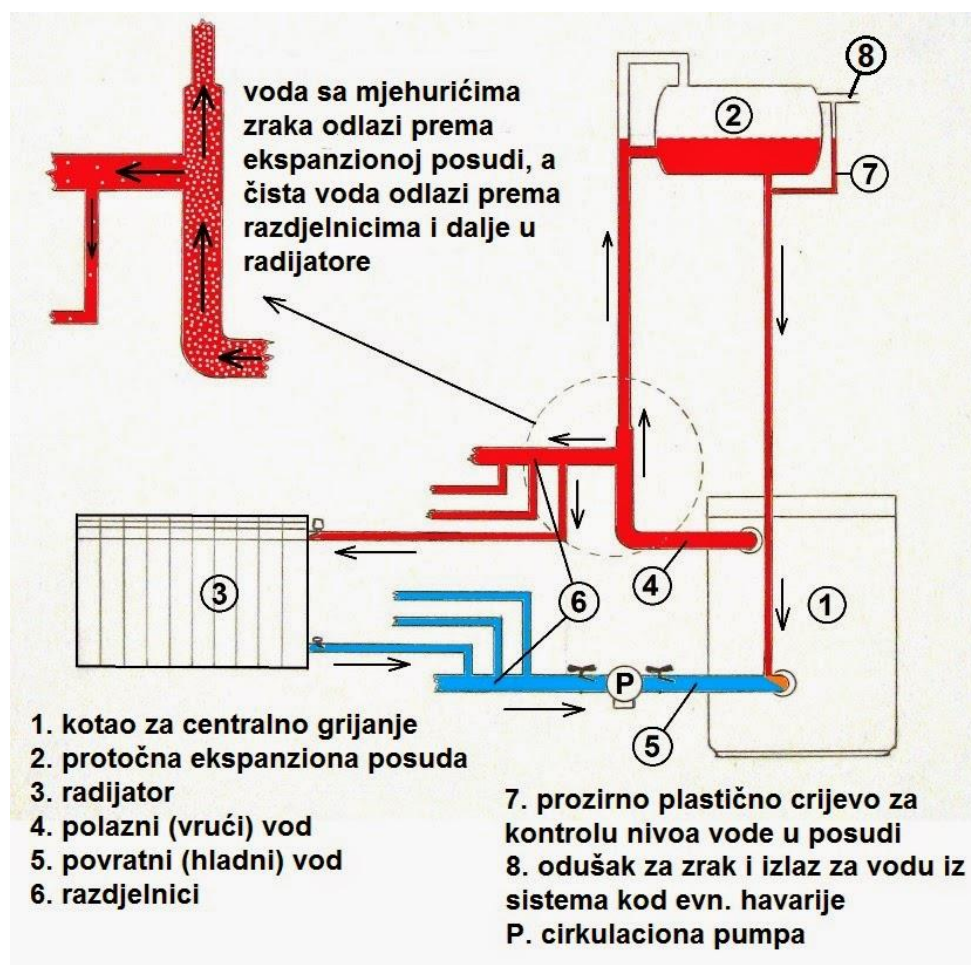
## 2.2. Otvoreni sistem centralnog grijanja

Drugi tip je otvoreni sustav (Slika 2.2.). Ovaj sustav radi na potpuno drugačijem principu. Sustav je otvoren prema atmosferi, što znači da voda koja cirkulira unutar sustava dolazi u kontakt sa zrakom kroz ekspanzijsku posudu, koja je otvorena. Ova posuda omogućuje zraku da uđe i izađe iz sustava dok se voda zagrijava i hladi. Zbog tog otvorenog karaktera, tlak unutar sustava ostaje konstantan, što znači da je sustav manje osjetljiv na promjene tlaka uzrokovane promjenom temperature. To je jedna od glavnih prednosti otvorenog sustava, jednostavnija kontrola tlaka i smanjen rizik od oštećenja zbog prekomjernog pritiska.

Međutim, otvoreni sustavi imaju i nekoliko bitnih nedostataka. Jedan od njih je taj što je sklon gubitku vode, jer voda koja cirkulira unutar sustava može isparavati, osobito kada je sustav izložen višim temperaturama. Ovaj gubitak vode zahtijeva redovito dopunjavanje sustava, što može dovesti do dodatnih troškova i smanjiti

ukupnu učinkovitost grijanja. Drugi problem povezan s otvorenim sustavima je mogućnost ulaska zrak u sustav, što može uzrokovati koroziju metalnih dijelova sustava, poput cijevi i radijatora, čime se smanjuje vijek trajanja i pouzdanost sustava.

Otvoreni sustavi grijanja češće se koriste u starijim zgradama ili u sustavima koji koriste čvrsta goriva poput drva. Ovi sustavi mogu biti prikladni za manje objekte ili jednostavnije instalacije gdje energetska učinkovitost nije prioritet. Također, zbog jednostavnosti dizajna, otvoreni sustavi imaju niže početne troškove instalacije, jer ne zahtijevaju složene komponente poput zatvorenih ekspanzijskih posuda ili cirkulacijskih pumpi. Međutim, ako gledamo dugoročno, otvoreni sustavi mogu imati veće troškove održavanja zbog potrebe za nadopunjavanjem vode i češćim popravcima uslijed korozije.



Slika 2.2. Prikaz otvorenog centralnog sustava [3]

### **3.OSNOVNE KOMPONENTE SUSTAVA**

Centralni toplinski sustavi sastoje se od nekoliko ključnih dijelova koji omogućuju proizvodnju, distribuciju i korištenje toplinske energije. Ovi dijelovi uključuju kotlovnice, distribucijsku mrežu i potrošačke jedinice. Svaki od ovih dijelova ima svoju specifičnu ulogu u cjelokupnom procesu grijanja i bitan je

#### **3.1. Kotlovnica**

Kotlovnica je središnji dio sustava gdje se energent sagorijeva ili pretvara u toplinsku energiju. Kotlovnica se sastoji od nekoliko ključnih elemenata koji zajedno omogućuju efikasnu proizvodnju i prijenos toplinske energije.

Glavne komponente kotlovnice uključuju:

- Kotao – osnovna komponenta kotlovnice gdje se energent pretvara u toplinsku energiju.

Postoji nekoliko vrsta kotlova:

- Kotlovi na plin – koriste prirodni plin ili ukapljeni naftni plin (UNP). Moderni kondenzacijski kotlovi na plin imaju visoku efikasnost, često iznad 90%, jer koriste latentnu toplinu iz ispušnih plinova za dodatno grijanje vode. Ovi kotlovi su popularni zbog niske emisije štetnih plinova i relativno niske cijene energenta.

- Kotlovi na lož ulje – koriste lož ulje kao energent. Imaju visok energetske kapacitet, ali su manje efikasni od kondenzacijskih kotlova na plin te proizvode veće emisije stakleničkih plinova. Zbog toga se njihova upotreba smanjuje u korist ekološki prihvatljivijih opcija.

- Kotlovi na biomasi – koriste obnovljive izvore energije kao što su drva, peleti ili drvna sječka. Ovi kotlovi imaju visoku efikasnost i nisu emisiju CO<sub>2</sub>. Spaljivanjem biomase proizvodi se ugljični dioksid koji su biljke prethodno

apsorbirale iz atmosfere. Ovi kotlovi zahtijevaju redovito održavanje i skladištenje goriva.

- Električni kotlovi – koriste električnu energiju za proizvodnju topline. Prednost kod ovih kotlova je njihova efikasnost pretvorbe električne energije u toplinu koja je gotovo 100%, ali isto tako imaju i veliki nedostatak visokih troškova električne energije što ih čini manje ekonomičnim za veće sustave grijanja. Električni kotlovi su tihi, jednostavni za instalaciju te ne proizvode emisije na mjestu korištenja.
- Izmjenjivači topline – prenose toplinsku energiju iz kotla na distribucijsku mrežu. Oni omogućuju prijenos topline između dva ili više fluida bez njihovog miješanja. Postoje različite vrste izmjenjivača topline kao što su pločasti, cijevni i lamelasti izmjenjivači. Njihova efikasnost ovisi o dizajnu, materijalima i uvjetima rada.
- Cirkulacijske pumpe - održavaju kontinuirani protok vode ili drugog toplinskog medija kroz sustav. Ove pumpe su ključne za osiguranje ravnomjerne distribucije topline po cijelom sustavu. Modernije cirkulacijske pumpe često imaju varijabilne brzine, što omogućuje prilagodbu protoka prema trenutnim potrebama sustava, čime se automatski povećava i energetska efikasnost.
- Automatizacija i kontrola - sustavi za automatizaciju i kontrolu imaju ključnu ulogu u optimizaciji rada kotlovnice. Oni uključuju termostate, senzore, kontrolere i softverske sustave koji prate i reguliraju temperaturu, tlak, protok i rad kotlova. Automatski ventili i aktuatori omogućuju preciznu kontrolu distribucije topline, dok sustavi daljinskog nadzora i upravljanja omogućuju optimizaciju i upravljanje sustavom iz udaljenih lokacija.
- Sigurnosni sustavi – uključuju različite komponente koje osiguravaju siguran rad i sprječavaju nesreće.

Neke od tih komponenti su:

- Ventili za rasterećenje tlaka – sprječavaju preveliki tlak u sustavu

- Senzori temperature i tlaka – neprekidno prate radne uvjete i aktiviraju sigurnosne mehanizme u slučaju odstupanja.
- Sustavi za gašenje požara – uključuju automatske aparate za gašenje požara, detektore dima i temperature.

### **3.2. Distribucijska mreža**

Distribucijska mreža je ključna komponenta centralnog toplinskog sustava, odgovorna za prijenos toplinske energije iz kotlovnice do potrošačkih jedinica. Učinkovitost i pouzdanost distribucijske mreže izravno utječu na ukupnu učinkovitost sustava grijanja. Distribucijska mreža se sastoji od mnogo ključnih komponenti kao što su cjevovodi (Slika 3.1.), izolacija, ekspanzijski sustavi, ventili i regulatori [4]. Svaka od tih komponenti osigurava ravnomjernu distribuciju topline i minimiziranje gubitaka energije.

- Cjevovodi – osnovni element koji prenosi toplinski medij iz kotlovnice do korisnika. Materijali cijevi se mogu razlikovati ovisno o zahtjevima sustava i radnim uvjetima.

Najčešći korišteni materijali su:

- Čelik – otporan na visoke temperature i tlakove, često korišten u primarnim distribucijskim mrežama
- Bakar – ima visoku toplinsku vodljivost i otpornost na koroziju, idealan za sekundarne mreže i kraće udaljenosti
- Plastika (npr. PEX) – fleksibilna, otporna na koroziju i jednostavna za instalaciju, često korištena u modernim sustavima za distribuciju tople vode.
- Izolacija cijevi – njezina uloga je smanjenje toplinskih gubitaka tijekom prijenosa toplinske energije. Kvalitetna izolacija omogućuje održavanje temperature medija na visokoj razini, čime se povećava učinkovitost sustava i smanjuju operativni troškovi.

Najčešće korišteni izolacijski materijali su:

- Mineralna vuna – visoka otpornost na toplinu, dobra zvučna izolacija
- Poliuretanska pjena - izuzetna toplinska izolacija, lagana i otporna na vlagu
- Elastomena pjena – fleksibilna, jednostavna za instalaciju i otporna na mehanička oštećenja
- Ekspanzijski sustavi – kompenziraju promjene volumena toplinskog medija uzrokovane promjenama temperature. Spremnici u sustavu omogućuju asorpciju povećanog volumena vode kada se ona zagrije i širi, te tako sprječava prekomjerni tlak u sustavu. Višak tlaka koji nastane se otpušta preko sigurnosnih ventila koji štite sustav od preopterećenja.
- Ventili i regulatori – omogućuju preciznu kontrolu protoka i distribucije toplinske energije unutar sustava.

Ključne vrste ventila su:

- Regulacijski ventili – kontroliraju protok vode kroz sustav, omogućujući precizno podešavanje temperature u različitim dijelovima zgrade.
- Zatvarajući ventil – omogućuje izolaciju dijelova sustava radi održavanja ili popravka bez prekida rada cijelog sustava
- Ručni i automatski odzračni ventili – uklanjaju zrak iz sustava kako bi se spriječili problemi s cirkulacijom i korozijom.
- Hidraulička uravnoteženost – ključna za osiguranje ravnomjerne distribucije energije svim korisnicima. Neuravnotežen sustav može rezultirati neujednačenim grijanjem, gdje neki dijelovi sustava primaju previše topline, dok drugi primaju premalo. Postiže se pažljivim dizajnom sustava i pravilnom kalibracijom regulacijskih ventila.



- Automatizacija i nadzor – moderne distribucijske mreže često koriste automatizirane sustave za nadzor i upravljanje, koji omogućuju optimizaciju rada sustava u stvarnom vremenu.

Ovi sustavi mogu uključivati:

- Senzore temperature i tlaka – pružaju stalne informacije o stanju sustava
- Centralne kontrolne jedinice – prikupljaju podatke sa senzora i automatski prilagođavaju rad ventila i crpki kako bi optimizirali učinkovitost i stabilnost sustava
- Sustavi daljinskog nadzora – omogućuju upravljanje i nadzor sustava s udaljene lokacije, čime se povećava fleksibilnost i brzina reakcije na eventualne probleme.



Slika 3.1. Cjevovodi za distribiciju [5]



### 3.3. Potrošačke jedinice

Potrošačke jedinice su krajnji dijelovi sustava koji isporučuju toplinsku energiju korisnicima. Glavne komponente uključuju:

- Radijatori (Slika 3.2.) - najčešći oblik potrošačke jedinice koji emitira toplinu u prostoriju konvekcijom i zračenjem. Dolaze u različitim veličinama i oblicima ovisno o potrebama prostora.
- Podno grijanje – sustav cijevi postavljenih ispod podne obloge koji ravnomjerno raspoređuju toplinu po cijeloj površini poda. Pruža visoku razinu udobnosti i energetske učinkovitost.
- Konvektori – uređaji koji koriste ventilatore za ubrzanje protoka toplog zraka. Povećavajući brzinu zagrijavanja prostora.
- Ventilokonvektori – kombiniraju funkcije radijatora i konvektora, omogućujući brzo i učinkovito zagrijavanje prostorija.



Slika 3.2. Radijator za grijanje kućanstva [6]

#### **4.FUNKCIONALNOST I RAD**

Centralni toplinski sustavi pružaju nekoliko ključnih funkcionalnosti koje osiguravaju učinkovito i pouzdano grijanje. Za početak, proizvodnja toplinske energije odvija se u kotlovnici gdje se energent (plin, lož ulje, biomasa, električna energija) sagorijeva ili pretvara u toplinu. U kotlu se stvara toplinska energija koja se prenosi izmjenjivačima topline na medij za prijenos topline, obično vodu ili paru. Cirkulacijske pumpe osiguravaju kontinuirani protok toplinskog medija kroz kotao i distribucijsku mrežu, što omogućuje stalnu isporuku toplinske energije.

Distribucija toplinske energije uključuje prijenos toplinskog medija kroz izolirane cjevovode od kotlovnice do potrošačkih jedinica. Izolacija cijevi smanjuje toplinske gubitke, a ventili i regulatori upravljaju protokom medija, osiguravajući ravnomjernu raspodjelu topline. Kvalitetna izolacija ključna je za smanjenje gubitaka topline tijekom prijenosa te smanjenja troškova.

Regulacija i kontrola sustava provode se automatiziranim sustavima koji prate i upravljaju temperaturama, tlakom i protokom. Termostati, senzori i kontroleri omogućuju preciznu regulaciju i prilagodbu rada sustava prema trenutnim potrebama. Moderni sustavi koriste adaptivne algoritme za optimizaciju učinkovitosti u stvarnom vremenu, dok sustavi daljinskog nadzora omogućuju upravljanje sustavom s udaljene lokacije.

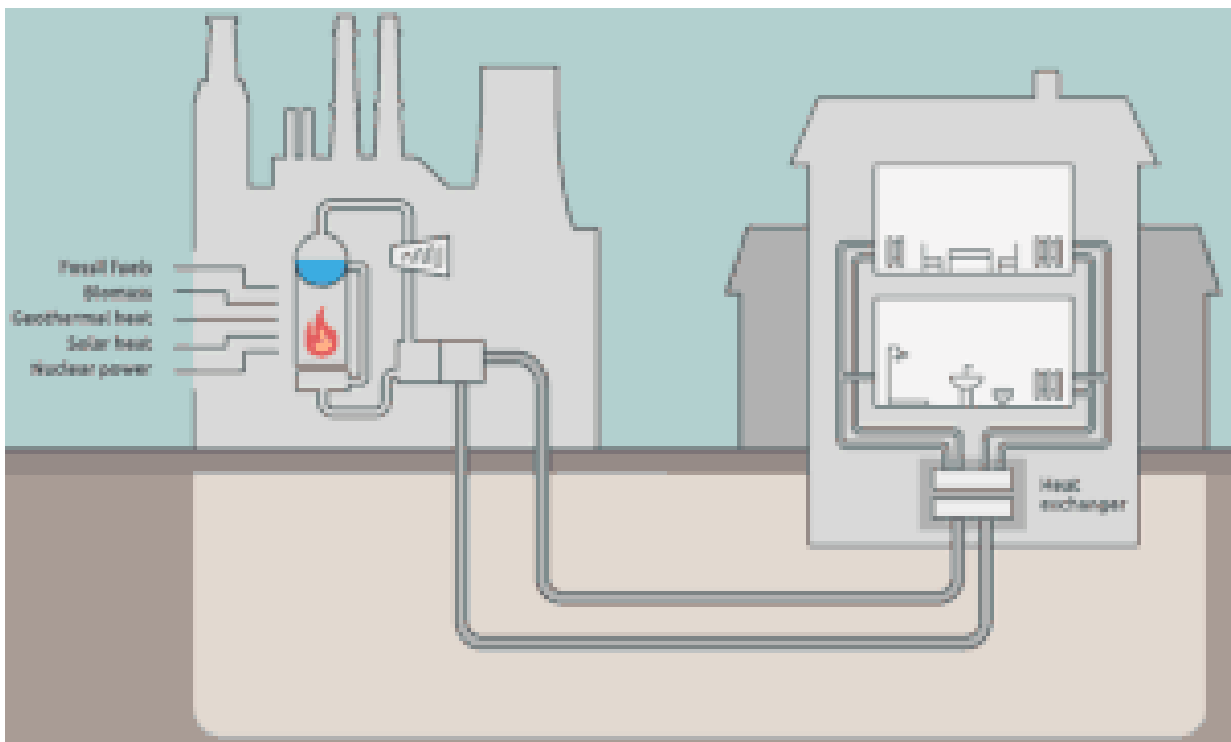
Sigurnosne mjere uključuju ventile za rasterećenje tlaka, senzore i alarme, te automatske sustave za gašenje požara. Ventili za rasterećenje tlaka oslobađaju višak tlaka kako bi se spriječilo oštećenje sustava, dok senzori prate radne uvjete i aktiviraju alarme u slučaju odstupanja. Automatski sustavi za gašenje požara uključuju aparate za gašenje, detektore dima i temperature, koji osiguravaju brzu reakciju u slučaju požara. Također, definirane su sigurnosne procedure za održavanje i rad sustava.

Energetska učinkovitost je ključna za smanjenje potrošnje energenata i operativnih troškova. Optimizacija potrošnje postiže se naprednim kontrolnim sustavima koji

reguliraju sagorijevanje energenata. Smanjenje gubitaka topline postiže se kvalitetnom izolacijom cjevovoda i komponenti sustava. Povećanje učinkovitosti prijenosa topline osigurano je korištenjem visokoučinkovitih izmjenjivača topline i cirkulacijskih pumpi s varijabilnim brzinama.

Održavanje i servisiranje jako su važni za dugoročnu pouzdanost sustava. Redovite inspekcije, čišćenje i zamjena dijelova, te kalibracija sustava osiguravaju optimalan rad. Inspekcije obuhvaćaju provjeru kotlova, cjevovodda, ventila i regulacijskih sustava. Čišćenje izmjenjivača topline i zamjena istrošenih dijelova sprječavaju kvarove, dok kalibracija ventila i senzora osigurava preciznu regulaciju sustava.

Pravilno dizajnirani i održavani sustavi mogu značajno smanjiti potrošnju energije i smanjiti troškove, pružajući visoku razinu udobnosti.



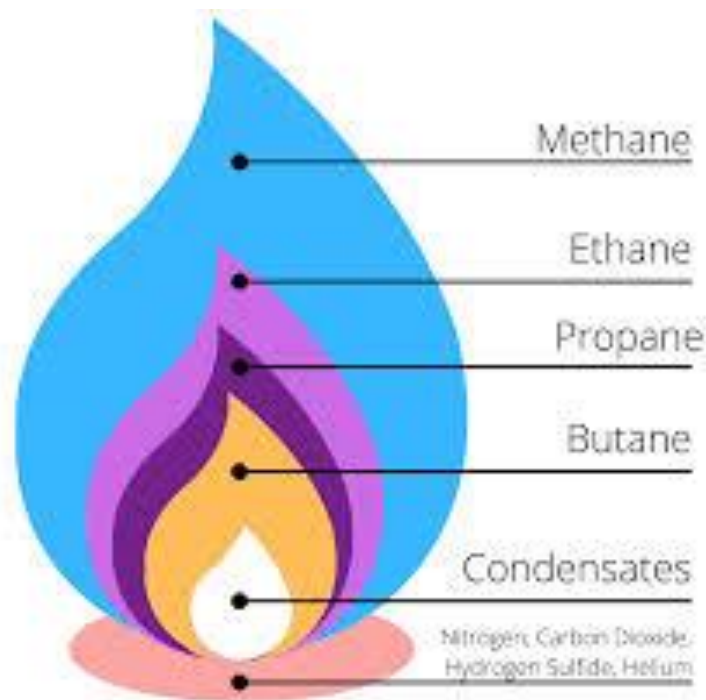
Slika 4.1. Princip rada centralnog grijanja [7]

## 5. ANALIZA ENERGENATA

Za proizvodnju toplinske energije u centralnim toplinskim sustavima koristi se više različitih energenata. Svaki od njih ima svoje prednosti i nedostatke, ovisno o različitim faktorima kao što su cijena, dostupnost, učinkovitost i utjecaj na okoliš.

### 5.1. Popis energenata

- Prirodni plin – jedan od najčešće korištenih energenata za grijanje stambenih jedinica u Hrvatskoj. Potrošači ga najviše koriste zbog njegove visoke energetske učinkovitosti i relativno niskih emisija štetnih tvari u usporedbi s drugim fosilnim gorivima. Prirodni plin sagorijeva čišće od ugljena i lož ulja, čime se smanjuju emisije CO<sub>2</sub> i drugih zagađivača. Sustavi grijanja na prirodni plin su jednostavni za održavanje, a razvijena infrastruktura omogućava stabilnu opskrbu. Ipak, cijena prirodnog plina može varirati ovisno o tržišnim uvjetima, što može utjecati na ukupne troškove grijanja.



Slika 5.1. Sastav prirodnog plina [8]

•Lož ulje – posebno se koristi za grijanje u područjima gdje infrastruktura za prirodni plin nije dostupna. Lož ulje ima visoku energetska gustoću, što znači da je potrebno manje goriva za postizanje iste količine topline. Međutim, sagorijevanje lož ulja proizvodi više emisija štetnih tvari u usporebi s prirodnim plinom, što negativno utječe na okoliš. Osim toga, lož ulje zahtijeva specijalne spremnike za skladištenje i redovito održavanje kotlova. Unatoč tome, cijena lož ulja je često viša od cijene prirodnog plina.

•Biomasa – uključuje drvo, pelete i ostale biljne materijel, postaje sve popularniji izvor energije za grijanje zbog svoje obnovljivosti i nižih emisija stakleničkih plinova. Korištenje biomase pomaže u smanjenju otpada i može biti ekonomski isplativo, pogotovo u ruralnim područjima gdje je drvo lako dostupno. Sustavi grijanja na biomasu mogu biti vrlo učinkoviti, posebno kada se koriste moderni kotlovi dizajnirani za maksimalnu iskoristivost energije iz biomase. Međutim, biomasa zahtijeva skladištenje i obradu goriva, a varijabilna kvaliteta goriva može utjecati na učinkovitost sustava.



Slika 5.2. Drva za grijanje [9]

•Električna energija – postaje sve popularnija za grijanje, posebno s porastom udjela obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije. Sustavi grijanja na električnu energiju, poput električnih kotlova i toplinskih pumpi su vrlo učinkoviti i jednostavni za instalaciju i održavanje. Prednosti kod korištenja električne energije je mogućnost integracije s obnovljivim izvorima kao što su solarni paneli i vjetroturbine, što može smanjiti emisije stakleničkih plinova. Ipak, električna energija je često skuplja od drugih energenata, što može povećati troškove grijanja, a učinkovitost može varirati ovisno o vrsti i starosti opreme.



Slika 5.3.. Unutarnja i vanjska jedinica za grijanje [10]

## 5.2. Efikasnost sustava

- Prirodni plin – sustavi grijanja na prirodni plin su vrlo efikasni, s modernim kondenzacijskim kotlovima koji mogu postići efikasnost i do 98%. Kondenzacijski kotlovi iskorištavaju toplinu iz ispušnih plinova, čime se povećava ukupna iskoristivost energije. Redovito održavanje i pravilno podešavanje sustava također igraju ključnu ulogu u održavanju visoke efikasnosti. Pravilna izolacija cijevi i radijatora dodatno smanjuje gubitke topline.

- Lož ulje – sustavi grijanja na lož ulje su manje efikasni u usporedbi s prirodnim plinom, s prosječnom efikasnošću između 85% i 90%. Kondenzacijski kotlovi na lož ulje mogu postići višu efikasnost, ali zahtijevaju redovito čišćenje i održavanje zbog stvaranja naslaga čađe i ostataka izgaranja.

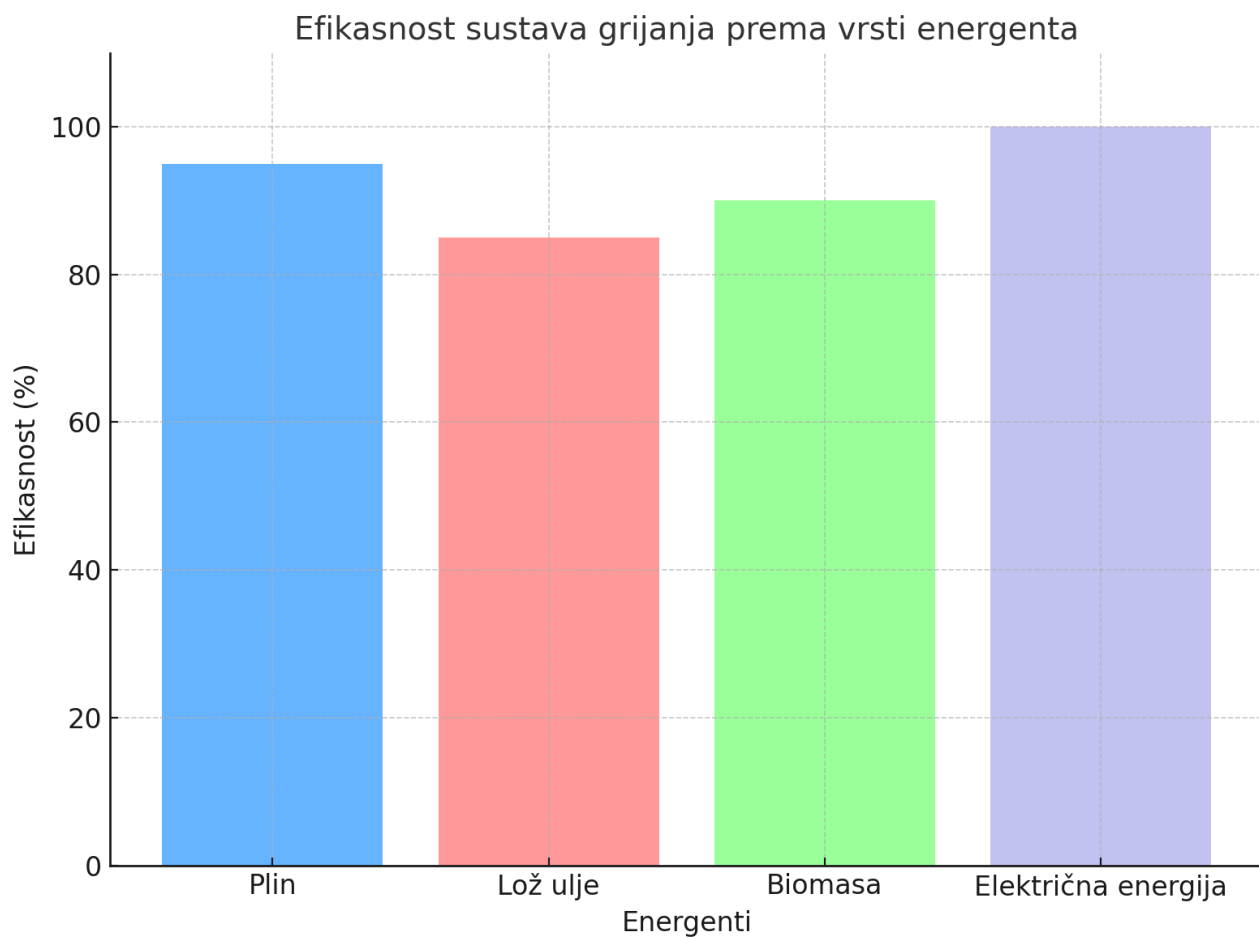
- Biomasa – sustavi grijanja na biomasu su vrlo efikasni pogotovo s modernim kotlovima na pelete koji postižu efikasnost između 85% i 95%.

Efikasnost ovisi o kvaliteti goriva (peleta ili drva) te dizajnu i održavanju kotla. Automatizirani sustavi za doziranje goriva i regulaciju zraka za izgaranje mogu značajno poboljšati efikasnost. Još jedna bitna stvar za održavanje visoke efikasnosti je skladištenje goriva na suhom mjestu i redovito čišćenje kotla.

- Električna energija – električni sustavi grijanja, uključujući električne kotlove i toplinske pumpe, poznati su po visokoj efikasnosti. Električni kotlovi imaju efikasnost blizu 100% jer se gotovo sva električna energija pretvara u toplinu.

Bez obzira koji energent koristimo, nekoliko čimbenika može značajno utjecati na efikasnost sustava grijanja kao što su izolacija, održavanje, regulacija i kontrola [11].





Slika 5.4. Efikasnost sustava grijanja prema vrsti energenta

<b>Vrsta kotla</b>	<b>Efikasnost (%)</b>	<b>Max. snaga(kW)</b>	<b>Potrošnja goriva</b>	<b>Emisije CO2 (g/kWh)</b>
Plinski kotao	90-98	20-100	2,5-5 m <sup>3</sup> /h	200-500
Kotao na lož ulje	85-92	30-150	3-6 l/h	250-300
Kotao na biomasu	85-95	10-90	1,5-3 kg/h	20-40
Električni kotao	95-100	5-50	N/A	0
Kotao na pelete	88-94	15-80	1-2 kg/h	15-30

Tablica 5.5. Usporedba kotlova

## **6.TRENTNE CIJENE ENERGENATA**

Cijene energenata koji se koriste u centralnim toplinskim sustavima za proizvodnju toplinske energije variraju ovisno o vrsti grovia, dostupnosti na tržištu, geopolitičkim uvjetima i sezonskim fluktuacijama. Energenti poput prirodnog plina, lož ulja, peleta i drva široko se primjenjuju u različitim sustavima, dok električna energija uglavnom predstavlja skuplju opciju. Iako su obnovljivi izvori poput biomasa i peleta sve popularniji, fosilna goriva poput prirodnog plina i lož ulja i dalje igraju važnu ulogu, osobito u sustavima koji zahtijevaju visoke kapacitete.

### **6. 1. Prikaz trenutnih cijena**

- Prirodni plin – kao najčešće korišten energent u centralnim toplinskim sustavima, ima relativno stabilnu cijenu, ali ona ovisi o tržištu i geopolitičkim događajima, posebno u Europi. Trenutna cijena, koja varira između 0,04 i 0,08 EUR/kWh, povoljna je u odnosu na druge energente, no korisnici moraju biti svjesni volatilnosti cijena, osobito u zimskoj sezoni kada potražnja raste. Uz povećanje cijena i političke nesigurnosti vezane uz opsrbu, očekuje se da bi cijene plina mogle i dalje oscilirati.

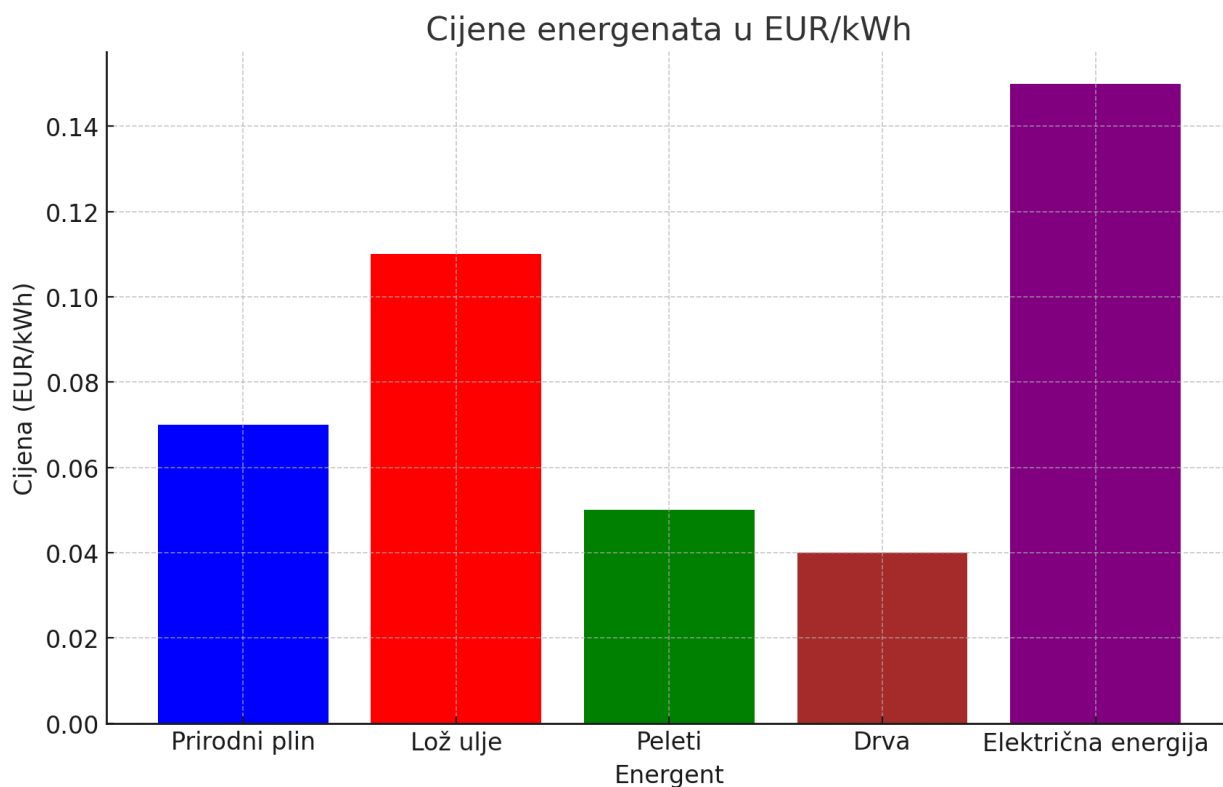
- Lož ulje – sve je manje popularno, no i dalje se koristi u područjima gdje nije dostupna plinska mreža. Njegova cijena, između 1,0 i 1,4 EUR/litri, ovisi o cijeni nafte na globalnom tržištu. S obzirom na varijabilnost cijena nafte i visoke emisije CO<sub>2</sub> lož ulje je skuplji i manje ekološki prihvatljiv izbor u usporedbi s drugim gorivima. Ipak, neki korisnici i dalje preferiraju lož ulje zbog njegove učinkovitosti i dostupnosti u nekim regijama.

- Peleti – cijene peleta, koji se sve češće koriste u centralnim toplinskim sustavima, kreću se od 0,2 do 0,6 EUR/kg. Peleti se proizvode iz drvene biomase, čineći ih

obnovljivim izvorom energije s relativno stabilnim cijenama. Iako su inicijalni troškovi ugradnje sustava na pelete nešto viši, dugoročno su povoljniji od fosilnih goriva, posebno u kontekstu sve strožih ekoloških propisa.

- Drva – tradicionalni energent koji se i dalje koristi u ruralnim područjima i u sustavima gdje je dostupnost drugih energenata ograničena. Cijena drva varira, ovisno o regiji, ali prosječno iznosi 50 do 80 EUR/m<sup>3</sup>. Unatoč nižim troškovima u odnosu na druge energente, korištenje drva zahtijeva više radne snage i logistike, uključujući sječu, skladištenje i sušenje, što može povećati ukupne troškove.

- Električna energija – rijetko se koristi u sustavima centralnog grijanja zbog visokih troškova. S prosječnom cijenom od 0,15 do 0,20 EUR/kWh, električna energija je značajno skuplja od plina, lož ulja ili peleta. Ipak, u sustavima koji koriste obnovljive izvore električne energije ili subvencionirane tarife, ona može postati konkurentnija. Posebno je zanimljiva za novogradnje gdje je dostupna električna energija iz vlastitih solarnih izvora [12].



Slika 6.1. Prikaz cijene energenata

## 6.2. Usporedba troškova

Kada uspoređujemo troškove različitih energenata za proizvodnju toplinske energije, moramo uzeti u obzir ne samo cijenu samog energenta, već i učinkovitost sustava te troškove održavanja. Usporedba troškova uključuje cijenu energije po kWh, troškove instalacije i održavanja sustava te dugoročnu stabilnost cijena.

- Prirodni plin – iako povoljniji u odnosu na mnoge druge energente, može imati oscilacije cijena ovisno o sezoni. Prosječni trošak grijanja za domaćinstvo koje koristi prirodni plin iznosi oko 0,04 do 0,08 EUR/kWh, uzimajući u obzir trenutne cijene na tržištu. Sistemi na plin su efikasni i jednostavni za održavanje, što dodatno smanjuje dugoročne troškove. Ipak, volatilitnost cijena plina može dugoročno utjecati na kućne budžete.

- Lož ulje – skuplje je u usporedbi s prirodnim plinom, a prosječni trošak grijanja iznosi oko 1,0 do 1,4 EUR/litri. Iako sustavi na lož ulje pružaju visoku energetske učinkovitost, troškovi goriva i održavanja sustava mogu biti značajni. Osim toga, visoke emisije CO<sub>2</sub> i ekološki propisi mogli bi dodatno povećati troškove u budućnosti.

- Peleti – sustavi na pelete nude niže troškove grijanja u usporedbi s fosilnim gorivima. Prosječni trošak za pelete iznosi 0,2 do 0,6 EUR/kg, što ih čini ekonomski povoljnijim rješenjem za mnoga domaćinstva. Osim toga, peleti imaju prednost stabilnih cijena i ekološke prihvatljivosti, što ih čini dugoročno održivim rješenjem. Međutim, potrebno je uložiti u početnu instalaciju kotlova na pelete, što može biti veći jednokratni trošak

- Drva – najjeftiniji energent kada gledamo samo cijenu goriva, s prosječnim troškom grijanja od 50 do 80 EUR/m<sup>3</sup>. Ipak, troškovi rada, skladištenja i održavanja sustava na drva mogu povećati ukupne troškove, posebno u urbanim sredinama gdje je logistika teža. U ruralnim područjima, gdje je drvo lako dostupno, to može biti najisplativija opcija.

- Električna energija - iako je električna energija jednostavna za upotrebu i ima visoku učinkovitost, visoka cijena po MWh čini je najmanje ekonomičnom opcijom za centralne toplinske sustave. Prosječni trošak grijanja električnom energijom iznosi između 0,15 i 0,20 EUR/kWh, što je značajno više u usporedbi s drugim energentima. Dugoročnom, električna energija je isplativa samo u kombinaciji s obnovljivim izvorima poput solarnih panela.

<b>Energent</b>	<b>Cijena 2021 (EUR)</b>	<b>Cijena 2022 (EUR)</b>	<b>Cijena 2023 (EUR)</b>
Prirodni plin	0,035 - 0,045 / kWh	0,050 – 0,070 / kWh	0,060 – 0,080 / kWh
Lož ulje	0,90 – 1,10 / litra	1,20 – 1,40 / litra	1,30 – 1,50 / litra
Peleti	0,20 – 0,30 /kg	0,30 – 0,40 / kg	0,35 – 0,50 / kg
Drva	45 – 60 / m	50 – 65 / m	55 – 75 / m
Električna energija	0,10 – 0,12 / kWh	0,13 – 0,15 / kWh	0,15 – 0,20 / kWh

Tablica 6.2. Kretanje cijena energenata kroz godine

## 7.PRORAČUN POTREBNE ENERGIJE ZA GRIJANJE STANA

Kada razmatramo koliko je energije potrebno za grijanje stana tijekom zime, potrebno je uzeti u obzir nekoliko ključnih faktora. Prije svega, važna je razlika između unutrašnje i vanjske temperature, kvaliteta izolacije zgrade, volumena prostora koji se grije te broj sati grijanja dnevno. U ovom radu, uzimamo temperaturu od 24°C u stanu od 80m<sup>2</sup>, dok je prosječna vanjska temperatura tijekom zime 0,5°C. Ova temperaturna razlika značajno utiče na količinu energije koja je potrebna za održavanje topline unutar stana. Kvaliteta izolacije određuje koliko toplinske energije zgrada gubi kroz zidove, prozore i vrata. Pretpostaviti ćemo da je stan dobro izoliran i da nema velikih gubitaka toplinske energije.

Drugi važan element je volumen stana. Dok se površina stana često koristi kao osnovni parametar za određivanje torškova grijanja, stvarni volumen prostora je važniji jer određuje koliko zraka treba zagrijati. U ovom slučaju, stan od 80m<sup>2</sup>, s visinom stropa od 2,8m ima volumen od 224m<sup>3</sup>.

Proračun potrebne energije:

Kada imamo volumen, možemo procijeniti koliko je energije potrebno za grijanje stana. Korištenjem osnovne formule za toplinsku energiju:

$$Q = V * \Delta T * H \quad (7-1)$$

Gdje je:

Q = potrebna toplinska energija (kWh)

V = volumen stana

$\Delta T$  = razlika između unutrašnje i vanjske temperature (24°C – 0,5°C = 23,5°C)

H = koeficijent toplinske provodljivosti (0,5W/m<sup>3</sup>K) (pretpostavlja se da je za prosječno izoliran stan 0,5 W/m<sup>3</sup>K).



$$Q = 224 \text{ m}^3 * 23,5^\circ\text{C} * 0,5 \text{ W/m}^3\text{K} = 2632 \text{ kWh}$$

To je količina energije koja je potrebna da se održi temperatura od  $24^\circ\text{C}$  u jednom satu. Da bismo izračunali godišnju potrebu za energijom, uzet ćemo u obzir trajanje grijane sezone, koja obično traje 6 mjeseci, oko 180 dana tj. 4320 sata.

$$Q_{\text{godišnje}} = 2632 \text{ kWh} * 4320 \text{ h} = 11368,32 \text{ kWh}$$

Dakle, za cijelu sezonu grijanja potrebno nam je 11368,32 kWh energije.

### 7.1. Izračun potrebne količine energenata

Sada kada znamo koliko je energije potrebno za grijanje, možemo izračunati koliko je to u različitim energentima. Svaki energent ima različitu energetska vrijednost, što znači da količina energenta potrebna za proizvodnju 1 kWh varira.

Ovaj proračun radimo prema sljedećoj formuli:

$$\text{količina energenta} = \frac{\text{godišnja potreba energije}}{\text{energetska vrijednost energenta}} \quad (7-2)$$

#### •Peleti

Energetska vrijednost peleta je 5kWh/kg:

$$\text{količina}_{\text{peleti}} = \frac{11368,32 \text{ kWh}}{5 \text{ kWh/kg}} = 2273,66 \text{ kg}$$

#### •Drva

Energetska vrijednost drva iznosi 4 kWh/kg:

$$\text{količina}_{\text{drva}} = \frac{11368,32 \text{ kWh}}{4 \text{ kWh/kg}} = 2842,08 \text{ kg}$$

#### •Lož ulje

Energetska vrijednost lož ulja iznosi 10kWh/litri:

$$\text{količina}_{\text{lož ulje}} = \frac{11368,32 \text{ kWh}}{10 \text{ kWh/litri}} = 1136,83 \text{ litara.}$$

•Prirodni plin

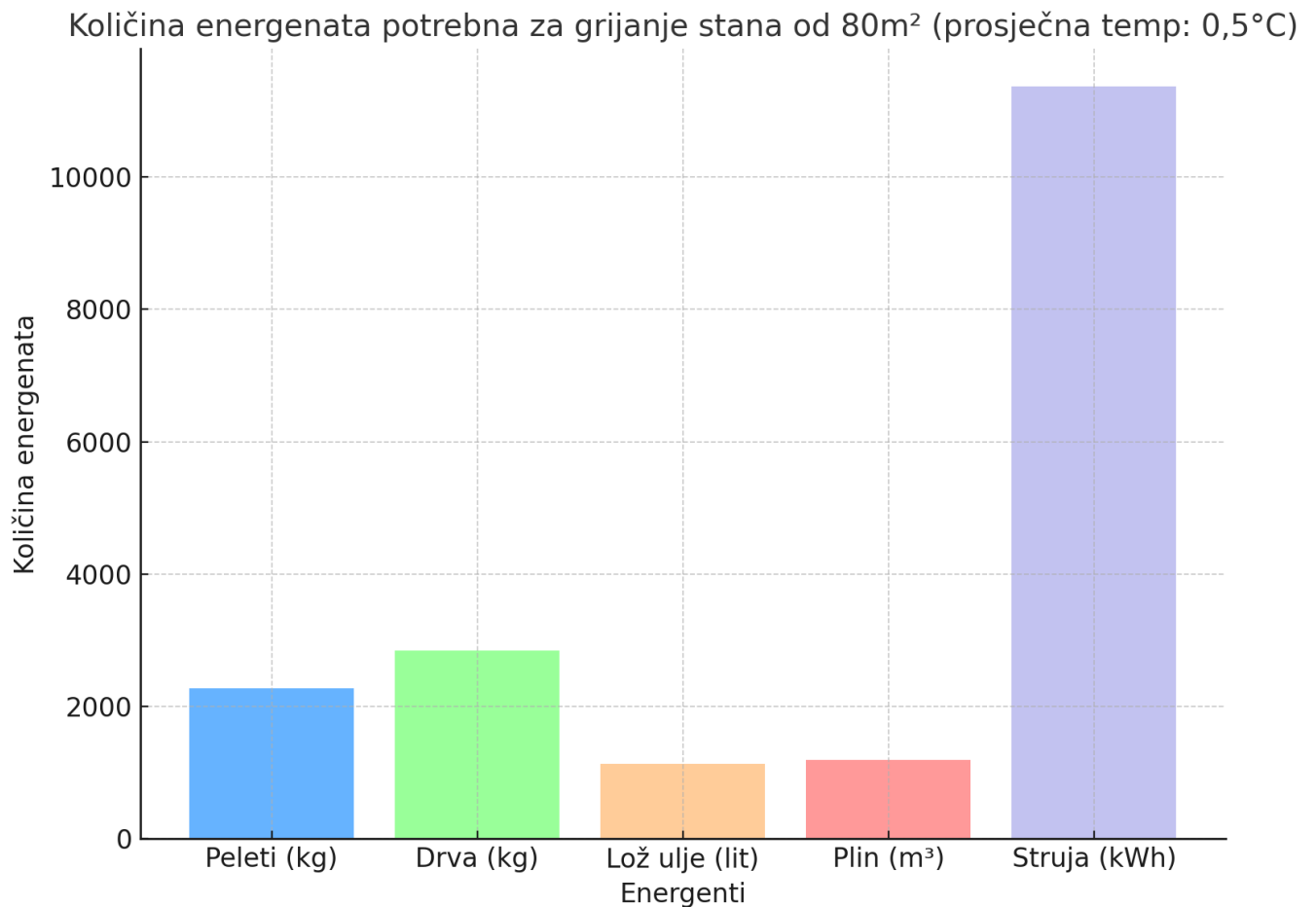
Energetska vrijednost prirodnog plina iznosi 9,5 kWh/m<sup>3</sup>:

$$\text{količina}_{\text{plin}} = \frac{11368,32 \text{ kWh}}{9,5 \text{ kWh/m}^3} = 1196,67 \text{ m}^3$$

•Električna energija

Energetska vrijednost električne energije iznosi 1kwh/

$$\text{količina}_{\text{struja}} = \frac{11368,32 \text{ kWh}}{1 \text{ kWh/kWh}} = 11368,32 \text{ kWh}$$



Slika 7.1. Količina energenata potrebna za grijanje stana

## 7.2. Usporedba troškova različitih energenata

Trošak za svaki energent ćemo dobiti na sljedeći način:

$$\text{trošak energenta} = \text{količina energenta} * \text{cijena energenta} \quad (7-3)$$

•Cijena peleta: 300€/tona (0,30 €/kg)

$$\text{trošak}_{\text{peleti}} = 2273,66 \text{ kg} * 0,30 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 682,10 \text{ €}$$

•Cijena drva: 60 €/m (0,06 €/kg)

$$\text{trošak}_{\text{drva}} = 2842,08 \text{ kg} * 0,06 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 170,52 \text{ €}$$

- Cijena lož ulja:1,20 €/litri

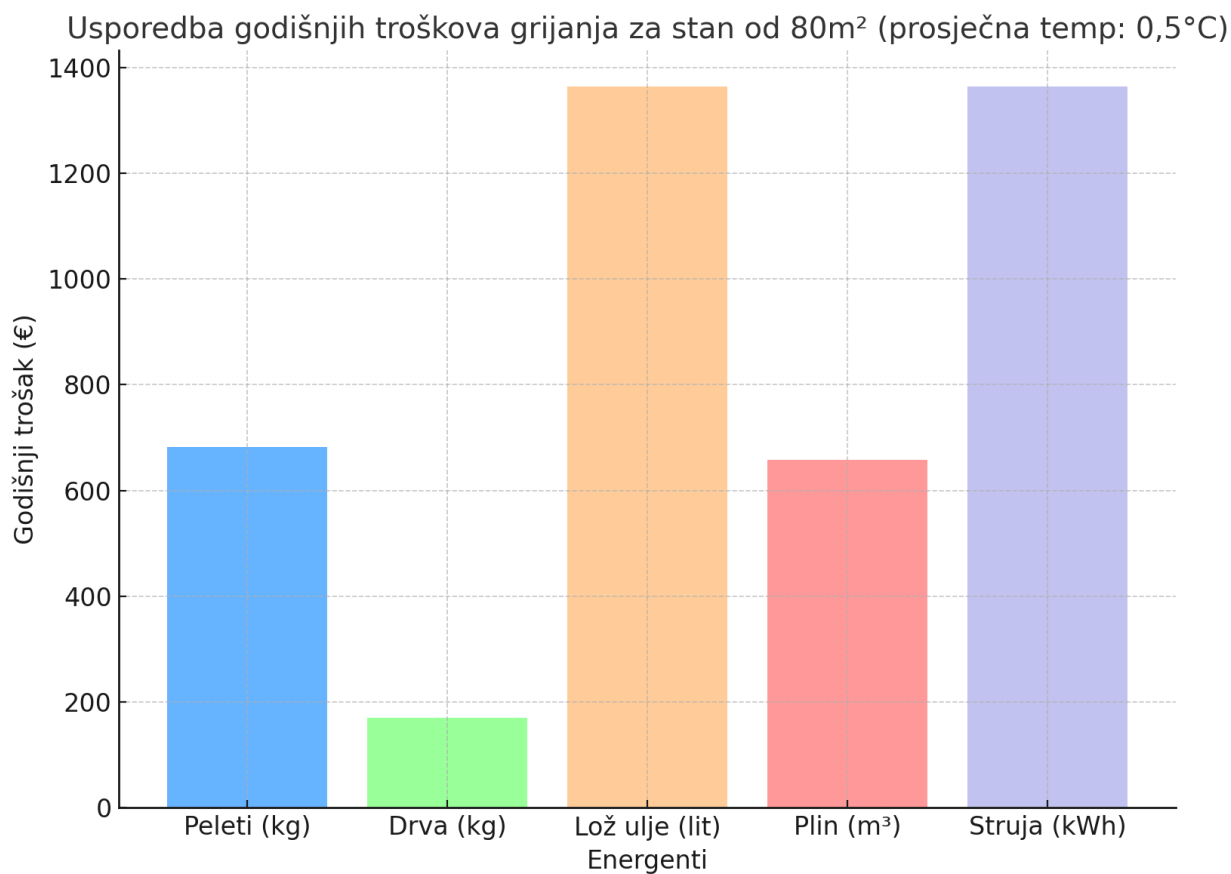
$$\text{trošak}_{\text{lož ulje}} = 1136,83 \text{ l} * 1,20 \text{ €/l} = 1364,20 \text{ €}$$

- Cijena prirodnog plina:0,55 €/m<sup>3</sup>

$$\text{trošak}_{\text{plin}} = 1196,67 \text{ m}^3 * 0,55 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 658,17 \text{ €}$$

- Cijena električne energije:0,12 €/kWh

$$\text{trošak}_{\text{struja}} = 11368,32 \text{ kWh} * 0,12 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 1364,20 \text{ €}$$

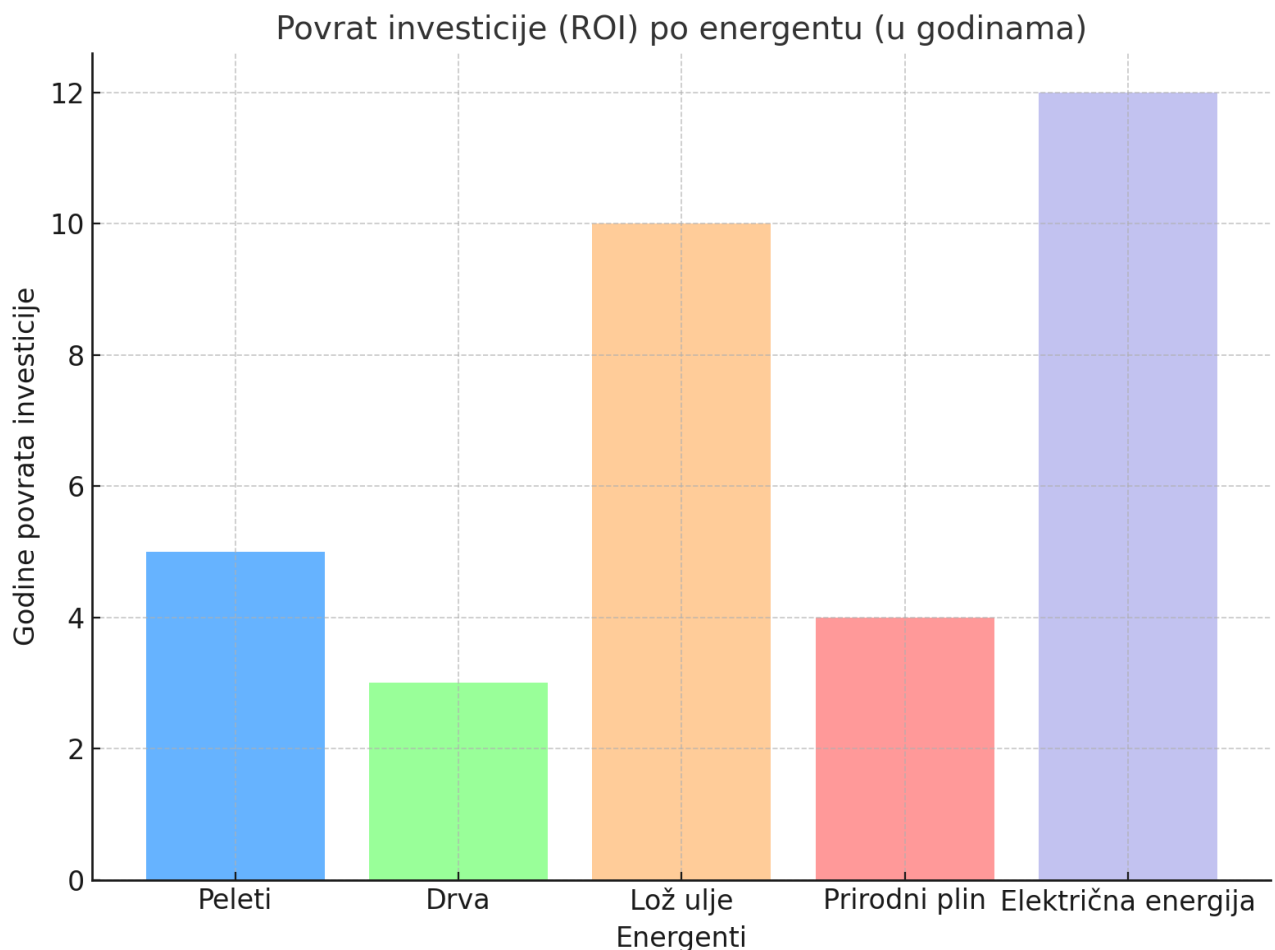


Slika 7.2. Usporedba godišnjih troškova grijanja za stan

## 8. ANALIZA POVRATA INVESTICIJE

Graf povrata investicije prikazuje koliko je godina potrebno da se investicija u određeni energent isplati, odnosno koliko je vremena potrebno da korisnik nadoknadi početne troškove prelaska na novi energent kroz uštede na grijanju.

Povrat investicije odnosi se na uštede koje se ostvaruju smanjenjem troškova grijanja kada korisnik prijeđe s jednog energenta (obično skupljeg) na drugi, ekonomičniji energent. Ako uzmemo u obzir da se kućanstvo odluči prebaciti s lož ulja na pelete, početni troškovi ulaganja u novi sustav grijanja (npr. Kotao na pelete) moraju se pokriti kroz uštede koje proizlaze iz niže cijene peleta u odnosu na lož ulje.



Slika 8.1. Povrat investicije po energentu

## **9.ZAKONSKI OKVIR**

U Republici Hrvatskoj, zakonski okvir koji regulira sektor energetike, a posebno područje proizvodnje i distribucije toplinske energije, usklađen je s pravnom stečevinom Europske unije. Glavni fokus zakonodavstva odnosi se na unaprjeđenje energetske učinkovitosti, poticanje korištenje obnovljivih izvora energije, te osiguranje održivosti i smanjenja emisija stakleničkih plinova. Centralni toplinski sustavi, koji su važan segment energetike, obuhvaćeni su ovim zakonima i pravilnicima kako bi se postigli visoki standardi sigurnosti, ekološke održivosti i ekonomske isplativosti. Na tržištu toplinske energije, ključni izazov su osigurati održivost sustava te uskladiti propise s ciljevima Europske unije za zelenu tranziciju.

### **9.1. Pregled važećih zakona i propisa u RH i pravilnika**

#### **1.Zakon o energiji**

Zakon o energiji ("Narodne novine", br. 120/12, 14/14, 95/15, 102/15, 68/18) definira uvjete za energetske djelatnosti, uključujući proizvodnju, prijenos, distribuciju i opskrbu energijom. Također uređuje obveze energetskih subjekata i prava korisnika. Zakon je temeljni dokument koji uređuje energetski sektor, uključujući toplinske sustave

#### **2.Zakon o tržištu toplinske energije**

Zakon o tržištu toplinske energije ("Narodne novine", br. 80/13, 14/14, 102/14, 95/15, 25/20) regulira odnose između proizvođača, distributera i krajnjih korisnika toplinske energije. Zakon propisuje uvjete za izdavanje dozvola za proizvodnju i distribuciju toplinske enegije, kao i obveze vezane uz očuvanje energetske učinkovitosti i zaštitu okoliša.

#### **3.Zakon o energetskej učinkovitosti**

Zakon o energetskej učinkovitosti ("Narodne novine", br. 127/14, 116/18, 25/20) postavlja pravila za poboljšanje energetske učinkovitosti u svim sektorima, uključujući grijanje. Ovaj zakon propisuje mjere i standarde za smanjenje potrošnje energije te promovira korištenje obnovljivih izvora.

#### 4. Zakon o zaštiti zraka

Zakon o zaštiti zraka ("Narodne novine", br. 130/11, 47/14, 61/17, 118/18) bavi se kontrolom emisija štetnih tvari u atmosferu, uključujući one koje nastaju izgaranjem fosilnih goriva u sustavima centralnog grijanja. Ovaj zakon regulira granične vrijednosti emisija i obvezuje energetske subjekte na primjenu ekološki prihvatljivih tehnologija.

#### 5. Zakon o zaštiti okoliša

Zakon o zaštiti okoliša ("Narodne novine", br. 80/13, 153/13, 78/15, 12/18) uređuje cjelokupno upravljanje okolišem u Hrvatskoj, uključujući mjere koje se odnose na smanjenje onečišćenja zraka, tla i vode. U kontekstu centralnih toplinskih sustava, zakon promiče održive prakse korištenja energenata kako bi se smanjio utjecaj na okoliš.

## 10. ZAKLJUČAK

Provedena analiza različitih energenata korištenih u sustavima centralnog grijanja stambenih jedinica pokazuje značajne razlike u troškovima, efikasnosti i ekološkom utjecaju. Korištenje lož ulja i prirodnog plina, iako još uvijek vrlo rasprostranjeno, pokazalo je da su ovi energenti dugoročno skuplji i manje održivi u usporedbi s obnovljivim izvorima poput peleta i drva.

Izračuni su pokazali da drva predstavljaju najisplativiji energent u smislu troškova, uz značajne financijske uštede na godišnjoj razini. S druge strane, peleti su se pokazali kao uravnotežena opcija, pružajući visoku energetska vrijednost uz prihvatljive troškove, s dodatnim prednostima u ekološkom smislu jer njihova upotreba smanjuje emisije CO<sub>2</sub>.

Prirodni plin, iako povoljniji od lož ulja, ima određena ograničenja vezana uz dugoročne troškove i ovisnost o tržišnim fluktuacijama cijena. Električna energija nudi visoku efikasnost, ali je često najskuplji izbor za grijanje, osim ako se ne koristi u kombinaciji s obnovljivim izvorima poput solarnih panela, što može značajno smanjiti troškove.

Osim financijskim i ekološkim prednostima, povrat investicije također igra ključnu ulogu u donošenju odluke o prijelazu na novi energent. Sustavi na drva i pelete pokazuju kratak period povrata investicija, što ih čini atraktivnim opcijama za kućanstva koja traže brzu isplativost.

U konačnici rad pokazuje da je ključna strategija za postizanje optimalnih troškova grijanja u budućnosti kombinacija prelaska na obnovljive izvore energije, poboljšanja izolacije stambenih objekata te primjene tehnoloških inovacija koje omogućuju veću energetska efikasnosti. Zakonske regulative i poticaji za korištenje obnovljivih izvora dodatno će potaknuti kućanstva na odabir ekološki prihvatljivijih rješenja, čime će se dugoročno smanjiti troškovi grijanja i zaštititi okoliš



## 11.LITERATURA

- [1] Renewable and Sustainable Energy Reviews, Renewable Energy Systems for Heating and Cooling, 2017.
- [2] Patrick Mitchell, Central Heating: Installation, Maintenance and Repair, 2007.
- [3] <https://centralno-grijanje-na-drva.blogspot.com/p/blog-page.html>
- [4] George Steele, Central Heating, 1985
- [5] <https://www.zagreb-montaza.hr/2024/03/10/revitalizacija-vrelovodne-mreze-u-gradu-karlovcu-grupa-1-i-grupa/>
- [6] <https://www.ochsner.com/en/effizienz-auch-in-verbinding-mit-heizkoerpern/>
- [7] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Parno\\_grijanje](https://hr.wikipedia.org/wiki/Parno_grijanje)
- [8] <https://www.croftsystems.net/oil-gas-blog/natural-gas-composition/>
- [9] <https://celias.hr/home/proizvodnja-i-prodaja-drva-za-ogrjev/>
- [10] <https://www.manualslib.com/manual/881537/Gree-Versati-Ii-Series.html>
- [11] Elias Moore, Heating Systems: Design, Applications and Technology, 2020.
- [12] Jerry Okey Newman, An Economical and Efficient Heating System for Homes, 2018.

## **12.ŽIVOTOPIS**

Josip Kokanović rođen je 01.11.2001. u Slavonskom Brodu. Završio je Osnovnu školu August Šenoa 2016. godine. Upisuje smjer tehničar za računalstvo u Tehničkoj školi Slavonski Brod koju završava 2020. godine. Nakon srednje škole upisuje preddiplomski stručni studij na Fakultetu, elektrotehnike, računalstva i informacijskih tehnologija Osijek. Za vrijeme studiranja odrađuje 200 sati praktičnog rada u tvrtki Obrt LUK. Preddiplomski stručni studij na smjeru elektroenergetika završava 2024. Godine.

## 13.SAŽETAK

### USPOREDBA ENERGENATA ZA PROIZVODNJU TOPLINSKE ENERGIJE U CENTRALNIM TOPLINSKIM SUSTAVIMA

Ovaj rad analizira različite energente koji se koriste u centralnim toplinskim sustavima, s posebnim naglaskom na troškove, ekološke aspekte i dugoročnu isplativost. Analizirani energenti uključuju pelete, drva, lož ulje, prirodni plin i električnu energiju. Korištene metode uključuju proračun troškova grijanja stambene jedinice te usporedbu emisija stakleničkih plinova za svaki energent. Zaključeno je da biomasa i prirodni plin predstavljaju ekonomski i ekološki najisplativija rješenja, dok električna energija, iako najskuplja, ima najmanji utjecaj na okoliš

**Ključne riječi:** centralni toplinski sustav, ekološki utjecaj, energenti, troškovi grijanja, učinkovitost sustava

## **14.ABSTRACT**

### **COMPARISON OF ENERGY SOURCES FOR HEAT PRODUCTION IN CENTRAL HEATING SYSTEMS**

This paper analyzes energy sources used in central heating systems, with a particular focus on costs, environmental aspects, and long-term profitability. The analyzed energy source include pellets, wood, heating oil, natural gas, and electricity. The methods used involve calculating heating costs for a residential unit and comparing greenhouse gas emissions for each energy source. The conclusion is that biomass and natural gas are the most cost-effective and environmentally friendly solutions, while electricity, although the most expensive, has the least environmental impact.

**Keywords:** central heating systems, energy sources, environmental impact, heating costs, system efficiency

