

Toplinski tok gibanja topline u korelaciji grijanja štednjakom na ogrjevna drva

Hanjš, Ana-Maria

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Međimurje in Čakovec / Međimursko veleučilište u Čakovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:110:728491>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-21**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic of Međimurje in Čakovec Repository - Polytechnic of Međimurje Undergraduate and Graduate Theses Repository](#)



MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

Ana-Maria Hanjš

**TOPLINSKI TOK GIBANJA TOPLINE U KORELACIJI
GRIJANJA ŠTEDNJAKOM NA OGRJEVNA DRVA**

ZAVRŠNI RAD

Čakovec, 2024.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

Ana-Maria Hanjš

**TOPLINSKI TOK GIBANJA TOPLINE U KORELACIJI
GRIJANJA ŠTEDNJAKOM NA OGRJEVNA DRVA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr.sc. Sarajko Baksa, prof. struč. stud.

Čakovec, 2024.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svim profesorima Međimurskog veleučilišta na prenesenom znanju. Posebnu zahvalnost izražavam svom profesoru i mentoru dr.sc. Sarajku Baksi, prof. struč. stud. na pomoći pri izradi ovog rada. Od srca zahvaljujem svojoj braći i šogoricama na velikoj podršci, posebno roditeljima, na neizmjernoj brizi i strpljenju tijekom cijelog mog visokoškolskog obrazovanja, a osobito sam zahvalna svom najstarijem bratu Mariu. Iznimno veliku zahvalnost dugujem i svom dečku Karlu koji je bio svakim korakom uz mene.

Ana-Maria Hanjš

Sažetak

Ovaj završni rad istražuje gibanje topline u kućanstvu s naglaskom na grijanje s pomoću peći na ogrjevna drva kao glavnim izvorom. Rad se fokusira na nekoliko ključnih čimbenika, uključujući termodinamiku toplinskog toka, učinke konstrukcijskih elemenata na očuvanje topline i efikasnost grijanja. Obuhvaća analizu distribucije topline u različitim prostorijama kuće, učinak materijala i strukture kuće na zadržavanje topline, te upotrebu različitih mjernih uređaja za praćenje temperature i vlažnosti zraka. U radu su obuhvaćeni i aspekti efikasnosti peći na drva, uključujući potrebne količine drva za grijanje i troškove povezane s njihovom nabavom. Rad također razmatra utjecaj infracrvenog zračenja iz peći na zdravlje ljudi, kao i sigurnosne mjere koje treba poduzeti kako bi se osigurala sigurna upotreba peći te norme i zakoni kojih se treba pridržavati. Eksperimentalna mjerenja provedena su u stvarnim uvjetima kako bi se dobili točni podaci o zagrijavanju i hlađenju prostora, a rezultati su prikazani u obliku tablica i grafova koji ilustriraju temperaturne fluktuacije i distribuciju topline u kući. Na kraju, rada zaključuje se da pravilno postavljanje i održavanje peći na drva može značajno poboljšati energetske efikasnost i toplinska udobnost kućanstva.

Ključne riječi: peć, ogrjevno drvo, temperatura, toplina

Summary

This thesis explores heat movement in a household with a focus on heating using a wood-burning stove as the primary source. The work focuses on several key factors, including the thermodynamics of heat flow, the effects of structural elements on heat retention, and heating efficiency. It includes an analysis of heat distribution in different rooms of the house, the impact of materials and the structure of the house on heat retention, and the use of various measuring devices to monitor temperature and humidity. The thesis also covers aspects of wood stove efficiency, including the required amount of wood for heating and the costs associated with its acquisition. Additionally, the work examines the impact of infrared radiation from the stove on human health, as well as safety measures that should be taken to ensure the safe use of the stove and the norms and laws that need to be adhered to. Experimental measurements were conducted in real conditions to obtain accurate data on the heating and cooling of spaces, and the results are presented in the form of tables and graphs that illustrate temperature fluctuations and heat distribution in the house. In conclusion, the thesis finds that proper installation and maintenance of a wood-burning stove can significantly improve the energy efficiency and thermal comfort of a household.

Keywords: stove, firewood, temperature, warmth

Sadržaj

1. UVOD	1
2. OPIS VAŽNIH STAVKI	3
2.1. Kućanstvo	3
2.2. Peć na ogrjevna drva	5
2.3. Ogrjevno sredstvo	6
3. NAČIN PRIJENOSA TOPLINE	8
3.1. Toplinska provodnost (kondukcija)	8
3.2. Toplinska struja (konvekcija)	9
3.3. Radijacija (zračenje vatre)	9
3.4. Prijenos topline provođenjem	11
3.5. Prijenos topline zračenjem	11
3.6. Dodatni načini prijenosa topline	11
4. MJERNI UREĐAJI TEMPERATURE	12
4.1. Živin termometar	12
4.2. Higrometar (ClimaHome-Check)	13
4.3 Mjerač vlage (Wisent)	14
5. EKSPERIMENTALNI DIO	16
5.1. MJERENJA TEMPERATURE PROSTORA	16
5.1.1 Kruženje topline u kućanstvu	16
5.1.2 TABLICE I GRAFOVI	18
5.1.2.1. Prosječna temp. prostorija kroz dan u zagrijanom prostoru	18

5.1.2.1.1. Analiza - prosječna temp. prostorija kroz dan u zagrijanom prostoru	19
5.1.2.2. Relativna vlažnost zraka prostorija kroz dan u zagrijanom prostoru	20
5.1.2.2.1. Analiza – Relativna vlažnost zraka prostorija kroz dan u zagrijanom prostoru	21
5.1.2.3. Prosječna temp. prostorija sa otvorenim vratima	23
5.1.2.3.1. Analiza - Prosječna temp. prostorija sa otvorenim vratima	24
5.1.2.4. Relativna vlažnost zraka prostorija kroz dan u zagrijanom prostoru	25
5.1.2.4.1. Analiza - Relativna vlažnost zraka prostorija kroz dan u zagrijanom prostoru	25
5.1.2.5. Zagrijavanje peći i širenje topline	26
5.1.2.5.1. Analiza - Zagrijavanje peći i širenje topline	28
5.1.2.6. Hlađenje peći i smanjivanje zagrijanosti prostora	29
5.1.2.7. Temperature vanjskih uvjeta	32
5.1.2.7.1. Analiza - temperature vanjskih uvjeta	32
5.1.2.8. Temperatura prostorija bez zagrijanosti peći	33
5.1.2.8.1 Analiza - temperatura prostorija bez zagrijanosti peći	35
5.2. MJERENJA TEMPERATURE ZIDOVA POMOĆU DODATNIH UREĐAJA	36
5.2.1. Laserski mjerač temperature	36
5.2.1.1. Tablica – Mjerenje temperature zidova	37

5.3. Snimanje kućanstva termovizijskom infracrvenom kamerom	38
5.3.1. Gubitci topline snimljeni termovizijskom kamerom	40
6. ISO NORME	41
6.1. ISO 13790:2008 - Energetska svojstva zgrada - Proračun energije za grijanje i hlađenje	41
6.2. ISO 14001:2015 - Sustavi upravljanja okolišem	41
6.3. ISO 9251: 1987 - Toplinska-izolacija - Uvjeti prijenosa topline i svojstva materijala	42
6.4. ISO 16818:2008 - Energetska učinkovitost zgrada - Terminologija	42
6.5. ISO 18158:2016 - Metode ispitivanja za peći na kruta goriva	42
7. ZAKONI	43
7.1. Zakon o zaštiti okoliša	43
7.2. Zakon o gradnji	43
7.3. Zakon o energetskej učinkovitosti	43
7.4. Tehnički propisi za sustave grijanja i klimatizacije u zgradama	44
7.5. Pravilnik o jednostavnim građevinama i radovima	44
7.6. Hrvatski standardi za emisije iz uređaja na kruta goriva	44
8. ZAKLJUČAK	45
POPIS SLIKA	46
POPIS TABLICA	47
POPIS GRAFOVA	47
LITERATURA	48

1. UVOD

Pojava procesa prijenosa topline nastaje kada topline prirodno prelazi u smjeru temperaturnog pada, tj. od tijela više temperature na tijelo niže temperature, ili unutar jednog tijela, od toplijih prema hladnijim slojevima. Ovaj proces je ključan za razumijevanje raznovrsnih termodinamičkih pojava i praktičnih primjena. Način prijenosa topline opisuje kako se toplinska energija prenosi s jednog mjesta na drugo, a postoje tri osnovna načina prijenosa topline. Provođenje (kondukcija) je proces kojim se topline prenosi kroz čvrstu tvar putem molekularne interakcije. Strujanje (konvekcija), s druge strane, odnosi se na prijenos topline kroz fluide, poput tekućina i plinova, uslijed kretanja čestica tih medija. Konačno, zračenje omogućuje prijenos toplinske energije putem elektromagnetskih valova, pri čemu nije potreban materijalni medij.

Osim ova tri glavna načina prijenosa topline, postoje i dodatni procesi kao što su isparavanje, kondenzacija i toplinska difuzija, koji igraju značajnu ulogu u određenim uvjetima. U posljednjih nekoliko godina, sve se više pažnje posvećuje energetske učinkovitosti i održivim izvorima energije u kućanstvima, posebno u kontekstu globalnih napora za smanjenje emisije stakleničkih plinova i smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima. U ovom kontekstu, grijanje na ogrjeva drva je bolje ekonomske isplativosti i relativne ekološke prihvatljivosti. Bukva je poznata po visokoj toplinskoj vrijednosti i efikasnosti pri grijanju. Ima gustu strukturu, što omogućuje dugotrajno izgaranje s visokim iznosom proizvedene topline, i obično se koristi zbog svog visokog energetske sadržaja i ravnomjernog izgaranja. Grab je vrlo tvrdo drvo koje ima visoku gustoću i daje mnogo topline. Dugo gori, što ga čini efikasnim za korištenje u pećima koje zahtijevaju stabilan i dugotrajan izvor topline, idealno za hladnije mjeseca. Bagrem je slično efikasan kao bukva i grab, a hrast ima visoku toplinsku vrijednost.

Drvo kao obnovljivi izvor energije predstavlja održivu alternativu fosilnim gorivima, pod uvjetom da se koristi na način koji minimizira negativne utjecaje na okoliš i maksimalizira energetske učinkovitost, glede održivog gospodarenja šumama, smanjenja emisije stakleničkih plinova i promicanja kružnog gospodarstva, pri čemu bi se otpad iz drvne industrije i poljoprivrede mogao koristiti kao biomasa.

Ovaj završni rad bavi se istraživanjem toplinskog toka gibanja topline u kućanstvu koje koristi peć na ogrjevna drva kao glavni izvor grijanja. Fokus istraživanja je na razumijevanju dinamike prijenosa topline unutar kućanstva, utjecaju različitih materijala i arhitektonskih

rješenja na očuvanje topline, te kvantificiranju gubitaka topline ovisno o raznim čimbenicima. Korištenje peći na drva, posebno u ruralnim područjima, može biti ekonomično rješenje, ali zahtijeva pažljivo planiranje i implementaciju kako bi se postigla optimalna učinkovitost i sigurnost. Bavi se i različitim sigurnosnim čimbenicima i potencijalnim rizicima povezanim s uporabom peći na drva. Peći na drva, ako nisu pravilno održavane ili korištene, mogu predstavljati rizik od požara ili trovanja ugljičnim monoksidom. Stoga je važno razumjeti kako dizajn peći, vrsta korištenog goriva i strategije ventilacije mogu utjecati na sigurnost i zdravlje ukućana.

Ključni dio istraživanja uključuje i eksperimentalna mjerenja unutarnje temperature i relativne vlažnosti zraka u različitim prostorijama kuće. Mjerenja su provedena uz pomoć živinog termometra, digitalnog termometra ClimaHome-Check i mjerača vlažnosti drva, kako bi se dobili točni podaci o distribuciji topline i gubitcima energije unutar kućanstva. Analizirani su i vanjski klimatski uvjeti, uključujući temperaturne fluktuacije i utjecaj tih uvjeta na unutarnju toplinsku dinamiku kuće.

Cilj ovog rada je pružiti detaljan uvid u efikasnost korištenja peći na drva za grijanje kućanstva, kao i predložiti poboljšanja u dizajnu i upotrebi takvih sustava kako bi se postigla veća energetska učinkovitost i sigurnost. Rad također ima za cilj osvijestiti korisnike o važnosti redovitog održavanja i pravilne upotrebe peći na drva, kao i o potrebi za odgovarajućom ventilacijom i zaštitom od potencijalnih opasnosti. Na taj način, ovaj rad doprinosi boljem razumijevanju i promicanju održivih praksi u svakodnevnom životu.

2. OPIS VAŽNIH STAVKI

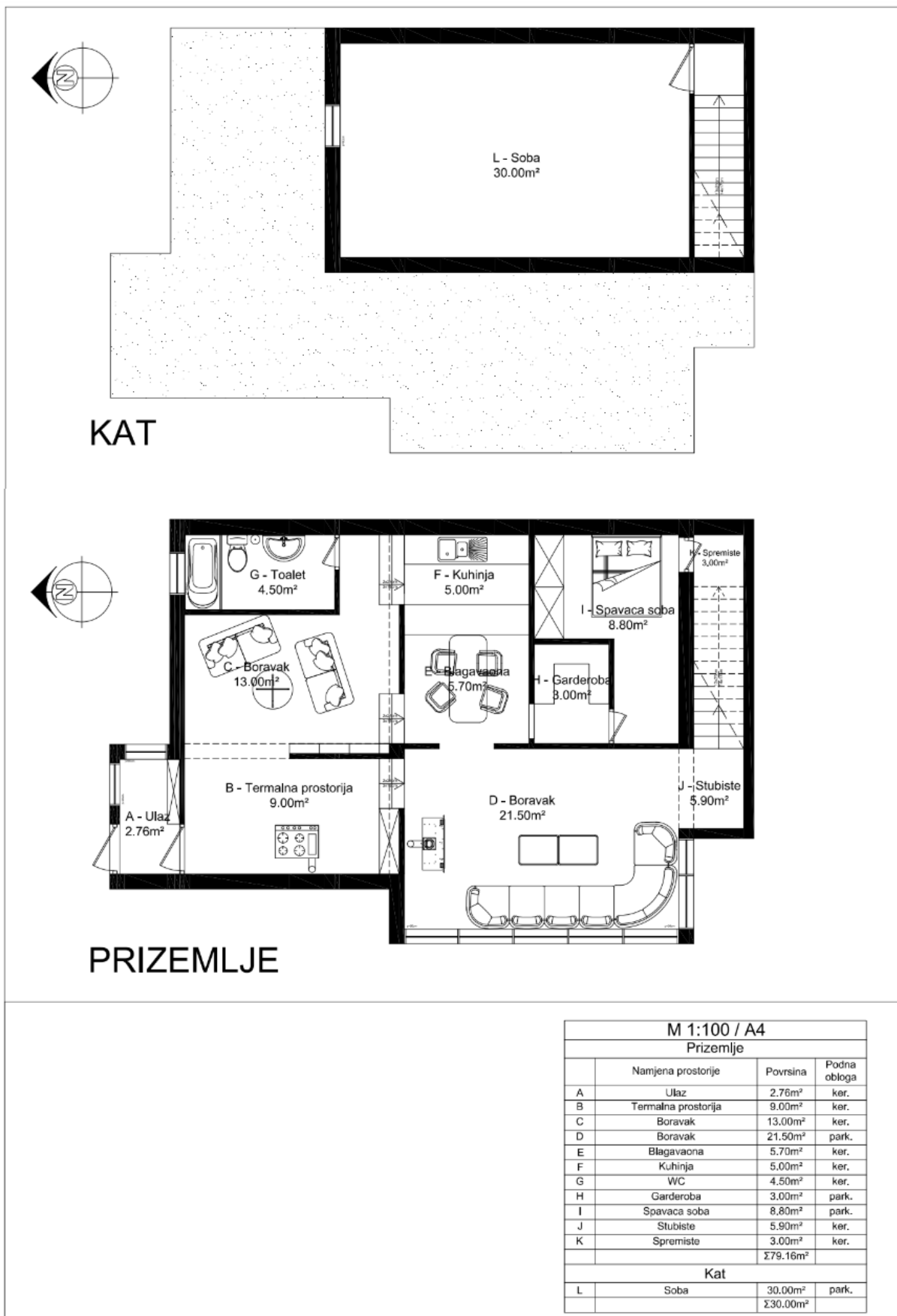
U opisu će se objasniti važne stavke bitne za razumijevanje daljnjih promatranja i mjerenja. Kako bi smo razumjeli zašto su variranja temperature u minimalnom i maksimalnom rasponu mora se usmjeriti pozornost na strukturu kućanstva, te zašto je potrebno više vremena za zagrijavanje površine kuće. U opisu će se objasniti važne stavke bitne za razumijevanje daljnjih promatranja i mjerenja. Kako bi smo razumjeli zašto su variranja temperature u minimalnom i maksimalnom rasponu mora se usmjeriti pozornost na strukturu kućanstva, te zašto je potrebno više vremena za zagrijavanje površine kuće. Mjesto na kojem je peć smještena od velike je važnosti kako bi se topline što bolje raspodijelila po prostorijama. Za kvadraturu stambenog prostora od 110 m² koristi se peć sa slike 2. Proizvođač peći je Senko sa snagom od 35 kW, težina peći je cca 300 kg.

Prvobitna namjena peći bila je za centralno grijanje, što znači da je imala kotao koji se punio vodom. Pumpa je vodu preko ekspanzijske posude slala u radijatore, stvarajući zatvoreni ciklus kruženja. S peći su uklonjene cijevi i ekspanzijska posuda, pa je kotao sada otvorenog sustava kako bi se spriječila opasnost od eksplozije tijekom zagrijavanja, glede korištenja ogrjevnih drva sa slike 3 kao izvor topline. Upoznavanjem s načinom prijenosa topline smanjujemo opasnosti i štetne utjecaje na ljudski organizam.

2.1. Kućanstvo

Antikna, dijelom drvena kuća u skladu sa svakidašnjim potrebama svake obitelji, osmišljena, te prerađena iz starije kuće ukupne kvadrature od 110 m².

Na stražnjem ulazu koji je prenamijenjen u glavni ulaz u kuću, nalazi se **(A)** ulaz (2,76 m²) koji vodi do **(B)** termalne prostorije (9, m²) gdje se smjestila sama peć na ogrjevna drva. S termalne prostorije ulazi se u **(C)** dnevni boravak (13 m²) i **(D)** boravak (21,50 m²) u kojima se provodi najviše slobodnog vremena. S lijeve strane **(C)** boravka nalazi se **(F)** kuhinja (5 m²), **(G)** toalet (4,5 m²), a s desne strane **(E)** blagovaona (5,70 m²), **(H)** garderoba (3 m²), **(I)** spavaću sobu (8,80 m²) i **(K)** spremište (3 m²). Iz boravka **(D)** u kojem je prvobitno izgrađeni glavni ulaz od staklene stijene, koji je smješten na najosvjetljenijem dijelu kuće, možemo stići do **(J)** stubišta (5,90 m²) i **(L)** sobe u potkrovlju (30 m²). Soba se svojom površinom proteže iznad kuhinje (F), blagovaone (E), garderobe (H) i spavaće sobe (I). Kuća je osmišljena na princip "vrtuljka" jer se iz svih četiriju prostorija može ići iz jedne u drugu. Prostor je osmišljen da bude što više otvoren, a da ga opet sačinjava više raznovrsnih namjenskih prostorija.



Slika 1: Tlocrt kućanstva

2.2. Peć na ogrjeva drva

Ogrjevni štednjak prikazan na slici 2, koju kućanstvo koristi za grijanje cijele kuće je prenamijenjena iz centralnog grijanja na ogrjevna drva, bez korištenja kotla. Proizvođač peći je Senko i ima snagu 35 kW. Kotao peći je dimenzija 40 x 50 x 20 cm, a peć 100 x 78 x 85 cm. Izrađena je od metala (čelik i lijevano željezo) što joj daje robusnost i dugotrajnost. Prednji dio peći ima vratašca različitih dimenzija koje omogućavaju pristup različitim dijelovima peći. Sadrži: gornja vrata: umetanje drva, donja vrata: pristup posudi za skupljanje pepela i šipka za reguliranje dotoka zraka.

Smještena je u termalnoj prostoriji (B) iz koje je distribucija topline u termodinamičkom pogledu laka i efikasna. Za sigurnost su ključni prozračivanje prostora i kvalitetan dimnjak koji pravilno odvodi dim i plinove dane izgaranjem drva, te time utjecaj ne šteti na zdravlje ukućana. Ogrjevni štednjak na drva zahtijeva učestalo čišćenje i održavanje kako bi se osigurala sigurnost i efikasnost. Čišćenje dimnjaka smanjuje rizik od požara i nakupljanje čađe. Prednost korištenja drva kao ogrjevnog sredstva je ta što je drvo obnovljivi izvor energije.

Peć na drva osim za grijanje kućanstva ima i mogućnost kuhanja i pečenja, time štedi se posljedični utrošak plina i obavljaju se dvije radnje istovremeno, priprema hrane i grijanje.



Slika 2. Peć na ogrjevna drva

2.3. Ogrjevno sredstvo

Ogrjevno sredstvo koje se koristi su miješane drvene okruglice (bukva, grab, bagrem,...). Na godišnjoj bazi potrebno je opskrbiti 22 m³ ogrjevnih drva u svrhu održavanja prikladne temperature unutar kućanstva. Glede tog potrebno je kupiti 11 m³ ogrjevnih drva raspoređenih u dvije isporuke. Prosječna pošiljka od 11 m³ s troškovima dostave iznosi 605 €, a ukupna cijena drva iznosi 1.210 €. Cjepanice su dimenzija; prosječnog promjera 0.15 m i dužine 0,25 m. Dnevno potrošnja drva iznosi cca 10 kanti volumena 15 L u koju stane desetak cjepanica. Na slici 3 prikazane su miješane okruglice: Bukva, Grab, Bagrem, Hrast i Ljeska.



Slika 3: *Miješane okruglice*

1. Bukva

Bukva je poznata po visokoj toplinskoj vrijednosti i efikasnosti pri grijanju. Ima gustu strukturu, što omogućuje dugotrajno izgaranje s visokim iznosom proizvedene topline. Koristi se zbog svog visokog energetskeg sadržaja i ravnomjernog izgaranja, slika 6.

2. Grab

Grab je vrlo tvrdo drvo koje ima visoku gustoću i daje mnogo topline. Dugo gori, što ga čini efikasnim za korištenje u pećima koje zahtijevaju stabilan i dugotrajan izvor topline. Idealno je za korištenje u hladnijim mjesecima zbog svoje sposobnosti dugotrajnog zadržavanja topline.

3. Bagrem

Bagrem je slične efikasnosti kao bukva i grab, s visokim energetske sadržajem. Ovo drvo također gori dugo i emitira razmjerno mnogo topline, što ga čini pogodnim za grijanje. Osim toga, bagrem ima dobru otpornost na vlagu, što može pomoći u održavanju kvalitete drva tijekom skladištenja, slika 5.

4. Hrast

Hrast ima visoku toplinsku vrijednost, slično bukvi, što ga čini vrlo efikasnim za grijanje. Sporo gori, čime pruža stabilnu i dugotrajnu toplinu, što je idealno za održavanje temperature u pećima na drva. Tvrdo i gusto drvo, što omogućuje dugotrajno izgaranje s visokim iznosom proizvedene topline. Svojstva čine hrast idealnim za korištenje tijekom hladnih mjeseci jer osigurava dugotrajno i ravnomjerno izgaranje, slika 7.

5. Ljeska

Ljeska ima solidnu toplinsku vrijednost, iako je nešto niža u usporedbi s tvrdim vrstama drva poput hrasta ili bukve. Ovo drvo brzo gori, što znači da može brzo proizvesti toplinu, ali neće pružiti dugotrajno grijanje poput tvrdih drva. Ljeska je srednje tvrdo drvo, s nižom gustoćom od hrasta ili graba. To znači da gori brže i može zahtijevati češće dodavanje u peć kako bi se održala konstantna temperatura, slika 4.



Slika 4: *Ljeska*



Slika 5: *Bagrem*



Slika 6: *Bukva*



Slika 7: *Hrast*

3. NAČIN PRIJENOSA TOPLINE

Pojava prijenosa topline nastaje kada toplina prirodno prelazi u smjeru temperaturnog pada, tj. od tijela više temperature na tijelo niže temperature, ili unutar jednog tijela, od toplijih prema hladnijim slojevima (v. Termodinamika). Ovaj proces je ključan za razumijevanje različitih termodinamičkih pojava i praktičnih primjena [1].

Način prijenosa topline opisuje kako se toplinska energija prenosi s jednog mjesta na drugo, a postoje tri osnovna mehanizma. Provođenje (kondukcija), je proces kojim se toplina prenosi kroz čvrstu tvar putem molekularne interakcije. Strujanje (konvekcija), s druge strane, odnosi se na prijenos topline kroz fluide, poput tekućina i plinova, uslijed kretanja čestica tih medija. Zračenje omogućuje prijenos toplinske energije putem elektromagnetskih valova, pri čemu nije potreban materijalni medij.

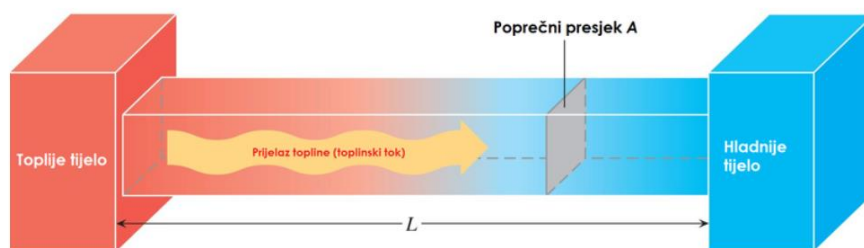
Osim ova tri glavna načina prijenosa topline, postoje i dodatni procesi kao što su isparavanje, kondenzacija i toplinska difuzija, koji igraju značajnu ulogu u određenim uvjetima [1].

3.1. Toplinska provodnost (kondukcija)

Kondukcija je prijenos topline kroz materijal zbog temperaturne razlike između susjednih tvari. Toplina se prenosi s molekule na molekulu kroz izravni kontakt bez makroskopskog gibanja materijala, slika 8. Ovaj način prijenosa je karakterističan za krute tvari, iako se može pojaviti i u tekućinama i plinovima [1]. Brže molekule, s većom energijom, prenose tu energiju sporijima.

Ovaj proces traje dok se prosječne brzine molekula, a time i temperature, ne izjednače. U metalima, prisutnost slobodnih elektrona značajno poboljšava provođenje topline, što čini metale efikasnim vodičima topline. Često se javlja situacija kada toplina prelazi s čvrste stijenke na fluid ili obrnuto, čime dolazi do izmjene topline između čvrstih površina i okolišnih fluida. Poseban oblik ove pojave javlja se kada dolazi do promjene agregatnog stanja fluida, primjerice prilikom isparavanja kapljevine s ogrjevne površine ili kondenzacije pare na rashladnim površinama stijenke, slika 8 [1].

Ako zagrijete jedan kraj metalne šipke, toplina će se provoditi duž šipke na drugi kraj zbog vibracija atoma i molekula. Taj prijenos topline odvija se isključivo zbog temperaturne razlike između susjednih molekula u materijalu.



Slika 8: Toplinska provodnost (kondukcija)[2]

3.2. Toplinska struja (konvekcija)

Konvekcija je prijenos topline pomoću gibanja fluida, bilo plina ili tekućine, slika 9. Postoje dvije vrste konvekcije:

- **Prirodna konvekcija:** Ova vrsta konvekcije se javlja kada toplinska energija uzrokuje promjenu gustoće fluida, što rezultira pokretanjem fluida. Topliji, manje gust fluid se diže, dok se hladniji, gušći fluid spušta. Zagrijavanje zraka iznad radijatora koji se diže prema stropu, dok se hladniji zrak spušta prema podu
- **Prisilna konvekcija:** Nastaje kada vanjska sila, poput ventilatora ili pumpe, uzrokuje kretanje fluida. Primjer prisilne konvekcije je uporaba ventilatora za ravnomjernije raspoređivanje topline u prostoriji. Ovaj oblik konvekcije je intenzivniji jer se ostvaruje više sudara između čestica u kraćem vremenskom periodu, što ubrzava prijenos topline.

[3]



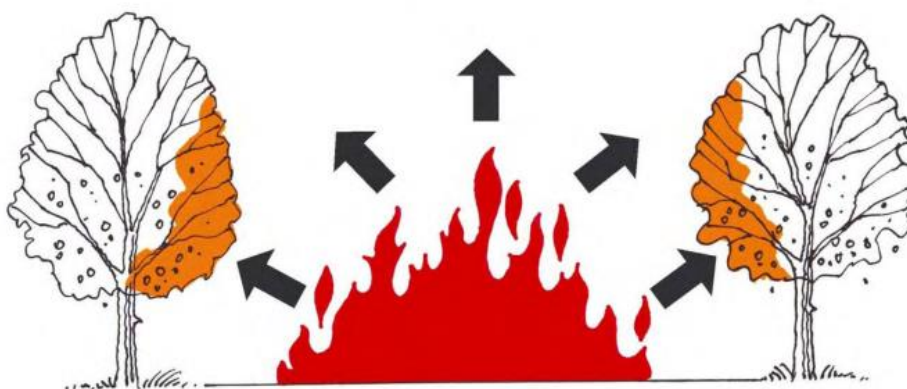
Slika 9: Toplinska struja (konvekcija)[4]

3.3. Radijacija (zračenje vatre)

Radijacija je prijenos topline putem elektromagnetskih valova, posebno infracrvenog zračenja, slika 10. Za razliku od kondukcije i konvekcije, radijacija ne zahtijeva materijalni medij za prijenos topline, može se dogoditi kroz vakuum. Zračenje vatre može biti štetno za

ljude, ovisno o intenzitetu, trajanju izloženosti i vrsti zračenja. Iako je većina zračenja od vatre u obliku toplinskog (infracrvenog) zračenja koje osjećamo kao toplinu, dugotrajna ili intenzivna izloženost može imati posljedice na zdravlje. Iako vatra može emitirati male količine ultraljubičastog (UV) zračenja, to je obično zanemarivo u svakodnevnim situacijama [1].

Zračenje vatre iz peći na drva koja se koristi za grijanje u kućanstvu obično nije štetno za ljude pod normalnim uvjetima. Međutim, postoje određene okolnosti u kojima dugotrajna izloženost može imati negativne učinke, iako su ti rizici obično minimalni ako se peć koristi pravilno i uz odgovarajuće mjere opreza. Toplina koju peć na drva emitira putem infracrvenog zračenja može se osjetiti kao ugodna toplina na koži. Ovo infracrveno zračenje je prirodan oblik prijenosa topline i nije štetno pri normalnim razinama koje peć na drva emitira. Ipak, ako se osoba predugo nalazi preblizu peći, može osjetiti nelagodu ili dobiti blage opekline.



Slika 10: *Radijacija (zračenje vatre)* [5]

Nepravilno održavana ili loše ventilirana peć na drva može osloboditi ugljični monoksid (CO), plin bez mirisa i boje koji može biti smrtonosan ako se udiše u velikim količinama. Važno je osigurati odgovarajuću ventilaciju i redovito servisiranje peći.

U većini slučajeva, sva tri načina (provođenje, konvekcija i zračenje) djeluju zajedno, što stvara dojam jedinstvene pojave. Ovi procesi mogu se svrstati u dva tipa.

- *izmjena topline* između zagrijanog čvrstog tijela i okoline, gdje tijelo emitira ili prima toplinu putem zračenja i konvekcije, dok se toplina unutar tijela prenosi provođenjem, proces se može nazvati hlađenje ili grijanje tijela
- *prolaz topline* od fluida na jednoj strani čvrste stijenke na fluid s druge strane, pri čemu su također prisutna sva tri načina prijenosa topline [1]

3.4. Prijenos topline provođenjem

Analitička teorija provođenja topline ne razmatra molekulsku strukturu materijala, već ga promatra kao kontinuum. To znači da se prostor i njegovi diferencijali promatraju kao dovoljno veliki u odnosu na molekule i njihove razmake, tretirajući materijal kao homogeni i izotropni. Toplina se prenosi provođenjem samo kada su točke u promatranom tijelu na različitim temperaturama, što uzrokuje promjenu temperature unutar kontinuiteta.

Ako se temperatura u promatranim točkama ne mijenja s vremenom, govorimo o ustaljenom temperaturnom polju, gdje je provođenje topline stacionarno, a temperatura ovisi samo o prostornim koordinatama. Temperaturno polje može biti dvodimenzijско ili jednodimenzijско, ovisno o složenosti problema [1].

3.5. Prijenos topline zračenjem

Svako tijelo emitira i apsorbira elektromagnetne valove u obliku svjetlosnih kvantuma, poznatih kao fotoni. Energija fotona, iako mala i proporcionalna frekvenciji, omogućuje kontinuirani spektar elektromagnetnih valova. Za širenje ovih valova nije potrebna materijalna supstancija, što znači da se mogu kretati i kroz vakuum .

Ukupno zračenje koje dolazi s površine nekog tijela naziva se svjetloća površine. Ova svjetloća sastoji se od reflektiranog, propuštenog i vlastitog zračenja. Dok reflektirano i propušteno zračenje potječu iz drugih tijela, vlastito zračenje dolazi iz samog tijela [1].

3.6. Dodatni načini prijenosa topline

Dok su kondukcija, konvekcija i radijacija osnovni načini prijenosa topline, postoje i dodatni načini koji su važni u specifičnim kontekstima [1]:

- *Izmjena topline isparavanjem i kondenzacijom:* ovo se odnosi na prijenos topline koji se događa kada se tekućina pretvara u plin (isparavanje) ili kada se plin kondenzira u tekućinu. Ovi procesi uključuju značajne promjene toplinske energije. Ovaj način prijenosa topline može utjecati na kućanstvo u slučaju istovremenog kuhanja na peći.
- *Toplinska difuzija:* u fluidima, toplina se također može prenositi difuzijom, gdje molekule s višom energijom prenose toplinu na molekule s nižom energijom, što je više mehanizam molekularnog sudara nego makroskopskog gibanja.

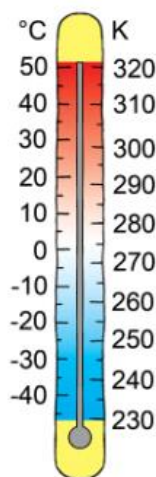
4. MJERNI UREĐAJI TEMPERATURE

Mjerni uređaji su u strojarskom području važni instrumenti, kako bih se znalo služiti njima prvo se treba upoznati s uređajima, te proučiti i pratiti uputstva. U današnje vrijeme postoji mnogo izmjerenih i ispitanih podataka no kako bi se uvjerali u njih potrebno je samostalno ispitati željeno, za to nam je potrebno znanje o mjernim instrumentima. Ovaj seminar sadrži tri mjerna instrumenta za mjerenje temperature prostora i drva; živin termometar, higrometar, mjerač vlažnosti drveta, te nekoliko mjernih instrumenta za mjerenje temperature zidova.

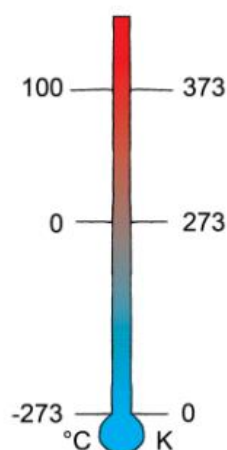
4.1. Živin termometar

Živin termometar je učinkovit za mjerenje temperature živog bića te u našem slučaju prostorija glede pravilnog toplinskog širenja kada živa dođe u doticaj temperature sustava, vrlo brzo poprima ravnotežnu. Sastoji se od kapilare (uska staklena cjevčica) koja je na jednom kraju u obliku čašice. Na proširenom djelu (čašici) nalazi se živa, drugi kraj kapilare je zatvoren [6].

Mjerenjem temperature živinim termometrom živa se zagrija i popunjava kapilaru, te izjednačava temperaturu jer toplina prelazi s toplijeg područja na hladnije, slike 11 i 12 [6].



Slika 11: Skica živina termometara [7]



Slika 12: Živin termometar

Švedski astronom Celsius odredio je razinu žive u kapilari, razmak između položaja žive, stupanj vrenja 100°C , apsolutnu nulu, (0°C , -273.15 K), ledište,... odredio skalu na 100 jednakih dijelova, te stoti dio razmaka nazvao 1°C .

Mjerna jedinica za termodinamičke temperature jest Kelvin (K), no naše područje koristi stupanj Celzijev ($^{\circ}\text{C}$) [6].

Neki od nedostataka mjerenja živinim termometrom su lako lomljenje staklene cijevi i štetnost i toksičnost žive u doticaju s kožom, te je štetna po okoliš. Živa je metal u tekućem stanju, ima visoki koeficijent širenja pomoću topline.

Glede velikog mjerenja i nepreciznog učitavanja mjerenja, prijelaz na digitalne uređaje smatramo pouzdanijim i efikasnijim.

4.2. Higrometar (ClimaHome-Check)

Digitalni termometar radi drugačijim principom, promjenom električnog otpora metala kod promjene temperature. Odabrani uređaj je ClimaHome-Check (higrometar) koji utvrđuje relativnu vlažnost zraka te okolnu temperaturu. Uređaj memorira minimalne i maksimalne klimatske vrijednosti, slike 13, 14 i 15.

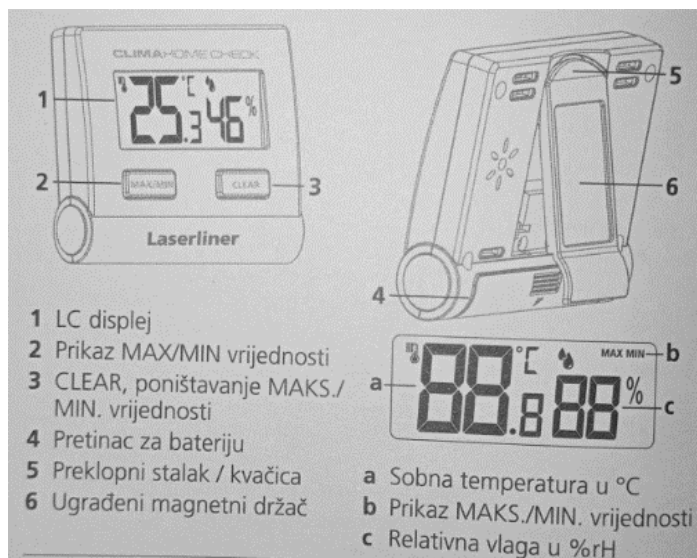
Neke od ključnih značajki su:

1. Mjerenje relativne vlažnosti zraka: sadrži higrometarski senzor koji mjeri relativnu vlažnost zraka pomoću promjena električnog otpora ili kapacitivnosti materijala unutar senzora.
2. Mjerenje temperature: digitalni termometar koji koristi termistor (električni termootpornik) za precizno mjerenje temperature okoline.
3. Memoriranje klimatskih vrijednosti: uređaj može pohraniti i prikazati minimalne i maksimalne zabilježene vrijednosti temperature i vlažnosti, što pomaže korisnicima u praćenju promjena klimatskih uvjeta tijekom vremena.



Slika 13: *ClimaHome-Check prednja strana* **Slika 14:** *ClimaHome-Check stražnja strana*

Sastoji se od rasklopnog stalka s integriranim prijanjajućim magnetima koji omogućavaju postavljanje kao stolnog uređaja ili na metalne površine. Izvor napajanja je baterija (1,5 V LR03 (AAA)), dimenzije (Š x V x D) = 66 x 57 x 17 mm, masa 47 g.



Slika 15: Uputstva ClimaHome-Check

4.3. Mjerač vlage (Wisent)

Mjeračem vlage, slika 16 izmjerena je vlažnost drva, slika 17 s kojim grijemo kućanstvo. Kapacitet mjerenja vlažnosti drveta je od 6% do 44%. Preciznost je $< 30\% = \pm 2\%$, $> 30\% = \pm 4\%$.

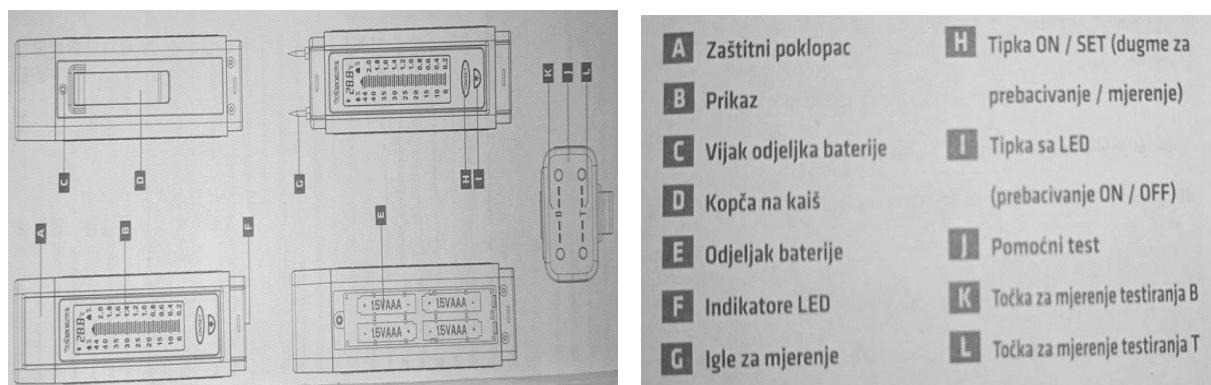


Slika 16: Mjerač vlage



Slika 17: Mjerenje vlažnosti drva

Na slikama 18 i 19 su označeni dijelovi mjerača vlage od A do L.



Slika 18 i 19. Uputstva mjerača vlage

Svježe obrađena drva sadrže i do 50% vode u svojoj težini, što značajno smanjuje njihovu ogrjevnu vrijednost. Da bi drvo postiglo optimalnu suhoću, potrebno ga je sušiti, ovisno o vrsti drveta, od jedne do dvije godine na pravilno ventiliranom mjestu, zaštićenom od kiše. Drvo je spremno za upotrebu kad sadržaj vlage padne na otprilike 20%.

Mjeračem vlage je izmjerena vlažnost drva od 15% stoga nije potrebno dodatno sušiti drva kako bi njihova učinkovitost bila bolja. Procjenjuje se da iz cjepanice prosječne veličine, s početnim sadržajem vlage od 50%, treba ukloniti oko 475 ml vode, gotovo pola litre, prije upotrebe. Drvo koje se koristi za ogrjev u ne smije imati udio vode veći od 25% [8].

Ako se drvo ne osuši pravilno, može doći do stvaranja plijesni i gljivica, što ne samo da dodatno smanjuje njegovu energetska učinkovitost, nego i predstavlja zdravstveni rizik. Pravilno osušeno drvo ne samo da bolje gori, nego i smanjuje emisiju štetnih tvari poput dima i čađe, što doprinosi čistijem izgaranju i dužem vijeku trajanja peći. Uz sušenje, važno je osigurati da je drvo pravilno nasječeno na manje cjepanice jer manji komadi brže gube vlagu. Primjena suvremenih tehnika sušenja, poput solarnog sušenja ili korištenja sušara na biomasu, može značajno ubrzati proces i dodatno poboljšati energetska vrijednost drva. Također, skladištenje drva na povišenim paletama osigurava bolju cirkulaciju zraka i sprječava apsorpciju vlage iz tla [8].

5. EKSPERIMENTALNI DIO

Kućanstvo ima ovelika odskakanja temperature prostora na osjet. Sastoji se od jedanaest prostorija (A,B,C,...L) neke od njih su otvorenog prostora. U radu postoje nekoliko vrsta mjerenja temperature prostora, temperature zidova i peći od predane topline peći na ogrjevna drva, mjerenih s više mjernih uređaja. Podaci se mogu iščitati iz tabličnih i grafičkih prikaza.

5.1. MJERENJA TEMPERATURE PROSTORA

Pomoću ClimaHome-Check uređaja izmjerene su prosječne vrijednosti temperature metodom aritmetičke sredine većih broja mjerenja za svaku prostoriju, te njihove relativne vlažnosti zraka u periodu od desetak dana.

5.1.1. Kruženje topline u kućanstvu

Budući da se radi o antiknoj kući s dijelom drvene konstrukcije, drvo kao materijal prirodni je nositelj topline i polako je ispušta, dok može postojati i dio zidova ili podova koji su manje izolirani i koji brže gube toplinu. S obzirom na to da se koristi peć na ogrjevna drva smještena u termalnoj prostoriji (B), ona će biti glavni izvor topline u kući. Položaj peći je ključan za razumijevanje distribucije topline kroz prostorije.

Kao ulazni prostor, ulaz (A) će biti najhladniji jer je najizloženiji vanjskim uvjetima. Budući da vodi direktno u termalnu prostoriju (B), toplina iz peći će se samo djelomično distribuirati u ulaz (A), ali neće biti dovoljno da ga značajno zagrije, posebno zbog male kvadrature i čestog otvaranja vrata. Termalna prostorija (B) će biti najtoplija u kući, nalazi se u središtu i povezuje s drugim ključnim prostorijama (boravak C i D), ona će igrati ključnu ulogu u distribuciji topline kroz kuću.

Topli zrak će prirodno ići prema gore i kroz otvorena vrata prelaziti u susjedne prostorije. Boravak (C) je smješten odmah uz termalnu prostoriju (B), bit će druga najtoplija prostorija, glede prirodno širenja topline, posebno kroz vrata koja su stalno otvorena. Kao jedna od prostorija gdje se najviše vremena provodi, održavanje topline će biti važno. S obzirom na otvoreni plan, toplina će se širiti i prema drugim susjednim prostorijama (kuhinja (F), blagovaona (E)). Boravak (D) također će biti relativno topla prostorija zbog blizine peći u termalnoj prostoriji (B). Toplina će putovati kroz boravak (C), blagovaonu (E) i termalnu

prostoriju (B) te prijeći u boravak (D). Međutim, staklena stijena može biti izazov za zadržavanje topline, posebno u hladnijim mjesecima, jer staklo nije dobar izolator. Kuhinja (F) će primiti toplinu iz boravka (C), ali će zbog svoje male kvadrature i mogućeg prisustva hladnijih površina (pločice, radne ploče) biti hladnija od ostatka prostora. Kućanski uređaji poput pećnice mogu dodatno zagrijati prostoriju, stvarajući mješovitu temperaturu.

Blagovaona (E) će dobivati toplinu iz boravka (C) i boravka (D) budući da se nalazi blizu unutarnjih zidova i ima relativno dobru izolaciju. Garderoba (H) kao manja prostorija s manje protoka zraka, bi mogla biti jedna od hladnijih prostorija, posebno ako nema direktan dotok topline iz boravka (C). Ukoliko je solidno izolirana, može zadržavati nešto topline, ali će ipak biti hladnija od susjednih prostorija. Spavaća soba (I) će primiti iznimno malo količinu topline. S obzirom na veličinu, postoji mogućnost da toplina neće biti ravnomjerno raspoređena, što znači da neki dijelovi sobe mogu biti hladniji, posebno ako prozori nisu dobro izolirani. Stubište (J) će prirodno provoditi toplinu iz nižih prostorija prema gornjoj sobi (L) u potkrovlju. Budući da je smješteno uz boravak (D) i uzlazni zrak s donjih katova, stubište (J) će biti toplo, ali postoji mogućnost gubitka topline kroz prozore ili neizolirane dijelove.

Soba (L) u potkrovlju će biti zanimljiva jer se proteže iznad nekoliko prostorija. Kao najveća prostorija, trebat će više topline da se ugrije. Budući da toplina prirodno putuje prema gore, soba (L) u potkrovlju će dobiti toplinu iz stubišta (J), ali može biti osjetljivija na promjene temperature zbog prozora ili slabe izolacije krova. Iako će toplina dolaziti odozdo, veći prostori imaju tendenciju da se sporije zagrijavaju, pa će soba možda biti hladnija u kutovima ili na rubovima. Kao vanjski prostor, spremište (K) će prirodno biti najhladnija i može služiti kao izvor hladnog zraka ako vrata prema njoj nisu dobro zatvorena.

Zaključujemo da će boravak (C) i boravak (D) imati najviše koristi od peći i biti najtoplije. Otvoreni raspored kuće će doprinosi boljoj distribuciji topline, ali također znači da toplina može brzo otići prema sobama s većom kvadraturom ili prema potkrovlju, što može smanjiti ukupnu učinkovitost grijanja. Također važno je održavati ravnotežu između grijanja, izolacije, i cirkulacije zraka kako bi se postigla ujednačena temperatura u cijeloj kući.

5.1.2. TABLICE I GRAFOVI

U priloženim tabličnim i grafičkim prikazima možemo iščitati izmjerene podatke kućanstva. Prikazuju prosječnu temperaturu prostorija (A,B,C,...L) kroz dan kada su prostorije otvorenih vrata, zatvorenih vrata, temperature na najvišem području prostorija, temperaturu na najnižem području i prosječnu temperaturu u sredini prostorije, koja obično predstavlja najstabilniju temperaturnu zonu, budući da nije izravno izložena vanjskim zidovima, podovima ili stropovima. Mjerene su prosječne temperature na površini poda, koja je često niža zbog kontakta s hladnijim slojevima ispod, posebno ako prostor nije dobro izoliran te prosječne temperature na stropu, koje mogu biti više zbog prirodnog fenomena uzdizanja toplog zraka.

5.1.2.1. Prosječna temp. prostorija kroz dan u zagrijanom prostoru

Iz tablice 1 možemo iščitati da je kroz dan najhladnija prostorija spavaća soba (I) s temperaturom od 15,2 °C, najnižom od 11,8 °C i najvišom od 16,4 °C temperaturom. Najtoplija prostorija je termalna prostorija (B) s 25 °C, najnižom temperaturom od 21,7 °C i najvišom temperaturom od 37,5 °C.

Tablica 1: *Prosječna temp. prostorija sa otvorenim vratima*

PROSJEČNA TEMP. PROSTORIJA KROZ DAN U ZAGRIJANOM PROSTORU			
OTVORENA VRATA	SREDINA PROSTORIJE (°C)	POD (°C)	STROP (°C)
Ulaz	13,3	11,4	14,2
Termalna prostorija	25	21,7	37,5
Boravak C	21,2	17,2	25,8
Toalet	12,9	11	14,1
Kuhinja	18,8	14	22,4
Blagovaona	20,7	17	21,7
Garderoba	20,3	15,1	21,8
Spavaća soba	15,2	11,8	16,4
Boravak D	21,7	13,7	25,7
Stubište	20,4	18,6	23,5
Soba na katu	21,8	19,4	22,5

5.1.2.1.1. Analiza - prosječna temp. prostorija kroz dan u zagrijanom prostoru

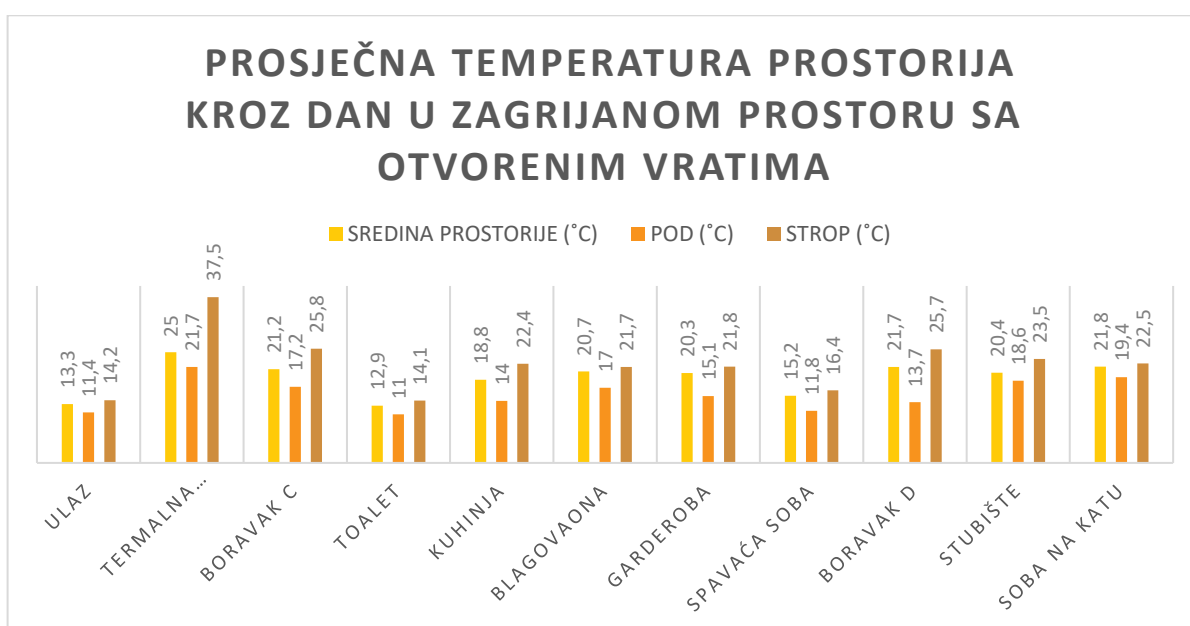
Ulaz (A) ima niže temperature u svim zonama, što je tipično za prostorije koje nisu direktno grijane. Temperatura stropa je 14,2 °C što je više nego na podu gdje je 11,4 °C, ukazuje na minimalan dotok topline, ali nedovoljno za značajnije zagrijavanje. Sredina prostorije iznosi 13,3 °C. Termalna prostorija (B) je izuzetno topla, sa značajno višom temperaturom stropa od 37,5 °C. Ovo može biti zbog koncentriranog izvora topline u prostoriji ili loše izolacije stropa, što dovodi do akumulacije toplog zraka. Temperatura poda iznosi 21,7 °C, a sredina prostorije iznosi svega 21,7 °C što je značajno manje od temperature stropa. Boravak (C) je ugodno grijana prostorija, ali s primjetnom razlikom između poda koji iznosi 17,2 °C i stropa s 25,8 °C. Razlika od 8,6°C između poda i stropa sugerira da topline možda nije ravnomjerno distribuirana. Dok sredina prostorije sadrži 21,2 °C.

Toalet (G) je jedna od hladnijih prostorija, razlog toga je minimalno grijanje. Temperatura poda je 11 °C dok je temperatura stropa 14,1 °C. Razlika između stropa i poda je mala, što sugerira na slab prijenos topline. Sredina prostorije iznosi 12,9 °C. Kuhinja (F) ima značajan raspon temperatura, s toplijim stropom od 22,4 °C zbog otvorenosti prostora te kuhinjskih uređaja koji generiraju toplinu. Ovo može također ukazivati na nedovoljnu ventilaciju. Pod iznosi 14 °C što je iznimno hladno u odnosu na temperaturu stropa, osrednja temperatura prostorije iznosi 18,8 °C.

Blagovaona (E) je dobro uravnotežena u smislu temperature. Razlika između temperature stropa i poda nije prevelika, što ukazuje na relativno dobro zagrijavanje cijele prostorije. Strop iznosi ugodnih 21,8 °C, pod 17 °C i središnji dio prostorije 2,7 °C. Možemo zaključiti da prostorija nema velikih eskalacija te da je topline uravnotežena. Garderoba (H) je relativno topla sa stropom od 21,8 °C i središnjom temperaturom od 20,3 °C, ali s hladnijim podom od 15,1 °C. Toplina se više zadržava na višim dijelovima prostorije, dok je pod hladan zbog blizine vanjskih zidova ili neadekvatne izolacije.

Spavaća soba (I) je jedna od najhladnijih prostorija, pod iznosi svega 11,8 °C, strop 16,4°C i središnji dio prostorije 15,2 °C. To može biti znak loše izolacije, okruženosti vanjskih zidova ili manjka grijanja u ovoj prostoriji, što može utjecati na ugođaj boravljenja u toj prostoriji. Boravak (D) je slična prostorija boravku (C) po temperaturi, ali s još većom razlikom između poda i stropa, što ukazuje na slabu distribuciju topline prema podu. Temperatura stropa iznosi 25,7 °C dok poda 13,7 °C što nam daje veliku razliku od 12 °C. Središte prostorije iznosi 21,7

°C. Stubište je relativno toplo, s manjim razlikama između srednje vrijednosti temperature najviše i najniže točke poda i srednje vrijednosti stropa, što sugerira dobru cirkulaciju toplog zraka koji putuje od termalne prostorije (B) prema sobe (L) na katu. Temperatura poda je 18,6°C, stropa 23,5°C a, središte stepeništa iznosi 20,4 °C. Soba (L) na katu ima male temperaturne razlike, što sugerira dobar prijenos topline i ugodan boravak. Pod iznosi ugodnih 19,4 °C, strop 22,5 °C te središte prostorije 21,8 °C. Izmjerene temperature možemo iščitati iz grafa 1.



Graf 1: Prosječna temp. prostorija sa otvorenim vratima

5.1.2.2. Rellativna vlažnost zraka prostorija kroz dan u zagrijanom prostoru

Tablica 2 sadrži podatke o relativnoj vlažnosti zraka u postotcima (%) koji su sukladni prikazanim temperaturama iz tablice (Tablica 1.). Vidljivo je da najvišu relativnu vlažnost zraka sadrži toalet (G) po svim mjerenjima, a najnižu termalnoj prostorija (B). Mjerenja su obavljena u grijanim prostorijama, pri čemu su vrata svih prostorija bila otvorena, što omogućuje slobodnu cirkulaciju zraka i utječe na distribuciju vlažnosti.

Tablica 2: *Relativna vlažnost zraka otvorena vrata*

RELATIVNA VLAŽNOST ZRAKA PROSTORIJA KROZ DAN U ZAGRIJANOM PROSTORU			
OTVORENA VRATA	SREDINA PROSTORIJE	POD	STROP
Ulaz	38%	41%	38%
Termalna prostorija	31%	31%	23%
Boravak C	48%	44%	39%
Toalet	62%	59%	59%
Kuhinja	38%	39%	35%
Blagovaona	37%	39%	35%
Garderoba	33%	38%	33%
Spavaća soba	40%	41%	38%
Boravak D	37%	39%	32%
Stubište	43%	48%	42%
Soba na katu	43%	46%	44%

5.1.2.2.1. Analiza - Relativna vlažnost zraka prostorija kroz dan u zagrijanom prostoru

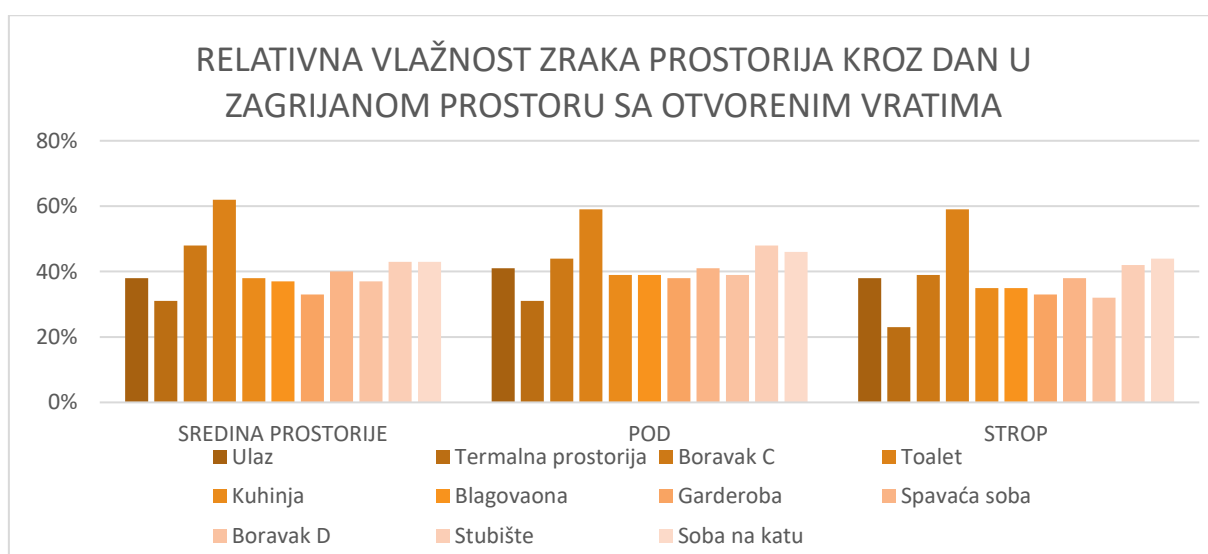
Ulaz (A) ima relativno ujednačenu vlažnost zraka između sredine prostorije 38%, poda 41% i stropa 38%, s blagim povećanjem vlažnosti pri podu. Termalna prostorija (B) ima nisku relativnu vlažnost, posebno pri stropu, gdje je vlažnost najniža a iznosi 23%. Ukazuje na suhoću zraka u ovoj prostoriji, što može biti rezultat intenzivnog grijanja ili slabe cirkulacije zraka. Pod ima vlažnost zraka od 31% kao i sredina prostorije. Potrebno je češće provjetravanje zraka zbog štetnih otpuštenih tvari u zraku pomoću sagorijevanja. Boravak (C) ima visoku relativnu vlažnost u sredini prostorije 48%, koja opada prema stropu 39%. Ovo može biti znak dobre ventilacije u prostoru, ali i različitih uvjeta koji utječu na distribuciju vlažnosti. Pod sadrži 44% vlažnosti zraka.

Toalet (G) ima najvišu relativnu vlažnost zraka u odnosu na sve ostale prostorije, što je očekivano zbog prisutnosti vode i moguće kondenzacije vlage. Vlažnost je gotovo ujednačena kroz cijelu prostoriju. U središtu prostorije vlažnost zraka je najviša a iznosi 62%, dok je na podu i stropu 59% vlažnosti. Kuhinja (F) pokazuje relativno ujednačenu vlažnost, s blagim smanjenjem vlažnosti prema stropu 35%. Ovo može biti rezultat aktivnosti u kuhinji, poput kuhanja, koje generira paru, ali i dobrog provjetravanja koja sprječava nakupljanje vlage. Središte prostorije sadrži 38 % vlažnosti, a pod 39%. Blagovaona (E) ima sličan obrazac

raspodjele vlage kao kuhinja (F), s blagim padom vlažnosti prema stropu 35%. Ovo je znak stabilnog mikroklimatskog uvjeta s laganim razlikama. Vlažnost zraka na sredini blagovaone sadrži 37% dok pri podu 39%. Garderoba (H) ima nižu relativnu vlažnost s malo višom vlažnošću blizu poda, što može biti posljedica manjka ventilacije ili koncentracije vlage na nižim visinama. Vlažnost zraka pri podu sadrži 38% no u središtu prostorije i stropu podjednaku vlažnost od 33%.

Spavaća soba (I) ima ujednačenu vlažnost s blagim porastom pri podu koja iznosi 41%. Mjerenja ukazuju na stabilne uvjete vlažnosti koji su ugodni za boravak u odnosu na prijašnja mjerenja temperature. Sredina prostorije iznosi 40% te vlažnost na stropu 38% vlage. Boravak (D) ima pad vlažnosti prema stropu 32%, što je sličan obrazac kao u blagovaoni (E) i kuhinji (F). Ovo može biti rezultat različitih izvora vlage i distribucije toplog zraka glede kojih vlažnost zraka raste u sredini prostorije do 37% vlage i na podu prostorije od 39% vlage.

Stubište (J) pokazuje blagi porast vlažnosti blizu poda. Ovo može biti rezultat skupljanja vlage zbog manjka ventilacije ili toplog zraka koji se diže, dok hladniji i vlažniji zrak ostaje bliže podu. Vlažnost zraka pri stropu te iznosi 42%, raste pri središtu prostorije do 43% i na podu iznosi 48% vlažnosti. Soba (L) na katu ima najravnomjerniju raspodjelu vlažnosti, s minimalnim razlikama između različitih visina. Ovo sugerira dobru ventilaciju i stabilne uvjete unutar prostorije. Pod sadrži najvišu vlažnost zraka od 46%, središte prostorije najmanju vlažnost od 43% i strop srednju vlažnost od 44%. Vlažnosti zraka iz tablice 2. možemo vidjeti na uočljivijem prikazu grafa 2.



Graf 2: *Relativna vlažnost zraka otvorena vrata*

Zaključak je da toalet (G) ima najvišu vlažnost zraka, što je očekivano zbog vode i čestih aktivnosti u toj prostoriji. Boravak (C) ima najvišu vlažnost u sredini prostorije, dok ostale prostorije pokazuju različite razlike u vlažnosti između poda i stropa. Termalna prostorija (B) pokazuje najnižu vlažnost zraka, posebno na stropu, što može biti posljedica suhog zraka ili jakog grijanja. Stubište (J) i Soba (L) na katu imaju stabilnu vlažnost kroz cijelu visinu prostorije, što ukazuje na dobru cirkulaciju zraka.

5.1.2.3. Prosječna temp. prostorija sa otvorenim vratima

Tablični prikaz (*Tablica 3.*) prikazuje prosječne temperature prostorija kroz dan u zagrijanom prostoru sa zatvorenim vratima. Neke od prostorija su otvoreni prostor, pa ta mjerenja nisu mogla biti izvršena, stoga neki od podataka nedostaju. Možemo iščitati temperaturu u središtu prostorije, temperaturu na najvišem, te najnižem području prostorije. Najtoplija prostorija s zatvorenim vratima je soba (L) na katu sa temperaturom od 19,2 °C, te najhladnija ulaz (A) s 9,1 °C.

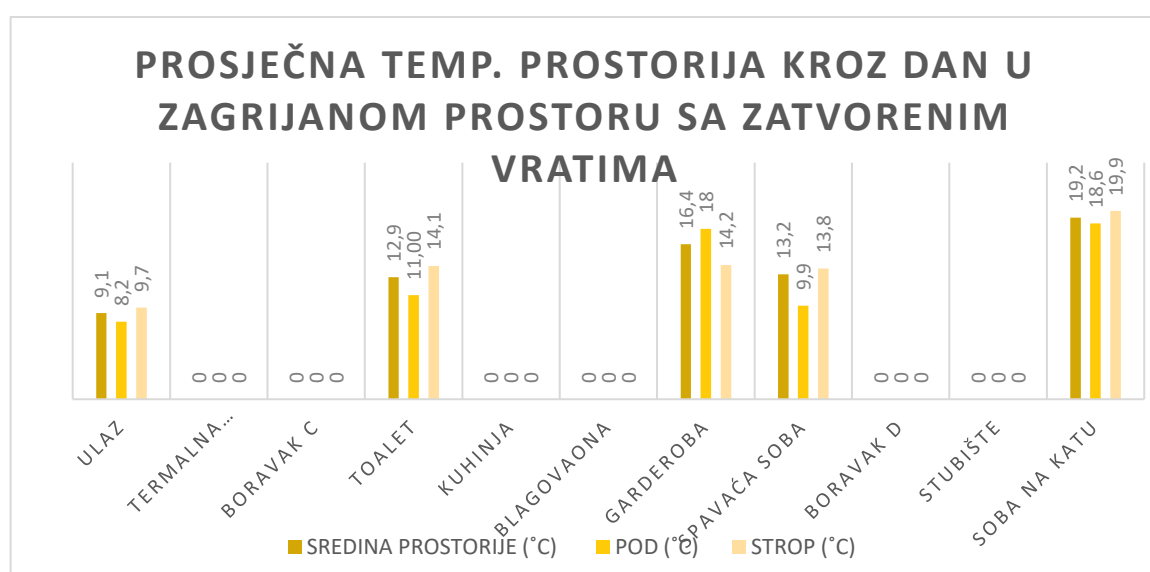
Tablica 3: *Prosječna temp. prostorija sa otvorenim vratima*

ZATVORENA VRATA	SREDINA PROSTORIJE (°C)	POD (°C)	STROP (°C)
Ulaz	9,1	8,2	9,7
Termalna prostorija	/	/	/
Boravak C	/	/	/
Toalet	12,9	11,0	14,1
Kuhinja	/	/	/
Blagovaona	/	/	/
Garderoba	16,4	14,2	18
Spavaća soba	13,2	9,9	13,8
Boravak D	/	/	/
Stubište	/	/	/
Soba na katu	19,2	18,6	19,9

5.1.2.3.1. Analiza - Prosječna temp. prostorija sa otvorenim vratima

Ulaz (A) ima blaga odskakanja temperature prostora između sredine prostorije koja iznosi 9,1 °C, poda s 8,2 °C i stropa s 9,7 °C. Navedene razlike u temperaturi su normalne za odabranu prostoriju. Termalna prostorija (B) nema vrata kako bi se željeno izmjerilo. Boravak (C) nije zatvorenog prostora stoga nije moguće izvršiti tražena mjerenja. Toalet (G) ima najvišu temperaturu u visini stropa gdje iznosi 14,1 °C, iz središta prostorije možemo iščitati temperaturu od 12,9 °C, a u visini poda možemo zaključiti da je najhladnije sa samo 11,0 °C. Kuhinja (F) i blagovaona (E) su prostorije otvorenoga tipa stoga ne možemo izmjeriti željena mjerenja. Garderoba (H) je relativno manja prostorija stoga možemo iščekivati i više temperature prostorije.

Najviša temperatura se nalazi na stropu i iznosi 18 °C, središnja temperatura iznosi 16,4 °C, a najniža temperatura u visini poda iznosi 14,2 °C. Spavaća soba (I) je jedna od najhladnijih prostorija u kući. Najviša temperatura iznosi samo 13,8 °C, što je manje od najniže temperature susjedne prostorije. Temperatura u središtu prostorije iznosi 13,2 °C, a najniža temperatura iznosi 9,9 °C, i izmjerena je u visini stropa. Prostoriju okružuju dva vanjska zida stoga je logično da je hladnija. Boravak (D) i stubište (J) su otvorenog tipa stoga nisu moguća željena mjerenja. Soba (L) na katu ima najviša mjerenja što ju čini najugodnijom prostorijom u kući. Najviša temperatura je na stropu od 19,9 °C, središnja temperatura je iznimno slična najvišoj i sadrži 19,2 °C, a najniža 18,6 °C, što je uveliko više od svih najviših temperatura u cijelom kućanstvu, graf 3.



Graf 3: Prosječna temp. prostorija sa zatvorenim vratima

5.1.2.4. Relativna vlažnost zraka prostorija kroz dan u zagrijanom prostoru

Iz tabličnog prikaza (*Tablica 4.*) možemo iščitati relativnu vlažnost zraka sukladnu temperaturama iz (*Tablica 3.*). Najvišu vlažnost ima ulaz (A) sa 52%, a najnižu garderoba (H) s 38%.

Tablica 4: *Relativna vlažnost zraka otvorena vrata*

RELATIVNA VLAŽNOST ZRAKA PROSTORIJA KROZ DAN U ZAGRIJANOM PROSTORU			
ZATVORENA VRATA	SREDINA PROSTORIJE	POD	STROP
Ulaz	52%	52%	52%
Toalet	62%	59%	59%
Garderoba	38%	36%	40%
Spavaća soba	55%	57%	55%
Soba na katu	43%	42%	46%

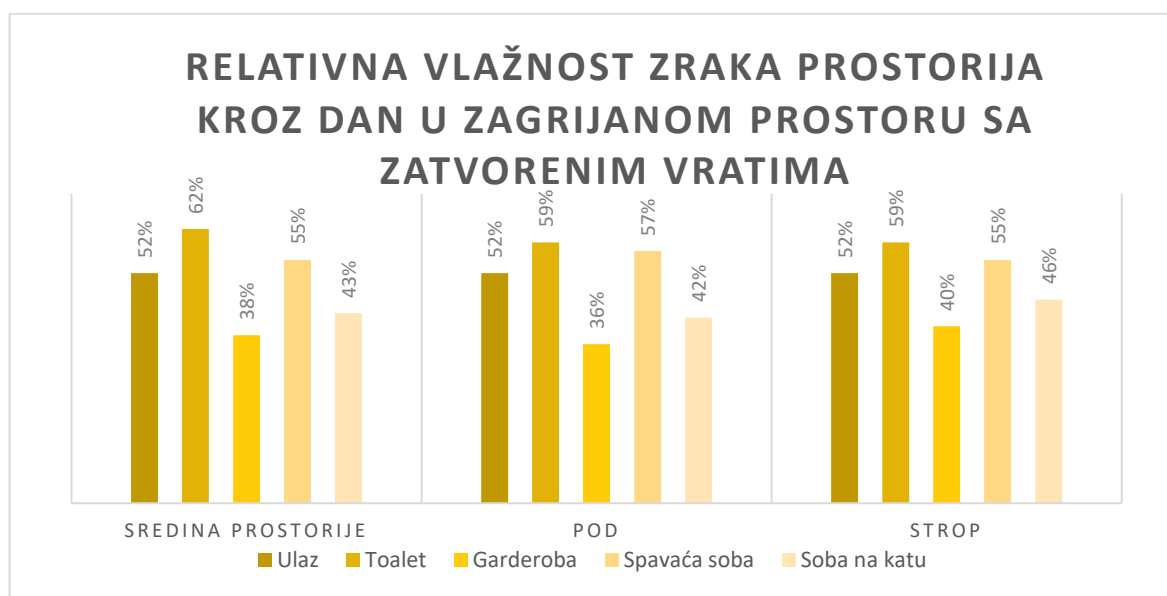
5.1.2.4.1. Analiza - Relativna vlažnost zraka prostorija kroz dan u zagrijanom prostoru

Ulaz (A) ima ujednačenu vlažnost na svim visinama, što sugerira dobro izbalansiran i stabilan klimatski uvjet unutar prostora. To ukazuje na dobru cirkulaciju zraka i pravilnu distribuciju topline. Iznos vlažnosti iznosi 52%. Kao i kod prethodne tablice, toalet (G) ima višu vlažnost zbog prisustva vode. Vlažnost je malo niža pri podu i stropu, ali razlike su minimalne, što sugerira relativno stabilne uvjete unutar prostorije. Sredina prostorije iznosi visokih 62% vlažnosti dok pod i strop 59% vlažnosti. U garderobi (H) su vlažnosti blago niže pri podu od 36% i malo više pri stropu od 36%.

Razlike su male, ali ukazuju na određenu cirkulaciju zraka koja može biti povezana s ventilacijom ili izolacijom prostorije. Središte prostorije iznosi 38% vlažnosti zraka. Spavaća soba (I) pokazuje relativno konzistentnu vlažnost između sredine i stropa, s blagim porastom vlažnosti od 2% pri podu, što bi moglo ukazivati na nižu temperaturu pri podu ili manje kretanje zraka u donjem dijelu prostorije. Vlažnost stropa i sredine prostorije iznosi 55%. Soba (L) na katu ima nešto višu vlažnost pri stropu od 46%, što može biti rezultat skupljanja toplog, vlažnog zraka na višim razinama. Razlike su male, ali ipak ukazuju na moguće promjene u ventilaciji

ili temperaturi u toj prostoriji. Pod iznosi svega 42% vlage, a središte prostorije 43%. U većini prostorija, relativna vlažnost zraka je viša kad su vrata zatvorena nego kad su otvorena. To sugerira da zatvaranje vrata može zadržavati vlagu unutar prostorije, smanjujući cirkulaciju zraka koja bi mogla osigurati ravnomjernu raspodjelu vlažnosti u cijelom prostoru.

Prostorije s viđenjem vlažnosti (Toalet (G) i Spavaća soba (I)) ukazuju na potrebu za ventilacijom kako bi se spriječilo zadržavanje prevelike količine vlage, što može dovesti do problema poput plijesni. U zimskim mjesecima, kada su grijanje i zatvorena vrata češći, može doći do povećanja unutarnje vlažnosti (graf 4), zbog manjka ventilacije i dodatnog izvora vlage (kao što je npr. sušenje vlažne odjeće).



Graf 4: *Relativna vlažnost zraka zatvorena vrata*

5.1.2.5 Zagrijavanje peći i širenje topline

U nastavku slijedi tablični prikaz zagrijavanja peći i njezino širenje topline (Tablica 5.) iz kojega se može iščitati koliko je vremena potrebno odabranoj peći iz slike 2, da se u potpunosti zagrije, te postupne promjene temperature prostorije (Termalna prostorija (B)) u kojoj se nalazi. Vidljiv je vremenski period od cca 2 h i porast za 0.5 °C sve do sporijeg širenja temperature (peć ugrijana), te promatranje porasta svakih 5 min zbog minimalnih razlika u temperaturi, navedeno vidljivo je i na grafu 5. Također možemo iščitati razlike u relativnoj vlažnosti zraka s porastom temperature iz grafa 6. Zaključujemo da je peći potreban veći vremenski period do potpunog zagrijavanja i da vlažnost zraka pada za cca 10%.

Tablica 5: Zagrijavanje peći i širenje topline

ZAGRIJAVANJE PEĆI I ŠIRENJE TOPLINE			
	VRIJEME (h)	TEMP. (°C)	RELATIVNA VLAŽNOST ZRAKA
1.	7:35	16,5	44%
2.	7:50	17	44%
3.	8:00	17,5	43%
4.	8:10	18	42%
5.	8:15	18,5	42%
6.	8:20	19	41%
7.	8:23	19,5	41%
8.	8:30	20	40%
9.	8:36	20,5	39%
10.	8:42	21	39%
11.	8:47	21,5	38%
12.	8:52	22	38%
13.	8:56	22,5	38%
14.	9:03	23	37%
15.	9:10	23,5	36%
16.	9:20	24	36%
	sporije širenje temperature (peć ugrijana) promatranje porasta svakih 5 min zbog minimalnih razlika		
17.	9:25	24,4	36%
18.	9:30	24,7	36%
19.	9:35	24,8	36%
20.	9:40	25	35%
21.	9:45	25,1	35%

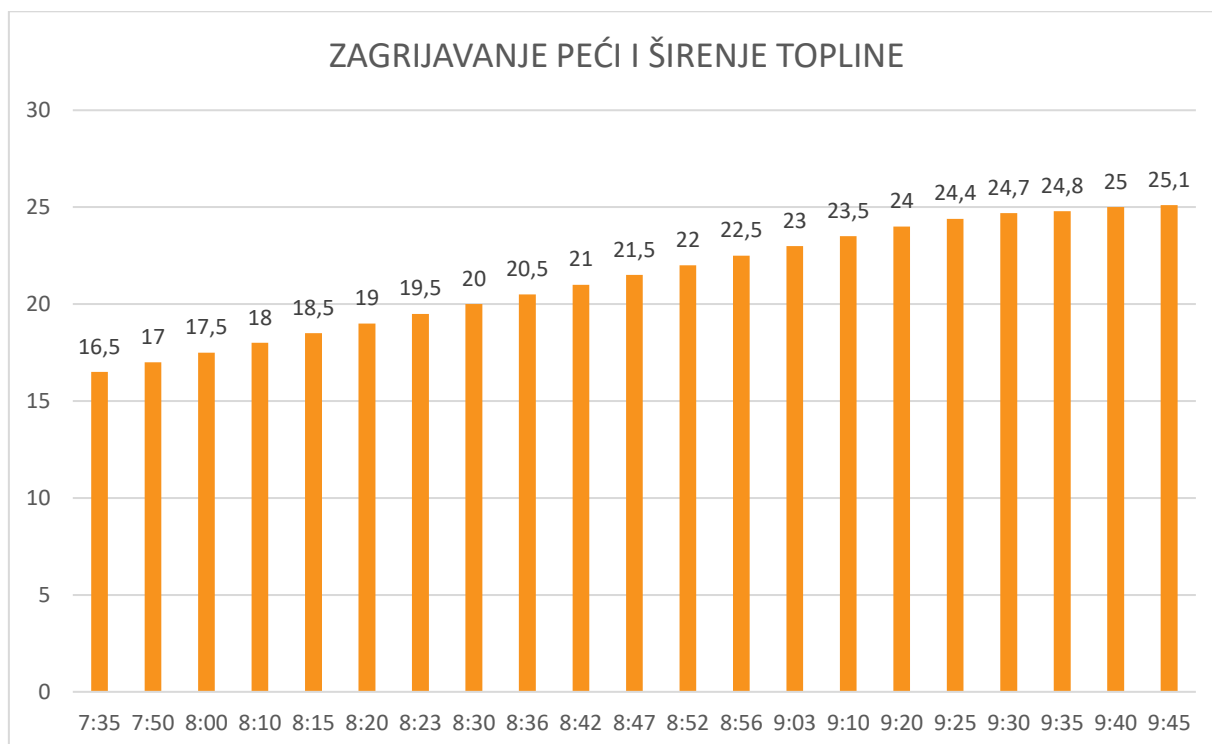
- VRIJEME (h) - vremenski intervali u kojima su mjerene temperature i relativna vlažnost zraka.
- TEMP. (°C) - temperature zabilježene u svakom vremenskom intervalu.
- RELATIVNA VLAŽNOST ZRAKA - relativna vlažnost zraka zabilježena u svakom vremenskom intervalu.

5.1.2.5.1. Analiza - Zagrijavanje peći i širenje topline

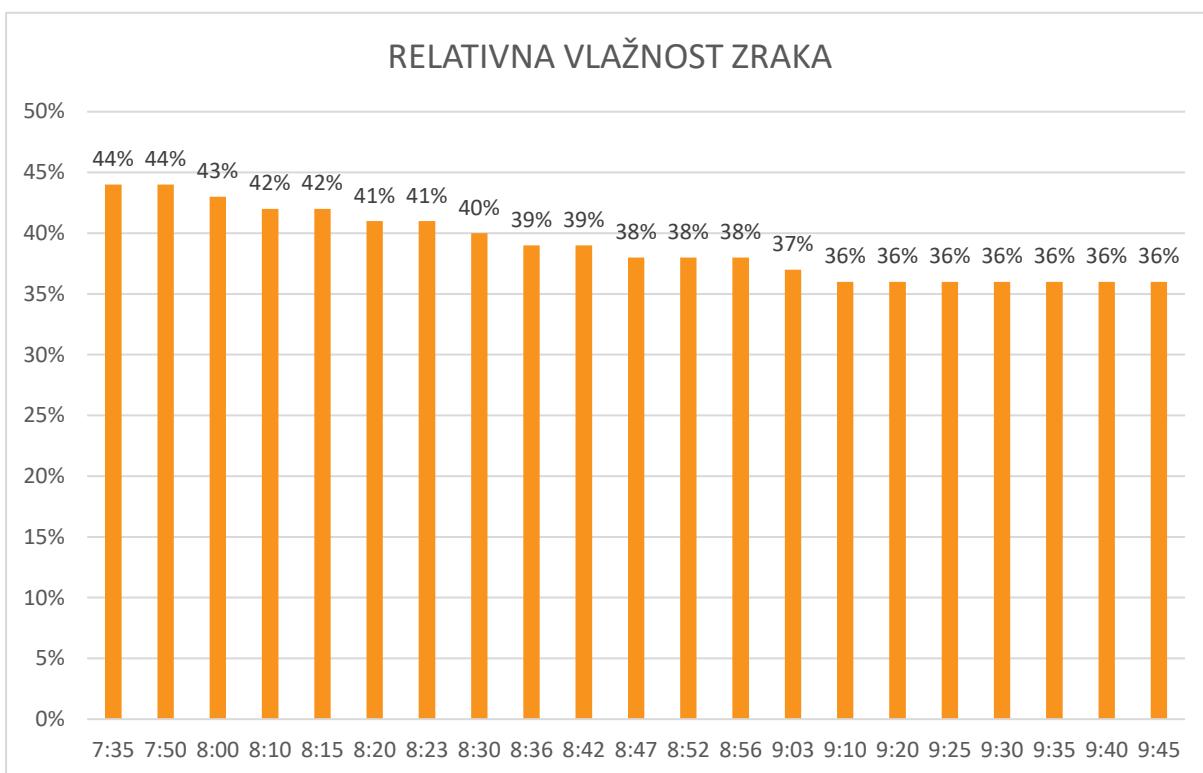
Temperatura raste jednoliko u usklađenim vremenskim intervalima, a vlažnost zraka postepeno pada s porastom temperature u vremenskom intervalu. Nakon što je peć dosegla temperaturu od 24 °C u 9:20, promjene temperature su manje, pa se mjerenja provode svakih 5 minuta uslijed ugrijanosti peći.

Peć apsorbira toplinu od gorenja drva i postepeno je prenosi na okolni zrak. U početnoj fazi, većina energije koristi se za zagrijavanje samog materijala peći. Zagrijani zrak oko peći diže se i cirkulira po prostoriji, što omogućuje ravnomjerno širenje topline. Kako je temperatura rasla, relativna vlažnost je postupno opadala, što je očekivano ponašanje vidljivo na grafu 5 i 6. Početna vlažnost zraka od 44% smanjila se na 35% pri najvećoj temperaturi.

Postoje jasni fazni prijelazi u procesu zagrijavanja peći, gdje je početna faza fokusirana na zagrijavanje same peći, srednja faza na intenzivno grijanje zraka, a završna faza na stabilizaciju temperature.



Graf 5: Zagrijavanje peći i širenje topline



Graf 6: *Relativna vlažnost zraka (zagrijavanje peći i širenje topline)*

5.1.2.6. Hlađenje peći i smanjivanje zagrijanosti prostora

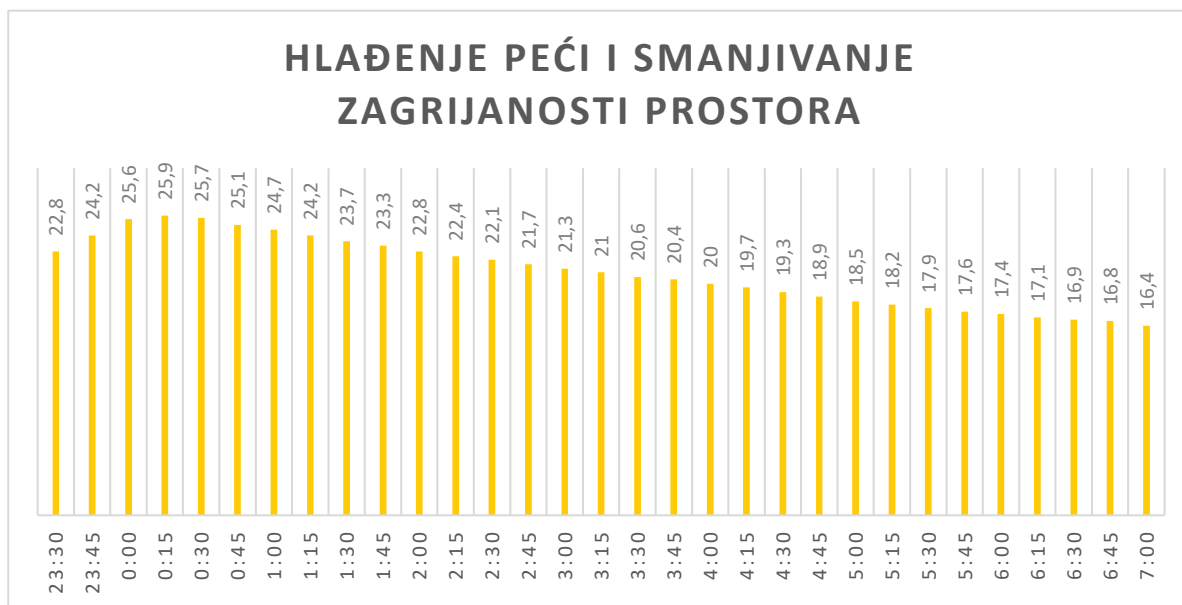
Kako smo mjerili potreban period za zagrijavanje peći (*Tablica 5.*) potreban nam je i period da se odabrana peć ohladi. Tabličnim prikazom (*Tablica 6.*) vidljiv je period od 23:30 h (zadnje bacanje drva u peć) do 07:00 h, koliko je bilo potrebno da se peć ohladi na opip ruke.

Mjerenje se odvijalo do kada temperatura prostora nije pala na početnu temperaturu s kojom smo počeli mjerenje iz (*Tablica 5.*). Razliku temperature prostora se mjerilo svakih petnaestak minuta. Prvih nekoliko mjerenja temperatura raste, zatim počinje padati.

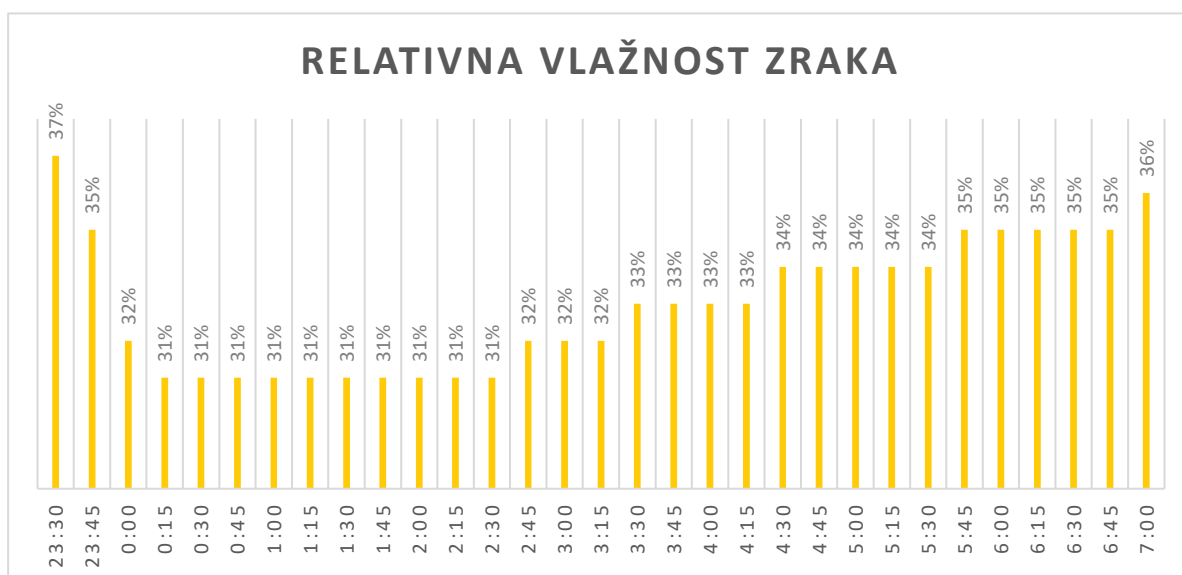
Tablica 6: *Hlađenje peći i smanjivanje zagrijanosti prostora*

Re. br.	HLAĐENJE PEĆI I SMANJIVANJE ZAGRIJANOSTI PROSTORA		
	VRIJEME (h)	TEMP (°C)	R.VLAŽNOST ZRAKA
1.	23:30	22,8	37%
2.	23:45	24,2	35%
3.	0:00	25,6	32%
4.	0:15	25,9	31%
5.	0:30	25,7	31%
6.	0:45	25,1	31%
7.	1:00	24,7	31%
8.	1:15	24,2	31%
9.	1:30	23,7	31%
10.	1:45	23,3	31%
11.	2:00	22,8	31%
12.	2:15	22,4	31%
13.	2:30	22,1	31%
14.	2:45	21,7	32%
15.	3:00	21,3	32%
16.	3:15	21	32%
17.	3:30	20,6	33%
18.	3:45	20,4	33%
19.	4:00	20,0	33%
20.	4:15	19,7	33%
21.	4:30	19,3	34%
22.	4:45	18,9	34%
23.	5:00	18,5	34%
24.	5:15	18,2	34%
25.	5:30	17,9	34%
26.	5:45	17,6	35%
27.	6:00	17,4	35%
28.	6:15	17,1	35%
29.	6:30	16,9	35%
30.	6:45	16,8	35%
31.	7:00	16,4	36%

Mjerenje počinje u 23:30 s početnom temperaturom od 22,8 °C i relativnom vlažnošću od 37%. Tijekom noći, temperatura postepeno pada, kako peć hladi prostor (*Graf 7.*). Najniža zabilježena temperatura je 16,4 °C u 7:00. Relativna vlažnost zraka u početku varira između 31% i 37%, ali se kasnije stabilizira i lagano raste prema kraju mjerenja, dostižući 36% u 7:00. Vidi se iz grafa (*Graf 8.*).



Graf 7: Hlađenje peći i smanjivanje zagrijanosti prostora



Graf 8: Relativna vlažnost zraka (Hlađenje peći i smanjivanje zagrijanosti prostora)

Tablica 6 jasno prikazuje kako se prostor hladi nakon gašenja peći. Početno povećanje temperature može biti posljedica otpuštanja preostale topline iz peći ili drugih izvora topline, ali nakon toga dolazi do kontinuiranog pada temperature. Relativna vlažnost zraka postepeno raste dok temperatura opada, što je očekivano jer hladniji zrak može zadržati manje vlage. Na kraju, prostorija se stabilizira na nižoj temperaturi i višoj relativnoj vlažnosti, što sugerira da je došlo do potpunog hlađenja peći i uspostavljanja novog termičkog balansa.

5.1.2.7. Temperature vanjskih uvjeta

Tabličnim prikazom (*Tablica 7.*) vidi se period od deset (10.01-19.01) dana kada je mjerenje unutrašnjosti prostora odrađeno, te vanjske uvjete od najviše temperature do najnižih temperatura tih dana.

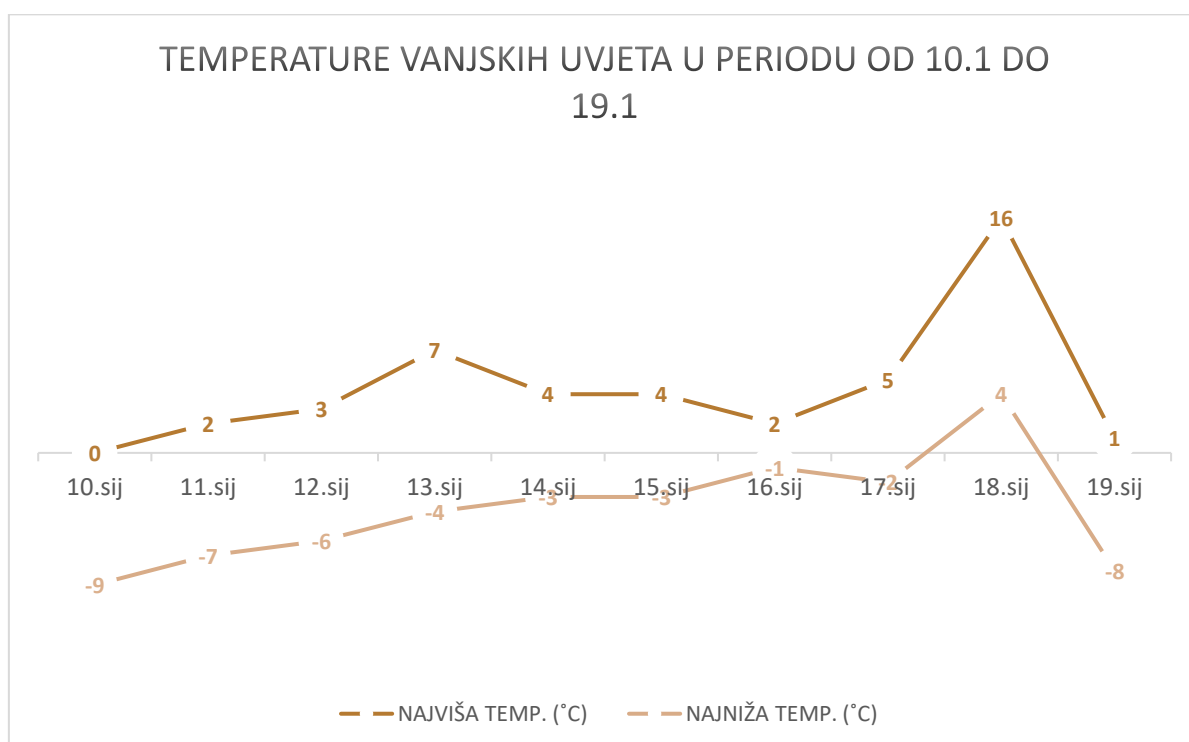
Tablica 7: *Temperature vanjskih uvjeta*

TEMPERATURE VANJSKIH UVJETA U PERIODU OD 10.1.2024 DO 19.1.2024. GOD.		
DATUM	NAJVIŠA TEMP. (°C)	NAJNIŽA TEMP. (°C)
10. sij	0	-9
11. sij	2	-7
12. sij	3	-6
13. sij	7	-4
14. sij	4	-3
15. sij	4	-3
16. sij	2	-1
17. sij	5	-2
18. sij	16	4
19. sij	1	-8

5.1.2.7.1. Analiza - temperature vanjskih uvjeta

Tablica prikazuje temperature vanjskih uvjeta tijekom perioda od 10. siječnja do 19. siječnja 2024. godine. Organizirana je u dvije glavne kolone koje predstavljaju najvišu i najnižu dnevnu temperaturu za svaki dan u tom periodu.

Jasno su vidljivi intervali temperature u kratkom vremenskom razdoblju (Graf 9.), s početkom perioda koji karakteriziraju hladniji dani, dok sredina perioda donosi toplije temperature. Temperature variraju u rasponu od najviše zabilježene temperature od 16 °C (18. siječnja) do najniže zabilježene temperature od -9 °C (10. siječnja). Na početku perioda temperature su bile znatno niže, s najvišom dnevnom temperaturom od 0 °C i najnižom od -9 °C. Kako dani odmiču, temperature postaju blaže, s blagim rastom, a zatim dosežu vrhunac od 16 °C 18. siječnja.



Graf 9: Temperature vanjskih uvjeta

5.1.2.8. Temperatura prostorija bez zagrijanosti peći

Sva protekla mjerenja temeljila su se na zagrijanosti prostora s odabranom peći, stoga sljedeća tablica 8 prikazuje temperature kada se prostor ne grije (noć). Temperature nekih prostorija su dovoljno visoke jer se prostor nije u potpunosti ohladio, no iznimno su male s obzirom na sva ostala mjerenja. Vlažnost zraka prostora se iznimno uvećala s padom temperature prostora. Tri najhladnije prostorije, s najvećom relativnom vlažnosti zraka su ulaz (A), spavaća soba (I) i toalet (G).

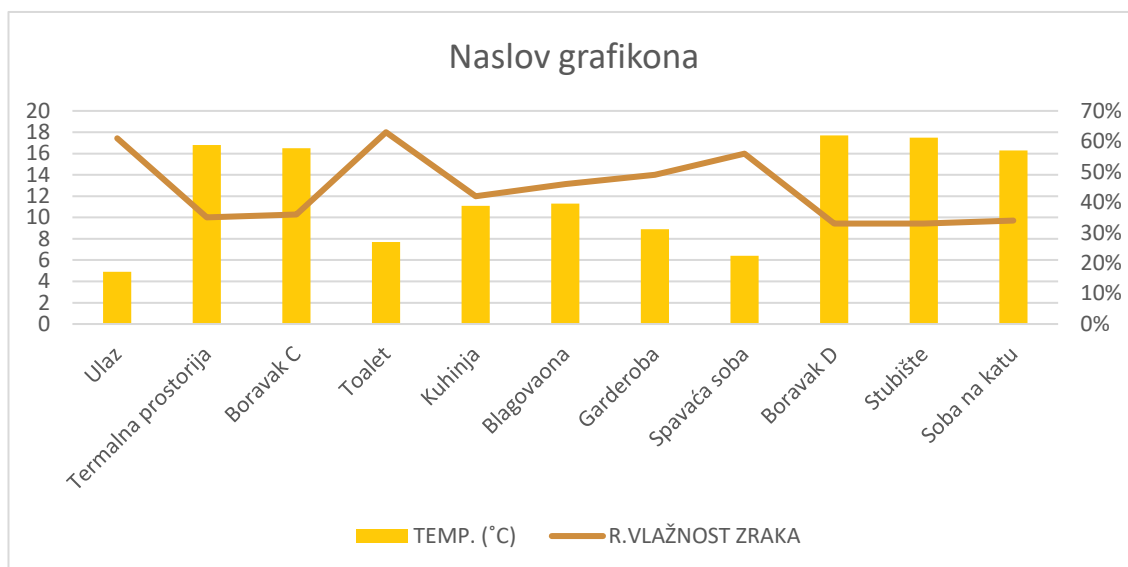
Tablica 8: *Temperatura prostorija bez zagrijanosti peći*

SREDNJA VRIJEDNOST TEMP. PROSTORIJA BEZ ZAGRIJANOSTI PEĆI			
	PROSTORIJE	TEMP. (°C)	R.VLAŽNOST ZRAKA
1.	Ulaz	4,9	61%
2.	Termalna prostorija	16,8	35%
3.	Boravak C	16,5	36%
4.	Toalet	7,7	63%
5.	Kuhinja	11,1	42%
6.	Blagovaona	11,3	46%
7.	Garderoba	8,9	49%
8.	Spavaća soba	6,4	56%
9.	Boravak D	17,7	33%
10.	Stubište	17,5	33%
11.	Soba na katu	16,3	34%

Tablica temperature prostorija bez zagrijanosti peći (*Tablica 8.*) pruža informacije o srednjim vrijednostima temperature i relativne vlažnosti zraka u različitim prostorijama bez dodatnog zagrijavanja pećima. Tablica se sastoji od tri stupca:

1. PROSTORIJE: Imena različitih prostorija u zgradi ili kući.
2. TEMP. (°C): Srednja temperatura zabilježena u svakoj prostoriji.
3. R.VLAŽNOST ZRAKA: Srednja relativna vlažnost zraka u postotcima (%).

Iz grafa temperatura prostorija bez zagrijanosti peći (*Graf 10.*) može se iščitati navedeni podatci iz tablice 8, te vidjeti variranja temperature u prostorijama kada čovjek ne utječe na temperaturnu ugodnost doma.



Graf 10: Temperatura prostorija bez zagrijanosti peći

5.1.2.8.1 Analiza - temperatura prostorija bez zagrijanosti peći

Ulaz (A) je među hladnijim prostorijama, temperature od 4,9 °C s visokom vlažnošću zraka od 61%, što može ukazivati na lošiju izolaciju ili manjak grijanja. Termalna prostorija (B) ima relativno visoku temperaturu od 16,8 °C s niskom vlažnošću zraka od 35%, što je pogodno za sušenje stvari ili skladištenje. Boravak (C) je relativno topao s temperaturom od 16,5 °C i srednjom vlažnošću zraka od 36%, što je ugodno za boravak. Toalet (G) je hladna prostorija koja ima 7,7 °C, s vrlo visokom vlažnošću od 63%, što može uzrokovati kondenzaciju i potencijalnu pojavu vlage na zidovima. Kuhinja (F) ima umjerenu temperaturu od 11,1 °C i vlažnost zraka od 42%, što je idealno za prostoriju u kojoj se priprema hrana. Blagovaona (E) je također umjerene temperature 11,3 °C, a vlažnost je nešto viša 46%, što može biti posljedica prozračivanja ili korištenja ove prostorije za obroke.

Garderoba (H) je hladna prostorija od 8,9 °C i ima relativno visoku vlažnost zraka od 49%, što može negativno utjecati na očuvanje odjeće. Spavaća soba (I) je jedna od najhladnijih prostorija, ima samo 6,4 °C i visoku vlažnost zraka od 56%, što nije idealno za spavanje jer može stvoriti osjećaj hladnoće i nelagode. Boravak (D) je najtoplija u kući, s najnižom vlažnošću zraka od 33%, što je izuzetno ugodno za boravak. Temperatura prostorije je 17,7 °C. Stubište (J) ima slične uvjete kao Boravak (D), što znači da je dobro izolirano i zadržava toplinu. Temperatura je 17,5 °C, a relativna vlažnost zraka 33%. Soba (L) na katu ima 16,3 °C što ju čini toplom, te ima vlažnost zraka 34%.

Temperature variraju od vrlo niskih 4,9 °C na ulazu (A) do 17,7 °C u Boravku (D). Općenito, prostorije su prilično hladne, s izuzetkom nekoliko prostorija koje su ugodno tople. Relativna vlažnost zraka varira od 33% do 63%. Veće vrijednosti vlažnosti mogu ukazivati na slabiju ventilaciju ili mogućnost nakupljanja vlage, što bi moglo dovesti do problema poput kondenzacije ili plijesni.

5.2. MJERENJA TEMPERATURE ZIDOVA POMOĆU DODATNIH UREĐAJA

Mjerenje temperature termometrom s laserskom infracrvenom zrakom određeno je koji od zidova u prostorijama je najhladniji. Hladnoća zidova ovisi o lokaciji prostorije, strani svijeta, vanjskim uvjetima i okruženju, izolaciji i temperaturi unutrašnjosti kućanstva. Laserskim termometrom, slika 20 je također izmjerena temperatura kotla koja iznosi 416,3 °C, te ploča od gusa temperature 243,1 °C. Mjerenjem doznajemo kako kućanstvo nema dobru izolaciju.

5.2.1. Laserski mjerač temperature

Laserskim mjeračem temperature lako i jednostavno je rukovati, mjeri od – 50 °C do +800 °C. Točnost mu je $\pm 2\%$ ili $\pm 2^\circ\text{C}$ [3].



Slika 20: Laserski mjerač temperature [3]

5.2.1.1. Tablica - Mjerenje temperature zidova

Pomoću tabličnog prikaza (*Tablica 9.*) može se uvidjeti orijentaciju prostorija. Strane svijeta olakšavaju predočavanje zidova koji su mjereni. Iz tablice možemo iščitati temperaturu zidova, temperaturu stropa i poda. Najhladniji zid u kućanstvu je istočni zid spavaće sobe (I) koji iznosi 11,5 °C, a najtopliji zid kod peći koji je smješten u termalnoj prostoriji na zapadnoj strani svijeta, te njegova temperatura iznosi 50,5 °C.

Tablica 9: Mjerenje temperature zidova u kućanstvu termometrom s laserskom zrakom

MJERENJE TEMPERATURE ZIDOVA KUĆANSTVA TERMOMETROM S LASERSKOM ZRAKOM					
PROSTORIJA	STRANA SVIJETA	OPIS	TEMP. (°C)	NAJVIŠA TOČKA MJERENJA (STROP) u °C	NAJNIŽA TOČKA MJERENJA (POD) u °C
VRATA	S	Unutrašnjost ulaznih vrata	12,9	18	13,2
ULAZ	J	Unutarnja vrata s licem prema prostorijama	17,1		
TERMALNA PROSTORIJA	S	Unutarnja vrata s licem prema van (termalna prostorija prema ulazu)	24,8	25,2	21
	Z	zid kod peći	50,5		
	J	zid prema boravku 2	22,8		
	I	NEMA			
BORAVAK C	S	zid na kojem je ulaz	24	25,2	21
	I	zid prema toaletu	22,4		
	Z	NEMA			
	J	prema blagovaoni	23,5		
TOALET	Z	zid prema boravku 1	16,8	18,8	15
	S	zid od ulaza	16		
	I	vanjski zid kuće	14,9		
	J	zid prema kuhinji	18,4		
KUHINJA	J	u smjeru spavaće sobe	21,8	22,5	18,1
	I	vanjski zid kuće	21,7		
	S	prema toaletu	22,1		

	Z	prema blagovaoni	22,2		
BLAGOVAONA	S	prema boravku 1	22,4	23,1	20,2
	I	prema kuhinji	22,5		
	J	prema spavaći sobi	22,3		
	Z	prema boravku 2	22,3		
SPAVAĆA SOBA	S	prema blagovaoni	15,6	14,2	9,6
	I	vanjski zid kuće	11,5		
	J	prema balkonu (maloj terasi)	13,6		
	Z	prema boravku 2	15,4		
BORAVAK D	I	prema blagovaoni	22,5	23,8	19,4
	J	prema vanjskom zidu	22		
	Z	prema staklenoj stijeni (vanjskom zidu)	21,8		
	S	prema termalnoj prostoriji	22,3		
STUBIŠTE	NAJVIŠI DIO I	vanjski zid kuće	16,9	21,3	/
	SREDNJI DIO J	vanjski zid kuće	15,8	21,3	
	SREDNJI DIO S	prema blagovaoni	16,2		
	NAJNIŽI DIO Z	vanjski zid kuće	15,7	20,3	
SOBA NA KATU	Z	prema boravku 2	18,9	20,1	18,3
	S	prema boravku 1	19,5		
	I	vanjski zid kuće	19,7		
	J	stubište	21		

5.3. Snimanje kućanstva termovizijskom infracrvenom kamerom

Termo vizijska infracrvena kamera Flir i5 jedan je od ključni alata u strojarском području. Njezina pravilna upotreba omogućava precizna mjerenja i kontrolu temperature i vlažnosti, što je ključno za održavanje optimalnih uvjeta u različitim prostorijama i materijalima. Pravilno poznavanje i korištenje ovog instrumenta pomaže u osiguravanju točnosti podataka i efikasnosti sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije. Infracrvena kamera je uređaj koji detektira infracrveno (IC) zračenje, odnosno toplinsko zračenje koje objekti emitiraju i pretvara ga u

vidljivu sliku koju nazivamo termogram. Slike 21, 22 i 23 prikazuju temperaturne razlike na površini objekta, gdje različite temperature obično imaju različite boje, omogućujući korisniku da vizualizira toplinske profile objekata ili okoline.

Prednosti infracrvene kamere su brza i precizna mjerenja, mogućnost detekcije problema s izolacijom i curenjem. Viši trošak opreme, potrebna dodatna obuka za pravilno korištenje i interpretaciju rezultata.



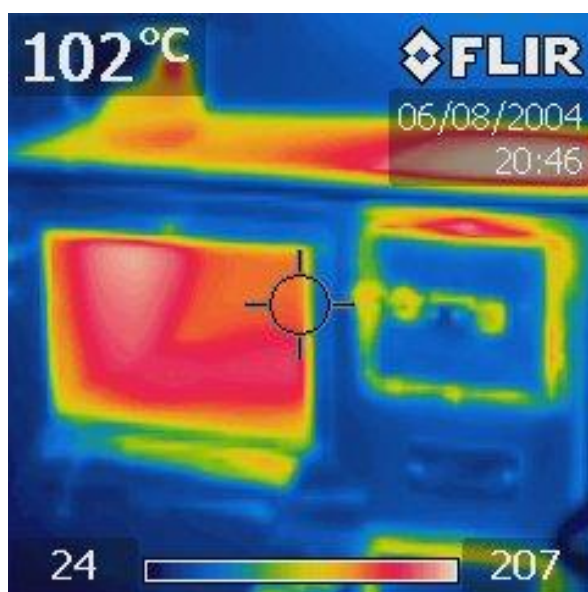
Slika 21: Termovizijska infracrvena kamera Flir i5 [9]

U središtu kamere nalazi se senzor koji je osjetljiv na infracrveno zračenje. Senzor mjeri toplinsko zračenje koje objekti emitiraju i pretvara te informacije u električne signale. Kamera prikazuje toplinsku sliku na zaslonu. Različite boje na slici prikazuju različite temperature, s toplijim dijelovima često prikazanim u crvenim, narančastim i žutim nijansama, dok se hladniji dijelovi prikazuju u plavim, ljubičastim ili zelenim tonovima boja.

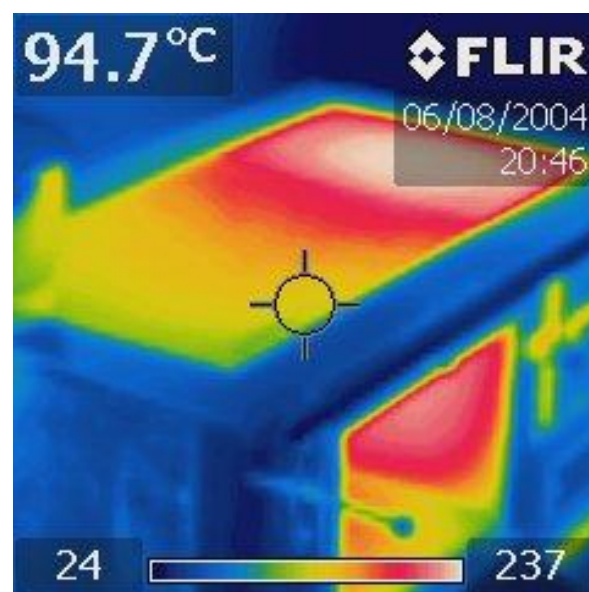
Infracrvene kamere imaju različite raspon temperature koje mogu detektirati. Na primjer, neke kamere mogu detektirati temperature od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $250\text{ }^{\circ}\text{C}$, ovisno o samome modelu. Točnost mjerenja temperature obično je unutar $\pm 2\%$ ili $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Primjena infracrvene kamere je široka, koristi se u industrija, građevina, u medicinskim primjenama za detekciju upala, u nadzoru i sigurnosti [9].

5.3.1. Gubitci topline snimljeni termovizijskom kamerom

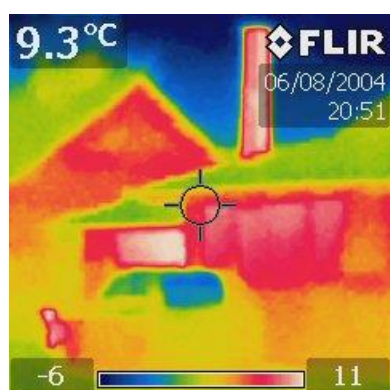
U nastavku možemo vidjeti slike peći (slike 19 i 20) i kuće (slike 21, 22 i 23) snimljene termovizijskom kamerom, te na njima učiti područja gubitka topline kroz zidove i staklene površine kućanstva.



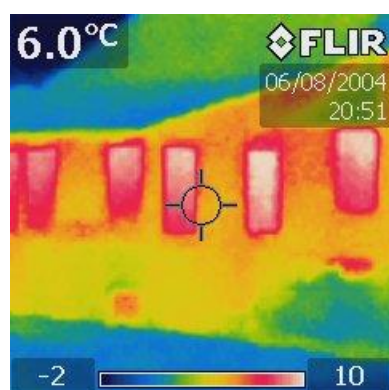
Slika 22: Peć s prednje strane



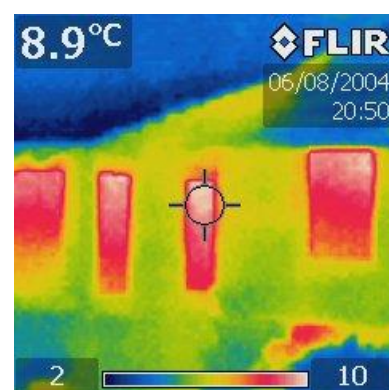
Slika 23: Peć s bočne strane



Slika 24: Kuća s zapadne strane



Slika 25: Kuća s jugozapadne strane



Slika 26: Kuća s jugozapadne strane

6. ISO NORME

ISO norme su međunarodni standardi razvijeni od strane Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO) kako bi se osigurala dosljednost, kvaliteta i sigurnost u raznim industrijama i procesima. One obuhvaćaju širok spektar područja, od tehnologije i proizvodnje do upravljanja okolišem i sigurnosti kućanstva.

U radu su navedene neke od norma kojih se treba pridržavati i u skladu s njihovim propisima djelovati.

6.1. ISO 13790:2008 - Energetska svojstva zgrada - Proračun energije za grijanje i hlađenje.

ISO 13790:2008 specificira metode za izračunavanje potrebne energije za grijanje i hlađenje zgrada. Norma se koristi za procjenu količine energije potrebne za održavanje unutarnje temperature unutar određenog raspona. Uzimajući u obzir prijenos topline kroz omotač zgrade, toplinske tokove, unutarnje i vanjske toplinske uvjete, norma je ključna za planiranje energetske učinkovitosti i upravljanje toplinom u zgradama [10].

Norma je relevantna jer dokument analizira toplinske tokove u kućanstvu, distribuciju topline u prostorijama, i gubitke topline. Metode iz ISO 13790 mogle bi se koristiti za precizniji proračun potrebne količine ogrjevnog drva za održavanje željene temperature unutar kuće.

6.2. ISO 14001:2015 - Sustavi upravljanja okolišem

ISO 14001:2015 je međunarodno priznata norma za sustave upravljanja okolišem. Fokusira se na uspostavljanje okvira koji organizacijama pomaže u poboljšanju okolišnih performansi kroz učinkovitije korištenje resursa i smanjenje otpada [11].

Norma je važna s obzirom na održivost korištenja ogrjevnog drva, koje može imati utjecaj na okoliš. ISO 14001 može pomoći u procjeni i minimiziranju utjecaja na okoliš povezanih s nabavom i korištenjem ogrjevnog drva te upravljanjem emisijama iz peći na drva.

6.3. ISO 9251:1987 - Toplinska-izolacija - Uvjeti prijenosa topline i svojstva materijala

ISO 9251:1987 specificira metode za određivanje osnovnih fizikalnih svojstava materijala koji se koriste za toplinsku izolaciju. To uključuje parametre kao što su toplinska provodnost, gustoća i otpornost na prijenos topline [12].

Budući da se u dokumentu razmatraju toplinski gubici kroz zidove i druga područja kuće, relevantnost ove norme dolazi iz potrebe da se precizno kvantificiraju svojstva izolacijskih materijala korištenih u kući. To može pomoći u optimizaciji izolacije i poboljšanju energetske učinkovitosti.

6.4. ISO 16818:2008 - Energetska učinkovitost zgrada – Terminologija

ISO 16818:2008 pruža standardiziranu terminologiju vezanu za energetska učinkovitost zgrada, uključujući definicije pojmova koji se odnose na prijenos topline, klimatizaciju, grijanje, ventilaciju i druge ključne aspekte upravljanja energijom u zgradama [13]. Norma pomaže u preciznoj komunikaciji i razumijevanju pojmova korištenih u radu vezanih za toplinske tokove i energetska učinkovitost.

6.5. ISO 18158:2016 - Metode ispitivanja za peći na kruta goriva

ISO 18158:2016 specificira metode ispitivanja za procjenu performansi i emisija peći na kruta goriva, uključujući peći na drva. Ova norma uključuje kriterije za učinkovitost sagorijevanja i emisije, što je ključno za ekološki prihvatljivo korištenje peći [14].

S obzirom na to da se u dokumentu razmatra korištenje peći na drva, ova norma je važna jer osigurava da peći rade u skladu s najboljim praksama za sigurnost i okoliš, uključujući minimiziranje emisija štetnih plinova i optimizaciju sagorijevanja.

7. ZAKONI

Zakoni su skup pravila i normi koje donose državne ili pravne institucije kako bi regulirali ponašanje u društvu. Oni služe očuvanju reda, zaštiti prava pojedinaca i zajednice te omogućavanju pravde. Kršenje zakona obično povlači za sobom sankcije, koje mogu biti novčane kazne, zatvorska kazna ili druge mjere. U ovome radu spominju se neki od mnogobrojnih zakona.

7.1. Zakon o zaštiti okoliša

Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 153/13, 78/15, 12/18, 118/18) definira okvir za zaštitu okoliša u Hrvatskoj. Obuhvaća mjere za smanjenje emisija stakleničkih plinova, očuvanje prirodnih resursa i promoviranje održivog razvoja [15]. Korištenje peći na drva može imati utjecaj na kvalitetu zraka i emisije CO₂. Ovaj zakon je važan jer regulira emisije zagađivača u okoliš i može uključivati mjere za smanjenje negativnog utjecaja grijanja na okoliš.

7.2. Zakon o gradnji

Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19) uređuje projektiranje, građenje, uporabu i održavanje građevina, uključujući norme vezane za sigurnost i energetske učinkovitost zgrada [16]. Zakon o gradnji je važan jer specificira zahtjeve za izolaciju i energetske učinkovitost zgrada, što može utjecati na toplinsku dinamiku kućanstva.

7.3. Zakon o energetske učinkovitosti

Zakon o energetske učinkovitosti (NN 127/14, 116/18) promovira mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti u Hrvatskoj, uključujući i mjere za zgradarstvo, potrošnju energije i sustave grijanja [17].

Ovaj zakon je izravno relevantan jer u radu bavi energetske učinkovitošću grijanja pomoću peći na drva. Primjena ovog zakona može uključivati poticaje za poboljšanje izolacije zgrada ili zamjenu neučinkovitih sustava grijanja.

7.4. Tehnički propisi za sustave grijanja i klimatizacije u zgradama

Ovi propisi, donijeti prema Zakonu o gradnji, definiraju tehničke zahtjeve za sustave grijanja i klimatizacije u zgradama. To uključuje norme za instalaciju, rad i održavanje sustava grijanja. Tehnički propisi su relevantni za instalaciju i održavanje peći na drva u kućanstvima, kao i za osiguranje da sustavi grijanja zadovoljavaju sigurnosne i energetske standarde [18].

7.5. Pravilnik o jednostavnim građevinama i radovima

Pravilnik o jednostavnim građevinama i radovima (NN 112/17) definira uvjete i načine izvođenja jednostavnih građevinskih radova, što uključuje postavljanje peći i dimnjaka [19].

Ovaj pravilnik može biti relevantan za postavljanje peći na drva u kućanstvima, s obzirom na to da regulira jednostavne građevinske radove poput instalacije sustava za grijanje.

7.6. Hrvatski standardi za emisije iz uređaja na kruta goriva

Hrvatski standardi za emisije iz uređaja na kruta goriva usklađeni su s europskim normama i reguliraju dopuštene razine emisija zagađivača iz uređaja koji koriste drvo i druga kruta goriva. Peći na drva, podliježe standardima emisija koji kontroliraju zagađenje zraka i osiguravaju da uređaji rade učinkovito i sigurno [20].

8. ZAKLJUČAK

Istraživanje provedeno u ovom radu pruža sveobuhvatan uvid u dinamiku toplinskog toka i energetske učinkovitost kućanstva koje koristi peć na ogrjevna drva kao glavni izvor grijanja. Kroz analizu distribucije topline, utvrđeno je da su ključni faktori koji utječu na učinkovitost grijanja, pravilno postavljanje peći, vrsta korištenog goriva, arhitektonska rješenja kuće te kvaliteta izolacijskih materijala. Podaci dobiveni mjerenjima temperature i vlažnosti zraka u različitim prostorijama jasno pokazuju da je distribucija topline u kući neujednačena, s najtoplijim prostorijama smještenim u neposrednoj blizini peći na drva, dok su najudaljenije prostorije, kao što su hodnici i spavaće sobe, podložne značajnim toplinskim gubicima. Jedan od glavnih zaključaka ovog istraživanja jest da efikasnost peći na drva značajno ovisi o tipu i kvaliteti drva koje se koristi. Analizom miješanih vrsta drva poput bukve, graba i bagrema utvrđeno je da drvo s visokom toplinskom vrijednošću i sporijim sagorijevanjem pruža optimalne rezultate u pogledu zadržavanja topline i smanjenja potrošnje goriva. Također, rad ističe važnost redovitog održavanja i čišćenja peći, te dimnjaka kako bi se osigurala maksimalna efikasnost i sigurnost, smanjujući rizik od požara i nakupljanja štetnih plinova kao što je ugljični monoksid. Sigurnosni aspekti korištenja peći na drva također su temeljito razmotreni.

Istraživanje ukazuje na potrebu za pravilnom ventilacijom i postavljanjem peći kako bi se izbjegla koncentracija štetnih plinova i osigurala optimalna cirkulacija zraka unutar kućanstva. Također, uočeno je da nepravilna upotreba i loše održavanje peći mogu dovesti do ozbiljnih zdravstvenih rizika, uključujući respiratorne probleme i trovanje ugljičnim monoksidom. Preporuke za buduća istraživanja uključuju daljnju analizu različitih vrsta peći na drva i njihovih performansi u različitim uvjetima, kao i ispitivanje naprednih tehnoloških rješenja koja bi mogla poboljšati efikasnost i sigurnost grijanja. Implementacija novih materijala za izolaciju i razvoj inovativnih arhitektonskih rješenja koja smanjuju toplinske gubitke mogla bi dodatno doprinijeti energetskej efikasnosti i održivosti kućanstava koja koriste peći na drva. Rad naglašava važnost integriranog pristupa u dizajnu i korištenju sustava grijanja na drva, koji uključuje ne samo izbor kvalitetnog goriva i pravilno održavanje opreme, već i pažljivo planiranje prostora i odgovarajuću ventilaciju. Primjena ovih principa može značajno poboljšati energetskej efikasnost, smanjiti troškove grijanja i osigurati veću sigurnost i udobnost ukućana. Korištenje obnovljivih izvora energije, kao što su ogrjevna drva, uz pravilno upravljanje i odgovornu upotrebu, može predstavljati održivu opciju za grijanje u mnogim kućanstvima, pridonoseći globalnim naporima za smanjenje ugljičnog otiska i očuvanje okoliša.

POPIS SLIKA

Slika 1. <i>Tlocrt kućanstva</i>	4
Slika 2. <i>Peć na ogrjevna drva</i>	5
Slika 3. <i>Miješane okruglice</i>	6
Slika 4. <i>Ljeska</i>	7
Slika 5. <i>Bagrem</i>	7
Slika 6. <i>Bukva</i>	7
Slika 7. <i>Hrast</i>	7
Slika 8. <i>Toplinska provodnost (kondukcija)</i>	9
Slika 9. <i>Toplinska struja (konvekcija)</i>	9
Slika 10. <i>Radijacija (zračenje vatre)</i>	10
Slika 11. <i>Skica živina termometara</i>	12
Slika 12. <i>Živin termometar</i>	12
Slika 13. <i>ClimaHome-Check prednja strana</i>	13
Slika 14. <i>ClimaHome-Check stražnja strana</i>	13
Slika 15. <i>Uputstva ClimaHome-Check</i>	14
Slika 16. <i>Mjerač vlage</i>	14
Slika 17. <i>Mjerenje vlažnosti drva</i>	14
Slika 18. <i>Uputstva mjerača vlage</i>	15
Slika 19. <i>Uputstva mjerača vlage</i>	15
Slika 20. <i>Laserski mjerač temperature</i>	36
Slika 21. <i>Termo vizijska infracrvena kamera Flir i5</i>	39
Slika 22. <i>Peć s prednje strane</i>	40
Slika 23. <i>Peć s bočne strane</i>	40
Slika 24. <i>Kuća s zapadne strane</i>	40
Slika 25. <i>Kuća s jugozapadne strane</i>	40
Slika 26. <i>Kuća s jugozapadne strane</i>	40

POPIS TABLICA

Tablica 1. <i>Prosječna temp. prostorija sa otvorenim vratima</i>	18
Tablica 2. <i>Relativna vlažnost zraka otvorena vrata</i>	21
Tablica 3. <i>Prosječna temp. prostorija sa otvorenim vratima</i>	23
Tablica 4. <i>Relativna vlažnost zraka otvorena vrata</i>	25
Tablica 5. <i>Zagrijavanje peći i širenje topline</i>	27
Tablica 6. <i>Hlađenje peći i smanjivanje zagrijanosti prostora</i>	30
Tablica 7. <i>Temperature vanjskih uvjeta</i>	32
Tablica 8. <i>Temperatura prostorija bez zagrijanosti peći</i>	34
Tablica 9. <i>Mjerenje temperature zidova u kućanstvu termometrom s laserskom zrakom ..</i>	37

POPIS GRAFOVA

Graf 1. <i>Prosječna temp. prostorija sa otvorenim vratima</i>	20
Graf 2. <i>Relativna vlažnost zraka otvorena vrata</i>	22
Graf 3. <i>Prosječna temp. prostorija sa zatvorenim vratima</i>	24
Graf 4. <i>Relativna vlažnost zraka ztvorena vrata</i>	26
Graf 5. <i>Zagrijavanje peći i širenje topline</i>	28
Graf 6. <i>Relativna vlažnost zraka (zagrijavanje peći i širenje topline)</i>	29
Graf 7. <i>Hlađenje peći i smanjivanje zagrijanosti prostora</i>	31
Graf 8. <i>Relativna vlažnost zraka (Hlađenje peći i smanjivanje zagrijanosti prostora)</i>	31
Graf 9. <i>Temperature vanjskih uvjeta</i>	33
Graf 10. <i>Temperatura prostorija bez zagrijanosti peći</i>	35

LITERATURA:

- [1] Jecić Z. Hrvatska tehnička enciklopedija – prvi svezak – TERMODINAMIKA; Zagreb: Leksikografski zavod Miroslava Krleže; 2018. Dostupno na: https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/termodinamika_prijenos_topline.pdf
- [2] IKI; 2. Godina – Instalacija za grijanje. Dostupno na: <https://iki.webador.com/2-godina/2-3-instalacije-za-grijanje/2-3-4-nacini-prijenosa-topline> (12.9.2024)
- [3] Konvekcija; Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013. – 2024. Dostupno na: <https://enciklopedija.hr/clanak/konvekcija> (12.9.2024)
- [4] Biodom; Ecovolve S.A.S. 2006-2013. Dostupno na: <https://beodom.com/sr/education/entries/principles-of-thermal-insulation-heat-transfer-via-conduction-convection-and-radiation.htm> (12.9.2024)
- [5] EuroFire; 2008 Dostupno na: <https://gfmc.online/eurofire/EuroFire-Training-Materials-EF2-Techniques-BCMS.pdf>
- [6] Termometar; Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013. – 2024. Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/termometar> (12.9.2024)
- [7] KIDSinfo; Ultimativni vodič za roditelje; 20.3.2020. Dostupno na: <https://kidsinfo.ba/2020/03/20/domaca-zadaca-za-7-razred-fizika-temperatura-i-mjerenje-temperature/> (12.9.2024.)
- [8] MATICON; Caminetti Montegrappa Dostupno na: <https://www.maticon.hr/maticon-pametno-grijanje/drvo-kao-ogrjevno-sredstvo/> (12.9.2024.)
- [9] TME Electronic Components Dostupno na: https://www.tme.eu/hr/details/fliri5/kamere-termovizijske-flir/flir-systemsab/fliri5/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwooq3BhB3EiwAYqYoEhuviXeTQxP11UFWmvSxIN86fRY1E8dqe0J2IDEWRfvbcC-gLzRJhBoCNs8QA vD_BwE (12.9.2024.)
- [10] Hrvatski normativni dokument; ISO 13790:2008; EN ISO 13790:2008 Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+13790%3A2008>

-
- [11] EKOKVALITETA; ISO 14001:2015
Dostupno na: <https://ekokvaliteta.hr/iso-14001-2015-sustav-upravljanja-okolisem>
- [12] International Organization for Standardization; ISO 9251:1987
Dostupno na: <https://www.iso.org/standard/16901.html>
- [13] International Organization for Standardization; ISO 16818:2008
Dostupno na: <https://www.iso.org/standard/41301.html>
- [14] International Organization for Standardization; ISO 18158:2016
Dostupno na: <https://www.iso.org/standard/61638.html>
- [15] Narodne novine; ZAKON O IZMJENAMA I DOPUNAMA ZAKONA O ZAŠTITI OKOLIŠA. Zagreb: 27.12.2018., NN 118/2018
Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_12_118_2345.html
- [16] Narodne novine; ZAKON O IZMJENAMA I DOPUNAMA ZAKONA O GRADNJI. Zagreb: 20.12.2019., NN 125/2019
Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_12_125_2489.html
- [17] Narodne novine; ODLUKU O PROGLAŠENJU ZAKONA O ENERGETSKOJ UČINKOVITOSTI. Zagreb: 29.10.2014., NN 127/2014
Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_10_127_2399.html
- [18] Narodne novine; TEHNIČKI PROPIS O SUSTAVIMA VENTILACIJE, DJELOMIČNE KLIMATIZACIJE I KLIMATIZACIJE ZGRADA. Zagreb: 8.1.2007., NN 3/2007
Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_01_3_201.html
- [19] Narodne novine; PRAVILNIK O JEDNOSTAVNIM I DRUGIM GRAĐEVINAMA I RADOVIMA. Zagreb: 17.11.2017., NN 112/2017
Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_11_112_2625.html
- [20] Narodne novine; UREDBU O GRANIČNIM VRIJEDNOSTIMA EMISIJA ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U ZRAK IZ NEPOKRETNIH IZVORA. Zagreb: 21.4.2021., NN 42/2021
Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_04_42_827.html