

# Promjena topline u zgradi

---

**Križanac, Antonio**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:764573>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-22**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Antonio Križanac**

**Promjena topline u zgradi  
Thermal change in building**

**Završni rad**

**Rijeka, 2023.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Sveučilišni prijediplomski studij  
Građevinarstvo  
Fizika**

**Antonio Križanac  
JMBAG: 0114034057**

**Promjena topline u zgradi  
Thermal change in building**

**Završni rad**

**Rijeka, Rujan, 2023.**



## **IZJAVA**

Završni rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

---

Antonio Križanac

U Rijeci, 01.09.2023.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se svima koji su mi bili potpora tokom cjelokupnog studiranja te mentoru uz čiju sam pomoć napravio ovaj završni rad.

## **SAŽETAK**

Rad istražuje važnost upravljanja toplinom u zgradama da osigura udobnost, analizira načine toplinskih gubitaka i dobitaka te predstavlja strategije za rješavanje pratećih problema. Također ističe ulogu toplinske analize i modeliranja u procjeni energetske učinkovitosti.

## **Ključne riječi**

**Ključne riječi:** toplina, toplinski dobitci, toplinski gubitci ,prijenos topline, toplinska analiza, toplinska izolacija, energetska učinkovitost

## **ABSTRACT**

This thesis investigates the importance of thermal regulation in buildings to insure comfort, analyses heat gain and loss and suggests strategies to resolve the accompanying issues. In addition, the thesis highlights the importance of thermal analysis and design in energy efficiency assessment.

## **Key words**

**Key words** : heat, heat gain, heat loss, heat transfer, thermal analysis, thermal insulation, energy efficiency



## SADRŽAJ:

1. UVOD .....	1
2. OSNOVE TOPLINSKE ENERGIJE .....	2
3. TOPLINSKI GUBITCI U ZGRADAMA .....	4
4. METODE SMANJENJA TOPINSKIH GUBITAKA.....	8
5. TOPLINSKI DOBITCI U ZGRADAMA .....	10
6. UPRAVLJANJE TOPLINSKIM DOBITCIMA.....	12
7: TOPLINSKA ANALIZA.....	14
8: UTJECAJ PROMJENE TOPLINE NA ENERGETSKU UČINKOVITOST.....	16
9. ZAKLJUČAK .....	17
10. LITERATURA.....	18

## POPIS SLIKA:

Slika 1: Načini prijenosa topline [5]

Slika 2: Toplinska izolacija građevine [6]

Slika 3: Toplinski most [7]

Slika 4: Raspored temperatura kod toplinskog mosta [7]

Slika 5: Ekspandirani polistiren [8]

Slika 6: Primjer dvoslojnog i troslojnog stakla [9]

Slika 7: Promjena topline u zgradi [10]

Slika 8: Sjenila za zaštitu od sunca [11]

Slika 9: Primjer dobrog i lošeg prozračivanja prostorije [12]

Slika 10: Termografski snimak toplinskog zračenja prozora i zidova [7]

## 1. UVOD

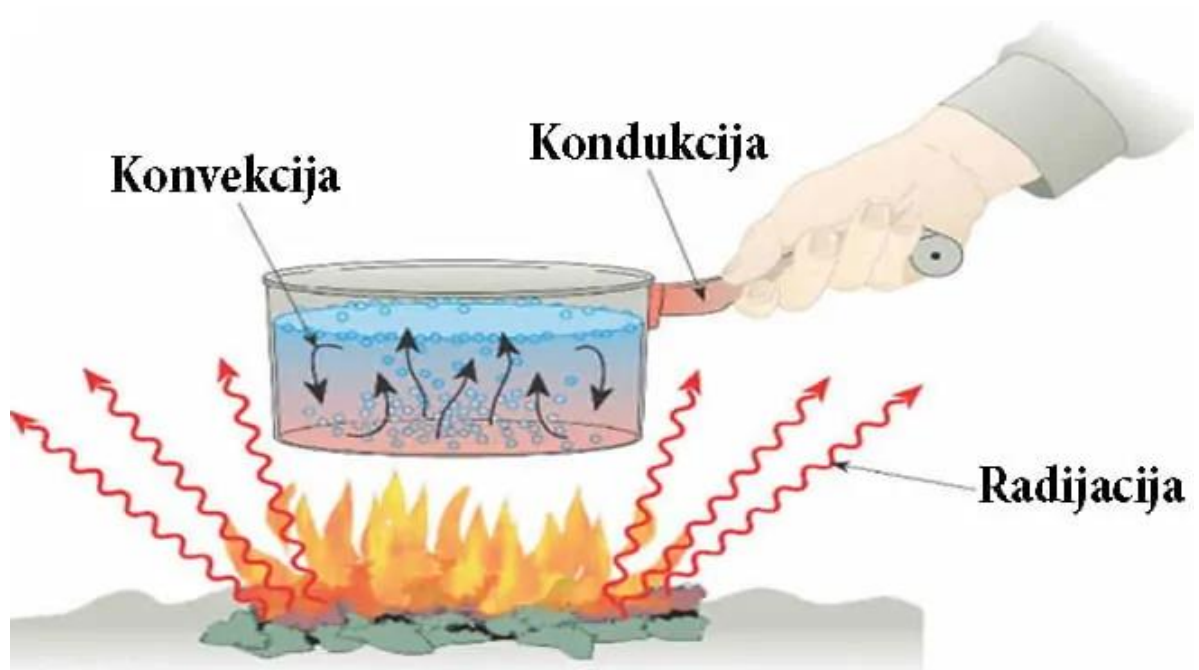
Promjena topline u zgradama ima važnu ulogu za udobnost stanara i energetska učinkovitost zgrade. Pravilno upravljanje toplinom osigurava da temperatura unutar zgrade bude ugodna i stabilna tijekom cijele godine. Ova tema je od velike važnosti jer toplinska učinkovitost zgrada utječe na potrošnju energije, troškove i ekološki održivu budućnost. Cilj ovog istraživanja je pružiti temeljno razumijevanje promjene topline u zgradama i predstaviti strategije za smanjenje toplinskih gubitaka i upravljanje toplinskim dobitcima.

Toplinska opterećenja zgrada sastoje se od toplinskih gubitaka i dobitaka. Toplinski gubici uključuju one od infiltracije zraka, ventilacijskog zraka i provođenja kroz vanjski dio zgrade uzrokovane niskim temperaturama vanjskog zraka. Toplinski dobitci uključuju one uzrokovane ljudima, vrućim vanjskim zrakom, sunčevim zračenjem, električnom rasvjetom te toplinu od razne unutarnje opreme.

U prvom dijelu rada predstavljaju se s osnove toplinske energije i principi prenošenja topline. Zatim se istražuju različiti načini toplinskih gubitaka u zgradama. Nakon toga, predstavljaju se metode smanjenja toplinskih gubitaka, analiziraju se toplinski dobitci u zgradama i prikazuje se kako pravilno upravljati njima. Na kraju se prikazuje važnost toplinske analize i modeliranja te se analizira kako promjena topline utječe na energetska učinkovitost zgrada.

## 2. OSNOVE TOPLINSKE ENERGIJE

Toplinska energija je fizikalna veličina kojom se opisuje energija koja prelazi s toplijega tijela na hladnije. Toplinska energija se prenosi na nekoliko načina (slika 1). Vođenje ili kondukcija je prijenos topline kroz materijale putem molekularne interakcije. Strujanje ili konvekcija je prijenos topline putem strujanja fluida, poput zraka ili vode. Toplinsko zračenje ili termalna radijacija je prijenos topline elektromagnetskim zračenjem, poput sunčevih zraka koje zagrijavaju prostoriju kroz prozor.



Slika 1: Načini prijenosa topline [5]

Toplina koja se izmjenjuje pri dodiru dvaju tijela različitih temperatura ovisi o masi tijela, specifičnom toplinskom kapacitetu tvari od koje se tijelo sastoji, te o temperaturnoj razlici:

$$\Delta Q = c * m * \Delta t \quad (1)$$

gdje je:

$\Delta Q$ - toplina

$c$ - specifični toplinski kapacitet tvari od koje se tijelo sastoji

$m$ - masa tijela

$\Delta t$ - temperaturna razlika.

Toplinska energija zgrade predstavlja energiju koja se koristi za grijanje, hlađenje i održavanje željene temperature unutar prostora. Kada je riječ o grijanju, toplinska energija se koristi za podizanje temperature kako bi se osigurala ugodna temperatura za stanovnike zgrade. Hlađenje zgrade se također koristi kako bi se osigurala ugodna temperatura unutar nje [1,2].

### 3. TOPLINSKI GUBITCI U ZGRADAMA

Zbog jednostavnosti i razumljivosti koristi se U-faktor (koeficijent prolaza topline) koji je na europskom tržištu najpopularniji podatak za nužnu procjenu toplinskih svojstava i pojavljuje se u većini propisa i normi. Na osnovi tehničko-toplinskih osobina njime možemo izraziti toplinske gubitke svakog dijela zgrade. U-vrijednosti zida, krova, prozora ili vrata objedinjuju i svojstva materijala i debljinu elementa. Mjerna jedinica je  $W/m^2 \cdot K$ . U je vrijednost toplinskog toka i pokazuje nam koliko je topline (u W) u jednoj sekundi prošlo kroz neki dio zgrade površine  $1m^2$ , pri temperaturnoj razlici između vanjske i unutrašnje površine od 1K.

Tablica 1: Prikaz minimalnih zahtjeva U-vrijednosti

Element zgrade	U [W/m <sup>2</sup> *K]
Vanjski zid	0,4
Vanjski strop	0,3
Zid prema tlu	0,5
Zid prema negrijanom prostoru	0,5
Strop prema negrijanom prostoru	0,4
Vanjska vrata	2
Vanjski prozor	2

Gubitak topline kroz zidove i krovove zgrade čini većinu ukupnog gubitka topline u hladnom vremenu. Ovi gubici izračunati su jednadžbom

$$Q = UA (t_2 - t_1) \quad (2)$$

s odgovarajućom temperaturnom razlikom između unutarnje i vanjske projektirane temperature. Jednadžba se temelji na pretpostavci da se toplina prenosi samo putem kondukcije kroz materijal zidova i stropova. Temperaturna razlika  $(t_2 - t_1)$  predstavlja razliku između unutarnje projektirane temperature i vanjske projektirane temperature. A je

oznaka za površinu na kojoj se odvija prijenos topline. Koeficijent toplinske provodljivosti ( $U$ ) opisuje koliko dobro materijal provodi toplinu. Što je veći koeficijent toplinske provodljivosti, to će materijal imati veći gubitak topline. Veliku važnost ima toplinska izolacija zgrade (slika 2).

Kada je riječ o gubitku topline kroz podrumске podove i zidove, izračunavanje gubitka topline postaje složenije. Iako postoje koeficijenti prijenosa topline kroz podrumске podove i zidove, njihova praktična primjena može biti izazovna zbog mnogih varijabli koje utječu na temperaturu tla.

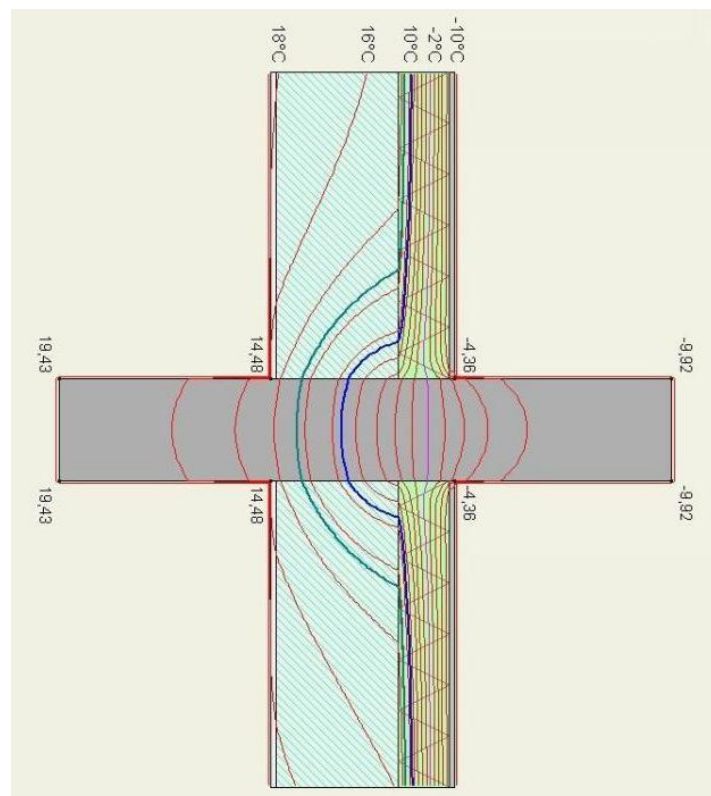


Slika 2: Toplinska izolacija građevine [6]

U obzir je potrebno uzeti i ostale načine gubitaka topline kao što su gubitak topline kroz prozore i vrata, gubitak topline kroz ventilacijski sustav, gubitak topline kroz rashladne sustave. Prozori i vrata mogu biti područja velikog gubitka topline zbog toplinskih mostova, loše izolacije ili propuštanja zraka kroz pukotine i spojeve. Loša toplinska izolacija oko prozora i vrata može rezultirati značajnim gubicima topline.

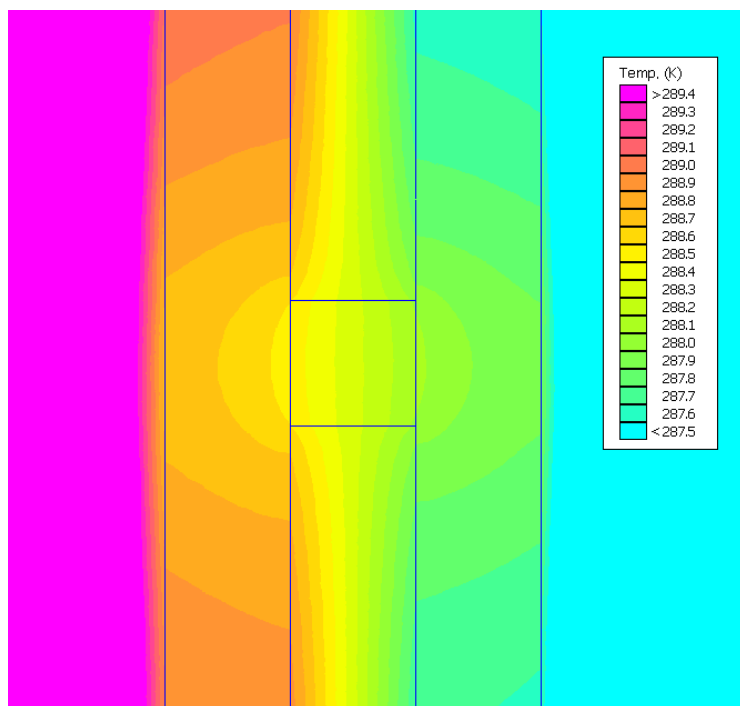
Ventilacijski sustavi, posebno oni koji nemaju odgovarajuće povratne mehanizme topline, mogu izazvati gubitak topline kroz ispušne otvore. Toplina iz unutarnjeg zraka može se izgubiti tijekom procesa ventilacije. Rashladni sustavi, poput klima uređaja ili rashladnih jedinica, mogu izazvati gubitak topline ako su loše postavljeni, nedovoljno izolirani ili imaju propusnost zraka.

Toplinski mostovi predstavljaju područja u zgradi gdje je izolacija slabija, što rezultira većim toplinskim gubicima (slika 3, slika 4). To su mjesta gdje toplina lakše prolazi kroz materijale koji imaju veću toplinsku provodljivost, mjesta poput betonskih stupova, nosača, spojeva zidova, prozora ili vrata. Ovi toplinski mostovi stvaraju "mostove" za prijenos topline između unutarnjeg i vanjskog prostora, što povećava potrebu za grijanjem ili hlađenjem zgrade [3,4].



Slika 3: Toplinski most [7]





Slika 4: Raspored temperatura kod toplinskog mosta [7]

#### 4. METODE SMANJENJA TOPINSKIH GUBITAKA

Pravilna izolacija je ključna za smanjenje gubitka topline. Na tržištu postoji širok izbor toplinsko izolacijskih materijala koji se mogu podijeliti na anorganske i organske materijale. Anorganski materijali koji se najčešće koriste su kamena vuna i mineralna vuna, dok je najčešće korišten organski materijal ekspanzirani polistiren (slika 5). Izolacija treba biti postavljena na zidove, krovove i podove kako bi se smanjio prijenos topline kroz materijale.



Slika 5: Ekspanzirani polistiren [8]

Pravilan dizajn i održavanje sustava ventilacije mogu smanjiti gubitak topline. Upotreba povratnih mehanizama topline u ventilacijskim sustavima omogućuje rekuperaciju topline iz ispušnog zraka i prijenos te topline na svježi ulazni zrak, smanjujući tako gubitak topline. Zamjena starih prozora i vrata energetski učinkovitijim opcijama predstavlja učinkovitu metodu smanjenja gubitka topline.

Energetski učinkoviti prozori i vrata izrađeni su od posebnih materijala i tehnologija koje poboljšavaju izolaciju i smanjuju propuštanje topline. Kako je staklo bolji izolator od metala, trostruko ostakljenje smanjuje toplinske gubitke, a prozor ima manji U-koeficijent (slika 6). Ako je i prostor između stakala ispunjen nekim plinom niske vodljivosti cijela će prozorska površina propuštati vrlo malo topline. Kad su stakla sastavljena nekim izolirajućim okvirom, a u krilu i doprozorniku nema toplinskih mostova, gubitci će bit još manji.



Slika 6: Primjer dvoslojnog i troslojnog stakla [9]

Metode smanjenja toplinskih mostova uključuju poboljšanje izolacije na kritičnim područjima, upotrebu termički prekinutih materijala za spojeve, primjenu toplinskih mostova s niskom toplinskom provodljivošću, poboljšanje detalja i konstrukcijskih rješenja te pravilno planiranje i izvođenje građevinskih radova [3,4].

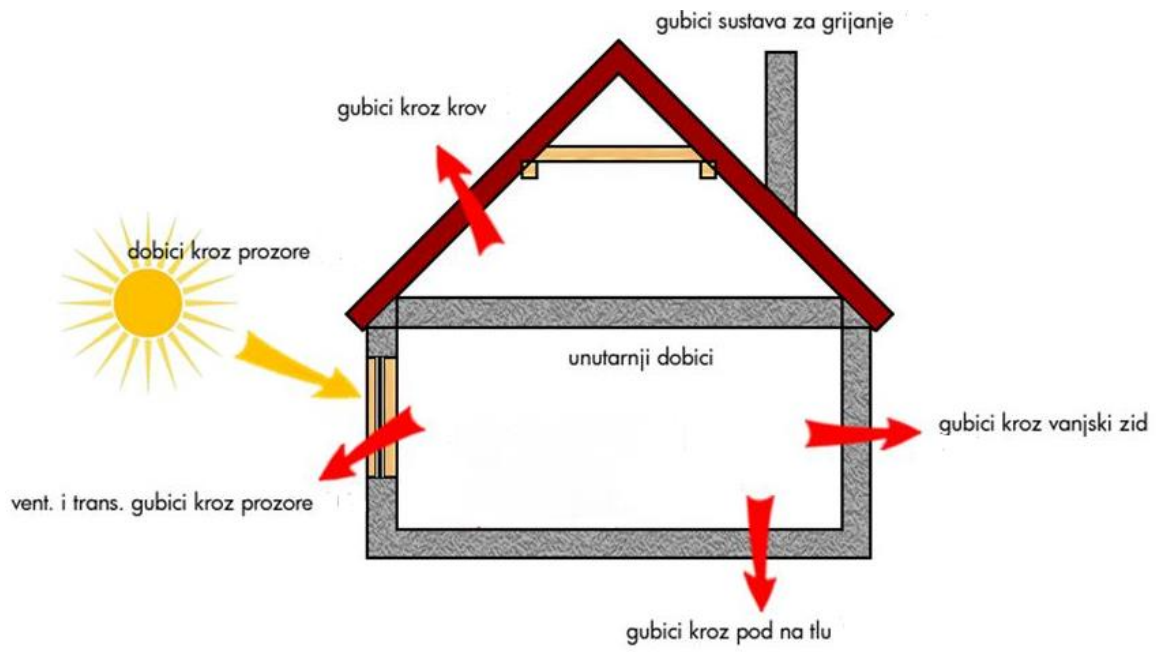
## 5. TOPLINSKI DOBITCI U ZGRADAMA

Toplinski dobitci u zgradama se od toplinskih gubitaka razlikuju samo po smjeru toka topline (slika 7). Dakle, jednadžba za toplinske gubitke također se može koristiti za određivanje toplinskih dobitaka. Do povećanja topline može doći u bilo koje doba godine.

Primjeri su toplina od električne rasvjete, opterećenja motora i opreme, sunčevo zračenje i ljudi. Ventilacijski i infiltracijski zrak po toplom vremenu proizvode velike toplinske dobitke i treba ih dodati drugim izračunatim toplinskim dobitcima kako bi se došlo do ukupnih toplinskih dobitaka za potrebe dimenzioniranja rashladne opreme. Za određivanje veličine potrebnog rashladnog postrojenja u zgradi ili dijelu zgrade zbrajamo svu toplinu koja se stvara u određenom prostoru.

Neželjena toplina uklanja se dovodom hladnog zraka. Sunčeva energija je važan izvor topline. Kroz sunčevu radijaciju zgrada može apsorbirati toplinsku energiju na različite načine kao što su putem prozora, preko staklenih površina i drugih otvora. Ovo znatno pridonosi zagrijavanju prostora tijekom sunčanih razdoblja.

Toplinski dobitci mogu imati pozitivan utjecaj na zgradu. Oni mogu smanjiti potrebu za grijanjem tijekom hladnih razdoblja i pridonijeti ukupnoj energetske učinkovitosti. Međutim, važno je pravilno upravljati tim dobitcima kako bi se postigla optimalna unutarnja temperatura i udobnost [3,4].



Slika 7: Promjena topline u zgradi [10]

## 6. UPRAVLJANJE TOPLINSKIM DOBITCIMA

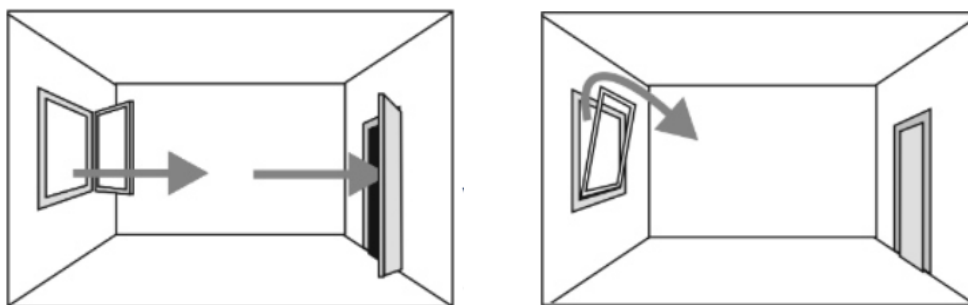
Upravljanje toplinskim dobitcima u zgradi odnosi se na kontrolu toplinske energije koja ulazi u prostoriju u svrhu postizanja optimalne temperature. Za to se primjenjuju razne metode a to su zaštita od sunca, prozračivanje prostora, kontrola unutarnjeg opterećenja, korištenje termalne mase te pametno upravljanje sustavima grijanja i hlađenja.

Korištenje sunčeve zaštite poput zavjesa, sjenila, roleta ili reflektirajućih premaza na prozorima, može smanjiti količinu sunčeve energije koja ulazi u prostoriju (slika 8). Prozori i stakla su važni zato što upotreba visoko kvalitetnih prozora te stakla s niskim faktorom prolaska topline može smanjiti količinu sunčeve topline koja ulazi u zgradu. Time se sprječava pregrijavanje prostora.



Slika 8: Sjenila za zaštitu od sunca [11]

Pravilno korištenje prozračivanja može pomoći u uklanjanju viška topline iz prostorije. Smanjenje unutarnjih izvora topline, poput prekomjerne uporabe električnih uređaja ili rasvjete može smanjiti toplinske dobitke u zgradi (slika 9).



Slika 9: Primjer dobrog i lošeg prozračivanja prostorije [12]

I na kraju, pravilno podešavanje temperatura i rasporeda rada sustava grijanja i hlađenja može smanjiti nepotrebnu potrošnju energije i bolje upravljati toplinskim dobitcima [3,4].

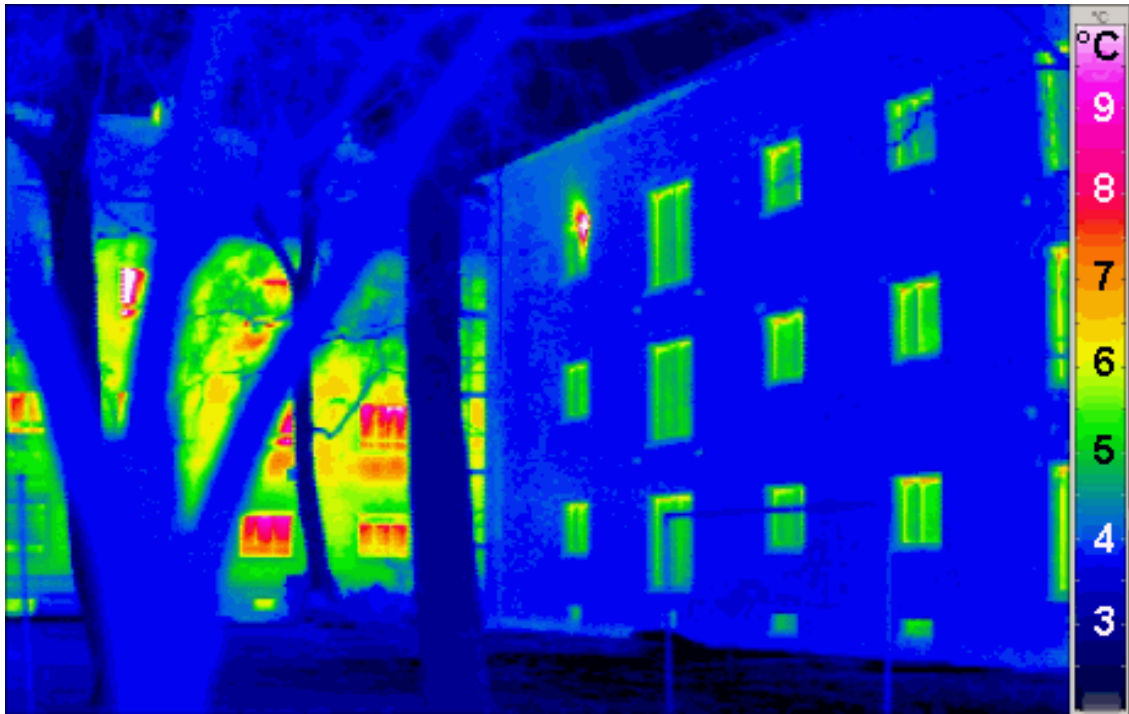
## 7: TOPLINSKA ANALIZA

Toplinska analiza i modeliranje igraju važnu ulogu u razumijevanju i procjeni toplinskih gubitaka i dobitaka u zgradama. Koriste se razni alati i softveri za izvođenje toplinske analize zgrada. Ti alati omogućuju detaljnu analizu toplinskih karakteristika zgrade, uključujući termalno profiliranje, identifikaciju toplinskih mostova i kvantifikaciju gubitaka i dobitaka topline (slika 10). Takvi alati pružaju temeljne informacije za donošenje informiranih odluka o poboljšanju energetske učinkovitosti zgrade.

Termalni modeli su matematički modeli koji simuliraju prijenos topline unutar zgrade. Oni koriste osnovne principe prenošenja topline, uzimajući u obzir karakteristike zgrade, uključujući materijale, izolaciju, dimenzije i klimatske uvjete. Ovi modeli omogućuju procjenu gubitaka i dobitaka topline te pružaju smjernice za optimizaciju energetske učinkovitosti.

Korištenje termalnih modela omogućuje procjenu energetske učinkovitosti zgrade. Na temelju rezultata toplinske analize i modeliranja, mogu se izvesti potrebni zaključci i mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti, poput dodatne izolacije, zamjene prozora ili primjene sustava za povrat topline. Ove procjene omogućuju usmjeravanje investicija i resursa na najučinkovitije mjere za smanjenje gubitaka i povećanje dobitaka topline [3,4].





Slika 10: Termografski snimak toplinskog zračenja prozora i zidova [7]

## 8: UTJECAJ PROMJENE TOPLINE NA ENERGETSKU UČINKOVITOST

Promjena topline u zgradi ima značajan utjecaj na energetska učinkovitost. Promjene u gubicima i dobitcima topline mogu rezultirati povećanom potrošnjom energije za grijanje ili hlađenje. Ako zgrada ima visoke toplinske gubitke to će zahtijeva pojačano grijanje kako bi se održala željena temperatura unutar zgrade. To rezultira povećanom potrošnjom energije i smanjenom energetska učinkovitošću.

S druge strane, nekontrolirani ili nepoželjni toplinski dobitci u zgradama mogu dovesti do povećane potrebe za hlađenjem. Na primjer, sunčeva energija koja neposredno ulazi kroz prozore ili dobitci topline od električnih uređaja i rasvjete mogu povećati unutarnju temperaturu i zahtijevati upotrebu klimatizacijskih sustava za održavanje ugodnih uvjeta. To također rezultira povećanom potrošnjom energije.

Promjene u gubicima i dobitcima topline imaju izravan utjecaj na energetska učinkovitost zgrade. Smanjenje gubitaka topline i kontrola toplinskih dobitaka može rezultirati manjom potrošnjom energije i poboljšanom energetska učinkovitošću [3,4].

## 9. ZAKLJUČAK

Promjena topline u zgradama igra ključnu ulogu u energetskej učinkovitosti i udobnosti prostora. Kroz analizu gubitaka i dobitaka topline te primjenu odgovarajućih mjera, moguće je postići značajna poboljšanja u energetskej učinkovitosti zgrada.

Korištenje alata i softvera za toplinsku analizu i modeliranje pruža preciznije i detaljnije informacije o toplinskim gubicima i dobitcima u zgradama. Optimizacija izolacije zidova, krovova, podova i prozora smanjuje gubitak topline, a zamjena starih prozora i vrata energetskej učinkovitijim opcijama dodatno poboljšava izolaciju.

Toplinski dobitci mogu imati pozitivan ili negativan utjecaj pa je potrebno pravilno regulirati tu toplinu. Primjena metoda za smanjenje gubitaka topline i upravljanje toplinskim dobitcima donosi brojne prednosti, uključujući smanjenje troškova energije, poboljšanu udobnost prostora i manji utjecaj na okoliš.

## 10. LITERATURA

- [1]Petković, T., Uvod u znanost o toplini i termodinamici, Element, Zagreb, 2016.
- [2]Simeon, V., Termodinamika, Školska knjiga, Zgreb, 1980.
- [3]Toth, T., Štedljivije grijanje, Majstor press d.o.o., Zagreb, 2008.
- [4]Toth, T., Moderna kuća, Majstor press d.o.o., Zagreb, 2009.
- [5]- <https://www.stemlittleexplorers.com/hr/pokus-toplinske-kondukcije/> , pristup 16.8.2023.
- [6]- <https://webgradnja.hr/clanci/toplinska-izolacija-gradevine-fasade/3075> , pristup 16.8.2023.
- [7]- [https://hr.wikipedia.org/wiki/Toplinski\\_most](https://hr.wikipedia.org/wiki/Toplinski_most) , pristup 16.8.2023.
- [8]- <https://sh.wikipedia.org/wiki/Termoizolacija> , pristup 18.8.2023.
- [9]- <https://www.inoprem.hr/pvc-stolarija-inoprem-pocetna/pvc-prozori/izo-staklo-dvoslojno-i-troslojno/> , pristup 21.8.2023
- [10]- [http://enerpedia.net/images/3/3a/Bilanca\\_energije\\_zgrade.JPG](http://enerpedia.net/images/3/3a/Bilanca_energije_zgrade.JPG) , pristup 21.8.2023.
- [11]- [https://www.emajstor.hr/clanak/141/Sjenila\\_i\\_zastita\\_od\\_sunca](https://www.emajstor.hr/clanak/141/Sjenila_i_zastita_od_sunca) , pristup 22.8.2023.
- [12]- <https://proluft.hr/savjeti-i-blog/savjeti/kucanstvo/pravilno-prozracivanje-prostora-47/> , pristup 23.8.2023.