ENERGETSKA UČINKOVITOST NA PRIMJERU ZGRADE SREDNJOŠKOLSKOG CENTRA U PULI - CENTAR NOVIH TEHNOLOGIJA

Batelić, Franko

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

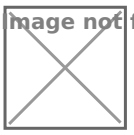
2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic Pula - College of Applied Sciences / Politehnika Pula - Visoka tehničko-poslovna škola s pravom javnosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:212:064628

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Digital repository of Istrian University of applied sciences





Politehnika Pula

Visoko tehničko – poslovna škola s p.j.

Specijalistički diplomski stručni studij

„KREATIVNI MENADŽMENT U PROCESIMA“

Franko Batelić

„Energetska učinkovitost na primjeru zgrade Srednjoškolskog centra u Puli – Centar novih tehnologija“

Specijalistički diplomski rad

Pula, 2015.g.

Politehnika Pula

Visoko tehničko – poslovna škola s p.j.

Specijalistički diplomski stručni studij

„KREATIVNI MENADŽMENT U PROCESIMA“

„Energetska učinkovitost na primjeru zgrade Srednjoškolskog centra u Puli – Centar novih tehnologija“

Specijalistički diplomski rad

Kolegij: Energetska učinkovitost

Mentor: mr.sc. Davor Mišković

Komentor: mr.sc. Radovan Jokić

Student: Franko Batelić

Broj indeksa:0092

Pula, 2015.g.

Zahvale

Zahvaljujem se mentoru mr.sc. Davoru Miškoviću i komentoru mr.sc. Radovanu Jokiću koji su svojim stručnim savjetima oblikovali osnovnu ideju diplomskog rada i pomogli mi u njegovoj izradi.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Klaudiu Tominoviću na pruženoj pomoći i savjetima prilikom izrade diplomskog rada.

Ovom prigodom zahvaljujem se svojoj obitelji na bezrezervnoj podršci ne samo prilikom izrade diplomskog rada nego tijekom cijelog vremena trajanja studija.

Na kraju se zahvaljujem svim radnim kolegama Industrijsko - obrtničke škole koji su mi dali snagu i potporu, kako tijekom studija tako i prilikom pisanja diplomskog rada.

Sadržaj

Sažetak 1
Summary 1
1. Uvod 2
1.1. Opis i definicija problema 2
1.2. Cilj i svrha rada 3
1.3. Hipoteza 3
1.4. Metode rada 3
1.5. Struktura rada 4
2. Energetska učinkovitost u zgradarstvu 5
2.1. Razlozi za energetsku učinkovitost 6
2.2. Energetska bilanca zgrade 7
2.3. Prijelaz topline 10
2.3.1. Prijelaz topline provođenjem 10
2.3.2. Prijenos topline konvekcijom 11
2.4. Toplinska zaštita zgrada 14
2.4.1. Toplinska izolacija vanjskog zida 15
2.4.2. Toplinska izolacija krova ili stropa prema negrijanom tavanu 18
2.4.3. Toplinski mostovi 20
2.4.4. Prozori, staklene stijene, vanjska vrata 23
2.5. Grijanje stambenih prostora 28
2.5.1. Pojedinačno grijanje prostorija 31
2.5.2. Centralno grijanje 35
2.6. Ventilacija stambenog prostora 37
2.6.1. Prirodna ventilacija prostora 38
2.6.2. Prisilna ventilacija 41
2.7. Klimatizacija stambenog prostora 42
2.8. Priprema potrošne tople vode 44
2.8.1. Akumulacijski bojleri 46
2.8.2. Protočni bojleri 48

2.8.3. Centralna priprema vode s kotlom 49
3. Povećanje energetske učinkovitosti zgrade srednjoškolskog centra u Puli 51
3.1. Opće stanje zgrade prije rekonstrukcije 52
3.2. Opće stanje zgrade nakon rekonstrukcije 54
3.3. Tehnički sustavi u objektu 57
3.3.1. Sustav za grijanje 58
3.3.2. Priprema potrošne tople vode – PTV 60
3.3.3. Sustav termoventilacije 62
3.3.4. Split sistemi 64
3.3.5. Sustavi potrošnje vode 65
3.3.6. Sustav električne rasvjete 66
3.3.7. Ostali potrošači električne energije 67
3.4. Energetska analiza 69
3.4.1. Analiza i modeliranje potrošnje električne energije 70
3.4.2. Analiza i modeliranje potrošnje plina 72
3.4.3. Analiza i modeliranje potrošnje vode 75
3.5. Komparacija utroška energije prije i poslije sanacije 2013 76
4. Zaključak 85
5. Prijedlozi mjera poboljšanja 87
5.1. Uspostava sustava za gospodarenje energijom 87
5.2. Poboljšanje sustava grijanja, klimatizacije i ventilacije (GVK) 88
Popis literature 89
Popis slika, tablica i grafikona 91
Popis slika 91
Popis tablica 92
Popis grafikona 93
Popis oznaka i skraćenica: 93

Sažetak

Smanjenjem potrošnje energije u zgradarstvu, koje je prepoznato kao najveći potrošač energije direktno se smanjuje i potreba za proizvodnjom energije a samim time utječe se na smanjenje emisije ugljičnog dioksida CO_2.

U ovom radu je prikazano kako se rekonstrukcijom zgrade Industrijsko - obrtničke škole u Puli, koja je izvedena 2013 godine, povećala energetska učinkovitost zgrade. Rekonstrukcijom zgrade 2013 godine obnovljena je vanjska ovojnica zgrade, saniran je ravni krov, zamijenjena je dotrajala oprema u kotlovnici. Izvedene su također nova električna, gromobranska i vodovodna instalacija te je montirana klima komora za potrebe klimatizacije. Zgrada je za novonastalo stanje dobila energetski certifikat klase A, što znači da će se u narednom periodu višestruko smanjiti potrošnja energije, što je u radu i detaljno analizirano.

Ključne riječi: energija, emisija CO_2, energetska učinkovitost, energetski certifikat klase A

Summary

Reducing the use of energy in the construction of building is directly connected to reducing also the production of the energy. The positive consequences of this two reductions are lowering the emission of carbon dioxide CO_2.

In this paper it is analysed the reconstruction of the Industrial and Craftsmanship School in Pula. The reconstruction was done in 2013 and by that the energy efficiency of this school has increased. The outer sheet of the building was changed, the flat rooftop was repaired and the suffice equipment from the boiler room has been replaced. New electrical and lightning rod installations and water works were realized and an air conditioning chamber was installed for the purposes of air conditioning. The building got an energy certificate class A for the new reconstructed condition which means that in the future period the energy consumption will reduce which is analysed in this paper in great detail.

Key words: energy, CO_2 emission, energy efficiency, energy certificate class A

1. Uvod

Svijet se suočava sa sve većom potrebom za energijom uz istodobno smanjivanje rezervi fosilnih goriva kao jednim od najzastupljenijih izvora energije. Zbog tendencije sve većeg zagađenja jednostavno se nameće potreba o očuvanju prirodnog okoliša i zaustavljanju klimatskih promjena. Iskazuje se potreba za što većom primjenom energetske učinkovitosti ili efikasnosti, prije svega u sektoru zgradarstva jer su zgrade prepoznate kao najveći potrošači energije.

Zgrada Industrijsko - obrtničke škole (u daljnjem tekstu IOŠ) obnovljena je 2013 godine prema zahtjevima tehničkih propisa. U sklopu rekonstrukcije zgrade sa ciljem povećanja energetske učinkovitosti izvršene su sljedeće radnje:

- Kompletno je obnovljena vanjska ovojnica zgrade - U sklopu obnove ovojnice zgrade postavljena je nova fasada vanjskih zidova u ETICS sustavu, ravni krovovi koji su izvedeni u tri nivoa toplinski su izolirani EPS pločama debljine 8 i 12 cm sa Sika VAP kao hidroizolacijom.
- Obnovljena je postojeća plinska kotlovnica – u sklopu kotlovnice ugrađen je novi Viessmann kotao tipa Vitoplex 200 SX2A nominalne snage 270 kW, visoke efikasnosti. Instalirana je također nova armatura cjevovoda sa pet pojedinačnih grana sa automatskom regulacijom željene polazne temperature svake pojedine grane. Time je dobivena bolja raspodjela energije vezano uz različita opterećenja zbog insolacije sjeverne i južne grane ili isključivanja zagrijavanja tople vode prema klima komorama ukoliko to nije potrebno. Ugrađen je spremnik za PTV sa mogućnošću grijanja preko solarnih kolektora.
- Obnovljena je električna instalacija – izvršena je nova instalacija rasvjete gdje su ugrađene svjetiljke sa fluorescentnim sijalicama T5 i T8.

1.1. Opis i definicija problema

Uslijed sve većeg utroška energije, uz stalan porast cijena energenata projektiranje i upravljanje energijom u zgradama dobiva na sve većem značaju. Porastom životnog standarda usporedo raste i sve veća potreba za energijom kako za grijanje tako i za hlađenje, pogotovo ma-

sovnim uvođenjem klimatizacije u zgrade. Potrošena energija u zgradama nije mala i ona u Hrvatskoj iznosi 41,30% ukupne finalne potrošnje energije.[1]

Zgrade su najveći pojedinačni potrošači energije a samim time i najveći zagađivači okoliša. Životni vijek zgrada je dug i njihov utjecaj na okoliš je dugotrajan i kontinuiran te nije zanemariv. Pred projektante i graditelje postavlja se novi zahtjevni zadatak a to je kako zadovoljiti formu 3E – energija, ekonomija, ekologija.

1.2. Cilj i svrha rada

Cilj rada je prikazati kako povećati energetsku učinkovitost u zgradarstvu te podići komfor djelatnika i učenika Srednjoškolskog centra na višu razinu, to jest kako zadovoljiti formu 3E - energija, ekonomija, ekologija.

Svrha rada je upoznavanje sa pojmom „Energetska učinkovitost“, njezinim značajem glede uštede energije i povećanja životnog komfora, općenito prepoznavanje važnosti uloge upravljanja energijom u zgradama.

1.3. Hipoteza

Samo novim tehničkim rješenjima i racionalnom uporabom energije u stambenim zgradama, to jest povećanjem energetske učinkovitosti u njima, može se postići smanjenje utroška energije, zagađenja okoliša i povećanje udobnosti života.

1.4. Metode rada

U ovom radu koristile su se slijedeće metode rada:

- Metoda analize i sinteze
- Grafička metoda
- Matematička metoda

[1] Hrs Borković.Ž. et al,: "Energetska učinkovitost u zgradarstvu", Priručnik, EIHP i HEP Toplinarstvo, Zagreb, 2007. str 3.

- Opisna metoda

1.5. Struktura rada

Rad je sastavljen od četiri dijela. Prvi dio rada odnosi se na uvod u tematiku to jest energetsku učinkovitost, predočeni su cilj i svrha rada, hipoteza, metode rada te struktura rada.

Drugi dio rada donosi nam osnovne principe energetske učinkovitosti u zgradarstvu, zakonske regulative glede iste te iznosi razloge zašto uopće primjenjivati energetsku učinkovitost. Zatim raščlanjuje energetsku učinkovitost u zgradarstvu na sastavne dijelove poput toplinske izolacije, sustava grijanja klimatizacije, potrošnje električne energije i pripreme tople vode.

Treći dio odnosi se na povećanje energetske učinkovitosti na primjeru srednjoškolskog centra u Puli konkretno na primjeru Industrijsko - obrtničke škole gdje je rekonstrukcijom zgrade povećana energetska učinkovitost zgrade i dobiven energetski certifikat klase A.

U četvrtom djelu predočen je zaključak, prijedlozi mjera za poboljšanje, te popis literature, slika, tablica i grafikona.

2. Energetska učinkovitost u zgradarstvu

Energetska učinkovitost je odnos između ostvarenog korisnog učinka i energije potrošene za ostvarenje tog učinka. U zgradarstvu energetska učinkovitost znači upotrebu manje količine energije za grijanje i hlađenje prostora, ventilaciju, rasvjetu te pripremu tople vode, uz istu nesmanjenu razinu udobnosti odnosno osjećaja ugode u prostoru.[2]

Uslijed sve većeg utroška energije, uz stalan porast cijena energenata projektiranje i upravljanje energijom u zgradama dobiva na sve većem značaju. Porastom životnog standarda usporedo raste i sve veća potreba za energijom kako za grijanje tako i za hlađenje, pogotovo masovnim uvođenjem klimatizacije u zgrade. Potrošena energija u zgradama nije mala i ona iznosi 41,30% ukupne finalne potrošnje energije u Hrvatskoj.[3]

Zgrade su najveći pojedinačni potrošači energije a samim time i najveći zagađivači okoliša. Životni vijek zgrada je dug i njihov utjecaj na okoliš je dugotrajan i kontinuiran te nije zanemariv. Pred projektante i graditelje postavlja se novi zahtjevni zadatak a to je kako zadovoljiti formu 3E – energija, ekonomija, ekologija.

S druge strane gledano velika potrošnja energije u zgradama istovremeno stvara prostor za značajnije energetske i ekološke uštede. Uvođenjem obaveznog energetskog certifikata u zgradarstvu potaknuta je akcija za većom energetskom učinkovitošću.

Bitno je naglasiti da se energetska učinkovitost ne smije gledati samo sa stanovišta štednje energije jer štednja podrazumijeva određena odricanja nečega. Naime energetska učinkovitost ima za cilj smanjiti potrošnju energije na način da smanjena uporaba energije nikada ne narušava uvjete rada i življenja.

Poboljšanje energetske učinkovitosti ne svodi se samo na primjenu novih tehničkih rješenja. Svako novo tehnološko - tehničko rješenje koliko god bilo dobro gubi na značaju ako ljudi koji ga primjenjuju nisu za to adekvatno educirani. S toga se može reći da je energetska učinkovitost prije svega stvar ljudske svijesti i htijenja za promjenom ustajalih navika ka energetski učinkovitijim rješenjima, nego što je to stvar kompleksnih tehničkih rješenja.

[2] RH Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=14521(17.01.2015)
[3] Hrs Borković.Ž. et al,: "Energetska učinkovitost u zgradarstvu", Priručnik, EIHP i HEP Toplinarstvo, Zagreb, 2007. str 3.

Projekti povećanja energetske učinkovitosti i održive obnove postojećih zgrada danas mogu djelovati kao svojevrsni urbanistički i arhitektonski poticaji, te kao polje za primjenu inovativnih tehničkih i tehnoloških rješenja za:[4]

- Poboljšanje stambenog komfora,
- Povećanje fleksibilnosti prostora,
- Smanjenje potrošnje energije a samim time i troškova života i održavanja,
- Povećanje korištenja prirodnih materijala i obnovljivih izvora energije te
- Ekonomski isplativih rješenja gradnje i održavanja.

2.1. Razlozi za energetsku učinkovitost

Postoji više razloga za primjenom energetske učinkovitosti a najznačajniji među njima su zaštita okoliša i ekonomska učinkovitost.

Zaštita okoliša

Povećanjem industrijske proizvodnje automatski se povećava potrošnja energije. Povećana proizvodnja i uporaba energije značajno utječu na zagađenje okoliša. Zagađenje okoliša može biti lokalno i regionalno u vidu kiselih kiša i smoga, a može biti i globalnog karaktera koje se manifestira u vidu globalnog zatopljenja a za rezultat imaju promjene klime.

Najveći dio energije dobiva se iz fosilnih goriva (ugljen, nafta i njezini derivati i prirodni plin). Njihovim sagorijevanjem u atmosferu se ispuštaju razni štetni plinovi poput sumpornog dioksida (SO_2), dušičnog oksida (NO_x), ugljičnog dioksida (CO_2). Plinovi SO_2 i NO_x osim svojih štetnih utjecaja na ljudsko zdravlje uzročnici su kiselih kiša. NO_x osim u stvaranju kiselih kiša sudjeluje također u eutrofikaciji i stvaranju štetnog prizemnog ozona dok je CO_2 najznačajniji uzročnik globalnog zatopljenja.[5]

Proizvodnja i potrošnja energije su proporcionalne veličine. Energija se proizvodi da bi se zadovoljila potrošnja, pa neučinkovita potrošnja uzrokuje veliku proizvodnju a samim time i veliko zagađenje okoliša.

[4] Hrs Borković.Ž.,: „Potencijal energetske učinkovitosti u zgradarstvu RH“,EIHP,op cit, str 11.
[5] Bukarica,V.: „Priručnik za energetske savjetnike“, http://www.enu.fzoeu.hr/assets/files/post/96/list/prirucniksavjetnici.pdf., str 8. (16.01.2015)

Većom energetskom učinkovitošću smanjuje se potreba za proizvodnjom i potrošnjom energije te je u konačnici i manje zagađenje okoliša.

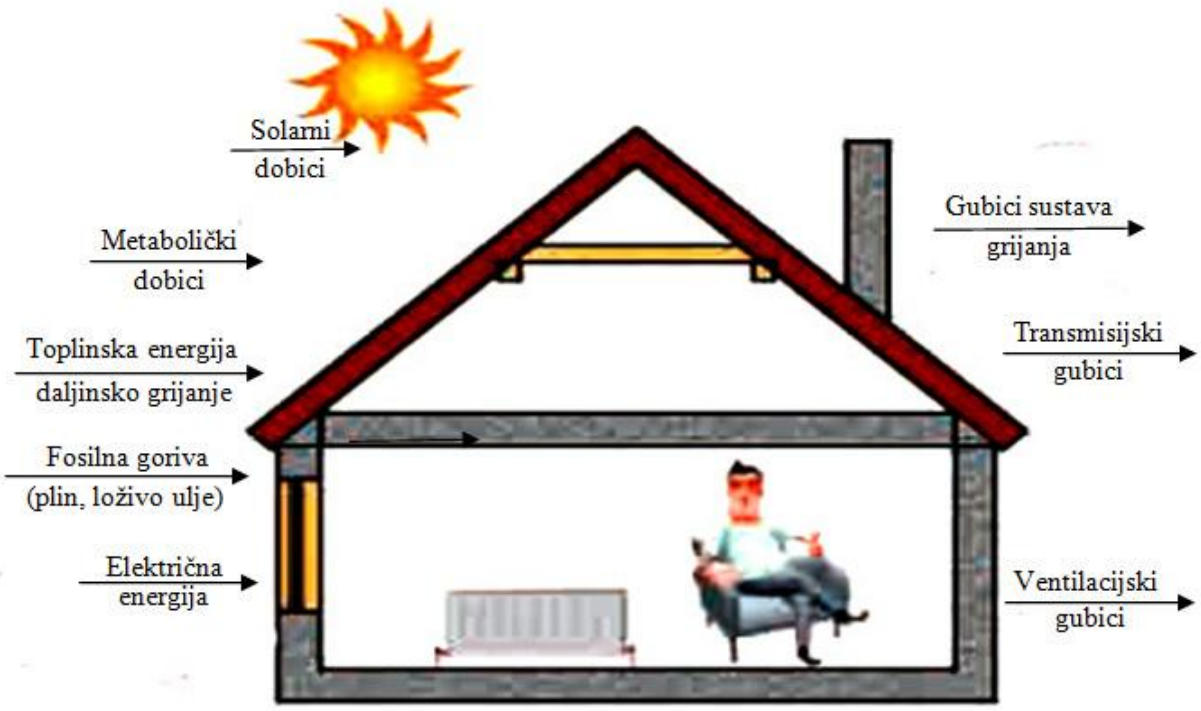
Ekonomska učinkovitost

Energija nije besplatna što više ona je podosta zastupljena u kućnom ili poslovnom budžetu. Mjesečna potrošnja električne energije, plina, vode može se znatno smanjiti podizanjem energetske učinkovitosti što za rezultat ima značajnu novčanu uštedu.

2.2. Energetska bilanca zgrade

Kako bi se u potpunosti razumjela energetska potrošnju zgrade, potrebno je poznavati i razumjeti osnovne pojmove i veličine potrebne za njezino određivanje i analizu. Osnovni pojmovi za analizu potrošnje energije u zgradama su: toplinski gubici i dobici, koeficijent prolaza topline, stupanj-dan grijanja, stupanj korisnog djelovanja. Oni su ključni za određivanje energetske (toplinske) bilance zgrade.

Slika 1. Energetska bilanca zgrade



Izvor - Bukarica,V.: „Priručnik za energetske savjetnike“, http://www.enu.fzoeu.hr/assets/files/post/96/list/prirucniksavjetnici.pdf., str 17. (16.01.2015)

Energetska bilanca zgrade podrazumijeva sve energetske gubitke i dobitke te zgrade. Pri tome se obično govori o toplinskoj bilanci zgrade, odnosno koliko je energije potrebno da bi se zadovoljile toplinske potrebe zgrade. Potreba za toplinskom energijom uvijek je usko vezana za toplinske gubitke zgrade. Dok god su toplinski dobici energije dovoljni za pokrivanje toplinskih gubitaka, u zgradi će se održavati željeni uvjeti toplinske ugodnosti. Prema tome, energetski dobici (energija sustava za grijanje + unutarnji toplinski dobici + toplinski dobici od sunca) moraju biti jednaki energetskim gubicima (transmisijski gubici + ventilacijski gubici + gubici sustava grijanja).

Transmisijski gubici topline nastaju prolazom (transmisijom) topline kroz elemente ovojnice zgrade. Oni ovise o konstrukcijskim elementima zgrade (opeka, armirano-betonska), debljini toplinske zaštite na zidovima, prozorima, vratima, itd. Osim transmisijskih gubitaka, za proračun potrebe grijanja zgrade, moraju se pribrojiti i toplinski gubici zbog provjetravanja, tzv. ventilacijski gubici. Osim toplinskih gubitaka, u zgradama imamo i toplinske dobitke koji ne dolaze iz sustava grijanja, tzv. slobodne toplinske dobitke. Ti dobici uključuju toplinu dobivenu od osoba koje borave u prostoru, kao i od različitih uređaja (primjerice, uredska oprema, rasvjeta, kuhinjski uređaji i dr.) koji se u tom prostoru koriste. Te dobitke nazivamo unutarnjim ili internim dobicima. Osim toga, određena količina topline u prostor dolazi i od Sunčeva zračenja. Prema tome, energija koju je potrebno osigurati iz sustava grijanja tzv. korisna energija za zagrijavanje zgrade jednaka je:

$$Q_k = Q_{trans} + Q_{vent} - Q_{in} - Q_{sun}$$

gdje je:

- $Q_k - korisna\ energija,$
- $Q_{trans} - transmisijski\ gubici,$
- $Q_{vent} - ventilacijski\ gubici,$
- $Q_{in} - unutarnji\ dobici\ i$
- $Q_{sun} - energija\ sunčevog\ zračenja.$

Da bi sustav grijanja zadovoljio toplinske potrebe zgrade, potrebna je određena količina primarne energije, energije energenta. Ta je energija veća od korisne energije jer tehnički sustavi

nisu savršeni, tj. oni također imaju svoje gubitke. Tehničke gubitke određujemo upravo pomoću stupnja korisnog djelovanja. Stupanj korisnog djelovanja bilo kojeg tehničkog uređaja određuje se laboratorijskim mjerenjima i to je podatak kojega proizvođač mora navesti na svom proizvodu. Stupanj korisnog djelovanja označava se s η, a izražava u postotcima. Primjerice, stupanj korisnog djelovanja kotla nam govori kolika je učinkovitost pretvorbe goriva u kotlu. Naime, energiju goriva ne možemo iskoristiti u potpunosti, jer se dio energije izgubi s ispuštenim dimnim plinovima ili vlagom, dio se prenosi sa samog kotla na okoliš zračenjem, a dio goriva niti ne sagori u potpunosti. Jasno je dakle da vrijedi jednakost:

$$Q = Q_k + Q_\eta$$

gdje je:

- $Q - primarna\ energija\ goriva,$
- $Q_k - korisna\ energija\ i$
- $Q_\eta - \ stupanj\ iskoristivosti\ energije.$

Prema tome, energetska bilanca kuće glasi:

$$Q + Q_\eta + Q_{sun} = Q_{trans} + Q_{vent} + Q_\eta$$

gdje je:

- $Q - primarna\ energija\ goriva,$
- $Q_\eta - stupanj\ iskoristivosti\ energije,$
- $Q_{sun} - \ toplinski\ dobici\ od\ sunca,$
- $Q_{trans} - \ transmisijski\ gubici\ i$
- $Q_{vent} - \ ventilacijski\ gubici.$

Iza energetske bilance upravo se krije i osnovna ideja energetske učinkovitosti u zgradarstvu, sa ciljem smanjenja potrebne energije grijanja i toplinskih gubitaka sustava na najmanju moguću mjeru, a da se pri tome ne naruši toplinsku ugodnost u prostoru.

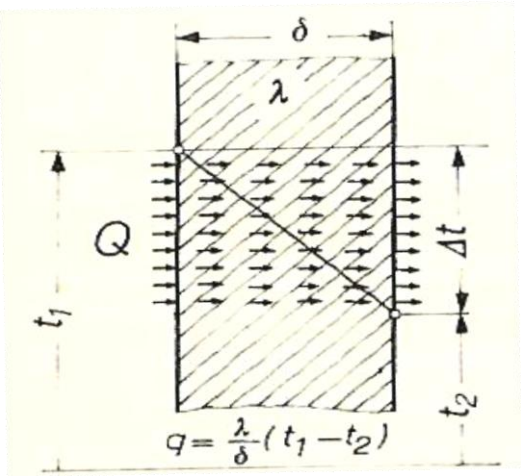
2.3. Prijelaz topline

Svako tijelo nastoji svoju temperaturu izjednačiti s temperaturom drugih tijela u svojoj okolini. Do toga izjednačenja dolazi uslijed različitih temperatura dvaju tijela. Tada tijela više temperature svoju toplinu predaju tijelima niže temperature koju tu toplinu primaju na sebe. Prirodni prijelaz topline uvijek teče u smjeru više temperature na nižu. Kada tijela izjednače svoje temperature kažemo da su tijela u toplinskoj ravnoteži. Prijelaz topline može se vršiti provođenjem (kondukcijom), prijenosom (konvekcijom) i zračenjem (radijacijom).[6]

2.3.1. Prijelaz topline provođenjem

Provođenje topline vrši se unutar tijela gdje toplina sa čestica više temperature prelazi na čestice niže temperature. Slika (2) prikazuje kako se toplina Q provodi kroz stjenku sa određenim koeficijentom toplinske vodljivosti (λ), određene debljine (δ) sa njene toplije (t_1) na hladniju stranu (t_2). Provođenje topline se odvija uz temperaturni pad Δt koji se dobiva iz slijedeće relacije: $\Delta t = t_1 - t_2$

Slika 2. Prijelaz topline provođenjem



Izvor - Šivak,M.,: „Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija“, Savez energetičara Hrvatske“, Zagreb 1980., str 60.

[6] Šivak,M.,: „Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija“, Savez energetičara Hrvatske“, Zagreb 1980., str 59.

Količina topline koja se provođenjem provodi kroz stjenku može se izračunati prema Fourierovom zakonu za stacionarno provođenje topline kroz ravni homogeni sloj prema slijedećoj jednadžbi:

$Q = A\frac{\lambda}{\delta}(t_2 - t_1) * \tau$ gdje je:

- $Q - toplina\ koja\ se\ provodi(W)$,
- $t_1 - viša\ temperatura\ stijenke(K)$,
- $t_2 - niža\ temperatura\ stijenke(K)$,
- $\delta - debljina\ stijenke(m)$,
- $\lambda - koefocijent\ toplinske\ provodljivosti\ materijala\ stjenke({}^{W}/_{mK})$ i
- $\tau - vrijeme\ trajanja\ prijenosa\ topline(h)$.

Koeficijent toplinske provodljivosti fizikalno je svojstvo materijala koje ovisi o temperaturi, tlaku i vlažnosti materijala. Određuje se mjerenjem. S obzirom na vrijednosti koeficijenta toplinske provodljivosti materijali se općenito mogu podijeliti na vodiče i izolatore. Vrijednost toplinske provodnosti građevinskih materijala se u prosjeku kreće oko 1 W/(mK). Za izolacijske materijale poželjne su što niže vrijednosti koeficijenta toplinske provodljivosti a kreću se otprilike oko 0,04 W/(mK).

2.3.2. Prijenos topline konvekcijom

Prijenos topline konvekcijom vrši se isključivo kod tvari koje mijenjaju svoje mjesto a odnosi se na tekućine, plinove i pare. Zagrijane čestice plina ili tekućine putuju s jednog mjesta na drugo noseći toplinu sa sobom, tako zagrijane miješaju se sa drugim hladnijim česticama predajući im dio topline. Takvim se načinom zagrijava zrak u prostoriji. Kretanje čestica može biti uvjetovano unutarnjim razlozima primjerice promjenom gustoće odnosno specifične težine ili pak vanjskim razlozima primjerice nekom pumpom ili ventilatorom.

Količina topline koja se može konvekcijom prenijeti na stjenku ili sa stjenke odvesti može se izračunati pomoću sljedećih jednadžbi:

$Q = A * \alpha_1(t_a - t_1)$ - za prijenos topline na stjenku

$Q = A * \alpha_2(t_2 - t_b)$ - za prijenos topline sa stjenke

gdje je:

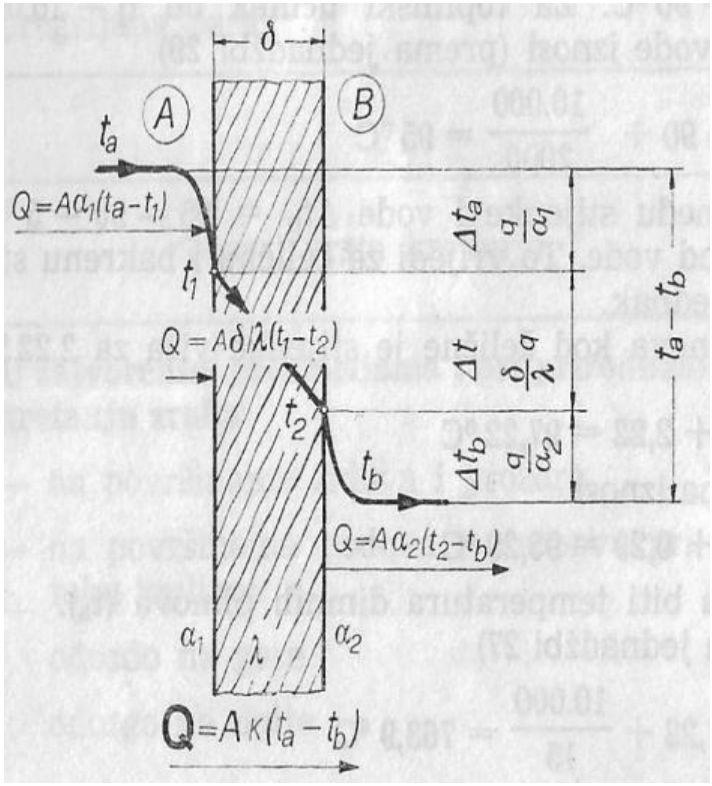
- $Q - količina\ prenijete\ topline\ na\ ukupnoj\ površini\ A\ u\ vremenu\ 1h,$
- $A - površina\ stjenke,$
- $\alpha_1 -\ koeficijent\ prijenosa\ topline\ sa\ tvari\ na\ stjenku,$
- $\alpha_2 -\ koeficijent\ prijenosa\ topline\ sa\ stjenke\ na\ tvar\ koja\ toplinu\ odvodi,$
- $t_1 -\ viša\ temperatura\ stjenke,$
- $t_2 -\ niža\ temperatura\ stjenke,$
- $t_a -\ temperatura\ tvari\ koja\ prenosi\ toplinu\ na\ stjenku$ i
- $t_b -\ temperatura\ tvari\ koja\ toplinu\ odvodi\ sa\ stjenke.$

Koeficijent prijenosa topline konvekcijom (α) nije fizikalna konstanta poput koeficijenta vodljivosti. Koeficijent prijenosa topline je količina topline koja se na m^2 površine stjenke prenosi u vremenu od 1h pri temperaturnoj razlici o 1 K između površinske stjenke te pare, plina ili tekućine koji struje tom površinom. Mjerna veličina koeficijenta prijenosa topline konvekcijom je W/m^2K.

Prolaz topline

U praksi se rijetko nalaze slučajevi kada se prijelaz topline odvija samo provođenjem ili samo konvekcijom. Najčešće se toplina provodi kombinirano i provođenjem i konvekcijom slika (3).

Slika 3. Prolaz topline



Izvor - Šivak,M.,: „Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija“, Savez energetičara Hrvatske“, Zagreb 1980., str 68.

Sa tvari A koja ima temperaturu ta toplina Q se prenosi konvekcijom na stjenku koja na površini poprima temperaturu t_1. Zatim se ta ista količina topline prevodi na drugu stranu stjenke temperature t_2, a odavde opet konvekcijom na tvar B temperature t_b. Ovo je slučaj kada govorimo o prolazu topline.[7]

Ovdje imamo tri prijenosa topline i tri temperaturna pada. Izračunavanje prijenosa topline u takvim se slučajevima pojednostavljuje primjenom koeficijenta prolaza topline „k“. Ovaj koeficijent prolaza topline prikazuje snagu topline (toplinski tok) koja prolazi kroz stjenku površine m^2 u vremenu 1h pri temperaturnoj razlici od 1K između dvije tvari kod kojih se prolaz topline ostvaruje. Mjerna jedinica koeficijenta prolaza topline „k“ je W/m^2K.

Koeficijent k uzima u obzir koeficijente prijenosa topline konvekcijom (α_1i α_2), koeficijent vodljivosti (λ) i debljine stjenke (δ) te se može izračunati pomoću sljedeće jednadžbe:

[7] Šivak,M.,: „Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija“, Savez energetičara Hrvatske“, Zagreb 1980., str 68.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

gdje je:

- $k - koeficijent\ prolaza\ topline\ \left({}^{W}/_{m^2K}\right)$,
- $\alpha_1 - koeficijent\ prolaza\ topline\ sa\ tvari\ na\ stjenku\ \left({}^{W}/_{m^2K}\right)$,
- $\alpha_2 - koeficijent\ prolaza\ topline\ sa\ stjenke\ na\ tvar\ \left({}^{W}/_{m^2K}\right)$,
- $\delta - debljina\ stjenke(m)\ i$
- $\lambda - koeficijent\ toplinske\ vodljivosti\ materijala\ stijenke\ \left({}^{W}/_{m^2K}\right)$.

Uvrštenjem koeficijenta „k“, jednadžba za prolaz topline glasi:

$$Q = A * k(t_a - t_b)[W]$$

Koeficijent prolaska topline „k“ uglavnom zavisi od koeficijenta prijenosa α_1 i α_2, tako da temperatura stjenke nije značajna za izračunavanje prolaza topline. Koeficijent prolaza topline „k“ uvijek je manji od najmanjeg koeficijenta prijenosa.

2.4. Toplinska zaštita zgrada

Energetska učinkovitost uključuje niz mogućnosti za uštedu toplinske i električne energije. Toplinska zaštita zgrada jedna je od značajnijih tema jer u sebi sadrži golemi potencijal uštede energije. Zbog nedovoljne toplinske izolacije velika su rasipanja energije prilikom grijanja zimi i hlađenja ljeti. Također moguća su i nastajanja hladnih obodnih konstrukcija te oštećenja nastala uslijed kondenzacije ili vlage. Zagrijavanje a i hlađenje takovih prostorija iziskuje veću potrošnju energije što dovodi do povećanja cijene korištenja i održavanje prostora, ali i većeg zagađenja okoliša. Poboljšanjem toplinsko izolacijskih karakteristika zgrade moguće su uštede energije to jest smanjenje toplinskih gubitaka od 40 – 80%.

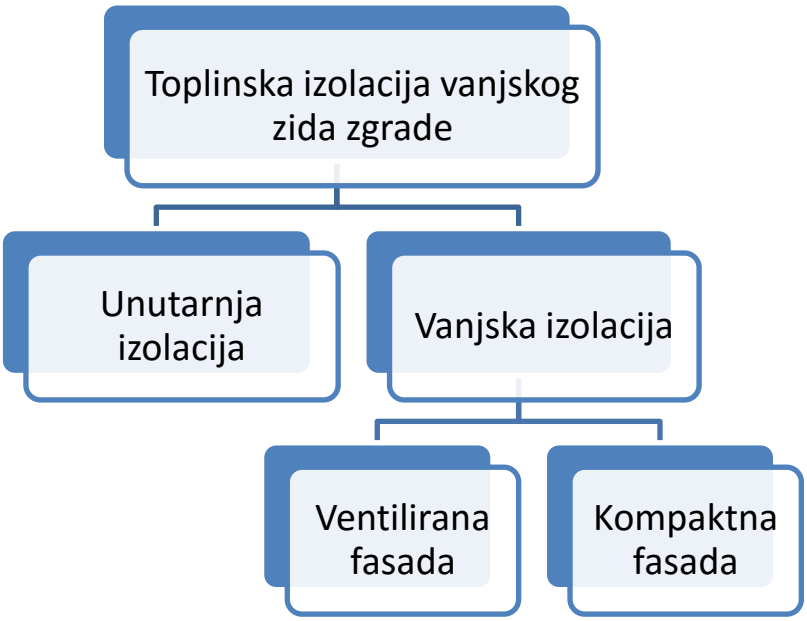
2.4.1. Toplinska izolacija vanjskog zida

Osnovna funkcija vanjskog zida zgrade je odvajanje prostora od raznoraznih atmosferskih utjecaja (kiša, vjetar, sunce), sprečavanje prijenosa zvukova, zatim gubitak topline zimi i pregrijavanje prostora ljeti.

Koeficijent prolaska topline „**U“** je parametar koji karakterizira gubitke topline kroz vanjske zidove a mjerna jedinica mu je wat po metru kvadratnom i stupnju kelvina (W/m^2K). Ukoliko koeficijent prolaska topline pomnožimo sa 10 (Faustova formula), dobivamo veličinu koja nam pokazuje koliko se energije troši na grijanje vanjskog zida po m^2 godišnje.[8]

Toplinska izolacija vanjskog zida izvodi se dodavanjem novoga toplinskog sloja najčešće s vanjskog dijela zida a u iznimnim slučajevima može i s unutrašnjeg dijela zida.

Grafikon 1. Toplinska izolacija vanjskog zida zgrade



Izvor - Autor

Izvedba toplinske izolacije s unutrašnjeg dijela zida puno je nepovoljnija i skuplja zbog raznih problema koji se pri tome javljaju. Jedan od značajnijih problema je pojava difuzije vodene pare a tu su još i problemi oko strožih zahtjeva u pogledu sigurnosti protiv požara a i na kraju što nije zanemarivo, smanjuje se unutarnji radni prostor zgrade. Ugradnja toplinske izolacije s unutarnje strane fizikalno je lošije rješenje jer se unatoč poboljšanju toplinske izolacije zida

[8] http://www.exco.hr/eaadmin/catpics/J30_1_E_1.pdf (12.04.2015)

mijenja toplinski tok u zidu i osnovni nosivi zid postaje hladniji. Zbog toga treba posebnu pažnju posvetiti izvedbi parne brane radi izbjegavanje kondenzata i pojave stvaranja plijesni. Kod ovakvog vida toplinske izolacije isto tako potrebno je toplinski izolirati i dio pregradnih zidova koji se spajaju s vanjskim zidom. Toplinska izolacija s unutarnje strane je manje učinkovita i koristi se u slučajevima kad zakonski uvjeti ne dozvoljavaju izvedbu toplinske izolacije s vanjske strane (npr. zgrade spomenici kulture).

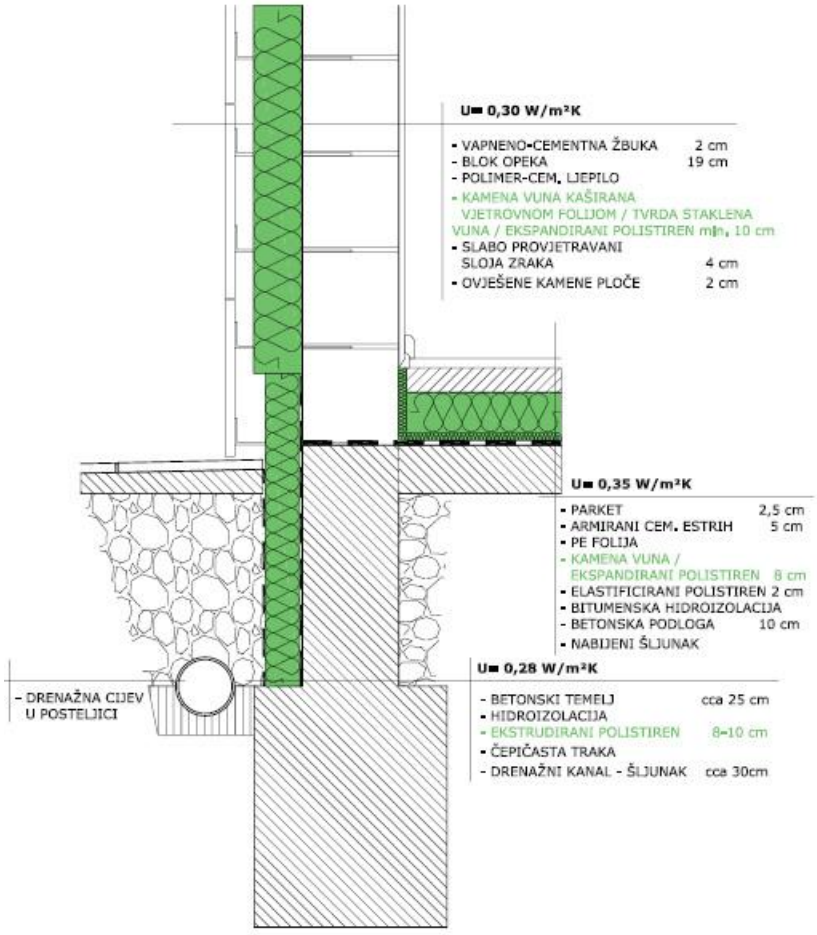
Prilikom izvedbe toplinske izolacije s vanjske strane zida postoje dva rješenja izvođenja završnog sloja koji štiti toplinsko izolacijski sloj i ostatak zida od vanjskih atmosferskih utjecaja, a to su **kompaktna fasada** i **ventilirana fasada**.

Kompaktnu fasadu karakterizira izvedba vanjskog zaštitnog sloja punoplošnim lijepljenjem na toplinsko - izolacijski sloj. U ovisnosti o vrsti žbuke kompaktna fasada može biti tankoslojna i debeloslojna. Toplinsko izolacijski materijal se lijepi za podlogu (kompaktni zid) polimerno cementnim ljepilom ili se postavlja mehaničkim pričvršćivačima.

Kod slučaja **ventilirane fasade** zaštitni sloj je u obliku pojedinačnih elemenata učvršćenih na odgovarajuću podkonstrukciju na način da između zaštitne obloge i sloja toplinske izolacije ostane sloj zraka koji ventilira prema van. Toplinska izolacija učvršćena je za nosivi zid, a između izolacije i završnog dekorativnog sloja fasade (staklo, kamen, čelik, drvo, umjetna vlakna) nalazi se sloj ventiliranog zraka. Djelotvorni toplinsko izolacijski sloj završava slojem za provjetravanje kroz koji zrak treba cirkulirati i isušivati vlagu.

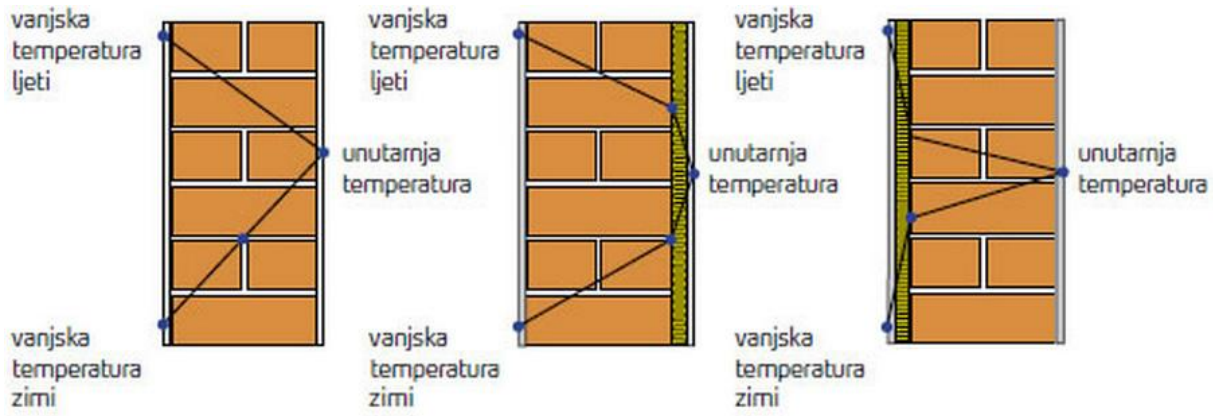
Kod oba slučaja koji se jednako preferiraju, debljina toplinsko – izolacijskog sloja ne smije biti ispod 10 – 12 cm, da bi vrijednost koeficijenta prolaska topline **U** bio u rasponu od 0,25 – 0,35 W/m^2K.

Slika 4. Pravilna izvedba toplinske izolacije vanjskog zida kod kompaktne fasade



Izvor – Hrs Borković.Ž. „Energetska učinkovitost u zgradarstvu“, EIHP Zagreb, str.52.

Slika 5. Protok temperature u zidu



Izvor - http://www.webgradnja.hr/specifikacije/1002/razliciti-nacini-izvedbe-toplinske-izolacije-objekta/ (09.02.2015)

Slika 6. Vanjska izolacija zida



Ventilirani toplinsko izolacijski sustav



Kontaktni toplinsko izolacijski sustav

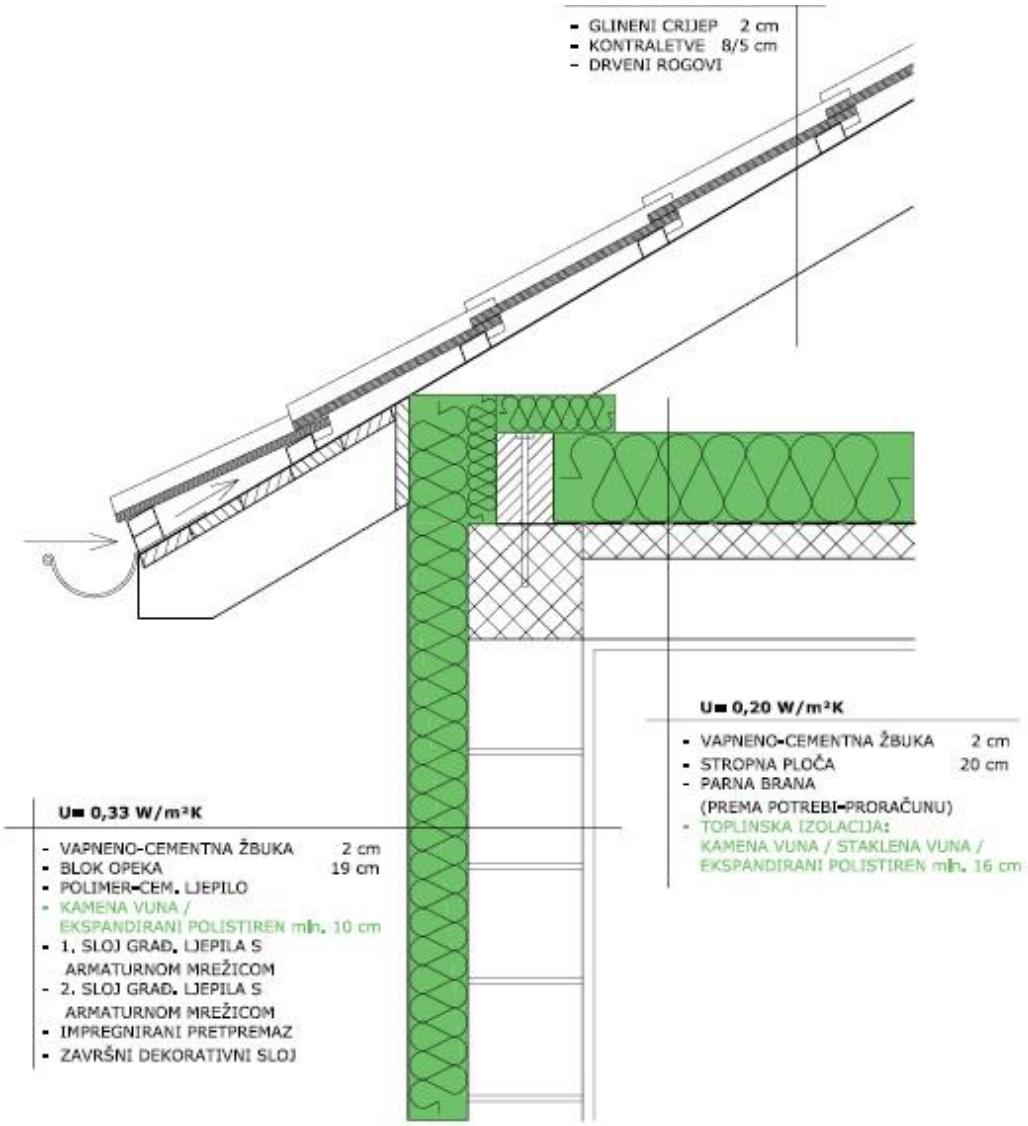
Izvor - http://www.webgradnja.hr/specifikacije/1002/razliciti-nacini-izvedbe-toplinske-izolacije-objekta/ (09.02.2015)

2.4.2. Toplinska izolacija krova ili stropa prema negrijanom tavanu

Bez obzira što je krov zastupljen samo sa 10 - 20% u ukupnim toplinskim gubicima krov itekako ima važnu ulogu u kvaliteti i standardu stanovanja. Krov štiti kuću od svih atmosferskih (vremenskih) neprilika poput kiše, snijega, sunca, vjetra to jest od hladnoće zimi i vrućine ljeti. Najčešći oblik krova kod obiteljskih kuća i manjih stambenih zgrada je kosi krov. U dosta se slučajeva prostor ispod kosog krova koristi u stambene svrhe iako nije adekvatno toplinski izoliran. U tom se slučaju kroz krov gubi i do 30% topline što rezultira s velikim toplinskim gubicima zimi i još većim pregrijavanjem ljeti, tako da je naknadna toplinska izolacija preporučljiva jer je jednostavna za ugradnju i ekonomski je vrlo brzo isplativa. Povratni period za investiciju je od 1 – 5 godina. Materijali koji se koriste kod toplinske izolacije kosog krova moraju biti paropropusni i nezapaljivi. Najčešći materijal za takov vid toplinske izolacije je kamena vuna. Treba paziti da se ne stvaraju toplinski mostovi na prijelazu vanjskog zida i krova. U slučaju kada se prostor ispod kosog krova ne grije to jest nije u funkciji stanovanja potrebno je iznad zadnje etaže koja se grije postaviti toplinsku izolaciju pema negrijanom tavanu. Preporučljiva debljina toplinske izolacije kod kosog krova je 15 – 20 cm. i postavlja se u dva sloja – jedan sloj između rogova a drugi sloj ispod rogova zbog sprečavanja stvaranja toplinskih mostova.

Osim kosih krovova kod zgrada pogotovo većih dimenzija često su prisutni i ravni krovovi. Ravni krovovi su najviše izloženi atmosferskim utjecajima od svih vanjskih elemenata zgrade stoga je vrlo važno takve krovove kvalitetno izolirati kako toplinski tako i hidroizolacijom. Kod kosog krova također je jako važno pravilno riješiti odvodnju oborinskih voda. Ravni se krov može riješiti kao prohodni, neprohodni i kao zeleni krov. U skladu s time se izvodi završna faza obrade krova.[9]

Slika 7. Pravilna izvedba toplinske izolacije stropa prema negrijanom tavanu i spoja sa zidnom izolacijom

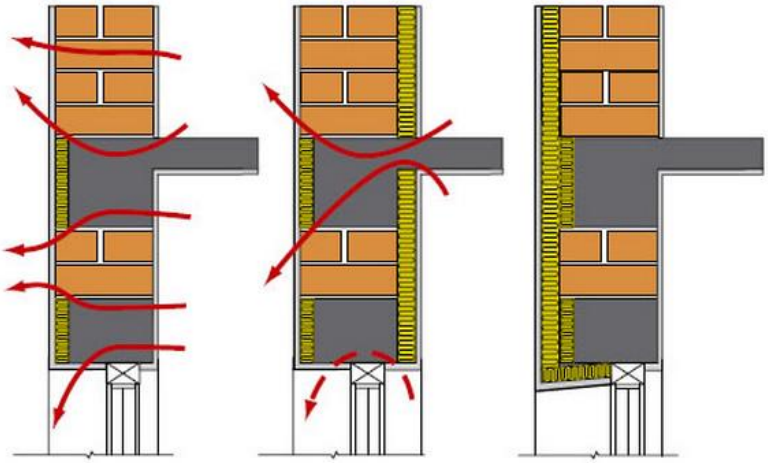


Izvor - Hrs Borković.Ž. „Energetska učinkovitost u zgradarstvu“, EIHP Zagreb, str.54.

[9] Hrs borković.Ž., „Energetska učinkovitost u zgradarstvu“, EIHP Zagreb, str.53.

2.4.3. Toplinski mostovi

Slika 8. Toplinski mostovi - pogreške pri izolaciji vanjskih zidova i prednosti izolacije na vanjskoj strani



Izvor - http://www.webgradnja.hr/specifikacije/1002/razliciti-nacini-izvedbe-toplinske-izolacije-objekta/ (09.02.2015)

Energetska učinkovitost zgrade osim o toplinskoj zaštiti ovisi i o utjecaju toplinskih mostova. Toplinski most je manje područje u omotaču grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan zbog promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela.[10] Toplinski su mostovi određena područja s većom gustoćom toplinskog protoka u odnosu na druga područja građevinskih elemenata. Zbog lokalno povećanog odvoda topline, pada temperatura površine na unutrašnjoj strani građevinskog elementa, čime raste rizik povećanja vlažnosti. Do toga dolazi kada temperatura površine unutrašnje strane građevinskog elementa u području toplinskog mosta padne ispod temperature rošenja zraka površine. Posljedica je nastajanje kondenzata na površini građevinskog elementa. Pod određenim rubnim uvjetima (vlažnost, temperatura, dostava hranjivih tvari, trajanje izloženosti) može doći do stvaranja plijesni. Učinak toplinskih mostova pojačava se pogrešnim zagrijavanjem i prozračivanjem.

Ovisno o uzroku nastajanja postoje dvije vrste toplinskih mostova:

- Konstruktivni toplinski most - javljaju se uslijed kombinacije različitih vrsta materijala koji zbog svoje različitosti rezultiraju različitim tokovima topline i uzajamnog djelovanja. Primjeri za to su spoj stropa na vanjski zid, prolazna ploča od armiranog be-

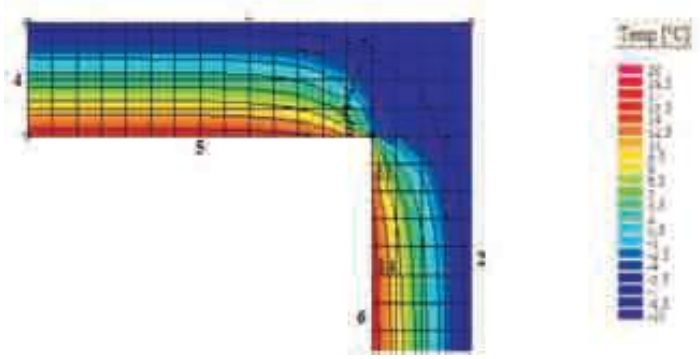
[10] Hrs borković.Ž., „Energetska učinkovitost u zgradarstvu“, EIHP Zagreb, str. 56.

tona u području balkona ili nosači od armiranog betona u zidu kod skeletne konstrukcije i

- Geometrijski toplinski most - javljaju se uslijed promjene oblika konstrukcije, primjerice kod uglova zgrade. Većim dijelom građevine unutarnja površina koja preuzima toplinu i vanjska površina koja predaje toplinu, iste su veličine. U slučaju kada je vanjska površina, koja predaje toplinu u području ugla, značajno veća od unutrašnje površine koja preuzima toplinu nastaje povećani toplinski tok u području ugla.

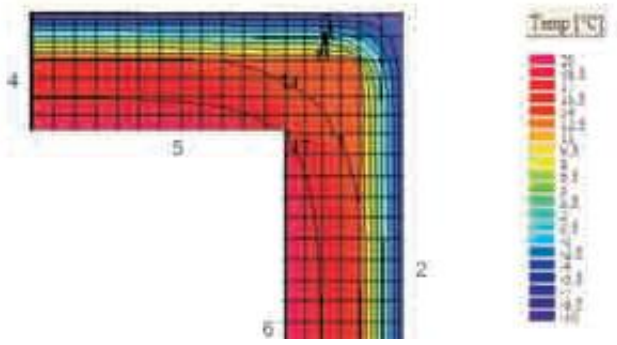
U praksi se učestalo pojavljuju kombinacije konstruktivnih i geometrijskih toplinskih mostova.

Slika 9. Prikaz toplinskog mosta na neizoliranom kutu zgrade



Izvor - Hrs borković.Ž., „Energetska učinkovitost u zgradarstvu“, EIHP Zagreb, str.57.

Slika 10. Prikaz toplinskog mosta na izoliranom kutu zgrade



Izvor - Hrs borković.Ž., „Energetska učinkovitost u zgradarstvu“, EIHP Zagreb, str.57.

Toplinski mostovi s energetskog stajališta predstavljaju slabe točke u konstrukciji zgrade. Udio toplinskih mostova u gubicima prijenosa energije može iznositi do 20%,. Istovremeno raste rizik akumuliranja kondenzata, što uz određene preduvjete može dovesti do stvaranja plijesni. Najbolji način izbjegavanja toplinskih mostova je postavljanjem adekvatne toplinske izolacije po cijeloj vanjskoj ovojnici bez prekida.

Mjesta pojavljivanja toplinskih mostova su:

- Uglovi zgrade,
- Spojevi unutrašnjih i vanjskih zidova,
- Spoj drvenih podrožnica i rogova s armirano betonskim serklažima,
- Spoj stropa i vanjskog zida,
- Spoj zida i krova,
- Spoj zida i plohe poda/stropa podruma,
- Spojevi prozora i vrata (nadvoji),
- Proboji izolacijskih slojeva (balkoni) i
- Kutije za rolete.

Posljedice toplinskih mostova:

- Toplinski gubici,
- Niža površinska temperatura vanjskog zida s unutarnje strane,
- Pojava površinske kondenzacije vodene pare i
- Pojava gljivica i plijesni.

Slika 11. Primjer gljivica i plijesni



Izvor – http://www.ytong.hr/hr/docs/Toplinski_mostovi_08_2011.pdf (15.02.2015)

Da bi se izbjegle posljedice toplinskih mostova treba na njih obratiti pažnju prilikom rješavanja konstruktivnih detalja. Preporučljivo je da se u glavnom i izvedbenom projektu razrade svi detalji gdje su mogući nastanci toplinskih mostova i to u skladu s tehničkim propisima o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.

Nemoguće je izgraditi zgradu bez toplinskih mostova ali uz pravilno projektirane detalje toplinske zaštite može se utjecaj toplinskih mostova smanjiti na minimum. Preporuke za smanjivanje utjecaja toplinskih mostova su:

- Razrada projekta s obuhvatom detaljnog rješavanja svih toplinskih mostova,
- Postići kontinuiranost ugradbe toplinske izolacije (bez prekida) gdje god je to tehnički moguće,
- Ako postoji dodatna toplinska izolacija, postaviti je s vanjske strane,
- Dobro brtvljenje svih spojeva,
- Prozore ugraditi u ravnini s vanjskom toplinskom izolacijom, ako ista postoji,
- Toplinski izolirati kutije za rolete,
- Ugrađivati elemente za prekid toplinskih mostova kod prodora građevnih dijelova slabih toplinsko-izolacijskih svojstava kroz vanjski omotač zgrade (npr. Prodor armirano betonske stropne ploče),
- Toplinski izolirati podnožje zidova, a toplinsku izolaciju provući dijelom preko temelja i
- Zone zidova negrijanih ili otvorenih prostora koji se nastavljaju u grijane prostore, obavezno toplinski izolirati u dužini najmanje 50 cm od spoja konstrukcija (produženje toplinskog mosta).

2.4.4. Prozori, staklene stijene, vanjska vrata

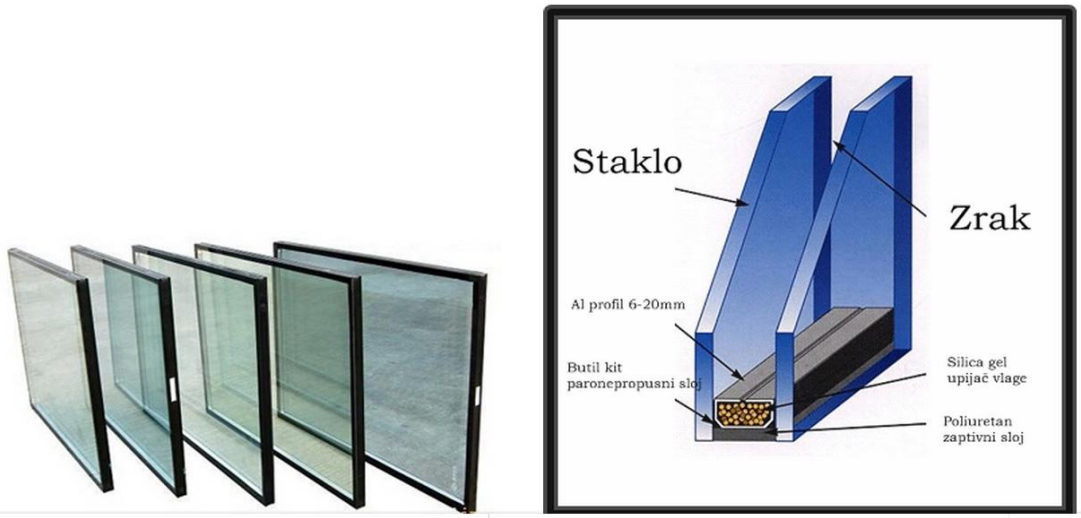
Prozor je najdinamičniji dio vanjske ovojnice zgrade. Prozori i staklene stijene imaju ulogu propuštanja sunčeve svjetlosti i omogućuju prirodno osvjetljenje, uz ostvarenje zaštite od vanjskih utjecaja i toplinskih gubitaka. Toplinski gubici kroz prozor mogu biti transmisijski i ventilacijski. Transmisijski gubici prozora i gubici provjetravanjem čine oko 50 % ukupnih toplinskih gubitaka zgrade. Gubici kroz prozore obično su desetak puta veći od onih kroz zidove pa je stoga jasno vidljiva važnost energetske učinkovitosti prozora u ukupnim energetskim potrebama zgrade.

Toplinski koeficijent stakla U ovisi: o odabiru stakla, debljini i broju međuprostora i o punjenju međuprostora.

Na smanjenje U faktora stakla ne utječe njegova debljina, već vrsta stakla. Primjenom stakla niske emisije (LOV – e) značajno se smanjuje U faktor. LOV – e stakla premazana su sa stra-

ne koja dolazi u međuprostor IZO[11] stakla posebnim metalnim filmom koji propušta zračenja kratke valne duljine (sunčeva svjetlost), a reflektira zračenja dugih valnih duljina (IC zračenje). Primjenom IZO stakla postiže se pojačana toplinska zaštita sa tehnološki poboljšanim svojstvima djelovanja na prijenos i zračenje toplinskog protoka.

Slika 12. IZO staklo



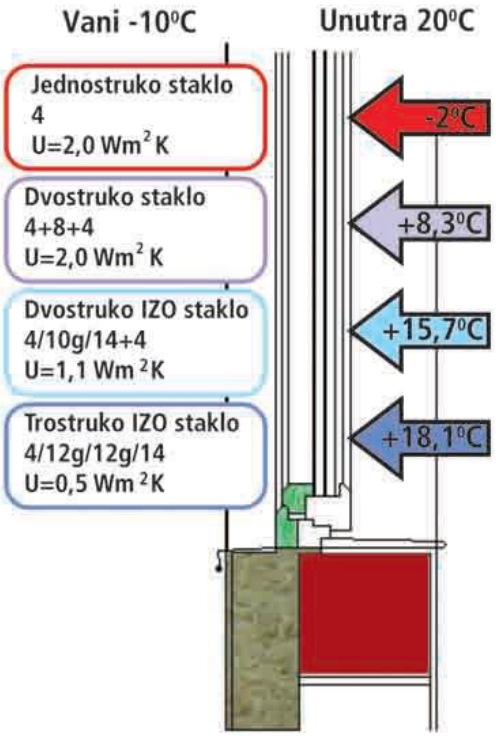
Izvor - http://www.zrcalo.hr/files/pages/1667/Shema%20izo%20stakla.gif (19.02.2015)

Poboljšanje toplinskih i akustičnih svojstava IZO stakla dobiva se punjenjem međuprostora između stakala plinom ili mješavinom plinova. Za smanjenje prolaza topline najčešće se koristi plin argon. Plin SF6 (sumpor- heksafluorid) korišten je do 2004. godine za poboljšanje zvučne izolacije ali se zbog svog štetnog ekološkog djelovanja koji utječe na klimu i povećanja efekta staklenika od tada više ne koristi. Nakon toga sve se više primjenjuje plin kripton za poboljšanje i toplinske i zvučne izolacije. To je značajno podiglo cijenu IZO stakla, a problem je i u tome što su količine plina kriptona ograničene.

U faktor smanjuje se brojem međuprostora i što većom širinom tih međuprostora. Smanjenje U faktora postiže se upotrebom dvoslojnih ili troslojnih IZO stakala. Primjerice 4+10+4+10+4 znači da se radi o 3 stakla debljine 4 mm sa međusobnim razmakom od 10 mm.

[11] IZO staklo - stakleno tijelo sastavljeno od više staklenih ploča odvojenih najmanje jednim, hermetički zatvorenim međuprostorom koji je ispunjen zrakom ili plinom.

Slika 13.Temperature na unutrašnjoj površini stakla u ovisnosti o vrsti ostakljenja



Izvor – Bukarica.V. et al.: „ Priručnik za energetske savjetnike“, http://www.enu.fzoeu.hr/assets/files/post/96/list/prirucniksavjetnici.pdf., str. 41. (16.01.2015)

U ukupnim toplinskim gubicima prozora osim stakla sudjeluju i prozorski profili. Uloga prozora je bez obzira o materijalu izvedbe da osigura dobro brtvljenje, prekine toplinski niz u profilu, da se jednostavno i lako otvara te da ima što niži toplinski koeficijent prolaska topline.

Za izradu okvira prozora koriste se drvo, čelik, aluminij, pvc, kombinacija materijala i kompozitne konstrukcije.

Drveni prozor

Drveni profili za izradu prozora u pravilu se izrađuju od lameliranog drva zbog povećanja čvrstoće i zadržavanja dimenzionalne stabilnosti prozora, zato što lamelirano drvo ima bolja mehanička svojstva od masivnog drva. Koeficijent prolaska topline okvira prozora je kod drvenih prozora primarno definiran debljinom prozorskog profila i koeficijentom toplinske vodljivosti materijala –λ= 0,13 – 0,18 W/mK, te se postiže vrijednost U=1,1 – 1,8 W/m^{2}K.

Slika 14. Drveni prozor

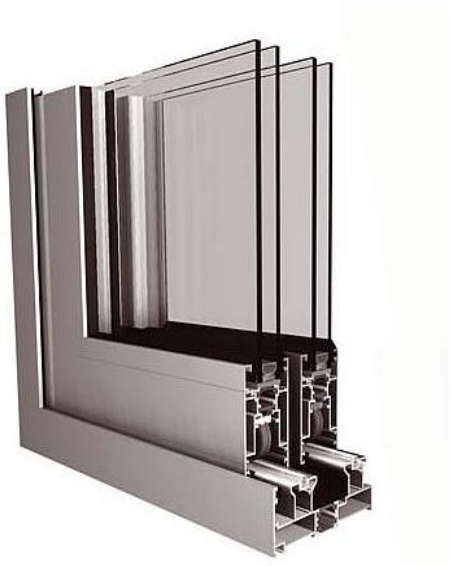


Izvor - http://www.gradimo.hr/clanak (19.02.2015)

Aluminijski prozor

Metalni prozorski okviri izrađuju se od čeličnih ili aluminijskih profila. U pravilu se izrađuju sa prekinutim toplinskim mostovima osim u iznimnim slučajevima kod unutarnjih interijera. Koeficijent prolaska topline tih okvira je poprilično visok zbog velike toplinske vodljivosti metala i kreće se u rasponu U = 1,5 – 3,2 W/m^{2}K.

Slika 15. Aluminijski prozor

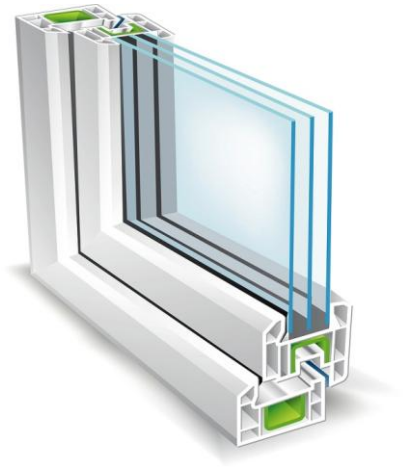


Izvor - http://adzicdoo.com/proizvodi/alu-stolarija/alu-prozori (19.02.2015)

PVC prozor

Pvc prozori su u početku bili izrađivani od različitih sastava plastičnih masa i od kompozita stakla i plastike, dok se nije ustalila proizvodnja od polivinilklorida po čemu se ustalilo ime pvc. Vrijednost prolaska topline pvc prozorskih profila ovisi o broju komora. Vrijednosti koeficijenta prolaska topline za pvc prozore U < 1,4 W/m^{2}K, dok je kod novih modela još i smanjen pa tako iznosi manje od 0,9 W/m^{2}K.

Slika 16. Pvc profil



Izvor - http://www.preis-super.hr/pvc-stolarija/ (19.02.2015)

Kompozitne konstrukcije su takve konstrukcije prozora kod kojih se razne vrste materijala koriste na optimalan način – metali i drvo za postizanje mehaničke čvrstoće, razne vrste toplinsko izolacijskih materijala za povećanje otpora prolaska topline, te razne vrste završnih obloga kojima se povećava trajnost konstrukcija prozora.[12]

Novi tehnički propisi propisuju da koeficijent prolaska topline za prozore i balkonska vrata može iznositi maksimalno U=1,80 W/m^{2}K. Kod prozora na starijim zgradama koeficijent prolaska topline U kreće se negdje oko 3,00 – 3,50 W/m^{2}K, što u konačnici znači da godišnji gubici kod takovih prozora iznose 240 – 280 kWh/m^2. Europska zakonska regulativa propisuje iznos koeficijenta prolaska topline U od 1,40 – 1,80 W/m^{2}K. Preporuka za gradnju suvremene energetske učinkovite zgrade je da se koriste prozori s koeficijentom U< 1,40 W/m^{2}K.

[12] Veršić.Z., „Tehnička regulativa gradnje – Prozori i stakla – Zahtjevi i toplinsko izolacijske karakteristike“, TVZ, 2014.pdf, str. 11 (17.02.2015)

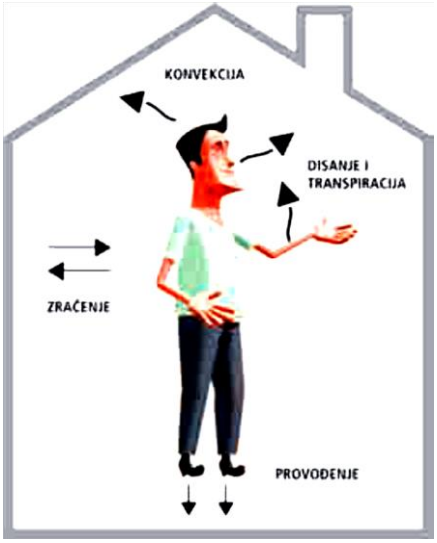
2.5. Grijanje stambenih prostora

Zadatak grijanja u stambenim prostorima je održavanje temperature u željenim granicama tijekom hladnijeg razdoblja godine.

Općenito gledano, zadatak grijanja je osigurati odgovarajuće uvjete u prostoru kako bi se postigla toplinska ravnoteža između ljudskog tijela i njegove okoline te se ostvario ugođaj ugode boravka.

Prijelaz topline između ljudskog tijela i prostorije odvija se putem mehanizama konvencije, zračenja, disanja, vođenja i transpiracije. (slika 14)

Slika 17. Prijelaz topline između prostorije i ljudskog tijela



Izvor – Hrs Borković : „Priručnik za energetske savjetnike“, str. 59.

Za održavanje toplinske ravnoteže najvažnije su dvije stvari, a to su: unutarnja temperatura prostorije i površinska temperatura zidova. Da bi se održala toplinska ravnoteža ove su dvije temperature od primarnog značaja. U slučaju kad je temperatura prostorije niža a koeficijent prolaza topline zidova loš, temperatura zraka u prostoriji mora biti viša. U drugom slučaju kad je površinska temperatura zidova viša uslijed kvalitetne izolacije, temperatura zraka u prostoriji može biti i niža za isti efekt. Da bi se postiglo stanja ugode, razlika između površinske temperature zidova prostorije i zraka ne bi smjela biti veća od 2K.

Potreba za toplinskom energijom u objektu ovisi od oblika objekta, njegovog položaja i o klimatsko meteorološkim uvjetima s obzirom na geografsku lokaciju te o karakteristikama materijala od kojih je građena vanjska ovojnica objekta.

Godišnja potreba za energijom objekta izražava se u stupanj danima. Stupanj dan je veličina koja se dobiva kao umnožak broja dana grijanja s temperaturnom razlikom između dogovorene unutarnje temperature zraka od 20^0C i temperature vanjskog zraka pri čemu se u račun uzimaju samo oni dani u godini kod kojih je temperatura zraka niža od 12^0C, također po dogovoru.

Ovojnica objekta je najveći dio kojim se objekt graniči sa vanjskim prostorom. Toplinski gubitci kroz nju ovisni su od površine elemenata koji je sačinjavaju (zidovi, prozori, stropovi i podovi), njihovim koeficijentima prolaska topline te o klimatskim uvjetima koji su izraženi u jedinici stupanj dan. Ovi se gubitci nazivaju transmisijskim gubitcima. Na temelju poznavanja ovih podataka možemo izračunati godišnju potrebu objekta za grijanjem kao sumu umnožaka koeficijenata prolaza topline, pripadajuće površine i stupanj dana za svaki element ovojnice. Godišnja potreba za toplinskom energijom može se izračunati preko slijedećeg izraza:

$$Q = \sum U_i * A_i * SD \ (Jili \ kWh)$$

Gdje su:

- Q – toplinski gubitci kroz ovojnicu,
- U_i – koeficijent prolaska topline,
- A_i – površina ovojnice i
- SD – stupanj dan.

Da bi se odredila potrebna snaga za sustav grijanja moraju se uzeti u obzir slijedeći parametri: transmisijski gubitci, ventilacijski gubitci, dodatni gubitci kao vjetar, orijentacija i smještaj te dobitci koje uzrokuju izvori topline.

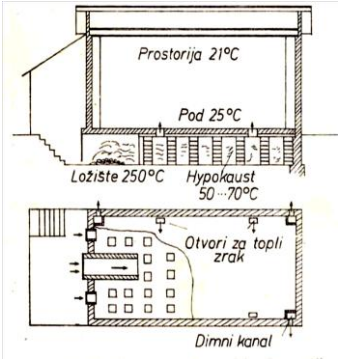
Prilikom izračuna potrebne snage glede transmisijskih gubitaka u obzir se uzimaju poznati koeficijenti prolaska topline zidova, stropova, podova, prozora, vrata i njihovih pripadajućih površina. Osim toga u obzir se uzima i razlika temperature zraka s vanjske i unutarnje strane. Prilikom proračuna za vanjsku se temperaturu uzima projektna vanjska temperatura pojedine građevinske zone, tako primjerice za Osijek -18^0C, Rijeku -8^0C, Varaždin -20^0C.

Transmisijski toplinski gubici ovojnice zgrade računaju se prema slijedećem izrazu:

$$\Phi = \sum U_i * A_i * \Delta\vartheta \ (kW)$$

Potreba za grijanjem jedna je od osnovnih čovjekovih potreba. Prvo grijanje koje je čovjek prakticirao prije otkrića vatre bilo je vjerojatno grijanje putem sunčevih zraka pronalaskom vatre pojavljuju se i ognjišta, odnosno ložišta s otvorenim plamenom oko kojeg su se ljudi okupljali. Ognjište je osim za zagrijavanje služilo i za pripremu hrane. U 10. stoljeću u Europi se javljaju prva zatvorena ložišta s odvodom kroz dimnjak kao preteča kaljevim pećima koje se koriste još i danas. Još u antičko doba Rima pojavljuje se „*hipokaustično grijanje*[13]“ kao prvo centralno grijanje prostorija. To su bili sustavi centralnog toplozračnog površinskog grijanja. Kao prijenosnik energije kod takovog grijanja služio je topli zrak. Otvoreno ložište bez rešetke se nalazilo na jednom mjestu u građevini, najčešće u podrumu poput današnje kotlovnice, odakle su se dimni plinovi koji su nastali izgaranjem drva ili drvenog ugljena nadalje vodili kroz šuplje opeke ili prostor ispod poda. Prostorije poda koje su se zagrijavale ležale su na više redova niskih stupića.[14] (slika 15)Nakon podužeg loženja pod i stupići dobro bi se zagrijali te bi se tada prestalo sa loženjem a u zagrijane kanale puštao bi se svježi vanjski zrak. On bi se tu zagrijavao i tako zagrijan ulazio u prostoriju kroz otvore na podu koji su se za tu svrhu naknadno otvarali. Na taj su se način zagrijavale zgrade, a ponajprije poznata rimska kupališta.[15].

Slika 18. Hipokaustično grijanje



Izvor – Šivak,M.,: „Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija“, Savez energetičara Hrvatske“, Zagreb 1980., str 136.

[13] Hypo, grč. = ispod; kaustos. grč. = zapaljen; hipokaustos = zapaljen odozdo
[14] Šivak,M.,: „Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija“, Savez energetičara Hrvatske“, Zagreb 1980., str 136.
[15] Labudović,B.: „Priručnik za grijanje“, Energetika marketing d.o.o. Zagreb 2005., str. 12.

Puno godina kasnije u 19. stoljeću javljaju se parna, toplovodna i zračna centralna grijanja čiji je princip rada zadržan do danas.

Tehnički razvoj u 20. stoljeću doprinosi razvoju prvih toplana i toplinarskih sustava (Dresden 1901). Vrijeme nakon drugog svjetskog rata donosi sve veću primjenu novih tehnologija uslijed čega dolazi do porasta životnog standarda. Sustavi za grijanje sve e više povezuju sa sustavima pripreme potrošne tople vode.

Podjela sustava grijanja

Sustavi grijanja mogu se podijeliti na nekoliko osnovnih načina:[16]

- Prema energentu – plin, lož ulje, električna energija, kruta goriva (drvo, ugljen), sunce, toplina iz okoliša,
- Prema izvedbi ogrjevnih tijela - izravni, radijatorski, konvektorski,ventilokonvektorski i površinski i
- Prema načinu zagrijavanja – pojedinačni (lokalni) i centralni.

Sustavi grijanja prema smještaju izvora topline dijele se na pojedinačno, centralno i daljinsko.

2.5.1. Pojedinačno grijanje prostorija

Grijanje kod kojeg se ložište ili generator topline nalazi u grijanoj prostoriji naziva se pojedinačno ili lokalno grijanje. Toplinu može prenositi zračenjem ili konvekcijom ili oboje u zavisnosti o vrsti uređaja i ogrjevnog tijela te o lokaciji postavljanja.

Za pojedinačno zagrijavanje prostorija koriste se kamini, kaljeve i čelične peći koje kao energent koriste kruta goriva (drvo, ugljen) te razne druge peći ovisno o energentu koji koriste (plin, ulje, nafta, električna energija). Dakle uređaje za pojedinačna grijanja prostorija možemo podijeliti prema energentu ili gorivima koje koriste na : grijalice na kruta goriva, plinske i električne grijalice te uljne peći.

[16] Labudović,B.: „Priručnik za grijanje“, Energetika marketing d.o.o. Zagreb 2005., str. 88.

Grijalice na kruta goriva

Grijalice na kruta goriva su kamini, kaljeve i čelične peći.

Kamini su nastali od otvorenih ognjišta. Najviše se koriste u dekorativne svrhe. Kao gorivo najčešće koriste drvene cjepanice. Prilikom izgaranja imaju potrebu za velikom količinom zraka (150 – 500 m^3/h) pa im je stupanj iskoristivosti slab a kreće se od 20 – 30%.

Slika 19. Kamini



Izvor – Pavković.B.: „Priručnik za energetsko certificiranje zgrada“, str. 260.

Kaljeve peći

Kaljeve peći najčešće se zidaju od šamotnih ili glinenih elemenata ali mogu se i slagati etažno sa već gotovim etažama. Dijelovi kaljeve peći su ložište, posuda sa pepelom, dimovod i šamotne ili glinene cigle. Kaljeva peć ima u unutrašnjosti vertikalne i/ili horizontalne kanale, slične kanalima u kotlu za centralno grijanje, kojima se odvode dimni plinovi iz ložišta u dimnjak, pri čemu predaju toplinu koja se akumulira u masivnom kućištu peći. Toplina u prostoriju odaje se zračenjem i konvekcijom u omjeru 50/50%.

Zbog svoje velike vanjske površine, prijenosne površinske temperature kaljeve peći nisu visoke. Stvaraju dobar ugođaj ugodnosti prostora. Kaljeve su peći povoljnije nego kamini jer im je obodna površina veća, a kako je izrađena od šamota ili opeke, može akumulirati više topline, a samim je time i iskoristivost veća.

Najčešće korišteno gorivo kaljevih peći je drvo ili briketi mrkog ugljena. Kaljeve peći se iz arhitektonskih razloga zadržavaju u prostorijama i kad se prilikom rekonstrukcije grijanja želi izbjeći daljnje loženje krutim gorivima. U takovim slučajevima ugrađuju se plinski ili uljni plamenici a mogu se ugraditi i električni grijači. Stupanj iskoristivosti goriva kod kaljevih peći kreće se u rasponu od 65 – 75%.

Slika 20. Kaljeva peć



Izvor - https://www.google.hr/search?q=kaljeve+peći&safe (14.03.2015)

Čelične peći

Poput kaljevih peći koristi se u dekorativne svrhe. Zbog temperaturnih karakteristika izrađene su od lijevanog željeza. Ložište im je obloženo šamotnom oblogom zbog zadržavanja topline. Imaju dobru regulaciju izgaranja koja može biti i automatska.

Zavisno o načinu punjenja imamo peći sa progorijevanjem, s donjim izgaranjem ili univerzalne trajno žareće peći. Peć sa progorijevanje puni se odozgo dok je potpala i dovod zraka odozdo te cjelokupna masa goriva izgara odozdo. Stupanj iskoristivosti im je od 75 – 80%. Temperatura izlaznih plinova je od 250 – 300 ^{0}C. mogu se ložiti svim vrstama krutih goriva. Kod peći sa donjim izgaranjem prostor za punjenje goriva odvojeno je od prostora za izgaranje te tako izgara samo donji dio goriva koji je na rešetki. Regulacija ovih peći je dosta precizna tako da im se iskoristivost diže do 85%.

Univerzalna trajnožareća peć predstavlja kombinaciju prethodne dvije vrste. Zrak za izgaranje dovodi se s više strana na gorivo koje izgara, čime se osigurava kontrolirano i potpuno izgaranje.[17]

[17] Pavković.B.: „Priručnik za energetsko certificiranje zgrada“, str. 263.

Slika 21. Čelične peći



Izvor – Pavković.B.: „Priručnik za energetsko certificiranje zgrada“, str. 263

Električne grijalice

Za grijanje prostora na električnu struju razlikujemo dvije vrste električnih grijalica, direktne i indirektne. Kod direktnog se grijanja el. energija neposredno koristi za grijanje (el. peći, kaloriferi, el. radijatori i slično), dok se kod indirektnog grijanja koristi akumulacija topline. Prednosti električnih grijalica su jednostavna i točna regulacija te relativno jeftina instalacija.

Prijenosni kaloriferi uglavnom se koriste za povremeno grijanje prostorija. Odlikuju se po kratkom vremenu zagrijavanja i ujednačenoj temperaturi prostorije. Učinak im je do 2 kW. Sistem regulacija temperature im je izvedena pomoću temperaturnog regulatora za sobnu temperaturu i sigurnosnog termostata.

Slika 22. Prijenosni kalorifer



Izvor - http://n2.static-elipso.com/images/big/109004.jpg (14.03.2015)

Infracrvene grijalice su električni uređaji koji toplinu isijavaju zračenjem i imaju reflektore od poliranog sjajnog metala. Griju pomoću čeličnih ili kvarcnih cijevi s ugrađenim elektro otpornim žicama (grijači) čija je površinska temperatura od 600 – 700 ^{0}C.

Slika 23. Infracrvena grijalica



Izvor - http://www.dekor.hr/slika/PALMA_1300.jpg (14.03.2015)

Termoakomulacione peći namijenjene su prvenstveno za akumulaciju topline u periodu jeftinije tarife električne energije. Unutar kućišta napravljenog od lima etažno je smješten red šamotnih cigli unutar kojih su umetnuti električni grijači i na kraju dolazi sloj izolacione kamene vune koja služi za termičku izolaciju. Peć svoju akumuliranu toplinu predaje zračenjem i konvekcijom pomoću ventilatora. Regulacija punjenja se vrši pomoću termostata smještenog na samoj peći dok se regulacija topline prostorije usklađuje sa sobnim termostatom smještenim na zidu koji po potrebi pali ventilator peći zbog dizanja temperature prostora na zadanu veličinu. Prednosti termo peći su brzo zagrijavanje prostora, nema dimnjaka pa se može locirati bilo gdje u prostoriji, prostorije se brzo zagrijavaju dok su nedostatci velika masa, zauzimaju puno prostora te zbog visoke temperature na izlazu (do 120 ^{0}C) izgara prašina i nastaju nadražujući plinovi, stvaraju popriličnu buku i priključna snaga im je ograničena.

Jedan od novijih načina je uporaba el. energije za podna grijanja. Pri tome je opterećenje kabela 10 do 25 W/m a opterećenje podne plohe do 60 W/m2 za gazeće plohe odnosno do 120 W/m2 za rubne zone.

2.5.2. Centralno grijanje

Kao nosioci topline kod centralnih grijanja koriste se voda, para ili zrak te sukladno tome imamo toplovodno, parno ili zračno centralno grijanje. Podjela postrojenja centralnih grijanja prikazana su u tablici 1 koja slijedi.

Tablica 1. Podjela postrojenja za centralno grijanje

Prema vrsti prijenosnika topline	toplovodno grijanje	maksimalna temperatura vode do 90 ^{0}C (otvoreni sustav) i do 110 0C (zatvoreni tlačni sustav)
	vrelovodno grijanje	temperatura vode iznad 110 ^{0}C do 180 ^{0}C (zatvoreni tlačni sustav)
	parno grijanje	niskotlačno - pretlak pare od 0,05 - 0,5 bara
		visokotlačno - pretlak pare od 0,5 - 2 bara
	grijanje toplim zrakom	
Prema vrsti goriva	na čvrsta, tekuća i plinovita goriva te električnu energiju	
Prema načinu odavanja topline	radijacijsko, konvekcijsko, zračno i složeno ili kombinirano grijanje	

Izvor - Šivak,M.,: „Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija“, Savez energetičara Hrvatske“, Zagreb 1980., str 139

Prednosti sistema centralnog grijanja

- Pogodna su za zagrijavanje većih prostora,
- Grijaća tijela (radijatori) zauzimaju manje prostora od peći za pojedinačno zagrijavanje prostorije,
- Jednoliko se zagrijavaju sve glavne i sporedne prostorije,
- Smještaj grijaćih tijela nije ničim uvjetovan tako da se mogu postaviti na najpovoljnijim mjestima primjerice na mjestima prodora hladnog zraka izvana (prozor, vrata) čime se postiže podjednaka raspodjela topline u prostoriji,
- Lakše se održava čistoća prostorija,
- Mogućnost jednostavne ručne i automatske regulacije zagrijavanja prostorija neovisno jedna o drugoj, te postoji mogućnost i centralne regulacije,
- U grijanim prostorijama opasnost od nastanka požara svedena je na minimum, a kotlovnicu i skladište goriva lakše je nadzirati i dobrim tehničkim rješenjima zaštititi od požara i
- Minimalno je zagađivanje zraka okoline, jer imamo jednu kotlovnicu i jedan centralni dimnjak.

Nedostatci sistema centralnog grijanja

- Velika početna investicija,
- U slučaju kratkotrajnih zahlađenja u jesen i proljeće nisu ekonomična, jer tada postrojenje nije u stalnom pogonu a najviše se energije potroši prilikom puštanja u rad nakon duže pauze i
- Pri radu pojedinih sistema centralnog grijanja nastaje pojava sušenja zraka, što se rješava ovlaživanjem.

.

2.6. Ventilacija stambenog prostora

Pod pojmom ventilacije najčešće se smatra postupak ili postupci pomoću kojih se u zatvorenim prostorima zadovoljavaju uvjeti kakvoće zraka s obzirom na njegov sastav i na udio tvari živog ili neživog podrijetla koje ga onečišćuju, što se postiže izmjenom zraka, odnosno dovođenjem svježeg, vanjskog zraka u prostoriju te odvođenjem onečišćenog otpadnog zraka iz prostorije u okolni prostor.[18]

Zadaća ventilacije u zgradama je kontinuirana zamjena onečišćenog zraka iz prostorije, svježim zrakom iz slobodne atmosfere radi održavanja potrebnih higijenskih uvjeta neophodnih za zdrav i ugodan boravak ljudi. Uloga ventilacije je također zagrijavanje zraka ukoliko je potrebno, odstranjivanje suvišne vlage i štetnih plinova iz prostora, te rashlađivanje zraka u ljetnom razdoblju.[19]

U zgradama vanjski zrak ulazi u prostore na dva osnovna načina - infiltracijom i ventilacijom. Infiltracija je dotok vanjskog zraka u zgradu kroz zazore zatvorenih prozora i ostale nenamjerne otvore na vanjskom oplošju, te kroz vanjska vrata pri ulaženju i izlaženju iz zgrade. Infiltracija je zapravo posljedica propuštanja zraka kroz vanjsko oplošje uslijed nepotpunog brtvljenja, uglavnom na dijelovima koji se mogu otvarati.

Ventilacija predstavlja namjerno ubacivanje određene količine zraka iz okoliša u prostore u zgradi kroz projektirane otvore. Dakle, ugradnja sustava ventilacije predstavlja namjeru regulirane razdiobe zraka unutar zgrade. Dovedeni zrak koristi za ostvarivanje prihvatljive kvalitete unutarnjeg zraka (engl. *IAQ - Indoor Air Quality*) i kriterija toplinske ugodnosti. Količina,

[18] Labudović,B.,: „Priručnik za ventilaciju i klimatizaciju“, II izdanje, Energetika marketing, Zagreb 2003., str.18.
[19] Bukarica,V.: „Priručnik za energetske savjetnike“, http://www.enu.fzoeu.hr/assets/files/post/96/list/prirucniksavjetnici.pdf., str 82. (16.01.2015)

odnosno protok dovedenog zraka ovisi o zahtjevima koji se postavljaju za sustav ventilacije, od kojih su osnovni:[20]

- Dovođenje vanjskog zraka (kisika) u unutarnji prostor za disanje ljudi (i/ili životinja),
- Kontrola koncentracije zagađivača u zraku prostora,
- Uklanjanje zagađivača iz prostora (parkirne garaže, cestovni tuneli, laboratoriji, radionice...),
- Uklanjanje topline i vlage iz prostora (zatvoreni bazeni, kuhinje...),
- Održavanje jednolikog termodinamičkog stanja zraka u zoni boravka i
- Uspostavljanje željene razdiobe zraka unutar prostora.

Ventilacija prostora može biti prirodna i mehanička.

2.6.1. Prirodna ventilacija prostora

Kao što joj i samo ime govori prirodna ventilacija predstavlja potpuno prirodan način ventilacije koji ne zahtijeva dodatnu mehaničku energiju za ostvarenje strujanja zraka kroz zgradu i prostorije, već se temelji na razlici tlakova koji može biti uzrokovan kao posljedica naleta vjetra na pročelje zgrade ili razlikom temperature između unutrašnjosti zgrade i okoline. Jako veliki utjecaj pri tome imaju karakteristike same zgrade (položaj i visina te vanjska tempera i tlak zraka. Važno je napomenuti da je prirodna ventilacija puno učinkovitija zimi nego ljeti.

U ovisnosti od izvedbe postoje četiri osnovna načina prirodne ventilacije:[21]

- Kroz zazore u građevinskim elementima – najjednostavniji je način prirodne ventilacije. Temelji se na postojanju prirodnih zazora na vratima i prozorima. Strujanje zraka, odnosno broj izmjena uvjetovani su propusnošću to jest nepropusnošću zazora,
- Kroz prozore – ostvaruje se jednostavnim otvaranjem prozora čime se omogućava dovođenje svježeg zraka u prostoriju. Kako bi se postigao što bolji i brži učinak prirodne ventilacije potrebno je istovremeno otvoriti više prozora ili vrata pogotovo one na suprotnim zidovima prostorije. U nekim europskim zemljama zakonom o očuvanju energije predviđene su kazne za otvaranje prozora u zimskom periodu grijanja,

[20]Pavković.B.: „Priručnik za energetsko certificiranje zgrada“, str.497.
[21]Labudović,B.,: „Priručnik za ventilaciju i klimatizaciju“, II izdanje, Energetika marketing, Zagreb 2003., str.85.

- Kroz posebne otvore – prirodna se ventilacija uz ova dva najčešća načina može izvesti posebnim otvorima za dovod i odvod zraka. Pri tome se zrak iz prostorije odvodi posebnim ventilacijskim kanalima da bi se omogućila što veća razlika tlakova i i postiglo što bolje uzgonsko djelovanje i
- Pomoću krovnih elemenata – kroz posebno izvedene krovne elemente ventiliraju se pretežno tvorničke hale i sportske dvorane. I u ovom slučaju strujanje zraka je posljedica razlike vanjske i unutarnje temperature i razlike tlakova zbog različitih visina otvora za dovod i odvod zraka.

Tablica 2. Iskustveni broj izmjena zraka u satu za različite vrste prostora

Vrsta prostora	Broj izmjena zraka u satu (h^{-1})
Prostorije za rad i boravak	3 - 5
Kuhinje (za vrijeme kuhanja)	15 - 30
Spreemišta za namirnice	10 - 30
Spavaonice	3 - 6
Kupaonice	4 - 8
Nužnici	4 - 9
Stubišta	4 - 8
Pojedinačne garaže	3 - 6

Izvor - Bukarica,V.: „Priručnik za energetske savjetnike“, http://www.enu.fzoeu.hr/assets/files/post/96/list/prirucniksavjetnici.pdf., str. 82. (16.01.2015)

Tablica 3. Broj izmjena zraka pri prirodnoj ventilaciji kroz prozore i vrata

Položaj krila vanjskih prozora i vrata	Broj izmjena zraka u satu (h^{-1})
Prozor zatvoren, vrata zatvorena	0 - 0,5
Prozor otklopljen, rolete drvene spuštene	0,3 - 1,5
Prozor otklopljen bez roleta	0,8 - 4
Prozor poluotvoren	5 - 10
Prozor potpuno otvoren	9 - 15
Prozor i vrata potpuno otvoreni (poprečno provjetravanje)	približno 40

Izvor - Bukarica,V.: „Priručnik za energetske savjetnike“, http://www.enu.fzoeu.hr/assets/files/post/96/list/prirucniksavjetnici.pdf., str. 83. (16.01.2015)

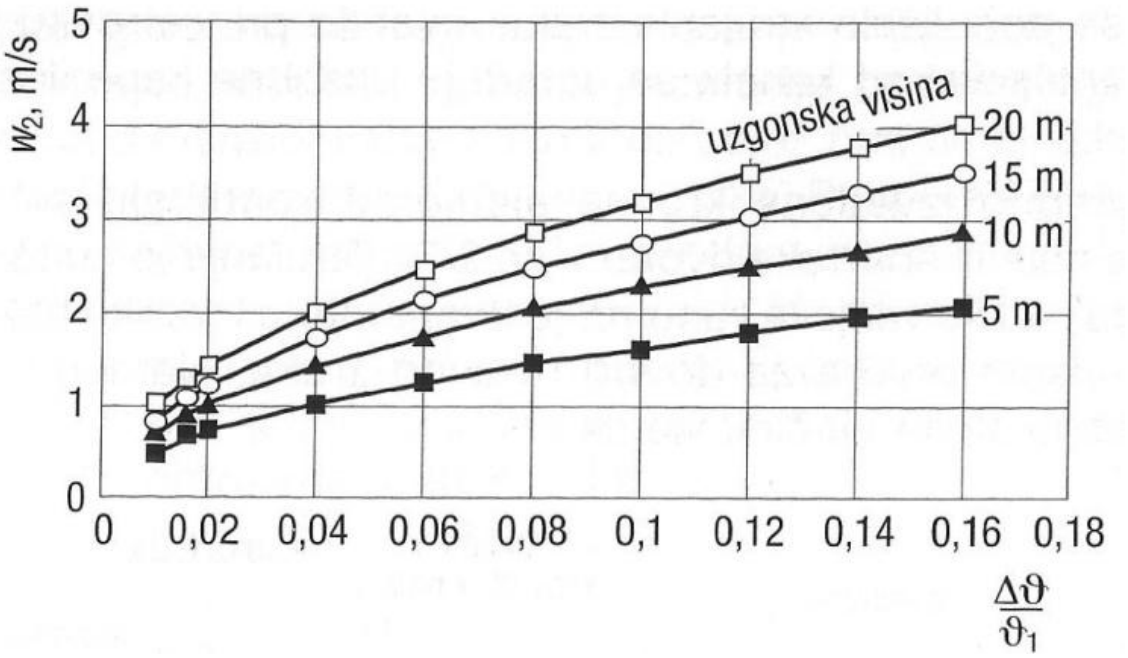
Izlazna brzina strujanja zraka osnovna je veličina pri proračunu takve izvedbe ventilacije. Izlazna brzina može se očitati iz dijagrama 1 ili približno odrediti jednadžbom prema Hansenu.

$$W_2 = \sqrt{\frac{g\ H \frac{\Delta\vartheta}{\vartheta_1}}{1 + \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}$$

gdje su:

- W_2 - izlazna brzina strujanja, (m/s),
- G - ubrzanje sile teže (9,81 m/s),
- H - visinska razlika između otvora (uzgonska visina) (m),
- $\Delta\upsilon$ - razlika vanjske i unutarnje temperature (^{0}C),
- υ_1 - temperatura svježeg zraka (iz okolice) (^{0}C) i
- A_1,A_2 - površine poprečnog presjeka ulaznog, odnosno izlaznog ventilacijskog kanala.

Dijagram 1. Dijagram izlazne brzine strujanja



Izvor - Labudović,B.,: „Priručnik za ventilaciju i klimatizaciju“, II izdanje, Energetika marketing, Zagreb 2003., str.88.

2.6.2. Prisilna ventilacija

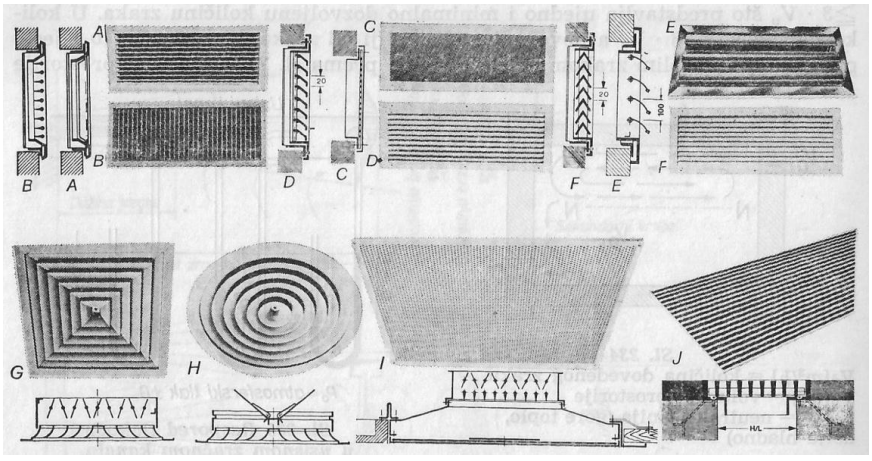
Prisilna ili umjetna ventilacija je strujanje zraka potpomognuto djelovanjem ventilatora. Može biti izvedena lokalna i centralna. Lokalna se koristi za svaku prostoriju ili radno mjesto zasebno dok se centralna primjenjuje za više prostorija ili cijeli objekat.

Prema funkciji prisilna ventilacija može biti pretlačna, otsisna i složena (kombinirana).

Pretlačna ventilacija. Kod pretlačne se ventilacije zrak prisilno dovodi u prostoriju, a iz nje izlazi slobodno, kroz zazore prozora ili vrata ili kroz posebne izvedene otvore.[22] Pretlačni način ventiliranja provodi se u prostorijama koje graniče sa drugim prostorijama gdje je zrak zagađen tako da se na taj način spriječi ulaz zagađenog zraka. Ovaj se način ventiliranja koristi u slučajevima ako u prostoriji ima plinova ili para koji su teži od zraka i inače se zadržavaju pri dnu prostorija te ako ima leteće prašine koja se brzo taloži.[23]

Odsisna ventilacija. Izvodi se tako da se zrak odsisava iz prostorije. Ulaz zraka je nekontroliran. Zrak ulazi kroz spojnice prozora ili vrata a može ulaziti i kroz posebno izrađene otvore. U tako ventiliranim prostorijama stvara se mali potlak. Da bi se smanjila razlika tlaka u prostoriji, na posebnim zračnim ulazima ugrađuju se potlačne žaluzine koje se same otvaraju i propuštaju vanjski zrak sa ciljem smanjenja razlike tlaka u prostoriji.

Slika 24. Primjeri oblika istrujnih i usisnih otvora



Izvor – Šivak,M.,: „Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija“, Savez energetičara Hrvatske, Zagreb, 1980., str 342.

[22] Labudović,B.:„Priručnik za ventilaciju i klimatizaciju“, II izdanje, Energetika marketing, Zagreb 2003., str.88.
[23] Šivak,M.,: „Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija“, Savez energetičara Hrvatske“, Zagreb 1980., str 607.

Ventiliranje na principu odsisne ventilacije provodi se najčešće u slučajevima:

- Kada se ventilacija provodi zbog odvoda toplog zraka koji se zadržava pri vrhu prostorije,
- Kada u zraku ima plinova koji su lakši od zraka i koji se isto tako zadržavaju pri vrhu prostorije,
- Kada se izdvaja lebdeća prašina koja se ne taloži i
- Kada se ventilacijom želi spriječiti da zagađeni zrak prelazi u susjedne prostorije primjerice kod kuhinja,sanitarnih čvorova i kupaonica.

Složena (kombinirana) ventilacija. Ova se ventilacija izvodi tako da se istovremeno zrak upuhava u prostoriju (pretlačni princip) i izvlači iz prostorije (odsisni princip). Ovakav vid ventilacije je najbolji jer nadopunjuje jedan i drugi vid ventilacije (pretlačna i odsisna) te ujedno otklanja njihove pojedinačne nedostatke.

2.7. Klimatizacija stambenog prostora

Klimatizacija podrazumijeva postupke kojima se zrak cjelovito priprema to jest grije se, hladi, ovlažuje, ovlažuje, filtrira i miješa kako bi se ostvarili svi parametri toplinske ugodnosti (temperatura zraka, srednja temperatura ploha, brzina i raspored strujanja zraka, relativna vlažnost i kakvoća zraka te razina buke) u zatvorenom prostoru i to sve s obzirom na svojstva i namjenu prostorije te razinu aktivnosti i odjeću osoba koji u njoj borave.[24]

Kompleks postupaka kojima se obrađuje zrak pomoću tehničkih uređaja radi postizanja željenog stanja u strogo određenim uvjetima naziva se klimatizacija. Klimatizacijski uređaji djeluju s potpuno automatskom kontrolom i regulacijom. Prema funkciji klimatizacija može biti djelomična i potpuna.[25]

Djelomična klimatizacija. To je klimatizacija kod koje se ne provodi potpuna obrada zraka u pogledu regulacije temperature i relativne vlažnosti zraka. Kod ove se klimatizacije reguliraju samo granične vrijednosti temperature i relativne vlažnosti. Ova se klimatizacija primjenjuje u manje zahtjevnim prostorima gdje se ljudi duže ne zadržavaju.

[24] Labudović,B.:„Priručnik za ventilaciju i klimatizaciju“, II izdanje, Energetika marketing, Zagreb 2003., str.18 .
[25] Šivak,M.,: „Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija“, Savez energetičara Hrvatske“, Zagreb 1980., str 610.

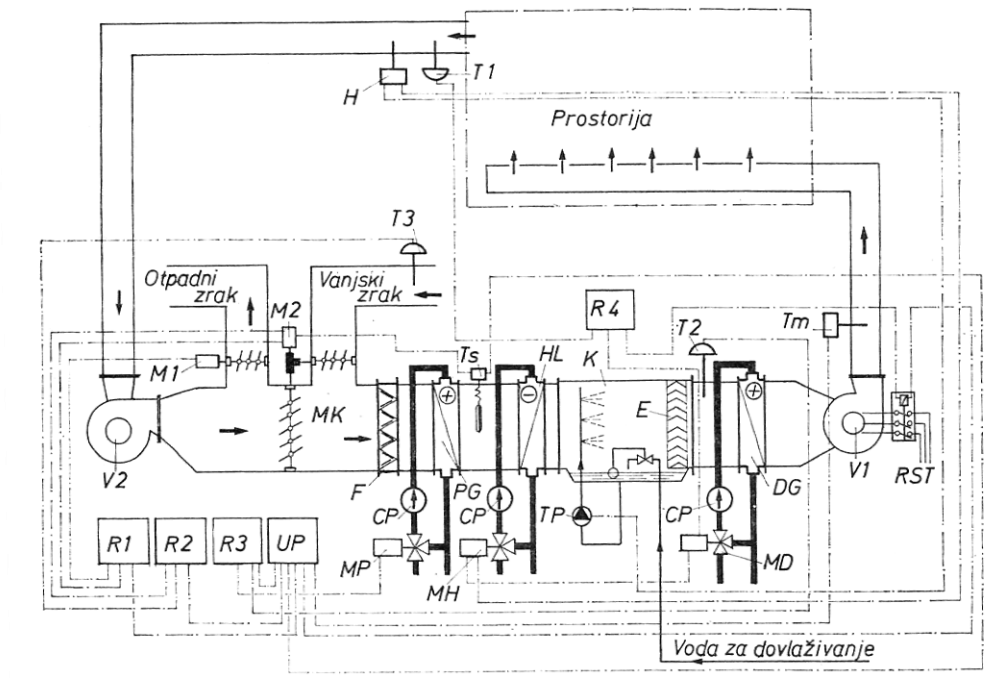
Potpuna klimatizacija. Kod ove se klimatizacije svi čimbenici stanja zraka reguliraju se prema traženim uvjetima i stvarnom stanju zraka. Za ovaj tip klimatizacije značajno je za naglasiti da se postiže potpuna regulacija temperature i relativne vlažnosti zraka.

Sustavi za klimatizaciju mogu biti izvedeni kao jednokanalni, dvokanalni, zonski te sa konstantnom i promjenjivom količinom zraka. Nadalje klimatizacijske uređaje možemo podijeliti na pojedinačne i središnje uređaje za klimatizaciju.

Pojedinačni uređaji za klimatizaciju. Služe za mjestimičnu ili lokalnu klimatizaciju. Obično rade na principu djelomične klimatizacije. U zimskom periodu služe za grijanje a u ljetnom za hlađenje prostorija bez regulacije relativne vlažnosti zraka. Neke takve konstrukcije imaju ugrađene zaklopke pomoću kojih se regulira odnos vanjskog i unutarnjeg zraka pa se tako može djelomično utjecati na relativnu vlažnost zraka.

Središnji uređaji za klimatizaciju. Priprema zraka vrši se u klima komorama. Zrak do prostorija dovodi se kanalima. Takvi uređaji služe za pripremu velikih količina zraka. Slika 25 prikazuje shemu postrojenja za potpunu klimatizaciju.

Slika 25. Shema postrojenja za klimatizaciju



Izvor - Šivak,M.,: „Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija“, Savez energetičara Hrvatske“, Zagreb 1980., str 613.

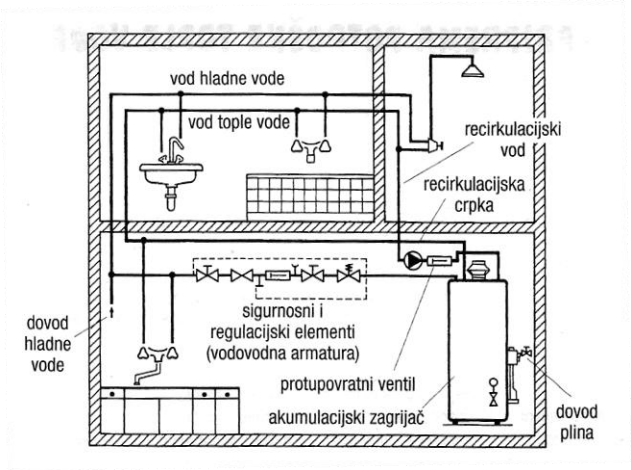
2.8. Priprema potrošne tople vode

Na pripremu potrošne tople vode (PTV) u prosječnom kućanstvu R. Hrvatske otpada otprilike 20% ukupne godišnje potrošnje toplinske energije, dok se ostatak troši na grijanje prostora (~73%) i kuhanje (~7%). Prosječni građanin potroši dnevno oko 200-300 litara pitke vode, od čega u prosjeku 40-70 litara otpada na potrošnu toplu vodu temperature 45 ^{0}C koja se uglavnom koristi za održavanje osobne higijene i pranje posuđa. U sezoni kada nema grijanja priprema, PTV - a predstavlja pojedinačno najveći izdatak za energiju jednog kućanstva, bez obzira koji se energent koristi. Učinkovita priprema i korištenje PTV - a može stoga znatno utjecati na smanjenje ukupnih troškova za energiju u kućanstvu.[26]

Sustavi za pripremu potrošne tople vode služe za zagrijavanje pitke vode i vrlo često se promatraju zajedno sa sustavima grijanja, a nerijetko su izvedeni sa istim izvorom topline. Osnovni dijelovi sustava za pripremu potrošne tople vode su:

- Izvor topline,
- Vodovi do trošila,
- Recirkulacijski (povratni) vodovi i
- Sigurnosni i regulacijski elementi.

Slika 26. Osnovni dijelovi sustava za pripremu PTV - a



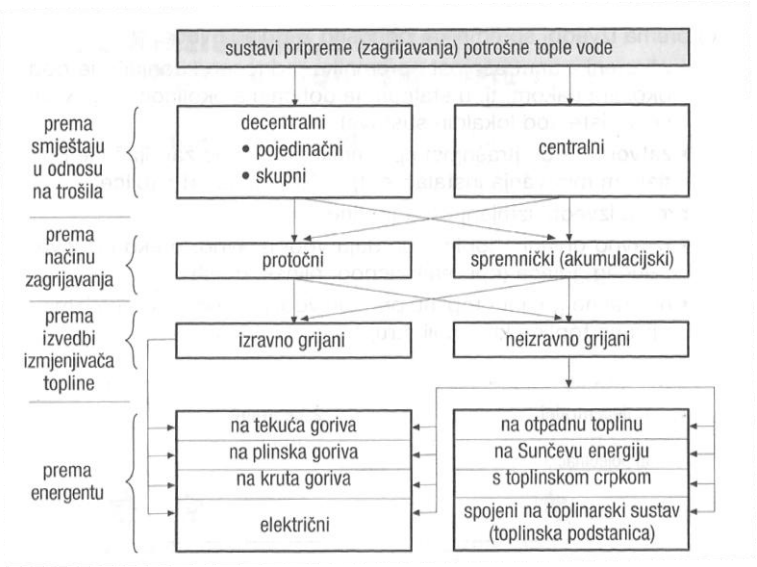
Izvor – Labudović,B.,: „Priručnik za grijanje“, Energetika marketing, Zagreb, 2005., str. 356.

[26] Bukarica,V.: „Priručnik za energetske savjetnike“, http://www.enu.fzoeu.hr/assets/files/post/96/list/prirucniksavjetnici.pdf., str 94. (16.01.2015)

Preporučljive temperature za zagrijavanje vode iznose:

- Za pranje i kupanje: 35 – 45 ^{0}C i
- Za kuhinjske potrebe: 55- 60 ^{0}C

Slika 27. Opća podjela sustava za pripremu PTV - a



Izvor – Labudović,B.,: „Priručnik za grijanje“, Energetika marketing, Zagreb, 2005., str. 357.

Sustavi za pripremu PTV –a mogu se podijeliti na nekoliko osnovnih načina:[27]

a) Prema smještaju u odnosu na trošila:
   - Lokalni – smješteni u neposrednoj blizini trošila i
   - Centralni – smješteni na jednom mjestu za cijeli objekt.

b) Prema načinu zagrijavanja vode:
   - Protočni – vodu zagrijavaju u trenutku potrošnje i
   - Akumulacijski – zagrijavaju vodu u odgovarajućim spremnicima prije same potrošnje.

c) Prema izvedbi spremnika, odnosno zagrijača vode:
   - Izravno grijani – toplinu predaju neposredno preko odgovarajućih grijača (plinskog , električnog) i
   - Neizravno grijani – toplinu vodi predaju posredno najčešće preko izmjenjivača topline kroz koji struji ogrjevni medij.

[27] Labudović,B.,: „Priručnik za grijanje“, Energetika marketing, Zagreb, 2005., str. 357.

Kotlovnice centralnih grijanja veoma često služe i za proizvodnju toplinske energije koja se koristi za grijanje PTV – a. S obzirom da se ovdje radi o zagrijavanju veće količine vode koja se cjevovodima razvodi do mjesta potrošnje, cjelokupni sklop uređaja koji služi za tu svrhu naziva se postrojenje za pripremu potrošne tople vode. Grijanje vode u spremnicima koji su priključeni na izvor toplinske energije sustava za centralno grijanje vrši se kod toplovodnih instalacija vodom temperature 90 ^{0}C ili 110 ^{0}C, a kod parnih s parom pretlaka do 0,5 bara. U industriji koja raspolaže visokotlačnim parnim ili vrelovodnim kotlovima ili pak u gradovima gdje se grijanje i inače provodi putem toplana, potrošna topla voda može se zagrijavati sa parom pretlaka iznad 0,5 bara i s vrelom vodom temperature veće od 110 ^{0}C.

Danas se PTV - e izvodi isključivo kao zatvoreni sustav s neposrednim priključkom na cjevovod hladne vode iz gradskog vodovoda. Prilikom potrošnje hladna voda istiskuje toplu i koliko se tople vode potroši toliko hladne vode uđe tako da je sustav za grijanje uvijek ispunjen sa vodom i pod stalnim je tlakom.[28] Izbor načina pripreme tople vode uglavnom ovisi o broju korisnika, potrošnji te izboru energenta. Ovisno o potrebama koriste se sljedeći tipovi uređaja:

- Akumulacijski bojleri (plinski, električni),
- Protočni bojleri (plinski, električni) i
- Kotlovi sa indirektno grijanim spremnikom za centralnu pripremu vode

2.8.1. Akumulacijski bojleri

Za zagrijavanje vode koja se drži u zalihi i troši prema potrebi koriste se akumulacijski bojleri. S obzirom na energent koji koriste, akumulacijski bojleri se mogu podijeliti na električne i plinske.

Električni akumulacijski bojleri najčešće se koriste u kuhinjama i kupaonicama. Zapremnina kod kuhinjski je 5 – 10 litara dok je kod onih u kupaonicama od 50 – 150 litara. Snage grijača u akumulacijskim bojlerima su znatno niže od onih u bojlerima protočnog tipa te iznose 1,5-2,6 kW, uz vrijeme zagrijavanja od 10 min do 3 sata ovisno o veličini spremnika i snazi grijača. U odnosu na protočne bojlere, topla voda je kod akumulacijskih ujednačenije temperature te je raspoloživa u kraćem vremenskom intervalu nakon otvaranja slavine. Pored niže potrebne el. snage, dodatna prednost u odnosu na električne protočne bojlere, leži u moguć-

[28] Šivak,M.,: „Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija“, Savez energetičara Hrvatske“, Zagreb 1980., str 573.

nosti zagrijavanja vode u razdobljima niže tarife korištenjem vremenskih regulatora. Nedostaci akumulacijskih bojlera se prije svega očituju u nižoj učinkovitosti rada zbog gubitaka akumulirane topline kroz izolaciju spremnika, te znatno duljem vremenu zagrijavanja vode na željenu temperaturu u odnosu na protočne bojlere.

Slika 28. Električni akumulacijski bojler



Izvor - http://www.ikoma.hr/content/product/image/vaillant-vih-r.png (14.03.2015)

Plinski akumulacijski bojleri se jednako kao i električni upotrebljavaju u slučajevima potrebe veće količine potrošne vode. Zapremina plinskih bojlera kreće se u rasponu od 120 do 220 Lit, pri čemu je snaga plamenika niža no kod protočnih bojlera i kreće se u rasponu od 7-9 kW, uz potrebno vrijeme zagrijavanja vode na temperaturu 45 ^{0}C od 10-20 min. Za plinske akumulacijske bojlere važno je istaknuti potrebu za instalacijom dimnjaka te znatno niže troškove pripreme tople vode u odnosu na električne bojlere.

Slika 29- Plinski akumulacijski bojler



Izvor - http://www.webgradnja.hr (14.03.2015)

2.8.2. Protočni bojleri

Protočni bojleri koriste se za grijanje samo onolike količine vode koliko je potrebno za neposrednu potrošnju, a Voda se u njima zagrijava prilikom protoka. Akumulacije tople vode praktički nema budući da je volumen spremnika veoma malen da bi se postigao visok učinak grijanja tople vode u protoku. Protočni bojleri su samo izmjenjivači topline, a ne spremnici tople vode. Protočni bojleri također se mogu podijeliti na električne i plinske.

Električni protočni bojler obično se koristi u kupaonicama za pripremu količina vode do 12 lit/min (pri 45 ^{0}C). Kod ovakvih bojlera postoji stupnjevita mogućnost regulacije snage i temperature vode. Prednost im je niska cijena, velika učinkovitost u radu, mali toplinski gubici u kratkim cjevovodima, kratko vrijeme zagrijavanja. Nedostaci su relativno velika priključna snaga (12-27 kW), te ovisno o tarifi nekoliko puta veći troškovi pripreme vode u odnosu na plinske bojlere.

Slika 30. Električni protočni bojler



Izvor - http://s27.postimg.org/4kcq2kl9v/protocni_bojler_vaillant.png (14.03.2015)

Plinski protočni bojleri se odlikuju visokom efikasnošću u radu od otprilike 90%, niskim troškovima rada, mogućnošću regulacije snage plamenika, odnosno protoka i temperature vode. Nedostatak im je potreba za instalacijom dimnjaka, učestalije paljenje plamenika u odnosu na akumulacijske bojlere te veća varijacija temperature u razdoblju neposredno nakon paljenja plamenika.

Slika 31. Plinski protočni bojler



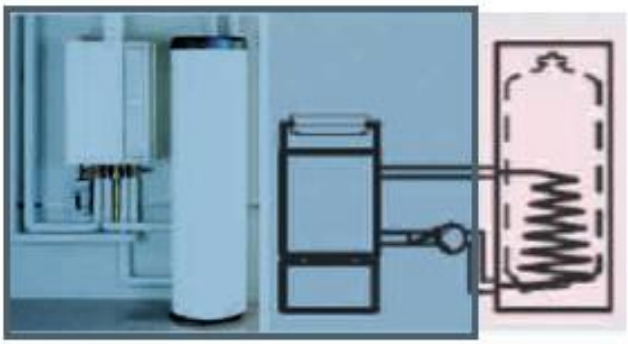
Izvor -https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images (14.03.2015)

2.8.3. Centralna priprema vode s kotlom

U većim objektima toplu vodu je prikladnije pripremati na jednom centralnom mjestu. U tu se svrhu najčešće koriste kotlovi na plin ili lož ulje kojima se zagrijava voda u zasebnom spremniku preko izmjenjivača topline (Slika 6.9.). Ti spremnici mogu biti fizički odvojeni od kotlova (stojeći) ili pak pričvršćeni za sami kotao (ležeći). Nominalne snage kotlova za objekte veličine 300 – 400 m^2 iznose 16 - 34 kW sa veličinom spremnika 100 - 150 lit, dok su za objekte površinom veće od 400 m^2 kreću do 300 kW. Iako kotlovi imaju deklariranu učinkovitost preko 90% pa i blizu 100% kod kondenzacijskih tipova njihova ukupna godišnja učinkovitost je ipak znatno niža, oko 50 % zbog toplinskih gubitaka koji nastaju do izljevnih mjesta, zbog gubitaka kroz izolaciju spremnika te gubitaka u početnom razdoblju paljenja plamenika. Ti su gubici posebice izraženi u ljetnom razdoblju kod sustava koji su dimenzionirani za pokrivanje potreba i grijanja prostora i PTV-a, kada su uključivanja / isključivanja plamenika radi održavanja zadane temperature vode u spremnika česta jer je potrošnja toplinske energije iz spremnika znatno manja. Ti se nedostaci mogu ublažiti korištenjem zasebnih kotlova dimenzioniranih samo za pokrivanje potreba PTV-a, čime se s druge strane povećavaju investicijski troškovi. Ukupnu učinkovitost moguće je podići korištenjem niskotemperaturnih i kondenzacijskih kotlova, dvostupanjskih plamenika ili plamenika s regulacijom snage, te naposljetku kombiniranjem kotlova sa solarnim kolektorima.[29]

[29] Bukarica,V.: „Priručnik za energetske savjetnike“, http://www.enu.fzoeu.hr/assets/files/post/96/list/prirucniksavjetnici.pdf., str 96. (16.01.2015)

Slika 32. Centralna priprema tople vode sa kotlom i indirektno grijanim spremnikom



Izvor - Bukarica,V.: „Priručnik za energetske savjetnike“, http://www.enu.fzoeu.hr/assets/files/post/96/list/prirucniksavjetnici.pdf., str 96. (16.01.2015)

3. Povećanje energetske učinkovitosti zgrade srednjoškolskog centra u Puli

Slika 33. Industrijsko - obrtnička škola - Pula



Izvor – naslovnica IOŠ

Općeniti opis objekta

Zgrada Industrijsko - obrtničke škole nalazi se na adresi Rizzieva 40 u Puli. U zgradi koja se sastoji od 15 učionica i devet praktikuma najvećim djelom djeluje IOŠ, dok i Tehnička škola Pula koristi određeni broj praktikuma i učionica za svoje potrebe. Radi se o dva praktikuma za elektro - praksu, ručnoj obradi, strojnoj obradi te kabinetu za CNC strojeve i jednoj općoj učionici namijenjene teoretskoj nastavi.

Osim učionica i praktikuma zgrada se sastoji od ureda ravnatelja, pedagoga, računovodstva, tajništva, arhive, prostorije za spremačice, radionice domara, hodnika, skladišta alata i sanitarnih čvorova.

Visina radionica koje se nalaze u centralnom djelu tlocrta je u visini jedne nadzemne etaže i iznosi 6,8 m, dok je visina ostalih prostorija 3,3 m.

3.1. Opće stanje zgrade prije rekonstrukcije

Izgradnja zgrade započeta je 1969. godine. Građena je od dvije etaže – prizemlje i kat. Tlocrtni gabarit zgrade je cca 95 X 32 m, dok je kat izveden u djelomičnom tlocrtu gabarita 12 X 16 m. Netto korisna površina zatvorenog grijanog prostora zgrade iznosi 3081 m^2, dok je bruto obujam zatvorenog prostora13423 m^3. Konstruktivni to jest nosivi skelet izgrađen je od armiranobetonskih stupova i greda koje nose armirano betonske ploče, odnosno međukatne konstrukcije. Ravni krov izveden je od siporeks ploča. Obodne plohe skeleta ispunjene su djelomice elementima zida i prozorskim elementima. Vanjski zidovi su izrađeni od pune opeke u mortu, obostrano ožbukane. Prozori su izvedeni kao jednostruko staklo u drvenim i čeličnim okvirima. Čelični okviri ugrađeni su na povišeni dio srednjeg djela objekta. Zgrada je svojom duljom osi orijentirana u smjeru istok – zapad. Glavni ulaz u zgradu smješten je na sjevernom pročelju.[30]

Slika 34.Istočno pročelje Industrijsko - obrtničke škole Pula prije rekonstrukcije



Izvor – autor

[30] Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf., str. 15.

Slika 35.Dio zapadnog i južnog pročelja Industrijsko - obrtničke škole Pula prije rekonstrukcije



Izvor - autor

Manja rekonstrukcija na instalacijama u zgradi izvršena je 1980. godine. Zgrada je do 2013. godine kada je izvršena ozbiljnija, veća rekonstrukcija bila u poprilično derutnom stanju.

Zgrada praktikuma godinama je bila u očajnom stanju. Vanjska ovojnica nije održavana od same izgradnje. Fasada je bila oštećena. Stolarija s jednostrukim prozorima i dotrajalim drvenim okvirima također . Ravan krov puštao je na više mjesta , pogotovo na dilatacijama zgrade. Klima komora nije bila u funkciji. Ravni krov je prokišnjavao, te su uslijed toga grede, stropovi i zidovi, te električne instalacije stradali od vlage. Grijanja u središnjem dijelu praktikuma nije bilo. Klima komora, koja nije bila u funkciji, trebala je zagrijati veliki središnji prostor školskih praktikuma, koji je između ostaloga imao jako slabu ili gotovo nikakvu toplinsku izolaciju. Jednokrilna stakla sa aluminijskim okvirima (na povišenom središnjem djelu praktikuma) bila su djelomično razbijena. U zimskom periodu učenici i profesori radili su u nehumanim uvjetima, zamotani u kapute i šalove zbog hladnoće i vlage.

Većim dijelom južni dio praktikuma nije bio u funkciji škole, naime bio je u najmu. Jedan dio tog prostora u najmu koristio je građevinski institut IGH a drugi dio bravarski obrtnik.

3.2. Opće stanje zgrade nakon rekonstrukcije

Zbog prenamjene prostora srednjoškolskog centra poznate pod nazivom Žuta škola (u daljnjem tekstu će se koristiti termin žuta škola) u centru grada, na lokaciji Mletačka 3, gdje se jednim dijelom toga prostora koristila i IOŠ, te viška prostora u praktikumu IOŠ na Vidikovcu donijeta je odluka o premještanju teoretskog dijela IOŠ locirane u gradu na Vidikovac u prostorije praktikuma, na lokaciju Rizzieva 40.

Time se počinje realizirati projekt pod nazivom "Pulske srednje škole" koji je dio projekta "Centar novih tehnologija" (koji se planira kandidirati za sredstva iz EU fondova) kojim bi se, osim preuređenog praktikuma u kojem bi djelovale tri srednje škole sličnog usmjerenja: Industrijsko-obrtnička, Strukovna škola te Tehnička škola, ovdje izgradila i nova dvorana za tjelesni odgoj te učenički dom.

U prvom valu će se na Vidikovac preseliti škole tehničkog usmjerenja, a time će se osloboditi prostori u žutoj školi gdje bi bile objedinjene škole društveno-umjetničkog smjera. Tako bi se našlo prostora najprije za proširenje Gimnazije koja već djeluje u žutoj školi, pa bi i ona svoju nastavu mogla organizirati samo u jutarnjoj smjeni. U žutu školu seli i Glazbena škola Ivana Matetića - Ronjgova čime bi ona preselila iz prostora u upravnoj zgradi Uljanika i pionirskog doma gdje djeluju već duži period.

Vanjska ovojnica zgrade nakon rekonstrukcije

Slika 36.Istočno pročelje Industrijsko - obrtničke škole Pula nakon rekonstrukcije



Izvor – autor

Slika 37. Dio zapadnog i južnog pročelja Industrijsko - obrtničke škole Pula poslije rekonstrukcije



Izvor – autor

Rekonstrukcijom 2013 godine obnovljena je kompletna vanjska ovojnica zgrade računajući vanjsku fasadu, cjelokupnu drvenariju te je izvedena sanacija ravnog krova. Postojeći jednostruki prozori na objektu zamijenjeni su novim. Novi su prozori izvedeni kao dvostruko izolirajuće staklo u višekomornom PVC okviru. s dvostrukim brtvama i imaju koeficijent prolaska topline U = 1,4 W/m^2K.

Slika 38. Prozor u učionici



Izvor - autor

Centralno smještene radionice imaju izvedene prozirne elemente iznad razine ravnog krova takozvani parapet prozora čija visina iznosi 4,2m.

Slika 39. Prozori radionica



Izvor - autor

Ravni krovovi zgrade izvedeni su na tri nivoa. Toplinski su izolirani EPS pločama od 8 i 12 cm sa Sika WAP kao hidroizolacijom.

Slika 40. Ravni krov



Izvor – autor

Vanjski zidovi toplinski su izolirani ETICS sustavom.

Slika 41. Novo uređena vanjska fasada



Izvor – autor

3.3. Tehnički sustavi u objektu

Popis glavnih sustava energije i vode

Glavni potrošači energije objekta su:

- Sistem grijanja putem radijatora,
- Termo ventilacija putem klima komore i
- Split – sistemi za potrebe hlađenja.

Potrošači vode su školske sanitarije i umivaonici smješteni po radionicama praktične nastave te hidrantski vodovi smješteni unutar zgrade.

Sustav grijanja i hlađenja

Svi prostori zgrade griju se radijatorskim grijanjem. Radijatori su cjevovodom spojeni na kotlovnicu koja kao energent koristi zemni plin iz gradskog plinovoda lokalnog distributera. Hlađenje je instalirano samo u pojedinim dijelovima škole i izvedeno je lokalno pomoću klima split sistema.

Sustav termoventilacije

Zgrada ima klima komoru za potrebe ventilacije radionica. Klima komora je zajednička za sve radionice. Opremljena je grijačem i rekuperatorom topline. U radionicama je instalirana tlačno – odsisna ventilacija. Dvije radionice imaju instalirane odsisne nape.

Sustav pripreme tople vode

Grijanje potrošne tople vode (PTV) odvija se pomoću solarnih kolektora i dogrijava se pomoću kotla. Solarni kolektori instalirani su na krovu zgrade.

Elektroenergetski sustav

Preuzimanje električne energije se vrši preko jednog (1) brojila i to prema crvenom

tarifnom modelu za potrošače na niskom naponu za poduzetništvo.

Sustav potrošnje vode

Zgrada je priključena na gradski vodovod a potrošnja se mjeri putem registriranog vodomjera. Voda u objektu se troši za potrebe sanitarne i potrošne tople vode. Osnovni potrošači su sanitarije škole i umivaonici u radionicama.

3.3.1. Sustav za grijanje

Zgrada se u cijelosti grije sistemom centralnog grijanja, putem radijatora. Centralno grijanje izvedeno je u potpunosti nadžbukno. Instaliran je dvocijevni sistem sa donjim razvodom i prisilnom cirkulacijom vode. U objekt je instalirano 104 radijatora sa ukupno 1240članaka. Radijatori su opremljeni termo glavama za regulaciju topline.

Slika 42. Aluminijski radijator sa termo glavom



Izvor - autor

Plinska kotlovnica kao zasebni prostor u sustavu objekta, nalazi se u prizemlju zgrade i služi za potrebe grijanja škole i sastoji se od slijedećih komponenti:

- Toplovodni kotao marke „Viessman“ tip Vitoplex 250 SX2A; Q = 270 kW, ($90/70^0$C)
- Plinski automatski plamenik marke „Weishaupt“ tip WG 30N/1-C,R1;W-MF512, izvedba ZM – LN, Q = 40 – 350 kW
- Niskotlačna plinska rampa koja se sastoji od regulatora tlaka PU = 100 mbar, Pi = 50mbar, Q = 32 m^3/h, Elster tip J48, veličina 6/4“; manometar 1; 0 – 16mbar; elektromagnetni ventil; kuglasti ventil; filter

Slika 43. Kotao sa plamenikom



Izvor – autor

Slika 44. Cirkulacijske crpke sa regulacijom



Izvor - autor

U kotlovnici su također instalirane cirkulacijske crpke, armatura, cjevovodi, plinska armatura te automatika kotlovnice. Instalirano je pet cirkulacijskih crpki s regulacijom polazne temperature, tako da se na automatici može regulirati željena polazna temperatura svake pojedine grane. Time je dobivena bolja raspodjela energije vezano uz različita opterećenja. (insolacija južne grane ili isključivanje vode prema klima komori ukoliko nema potrebe).

Mjerno regulacijska stanica smještena je u zasebnom ormariću izvan kotlovnice. Upravljački ormar i upravljačka kutija za detekciju plina nalaze se u hodniku na zidu s lijeve strane ulaska u kotlovnicu. Sonde za detekciju plina nalaze se u kotlovnici. Provjetravanje kotlovnice vrši se prisilnom ventilacijom.

3.3.2. Priprema potrošne tople vode – PTV

Potrošna topla voda zagrijava se primarno pomoću solarnih kolektora smještenih na ravnom krovu zgrade, a u nedostatku sunčeve energije dogrijava se pomoću kotlovske vode iz sistema centralnog grijanja. Instalirana su dva solarna kolektora marke Viessmann. Pozicija instalacije je loše odabrana jer su veliki dio vremena korištenja u sjeni. Građevina zaklanja kolektore sa jugoistočne strane tako da su u hladu u jutarnjim satima. U ljetnom razdoblju kada je sunce visoko tada nisu u sjeni ali tada uglavnom nema niti nastave.

Slika 45. Solarni kolektori



Izvor -autor

Za akumulaciju potrošne tople vode instaliran je spremnik potrošne vode Elbi zapremnine 300 litara.

Slika 46. Spremnik PTV



Izvor – autor

3.3.3. Sustav termoventilacije

U središnjem povišenom djelu praktikumima instalirana je tlačno- odsisna ventilacija sa dvije izmjene zraka na sat. Klima komora je smještena u istočni atrij zgrade i opremljena je tlačnim i odsisnim ventilatorom, rekuperatorom, te vodenim grijačem. Zrak se upuhuje u prostorije sistemom kanala i rešetki i odsisava pod stropom prostora. Tlačni kanali su izolirani i zaštićeni aluminijskom folijom. Termoventilacija praktikuma izvedena je kao jedan sustav bez manjih podsustava, tako da ne postoji mogućnost isključivanja pojedinih prostorija praktikuma, već je sustav izveden na način dok radi da se ventiliraju sve prostorije.

Slika 47. Odsisni kanali termoventilacije



Izvor – autor

Slika 48. Tlačna ventilacija



Izvor – autor

Slika 49. Klima komora



Izvor – autor

Slika 50. Kanal otpadnog zraka



Izvor – autor

3.3.4. Split sistemi

Split sistem znači razdvojen sistem, gdje postoje dvije zasebne jedinice (vanjska i unutarnja). Te su jedinice fizički razdvojene, međusobno povezane plinskim i električnim instalacijama. Na taj se način može odrediti položaj klime na najpovoljnijoj lokaciji u prostoriji, tako da ne puše direktno u dio prostora u kojem se ljudi najduže zadržavaju.

Za potrebe hlađenja instalirano je ukupno devet unutarnjih i četiri vanjske jedinice. Ukupno instalirana rashladna snaga iznosi 22,5 kW, dok instalirana električna snaga iznosi 6,69 kW. Split sistemi instalirani su u zbornici, knjižnici te uredima računovodstva, pedagoga, tajnika i u uredu ravnatelja. Naknadno su ugrađeni klima sustavi u učionici za multimediju, te u kabinetima elektrotehnike (dva klima uređaj) i u kabinetu za građevinarstvo. Naknadno ugrađene klime imaju ukupnu rashladnu snagu od 16 kW dok im je nominalna potrošnja 4,7 kW.

Slika 51. Vanjska jedinica split sistema



Izvor – autor

Slika 52. Unutarnja jedinica



Izvor – autor

3.3.5. Sustavi potrošnje vode

Škola se opskrbljuje sanitarnom i pitkom vodom iz mjesnog vodovoda preko jednog vodomjera. Najveći potrošači sanitarne vode su upravo sanitarije i to:

Tablica 4. Potrošači sanitarne vode

Potrošači sanitarne vode	Količina
Wc školjka	14
Pisoar	17
Umivaonik u sanitarijama	15
Umivaonik u praktikumu	11

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.pdf.,str 44.

Slika 53. Umivaonik u sanitarijama sa jednoručnom slavinom



Izvor – autor

Uz sustav potrošne vode škola posjeduje zasebni sustav hidrantske mreže za gašenje požara. Tako su po hodnicima i kotlovnici instalirani hidrantski ormarići koji služe svrsi zaštite od požara. Hidrantski vod ima zaseban vodomjer.

3.3.6. Sustav električne rasvjete

Prilikom rekonstrukcije 2013 napravljena je nova instalacija rasvjete. Za potrebe električne rasvjete koristi se električna snaga od P= 21,07 kW. Ugrađene su svjetiljke visokog stupnja efikasnosti (sjajni parabolični raster), sa elektroničkim prigušnicama. Dio rasvjete izveden je fluorescentnim cijevima T5. Upravljanje rasvjetom je ručno, lokalno. Ugrađene sijalice i sijalice fluorescentnih cijevi T5 (Φ16mm) imaju visoki stupanj efikasnosti (lm/W), sa dugim životnim vijekom.

Slika 54. Unutarnja rasvjeta (hodnici, učionice, uredi)



Izvor – autor

Tablica 5. Modulacija potrošnje električne energije za rasvjetu

Područje	Instalirana snaga (kW)	Faktor istov-remenosti	Dnevni sati rada	Godišnji sati rada	Potrošnja (kWh)
hodnici, stubište	3120	o,8	10	2050	5116,8
sanitarije, garderoba	480	o,8	3	615	236,16
uredi	1440	o,8	8	1840	2119,68
učionice	5600	0,8	8	1640	7347,2
kabineti	800	1	2	410	328
radionice	7680	0,8	8	1640	10076,16
sigurnosna rasvjeta	830	0,2	24	8760	1454,16
tenički prostori, arhiva, spremišta	1120	1	1	205	183,68
energija za rasvjetu	21070				26861,84

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf., str. 46.

Tablica 6. Tip rasvjetnih tijela prema snazi

Tip rasvjete	Snaga jedne jedinice W	Broj raasvjetnih tijela	Ukupna snaga (kW)
fluorescentna svjetiljka 2XFC36W	80	151	12080
fluorescentna svjetiljka 2XFC54W	120	64	7680
flurescentna žarulja 1X18W	20	24	480
flurescentne panik 1X18W	10	83	830
	Ukupno		**21070**

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf., str. 46.

3.3.7. Ostali potrošači električne energije

Ostali potrošači električne energije su:

- Informatička oprema,

- Uredska oprema,
- Cirkulacijske crpke,
- Pomoćni pogoni kotlovnice,
- Oprema za grijanje, hlađenje i ventilaciju,
- Električni bojleri za PTV i
- Elektromotori strojeva strojne obrade (tokarski strojevi, glodalice, bušilice, savijačica i rezačica lima).

Tablica 7. Instalirana i vršna snaga potrošača električne energije

Sustav	Instalirana snaga (kW)	Faktor istodobnosti	Vršna snaga (kW)	Vršna snaga %
Rasvjeta	21,07	0,8	16,9	31,6
Grijanje	3,5	0	0	0,0
Hlađenje	7,76	0,8	6,2	11,6
Ventilacija i klima komora	6,89	0,8	5,5	10,3
PTV	6,7	0,6	4	7,5
Uredska i informatička oprema	14,15	0,5	7,1	13,3
Elektro strojevi radionice	92,24	0,15	13,8	25,8
Ukupno	152,31		53,5	100,0

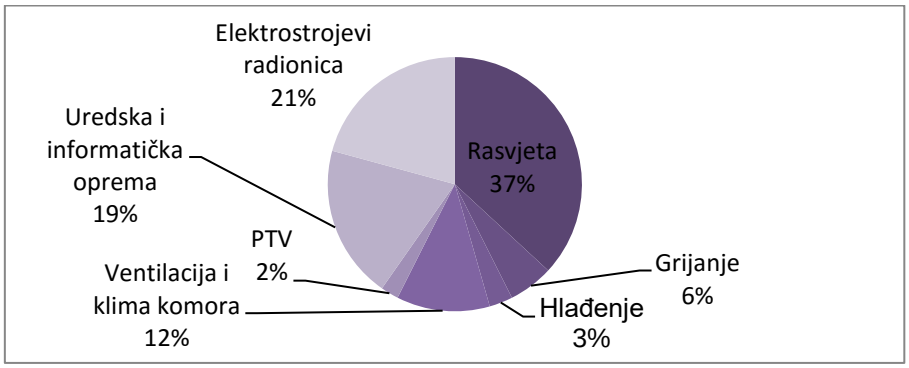
Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf., str. 47.

Tablica 8. Planirana potrošnja električne energije prema potrošačima

Sustav	Potrošnja (kWh)	Postotak
Rasvjeta	26.861,84	36,87
Grijanje	4.161,50	5,71
Hlađenje	2.172,80	2,98
Ventilacija i klima komora	8.652,23	11,88
PTV	1.660,50	2,28
Uredska i informatička oprema	14.220,40	19,52
Elektro strojevi radionica	15.127,36	20,76
Ukupno	72.856,63	100

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013., pdf., str 47.

Grafikon 2. Planirana potrošnja električne energije prema potrošačima (kWh)



Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013., pdf., str. 47.

3.4. Energetska analiza

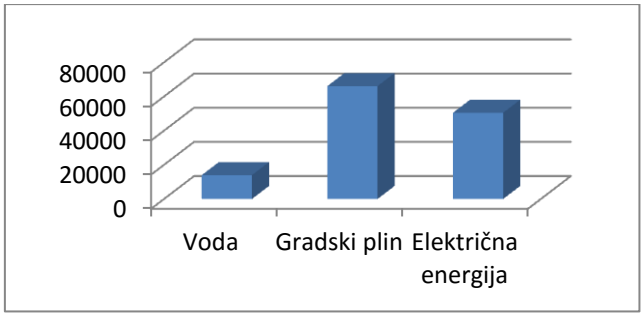
Prostor za uštedu energije najlakše se može uočiti iz strukture potrošnje i utroška energije. Iz tablica i dijagrama koji slijede prikazani su troškovi po energentima za referentnu, 2011godinu.

Tablica 9. Potrošnja po energentima

	Ukupna godišnja potrošnja	Jedinična mjera	Jedinična cijena (kn)	Ukupni godišnji troškovi (kn)
Voda	234,00	m^3	59,57	13939,38
Gradski plin	17.292,00	m^3	3,82	66055,44
Električna energija	49.458,00	kWh	1,02	50447,16

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013., pdf., str. 48.

Grafikon 3. Potrošnja po energentima



Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013., pdf., str. 48.

3.4.1. Analiza i modeliranje potrošnje električne energije

Analiza potrošnje električne energije rađena je prema postojećim računima za 2010, 2011 i 2012.

2013 godine izvršena je rekonstrukcija škole. U sklopu rekonstrukcije postavljena je cjelokupna nova električna instalacija. Prilikom rekonstrukcije poboljšani su neki postojeći sustavi i postavljeni neki novi. Tako je povećan nivo rasvjete prema normi koji do tada nije bio u okvirima zadanih normativa; ugrađena je nova klima komora sa svim pripadajućim usisnim i odsisnim kanalima za pripremu zraka i ubacivanje istog u radni prostor; ugrađeni su novi klima uređaji sa split sustavom za hlađenje u ljetnom periodu koji također do tada nisu postojali; ugrađeni su električni bojleri za potrebe sanitarija u prizemlju škole.

Škola posjeduje jedno brojilo električne energije i to prema crvenom tarifnom modelu, NN za poduzetnike. Crveni tarifni model namijenjen je za potrebe kupaca (veće trgovine, poslovne zgrade, obrti, pogoni) kojima se mjerenje nalazi na niskom naponu.

Tarifne stavke za obračun po crvenom NN modelu su:

- RVT – električna energija viša dnevna tarifna stavka,
- RNT – električna energija niža dnevna tarifna stavka,
- SVT – angažirana snaga u doba više tarife i
- OIE – naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora, regulirana odredbom. Obuhvaća mjerenje električne tarife u dvije tarife VT (visoka tarifa) i NT (niska tarifa)

Postoji niz pogodnosti koje nudi crveni tarifni model NN, a to su:

- Nudi mogućnost smanjenja računa korištenjem većih trošila u vrijeme niže tarife (energetski učinkovito) – snaga u nižoj tarifi nije temelj za obračun,
- moguće upravljanje troškovima na način da se istovremeno u doba više dnevne tarife ne uključuju velika trošila i time ostvaruje veliki obračun snage i
- daje mogućnost kontrole vršnog opterećenja.

Tablica 10 . Prikaz potrošnje električne energije za 2010, 2011, 2012.

	2010	2011	Indeks 2011/2010	2012	Indeks 2012/2011
Ukupna potrošnja električne energije (kWh)	50161	49458	98,60	28316	56,45
Vršna snaga (kW)	237	246	103,80	179	75,53
Utrošak za električnu energiju (kn)	45174,27	47195,6	104,47	31051	68,74
Jedinična cijena električne energij (kn/kWh)	0,90	0,95	105,96	1,10	121,76

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013., pdf., str. 52.

Iz gornje tablice može se uočiti slijedeće:

- S godinama je smanjivana godišnja potrošnja električne energije,
- S godinama je smanjivana efikasnost potrošnje električne energije (veći porast indeksa vršne snage u odnosu na indeks ukupne potrošnje električne energije),
- Povećanje indeksa troška za električnu energiju u većem iznosu od indeksa potrošnje električne energije , što znači da se smanjuje stupanj efikasnosti korištenja električne energije i
- Jedinična cijena električne energije porasla je u 2011 i 2012 u odnosu na 2010 godinu. Porast jedinične cijene električne energije djelomice je uvjetovan porastom cijene električne energije a djelomice smanjenjem efikasnosti sustava.

S obzirom na kompletno izmijenjen sustav elektro potrošača u školi gdje je postavljena nova i kvalitetnija rasvjeta u skladu sa normama glede intenziteta osvjetljenja, postavljeni su novi sustavi za hlađenje kojih prije nije bilo te se kompletno promijenio sustav za ventilaciju napravljena je procjena potrošnje električne energije za 2013 godinu što se može vidjeti iz tablice 11 koja slijedi.

Tablica 11. Modeliranje potrošnje električne energije

Sustav	Uređaji	Ukupna snaga (W)	Faktor istodobnosti	Godišnji broj dana rada	Dnevni sati rada	Godišnji sati rada	Potrošnja (kWh)
Rasvjeta	hodnici, stubište	3.120	0,8	205	10	2050	5.116,80
	sanitarije, garderoba	480	0,8	205	3	615	236,16
	tehnički prostori, arhiva, spremišta	1.120	0,8	205	1	205	183,68
	uredi	1.440	0,8	230	8	1840	2.119,68
	učionice	5.600	0,8	205	8	1640	7.347,20
	kabineti	800	1	205	2	410	328,00
	radionice	7.680	0,8	205	8	1640	10.076,16
	sigurnosna rasvjeta	830	0,2	365	24	8760	1.454,16
Grijanje	kotao	750	0,5	145	12	1740	652,50
	cirkulacijske crpke	2500	0,8	145	12	1740	3.480,00
	ventilator	250	0,8	145	1	145	29,00
Hlađenje	klima uređaji	7760	0,7	50	8	400	2.172,80
Ventilacija i klima komo-re	odsisni ventilatori sanita-rija	350	1	205	1	205	71,75
	ventilacija radionica	1040	0,8	205	8	1640	1.364,48
	klima komora	5500	0,8	205	8	1640	7.216,00
PTV	električni bojler	6500	0,6	205	2	410	1.599,00
	crpke regulacije	100	1	205	1	205	20,50
	crpke solar	100	1	205	2	410	41,00
Uredska i informatička oprema	PC - i	12000	0,6	230	8	1840	13.248,00
	switch i TK oprema	150	0,6	365	24	8760	788,40
	printer, fotokopirni stroj	2000	0,2	230	2	460	184,00
Elektro - strojevi (radionice)	alatni strojevi	71200	0,1	205	8	1640	11.676,80
	aparati za zavarivanje	20000	0,1	205	8	1640	3.280,00
	lokalna odsina ventilacija	1040	0,8	205	1	205	170,56
UKUPNO		152.310					72.856,63

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.,str.52.

3.4.2. Analiza i modeliranje potrošnje plina

Do 2012 godine škola se grijala na gradski plin. Iste godine plinofikacijom Pule uveden je zemni plin umjesto dotadašnjeg gradskog plina koji ima veću energetsku vrijednost. Uvođenjem zemnog plina kotlovnica je prešla na korištenje istog. Kako ne bi imali dva energenta za

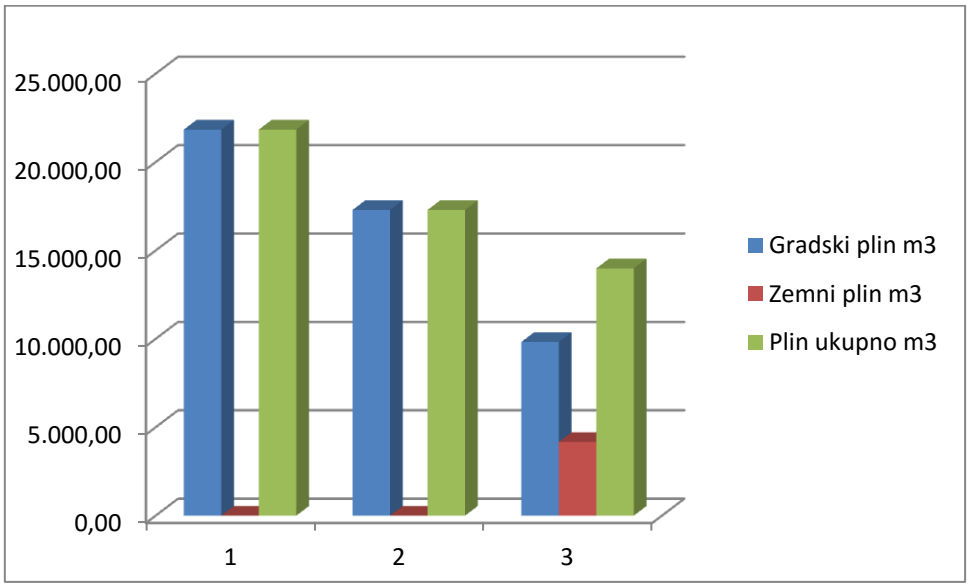
grijanje u istoj godini 2011 je uzeta kao referentna godina za potrošnju plina. Godišnje potrošnje plina prikazane su u slijedećoj tablici sa pripadajućim grafikonom.

Tablica 12. Prikaz potrošnje energenata za pripadajuće razdoblje

Potrošnja energenata	Jedinica potrošnje	2010	2011	2012
Električna energija	kWh	50.161,00	49.458,00	28.316,00
Gradski plin	m^3	21.839,00	17.292,00	9.823,00
Zemni plin	m^3	0,00	0,00	4.164,43
Plin ukupno	m^3	21.839,00	17.292,00	13.987,43
Voda	m^3	538,00	1.639,00	234,00

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.,str 12.

Grafikon 4. Potrošnja plina



Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.

Bez obzira što se potrošnje dva različita plina jednostavno ne mogu zbrajati lako je uočljiv pad potrošnje plin sa godinama.

Modeliranu potrebu za grijanjem i potrebama PTV - a uzevši u obzir klimatske podatke zgrade može se vidjeti u tablici 13.

Tablica 13. Modelirana potrebna energija za grijanje i PTV

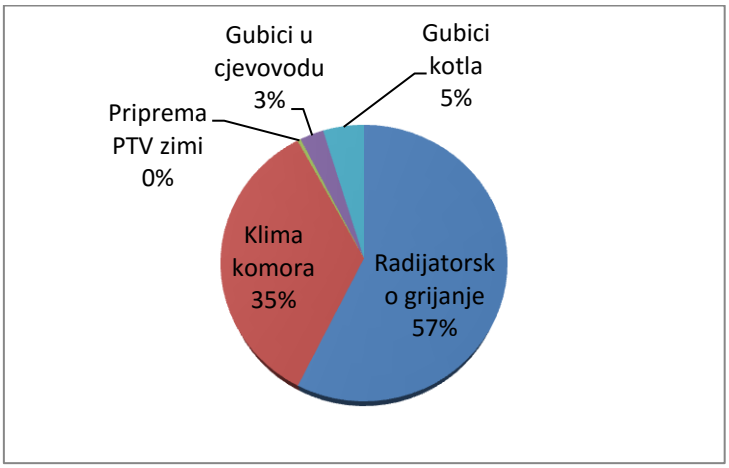
Prostor	Snaga (kW)	Broj	Instalirana snaga (kW)	Faktor	Sati dnevno	Dani godišnje	Sati godišnje	Energije godišnje (kWh)
Radijatorsko grijanje	0,145	1250	181,25	0,25	8	205	1.640,00	74.312,50
Klima komora	54,78	1	54,78	0,5	8	205	1.640,00	44.919,60
Ukupno grijanje								119.232,10
Priprema PTV zimi	0,405	1	0,41	1	6	210	1.260,00	510,64
Ukupno grijanje + PTV								119.742,74
Gubici u cjevovodu								3.592,28
Gubici kotla								6.166,75
Ukupno								129.501,77

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.,str.55.

Modelirana potrošnja za grijanje i potrebe PTV nije u skladu sa dosadašnjim računima zato što je instaliran kompletno novi sustav grijanja, promijenjena je fizika zgrade. Tako modeliranje nam pokazuje procijenjenu buduću potrošnju.

Na slijedećem dijagramu može se vidjeti raspodjela godišnje energije po potrošaču.

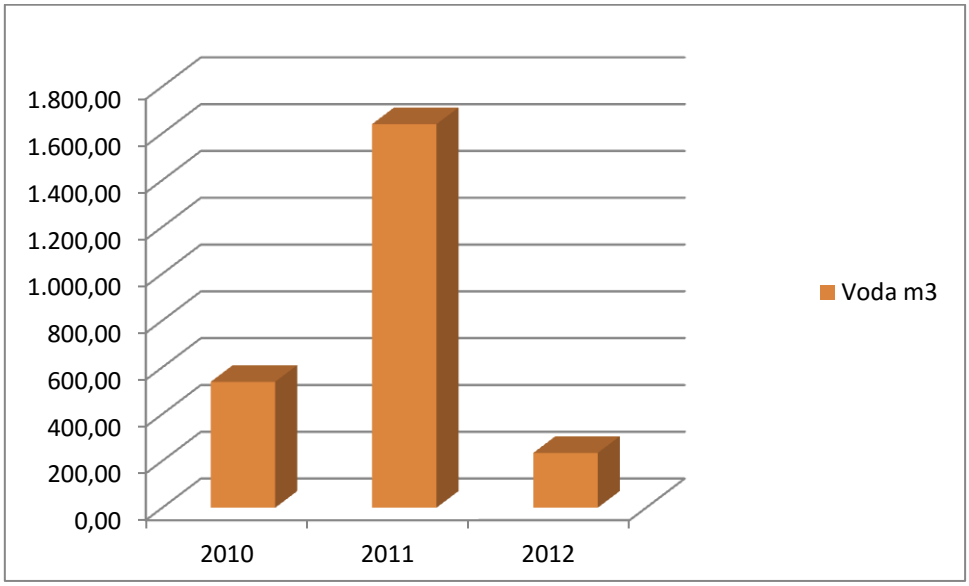
Grafikon 5. Raspodjela energije grijanja po potrošačima



Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.,str.55.

3.4.3. Analiza i modeliranje potrošnje vode

Grafikon 6. Potrošnja vode



Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.,str 57.

Potrošnja vode drastično je povećana u 2011godini zbog puknuća cijevi u hodniku škole. Voda se gubila jedan duži period i to u vrijeme ljetnih praznika. Očitovanjem potrošnje od strane djelatnika vodovoda uvidio se veliki porast potrošnje vode. Nakon ispitivanja došlo se do zaključka da je napuknula cijev u podu hodnika a voda se gubila u pod te nije bilo nikakvih vidljivih naznaka o puštanju vode u objektu.

Tablica 14. Godišnja potrošnja vode

	Broj korisnika	Broj korištenja	Količina vode (lit)	Broj dana	Potrošnja vode (m^3)
WC	230	1	6	205	282,90
Umivaonik	230	5	1	205	235,75
Ukupno					518,65

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.,str. 58.

Predviđena je godišnja potrošnja vode od 519 m^3 za godine koje slijede. Voda se troši prilikom korištenja WC i umivaonika. S obzirom na broj osoba koji dnevno boravi u školi, broju radnih dana škole te o učestalosti i količini potrošene vode došlo se do iznosa predviđene potrošnje vode.

3.5. Komparacija utroška energije prije i poslije sanacije 2013

Kvaliteta ovojnice jedna je od značajnih stavki prilikom proračuna potrebne energije za grijanje u zimskom periodu i hlađenje objekta u ljetnim mjesecima. Tablica 15 prikazuje koeficijente prolaska topline IOŠ prije rekonstrukcije izvedene 2013 godine. Vidljivo je da niti jedan građevni dio ne zadovoljava tehničke propise maksimalno dozvoljenog koeficijenta prolaska topline, stoga je zbog postojećeg stanja donesena odluka o rekonstrukciji IOŠ sa ciljem povećanja energetske učinkovitosti.

Tablica 15. Prikaz koeficijenta prolaska topline - prije sanacije 2013

Naziv građevnog dijela	Površina	Koeficijent prolaska topline prije sanacije 2013	Maksimalni dozvoljeni koeficijenti prolaska topline
	A (m^2)	U(W/m^2K)	Umax(W/m^2K)
Nadtemelj	123,96	2,84	0,60
Vanjski zid opeka 25 EPS 8cm	599,85	1,86	0,60
Vanjski zid opeka 30 EPS 8cm	295,54	1,37	0,60
Vanjski zid puna opeka 38 EPS 8cm	75,00	1,37	0,60
Vanjski zid AB 45 EPS 5cm	80,30	2,73	0,60
Vanjski zid AB 20 EPS 8cm	15,43	3,20	0,60
Vanjski zid AB 20 ulaz EPS 3cm	26,00	3,20	0,60
Pod na tlu	1993,35	3,93	0,50
Uzdignuti pod	895,31	3,93	0,50
Ravni krov 1 EPS 8cm	896,00	4,00	0,40
Ravni krov 2 EPS 12cm	2185,00	4,00	0,40
Prozirni elementi pročelja	732,45	3,50	1,80
Požarna vrata	19,20	2,60	1,80
Ulazna vrata	13,05	2,60	1,80
Vrata istok metalna	7,50	2,60	2,90
Vrata sjever metalna	8,70	3,50	2,90

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.,str. 26.

Ukupni toplinski gubici zgrade dijele se na:

- Transmisijske toplinske gubitke - kroz neprozirne elemente i otvore,
- Toplinske gubitke provjetravanjem – prirodno provjetravanje i provjetravanje s toplinskim izmjenjivačima i
- Toplinske gubitke kroz tlo.

Svi ovi navedeni toplinski gubici ovise o koeficijentu prolaska topline „U“ i površini građevnog dijela „A“ ili otvora za koji se gubitak odnosi. Prilikom izračuna toplinskih gubitaka kroz

neprozirne elemente trebalo bi uzeti u obzir i djelovanje toplinskih mostova. Za pojednostavljenje izračuna na koeficijent prolaska topline U dodaje se koeficijent K za toplinske mostove koji u ovom našem slučaju iznose 0,1 jer se radi o zgradi starije izvedbe. Na kraju se svi ti gubici zbroje i dobiju se ukupni toplinski gubici koji kasnije služe prilikom izrade toplinske bilance objekta.

Tablica 16. Toplinski gubici kroz neprozirne elemente – prije sanacije 2013

Naziv građevnog dijela	Površina A (m^2)	Koeficijent prolaska topline U ((W/m^2K)	K	Gubitak (W/K)
Ravni krov 1	896,00	4,61	0,1	4.220,16
Ravni krov 2	2.185,00	4,61	0,1	10.291,35
Nadtemelj	123,96	2,84	0,1	364,44
Vanjski zid opeka 25	599,85	1,67	0,1	1.061,73
Vanjski zid opeka 30	295,54	1,46	0,1	461,04
Vanjski zid 38	75,00	1,27	0,1	102,75
Vanjkski zid AB 45	80,30	2,86	0,1	237,69
Vanjski zid AB 20	15,43	4	0,1	63,26
Vanjski zid AB 20 ulaz	26,00	2,86	0,1	76,96
Ukupni toplinski gubici kroz neprozirne elemente				16.879,39

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.,str. 27.

Tablica 17. Toplinski gubici kroz otvore – prije sanacije 2013

Naziv otvora	$\sum(A_w)$ (m^2)	A_w	U_w (W/m^2K)	n	Gubitak (W/K)
Prozor 25	340,60	1	4,47	340,60	1.522,48
Prozor 30	347,20	1	4,47	347,20	1.551,98
Prozor 40	44,65	1	4,47	44,65	199,59
Ulazna vrata	13,05	1	5,67	13,05	73,99
Vrata metalna istok	26,70	1	3,50	26,70	93,45
Vrata metalna sjever	8,70	1	3,50	8,70	30,45
Ukupni gubici kroz otvore					3.471,95

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.,str. 28.

Tablica 18. Gubici kroz tlo – prije sanacije 2013

Tip građevnog dijela u odnosu na tlo	U (W/m^2K)	Hg (W/K)
Podovi na tlu	0,22	445,68
Uzdignuti podovi	0,33	376,60
Ukupno		822,28

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.,str. 28.

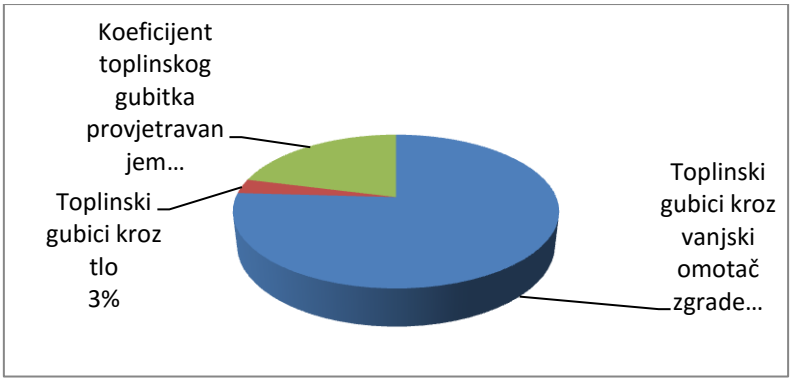
Tablica 19. Pregled ventilacijskih gubitaka - prije sanacije 2013

Tip provjetravanja	Specifikacije	(W/K)
Prirodno provjetravanje	V = 11403,36 (m^3); n_{min} =0,80 nezaklonjeno, više izloženih fasada, srednja razina zrakopropusnosti	3.010,49
Koeficijent gubitka topline provjetravanjem Hv		3.010,49

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.,str. 28.

Analizom toplinskih gubitaka provedenih u tablicama 15, 16, 17, 18 i 19 došlo se iznosa ukupnih toplinskih gubitaka u IOŠ prije rekonstrukcije 2013.

Grafikon 7. Ukupni toplinski gubici – prije sanacije 2013



Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.

Ukupni toplinski gubici tako iznose 26.818,28 (W/K). Najveći dio tih gubitaka i to 76% odnose se na toplinske gubitke kroz vanjski omotač zgrade - građevne dijelove i otvore, zatim na toplinske gubitke nastale provjetravanjem 21% i na posljetku 3% toplinskih gubitaka otpada na gubitke kroz tlo (grafikon 7, tablica 20).

Tablica 20. Ukupni toplinski gubici – prije sanacije 2013

Toplinski gubici kroz vanjsku ovojnicu	W/K
Toplinski gubici kroz vanjski omotač zgrade	20.351,34
Toplinski gubici kroz tlo	822,28
Koeficijent toplinskog gubitka provjetravanjem	5.644,66
Ukupno	26.818,28

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.,str . 28.

Proračun potrošnje energije za grijanje i cijene energenata proveden je računalnim programom KI Expert 2013 za koji je algoritam izrađen u skladu s važećom normom HRN EN ISO 13790:2008.

Za lokaciju je uzet grad Pula s referentnom primorskom klimom. Građevine se nalazi u četvrtoj zoni globalnog sunčevog zračenja a srednjom mjesečnom temperaturom vanjskog zraka 13,7 ^{0}C. Prosječne vrijednosti srednjih, minimalnih i maksimalnih temperatura, tlaka vodene pare i brzine vjetra za lokaciju objekta dani su u tablici u nastavku.

Tablica 21. Klimatološki podaci za meteorološku postaju Pula

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
	Temperatura zraka (^{0}C)												
sre.	5,3	6	8,3	12	16,5	20,5	23,2	22,6	19	14,7	10,1	6,6	13,7
min.	2,2	2,8	4,8	8,2	12,1	15,6	18,1	17,8	14,9	11,1	6,7	3,4	9,8
max.	8,8	9,8	12,5	16,2	20,8	24,9	28	27,6	24	19,3	14	10,1	18,0
	Tlak vodene pare (Pa)												
sre.	720	730	830	1020	1360	1700	1860	1860	1630	1290	990	780	1230,8
	Relativna vlažnost zraka (%)												
sre.	76	74	72	71	71	64	64	67	73	74	76	76	72
	Brzina vjetra (m/s)												
sre.	2,7	3	3,1	3	2,4	2,3	2,2	2,1	2,2	2,8	2,9	2,9	2,6

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.,str.30.

S obzirom na uzete vrijednosti toplinskih gubitaka (tablica 20), klimatoloških podataka (tablica 21) te uz pomoć računalnog programa KI Expert došlo se do potrebitih podataka za izračun ukupne godišnje cijene grijanja (tablica 22) i pripadajuće godišnje emisije ugljičnog dioksida (CO_2) za IOŠ prije rekonstrukcije 2013 (tablica 23).

Tablica 22. Proračun potrošnje i cijene energenata - prije sanacije 2013

Potrebna korisna toplina za grijanje (kWh/a)	599.772,50
Potrebna konačna toplina za grijanje (kWh)	799.696,70
Gorivo	Prirodni plin
Iskoristivost goriva (%)	85,00
Ogrjevna vrijednost goriva (kW/m^3)	9,44
Godišnja potrošnja energenta (m^3)	84.677,75
Cijena goriva (kn/m^3)	5,40
Ukupna cijena za grijanje (kn)	457.259,85

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.

Tablica 23. Proračun godišnje emisije CO2 – prije sanacije 2013

Potrebna konačna toplina za grijanje (kWh)	799.696,70
Emisija CO_2 po energetskoj jedinici goriva (kgCO^2/kWh)	0,220
Godišnja emisija CO_2 (kg)	175.933,274

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.,pdf.

Sanacijom vanjske ovojnice zgrade IOŠ 2013 godine izmijenila se kompletna vanjska stolarija, uredila vanjska fasada i renovirali ravni krovovi zgrada je dobila novo ruho čiji sadašnji koeficijenti prolaska topline gotovo u cijelosti – osim nadtemelja i ulaznih vrata – zadovoljavaju tehnički propisanim maksimalnim dozvoljenim koeficijentima prolaska topline.

Tablica 24. Prikaz koeficijenta prolaska topline - nakon sanacije 2013

Naziv građevnog dijela	Površina	Koeficijent prolaska topline nakon sanacije 2013	Maksimalni dozvoljeni koeficijenti prolaska topline
	A (m^2)	U (W/m^2K)	Umax (W/m^2K)
Nadtemelj	123,96	2,84	0,60
Vanjski zid opeka 25 EPS 8cm	599,85	0,38	0,60
Vanjski zid opeka 30 EPS 8cm	295,54	0,37	0,60
Vanjski zid puna opeka 38 EPS 8cm	75,00	0,36	0,60
Vanjski zid AB 45 EPS 5cm	80,30	0,91	0,60
Vanjski zid AB 20 EPS 8cm	15,43	0,44	0,60
Vanjski zid AB 20 ulaz EPS 3cm	26,00	0,91	0,60
Pod na tlu	1993,35	3,93	0,50
Uzdignuti pod	895,31	3,93	0,50
Ravni krov 1 EPS 8cm	896,00	0,45	0,40
Ravni krov 2 EPS 12cm	2185,00	0,31	0,40
Prozirni elementi pročelja	732,45	1,40	1,80
Požarna vrata	19,20	2,60	1,80

Ulazna vrata	13,05	2,60	1,80
Vrata istok metalna	7,50	2,60	2,90
Vrata sjever metalna	8,70	3,50	2,90

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013., str.26.

Smanjenjem koeficijenata prolaska topline automatski su se smanjili i toplinski gubici koji su sada višestruko manji te sada za neprozirne građevinske elemente (tablica 25) iznose 2.330,12 W/K umjesto prijašnjih 16.879,39 W/K što je nešto više od sedam puta manje, dok toplinski gubici vanjskih otvora (tablica 26) sada iznose 1.159,23 W/K umjesto prijašnjih 3.471,95 W/K što je skoro 3 puta manje.

Tablica 25. Toplinski gubici kroz neprozirne elemente – nakon sanacije 2013

Naziv građevnog dijela	Površina A	Koeficijent prolaska topline U (W/m^2K)	K	Gubitak (W/K)
Ravni krov 1	896,00	0,45	0,1	492,80
Ravni krov 2	2.185,00	0,31	0,1	895,85
Nadtemelj	123,96	2,84	0,1	364,44
Vanjski zid opeka 25	599,85	0,38	0,1	287,93
Vanjski zid opeka 30	295,54	0,37	0,1	138,90
Vanjski zid 38	75,00	0,36	0,1	34,50
Vanjkski zid AB 45	80,30	0,91	0,1	81,10
Vanjski zid AB 20	15,43	0,44	0,1	8,33
Vanjski zid AB 20 ulaz	26,00	0,91	0,1	26,26
Ukupni toplinski gubici kroz neprozirne elemente				2.330,12

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013., str.27.

Tablica 26. Toplinski gubici kroz otvore – nakon sanacije 2013

Naziv otvora	$\sum(A_w)$ (m^2)	A_w	U_w (W/m^2K)	n	Gubitak (W/K)
Prozor 25	340,60	1	1,40	340,60	476,84
Prozor 30	347,20	1	1,40	347,20	486,08
Prozor 40	44,65	1	1,40	44,65	62,51
Ulazna vrata	13,05	1	2,60	13,05	33,93
Vrata metalna istok	26,70	1	2,60	26,70	69,42
Vrata metalna sjever	8,70	1	3,50	8,70	30,45
Ukupni toplinski gubici kroz otvore					1.159,23

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013., str.28.

Tablica 27. Gubici kroz tlo – nakon sanacije 2013

Tip građevnog dijela u odnosu na tlo	U (W/m^2K)	Hg (W/K)
Podovi na tlu	0,22	436,64
Uzdignuti podovi	0,33	376,60
Ukupno		813,24

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013., str.28.

Toplinski gubici kroz tlo ostali su gotovo isti jer se jer se po pitanju podova nije značajno ništa izmijenilo te su tako i pripadajući toplinski gubici kroz podove ostali približno isti, sa prijašnjih 822, 28 W/K (tablica 18) nešto se sitno smanjilo te sada iznose 813,24 W/K (tablica 27).

Toplinski gubici nastali uslijed ventilacijskih gubitaka sada su nakon rekonstrukcije nešto veći jer se sada gubicima prirodne ventilacije dodali i gubici provjetravanja s toplinskim izmjenjivačima kojih prije nije bilo te sada iznose 4.704,49 W/K (tablica 28) umjesto prijašnjih 3,010,49 W/K (tablica 19).

Tablica 28. Pregled ventilacijskih gubitaka – nakon sanacije 2013

Tip provjetravanja	Specifikacije	(W/K)
Prirodno provjetravanje	V = 11403,36 (m^3); n_{min} =0,80 nezaklonjeno, više izloženih fasada, srednja razina zrakopropusnosti	3.010,49
Provjetravanje s toplinskim izmjenjivačima	V = 4316,64(m3); Vx = 863,33(m3); Vf = 8540,00(m3);V1 = V2 = 8540,00(m3); vrsta izmjenjivača topline - pločasti izmjenjivač topline: Vf<=15000; n>=45%	1.694,00
Koeficijent gubitka topline provjetravanjem Hv		4.704,49

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013., str.28.

Tablica 29. Ukupni toplinski gubici – nakon sanacije 2013

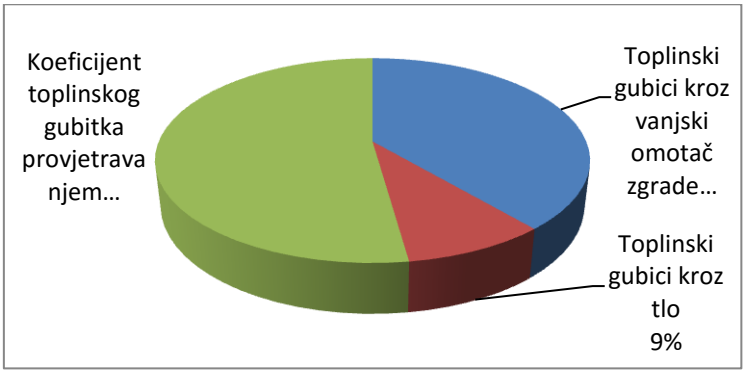
Toplinski gubici kroz vanjsku ovojnicu	W/K
Toplinski gubici kroz vanjski omotač zgrade	3.489,35
Toplinski gubici kroz tlo	813,24
Koeficijent toplinskog gubitka provjetravanjem	4.704,49
Ukupno	9.007,08

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013., str.28.

Uslijed sanacije vanjske ovojnice promijenili su se ukupni toplinski gubici zgrade IOŠ koji sada iznose 9007,08 W/K (tablica 29) umjesto prijašnjih 26.818,28 (W/K) (tablica 20). Ovdje je bitno primijetiti da se smanjenjem ukupnih toplinskih gubitaka promijenio i odnos utjecaja pojedinih toplinskih gubitaka (vanjski omotač zgrade, tlo, provjetravanje).

Najveći dio toplinskih gubitaka sada otpada na toplinske gubitke provjetravanjem i to u iznosu od 52%, zatim slijede toplinski gubici kroz vanjski omotač u iznosu od 39%, dok najmanji utjecaj toplinskih gubitaka spada na gubitke kroz tlo koji iznose 9% (grafikon 8).

Grafikon 8. Ukupni toplinski gubici – nakon sanacije 2013



Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013, pdf.

Nakon sanacije zgrade IOŠ konačna potreba za grijanjem (tablica 30) smanjila se sa 799.696,50 kWh na 202.104,30 kWh, dok se potrebna godišnja potrošnja plina sa 84.677,75 m^3 plina smanjila na 21.400,28 što u konačnici smanjuje ukupnu cijenu grijanja sa 457.259,85 Kn na 115.561, 51 Kn što je ušteda od 3,96 puta, što nije zanemariva brojka. Sukladno sa smanjenjem energije smanjila se i emisija CO_2 sa 175.933,274 kg na 44.462,95 kg . ovo je očiti primjer povećanja energetske učinkovitosti, na primjeru zgrade IOŠ.

Tablica 30. Proračun potrošnje i cijene energenata - nakon sanacije 2013

Potrebna korisna toplina za grijanje (kWh/a)	151.578,20
Potrebna konačna toplina za grijanje (kWh)	202.104,30
Gorivo	Prirodni plin
Iskoristivost goriva (%)	85,00
Ogrjevna vrijednost goriva (kW/m^3)	9,44
Godišnja potrošnja energenta (m^3)	21.400,28
Cijena goriva (kn/m^3)	5,40
Ukupna cijena za grijanje (kn)	115.561,51

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013, pdf.

Tablica 31. Proračun godišnje emisije CO_2 – nakon sanacije 2013

Potrebna konačna toplina za grijanje (kWh)	202.104,30
Emisija CO^2 po energetskoj jedinici goriva (kgCO_2/kWh)	0,220
Godišnja emisija CO_2 (kg)	44.462,95

Izvor – autor prema Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013, pdf.

4. Zaključak

Prilikom obrade diplomskog rada s naslovom „Energetska učinkovitost na primjeru zgrade srednjoškolskog centra u Puli“ došlo se do slijedećih zaključaka:

- Zbog tendencije sve većeg zagađenja jednostavno se nameće potreba o očuvanju prirodnog okoliša i zaustavljanju klimatskih promjena.
- Iskazuje se potreba za što većom primjenom energetske učinkovitosti ili efikasnosti, prije svega u sektoru zgradarstva jer su zgrade prepoznate kao najveći potrošači energije.
- Većom energetskom učinkovitošću smanjuje se potreba za proizvodnjom i potrošnjom energije te je u konačnici i manje zagađenje okoliša.
- Potrošena energija u zgradama nije mala i ona iznosi 41,30% ukupne finalne potrošnje energije u Hrvatskoj.
- Zgrade su najveći pojedinačni potrošači energije a samim time i najveći zagađivači okoliša. Životni vijek zgrada je dug i njihov utjecaj na okoliš je dugotrajan i kontinuiran te nije zanemariv. Pred projektante i graditelje postavlja se novi zahtjevni zadatak a to je kako zadovoljiti formu 3E – energija, ekonomija, ekologija
- Energija nije besplatna što više ona je podosta zastupljena u kućnom ili poslovnom budžetu. Mjesečna potrošnja električne energije, plina, vode može se znatno smanjiti podizanjem energetske učinkovitosti što za rezultat ima značajnu novčanu uštedu.
- Kako bi se u potpunosti razumjela energetska potrošnja zgrade, potrebno je poznavati i razumjeti osnovne pojmove i veličine potrebne za njezino određivanje i analizu.
- Osnovni pojmovi za određivanje energetske (toplinske) bilance zgrade i analizu potrošnje energije u zgradama su: toplinski gubici i dobici, koeficijent prolaza topline, stupanj-dan grijanja, stupanj korisnog djelovanja.
- Iza energetske bilance upravo se krije i osnovna ideja energetske učinkovitosti u zgradarstvu, sa ciljem smanjenja potrebne energije grijanja i toplinskih gubitaka sustava na najmanju moguću mjeru, a da se pri tome ne naruši toplinsku ugodnost u prostoru.
- Energetska učinkovitost uključuje niz mogućnosti za uštedu toplinske i električne energije. Poboljšanjem toplinsko izolacijskih karakteristika zgrade moguće su uštede energije to jest smanjenje toplinskih gubitaka od 40 – 80%.

- Rekonstrukcijom fasade, drvenarije i ravnog krova povećana je energetska učinkovitost zgrade. Potrebna toplina za grijanje prije rekonstrukcije iznosila je 799,696 kWh. Kada se uzme u obzir ogrjevna vrijednost goriva (zemni plin) od 9,44 (kWh/m^3) dolazimo do godišnje potrošnje zemnog plina od 84,677 (m^3) što po cijeni od 5.44 (kn/m^3) iznosi 457,259 (kn) godišnje. S obzirom na emisiju CO_2 po energetskoj jedinici goriva od 0.220 (kg CO_2/kWh) dolazimo do godišnje emisije CO_2 u iznosu od 175,933 (kg).
- Smanjenjem toplinskih gubitaka nakon rekonstrukcije ukupni toplinski gubitci iznose 9.007,08 (W/K) umjesto 26.818,28 (W/K) kakvi su bili prije rekonstrukcije te potrebna toplina za grijanje sada iznosi 202,104 (kWh) godišnje. S obzirom na potrebnu godišnju toplinu za grijanje od 202,104 (kWh) uz istu ogrjevnu vrijednost goriva i istu jediničnu cijenu godišnja potrošnja zemnog plina iznosi 21,400 (m^3) koji uz jediničnu cijenu zemnog plina od 5.44 (kn/m^3) daje godišnju potrošnju od 115,561(kn) što je 3.96 puta manje. S obzirom na 3.96 puta manju potrebnu toplinu zagrijavanja u istom se odnosu smanjila i emisija CO_2 koji sada iznosi 44,462 kg godišnje.

Obradom teme potvrđena je zadana hipoteza da se samo novim tehničkim rješenjima i racionalnom uporabom energije u stambenim zgradama, to jest povećanjem energetske učinkovitosti u njima, može postići smanjenje utroška energije, zagađenja okoliša i povećanje udobnosti života.

5. Prijedlozi mjera poboljšanja

Rekonstrukcijom zgrade povećala se razina energetske učinkovitosti. Zgrada je dobila certifikat klase A. No bez obzira na značajno povećanje energetske učinkovitosti to ne znači da ne postoji prostora za daljnju uštedu energije. Energetska učinkovitost je kombinacija mjera vezanih uz tehnologiju ali tu se ne smije zanemariti ljudski faktor te bi stoga bilo dobro izvršiti sljedeće mjere radi daljnje uštede energije: uspostaviti sustav za gospodarenje energijom te poboljšati sustav GVK.

5.1. Uspostava sustava za gospodarenje energijom

Za dodatno podizanje energetske učinkovitosti to jest za daljnjim smanjenjem energije vrlo je važno involvirati sve djelatnike te im podići svijest o značenju uštede energije povezanoj sa zaštitom okoliša. Ova mjera sadržavala bi sljedeće korake:

- Imenovanje odgovorne osobe za gospodarenje energijom,
- Statistički pratiti potrošnju energije zbog usporedbe sa prošlim razdobljima sa ciljem smanjenja potrošnje energije,
- Izvršiti adekvatnu edukaciju svih zaposlenih sa ciljem smanjenja potrošnje energije i
- Isto tako izvršiti edukaciju učenika sa istim ciljem kao i kod zaposlenika.

Uspostava sustava za gospodarenje energijom u sebi bi sadržavala sustave rasvjete, grijanja, PTV i zaštite okoliša, praćenje uredske opreme i informatičkih učionica, praćenje rada strojeva.

Sustav rasvjete

Po pitanju sustava rasvjete treba poduzeti sljedeće mjere:

- smanjiti nepotrebno vrijeme rada električne rasvjete,
- isključivati rasvjetu u prostorijama koje se trenutno ne koriste,
- redovito čistiti poklopce rasvjetnih tijela,
- isključivati nepotrebnu rasvjetu u slučaju kada je dovoljne dnevna svjetlost i
- prilikom zamjene rasvjetnih tijela uvijek ugrađivati energetski učinkovita rasvjetna tijela (štedne žarulje).

Sustav grijanja

U vrijeme grijanja zgrade trebalo bi:

- ugraditi sobne termometre za praćenje sobne temperature grijanja u rasponu 20 – 21^0C,
- redovito zatvarati prozore i vrata,
- u slučaju pregrijanosti smanjiti temperaturu grijanja a ne otvarati prozore,
- reducirati grijanje van radnog vremena i
- osloboditi eventualno zaklonjena grijuća tijela.

Sustav potrošne tople vode (PTV)

- općenito podignuti svijest o štednji vode kod svih zaposlenika i učenika,
- ne ostavljati nepotrebnu otvorenu slavinu s toplom vodom i
- reducirati temperaturu uskladištene tople vode ispod 60 ^{0}C.

Informatička oprema

- reducirati vrijeme nepotrebnog rada informatičke opreme – gasiti računala, monitore, fotokopirne uređaje i skenere van radnog vremena jer informatička oprema u pripravnosti i dalje bespotrebno troši energiju,
- namjestiti monitore da se gase tijekom neaktivnosti (screen saver),
- prilikom nabave informatičke opreme investirati u energetsko učinkovitu opremu,
- koristiti LCD monitore koji troše 90% manje energije o CRT monitora i
- postupno zamijeniti stolna računala prijenosnima jer prijenosna troše 90% manje energije te se korištenjem prijenosnih računala na sastancima smanjuje potrošnja ispisanog papira za pripremu sastanaka.

5.2. Poboljšanje sustava grijanja, klimatizacije i ventilacije (GVK)

Zbog nepovoljno smještenih solarnih kolektora (vidi sliku 44 stranica 60) trebalo bi iste premjestiti. Naime solarni kolektori se u jutarnjim satima nalaze u sjeni zgrade pa bi ih bilo poželjno instalirati na mjesto gdje bi bili više izloženi suncu tijekom dana.

Popis literature

Knjige

1. Hrs Borković.Ž. et al,: "Energetska učinkovitost u zgradarstvu", Priručnik, EIHP i HEP Toplinarstvo, Zagreb, 2007.
2. Labudović,B.: „Priručnik za grijanje“, Energetika marketing d.o.o. Zagreb 2005.
3. Labudović,B.,: „Priručnik za ventilaciju i klimatizaciju“, II izdanje, Energetika marketing, Zagreb 2003.
4. Šivak,M.,: „Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija“, Savez energetičara Hrvatske“, Zagreb 1980.

Ostali izvori

1. Lukšić.Lah.Silvija.: „Izvješće o provedenom energetskom pregledu“, GPZ d.d. Rijeka, 2013.pdf
2. Bukarica,V.: „Priručnik za energetske savjetnike“, http://www.enu.fzoeu.hr/assets/files/post/96/list/prirucniksavjetnici.pdf
3. Hrs Borković.Ž.,: „Potencijal energetske učinkovitosti u zgradarstvu, http://klima.mzoip.hr/UserDocsImages/0508_Zeljka_Hrs_Borkovic.pdf
4. Pavković.B.: „Priručnik za energetsko certificiranje zgrada“, http://www.encert-eihp.org/wp-content/uploads/2013/02/Prirucnik-za-energetsko-certificiranje-zgrada-1.pdf
5. RH Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=14521
6. Veršić.Z., „ Prozori i stakla“, http://seminar.tvz.hr/materijali/materijali17/17A05.pdf
7. Knaufinsulation,http://www.exco.hr/eaadmin/catpics/J30_1_E_1.pdf
8. Različiti načini izvedbe toplinske izolacije objekta, http://www.webgradnja.hr/specifikacije/1002/razliciti-nacini-izvedbe-toplinske-izolacije-objekta/
9. Toplinski mostovi, http://www.ytong.hr/hr/docs/Toplinski_mostovi_08_2011.pdf http://www.gradimo.hr/clanak
10. Alu prozori, http://adzicdoo.com/proizvodi/alu-stolarija/alu-prozori
11. Pvc stolarija, http://www.preis-super.hr/pvc-stolarija/
12. Izo staklo, http://www.zrcalo.hr/files/pages/1667/Shema%20izo%20stakla.gif

13. Kaljeve peći, https://www.google.hr/search?q=kaljeve+peći&safe
14. http://n2.static-elipso.com/images/big/109004.jpg
15. http://www.dekor.hr/slika/PALMA_1300.jpg
16. http://www.ikoma.hr/content/product/image/vaillant-vih-r.png
17. http://s27.postimg.org/4kcq2kl9v/protocni_bojler_vaillant.png
18. https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images

Popis slika, tablica i grafikona

Popis slika

Slika 1. Energetska bilanca zgrade 7
Slika 2. Prijelaz topline provođenjem 10
Slika 3. Prolaz topline 13
Slika 4. Pravilna izvedba toplinske izolacije vanjskog zida kod kompaktne fasade 17
Slika 5. Protok temperature u zidu 17
Slika 6. Vanjska izolacija zida 18
Slika 7. Pravilna izvedba toplinske izolacije stropa prema negrijanom tavanu i spoja sa zidnom izolacijom 19
Slika 8. Toplinski mostovi - pogreške pri izolaciji vanjskih zidova i prednosti izolacije na vanjskoj strani 20
Slika 9. Prikaz toplinskog mosta na neizoliranom kutu zgrade 21
Slika 10. Prikaz toplinskog mosta na izoliranom kutu zgrade 21
Slika 11. Primjer gljivica i plijesni 22
Slika 12. IZO staklo 24
Slika 13.Temperature na unutrašnjoj površini stakla u ovisnosti o vrsti ostakljenja 25
Slika 14. Drveni prozor 26
Slika 15. Aluminijski prozor 26
Slika 16. Pvc profil 27
Slika 17. Prijelaz topline između prostorije i ljudskog tijela 28
Slika 18. Hipokaustično grijanje 30
Slika 19. Kamini 32
Slika 20. Kaljeva peć 33
Slika 21. Čelične peći 34
Slika 22. Prijenosni kalorifer 34
Slika 23. Infracrvena grijalica 35
Slika 24. Primjeri oblika istrujnih i usisnih otvora 41
Slika 25. Shema postrojenja za klimatizaciju 43
Slika 26. Osnovni dijelovi sustava za pripremu PTV - a 44
Slika 27. Opća podjela sustava za pripremu PTV - a 45
Slika 28. Električni akumulacijski bojler 47
Slika 29- Plinski akumulacijski bojler 47
Slika 30. Električni protočni bojler 48
Slika 31. Plinski protočni bojler 49
Slika 32. Centralna priprema tople vode sa kotlom i indirektno grijanim spremnikom 50
Slika 33. Industrijsko - obrtnička škola - Pula 51
Slika 34.Istočno pročelje Industrijsko - obrtničke škole Pula prije rekonstrukcije 52
Slika 35.Dio zapadnog i južnog pročelja Industrijsko - obrtničke škole Pula prije rekonstrukcije 53
Slika 36.Istočno pročelje Industrijsko - obrtničke škole Pula nakon rekonstrukcije 54

Slika 37. Dio zapadnog i južnog pročelja Industrijsko - obrtničke škole Pula poslije rekonstrukcije 55
Slika 38. Prozor u učionici 55
Slika 39. Prozori radionica 56
Slika 40. Ravni krov 56
Slika 41. Novo uređena vanjska fasada 57
Slika 42. Aluminijski radijator sa termo glavom 59
Slika 43. Kotao sa plamenikom 59
Slika 44. Cirkulacijske crpke sa regulacijom 60
Slika 45. Solarni kolektori 61
Slika 46. Spremnik PTV 61
Slika 47. Odsisni kanali termoventilacije 62
Slika 48. Tlačna ventilacija 63
Slika 49. Klima komora 63
Slika 50. Kanal otpadnog zraka 64
Slika 51. Vanjska jedinica split sistema 65
Slika 52. Unutarnja jedinica 65
Slika 53. Umivaonik u sanitarijama sa jednoručnom slavinom 66
Slika 54. Unutarnja rasvjeta (hodnici, učionice, uredi) 67

Popis tablica

Tablica 1. Podjela postrojenja za centralno grijanje 36
Tablica 2. Iskustveni broj izmjena zraka u satu za različite vrste prostora 39
Tablica 3. Broj izmjena zraka pri prirodnoj ventilaciji kroz prozore i vrata 39
Tablica 4. Potrošači sanitarne vode 66
Tablica 5. Modulacija potrošnje električne energije za rasvjetu 67
Tablica 6. Tip rasvjetnih tijela prema snazi 67
Tablica 7. Instalirana i vršna snaga potrošača električne energije 68
Tablica 8. Planirana potrošnja električne energije prema potrošačima 68
Tablica 9. Potrošnja po energentima 69
Tablica 10 . Prikaz potrošnje električne energije za 2010, 2011, 2012 71
Tablica 11. Modeliranje potrošnje električne energije 72
Tablica 12. Prikaz potrošnje energenata za pripadajuće razdoblje 73
Tablica 13. Modelirana potrebna energija za grijanje i PTV 74
Tablica 14. Godišnja potrošnja vode 75
Tablica 15. Prikaz koeficijenta prolaska topline - prije sanacije 2013 76
Tablica 16. Toplinski gubici kroz neprozirne elemente – prije sanacije 2013 77
Tablica 17. Toplinski gubici kroz otvore – prije sanacije 2013 77
Tablica 18. Gubici kroz tlo – prije sanacije 2013 78
Tablica 19. Pregled ventilacijskih gubitaka - prije sanacije 2013 78
Tablica 20. Ukupni toplinski gubici – prije sanacije 2013 79
Tablica 21. Klimatološki podaci za meteorološku postaju Pula 79
Tablica 22. Proračun potrošnje i cijene energenata - prije sanacije 2013 80

Tablica 23. Proračun godišnje emisije CO2 – prije sanacije 2013 80
Tablica 24. Prikaz koeficijenta prolaska topline - nakon sanacije 2013 80
Tablica 25. Toplinski gubici kroz neprozirne elemente – nakon sanacije 2013 81
Tablica 26. Toplinski gubici kroz otvore – nakon sanacije 2013 81
Tablica 27. Gubici kroz tlo – nakon sanacije 2013 82
Tablica 28. Pregled ventilacijskih gubitaka – nakon sanacije 2013 82
Tablica 29. Ukupni toplinski gubici – nakon sanacije 2013 83
Tablica 30. Proračun potrošnje i cijene energenata - nakon sanacije 2013 84
Tablica 31. Proračun godišnje emisije CO_2 – nakon sanacije 2013 84

Popis grafikona

Grafikon 1. Toplinska izolacija vanjskog zida zgrade 15
Grafikon 2. Planirana potrošnja električne energije prema potrošačima (kWh) 69
Grafikon 3. Potrošnja po energentima 69
Grafikon 4. Potrošnja plina 73
Grafikon 5. Raspodjela energije grijanja po potrošačima 74
Grafikon 6. Potrošnja vode 75
Grafikon 7. Ukupni toplinski gubici – prije sanacije 2013 78
Grafikon 8. Ukupni toplinski gubici – nakon sanacije 2013 83

Popis oznaka i skraćenica:

- CO_2 – ugljični dioksid
- 3E – ekonomija,ekologija
- SO_2 – sumporni dioksid
- NO_x – dušični oksid
- Q_k – korisna energija (W)
- Q_{trans} – transmisijski gubici (W)
- Q_{vent} – ventilacijski gubici (W)
- Q_{in} – unutarnji dobici (W)
- Q_{sun} – energija sunčevog zračenja (W)
- Q – toplina, primarna energija goriva (W)
- Q_{η} - stupanj iskoristivosti energije
- λ – koeficijent toplinske vodljivosti (W/m^2K)
- δ – debljina stjenke (m)
- Δt – razlika temperature (^0C)
- t_1 – viša temperatura stjenke (^0C)

- t_2 – niža temperatura stjenke (^{0}C)
- t – vrijeme (h)
- A – površina stjenke (m^2)
- α_1 – koeficijent prijenosa topline sa tvari na stjenku (W/m^2K)
- α_2 - koeficijent prijenosa topline sa stjenke na tvar koja toplinu odvodi (W/m^2K)
- t_a – temperatura tvari koja prenosi toplinu na stjenku (^{0}C)
- t_b - temperatura tvari koja prenosi toplinu odvodi sa stjenke (^{0}C)
- k – koeficijent prolaska topline, stara oznaka (W/m^2K)
- U – koeficijent prolaska topline, nova oznaka (W/M^2K)
- LOV staklo – staklo niske emisije
- IZO staklo - stakleno tijelo sastavljeno od više staklenih ploča odvojenih najmanje jednim, hermetički zatvorenim međuprostorom koji je ispunjen zrakom ili plinom.
- IC zračenje – zračenje dugih valnih duljina
- SF6 – sumpor heksafluorid
- pvc – polivinil klorid
- SD – stupanj dan
- IAQ (eng. Indoor air quality) – kvaliteta unutarnjeg zraka
- W_2 – izlazna brzina strujanja (m/s)
- g - ubrzanje sile teže (9,81 m/s)
- H - visinska razlika između otvora (uzgonska visina), m
- $\Delta\upsilon$ - razlika vanjske i unutarnje temperature, ^{0}C
- υ_1- temperatura svježeg zraka (iz okolice), ^{0}C
- A_1,A_2 - površine poprečnog presjeka ulaznog, odnosno izlaznog otvora ventilacijskog kanala
- PTV – potrošna topla voda
- kW – mjerna jedinica za snagu električnih trošila
- lit – mjerna jedinica za tekućine
- ^{0}C – stupanj celzijusa
- min. – minuta kao mjerna jedinica vremena
- IOŠ – industrijsko obrtnička škola
- m – metar, mjerna jedinica dužine
- m^2 – mjerna jedinica površine
- m^3 – mjerna jedinica volumena
- CNC - eng. Computer Numerical Control

- IGH – institut građevinarstva Hrvatske
- EU – europska unija
- EPS – ekspandirani polistiren (stiropor)
- WAP – sistem hidroizolacije
- ETICS - engl. External thermal insulation composite system
- mbar – mjerna jedinica za mjerenje tlaka
- Φ – mjera za promjer okruglog presjeka
- P – oznaka za snagu
- kW/h – mjera potrošnje električne energije
- NN – niski napon od 220/380 V u mrežama s četiri vodičima (tri fazna i jedan neutralni vodič), gdje je manja vrijednost jednofazni napon od 220V, a veća vrijednost nazivni međufazni ili linijski napon od 380V
- WC – sanitarni čvor
- kg – jedinična mjera za masu
- LCD – eng.liquid crystal display
- CRT – eng. catode ray tube
- GVK – grijanje, ventilacija, klimatizacija