

5 GODIŠNJA POTROŠNJA ENERGIJE ZA GREJANJE

5.1 PARAMETRI KOJI UTIČU NA POTROŠNJU ENERGIJE

Najvažniji uticajni parametri na potrošnju energije termotehničkih sistema u zgradi (sistema grejanja, ventilacije i klimatizacije) mogu se podeliti u pet grupa:

1. Klimatski faktori, koji su određeni lokacijom na kojoj se zgrada nalazi;
2. Termički omotač i geometrija zgrade,
3. Karakteristike KGH sistema, izvora energije i nivoa automatske regulacije,
4. Režim korišćenja i održavanja zgrade i tehničkih sistema i
5. Eksploatacioni troškovi, odnosno cene energenata i energije.

Klimatski faktori, kao što je godišnje kretanje temperature vazduha i relativne vlažnosti, insolacija i dozračeni intenzitet sunčevog zračenja, vetrovitost, i drugo, odlika su lokacije na kojoj se zgrada nalazi. Prema tome, prilikom projektovanja zgrade i tehničkih sistema u njoj, neophodno je poznavati klimatske karakteristike podneblja, koje se, na određen način, uzimaju kao ulazni podaci za proračune. Kada su u pitanju KGH (**K**limatizacija, **G**rejanje, **H**lađenje) sistemi, neophodni ulazni podaci su: podaci o termičkom omotaču (koeficijenti prolaza toplote građevinskih elemenata, zaptivenost prozora i vrata), spoljna projektna temperatura za zimu i leto, dužina perioda grejanja i hlađenja, vetrovitost predela, položaj i orijentacija zgrade, itd. Zgrade iste namene, a koje se nalaze u bitno različitim klimatskim podnebljima, veoma se razlikuju, kako po arhitekturi i primenjenim materijalima, tako i po tehničkim rešenjima instalacija u njima.

Termički omotač, geometrija zgrade, njen položaj u odnosu na izloženost Suncu i vetrovima direktno utiču na energetske potrebe zgrade. Što je bolja termička izolacija i zaptivenost prozora i vrata, a manji faktor oblika, potrebna instalisana snaga sistema za grejanje će biti manja. Dobra zaptivenost prozora može značajno umanjiti ventilacione gubitke toplote. Podatak o specifičnom potrebnom instalisanom kapacitetu grejnih tela q (W/m^2) govori o tome koja vrsta sistema za grejanje se može primeniti u zgradi. Način postavljanja termičke izolacije i korišćenje toplotne inercije zgrade takođe je važan podatak. Veličina prozora i korišćenje dnevnog svetla utiče na veštačko osvetljenje, potrošnju električne energije i dobitke toplote od unutrašnjih izvora. Načini zaštite od Sunčevog zračenja tokom leta u velikoj meri mogu sniziti toplotno opterećenje zgrade, kao i instalisani kapacitet rashladnog postrojenja. Raspored prostorija unutar zgrade, atrijumski prostori i galerije mogu imati značajan uticaj prilikom korišćenja prirodnog provetavanja zgrade.

Pažljivim i stručnim izborom KGH sistema, izvora snabdevanja energijom i nivoa automatske regulacije moguće je ostvariti značajne uštede energije koju ovi sistemi troše tokom godine. Dve zgrade „bliznakinje“, koje su identične po nameni, geometriji i energetskim potrebama, mogu imati značajno različitu potrošnju energije u zavisnosti od vrste izvedenih tehničkih sistema u njima. Samo prilikom formiranja konceptualnog rešenja neophodno je uzeti veliki broj ulaznih podataka u razmatranje. Namena, režim korišćenja, geometrija, termička zaštita zgrade, kao i klimatski podaci samo su deo ulaznih parametara. Potrebno je razmotriti prostor za smeštaj uređaja i opreme, načine vođenja instalacija kroz zgradu i uklapanje u enterijer, raspoložive načine snabdevanja energijom, primenu obnovljivih izvora energije, integraciju rada različitih sistema, kao i potreban nivo nadzora i upravljanja sistemima u zgradi. Kod složenih i velikih zgrada, velikih investicionih vrednosti, često se razmatraju varijantna rešenja, na kojima rade multidisciplinarni timovi – arhitekta, mašinski i inženjeri elektrotehnike.

Kako bi zgrada, tokom svog životnog veka, imala zadovoljavajuće energetske performanse, potrebno je redovno i pravilno održavanje zgrade i sistema u njoj. Ukoliko izostane redovno održavanje a ne naruši se u potpunosti funkcionalnost sistema, gotovo redovno se javlja slučaj neracionalne potrošnje energije. Osnovni primeri su: oštećenje ili potpuno uklanjanje termičke izolacije uređaja, cevovoda i kanala za vazduh, što za posledicu ima povećane gubitke toplote sistema, kondenzaciju vlage iz vazduha i oštećenja uređaja i enterijera; zaprljanje distributivne mreže i elemenata opreme, što rezultuje povećanim naporima pumpi i ventilatora a dovodi do veće potrošnje električne energije za njihov pogon; uklanjanje zaprljanih filtera za vazduh umesto njihove zamene dovodi do lošeg kvaliteta vazduha; prestanak funkcije regulacione armature ili opreme, osim pogoršanja termičkih parametara sredine (pregrevanja zimi ili pothlađivanja leti) neminovno utiče na povećanu potrošnju energije, dok u ekstremnim slučajevima može izazvati havarijska oštećenja sistema i veliku štetu, a ponekad ugroziti i ljudske živote. Koliko je važno dobro projektovati i izvesti sisteme u zgradi, od jednake je važnosti njihovo održavanje i pravilno gazdovanje, kako bi oni mogli da pruže svoj maksimum.

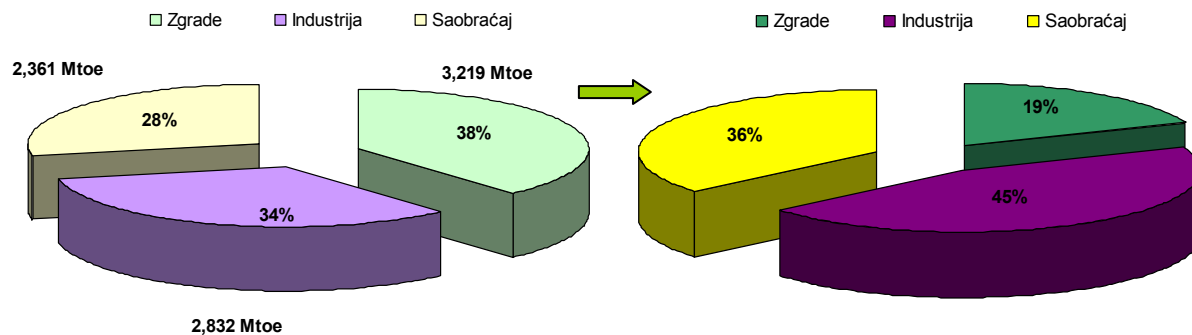
Prilikom projektovanja novih sistema, a češće prilikom izvođenja projekata rekonstrukcije postojećih, sastavni deo procedura je sprovođenje tehno-ekonomske analize, odnosno sagledavanja investicionih i eksploatacionih troškova kroz životni vek projekta. Međutim, ne može se uvek sa dovoljnom preciznošću predvideti na duži rok kretanje cena energije i energenata. Ukoliko postoji disparitet cena na tržištu, doći će do pojave neracionalne potrošnje energije. Osnovna motivacija korisnika jeste cena koju plaćaju za grejanje, odnosno klimatizaciju. Ekstremni primer je paušalna naplata troškova grejanja zgrada koje se toplotom snabdevaju iz sistema daljinskog grejanja. Fiksni mesečni trošak za grejanje nije uslovljen potrošenom energijom, pa samim tim ne postoji motiv korisnika da se racionalno odnosi prema potrošnji energije. Isto važi za ponašanje korisnika poslovnih zgrada u kojima sam korisnik ne plaća račune, već to čini vlasnik. Niska cena pojedinog energenta usloviće neracionalnu potrošnju jer je ona jeftinija nego sprovođenje mera koje bi doprinele uštedama.

5.2 MERE UNAPREĐENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA

Kada je u pitanju korišćenje energetske resursa, danas su u primeni brojna tehnička rešenja koja doprinose efikasnom sagorevanju fosilnih goriva, uz smanjenje gubitaka i povećanje stepena korisnosti. Međutim, na početku trećeg milenijuma, uz velike tehničke i tehnološke prodore u mnogim oblastima, čovečanstvo se suočava sa sve većim problemima iscrpljenja resursa energije i sirovih materijala, posebno minerala, oštećenjem i zagađenjem životne sredine - vazduha, vode, zemlje i sve bržim smanjivanjem šumskih i obradivih poljoprivrednih površina. Interes za iskorišćavanjem prirodnih resursa u uslovima intenzivnog tehničkog i ekonomskog razvoja je u porastu, a cilj je dostići održivost, odnosno, zadovoljiti potrebe danas, ne dovodeći u opasnost mogućnost budućih generacija da zadovolje svoje potrebe za energijom. Pored racionalizacije potrošnje energije unapređenjem energetske efikasnosti u svim oblastima, danas se teži razvijanju što nezavisnijeg, vitalnijeg i elastičnijeg sistema energetike u kome primena obnovljivih izvora energije može da ima važnu ulogu u zadovoljavanju energetske potreba. U tom smislu, intenzivirano je korišćenje alternativnih i obnovljivih izvora energije, kao što su: solarna energija (aktivni i pasivni sistemi), energija vetra, energija biomase, geotermalna energija, hidroenergija, kao i korišćenje "otpadne" toplote.

Analize i studije energetike Beograda i drugih gradova u Srbiji su pokazale da se samo na toplotne svrhe (grejanje, klimatizacija, priprema tople sanitarne vode) kod nas odnosi čak 38% ukupnih potreba za energijom, obuhvatajući sve objekte, kako stambene, tako javne i industrijske (slika 5.1³). Pri tome se najveći deo energije koristi za grejanje.

³ Prema Energetskom bilansu RS za 2008. i Nacionalnom akcionom planu za energetske efikasnost RS



Prema podacima za 2008. godinu

Indikativni ciljevi za budućnost

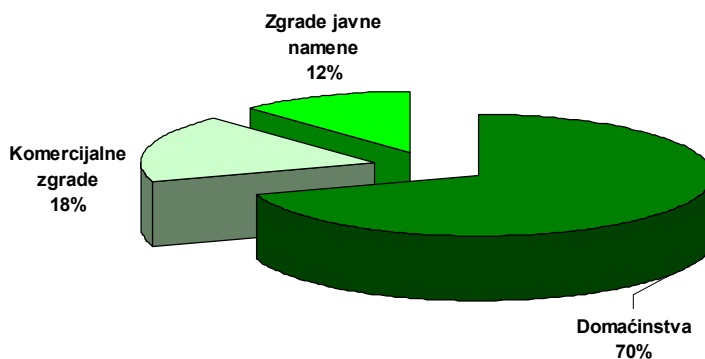
5.1 Potrošnja energije u Republici Srbiji i ciljevi za budućnost

Potrošnju energije u zgradama potrebno je minimizirati na način tako da ne dođe do narušavanja uslova komfora, što znači da je neophodno, tokom cele godine, održavati termičke parametre unutrašnje sredine, kvalitet vazduha, potreban nivo osvetljenosti, dovoljnu količinu tople sanitarne vode. Tehnički sistemi u zgradi, koji obezbeđuju uslove komfora jesu porošači energije. Primenom različitih mera moguće je poboljšati energetska efikasnost, pri čemu treba voditi računa o finansijskim efektima primenjenih mera.

Od ukupne potrošnje energije u zgradama 70% se troši u domaćinstvima i stambenim zgradama, 18% u komercijalnim, dok se u zgradama javne namene potroši oko 12% energije (slika 5.2).

Grejanje stanova u Srbiji:

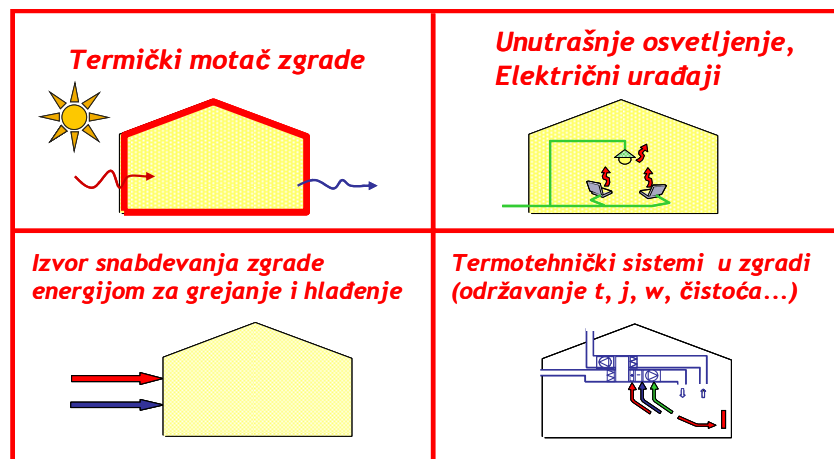
- pomoću individualnih sistema (električna energija, gas, drva i ugalj) 45%,
- kotlarnica 28% i
- mreža daljinskog grejanja 27% (najviše u Novom Sadu i Beogradu).



5.2 Potrošnja energije u Republici Srbiji i ciljevi za budućnost

Mere koje se primenjuju za poboljšanje energetske efikasnosti u zgradama mogu se podeliti u tri osnovne grupe (slika 5.3):

1. **Mere poboljšanja karakteristika same zgrade** kroz smanjenje potreba za grejanjem u zimskom i hlađenja u letnjem periodu (termička izolovanosti i zaptivenost, zaštita od Sunčevog zračenja leti);
2. **Mere unapređenja termotehničkih instalacija** kroz primenu opreme i uređaja sa visokim stepenom korisnosti, korišćenje otpadne toplote i obnovljivih izvora energije (bolje iskorišćenje primarne energije);
3. **Mere optimizacije eksploatacije tehničkih sistema** kroz uvođenje automatskog upravljanja rada instalacija grejanja, hlađenja, ventilacije i veštačkog osvetljenja (termički parametri sredine se održavaju na željenom nivou samo u periodu korišćenja prostorija u zgradi).



5.3 Mere za unapređenje energetske efikasnosti zgrada

Prilikom analize primene mera unapređenja energetske performansi važno je problemu pristupiti određenim redosledom, počevši sa grupom mera poboljšanja karakteristika same zgrade, preko mera smanjenja gubitaka toplote pri proizvodnji i distribuciji toplote, do grupe mera koje podrazumevaju zamenu uređaja i opreme sistema za grejanje, klimatizaciju i pripremu sanitarne tople vode ili sistema osvetljenja, uz uvođenje regulacije rada sistema.

Primena svake pojedinačne mere zavisi od namene zgrade, kao i od trenutnog ukupnog stanja u kome se zgrada nalazi. Ako je zgrada građena u periodu kada nije bilo propisa o termičkoj zaštiti, čest je slučaj da su spoljni zidovi, krov, kao i konstrukcije ka negrejanim prostorima izvedeni bez termičke izolacije. Takođe je važno razmatrati efekte svake primenjene mere pojedinačno, a zatim zbirni efekat nekoliko primenjenih mera, u težnji da se postigne zadovoljavajući period otplate investicije.

Redosled analize mera za unapređenje energetske efikasnosti zgrade:

- I grupa: poboljšanje termičke izolovanosti i zaptivosti zgrade uz primenu pasivnih mera zaštite od Sunčevog zračenja (rezultat: smanjenje potrebnog kapaciteta izvora toplote, instalisane snage grejnih tela i ukupnih toplotnih potreba zgrade; smanjenje potreba za hlađenjem i poboljšanje termičkog komfora)
- II grupa: izolacija toplovoda i dela cevne i kanalske mreže (rezultat: smanjenje gubitaka u distribuciji toplote i potrebne primarne energije)
- III grupa: zamena izvora / energenta (rezultat: povećanje ukupnog stepena korisnosti postrojenja)
- IV grupa: centralna regulacija sistema grejanja - kvalitativna regulacija prema spoljnoj temperaturi (rezultat: smanjenje pregrevanja prostorija - 1°C viša temperatura unutrašnjeg vazduha dovodi do povećanja potrošnje toplote za cca. 6%)
- V grupa: lokalna regulacija - termostatski ventili i cirkulacione pumpe sa promenljivim brojem obrtaja (kod zgrada sa više zona i različitog režima korišćenja)
- VI grupa: uvođenje CSNU sistema (kod zgrada sa složenim termotehničkim sistemima: grejanje, ventilacija, STV, klimatizacija; mogućnost povezivanja ostalih servisa: osvetljenje, protivprovalni...)
- VII grupa: primena OIE (npr. PSE za pripremu STV - rezultat: smanjenje potrebne primarne energije i emisije CO₂; toplotna pumpa u kombinaciji sa niskotemperaturnim sistemom grejanja - rezultat: visok stepen korisnosti; mogućnost sniženja unutrašnje projektne temperature; mogućnost korišćenja za potrebe hlađenja)
-Korišćenje otpadne toplote i tehnike noćne ventilacije.....

5.3 FINALNA I PRIMARNA ENERGIJA

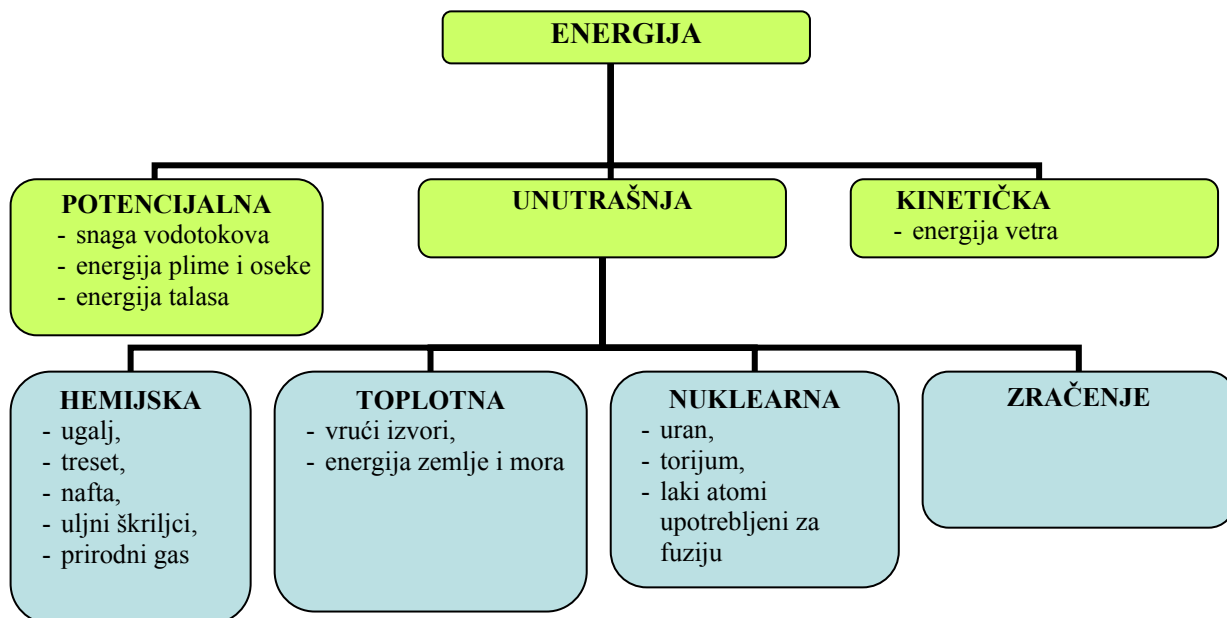
Sva iskoristiva energija potiče iz tri osnovna izvora energije: energije Sunca, energije iz Zemlje i energije gravitacije.

Energija Sunca nastaje procesima termonuklearne fuzije vodika koji se odvijaju u središtu Sunca. Produkti fuzije su helijum i velika količine energije koja se prenosi prema površini Sunca, prosečne temperature 5760 K. Sa površine Sunca energija se emituje u svemir elektromagnetskim talasima. Iako samo vrlo mali deo ukupne Sunčeve energije dolazi do površine Zemlje, na nju tokom jedne godine dospe veća količina energije od one sadržane u ukupnim rezervama uglja i nafte. Energija Sunčevog zračenja na Zemlji pretvara se u druge oblike energije procesima fotosinteze, isparivanja i strujanja.

Energija iz Zemlje posledica je toplote Zemljinog jezgra koja se iz unutrašnjosti provodi prema površini. Zemlja se od svojih početaka, kada je postojala kao kugla užarene mase, hladi i stvara čvrsti deo Zemljine kore koji je deo do 50 km. Prosečna dnevna količina energije koja se iz središta Zemlje dovodi površini iznosi $5,4 \text{ MJ/m}^2$ (gustina toplotnog fluksa $0,063 \text{ W/m}^2$), što je niska vrednost i nije pogodna za tehničko iskorišćenje. Toplotni gradijent po dubini Zemljine kore može biti mestimično vrlo različit, a on je merodavan za iskorišćenje toplote iz Zemlje. Energija iz Zemlje se najčešće koristi kao toplota izvora vruće vode ili pare i kao toplotni izvor za rad toplotnih pumpi.

Energija gravitacije posledica je gravitacionih sila između Sunca, Meseca i Zemlje. Gravitacione sile uzrokuju promene nivoa mora i time promenu potencijalne energije morske vode. Amplituda plime i oseke mestimično varira, a može iznositi od nekoliko centimetara do šesnaest metara.

Izvori energije su prikazani dijagramom na slici 5.4

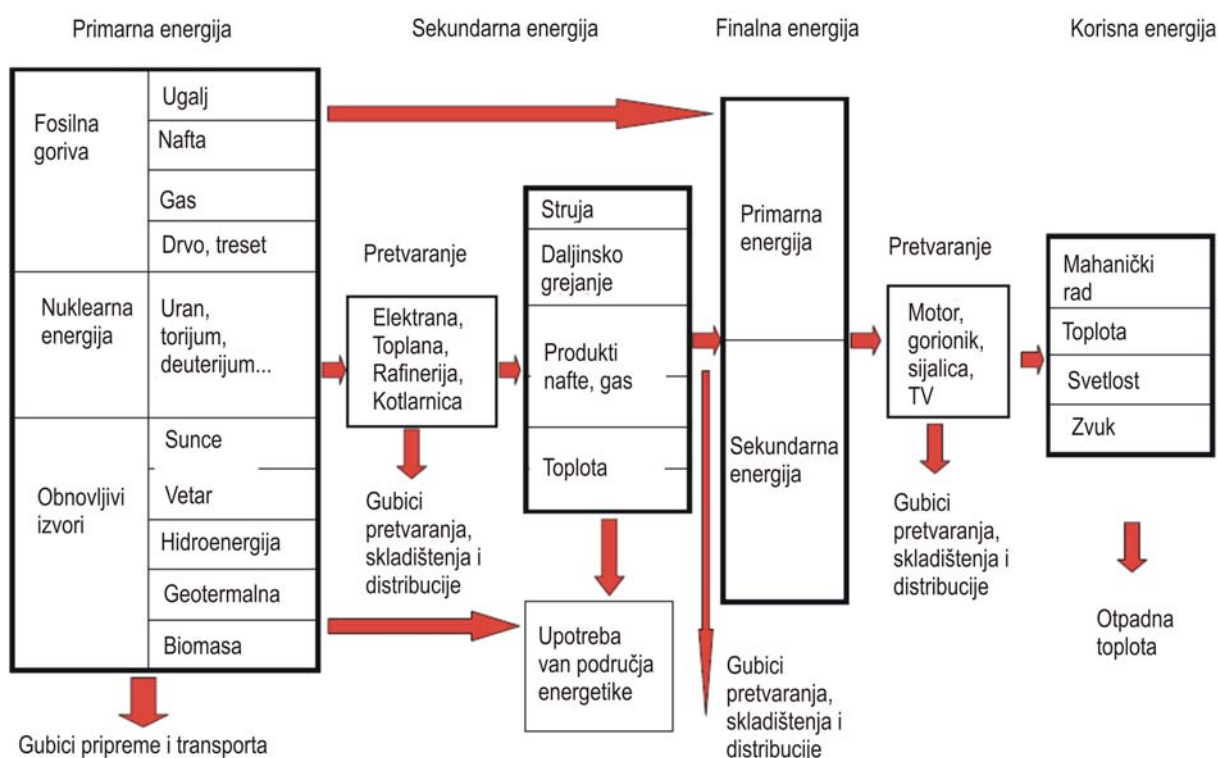


5.4 Izvori energije

Zakon o održanju energije: Energija se ne stvara niti uništava. U svim realnim (nepovratnim) procesima energija se pretvara iz jednog oblika u drugi, pri čemu gubitak predstavlja deo koji se pretvara u neiskoristivu energiju. Zbir svih energija na ulazu u neki sistem jednak je zbiru energija na izlazu iz njega.

Pretvaranje (transformacija) energije: prirodni oblici energije mogu se direktno koristiti ili se preko uređaja za transformaciju mogu pretvarati u korisne oblike, najčešće u mehaničku ili toplotnu energiju. Tu se može govoriti o primarnoj, sekundarnoj, finalnoj i korisnoj energiji.

Primarnom energijom se smatra ona energija koja je sadržana u energentu (nosiocu energije, kao što je hemijska energija goriva). Sekundarna energija je dobijena energetskom transformacijom iz primarne energije i predstavlja primarnu energiju umanjenu za gubitke pretvaranja (npr. električna energija proizvedena sagorevanjem goriva u termoelektrani). Finalna (ili neposredna) energija je ona energija koja dolazi do krajnjeg korisnika (sekundarna energija umanjena za gubitke pripreme i transporta). Konačno, korisna energija je ona koja je utrošena za zadovoljavanje potreba krajnjih korisnika (konačna energija umanjena za gubitke pretvaranja kod korisnika). Šematski prikaz tokova energije i međusobni odnosi navedenih oblika prikazani su na slici 5.5



5.5 Oblici energije i načini pretvaranja u sekundarnu i finalnu energiju

5.4 METODE PRORAČUNA GODIŠNJE POTROŠNJE TOPLOTE

5.4.1 Metod stepen dana

Sam pojam STEPEN-DAN, koji je ključni element ove metode, predstavlja, na neki način, pokazatelj kretanja spoljne temperature vazduha u nekom mestu tokom perioda grejanja.

Ako sa q označimo potrebnu količinu toplote za grejanje pri jediničnoj temperaturskoj razlici (temperatura vazduha spolja i unutra), onda se može napisati:

$$q = \frac{Q_{GUB}}{\theta_u - \theta_s} \text{ [W/K]}, \tag{5.1}$$

onda je potrebna količina toplote za grejanje po danima:

$$\begin{aligned} Q_1 &= q \cdot (\theta_u - \theta_{s1}) \cdot 24 \text{ [Wh/dan]} \\ Q_2 &= q \cdot (\theta_u - \theta_{s2}) \cdot 24 \text{ [Wh/dan]} \\ Q_3 &= q \cdot (\theta_u - \theta_{s3}) \cdot 24 \text{ [Wh/dan]} \\ &\dots \\ Q_n &= q \cdot (\theta_u - \theta_{sn}) \cdot 24 \text{ [Wh/dan]} \end{aligned} \quad (5.2)$$

pa je energija potrebna za ceo grejni period, odnosno celu grejnu sezonu:

$$Q_g = \sum_{n=1}^Z Q_n = 24 \cdot q \cdot \sum_{n=1}^Z (\theta_u - \theta_{sn}) \text{ [Wh/god]}, \quad (5.3)$$

gde je Z – broj dana u grejnoj sezoni.

Broj STEPEN-DANA je:

$$SD = \sum_{n=1}^Z (\theta_u - \theta_{sn}), \quad (5.4)$$

pa izraz (5.2) ima oblik:

$$Q_g = \sum_{n=1}^Z Q_n = 24 \cdot q \cdot SD \text{ [Wh/god]}, \quad (5.5)$$

Ako se uvede pojam **srednje temperature grejnog perioda** θ_g , onda se broj stepen-dana može napisati u obliku:

$$SD = Z \cdot (\theta_u - \theta_g), \quad (5.6)$$

Ako se dodatno usvoji (što je odgovara realnim uslovima i zadatku sistema za grejanje) da je temperatura vazduha u prostoriji – unutrašnja temperatura – konstantna vrednosti, onda se može napisati:

$$SD = Z \cdot \theta_u - \sum_{n=1}^Z \theta_{sn}, \quad (5.7)$$

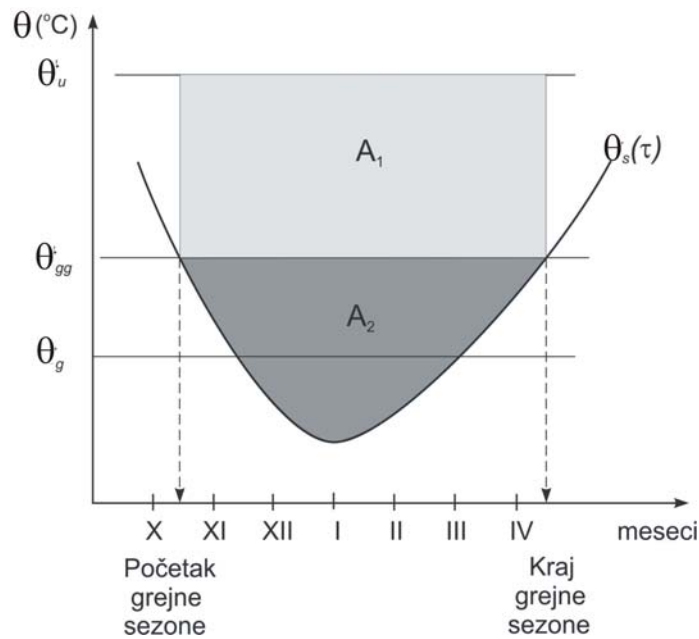
Ovde se uvodi još jedan pojam: **temperatura granice grejanje** θ_{gg} , što predstavlja temperaturu spoljnog vazduha pri kojoj počinje i pri kojoj se završava grejna sezona. Ako se ima u vidu da je grejna sezona ograničena temperaturom granice grejanja, onda se može napisati izraz za broj stepen dana u sledećem obliku:

$$SD = Z \cdot (\theta_u - \theta_{gg}) + \sum_{n=1}^Z (\theta_{gg} - \theta_{sn}), \quad (5.8)$$

Izraz (5.8) se koristi za praktično izračunavanje broja SD, što je grafički prikazano na slici 5.6.

Kada se računa broj stepen-dana, polazi se od sledećih pretpostavki:

- srednja unutrašnja temperatura vazduha u prostorijama iznosi $t_u = 19^\circ\text{C}$ (u većini prostorija je unutrašnja temperatura 20°C , ali tu su i sporedne prostorije, čija je temperatura vazduha niža, pa se za prosečnu vrednost usvaja 19°C);
- temperatura granice grejanje iznosi $\theta_{gg} = 12^\circ\text{C}$.



Slika 5.6 Grafički prikaz broja stepen-dana

Ono što se razlikuje od mesta do mesta jeste:

- tok spoljne temperature vazduha $\theta_s = \theta_s(\tau)$,
- srednja temperatura grejnog perioda θ_g i
- dužina trajanja grejne sezone, odnosno broj dana u grejnoj sezoni Z .

Tabela 5.1 Broj stepen-dana SD , broj dana Z i srednja temperatura θ_g za gradove u Srbiji

MECTO	SD	Z	θ_g	MESTO	SD	Z	θ_g
Aleksinac	2517	176	5,7	Leskovac	2625	181	5,5
Beograd	2520	175	5,6	Požarevac	2588	181	5,7
Bečej	2797	184	4,8	Negotin	2818	183	4,6
Bor	3100	200	4,5	Niš	2613	179	5,4
Valjevo	2784	192	5,5	Novi Sad	2679	181	5,2
Vranje	2675	182	5,3	Pančevo	2712	182	5,1
Vršac	2556	180	5,8	Pirot	2610	180	5,5
Gornji Milanovac	3078	208	5,2	Prokuplje	2604	186	6
Divčibare	3839	243	4,2	Senta	2824	187	4,9
Zaječar	2880	192	5	Smederevo	2610	180	5,5
Zlatibor	3728	239	4,4	Sombor	2850	190	5
Zrenjanin	2748	182	4,9	Sremski Karlovci	2496	177	5,9
Jagodina	2599	178	5,4	Sremska Mitrovica	2738	185	5,2
Kikinda	2763	183	4,9	Užice	3015	201	5
Kopaonik	5349	311	2,8	Čačak	2755	190	5,5
Kragujevac	2610	180	5,5	Ćuprija	2380	163	5,4
Kraljevo	2628	180	5,4	Šabac	2588	181	5,7
Kruševac	2654	183	5,5	Šid	2686	184	5,4

Proračun godišnje potrošnje energije za grejanje metodom broja stepen-dana određuje se na sledeći način:

$$Q_g = \frac{24 \cdot Q_{GUB} \cdot SD}{\theta_u - \theta_{sp}} \cdot y \cdot e \text{ [Wh/god]}, \quad (5.9)$$

gde su:

y – korekcionni faktor jednovremenosti, koji uzima u obzir činjenicu da se svi nepovoljni uticaji (velika brzina vetra, visoka oblačnost...) ne javljaju istovremeno, a pri proračunu gubitaka toplote su uzeti u obzir (Tabela 5.2),

e – korekcionni faktor koji uzima u obzir prekid u zagrevanju (smatra se da u toku 24 časa dolazi do prekida u zagrevanju tokom noći od oko 8 časova), tako da postoji njegov uticaj na smanjenje potrošnje energije:

$$e = e_t \cdot e_b, \quad (5.10)$$

gde su:

e_t – faktor **temperaturskog ograničenja**, koji uzima u obzir ograničeno zagrevanje tokom noći kada se ne troši gorivo za grejanje. Noćni prekid u zagrevanju utiče na sniženje unutrašnje temperature u odnosu na projekttnu vrednost i izražava se na sledeći način:

$$e_t = \frac{\theta_{um} - \theta_g}{\theta_u - \theta_g}, \quad (5.11)$$

gde je:

θ_{um} – snižena unutrašnja temperatura tokom noći.

Međutim, računski je jako teško odrediti t_{um} , jer ona zavisi od više uticajnih faktora, tako da se faktor e_t određuje empirijski i usvaja se u zavisnosti od namene zgrade, odnosno dnevnog korišćenja postrojenja za grejanje u zgradi;

e_b – faktor **eksploatacionog ograničenja**, koji uzima u obzir prekid u zagrevanju (ili ograničeno zagrevanje) tokom vikenda, praznika, raspusta ili kolektivnog odmora, i sl.

I ovaj korekcionni faktor se određuje empirijski i zavisi od namene objekta.

Tabela 5.2 Koeficijent jednovremenosti

Koeficijent y	vrednost
normalno vetroviti predeli i zaklonjen položaj	0,63
normalno vetroviti predeli i otvoren položaj	0,60
vetroviti predeli i zaklonjen položaj	0,58
vetroviti predeli i otvoren položaj	0,55

Tabela 5.3 Koeficijent temperaturskog ograničenja e_t

Vrsta zgrade	e_t
Bolnice i zgrade slične namene	1,00
Stambene zgrade sa grejanjem svih prostorija	0,95
Stambene zgrade sa noćnim ograničenjem u zagrevanju, administrativne zgrade, trgovine i drugi slični objekti velikih akumulacionih sposobnosti u područjima umerene klime	0,90
Administrativne zgrade sa manjom akumulacionom sposobnosti u području oštre klime	0,85
Škole sa jednom smenom nastave i velikom akumulacionom sposobnošću	0,80
Škole sa jednom smenom nastave i malom akumulacionom sposobnošću	0,75

Tabela 5.4 Koeficijent temperaturskog ograničenja e_b

Vrsta zgrade	e_b
Stalno grejani objekti (stambene zgrade, bolnice)	1,00
Stambene zgrade sa noćnim ograničenjem u zagrevanju subotom, nedeljom i praznicima (kancelarije, administrativne zgrade, banke, trgovine i sli.)	0,90
Škole	0,75

5.4.2 Proračun metodom potpuno definisanog mesečnog modela

Godišnja potrebna toplota za grejanje, $Q_{H,nd}$ se prema SRPS EN ISO 13790, za sisteme koji rade bez prekida u zagrevanju, računa po sledećoj formuli:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \quad [\text{kWh/a}] \quad (5.12)$$

gde su:

$Q_{H,ht}$ - Godišnja potrebna toplota za nadoknadu gubitaka toplote [kWh/a]

$\eta_{H,gn}$ - Faktor iskorišćenja dobitaka toplote za period grejanja

$Q_{H,gn}$ - Godišnja količina toplote koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote i dobitaka usled sunčevog zračenja [kWh/a]

Specifična godišnja potrebna toplota za grejanje, $Q_{H,an}$ predstavlja količnik godišnje potrebne toplote za grejanje i korisne površine zgrade:

$$Q_{H,an} = \frac{Q_{H,nd}}{A_f} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})] \quad (5.13)$$

gde je:

A_f – korisna površina zgrade [m^2]

Godišnja potrebna toplota za nadoknadu gubitaka toplote obuhvata toplotu koja je potrebna za nadoknadu transmisionih Q_T i ventilacionih gubitaka toplote Q_v :

$$Q_{H,ht} = Q_T + Q_v \quad [\text{kWh/a}] \quad (5.14)$$

Godišnja količina toplote koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote i dobitaka usled sunčevog zračenja:

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad [\text{kWh/a}] \quad (5.15)$$

gde su:

Q_{int} - Godišnja količina toplote koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote [kWh/a]

Q_{sol} - Godišnja količina toplote koja potiče od dobitaka usled Sunčevog zračenja [kWh/a]

pa se godišnja potrebna toplota za grejanje može izraziti na sledeći način:

$$Q_{H,nd} = (Q_T + Q_V) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol}) \quad [\text{kWh/a}] \quad (5.16)$$

Godišnja potrebna toplota za nadoknadu gubitaka toplote računa se po formuli:

$$Q_{H,ht} = (H_T + H_V) \cdot 24 \cdot HDD \cdot 10^{-3} \quad [\text{kWh/a}] \quad (5.17)$$

gde su:

H_T - Koeficijent transmisionog gubitka toplote [W/K]

H_V - Koeficijent ventilacionog gubitka toplote [W/K]

HDD - broj stepen dana za lokaciju zgrade (HDD - *Heating Degree Days* - Tabela 5.1)

Koeficijent transmisionog gubitka toplote:

$$H_T = H_D + H_g + H_U + H_A \quad [\text{W/K}] \quad (5.18)$$

gde su:

H_D – Koeficijent transmisionog gubitka toplote za površine u dodiru sa spoljnim vazduhom;

H_g – Koeficijent transmisionog gubitka toplote za površine u dodiru sa tlom;

H_U – Koeficijent transmisionog gubitka toplote za površine u dodiru sa negrejanim prostorom;

H_A – Koeficijent transmisionog gubitka toplote za površine u dodiru sa susednom zgradom.

Koeficijent transmisionog gubitka toplote za površine u dodiru sa spoljnim vazduhom računa se prema Proračunu transmisionih gubitaka usled toplotnih mostova prema SRPS ISO 10211:

$$H_D = \sum_i A_i \cdot U_i + \sum_k l_k \cdot \psi_k + \sum_j \chi_j \quad [\text{W/K}] \quad (5.19)$$

gde su:

A_i [m²] - površina i-tog elementa omotača zgrade

U_i [W/(m²·K)] - koeficijent prolaza toplote i-tog elementa omotača zgrade

l_k [m] - dužina k-tog linijskog toplotnog mosta

ψ_k [W/m·K] - linijski koeficijent prolaza toplote k-tog linijskog toplotnog mosta

χ_j [W/K] - tačkasti koeficijent prolaza toplote j-tog tačkastog toplotnog mosta

Za proračun se može koristiti i uprošćeni metod uticaja toplotnih mostova dat u poglavlju 2 (jednačine 2.25 – 2.27 i korišćenjem tabele 2.11 za korekciju temperature).

Srednja vrednost koeficijenta prolaza toplote za zgradu:

$$H_T' = \frac{H_T}{A_f} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})] \quad (5.20)$$

gde su:

H_T - Koeficijent transmisionog gubitka toplote [W/K]

A_f – površina termičkog omotača zgrade [m²]

Koeficijent ventilacionog gubitka toplote:

$$H_V = \rho_a \cdot c_p \cdot \sum_i V_i \cdot n_i \quad [\text{W/K}] \quad (5.21)$$

gde su:

V – zapremina grejanog prostora [m^3]
 n – broj izmena vazduha na čas [h^{-1}]

$$\rho_a \cdot c_p = 1200 \left[\frac{\text{J}}{\text{m}^3 \text{K}} \right]$$

ρ_a - gustina vazduha [kg/m^3]

c_p - specifični toplotni kapacitet vazduha pri konstantnom pritisku [J/kgK]

Broj izmena vazduha na čas se određuje u zavisnosti od zaklonjenosti i klase zaptivenosti zgrade (prema SRPS EN ISO 13789) prema tabelama 5.5 i 5.6:

Tabela 5.5. – Broj izmena vazduha na čas u zavisnosti od zaklonjenosti i klase zaptivenosti zgrade (prema SRPS EN ISO 13789) – Stambene zgrade sa više stanova i prirodnom ventilacijom

Izloženost fasade vetru	Broj izmena vazduha n [h^{-1}]			Broj izmena vazduha n [h^{-1}]		
	Više od jedne fasade			Samo jedna fasada		
Zaptivenost	Loša	Srednja	Dobra	Loša	Srednja	Dobra
Otvoren položaj zgrade	1,2	0,7	0,5	1,0	0,6	0,5
Umereno zaklonjen položaj	0,9	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5
Veoma zaklonjen položaj	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Tabela 5.6. – Broj izmena vazduha na čas u zavisnosti od zaklonjenosti i klase zaptivenosti zgrade (prema SRPS EN ISO 13789) – Pojedinačne porodične kuće sa prirodnom ventilacijom

Zaptivenost	Broj izmena vazduha n [h^{-1}]		
	Loša	Srednja	Dobra
Otvoren položaj zgrade	1,5	0,8	0,5
Umereno zaklonjen položaj	1,1	0,6	0,5
Veoma zaklonjen položaj	0,76	0,5	0,5

Faktor iskorišćenja dobitaka toplote za period grejanja računa se pomoću sledeće formule:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{(a_H+1)}} \quad (5.22)$$

gde su:

γ_H - bezdimenzioni odnos toplotnog bilansa

a_H - bezdimenzioni numerički parametar koji zavisi od vrednosti vremenske konstante

Bezdimenzioni odnos toplotnog bilansa predstavlja odnos godišnje količine toplote koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote i dobitaka usled sunčevog zračenja i godišnje potrebne toplote za nadoknadu gubitaka toplote:

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad (5.23)$$

Bezdimenzioni numerički parametar a_H zavisi od vrednosti vremenske konstante τ i računa se prema formuli:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} \quad (5.24)$$

gde je:

τ - vremenska konstanta [h]

i računa se kao odnos dinamičkog toplotnog kapaciteta i zbira koeficijenata transmisionih i ventilacionih gubitaka toplote:

$$\tau = \frac{C_m / 3600}{H_T + H_V} \quad (5.25)$$

C_m - dinamički toplotni kapacitet [J/K]

Prosečne vrednosti faktora iskorišćenja dobitaka toplote za period grejanja (za sezonski ili mesečni metod) se usvajaju prema tipu gradnje, prema sledećim preporukama:

$\eta_{H,gn} = 1,00$ - Teški tip gradnje;

$\eta_{H,gn} = 0,98$ - Srednje-teški tip gradnje;

$\eta_{H,gn} = 0,90$ - Laki tip gradnje.

Godišnja količina toplote koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote i dobitaka usled sunčevog zračenja:

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad [\text{kWh/a}] \quad (5.26)$$

Godišnja količina toplote koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote predstavlja zbir dobitaka toplote od ljudi i električnih uređaja (Tabela 5.8) i računa se prema:

$$Q_{int} = A_f \cdot (q_P + q_E) \quad [\text{kWh/a}] \quad (5.27)$$

gde su:

A_f – korisna površina zgrade [m^2]

q_P - dobiti toplote od ljudi

q_E - dobiti toplote od električnih uređaja

Tabela 5.7 Srednje mesečne temperature vazduha, srednje mesečne sume zračenja i broj stepen dana za svaki mesec grejne sezone (SD=HDD)

Mesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Zima	
Средња месечна температура (°C)	0,9	3,0	7,3	12,5	17,6	20,6	22,3	22,0	17,7	12,7	7,2	2,6	5,6	
Сунчево зрачење	XOP (kWh/m ²)	42,75	60,35	103,86	133,65	170,43	181,23	192,83	170,43	127,58	88,94	45,50	33,87	398
	J (kWh/m ²)	64,25	76,98	96,43	86,73	86,28	81,43	90,31	99,43	107,38	109,22	66,52	52,80	455
	И, З (kWh/m ²)	32,57	55,35	79,80	96,05	112,90	116,78	125,22	114,37	91,32	67,21	34,67	25,53	310
	С (kWh/m ²)	17,42	22,38	36,04	44,64	55,69	56,88	58,27	52,83	38,78	29,16	17,93	14,31	145
HDD = 2520	585	458	370	102	0	0	0	0	0	101	373	531		

Tabela 5.8 – Dobici toplote od ljudi i električnih uređaja (prema SRPS EN ISO 13790)

Tip zgrade	1	2	3	4	5	6	7	8	9) Ostale zgrade				Jedini- nica
Ulazni podaci	Stambena zgrada sa jednim stanom	Stambena zgrada sa više stanova	Poslovna zgrada	Zgrade namenjene obrazovanju	Bolnice	Restorani	Trgovinski centri	Sportski centri	Sale za sastanke i prezentacije	Industrijske zgrade	Skладишта	Unutrašnji bazeni	
Unutrašnja projektna temperatura za zimski period	20	20	20	20	22	20	20	18	20	18	18	28	°C
Unutrašnja projektna temperatura za letnji period	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	28	°C
Površina po osobi (zauzetost)	60	40	20	10	30	5	10	20	5	20	100	20	m ² /per
Odavanje toplote po osobi	70	70	80	70	80	100	90	100	80	100	100	60	W/per
Odavanje toplote ljudi po jedinici površine	1,2	1,8	4,0	7,0	2,7	20	9,0	5,0	16	5,0	1,0	3,0	W/m ²
Prisutnost tokom dana (prosečno mesečno)	12	12	6	4	16	3	4	6	3	6	6	4	h
Godišnja potrošnja električne energije po jedinici površine grejanog prostora	20	30	20	10	30	30	30	10	20	20	6	60	kWh/m ²
Protok svežeg vazduha po jedinici površine grejanog prostora	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,2	0,7	0,7	1,0	0,7	0,3	0,7	m ³ /(h·m ²)
Protok svežeg vazduha po osobi (obrok po osobi)	42	28	14	7	30	6	7	14	5	14	30	14	m ³ /(h·per)
Toplota potrebna za pripremu STV po jedinici površine grejanog prostora	10	20	10	10	30	60	10	80	10	10	1,4	80	kWh/m ²

Godišnja količina toplote koja potiče od dobitaka usled Sunčevog zračenja:

$$Q_{sol} = F_{sh} \cdot A_{sol} \cdot I_{sol} \cdot \tau_{sol} \quad [\text{kWh/a}] \quad (5.28)$$

gde su:

F_{sh} - faktor osenčenosti zgrade (iz Tabela 2.4, 2.5 i 2.6):

$$F_{sh} = F_{hor} \cdot F_{ov} \cdot F_{fin} \quad (5.29)$$

gde su F_{hor} , F_{ov} , F_{fin} korekcionni faktori za 45° SGŠ prema tabelama 2.4, 2.5 i 2.6.

Za staklene spoljne površine:

$$A_{sol,gl} = g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_W, \quad (5.30)$$

gde su:

g_{gl} - faktor propustljivosti Sunčevog zračenja u zavisnosti od vrste stakla (Tabela 2.7);

F_F - faktor rama;

A_W - površina prozora (građevinskog otvora)

Za spoljne zidove:

$$A_{sol,C} = \alpha_{s,C} \cdot R_{s,C} \cdot U_C \cdot A_C \quad (5.31)$$

$\alpha_{s,C}$ - emisivnost spoljne površine zida (kratkotalasno zračenje Sunca);

$\alpha_{s,C} = 0,6$ - vrednost za svetlije boje fasade i mermer

$R_{s,C} = \frac{1}{h_e}$ - otpor prelazu toplote za spoljnu stranu zida [m^2K / W]

Srednja vrednost otpora prelazu toplote za spoljnu stranu zida: $R_{s,C} = \frac{1}{25}$ [$m^2 \cdot K / W$]

$I_{sol} \cdot \tau_{sol}$ [kWh/m^2] - vrednosti date u tabeli 1.4

Tabela 5.9 - Faktor osenčenosti zgrade usled okolnih objekata

Korekcionni faktor F_{hor} za 45° SGŠ			
Ugao [°]	J	I,Z	S
0	1,00	1,00	1,00
10	0,97	0,95	1,00
20	0,85	0,82	0,98
30	0,62	0,70	0,94
40	0,46	0,61	0,90

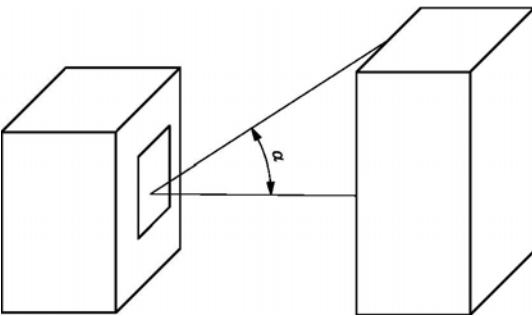


Tabela 5.10 - Faktor osenčenosti zgrade usled nastrošica

Korekcionni faktor F_{ov} za 45° SGŠ			
Ugao [°]	J	I,Z	S
0	1,00	1,00	1,00
30	0,90	0,89	0,91
45	0,74	0,76	0,80
60	0,50	0,58	0,66

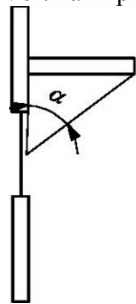


Tabela 5.11 - Faktor osenčenosti zgrade usled vertikalnih ispusta na fasadi

Korekcionni faktor F_{fin} za 45° SGŠ			
Ugao [°]	J	I,Z	S
0	1,00	1,00	1,00
30	0,94	0,92	1,00
45	0,84	0,84	1,00
60	0,72	0,75	1,00

Horizontalni presek

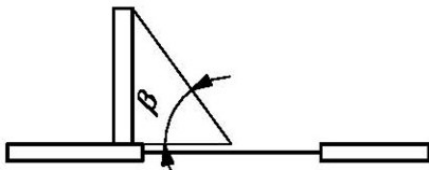


Tabela 5.12 - Faktor propustljivosti Sunčevog zračenja u zavisnosti od vrste stakla

Vrsta zastakljenja	g_{gl}
Jednosrtuko obično staklo	0,85
Dvostruko obično staklo	0,75
Dvostruko staklo sa selektivnim niskoemisionim premazom	0,67
Trostruko obično staklo	0,7
Trostruko staklo sa dva selektivna niskoemisiona premaza	0,5
Dupli prozor	0,75

Godišnja potrebna toplota za grejanje za sisteme koji rade sa prekidom:

$$Q_{H,nd,interm} = a_{H,red} \cdot Q_{H,nd} \quad [\text{kWh/a}] \quad (5.32)$$

gde su:

$Q_{H,nd,interm}$ - Godišnja potrebna toplota za grejanje za sisteme koji rade sa prekidom [kWh/a]

$a_{H,red}$ - bezdimenzijski faktor redukcije u zagrevanju;

Bezdimenzijski faktor redukcije u zagrevanju računa se kao:

$$a_{H,red} = 1 - 3 \left(\frac{\tau_{H,0}}{\tau} \right) \cdot \gamma_H \cdot (1 - f_{H,hr}) \quad (5.33)$$

gde je:

$f_{H,hr}$ - odnos broja sati rada sistema za grejanje u toku nedelje prema ukupnom broju sati u nedelji.

γ_H - bezdimenzioni odnos toplotnog bilansa i računa se po formuli (5.23)

$\tau_{H,0}, \tau$ - vremenske konstante [h]

5.5 FINANSIJSKI ASPEKTI PRIMENE MERA UNAPREĐENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA

Primenom različitih mera moguće je poboljšati energetska efikasnost, pri čemu treba voditi računa o finansijskim efektima primenjenih mera. Svaka zgrada, bilo nova ili postojeća, može se dovesti na nivo koji je blizak "nultoj" potrošnji, ali su često investiciona ulaganja visoka i nisu ekonomski isplativija. Zato je poreban sistematičan pristup prilikom izbora mera koje će

dovesti do smanjenja potrošnje energije u zgradi na godišnjem nivou, a sa druge strane biti isplativije i imati "razuman" period povraćaja investicije.

Primena svake pojedinačne mere zavisi od namene zgrade, kao i od trenutnog ukupnog stanja u kome se zgrada nalazi. Ako je zgrada građena u periodu kada nije bilo propisa o termičkoj zaštiti, čest je slučaj da su spoljni zidovi, krov, kao i konstrukcije ka negrejanim prostorima izvedeni bez termičke izolacije. U tim slučajevima obavezno se razmatra poboljšanje termičke izolovanosti omotača zgrade, kao i sanacija ili zamena prozora u cilju smanjenja transmisionih i ventilacionih gubitaka objekta. Ukoliko se analizom obuhvati i zamena izvora toplote i rekonstrukcija sistema grejanja, onda će predviđena mera poboljšanja omotača rezultovati manjim kapacitetom novog izvora toplote i manjom površinom grejnih tela u zgradi.

Takođe je važno razmatrati efekte svake primenjene mere pojedinačno, a zatim zbirni efekat nekoliko primenjenih mera, u težnji da se postigne zadovoljavajući period otplate investicije.

Tehnički vek projekta utvrđuje se na osnovu fizičkog trajanja opreme neophodne za određenu meru ili projekat. Kod projekata, koji su sastavljeni od više mera sa različitim fizičkim trajanjem, mora se izračunati potrebno ponavljanje mera sa kraćim tehničkim vekom, da bi se pokrilo vreme trajanja mera sa najdužim tehničkim vekom. Ekonomski vek projekta predstavlja period u kome projekat donosi profit (uštete), koji je planiran i unet u studiju opravdanosti projekta. Ekonomski vek se koristi za ocenu finansijske isplativosti i ekonomske opravdanosti mera i projekta energetske efikasnosti.

Neto uštete u tekućim troškovima za svaku godinu, koje su nastale kao rezultat investicionih ulaganja u mere i projekat EE izražavaju se kao [6]:

$$B = \sum_{t=1}^n (B_t \cdot P_e - \Delta C_e) \quad (5.34)$$

gde su:

B ukupne godišnje uštete,

B_t ušteta energije za jednu godinu ($t = 1$ do n),

P_e cena energije za jednu godinu,

ΔC_e promena eksploatacionih troškova u odnosu na situaciju pre primene projekta.

Prost period povraćaja investicije pokazuje vreme potrebno da se iz budućih prihoda (ostvarenih ušteta) naplate ukupna investiciona ulaganja [6]:

$$PBP = \frac{I}{B} \quad (5.35)$$

gde su:

PBP prost period povraćaja investicije,

I ukupno investiciono ulaganje,

B godišnji neto prihod projekta (neto uštete).

Dinamički period povraćaja investicije pokazuje vreme potrebno da se iz budućih prihoda projekta svedenih na sadašnju vrednost, naplate investiciona ulaganja u početnom trenutku. Za njegov obračun potrebno je izvršiti diskontovanje projektovanih budućih prihoda projekta. Dinamički period povraćaja investicije računa se kao [6]:

$$POP = \frac{\ln(1 - d \cdot PBP)}{\ln(1 + d)}, \quad (5.36)$$

gde je:

d - realna diskontna stopa.

Neto sadašnja vrednost dobija se kada se od sadašnje vrednosti prihoda projekta oduzme sadašnja vrednost ukupnih investicionih troškova projekta:

$$NPV = \frac{B_0}{(1+d)^0} + \frac{B_1}{(1+d)^1} + \frac{B_2}{(1+d)^2} + \dots + \frac{B_n}{(1+d)^n} - PVI \quad (5.37)$$

gde su:

n ekonomski vek projekta u izražen u godinama,

B neto priliv projekta u posmatranoj godini,

d diskontna stopa,

PVI sadašnja vrednost ukupnih investicionih troškova projekta.

Projekat je rentabilan kada je neto sadašnja vrednost veća od nule, odnosno kada su svedene uštede tokom ekonomskog veka projekta veće od ukupnih svedenih investicija. U protivnom, nema smisla ulagati u takav projekat.

Interna stopa rentabilnosti je diskontna stopa, pri kojoj su izjednačene sadašnja vrednost prihoda od ušteta i sadašnja vrednost ukupnih troškova projekta, odnosno diskontna stopa pri kojoj je neto sadašnja vrednost projekta jednaka nuli:

$$\frac{B_0}{(1+d)^0} + \frac{B_1}{(1+d)^1} + \frac{B_2}{(1+d)^2} + \dots + \frac{B_n}{(1+d)^n} = PVI ; IIR = d \quad (5.38)$$

gde je:

$IIR = d$ interna stopa rentabilnosti,

B neto prihod u n -toj godini,

n rok trajanja projekta u godinama.

IRR projekta treba da bude veća ili najmanje jednaka diskontnoj stopi, koja odražava cenu sredstva za finansiranje projekta. IRR izabrane opcije projekta, mora biti viša ili bar jednaka IRR ostalih analiziranih opcija projekta ili mogućeg ulaganja sredstava.

5.6 PRIMERI PRIMENE MERA UNAPREĐENJA ENERGETSKE

5.6.1 Unapređenje sistema grejanja

Merenja potrošnje toplote za grejanje u zgradi koja se nalazi na Novom Beogradu (slika 5.7) i koja je povezana na sistem daljinskog grejanja, započela su sa grejnom sezonom 2002/03, nakon rekonstrukcije toplotne podstanice. Podstanica je rekonstruisana u potpunosti uz ugradnju cirkulacionih pumpi sa promenljivim brojem obrtaja koje rade sa promenljivim protokom grejnog fluida i ugrađeno je merilo urošene toplote. Sva grejna tela kućne instalacije opremljena su radijatorskim ventilima sa termostatskim glavama i deliteljima toplote. Na taj način je omogućena lokalna regulacija toplotnog učinka, kao i praćenje potrošnje toplote za grejanje na svakom grejnom telu, odnosno u svakom stanu. Stambena zgrada je blokovskog tipa gradnje, iz 80-tih godina prošlog veka, sastoji se iz 5 lamela (sa zasebnim ulazima), spratnosti P+5+Pot, sa 135 stambenih jedinica i ukupne korisne površine stambenog prostora od 6580 m².

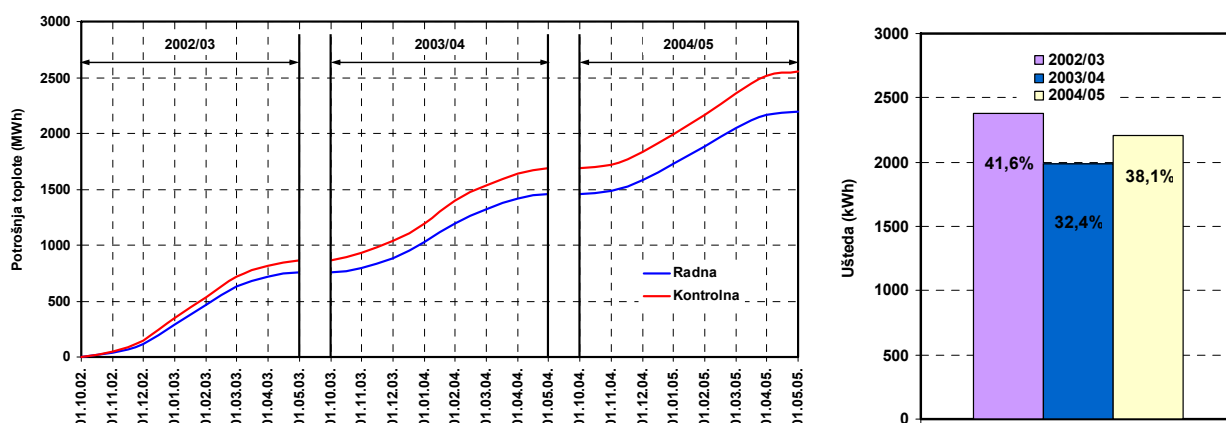
Izmerena potrošnja toplote za grejanje u reprezentativnoj zgradi, koja je tokom projekta nazvana „radna“ poređena je sa potrošnjom u zgradi blizakinji, u kojoj nije vršena nikakva

rekonstrukcija, osim ugradnje merila utrošene toplote („kontrolna“ zgrada), i na taj način je omogućeno praćenje ušteta koje su postignute rekonstrukcijom grejnog sistema.



Slika 5.7 Reprezentativna zgrada na Novom Beogradu na kojoj su vršena merenja

Prosečna godišnja ostvarena ušteta u potrošnji energije se kreće na nivou od 10%. Na dijagramu prikazanom na slici 5.8 levo vidi se uporedna kumulativna potrošnja toplote radne i kontrolne zgrade. Ušteta električne energije za pogon cirkulacionih pumpi sa promenljivim brojem obrtaja je značajna i iznosi oko 2 MWh na godišnjem nivou odnosno oko 40% (slika 5.8.desno).



Slika 5.8 Kumulativna potrošnja toplote za grejanje u radnoj i kontrolnoj zgradi tokom 3 grejne sezone (levo) i ušteta električne energije za pogon cirkulacionih pumpi (desno)

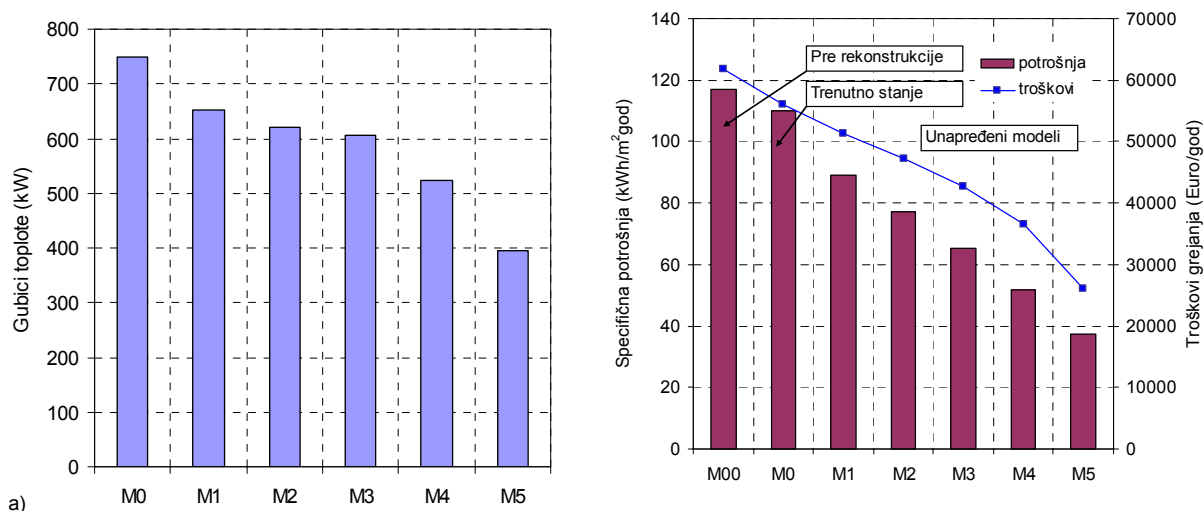
5.6.2 Unapređenje termičkog omotača

Za istu zgradu, na kojoj se prati potrošnja toplote iz godine u godinu, urađena je simulacija mera poboljšanja termičkog omotača. Osnovni model zgrade M0 postavljen je za trenutno stanje zgrade, dok su unapređeni modeli označeni kao M1 do M5, kao što je prikazano u tabeli. Dodatno, model M00 je takođe uzet u razmatranje, i odnosi se na stanje zgrade pre rekonstrukcije sistema grejanja 2002. godine.

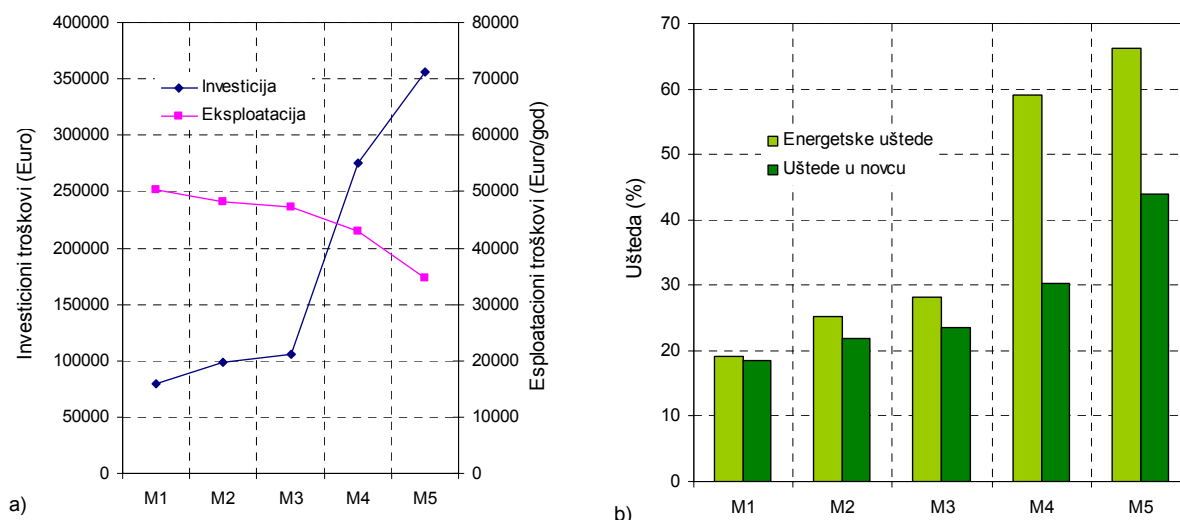
Kao mere unapređenja razmatrano je poboljšanje termičke izolovanosti spoljnih zidova (dve različite debljine i vrste termičke izolacije), izolacija krova mineralnom vunom, zamena prozora i balkonskih vrata, kao i zbirni uticaj predloženih mera.

Model	Mere unapređenja
M00	Stanje pre rekonstrukcije 2002 (bez lokalne regulacije)
M0	Postojeće stanje
M1	Izolacija spoljnih zidova: 5 cm stiropor ($\lambda=0.037$ W/mK)
M2	Izolacija spoljnih zidova: 8 cm neopor ($\lambda=0.031$ W/mK)
M3	Izolacija spoljnih zidova: 8 cm neopor + Izolacija krova: 10 cm mineralna vuna ($\lambda=0.041$ W/mK)
M4	Zamena drvenih prozora i balkonskih vrata ($U=2.9$ W/m ² K) novim PVC prozorima i balkonskim vratima ($U=1.1$ W/m ² K)
M5	Izolacija spoljnih zidova: 8 cm neopor + Zamena drvenih prozora i balkonskih vrata

Dijagramima prikazanim na slikama 5.9 i 5.10 dati su rezultati analize primene mera unapređenja termičkog omotača zgrade.



Slika 5.9 Uticaj mera na gubitke toplote zgrade (a) i na specifičnu potrošnju toplote za grejanje i troškove grejanja (b)

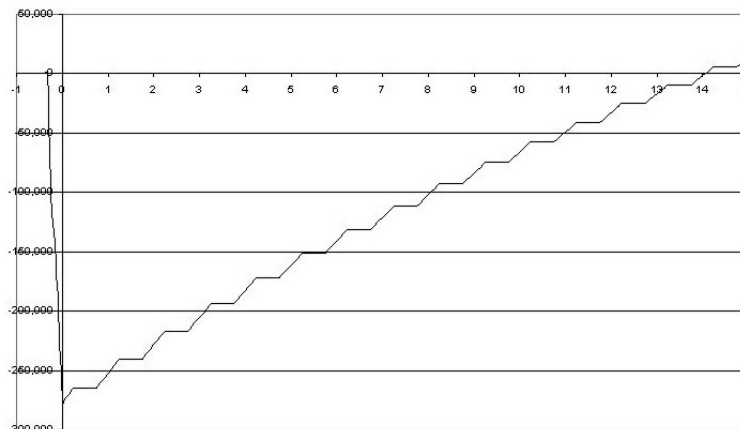


Slika 5.10 Investicioni i eksploatacioni troškovi (a) i uštede u energiji i novcu (b)

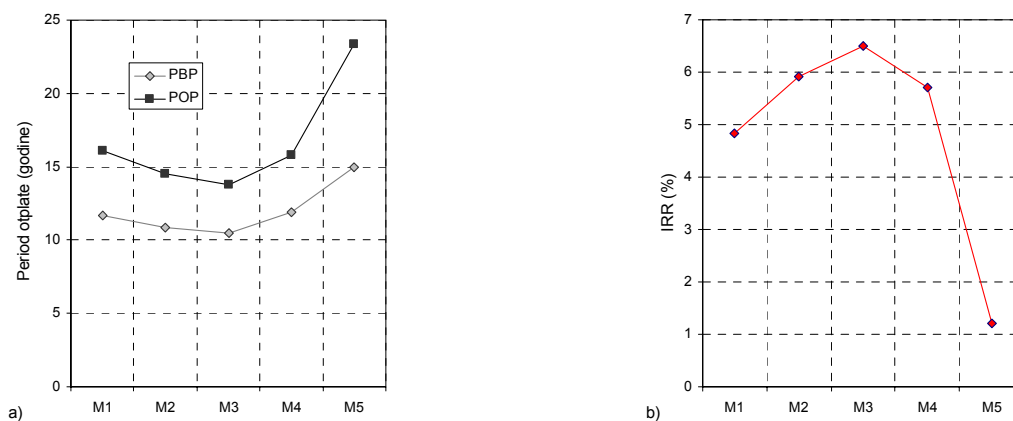
Sa energetskeg aspekta najbolji je model M5, međutim, uzimajući u obzir finansijske aspekte, najisplativije je rešenje koje nudi model M3, jer je period povraćaja investicije najkraći.

5.6.2.1 Finansijski pokazatelji i analiza osetljivosti

Za predložene setove mera unapređenja energetske efikasnosti zgrade (modeli od M1 do M5) sprovedena je analiza isplativosti i finansijske opravdanosti projekta unapređenja. Životni vek projekta procenjen je na 20 godina. Na dijagramima koji slede (slika 5.11 i 5.12) prikazan je kumulativni tok novca (za model M4), kao i prost i dinamički period povraćaja investicije i interna stopa rentabilnosti za sve modele.

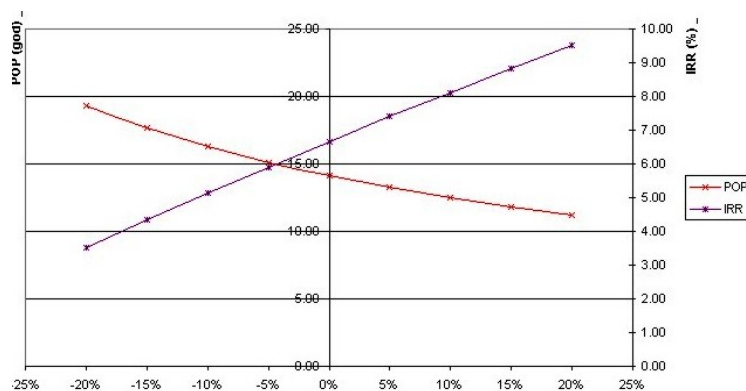


Slika 5.11 Kumulativni tok novca od trenutka ulaganja u unapređenje

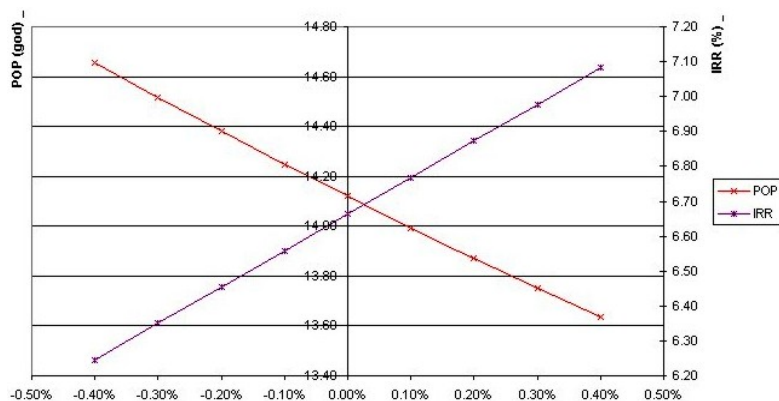


Slika 5.12 Period povraćaja investicije (a) i interna stopa rentabilnosti (b)

Na dijagramima 5.13 i 5.14 prikazana je analiza osetljivosti, odnosno promena finansijskih pokazatelja (POP i IIR) u funkciji promene cene energije i promene stope inflacije.



Slika 5.13 Uticaj promene cene energije na dinamički period otplate investicije i internu stopu rentabilnosti



Slika 5.14 Uticaj promene stope inflacije na dinmički period otplate investicije i internu stopu rentabilnosti

5.6.3 Zamena prozora i uštede u funkciji izvora snabdevanja toplotom

Za istu zgradu, na kojoj se prati potrošnja toplote iz godine u godinu, urađena je simulacija mera zamene prozora i to:

M1. Drveni dvostruki prozori obično staklo (postojeće stanje) $U_w = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$

M2. PVC trokomorni dvostruko zastakljeni, ispunjena vazduh $U_w = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

M3. Al PVC petokomorni, dvostruko Low E staklo, argon $U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

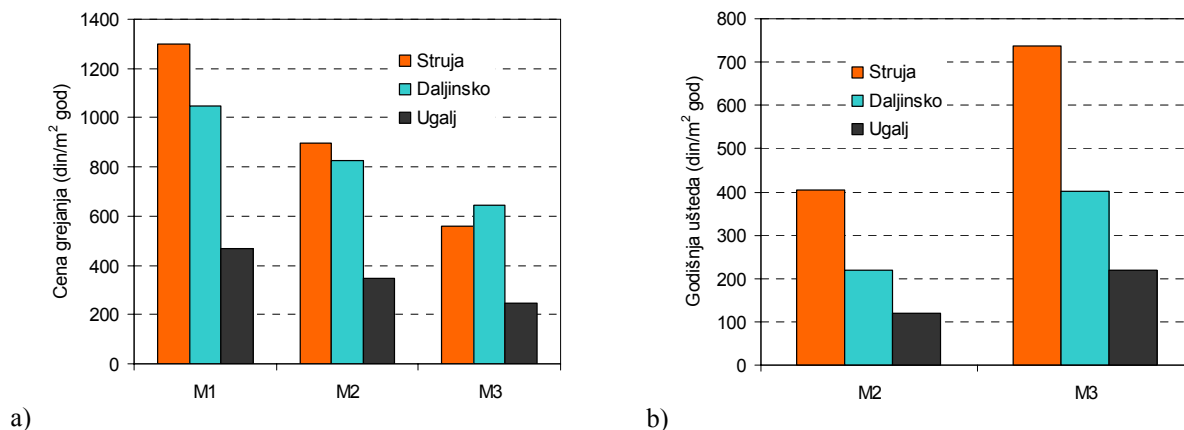
Potrošnja toplote za grejanje na godišnjem nivou po kvadratu stana:

M1. 137 kWh/m^2

M2. 92 kWh/m^2 ušteda u toploti za grejanje od **45 kWh/m^2** ili **32,8%**

M3. 55 kWh/m^2 ušteda u toploti za grejanje od **82 kWh/m^2** ili **59,8%**

Na slici 5.15 prikazani su godišnji troškovi za grejanje zgrade, kao i uštede u novcu u funkciji vrste izvora toplote.



Slika 5.15 Eksploatacioni troškovi (a) i uštede u novcu (b)

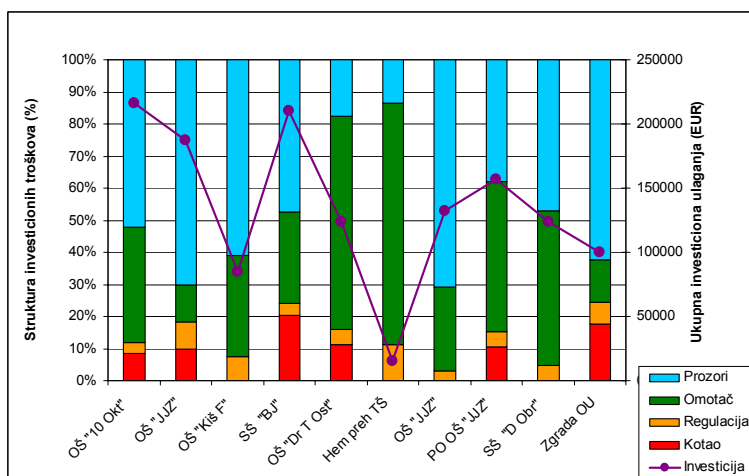
5.6.4 Setovi mera unapređenja i finansijski pokazatelji

Kao primer je korišćeno deset postojećih zgrada na teritoriji opština Kanjiža, Čoka i Novi Kneževac, za koje je sprovedena analiza potrošnje energije i primena mera unapređenja energetske efikasnosti. Na osnovu postojećeg stanja zgrada koje su obuhvaćene analizom unapređenja energetske efikasnosti pristupilo se primeni sledećih mera:

- izolacija spoljnih zidova mineralnom vunom debljine 10 mm;

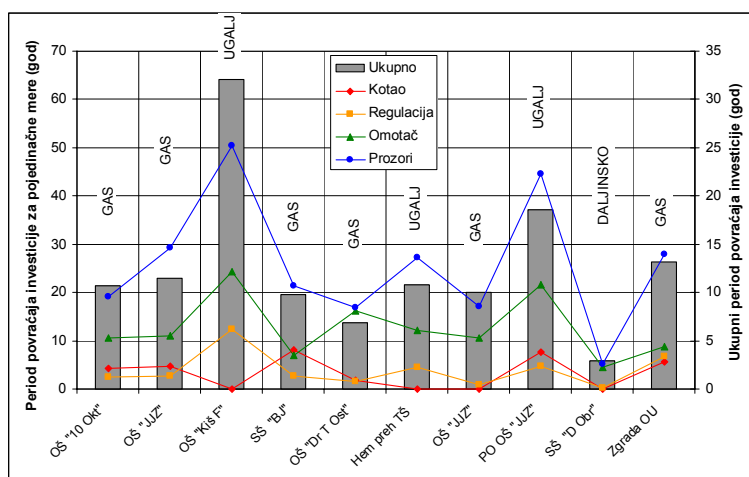
- zamena prozora sa drvenim ramom novim PVC prozorima sa dvostrukim staklom ili zaptivanje postojećih prozora;
- uvođenje centralne regulacije rada sistema centralnog grejanja;
- ugradnja radijatorskih ventila sa termostatskim glavama i novih cirkulacionih pumpi kod sistema grejanja koji ne koriste čvrsto gorivo;
- zamena starih kotlova novim, bez promene energenta.

Dijagramom na slici 5.16 prikazani su ukupni investicioni troškovi primene mera unapređenja energetske efikasnosti zgrada po strukturi. Ušteda u potrebnoj toploti za grejanje koja se postiže na godišnjem nivou razlikuje se u zavisnosti od stanja zgrade i termotehničkih instalacija u njoj, koje je zatečeno pre rekonstrukcije. Većina zgrada nije imala nikakvu izolaciju spoljnih zidova i krova, dok su kotlarnice i kotlovi bili u prilično nezavidnom stanju. Zbirnom primenom navedenih mera ukupni gubici u zgradama smanjeni su za preko 30%, osim u hemisko-prehrambenoj srednjoj školi, gde su ulaganja minimalna i odnosila su se samo na izolaciju dela termičkog omotača i zaptivanje postojećih prozora. Zaptivanje prozora, umesto kompletne zamene predviđeno je i u O.Š. „Tihomir Ostojić“ u Čoki. U kotlarnicama dve škole nije predviđena zamena postojećeg kotla, dok srednja škola „Dositej Obradović“ ima toplotnu podstanicu i vezu sa daljinskim sistemom grejanja.



Slika 5.16 Struktura investicionih troškova mera unapređenja za deset postojećih zgrada

Dijagramom na slici 5.17 prikazan je period povraćaja investicije za svaku od primenjenih mera pojedinačno, kao i zbirni period povraćaja investicije za sve primenjene mere.



Slika 5.17 Period povraćaja investicionih ulaganja za pojedinačne mere i zbirni period povraćaja investicionih troškova

Kada se analizira mera unapređenja sistema grejanja, kroz zamenu postojećeg kotla i uvođenje automatske regulacije rada sistema, može se zaključiti da je ova mera izuzetno značajna sa aspekta racionalnog korišćenja energije, povećanja stepena korisnosti, sprečavanja pregrevanja prostorija, kao i njihovo grejanje u periodima kada se ne koriste, kao što su časovi tokom noći i tokom vikenda. To se jasno uočava kroz period povraćaja investicije. Ulaganje u termičku izolaciju i zamenu prozora značajno umanjuje toplotne gubitke zgrade, naročito kod zgrada čiji su spoljni zidovi izvedeni bez izolacije. Najveći uticaj na period povraćaja investicije ima vrsta energenta koji se koristi u sistemu centralnog grejanja. S obzirom da je cena uglja značajno niža od cene gasa, zgrade kod kojih se koristi ugaj kao energent imaju jako nepovoljan period povraćaja investicionih ulaganja u sanaciju termičkog omotača zgrade.

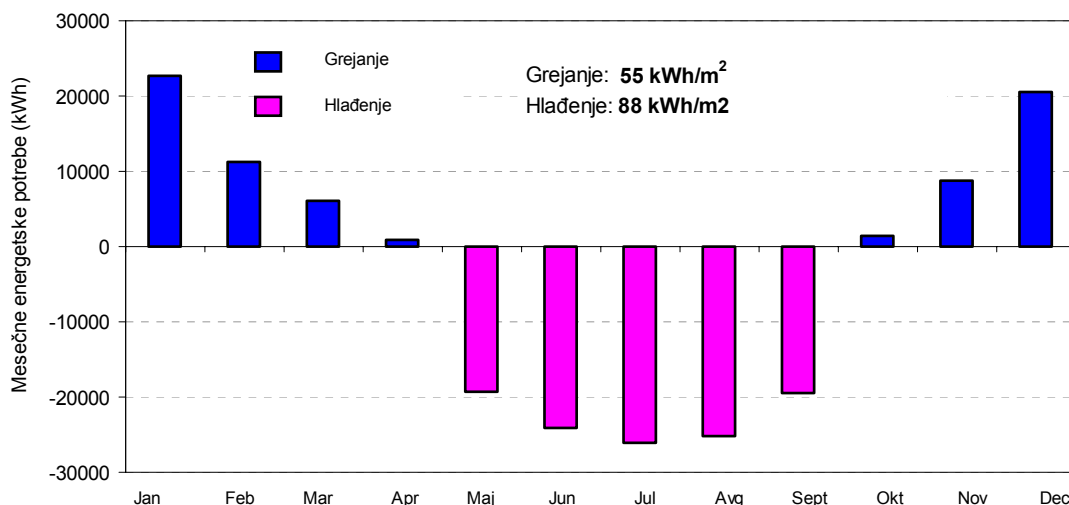
5.6.5 Uticaj izbora izvora snabdevanja energijom za novu zgradu

Zgrada koja se koristi u ovom primeru je novo projektovana zgrada u centru Beograda. U pitanju je stambeno poslovni objekat ukupne korisne površine 1300m². Termički omotač zgrade je projektovan sa dobrom termičkom zaštitom ($U = 0.37 \text{ W/m}^2\text{K}$ za spoljne zidove), i prosečnim kvalitetom prozora ($U_w = 1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$, $a = 0.4 \text{ m}^3/\text{mhPa}^{2/3}$). Model zgrade je prikazan na slici 5.18.



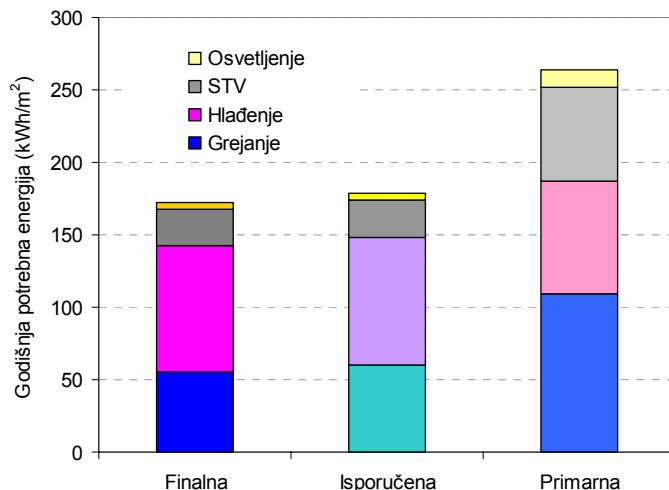
Slika 5.18 3D model zgrade u Cvijićevoj ulici u Beogradu

Na slici 5.19 prikazana je potrebna finalna energija za grejanje i hlađenje zgrade tokom godine, a na slici 5.20 struktura potrebne finalne i primarne energije - za bazni model M0.



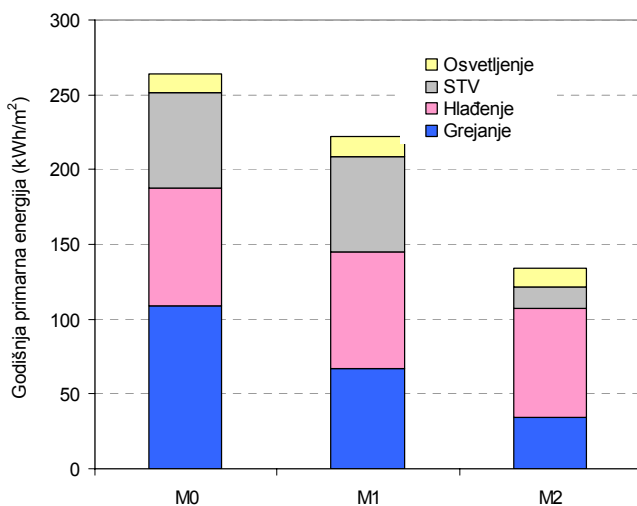
Slika 5.19 Potrebena finalna energija za grejanje i hlađenje – model M0

- **Osnovni model (M0):** Priključak na daljinsko grejanje, Lokalni klimatizeri (split-sistemi), individualna priprema STV po stanovima kotišćenjem električnih bojlera;
- **Model M1:** lokalna kotlarnica na gas, Lokalni klimatizeri (multi split sistemi) za svaki stan, individualna priprema STV po stanovima kotišćenjem električnih bojlera;
- **Model M2:** geotermalna toplotna pumpa sa tlom kao izvorom toplote, koja se koristi i u režimu hlađenja, centralni solarni sistem sa rezervoarom za pripremu STV i dodatnim električnim grejačem.



Slika 5.20 Potrebena finalna i primarna energija – model M0

Na slici 5.21 dat je prikaz potrebne primarne energije za funkcionisanje tehničkih sistema u zgradi na godišnjem nivou, u zavisnosti od različitih izvora snabdevanja energijom, uz poređenje osnovnog modela M0, sa unapređenim modelima M1 i M2.



Slika 5.21 Potrebena primarna energija za modele M0, M1 i M2