



UNIVERZITET U NIŠU
GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET



Danijela B. Milanović

**UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI
VIŠEPORODIČNIH ZGRADA IZ PERIODA
USMERENE STAMBENE IZGRADNJE U NIŠU
PRIMENOM PASIVNIH MERA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Niš, 2023.



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND
ARCHITECTURE



Danijela B. Milanović

**IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF
MULTI-FAMILY RESIDENTIAL BUILDINGS
FROM THE PERIOD OF STATE-DIRECTED
HOUSING CONSTRUCTION IN NIŠ
BY USING PASSIVE MEASURES**

DOCTORAL DISSERTATION

Niš, 2023.

Mojim roditeljima

PODACI O DOKTORSKOJ DISERTACIJI

Mentor:	Dr Veliborka Bogdanović, redovni profesor, Univerziteta u Nišu, Građevinsko–arhitektonski fakultet
Naslov:	Unapređenje energetske efikasnosti višeporodičnih zgrada iz perioda usmerene stambene izgradnje u Nišu primenom pasivnih mera
Rezime:	<p>Zgrade kao primarni element fizičke strukture svih urbanih funkcija, u velikoj meri utiču na dugoročnu potrošnju energije, pri čemu je uticaj posebno vidljiv u okviru sektora stanovanja. Polazeći od toga da postojeće zgrade ne predstavljaju problem već simptom stanja našeg društva, unapređenje njihove energetske efikasnosti (EE) sagledava se kao neophodan element koji treba da doprinese održivom razvoju izgrađene sredine. U drugoj dekadi XXI veka, najveća potrošnja energije u Srbiji bila je u stambenom sektoru (u proseku 35,2%), što je posledica nedovoljnog angažovanja na unapređenju EE zgrada. Savremne održive strategije unapređenja EE zgrada treba da zadovolje integrisane društvene, tehničke, ekonomske i ekološke potrebe različitih zainteresovanih strana. U disertaciji je sprovedeno istraživanje mogućnosti primene pasivnih mera (izolovanje, izolaciono zastakljenje, zastakljenje balkona i lođa, i zeleni krovovi) u cilju unapređenja EE višeporodičnih zgrada iz perioda usmerene stambene izgradnje (USI) u kome se odvijala intenzivna i masovna izgradnja višeporodičnih zgrada u Srbiji, specifičnog arhitektonskog izraza i materijalizacije. Za analizu modela unapređenja EE reprezentativne višeporodične stambene zgrade u Nišu, primenjen je potpuno definisani kvazi-stacionarni mesečni metod proračuna podržan programskim paketom „KnaufTerm2“ verzija v28.24. Glavni fokus istraživanja je na primeni mere zastakljenja balkona i lođa, fenomena karakterističnog za ove prostore, čiji potencijal sa aspekta smanjenja potrebne energije za grejanje u našoj praksi nije dovoljno istražen. Potencijal mere zastakljenja balkona i lođa za smanjenje potrebne energije za grejanje reprezentativne zgrade, najpre je analiziran u odnosu na tip zastakljenja (jednostruko, dvostruko obično i toplotno-izolaciono zastakljenje), a zatim je analiziran uticaj poboljšanja toplotnih karakteristika elemenata termičkog omotača balkona i lođa na efikasnost mere. Na kraju, analiziran je doprinos mere zastakljenja balkona i lođa u modelima unapređenja EE prema definisanim konceptima. Dobijeni rezultati su pokazali značajan doprinos zastakljenja balkona i lođa u smanjenju potrebne energije za grejanje višeporodične zgrade iz perioda USI, za lokalne klimatske uslove.</p>

Naučna oblast:	Arhitektura
Naučna disciplina:	Projektovanje arhitektonskih konstrukcija
Ključne reči:	unapređenje energetske efikasnosti, zastakljenje balkona i lođa, višeporodične stambene zgrade, usmerena stambena izgradnja, potrebna energija za grejanje, pasivne mere
UDK:	728.2:620.91(497.11)"19"(043.3)
CERIF klasifikacija:	T240 Arhitektura, uređenje enterijera
Tip licence Kreativne zajednice:	CC BY-NC-ND

DATA ON DOCTORAL DISSERTATION

Doctoral
Supervisor:

Veliborka Bogdanović, PhD, Full Professor,
University of Niš, Faculty of Civil engineering and Architecture

Title:

Improving the energy efficiency of multi-family residential buildings from the period of state-directed housing construction in Nis by using passive measures

Abstract:

Buildings, as the main element of the physical structure of all urban functions, greatly influence long-term energy consumption, with the impact particularly visible within the housing sector. Starting from the fact that existing buildings are not a problem but a symptom of the state of our society, the improvement of their energy efficiency (EE) is seen as a necessary element that should contribute to the sustainable development of the built environment. In the second decade of the 20th century, the highest energy consumption in Serbia was in the residential sector (35.2% on average), which is a consequence of insufficient involvement in building EE improvement. Modern sustainable strategies for improving the EE of buildings should meet the integrated social, technical, economic, and environmental needs of various stakeholders. In the dissertation, research was conducted on the possibility of applying passive measures (insulation, insulating glazing, glazing of balconies and loggias, and green roofs) to improve the EE of multi-family buildings from the period of state-directed housing construction (USI), in which intensive and mass construction of multi-family buildings with specific architectural expression and materialization took place in Serbia. For the analysis of the EE improvement model of a representative multi-family residential building in Niš, a fully prescribed monthly quasi-steady-state calculation method supported by the software package "KnaufTerm2" version v28.24 was applied. The main focus of the research is on the glazing of balconies and loggias, a phenomenon characteristic of these areas, whose potential in terms of reducing the required energy for heating has not been sufficiently explored in our practice. The potential of glazing balconies and loggias to reduce heating energy demand in a representative building was first analyzed, concerning the type of glazing (single, double ordinary, and thermally insulating glazing), and then in relation to the impact of improving the thermal characteristics of the elements of the thermal envelope of balconies and loggias on efficiency. Finally, the contribution of glazing balconies and loggias in models of EE improvement according to the defined concepts was analyzed. The obtained results showed a significant contribution of glazing balconies and loggias in reducing the required energy for heating a multi-family building from the USI period for local climatic conditions.

Scientific Field: Architecture
Scientific Discipline: Design of Architectural Structures

Key Words: the improvement of energy efficiency, glazing of balconies and loggias, multi-family residential buildings, state-directed housing construction, energy needs for heating, passive measures

UDC: 728.2:620.91(497.11)"19"(043.3)

CERIF Classification: T240 Architecture, Interior Design

Creative Commons License Type: CC BY-NC-ND

SADRŽAJ:

1	UVOD	1
1.1	PREDMET NAUČNOG ISTRAŽIVANJA	1
1.2	CILJ I ZADACI NAUČNOG ISTRAŽIVANJA	3
1.3	POLAZNE HIPOTEZE	4
1.4	NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA	4
1.5	NAUČNA OPRAVDANOST, OČEKIVANI REZULTATI I PRAKTIČNA PRIMENA REZULTATA	6
1.6	STRUKTURA DOKTORSKE DISERTACIJE	7
2	UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI VIŠEPORODIČNIH ZGRADA – TEORETSKI I METODOLOŠKI OKVIR	9
2.1	UTICAJNI IZAZOVI	12
2.2	DEFINICIJA UNAPREĐENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA	19
2.3	CILJEVI UNAPREĐENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA	21
2.4	KORISTI I OGRANIČENJA	23
3	SAVREMENI KONCEPTUALNI PRISTUPI ZA UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKSNOSTI ZGRADA	30
3.1	PRIMENJENE MERE U PROCESU UNAPREĐENJA ENERGETSKE EFIKSNOSTI	34
3.2	PASIVNE MERE	36
3.2.1	Izolovanje	38
3.2.2	Izolaciono zastakljenje	42
3.2.3	Zastakljenje balkona i lođa	46
3.2.4	Zeleni krovovi	53
4	POTENCIJAL VIŠEPORODIČNIH STAMBENIH ZGRADA ZA UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI	62
4.1	EVROPSKA UNIJA	64
4.2	SRBIJA	69
5	VIŠEPORODIČNE ZGRADE IZ PERIODA USMERENE STAMBENE IZGRADNJE U SRBIJI	77

5.1	RAZVOJNE KARAKTERISTIKE VIŠEPORODIČNIH ZGRADA IZ PERIODA USMERENE STAMBENE IZGRADNJE	77
5.2	STRUKTURALNE KARAKTERISTIKE VIŠEPORODIČNIH ZGRADA IZ PERIODA USMERENE STAMBENE IZGRADNJE	83
5.3	PREGLED AKTUELNE REGULATIVE U POSTUPKU UNAPREĐENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA	88
6	UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZASNOVANO NA PRIMENI PASIVNIH MERA I MOGUĆNOSTI NJIHOVE PRIMENE NA PRIMERU VIŠEPORODIČNE ZGRADE U NIŠU IZ PERIODA USI	93
6.1	GRAD NIŠ I IZAZOVI SA ASPEKTA POTROŠNJE ENERGIJE	95
6.2	POTENCIJAL UŠTEDE ENERGIJE I SMANJENJA EMISIJE CO ₂ KROZ SEKTORE ZGRADARSTVA I STANOVANJA U NIŠU	99
6.3	DEFINISANJE ISTRAŽIVAČKE PLATFORME	103
6.3.1	Izbor stambenog područja i reprezentativne zgrade	103
6.3.2	Energetska svojstva reprezentativne zgrade – Model „0“ (M-0).....	111
6.4	RAZRADA I DEFINISANJE ODABRANIH PASIVNIH MERA	118
6.4.1	Izolovanje.....	118
6.4.2	Izolaciono zastakljenje.....	123
6.4.3	Zastakljenje balkona i lođa	125
6.4.4	Zeleni krovovi.....	134
6.4.5	Sistematizacija mera za formiranje modela unapređenja EE.....	136
6.5	FORMIRANJE MODELA I ANALIZA NJIHOVE ENERGETSKE EFIKASNOSTI.....	139
6.5.1	Energetska efikasnost i kvantifikacija formiranih modela.....	144
6.6	DISKUSIJA REZULTATA.....	150
7	ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	157
	POPIS LITERATURE	163
	POPIS SLIKA	178
	POPIS TABELA	182
	POPIS PRILOGA.....	184

PRILOG 1 - ENERGETSKI BILANS ZA POSTOJEĆE STANJE REPREZENTATIVNE ZGRADE (M-0)...	185
PRILOG 2 – PODACI O POTROŠNJI TOPLOTNE ENERGIJE REPREZENTATIVNE ZGRADE JKP “GRADSKA TOPLANA” NIŠ	191
PRILOG 3 - ENERGETSKI BILANS VARIJANTE MERE 1 ZASTAKLJENJA BALKONA I LOĐA (JEDNOSTRUKO ZASTAKLJENJE).....	193
PRILOG 4 - ENERGETSKI BILANS VARIJANTE 5 MERE ZASTAKLJENJA BALKONA I LOĐA SA (TOPLOTNO-IZOLACIONO ZASTAKLJENJE).....	199
PRILOG 5 - ODREĐIVANJE OPTIMALNE DEBLJINE SUPSTRATA EKSTENZIVNOG ZELENOG KROVA PREMA ZAHTEVIMA KANALISANJA KIŠNOG OTICAJA	205
PRILOG 6 - ENERGETSKI BILANS MODELA M-3	209
PRILOG 7 - ENERGETSKI BILANS MODELA M-4	215
BIOGRAFIJA	221

1 UVOD

1.1 PREDMET NAUČNOG ISTRAŽIVANJA

Savremeni gradovi se suočavaju sa nizom prostornih, socijalnih, ekonomskih i envajronmentalnih problema i rizika koji proizilaze iz procesa klimatskih promena, rapidne urbanizacije i energetske siromaštva. Emisija ugljen dioksida, koja je u direktnoj vezi sa potrošnjom energije u okviru urbanih funkcija – sektora (saobraćaja, stanovanja, industrije, uslužne delatnosti itd.), javlja se kao jedan od primarnih envajronmentalnih problema i izazova koje treba kanalisati kroz odgovarajuća institucionalna, zakonodavna, planska i projektantska rešenja.

Budući da su zgrade primarni element fizičke strukture svih urbanih funkcija, one u velikoj meri utiču na dugoročnu potrošnju energije, pri čemu je uticaj posebno vidljiv u okviru funkcije stanovanja. Primera radi, potrošnja energije u Evropskoj uniji (EU) je prema poslednjim istraživanjima najzastupljenija upravo u zgradarstvu sa skoro 40%, pri čemu je udeo stambenih zgrada u potrošnji finalne energije oko 25%. Istovremeno, istraživanja ukazuju da 75% stambenog fonda u okviru EU nije energetske efikasno. Učešće stambenih zgrada u potrošnji finalne energije u Srbiji je mnogo veće od onog u okviru EU i iznosi 36%, dok je učešće energetske neefikasnih zgrada, na osnovu dostupnih podataka i projekcija, slično.

Navedeni podaci ukazuju na veliki potencijal za unapređenje energetske efikasnosti zgrada u sektoru stanovanja, ali i na važnost diskusije o pravcima, mogućnostima i načinima realizacije energetske održivih stambenih zgrada, kako novoprojektovanih, tako i postojećih, pri čemu se pod energetske efikasnom zgradom podrazumeva ona koja troši minimalnu količinu energije uz obezbeđenje svih potrebnih uslova za vazdušni, toplotni, zvučni i svetlosni komfor. U fokusu ovog istraživanja su postojeće višeporodične stambene zgrade, odnosno ciljevi, mogućnosti i koristi koje proizilaze iz unapređenja njihove energetske efikasnosti. Pored očuvanja, formiranja i/ili poboljšanja uslova komfora, i ekonomskih racionalnosti koje proizilaze iz primenjenih aktivnosti i mera, primarni ciljevi unapređenja energetske efikasnosti postojećih zgrada, od kojih polazi i ovo istraživanje, su: 1) smanjenje potrošnje energije i 2) smanjenje emisije ugljen dioksida. Realizacija ovih ciljeva u Srbiji vodi ka unapređenju energetske svojstava zgrade, na način koji je definisan važećim pravilnicima, odnosno samo na osnovu potrebne energije za grejanje.

Unapređenje energetske efikasnosti se sprovodi implementacijom jednostavnih metoda i tehnika koje odlikuje integrisani pristup problematici, pri čemu se posebna pažnja posvećuje klimatskim i urbanističkim uslovima, oblikovanju zgrade, odabiru materijala i sistema, i ekonomičnosti. Primenjene mere ne smeju da utiču na druge zahteve u vezi sa zgradama, kao što su pristupačnost, stabilnost, bezbednost i namena zgrade. Savremeni projektantski pristupi se zasnivaju na implementaciji ovih mera primenom principa bioklimatskog i ekološkog projektovanja. Najzastupljeniji koncept u ovakvom načinu projektovanja je „Energetsko trojstvo“ (*Trias Energetica*). Ovaj koncept predstavlja hijerarhijski pristup održivosti koji se zasniva na tri koraka: 1) prevencija – smanjenje energetske potrebe zgrade; 2) upotreba obnovljivih izvora energije i 3) efikasna upotreba fosilnih goriva. U okviru primene ovog koncepta koriste se dve grupe mera: pasivne i aktivne. Pasivne mere primenjuju se u prvom koraku i odnose se na poboljšanje karakteristika elemenata omotača zgrade u cilju umanjavanja toplotnih gubitaka i povećanja toplotnih dobitaka. U pasivne mere spadaju: izolovanje, izolaciono zastakljenje transparentnih elemenata (zamena spoljašnje stolarije), zaptivenost, staklenik, zastakljenje balkona i lođa, termalna masa, Trombov zid, prirodna ventilacija, elementi zasenčenja, kao i elementi zelene gradnje – zeleni krov i zeleni zid. Aktivne mere zastupljene su u drugom koraku i predstavljaju primenu tehničko-tehnoloških sistema za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora (termalni solarni prijemnici, toplotna pumpa itd.), dok se u trećem koraku primenjuju u funkciji poboljšanja efikasnosti već postojećih sistema za grejanje, hlađenje i pripremu sanitarne tople vode koji koriste fosilna goriva (zamena toplotnih izvora, intervencije na kotlovima itd.).

Uži predmet istraživanja u disertaciji su mogućnosti i koristi primene pasivnih mera u unapređenju energetske efikasnosti višeporodičnih stambenih zgrada. U okviru istraživanja, sagledavaju se i analiziraju sledeće mere: 1) izolovanje, 2) izolaciono zastakljenje transparentnih elemenata, 3) zastakljenje balkona i lođa i 4) zeleni krov. Istraživački fokus je na poslednje dve mere, iz razloga što su se dosadašnja istraživanja, posebno u našoj praksi, uglavnom bavila problematikom unapređenja energetske efikasnosti primenom izolovanja i zamene prozora i balkonskih vrata kao dominantnim pasivnim merama, dok zastakljenje balkona i lođa, i zeleni krovovi nisu dovoljno sagledani i istraženi. Navedeni razlozi čine istraživanje u okviru ove disertacije opravdanim i od značaja za akademsku zajednicu, kao i za dalja istraživanja u oblasti unapređenja energetske efikasnosti zgrada.

Istraživačku platformu čine višeporodične stambene zgrade iz perioda usmerene stambene izgradnje u okviru selektovanog područja u Nišu. Razlog za njihov izbor proizilazi iz činjenice

da upravo stambene zgrade koje su izgrađene u periodu od 1945. do 1980. godine imaju najveći udeo u potrošnji energije, kako na nivou EU tako i u Srbiji, upravo usled njihovih nedovoljnih energetske svojstava. Najintenzivniji period izgradnje višeporodičnih zgrada za stanovanje u Srbiji je bio od 1960. do 1990. godine, koji se u našoj praksi definiše kao period usmerene stambene izgradnje. Karakteriše ga intenzivna i masovna izgradnja stambenih područja sa višeporodičnim zgradama, koja su realizovana pod dominacijom države i centralizovanog sistema planiranja, sa prepoznatljivim urbanističko–arhitektonskim karakteristikama zasnovanim na primeni principa *CIAM*–a¹ i rigidnog urbanističkog planiranja. Jedna od karakteristika je i primena industrijalizovane/prefabrikovane gradnje u skeletnom ili panelnom sistemu, sa fasadama koje su u potpunosti ili delimično prefabrikovane. Iako projektovane u skladu sa tadašnjim pravilnicima o toplotnoj zaštiti zgrada, danas ove zgrade predstavljaju prekomerne potrošače energije i nepochodno je sprovesti unapređenje energetske efikasnosti.

Na osnovu navedenog, istraživanje u doktorskoj disertaciji se odnosi na: 1) analizu zakonskih okvira i aktuelnih pristupa unapređenja energetske efikasnosti, 2) definisanje konceptualnog i metodološkog okvira unapređenja energetske efikasnosti, 3) razradu i implementaciju modela unapređenja zasnovanog na primeni odabranih pasivnih elemenata, sa fokusom na primeni zastakljenja balkona i lođa, na izabranoj višeporodičnoj zgradi iz perioda usmerene stambene izgradnje u Nišu i 4) sagledavanje koristi primene prediktivnih modela.

1.2 CILJ I ZADACI NAUČNOG ISTRAŽIVANJA

Tri su primarna cilja ovog istraživanja:

1. Definisanje i razrada modela unapređenja energetske efikasnosti zgrada zasnovanog na primeni pasivnih elemenata, sa fokusom na primeni zastakljenja terasa i lođa, i zelenog krova;
2. Ispitivanje koristi i mogućnosti primene navedenog modela sa aspekta smanjenja potrebne energije za grejanje i emisije ugljen dioksida u našim uslovima na primeru višeporodičnih zgrada za stanovanje u Nišu građenih u periodu usmerene stambene izgradnje;
3. Definisanje razvojnih preporuka i smernica za unapređenje energetske svojstava postojećih višeporodičnih stambenih zgrada u Nišu kroz primenu pasivnih mera.

Na osnovu primarnih ciljeva definisani su sledeći sekundarni ciljevi:

1. Inoviranje strategija i pristupa u unapređenju energetske efikasnosti postojećih višeporodičnih stambenih zgrada u kontekstu lokalnih klimatskih uslova primenom modela koji do sada nisu razmatrani;

¹ *CIAM* - *Congres internationaux d'architecture moderne* - Međunarodni kongres moderne arhitekture

2. Definisane elemenata i struktura odabranih pasivnih mera u postupku unapređenja energetske efikasnosti postojećih višeporodičnih stambenih zgrada;

3. Uspostavljanje kriterijuma za ocenu efikasnosti primene odabranih pasivnih mera u unapređenju energetske efikasnosti postojećih višeporodičnih stambenih zgrada;

4. Identifikovanje i istraživanje dopunskih koristi koje proističu iz primene odabranih pasivnih mera u unapređenju energetske efikasnosti višeporodičnih stambenih zgrada (ekološki komfor, povećanje upotrebnog i oblikovnog potencijala prostora, urbana agrikultura itd.).

U funkciji primarnih i sekundarnih ciljeva, definisani su i sledeći izvedeni ciljevi:

1. Sistematizacija zakonodavnog i regulatornog okvira na nivou Evropske unije i Srbije;

2. Identifikovanje i sistematizacija kriterijuma valorizacije unapređenja energetske efikasnosti;

3. Sistematizacija teoretskih i praktičnih saznanja dosadašnjih pristupa u procesu energetske sanacije višeporodičnih stambenih zgrada.

1.3 POLAZNE HIPOTEZE

U skladu sa izloženim predmetom, postavljenim ciljevima i zadacima istraživanja, disertacija se temelji na sledećim hipotezama:

Prva hipoteza: „Efikasnost primene zastakljenja balkona i lođa u smanjenju godišnje potrebne energije za grejanje višeporodičnih stambenih zgrada iz perioda usmeren stambene izgradnje u Nišu se povećava ukoliko se unaprede i toplotne karakteristike netransparentnih i transparentnih elemenata termičkog omotača u zoni balkona i lođa“;

Druga hipoteza: „Zastakljenje balkona i lođa, kao manje primenjivana pasivna mera za unapređenje energetske efikasnosti u našim uslovima, u značajnom obimu doprinosi poboljšanju energetske svojstava višeporodičnih zgrada iz perioda USI prema definisanim klimatskim uslovima“.

1.4 NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA

Proces i kompleksnost istraživanja mogućnosti i primene pasivnih elemenata u unapređenju energetske efikasnosti višeporodičnih zgrada za stanovanje iz perioda usmerene stambene izgradnje u Nišu podrazumeva sistematično korišćenje seta naučnih metoda, prilagođenog složenoj prirodi teme i multidisciplinarnom karakteru problematike. Kako bi se

sveobuhvatno sagledao predmet istraživanja i realizovali postavljeni ciljevi, korišćene su sledeće naučne metode:

- Empirijska metoda saznanja
- Analiza i sinteza
- Studija slučaja
- Metoda modelovanja
- Komparacija i klasifikacija

Formiranje informacione baze za istraživanje energetske svojstva zgrada, i savremenim tendencijama u ovoj oblasti sa fokusom na višeporodične stambene zgrade, sprovedeno je metodom analize prethodnih naučnih istraživanja iz dostupne literature i zakonodavnih i planskih dokumenata. Za sagledavanje aktuelnih teoretskih i metodoloških okvira energetske efikasnosti, kao i mogućnosti i koristi primene pasivnih mera u unapređenju energetske efikasnosti višeporodičnih stambenih zgrada, primenjene su metode analize i klasifikacije. Metodom studije slučaja i komparativnom metodom na primerima dobre prakse analizirani su savremeni pristupi u unapređenju energetske efikasnosti zgrada.

Mogućnosti primene odabranih pasivnih mera istražene su na izabranim primerima višeporodičnih stambenih zgrada iz perioda usmerene stambene izgradnje u Nišu. Metodom analize, indentifikacije i klasifikacije elemenata termičkog omotača zgrade izvršen je odabir pasivnih mera koje su primenjene u modelima unapređenja energetske efikasnosti. Kvantifikacija i definisanje karakteristika predloženih pasivnih mera sa aspekta njihovih toplotno zaštitnih svojstava sprovodi se numeričkom analizom. Metoda modelovanja pomoću specijalizovanog programskog paketa „KnaufTerm2“ verzija v28.24 koji se koristi za izračunavanje potrošnje energije za grejanje i emisije ugljen dioksida, pre i nakon primene odabranih pasivnih mera, realizovana je na modelima izabrane višeporodične stambene zgrade. Komparacijom dobijenih rezultata izvršeno je rangiranje različitih modela unapređenja energetske efikasnosti.

Sistematizacijom, sumiranjem i interpretacijom prethodnih analitičkih podataka formulisane su smernice za dalje projektantske aktivnosti kroz informacionu podršku u razvoju strategija i projekata unapređenja energetske efikasnosti. Zaključci i preporuke predstavljaju sintezu rezultata istraživanja u skladu sa definisanim istraživačkim ciljevima i pitanjima.

1.5 NAUČNA OPRAVDANOST, OČEKIVANI REZULTATI I PRAKTIČNA PRIMENA REZULTATA

Očekivani su sledeći rezultati naučnog istraživanja:

- Identifikacija elemenata termičkog omotača višeporodičnih stambenih zgrada sa predlogom odabranih pasivnih mera za svaki od elemenata, u svrhu formiranja efikasnije strategije unapređenja energetske efikasnosti u našim uslovima;
- Kvantifikacija predloženih mera koje bi doprinele poboljšanju toplotno zaštitnih karakteristika elemenata termičkog omotača;
- Sistematizacija ključnih aspekata u odlučivanju pri odabiru predloženih pasivnih mera za unapređenje energetske efikasnosti višeporodičnih stambenih zgrada, čime bi se stvorili uslovi za efikasnijim i svrsishodnijim projektima energetske sanacije, kako u proceduralnom tako i u projektantskom smislu;
- Davanje doprinosa u razvoju pristupa koji će pokazati potencijal primene različitih pasivnih mera sa akcentom na zastakljenje lođa i terasa, i primene zelenog krova, u unapređenju energetske efikasnosti višeporodičnih stambenih zgrada u cilju smanjenja energije za grejanje i emisije ugljen dioksida;
- Određivanje smernica, ograničenja i preporuka za implementaciju istraživanih pasivnih mera u procesu unapređenja energetske efikasnosti višeporodičnih stambenih zgrada u Nišu;
- Stvaranje informacione osnove od značaja za dalja istraživanja.

Naučna zasnovanost predloženog istraživanja ogleda se u razvoju metodoloških postupaka kao i formiranju smernica za projektovanje kroz predlog projektanskog modela u aktuelnoj oblasti unapređenja energetske efikasnosti postojećih objekata kao komplementa razvoja održive gradnje.

Doprinos istraživanja se odnosi na razvoj strategija, projektantskih pristupa i smernica u poboljšanju energetske svojstava postojećih višeporodičnih stambenih zgrada, na osnovu primene odabranih pasivnih mera, a u cilju unapređenja njihove energetske efikasnosti. Rezultati dobijeni sprovedenim istraživačkim pristupom predstavljali bi informacionu i projektantsku osnovu i podršku u razradi projekata unapređenja energetske efikasnosti višeporodičnih stambenih zgrada koji uzimaju u obzir poboljšanje energetske svojstava zgrade, komfor korisnika i efikasnu upotrebu energije za grejanje, istovremeno doprinoseći smanjenju emisije ugljen dioksida i održivom razvoju.

1.6 STRUKTURA DOKTORSKE DISERTACIJE

Doktorsku disertaciju čini sedam poglavlja, u okviru kojih su, nakon uvodnog dela, najpre prikazani teoretski i metodološki okvir, i savremeni pristupi unapređenju energetske efikasnosti zgrada, a zatim je sprovedena analiza potencijala višeporodičnih stambenih zgrada sa aspekta smanjenja energetske potrošnje za grejanje. Sprovedene analize sa fokusom na pasivnoj meri zastakljenja balkona i lođa, kao i efikasnost njene primene u okviru modela za unapređenje EE višeporodičnih zgrada iz perioda usmerene stambene izgradnje, a sa aspekta smanjenja potrebne energije za grejanje, su omogućile definisanje zaključaka i preporuka za dalja istraživanja primene ove mere u oblasti energetske efikasnosti razmatranog segmenta.

U uvodnom poglavlju dat je kratak osvrt na aktuelnost teme, i utvrđeni su ciljevi i zadaci istraživanja doktorske disertacije. Definisane su polazne hipoteze, kao i metode koje će se primeniti u istraživanju, sa osvrtom na naučnu opravdanost i očekivane rezultate.

U drugom poglavlju, kao podrška planiranju strategija i modela unapređenja energetske efikasnosti višeporodičnih zgrada, prikazane su osnovne odrednice u smislu: uticajnih izazova (klimatske promene, rapidna urbanizacija i energetska siromaštvo), definicija, ciljeva, i koristi i ograničenja u skladu sa temom doktorske disertacije.

Treće poglavlje prikazuje savremene pristupe unapređenja energetske efikasnosti zgrada sa akcentom na strategiju Evropske komisije „*Talas obnove*“ koja je definisana kako bi se u Evropi ostvarili ciljevi *Zelenog plana*. S obzirom na to da pomenuta strategija podrazumeva održive koncepte unapređenja energetske efikasnosti zgrada, u poglavlju je sagledano poimanje održivosti uopšte, kao i kroz diskurs održive arhitekture koja se zasniva na principima bioklimatskog projektovanja. U kontekstu održivog unapređenja energetske efikasnosti zgrada u poglavlju su prikazane mere i mehanizmi u okvirima bioklimatskog projektovanja i sa njim usko povezanog koncepta „Energetsko trojstvo“ („*Trias Energetica*“) sa fokusom na pasivne mere: izolovanje, izolaciono zastakljenje, zastakljenje balkona i lođa, i zeleni krovovi. Ovo poglavlje je zapravo teorijska podloga za kasniju razradu mera i modela unapređenja energetske efikasnosti višeporodičnih zgrada.

U četvrtom poglavlju opisana je detaljna analiza potencijala uštede energije u zgradama namenjenih višeporodičnom stanovanju, sprovedena na osnovu dostupnih podataka. Na osnovu ove analize opravdan je izbor perioda izgradnje i tip višeporodične zgrade za dalje istraživanje u disertaciji.

U petom poglavlju prikazane su razvojne karakteristike višeporodičnih stambenih područja u periodu usmerene stambene izgradnje, kao i njihove transformacije u post-socijalističkom periodu, bitne za izbor istraživačkog stambenog područja. Date su i strukturalne karakteristike samih višeporodičnih zgrada, specifičnog arhitektonskog izraza i materijalizacije, kao i razvoj i pregled aktuelne regulative u postupku unapređenja energetske efikasnosti zgrada kod nas.

U šestom poglavlju je nakon prikaza potencijala za uštedu energije i smanjenja emisije CO₂ u sektoru zgradarstva, odnosno stanovanja u Nišu, definisana istraživačka platforma zasnovana na izboru stambenog područja i reprezentativne zgrade, i određivanju njenih energetske svojstava. Sprovedena je razrada i definisanje odabranih mera na osnovu njihove efikasnosti u smanjenju specifične potrebne energije za grejanje u odnosu na postojeće stanje reprezentativne zgrade, sa akcentom na doprinos mere zastakljenja balkona i lođa u odnosu na tip zastakljenja i nivo toplotnih karakteristika elemenata termičkog omotača na delu balkona i lođa. Prikazana je sistematizacija mera i definisani su koncepti unapređenja energetske efikasnosti višeporodičnih zgrada (koncept prema Nacionalnoj tipologiji stambenih zgrada Srbije i koncept sa uključenom participacijom stanara). U okviru ovog poglavlja formirani su prediktivni modeli unapređenja energetske efikasnosti reprezentativne zgrade, i za svaki model sproveden je proračun energetske svojstava modelovane reprezentativne zgrade. Prikazana je diskusija dobijenih rezultata koja se sastoji iz dva dela. U prvom se diskutuje efikasnost u smanjenju potrebne energije za grejanje same mere zastakljenja balkona i lođa, a u drugom efikasnost prediktivnih modela unapređenja energetske efikasnosti reprezentativne zgrade.

U sedmom poglavlju na osnovu teorijskih i proračunskih istraživanja prikazanih u prethodnim poglavljima, izvedene su grupe zaključaka kojima se potvrđuju (obe) polazne hipoteze i utvrđene su preporuke za dalja istraživanja primene zastakljenja balkona i lođa, kao mere za unapređenje energetske efikasnosti višeporodičnih zgrada sa aspekta smanjenja potrebne energije za grejanje.

2 UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI VIŠEPORODIČNIH ZGRADA – TEORETSKI I METODOLOŠKI OKVIR

Područja sa višeporodičnom stambenom izgradnjom (eng. *mass housing, large housing estates*) su tipičan reprezent stambene politike u svim bivšim socijalističkim zemljama Evrope, uključujući i našu zemlju. U stranoj i domaćoj literaturi su prisutni razni termini kada se istražuje arhitektura socijalističkog perioda: kasna moderna, postmoderna, arhitektura brutalizma, arhitektura socijalizma. Kao najprepoznatljiviji termin kod nas, koji je istovremeno i vremenska i tipološka odrednica za socijalistički period (1960. – 1990.) sa najintenzivnijom višeporodičnom stambenom izgradnjom, se izdvojio termin „*usmerena stambena izgradnja*“. Ovaj termin će biti primenjen i u okviru ovog istraživanja, pod skraćenicom USI.

U periodu post–socijalizma su područja višeporodične stambene izgradnje (dalje u tekstu VSP) bila, i još uvek su izložena značajnim fizičkim i funkcionalnim transformacijama i promenama. Promene ukazuju na veliku raznolikost u pogledu prisustva, pojavnih oblika, tempa i intenziteta (van Kempen i sar., 2005; Kovacz i Herfert, 2012; Hess i sar., 2018). I pored toga, generalno se mogu prepoznati tri post–socijalistička načina razvoja VSP–a koja generišu i različite tipove promena (Bouzarovski i sar., 2011; Gunko i sar., 2018; Vasilevska i sar., 2020):

1) stagnacija razvoja i degradacija višeporodičnog stanovanja uz potpuno zanemarivanje i propadanje zgrada i/ili javnih otvorenih prostora, uzrokovano neregulisanim razvojnim i planerskim okruženjem i uslovima razvoja i planiranja, nedostatkom resursa za održavanje (Kahrik i Tammaru, 2010) ili nespremnošću vlasnika stanova da se prilagode novim odgovornostima (Temelova i sar., 2011). Kao ključne promene se javljaju smanjenje ili potpuno nestajanje javnih otvorenih prostora i degradacija postojećih zgrada (slika 2.1a), ali su takođe prisutna i individualna proširenja zgrada i funkcionalna transformacija njihovih prizemlja – stanova ili zajedničkih prostorija;

2) nekontrolisani i nekoordinisani razvoj i obnova, koji se manifestuje pojedinačnim proširenjima u smislu izgradnje novih balkona ili zatvaranjem postojećih, ili izgradnjom novih spratova (Bouzarovski i sar., 2011), kao i funkcionalnom transformacijom prostorija u prizemlju (Hirt, 2012; Vasilevska i sar., 2016). Za ovaj način transformacije VSP-a se u literaturi najčešće koristi krovni termin „uradi sam“ (slika 2.1b);

3) razvoj zasnovan na jasno definisanoj politici urbanog razvoja, planskom i institucionalnom okviru, kao i projektima urbane regeneracije na makro i mikro prostornom i investicionom nivou. Ovaj način vodi ka potpunoj renovaciji nasleđenog stambenog fonda i celokupnih VSP (slika 2.1c), čineći ih vitalnim i atraktivnim za različite društveno–ekonomske grupe (Szafranska, 2014; Hess i sar., 2018).



Slika 2.1 Tri dominantna post–socijalistička načina razvoja višeporodičnih stambenih područja iz socijalističke prošlosti: **a)** Potpuno propadanje i zanemarivanje – primer VSP Ferentari u Bukureštu, Rumunija; **b)** „Uradi sam“ urbanizam – primer VSP u Jerevanu, Jermenija; **c)** Jasno definisana politika urbane obnove i regeneracije – primer obnove fasada i postavljanje solarnih panela, Budimpešta, Mađarska.

Izvor: a) https://www.reddit.com/r/UrbanHell/comments/pib0qy/ferentari_the_poorest_area_of_bucharest_romania/

b) <https://www.calvertjournal.com/features/show/11033/can-post-revolution-yerevan-get-to-grips-with-its-informal-architecture-epidemic>

c) <https://www.eukn.eu/news/detail/village-block-renovation-pilot-project-district-3-obuda-budapest/>

Iako se prostorne promene VSP razlikuju od zemlje do zemlje, ipak je strateške, planske i programske aktivnosti nacionalnih i lokalnih vlasti koje se odnose na njihov razvoj u post–socijalističkom kontekstu moguće prepoznati i svrstati u okvire tri ključna strateška pristupa (van Kempen i sar., 2005; Kovacz i Herfert, 2012; Hess i sar., 2018; Vasilevska i sar., 2020):

1) ekstremni pristup podrazumeva rušenje postojećeg stambenog fonda, javnih sadržaja i otvorenih površina i izgradnju potpuno novih stambenih naselja ili područja sa mešovitom namenom. Primera radi, ovaj pristup se primenjuje u pojedinim gradovima bivše Istočne Nemačke i u Moskvi (slika 2.2a);

2) takođe ekstremni, ali sa drugog aspekta – „ne raditi ništa“, tj. ne intervenisati i ostaviti tržištu da oblikuje promene, uz odsustvo i/ili sporadično učešće državnih i lokalnih vlasti. Ovaj pristup se često prepoznaje i pod terminom „Divlji istok“, i vezuje se za prvu fazu tranzicije u bivšim socijalističkim zemljama, nakon koje su one konsolidovale svoju stambenu i urbanu politiku (slika 2.2b);

3) integrisani pristup, koji podrazumeva urbanu regeneraciju zasnovanu na sprovođenju mera i aktivnosti urbane politike čiji je cilj rehabilitacija i poboljšanje fizičkih, socijalnih i ekoloških karakteristika VSP–a, kako na makro, tako i na mikro urbanom i investicionom nivou (slika 2.2c).



Slika 2.2 Tri ključna post-socijalistička strateška pristupa razvoju višeporodičnih stambenih područja iz socijalističke prošlosti: **a)** Ekstremni strateški pristup zasnovan na rušenju i uklanjanju postojećih stambenih područja i izgradnja novih – prijemr rušenja "krushovki" u Moskvi, Rusija; **b)** „Ne raditi ništa“ – primer stambenih objekata u Jerevanu, Jermenija; **c)** Integrisani pristup – primer urbane regeneracije Drewitz – Potsdam, Nemačka.

Izvor: a) <https://www.wikiwand.com/en/Khrushchyovka>;

b) <https://www.calvertjournal.com/features/show/11033/can-post-revolution-yerevan-get-to-grips-with-its-informal-architecture-epidemic>;

c) https://www.fairkehr-magazin.de/fileadmin/user_upload/fairkehr/redaktion/fk_0321/Titel/Konrad_Wolf_Allee_Drewitz_neu.jpg

Integrisane strategije sprovode se kroz tri vrste intervencija: 1) lokaciono zasnovane intervencije (eng. *place-based*), 2) intervencije zasnovane na povezivanju (eng. *connectivity-based*) i 3) intervencije zasnovane na ljudima (eng. *people-based*). Najprisutnije su lokaciono zasnovane intervencije, posebno one koje se odnose na obnovu i nadgradnju fizičkog okruženja VSP radi usklađivanja sa EU energetske direktivama i regulativama energetske efikasnosti, kao što je to slučaj u Mađarskoj, Slovačkoj, Češkoj, Poljskoj i Rumuniji (Marin i Chelcea, 2018). Pored njih, najčešće intervencije su remodelovanje stanova, regeneracija prefabrikovanih zgrada građenih u panelnom ili skeletnom sistemu i obnova javnih otvorenih prostora (Simacek i sar., 2015). I pored toga što su se u pojedinim VSP ispoljili negativni efekti poput densifikacija, gentrifikacija ili getoizacija (slika 2.1a), većina njih je i dalje vitalni deo stambenog fonda mnogih gradova i predstavlja pogodno okruženje za život različitih socijalno-ekonomskih grupa.

Za razliku od drugih bivših socijalističkih zemalja, Srbija je prošla kroz specifičan tranzicioni period u kome je duboka politička i ekonomska kriza usporile reformske procese, uključujući i one vezane za razvoj stambenih područja USI. Može se reći da je Srbija još uvek u „produženoj“ fazi tranzicije, tokom koje se institucionalni i planski odnos prema USI nije mnogo promenio od 1990-ih godina kada su državna i lokalna vlast bili „nemi svedoci“, dok su ostali akteri, pre svega privatni investitori, preuzeli primarnu ulogu. Oblikovani ovim okolnostima, a u odnosu na prethodno navedenu poddelu, u gradovima Srbije se mogu prepoznati dva post-socijalistička načina razvoja USI: 1) zanemarivanje i propadanje zgrada i/ili javnih otvorenih prostora, i, prisutniji način, 2) nekontrolisani i nekoordinisani razvoj i renoviranje (Vasilevska i sar., 2020; Bogdanović Protić i sar., 2020). Ipak, iako su ovi načini razvoja USI doveli do pojave i prisustva regresivnih promena (degradacija zgrada ili smanjenje javnog otvorenog prostora), nijedna od njih nije prisutna u svom ekstremu (getoizacija ili totalna degradacija) kao što je to slučaj u nekim zemljama bivšeg istočnog bloka (na primer, videti sliku 2.1a).

Sa druge strane, treći način razvoja VSP-a, odnosno potpuno renoviran stambeni fond, tipičan za razvijenije zemlje bivšeg Istočnog bloka, sada članice EU, se ne prepoznaje u područjima USI. Naime, iako se u gradovima Srbije ne identifikuje ekstremna post-socijalistička razvojna strategija – potpuno rušenje i uklanjanje postojećeg stambenog fonda, ne prepoznaje se ni integrisana strategija regeneracije, koja bi za cilj imala poboljšanje fizičkih, društvenih, energetskih i ekoloških uslova u područjima USI. Intenzitet transformacija je uglavnom oblikovan „nečinjenjem ničega“ kao odgovorom nacionalne i lokalne uprave na planski pristup razvoju i obnovi područja USI, uz podršku „uradi sam“ pristupa, i zavisi od: 1) tržišta, uz minimalno učešće države i lokalne vlasti, 2) prostornih kapaciteta USI i 3) interesa pojedinačnih zainteresovanih strana - investitora i stanovnika/vlasnika stanova. *Upravo je nedostatak integrisanih pristupa ključni motiv za ovo istraživanje, u čijem je fokusu unapređenje energetske efikasnosti zgrada (u daljem tekstu EEZ) u okviru područja USI. Za razvijanje istraživačkog pristupa kao podrška planiranju strategija i modela unapređenja EEZ, u tekstu koji sledi, najpre će biti prodiskutovane osnovne odrednice u smislu: uticajnih izazova, definicija, ciljeva, koristi i ograničenja za unapređenje EEZ namenjenih višeporodičnom stanovanju.*

2.1 UTICAJNI IZAZOVI

Percepcija izgrađene sredine za čoveka u savremenom svetu predstavlja prirodno okruženje zbog toga što se zgrade jednostavno više ne podrazumevaju kao nešto veštačko i stvoreno od strane čoveka, već ih doživljavamo kao sastavni deo našeg prirodnog okruženja (Košir, 2019). Ovakva percepcija izgrađene sredine, naročito u razvijenim zemljama ali i u zemljama u razvoju, je posledica između ostalog i činjenice da čovek, prema podacima Svetske zdravstvene organizacije – SZO (eng. *World Health Organization* – WHO), 90% svog vremena u toku dana/života provede u zatvorenim prostorima – zgradama. Kako bi se, sa aspekta energetskih potreba, obezbedio odgovarajući životni komfor i prijatan boravak u zgradama, troši se ogromna količina energije što, nesumnjivo, za posledicu ima negativan ekološki otisak na urbanu i životnu sredinu. Ipak, pristup analizi EEZ i ekološkog uticaja zgrada na životnu sredinu treba biti zasnovan na prihvatanju premise da zgrade ne predstavljaju problem već simptom/indikator našeg društva. U skladu sa tim, savremeni integrisani pristupi u segmentu (unapređenja) EEZ podrazumevaju održivost i razumevanje veze između energetskih potreba i ekoloških uticaja zgrada na životnu sredinu, sagledani kroz razvojne izazove. Na globalnom nivou poslednjih decenija prepoznata su tri ključna razvojna izazova XXI veka: 1) *klimatske promene*, 2) *rapidna urbanizacija* i 3) *energetsko siromaštvo*.

Klimatske promene

Klimatske promene ne poznaju granice već su globalno vanredni, dugoročni, ekološki problem koji zahteva međunarodnu saradnju i koncipirana rešenja na svim nivoima. Posledice klimatskih promena vidljive su svakodnevno i podrazumevaju intenzivne suše, velike požare, poplave, nedostatak vode, katastrofalne oluje, topljenje polarnog leda, porast nivoa mora i narušavanje biodiverziteta (slika 2.3). Ove posledice demistifikuju poistovećivanje klimatskih promena samo sa porastom temperature, jer je Zemlja sistem gde promene u jednoj oblasti (porast temperature) mogu uticati na sve ostale. Široko rasprostranjene, brze i intenzivne, klimatske promene u urbanim područjima se manifestuju u vidu: većih rizika od poplava, intenzivnije pojave urbanih toplotnih ostrva (eng. *Urban Heat Island* – UHI), nižeg unutrašnjeg komfora, manje produktivnosti i povećanog zdravstvenog rizika (Pajek i Košir, 2018).



Slika 2.3 Posledice klimatskih promena: a) Požar u Sibiru, Rusija; b) Poplavljeni grad Ahrweiler, Nemačka; c) Odvajanje leda kao posledica topljenja glečera na Antarktiku.

Izvor: a) <https://www.greenpeace.org/static/planet4-international-stateless/2021/08/35b51c6b-gp-russia-12-aug-2021-juliya-petrenko-forest-people-2.jpg>;

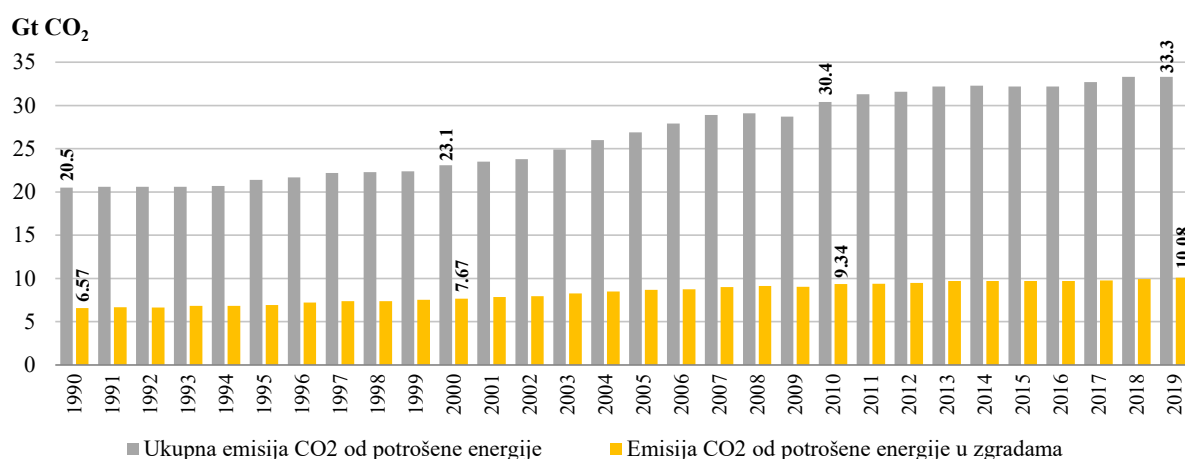
b) https://static.dw.com/image/58290650_303.jpg

c) <https://images.newscientist.com/wp-content/uploads/2019/10/24141807/oceanwavesfo.jpg?width=800>

Klimatske promene sa neizvesnim ekološkim efektom rezultat su industrijalizacije i povećanja potrošnje resursa, odnosno energije (Hildebrand i sar., 2018), a kao glavni pokretači od predindustrijskog perioda pa sve do danas prepoznate su antropogene aktivnost (Filippin i Flores Larsen, 2009). Poslednja decenija je zabeležena kao najtoplija decenija do sada, a 2019. godina kao godina sa većom prosečnom globalnom temperaturom za 1,1 °C u odnosu na predindustrijski period (EC, 2020a). Trend rasta globalnog zagrevanja izazvanog antropogenim uticajem trenutno iznosi oko 0,2 °C po deceniji, predviđajući porast temperature od 2 °C u odnosu na predindustrijski period (United in Science, 2020). Ovakav trend upućuje na mnogo veći rizik od katastrofalnih promena globalne životne sredine sa ozbiljnim negativnim uticajem na prirodnu sredinu i ljudsko zdravlje (United in Science, 2020).

Inicijalna posledica antropogenih aktivnosti ogleda se u povećanju emisije gasova efekta staklene bašte (eng. *Greenhouse gases* – GhG), a naročito emisije ugljen–dioksida (CO₂), sa tendencijom daljeg rasta u budućnosti. Od ukupnih antropogenih emisija² CO₂, koje čine najveći doprinos globalnom zagrevanju, 80% je od sagoravanja fosilnih goriva, a 20% od uništavanja, krčenja šuma (Košir, 2019). Prema podacima Svetske meteorološke organizacije – SMO (eng. *World Meteorological Organization* – WMO) u 2019. godini emisija CO₂ se zadržala na dostignutoj maksimalnoj vrednosti iz 2018, sa povećanjem od 48% u odnosu na predindustrijski nivo, i udelom od 66% u odnosu na ukupnu emisiju GhG–a (WMO, 2020).

Jedan od glavnih uzročnika povećanja temperature jeste upravo povećanje emisije CO₂ od potrošene energije. Na slici 2.4 prikazan je stalni porast globalne emisije CO₂ povezan sa potrošenom energijom u svim sektorima u periodu od 1990. do 2019. godine. Emisija CO₂ kao posledica potrošene energije u zgradama predstavlja trećinu ukupne emisije. Nakon perioda stagnacije poslednjih godina je u blagom porastu, da bi 2019. dostigla svoj dosadašnji maksimum od 10 GtCO₂ (slika 2.4) (IEA, 2020a). Rezultat naših aktivnosti vidljiv je kroz rekordni nivo antropogenih emisija, i upozorava na opasno buduće zagrevanje planete.



Slika 2.4 Emisija CO₂ od utrošene energije u zgradama na globalnom nivou u periodu od 1990. do 2019. godine.

Izvor: Autor na osnovu podataka iz izvora <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/energy-related-co2-emissions-1990-2019> i <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/buildings-sector-energy-related-co2-emissions-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030>

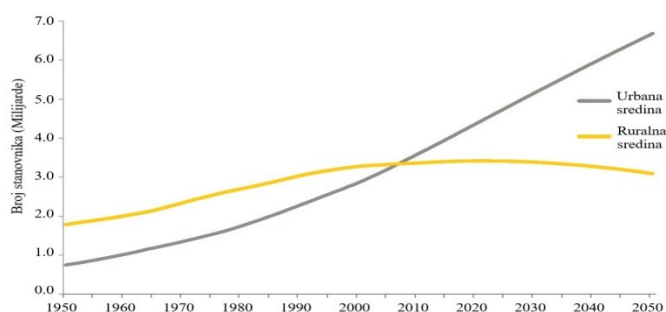
Prema svim scenarijima održivog razvoja za postizanje globalnih klimatskih i energetske ciljeve u okviru specijalnog izveštaja Međuvladinog panela o klimatskim promenama (eng. *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC), EE se smatra ključnom za smanjenje emisije GhG–a koji bi doprineli ograničavanju globalnog zagrevanja na 1,5 °C do kraja XXI veka u odnosu na predindustrijski period (IPCC, 2018). Može da doprinese smanjenju emisije za 40% u narednih 20 godina (IEA, 2020a).

² Antropogene emisije (eng. *Anthropogenic emissions*) – Emisije gasova efekta staklene bašte (GhG), prekursori gasova staklene bašte i aerosoli izazvani ljudskim aktivnostima (IPCC, 2018).

Rapidna urbanizacija

Globalno društvo od 50-ih godina prošlog veka prolazi kroz proces rapidne urbanizacije koja je postala ključni razvojni kontekst našeg vremena i najkonkretniji izraz promene globalnih obrazaca naseljavanja (Zhang, 2016). Broj gradova, kao i sasvim novih oblika ljudskih naselja koji su nastali upravo kao proizvod rapidne urbanizacije - megalopolisa, konurbacija, urbanih aglomeracija, urbanih regiona i urbanih koridora - je u stalnom porastu. Po prvi put u istoriji ljudske civilizacije, 2007. godine se na globalnom nivou izjednačio broj urbane i ruralne populacije, koja je do tada bila zastupljenija (slika 2.5). Od tada, broj stanovnika u urbanim sredinama nastavlja da prati trend bržeg rasta od ruralnog stanovništva, za koje se u narednim decenijama predviđa blago opadnaje i stagnacija (slika 2.5) (UN DESA, 2019). Sa ovakvim trendom rasta, do sredine XXI veka će dve trećine stanovništva na globalnom nivou živeti u urbanim sredinama, a broj urbanog stanovništva će biti veći za 2,5 milijardi (Bodo, 2019).

Treba imati u vidu da rapidna urbanizacija nije pojava koja je nastala samo usled migracije stanovništva iz ruralnih u urbane sredine zbog socio-ekonomskih razloga, već i zbog sve prisutnije klimatske migracije stanovništva pogođenog prirodnim katastrofama izazvanim klimatskim promenama. Naime, prognoze ukazuju da će preko milijardu ljudi biti suočeno sa raseljavanjem do 2050. godine zbog zagrevanja planete i povezanih ekoloških pretnji (Pajek i Košir, 2021).



Slika 2.5 Globalno stanovništvo u urbanoj i ruralnoj sredini u periodu od 1950. do 2050. godine.

Izvor: Print screen UN DESA, 2019.

Usled rapidne urbanizacije, prema proceni UN-HABITAT-a, do 2030. godine 40% svetske populacije imaće potrebu za stambenim prostorom, odnosno biće potrebno oko 28 miliona novih stambenih jedinica godišnje za rešavanje nedostatka stambenog prostora (Zhang, 2016). Širom sveta, izgrađena površina pod zgradama je porasla za skoro 65% u odnosu na 2000. godinu (skoro 245 milijardi metara kvadratnih u 2019.), dok se istovremeno prosečna potrošnja energije po metru kvadratnom smanjila za skoro 25%, što ukazuje na to da je napredak u EEZ samo delimično nadoknadio porast izgrađene površine (IEA, 2020b). Navedeni trendovi svakako utiču na povećanje potrošnje energije i, u mnogim slučajevima, degradaciju životne sredine.

Rapidna urbanizacija je usko povezana sa ključnim aspektima održivog razvoja: socijalnim, ekonomskim i ekološkim. Zbog povećanog broja stanovnika u urbanim sredinama, povećanja izgrađenosti, a samim tim i povećanih zahteva za raspoloživim resursima u gradovima, proces urbanizacije utiče na karakteristike i tretman zemljišta, vode, vazduha i biodiverziteta (Bodo, 2019). Energija, infrastruktura, urbano planiranje i transport su prepoznati kao ključni aspekti za razvoj i realizaciju sistemskih promena u procesu adaptacije na rapidnu urbanizaciju (IPCC, 2018). Razumevanje populacionih trendova na duži vremenski period može pomoći da se prepoznaju prednosti kompaktnije fizičke strukture i većih gustina naseljenosti, uz istovremeno minimiziranje degradacije životne sredine i drugih potencijalnih štetnih uticaja sve većeg broja stanovnika u urbanim sredinama (UN DESA, 2019).

Energetsko siromaštvo

Problem energetskog siromaštva prepoznat je krajem XX veka, koji od ranih 1990. godina (Thema i sar., 2019; Clinch i Healy, 2020) predstavlja izazov u akademskim, profesionalnim i političkim okvirima i debatama. Pored termina „energetsko siromaštvo“ (eng. *energy poverty*), koji je primenjen u okviru ovog istraživanja, prisutni su i termini „siromaštvo snabdevanja gorivom“ (eng. *fuel poverty*), „energetska ranjivost“ (eng. *energy vulnerability*) i „energetska nesigurnost“ (eng. *energy precariousness*). U većini evropskih zemlja se koristi termin „energetsko siromaštvo“ za opisivanje problema domaće energetske deprivacije (Buzarovski i Petrova, 2015) iako se u okviru zvaničnih političkih dokumenata često naizmenično pojavljuje i termin „siromaštvo snabdevanja gorivom“ (Thomson i sar., 2017).

Definicija i implementacija indikatora energetskog siromaštva razlikuju se od zemlje do zemlje. Obuhvataju se različite ciljne grupe stanovnika i socio–ekonomske situacije. Svetski ekonomski forum (eng. *World Economic Forum*) 2010. godine definisao je energetsko siromaštvo kao „nedostatak pristupa održivim modernim energetskim uslugama i proizvodima“ (IEA, 2009). Pod pojmom „energetsko siromaštvo“, *Nacionalna koalicija za smanjenje energetskog siromaštva u Srbiji* je usvojila definiciju da je to „stanje u kojem domaćinstvo nema na raspolaganju dovoljno mogućnosti da obezbedi potrebnu količinu energije koja je neophodna za zdrav i dostojanstven život i to na način koji ne ugrožava druge osnovne životne potrebe domaćinstva ili šire zajednice“. *Zakon o energetskoj efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije* („Sl. glasnik RS“, br.40/2021) energetsko siromaštvo prepoznaje kao „rezultat kombinacije niskih prihoda domaćinstva, velike potrošnje raspoloživih prihoda na energiju i nedovoljne energetske efikasnosti“. Raznolikost u definisanju pojma je u političkoj praksi, kao i u literaturi, naišla na različita tumačenja kada se govori o energetskom siromaštvu u zemljama u razvoju i

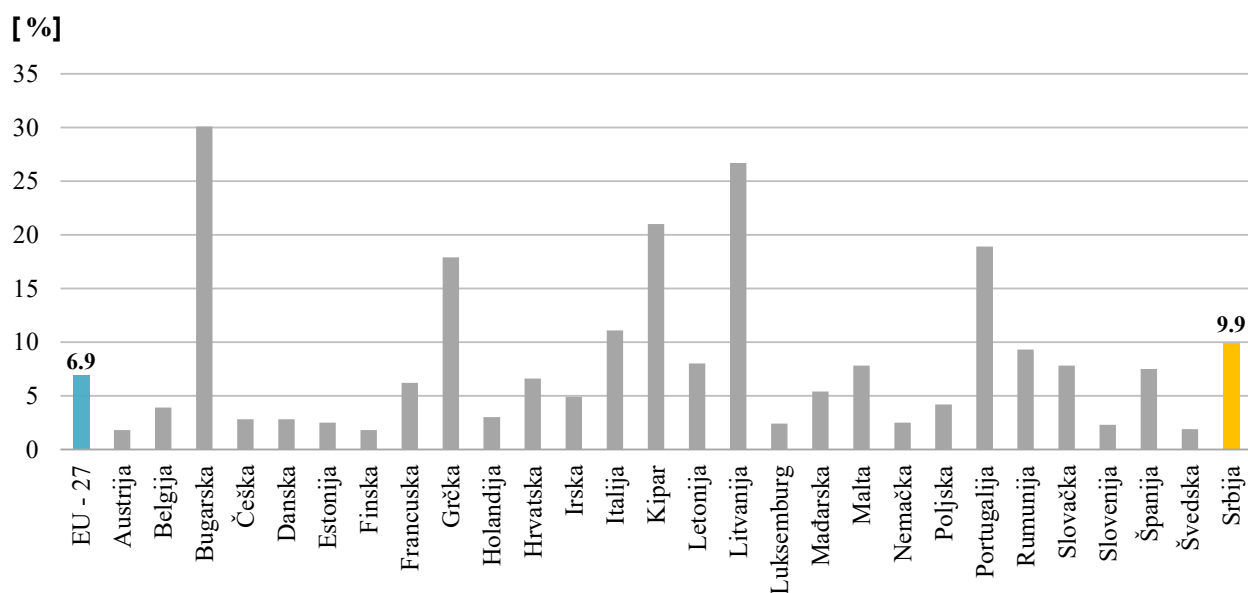
razvijenim zemljama. Energetsko siromaštvo u zemljama u razvoju obuhvata neadekvatni pristup energetskim uslugama kroz sledeće probleme: ekonomske, infrastrukturne, socijalne jednakosti, obrazovanja i zdravlja; dok u razvijenim zemljama energetsko siromaštvo obuhvata pitanja u vezi EE i pristupačnost energetskim uslugama (Buzarovski i Petrova, 2015). U svom istraživanju Buzarovski i Petrova (2015) zaključuju da se motiv i fokus u diskusijama o energetskom siromaštvu uglavnom odnose na lošu dostupnost energije za grejanje domaćinstva i druge povezane kućne usluge, bez obzira da li je reč o razvijenim ili zemljama u razvoju.

Energetsko siromaštvo nastaje kada domaćinstvo nije u mogućnosti da na adekvatan način obezbedi potreban nivo energetske usluge za funkcionisanje domaćinstva kao što su potrebna energija za grejanje, hlađenje, osvetljenje i korišćenje uređaja (Buzarovski i Petrova, 2015). Merenje energetskog siromaštva je višedimenzionalni, multidisciplinarni i kulturološki osetljiv zadatak jer je energetsko siromaštvo individualna percepcija, ograničeno na pojedinačno domaćinstvo i varira tokom vremena (Thomson i sar., 2017). Kao indikatori energetskog siromaštva, međusobno povezani, prepoznati su: 1) niska primanja domaćinstva, 2) visoki troškovi energije i energetskih usluga, i 3) energetski neefikasne stambene zgrade; a koji mogu biti rešeni povećanjem prihoda, regulisanjem cene energenata i unapređenjem EE. Suočavanje sa problemom energetskog siromaštva zahteva kombinovanje različitih mera, a posebno onih koje se odnose na unapređenje EE jer se pod indikatorom energetski neefikasnih zgrada, osim loših energetskih svojstava zgrade, prepoznaju i neadekvatni uslovi stanovanja kao što su prokišnjavanje krova, vlažni zidovi/podovi, loši prozori itd (Thomson i sar., 2017).

Energetsko siromaštvo je široko prepoznatljiv problem na globalnom nivou. Alarmantna je činjenica da u XXI veku još uvek postoji veliki broj domaćinstava koji je pogođen energetskim siromaštvom. U EU 34–50 miliona ljudi nije u mogućnosti da priušti odgovarajuće zagrevanje unutrašnjeg prostora (EC, 2019a; EC, 2020b), dok se u zemljama Jugoslovenske Evrope više od 30% domaćinstava suočava sa ovim problemom (EC, 2018a). Pozivajući se na publikaciju iz 2004 godine „Zaglavljene u prošlost – energija, životna sredina i siromaštvo u Srbiji i Crnoj Gori“ (UNDP, 2004), Ignajtović (2019, str. 46) iznosi podatak da se „u svakom četvrtom domaćinstvu u Srbiji zagreva manje od 10m² po članu domaćinstva uz istovremeno visoku potrošnju energenata“. Prema poslednjim statističkim podacima Eurostat³–a za 2019. godinu, u zemljama EU–27⁴ skoro 7% stanovništva nije u mogućnosti da adekvatno zagreje svoj stambeni prostor, dok je u Srbiji taj procenat znatno veći, skoro 10% (slika 2.6).

³ Eurostat - Statistički zavod Evropske unije koji pruži statistiku na evropskom nivou i omogućava poređenja između zemalja i regiona, i promoviše harmonizaciju statističkih metoda među državama članicama EU i kandidatima za pristupanje.

⁴ EU-27 – Evropska unija sa 27 država članica od 01.02.2020. godine, nakon izlaska Ujedinjenog Kraljevstva.



Slika 2.6 Procenat stanovnika koji je bio u nemogućnosti da adekvatno zagreje stambeni prostor u 2019. godini

Izvor: Autor na osnovu podataka iz izvora

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ILC_MDES01_custom_2496537/default/table?lang=en

Problem energetske siromaštva Ujedinjene nacije prepoznale su u okviru *Agende održivog razvoja 2030.* (eng. *2030 Agenda for Sustainable Development*) gde je jedan od ciljeva održivog razvoja (eng. *Sustainable development goals – SDG*) i potreba da se do 2030. „osigura pristup dostupnoj, pouzdanoj, održivoj i modernoj energiji za sve“, kao i da se „udvostruči globalna stopa poboljšanja EE“ (UN, 2015a). Mere unapređenja EEZ domaćinstava pogođenih energetske siromaštvom, mogu dati dugoročno i održivo rešenje problema, vidljivo kroz smanjenje troškova energetske usluga i/ili poboljšanje toplotnog komfora (BPIE, 2014).

Tri ključna globalna razvojna uticaja od značaja za primenu (unapređenja) EEZ su usko povezani na dva različita načina - ili uzročnim dejstvom gde jedno izaziva drugo, ili su tri odvojena fenomena koja paralelno imaju iste uticaje. Ovakva povezanost upućuje na neophodnost multidisciplinarnog, intersektorskog i holističkog angažmana u razvoju savremenih integrisanih pristupa unapređenja EEZ. Praksa ukazuje da sagledavanje sva tri izazova i sprovođenje mera u okviru njihovog rešavanja mora biti intenzivnije i efikasnije, a sve u cilju ostvarivanja *Sporazuma iz Pariza* (eng. *Paris Agreement*) o klimatskim promenama koji je obavezao članice Ujedinjenih nacija, samim tim i Srbiju, na „ograničenje rasta prosečne globalne temperature značajno ispod 2 °C u odnosu na predindustrijski nivo i nastavak napora da se ograniči rast temperature do 1,5 °C u odnosu na predindustrijski nivo, uviđajući da bi to značajno smanjilo rizike i uticaje klimatskih promena“ (UN, 2015b; „Sl. glasnik RS – Međunarodni ugovori“, br.4/17).

2.2 DEFINICIJA UNAPREĐENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA

Kompleksnost istraživanja unapređenja EE postojećih zgrada, istraživačkog problema doktorske disertacije, ogleda se i kroz raznolikost u samoj terminologiji kako u domaćoj tako i u stranoj literaturi i regulativi. Kao termini/sinonimi u stranoj literaturi izdvojili su se “*energy (EE) –renovation, –refurbishment, –retrofit, –revitalization; –improvement*”, dok se u našoj literaturi često susreću i termini “*energetska (EE) – obnova, –rehabilitacija, –revitalizacija, –sanacija*”. I pored razlike u terminologiji, suštinski unapređenje EEZ se kategoriše na osnovu toga za koliko je smanjena potrošnja energije zgrade nakon primene mera unapređenja. U daljem tekstu ovog poglavlja istraživana je terminologija i definicije u skladu sa zakonodavnim i regulatornim okvirima Evropske unije i Republike Srbije.

Evropska unija

Fundamentalni i obavezujući dokumenti savremenih regulatornih i zakonodavnih okvira, i nacionalnih strategija iz oblasti EEZ u EU, ali i u državama van EU, *Direktiva o energetske svojstvima zgrada 2010/31/EU* (eng. *Energy Performance of Buildings Directive – EPBD*) i *Direktiva o energetske efikasnosti 2012/27/EU* (eng. *Energy Efficiency Directive – EED*) ne daju jasnu i preciznu definiciju unapređenja EE postojećih zgrada, pa samim tim ne postoji ni opšte prihvaćena definicija. U EPBD, Evropska komisija uvodi termin “obimnija obnova” (eng. *major renovation*) ostavljajući mogućnost da države članice izaberu između dve date definicije: 1) troškovi renoviranja treba da budu veći od 25% same vrednosti zgrade, ili 2) renoviranje utiče na više od 25% površine omotača zgrade. Obimnija obnova zgrada mora da bude u skladu sa minimalnim energetske zahtevima koliko je to moguće u pogledu tehničkih, funkcionalnih i ekonomskih aspekata, i uzimajući u obzir sisteme visoke efikasnosti (EPBD, 2010).

Na osnovu „*European environmental economic accounts*“ – EEEA⁵ (Evropska envajronmetnalno ekonomska analiza), prepoznat je pojam „energetska obnova“ postojećih zgrada pod kojim se podrazumeva „svaka aktivnost obnove koja smanjuje specifičnu potrošnju energije zgrada (kWh/m²) i isključuje aktivnosti obnove koje ne doprinose smanjenju specifične potrošnje energije“. Odnosno, energetska obnova se definiše kao „svaka obnova koja ima za cilja da promeni omotač zgrade ili tehnički sistem zgrade kako bi se značajno smanjila količina energije koja je potrebna za zadovoljavanje energetske potreba zgrade, uključujući grejanje i hlađenje prostora, zagrevanje vode, ventilaciju, osvetljenje i pomoćna sredstva“ (EEEA, 2020).

⁵ *European environmental economic accounts* - EEEA - Izvor podataka za praćenje i procenu envajronmentalnih/ekoloških politika. EEEA je statistički okvir koji se sastoji od sveobuhvatnog skupa tabela i analiza/pregleda koji opisuju odnos između životne sredine i privrede EU. Izvor: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/environmental-accounts-16-2019/en/>

Republika Srbija

U našoj regulativi, se pojam unapređenje EEZ prvi put uvodi u okviru *Zakona o planiranju i izgradnji* iz 2009. godine („Sl. glasnik RS“, br.72/2009). U važećem *Zakonu o planiranju i izgradnji* iz 2020. godine („Sl. glasnik RS“, br.9/2020) unpređenje EEZ se definiše kao „smanjenje potrošnje svih vrsta energije, ušteta energije i obezbeđenje održive gradnje primenom tehničkih mera, standarda i uslova planiranja, projektovanja, izgradnje i upotrebe zgrada i prostora“. Ova definicija je primenjena i u okviru doktorske disertacije.

Pravilnikom o energetskej efikasnosti zgrada (u daljem tekstu PEEZ) („Sl. glasnik RS“, br.61/2011) se dalje definišu pojmovi kao što su „energetska sanacija zgrada“ i „obimnija obnova“, a koji se analogno odnose na unapređenje EE postojećih zgrada. Energetska sanacija zgrada prema PEEZ-u jeste „izvođenje građevinskih i drugih radova na postojećoj zgradi, kao i popravka ili zamena uređaja, postrojenja, opreme i instalacija istog ili manjeg kapaciteta, a kojima se ne utiče na stabilnost i sigurnost objekta, ne menjaju konstruktivni elementi, ne utiče na bezbednost susednih objekata, saobraćaja, ne utiče na zaštitu od požara i zaštitu životne sredine, ali kojima može da se menja spoljni izgled uz potrebnu saglasnost, u cilju povećanja energetske efikasnosti zgrade“. Iako Srbija nije članica EU, PEEZ je zasnovan na EPBD. U prethodnom tekstu je pomenuto da EPBD daje mogućnost da države članice izaberu jednu od dve date definicije pojma „obimnija obnova“. PEEZ objedinjuje obe definiciji i pod „obimnijom obnovom“ podrazumeva „izvođenje građevinskih i drugih radova na adaptaciji ili sanaciji na postojećoj zgradi kada je: ukupna predračunska vrednost radova na obnovi veća od 25% vrednosti zgrade, isključujući vrednost zemljišta na kojoj se zgrada nalazi; više od 25% površine omotača zgrade podvrgnuto energetskej sanaciji uz poštovanje oblikovne i funkcionalne celovitosti delova zgrade“.

S obzirom na to da je fokus istraživanja u okviru disertacije na stambenim višeporodničnim zgradama, neophodno je spomenuti *Zakon o stanovanju i održavanju zgrada* („Sl. glasnik RS“, br.104/2016 i 9/2020) kojim se između ostalog, uređuje i načelo održivog razvoja stanovanja kao javni interes. Pod održivim razvojem stanovanja se podrazumeva pre svega „unapređenje stanovanja građana i očuvanje i unapređenje vrednosti stambenog fonda uz unapređenje energetske efikasnosti, smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu i racionalno korišćenje resursa“. Pojam „energetske sanacije“ je definisan na isti način kao u PEEZ-u sa dopunjenim značenjem koje podrazumeva i „smanjenje potrošnje svih vrsta energije primenom tehničkih mera i standarda na postojećim elementima zgrade, uređajima, postrojenjima i opremi“. Posebnim članom zakona definisano je „unapređenje svojstava zgrade“, suštinski pojam za dalje

istraživanje u radu, gde se navodi da „unapređenje svojstava zgrade ili dela zgrade jesu aktivnosti kojima se poboljšavaju energetska ili druga svojstva zgrade dogradnjom ili ugradnjom novih delova i sklopova, odnosno uređaja i instalacija“.

Na kraju, treba pomenuti i *Zakon o energetskej efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije* („Sl. glasnik RS“, br.40/2021), koji pored termina „energetska sanacija“, koji je u potpunosti isto definisan kao u *Zakonu o stanovanju i održavanju zgrada*, uvodi i novi termin „detaljna energetska sanacija“. Ovaj zakon pod „detaljnom energetskej sanacijom“ podrazumeva samo prvi deo definicije „obimnije obnove“ koja je data u PEEZ, odnosno prvu od dve ponuđene definicije u okviru EPBD.

2.3 CILJEVI UNAPREĐENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA

Prema podacima *Međunarodne agencije za energiju* (eng. *International Energy Agency – IEA*) potrebe za energijom na globalnom nivou poslednjih godina rastu 1% godišnje (IEA, 2018). Samim tim, i emisija CO₂ prati trend rasta, sa pretpostavkom daljeg rasta. Emisija CO₂ od antropogenih aktivnosti je direktni uzročnik klimatskih promena, koje i dalje predstavljaju glavni izazov savremenog sveta. S obzirom na to da je smanjenje emisije GhG–a, odnosno emisije CO₂, ključno u dostizanju ciljeva *Sporazuma iz Pariza, Agende održivog razvoja 2030 i Evropskog zelenog plana*⁶ (eng. *The European Green Deal*), neophodno je pre svega smanjiti potrošnju energije. Prioritet je smanjenje emisije GhG–a u svim sektorima antropogenih aktivnosti (Vasov i sar., 2018). Da bi se postavili i razumeli ciljevi unapređenja EEZ, naročito postojećih, neophodno je sagledati širu sliku i globalne ciljeve, odnosno značajne ciljeve EU i Srbije.

Još 1980. godine *Savet Evropskih zajednica* (danas Savet Evropske unije) uvideo je neophodnost zajedničkog delovanja u pogledu uštede energije i doneo rezoluciju koja je između ostalog definisala smernice za podsticanje racionalnog korišćenja energije. (EU Commission, 1984). Evropska komisija je 2009. godine prvi put uvela obavezujuće zakonodavstvo „*EU paket za klimu i energiju*“ (eng. *The EU climate and energy (CARE) Package*), poznatiji kao „20–20–20“. Paket je zasnovan na postavljenim ciljevima Evropskog saveta iz 2007. godine da se do 2020. godine u EU: 1) smanji emisija GhG–a za najmanje 20% u odnosu na nivo emisija iz 1990. godinu, 2) poveća učešće potrošnje energije iz obnovljivih izvora na 20% i 3) poveća EE za 20% (Amanatidis, 2019). Kako bi se izbeglo ostavljanje većeg posla za buduće generacije, EU je *Evropskim zelenim planom* podigla svoje ambicije da u periodu između 2030. i 2050. godine

⁶ *Evropski zeleni plan* – Nova strategija rasta koja ima za cilj da transformiše EU u pravedno i prosperitetno društvo, sa modernom, resursno efikasnom i konkurentnom ekonomijom sa nultom emisijom GhG-a do 2050. godine i gde je ekonomski rast odvojen od korišćenja resursa (EC, 2019a).

sprovede dugoročne strategije o postizanju neto nulte emisije GhG–a, a sve kako bi do 2050. Evropa postala prvi klimatski neutralan kontinent (EC, 2019a). Da bi se ostvarile ove ambicije, Evropska komisija je nekoliko puta revidirala svoje ciljeve koje treba ostvariti do 2030. godine. Poslednje korigovanje ciljeva je iz 2020. godine kada su unapređeni ciljeva u skladu sa *Evropskim zelenim planom*, i to na sledeći način: 1) smanjenje emisije GhG–a za najmanje 55% u odnosu na nivo emisija iz 1990. godinu, 2) povećati učešće potrošnje energije iz obnovljivih izvora na više od 65% i 3) povećati EE na 36% (EC, 2020a).

Kao potpisnik *Sporazuma iz Pariza* Srbija se obavezala da će do 2030. godine smanjiti emisiju GhG–a za 9,8% u odnosu na nivo emisije iz 1990. godine, a prema „*Dugoročnoj strategiji za podsticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Srbije do 2050. godine*“ (u daljem tekstu Strategija) Srbija je kao opšti cilj definisala smanjenje emisije CO₂ za 31%, odnosno smanjenje potrošnje primarne energije za 38% do 2050. godine u odnosu na emisiju i potrošnju iz 2020. (MGSI, 2022). Takođe, potpisivanjem *Deklaracije o Zelenoj agendi za Zapadni Balkan* 2020. godine, Srbija se obavezala da će zajedno sa EU raditi na cilju postizanja neto nulte emisije GhG–a, odnosno postizanja ugljenične neutralnosti kontinenta do 2050. godine (EC, 2020c; MGSI, 2022).

Kako su zgrade najveći zavisnici od energije, ispunjavanje ciljeva se pokazalo znatno težim, a naročito u pogledu smanjenja emisije GhG–a. Unapređenje EEZ predstavlja mogućnost dostizanja konstantnog nivoa energetske usluga korišćenjem manje energije uz obezbeđivanje adekvatnih uslova komfora (Mickaityte i sar., 2008; Ionescu i sar., 2015) i predstavlja jedan od najvažnijih aspekata održivosti zgrada (Parasonis i sar., 2012). Kao glavna mera svih planova i strategija prepoznata je EE koja doprinosi ostvarivanju postavljenih ciljeva naročito ako se uzme u obzir da su energetske potrebe sadašnje civilizacije ključno pitanje za održivi razvoj. Za razliku od novih zgrada koje se projektuju tako da budu EE, ne samo za trenutne već i za predstojeće klimatske uslove, postojeće zgrade koje su energetske neefikasne, moraju se unaprediti. *Primarni cilj unapređenja energetske efikasnosti postojećih zgrada jeste smanjenje potrošnje energije, odnosno ušteda energije u zgradama.* Ostvarivanjem primarnog cilja, posledično se ispunjava sekundarni cilj, a to je smanjenje emisije CO₂.

S obzirom na to da je PEEZ-om Republike Srbije definisano da se „proračun i izražavanje energetske potrebe vrši na osnovu potrebne energije za grejanje“, ostvarivanje primarnog cilja unapređenja EEZ u ovom radu biće kvantifikovano na osnovu smanjenja (uštede) potrebne energije za grejanje.

2.4 KORISTI I OGRANIČENJA

Na osnovu dosadašnjih iskustava i istraživanja mogu se prepoznati mnogobrojne, najčešće udružene koristi, ali i ograničenja primene mera i mehanizama unapređenja EEZ.

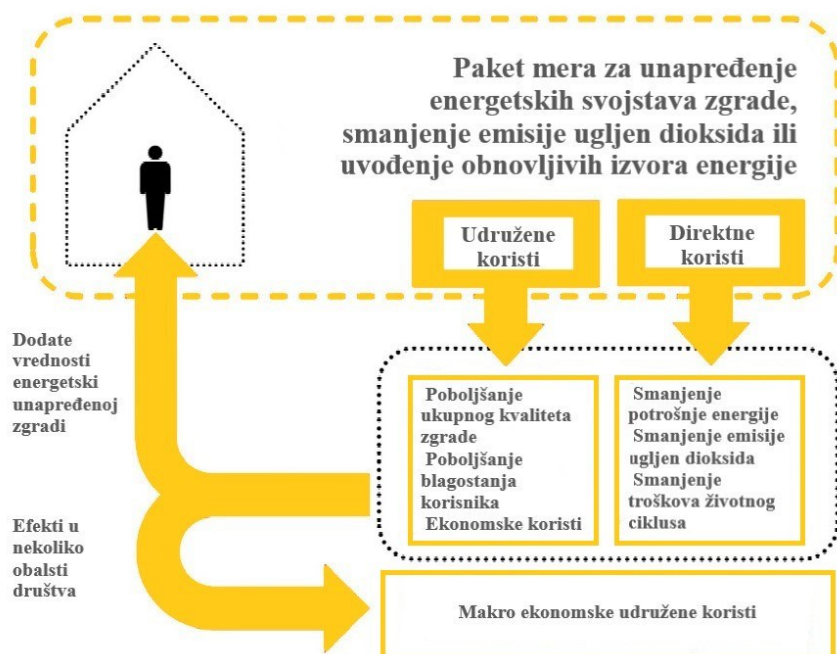
Koristi

Smanjenje potrošnje energije i emisije CO₂ su dve direktne koristi od unapređenja EEZ, čijim ostvarivanjem se indirektno ostvaruju još mnogobrojne koristi. Unapređenje EE u svim sektorima doprinosi širokom spektru koristi, prvenstveno za ekonomiju i društvo. Kroz ostvarivanje ciljeva uštede energije i smanjenja CO₂ proizilazi povećanje produktivnosti i održivosti. S obzirom na to da se unapređenje EEZ procenjuje samo na osnovu ušteda energije, kompletna vrednost njenog uticaja u nacionalnim i globalnim ekonomijama može biti podcenjena (Ryan i Cambell, 2013). S toga je neophodno da se EEZ sagleda kao ključni resurs za ekonomski i društveni razvoj u svim ekonomijama, odnosno u razvijenim zemljama i zemljama u razvoju. Unapređenje EE postojećih zgrada doprinosi rešavanju mnogih envajronmentalnih, ekonomskih i, nezanemarljivih, zdravstveno–socijalnih problema. Važno je proširiti perspektivu izvan tradicionalnih ostvarivanja ciljeva i direktne koristi (smanjenja potrošnje energije i niže emisije CO₂) i identifikovati i meriti uticaj unapređenja EEZ u različitim oblastima društva. Koristi mogu imati značajnu vrednost koja se najčešće zanemaruju, i samimi tim se potcenjuje puna vrednost unapređenja EEZ. Neka istraživanja sugerišu da ukupna vrednost ovih neenergetskih koristi zapravo može prevazići direktne energetske koristi (smanjenje potrošnje energije i emisije CO₂) (Ürge–Vorsatz i sar. 2009).

Međunarodna agencija za energiju – IEA, za neenergetske koristi uvodi termin „višestruke koristi“ (eng. *multiple benefits*) sa značenjem da one „imaju za cilj da uhvate realnost koja se zanemaruje, a to je da ulaganje u EE može pružiti mnogo različitih koristi za različite interesne strane“ (IEA, 2015). U literaturi se često susreće termin „udružene koristi“ (eng. *co-benefits*) pod kojim se podrazumevaju sve one koristi proizašle iz unapređenja EEZ izuzimajući uštedu u energiji, smanjenje emisije CO₂ i troškove (Cappelletti i sar., 2015; Jensen i Maslesa, 2015; Almeida i sar., 2017; Shnapp i sar., 2020). Oba termina ukazuju na mnogobrojne koristi koje proističu iz unapređenja EEZ. Procena uštede energije i širih koristi prepoznata je u okviru *Preporuka Evropske komisije za renoviranje zgrada* (EC, 2019b). U IEA EBC Annex 56⁷, pod

⁷ IEA EBC Annex 56 - IEA koordinira istraživanje i razvoj u brojnim oblastima u vezi sa energijom. Zadatak programa Energija u zgradama i zajednicama (eng. *Energy in Buildings and Communities - EBC*) je da razvije i olakša integraciju tehnologija i procesa za energetske efikasnost i očuvanje u zdrave, niske emisije i održive zgrade i zajednice, kroz inovacije i istraživanje. Program je zasnovan na ugovoru sa IEA, projekti su pravno ustanovljeni kao aneksi IEA-EBC sporazuma o implementaciji. Aneks 56 - Isplativa energija i optimizacija emisija CO₂ u renoviranju zgrada (eng. *Cost Effective Energy & CO₂ Emissions Optimization in Building Renovation*).

udruženim koristima se podrazumevaju sve one koje proizilaze iz unapređenja EE postojećih zgrada kao posledica smanjenja: potrošnje energije, emisije CO₂ i troškova (slika 2.7). U disertaciji će i u terminološkom i u suštinskom smislu „udružene koristi“ biti tretirane na način kako su definisane u ovom dokumentu.



Slika 2.7 Direktne i udružene koristi koje proizilaze iz unapređenja EEZ

Izvor: Cappelletti i sar., 2015; Almeida i sar., 2017.

Tipologija udruženih koristi EEZ je najčešće izvedena na osnovu: 1) delovanja na različitim nivoima privrede/ekonomije (individualne, sektorske, nacionalne ili međunarodne koristi); 2) krajnjeg korisnika (privatne ili javne, odnosno mikro ili makroekonomske koristi); 3) prirode uticaja (ekonomske, envajronmentalne ili socijalne koristi); 4) da li su koristi direktne ili indirektne; 5) brzine vidljivosti koristi (u kratkom, srednjem ili dužem vremenskom periodu); 6) karaktera uticaja (koristi od energija naspram ostalog) (Ryan i Cambell, 2013). Udružene koristi se mogu analizirati i ukrštati kroz više tipologija. Kao najadekvatnija tipologija udruženih koristi koje proizilaze iz ispunjavanja primarnog i sekundarnog cilja unapređenja EEZ, navodi se ona u skladu sa tri stuba održivosti (UN, 2015; Barbier, 1987), a to su: 1) envajronmentalne, 2) ekonomske i 3) socijalne koristi (Cappelletti i sar., 2015; Shnapp i sar., 2020;). Radi lakšeg identifikovanja koristi, ova tipologija se ukršta sa tipologijom zasnovanoj na različitim društveno-ekonomskim nivoima realizacije koristi (da li su privatne – mikro ili društvene - makroekonomske). Almeida i saradnici (2017) prateći definiciju za udružene koristi prema IEA EBC Aneks 56, kreiraju tipologiju koja proizilazi iz dve ključne razvojne perspektive: 1) privatne i 2) društvene.

Udružene koristi iz privatne perspektive podrazumevaju one koristi koje proizilaze iz unapređenje EEZ značajne za njihove vlasnike i korisnike. Grupisane su kroz sledeće kategorije: 1) kvalitet zgrade, 2) ekonomske koristi i 3) dobrobit korisnika. Koristi kao što su povećanje komfora i zdravlje korisnika, smanjenje računa za utrošenu energiju, predstavljaju samo neke od doprinosa proisteklih od ulaganja u unapređenje EEZ (Shnapp i sar., 2020) U tabeli 2.1. navedene su udružene koristi iz privatne perspektive.

Tabela 2.1 Udruženih koristi unapređenja EEZ iz privatne perspektive (Izvor: Almeida i sar., 2017, str.7)

KATEGORIJA KORISTI	UDRUŽENA KORIST	OPIS
KVALITET ZGRADE	Fizika zgrada	Unapređenje zgrade treba da se izvodi na način koji smanjuje moguće probleme vezane za građevinsku fiziku kao što su vlažnost i buđ, uz mere za normalizaciju vlažnosti i sprečavanje kondenzacije.
	Jednostavnija upotreba i kontrola od strane korisnika	Lakše korišćenje i kontrola (renovirane) energetski unapređene zgrade od strane korisnika (automatska kontrola termostata, brža isporuka STV...).
	Estetika i arhitektonska integracija	Estetsko poboljšanje (renovirane) energetski unapređene zgrade (često u zavisnosti od identiteta zgrade – u vezi sa arhitektonskim, kulturnim i istorijskim vrednostima zgrade i kontekstom zgrade) kao jedan od glavnih razloga (renoviranja) unapređenja zgrade. Pitanje „kako“ se mere sprovode je odlučujuće, a kvalitet procesa projektovanja je ključan.
	Korisne površine zgrade	Povećanje korisne površine usled zastakljenja balkona/lođa ili povećanjem postojećih, ili se može desiti i kao rezultat pretvaranja negrejanih u grejane prostore. Smanjenje korisne površine je uobičajen negativan efekat mera unapređenja kao što su unutrašnja izolacija spoljnih zidova i uvođenje nove opreme koja se odnosi na kontrolisanu ventilaciju ili opreme za sisteme zgrada koja zamenjuju manje.
	Povećana bezbednost	Zamenom građevinskih elemenata novim po najnovijim standardima smanjuje se rizik od nezgoda, požara i provala.
EKONOMSKE KORISTI	Smanjena izloženost variranju cene energije	Smanjena izloženost variranju cene energije daje korisniku osećaj kontrole i povećanu sigurnost da može da održi željeni nivo komfora.
DOBROBIT KORISNIKA	Toplotni komfor	Veći toplotni komfor zbog bolje kontrole sobnih temperatura, veće temperature zračenja, manjih temperaturnih razlika, promaje i vlažnosti vazduha.
	Prirodno osvetljenje i kontakt sa spoljašnjošću	Više dnevnog svetla, uključujući vizuelni kontakt sa spoljašnjim životnim okruženjem (poboljšano raspoloženje, moral, manji umor, smanjeno naprezanje očiju). Povećanje prozorskih površina i uvođenje krovničkih svetiljki su mere renoviranja sa pozitivnim efektima u vezi sa ovom zajedničkom koristi, dok korišćenje zastakljenih balkona može značajno da smanji prirodno osvetljenje i pogled iz zona pogodnih za život i samim tim proizvede negativnu korist.
	Kvalitet unutrašnjeg vazduha	Bolji kvalitet unutrašnjeg vazduha (manje gasova, čestica, mikrobnih zagađivača koji mogu izazvati štetne zdravstvene uslove), bolje zdravlje i veći komfor.
	Unutrašnja i spoljašnja buka	Zaštita od spoljašnje buke, ali uz povećan rizik od većeg nivoa unutrašnje buke nakon smanjenja nivoa spoljne buke.
	Ponos, prestiž, reputacija	Povećan ponos i prestiž, poboljšan osećaj odgovornosti za životnu sredinu ili poboljšan duševni mir u vezi sa odgovornošću za dobrobit porodice, zahvaljujući merama koje su u vezi sa energijom..
Lakoća ugradnje	Lakoća izvođenja mera za unapređenje EEZ se može koristiti kao parametar za pronalaženje paketa mera koji objedinjuju (doprinose) maksimum koristi.	

Udružene koristi iz društvene perspektive najviše su značajne za analizu politika koje se sprovode za ispunjavanje ciljeva unapređenja EEZ. Ove koristi pre svega doprinose postizanju drugih ciljeva, kao što su ekonomski i društveni razvoj, održivost i jednakost (Almeida i sar., 2017). Grupisane su kroz tri kategorije: 1) envajronmentalne, 2) ekonomske i 3) socijalne. Udružene koristi iz društvene perspektive predstavljaju koristi od ulaganja u unapređenje EEZ za društvo u celini, na primer: povećanje BDP-a, povećanje zaposlenosti, poboljšanje javnog zdravlja i drugo. U tabeli 2.2. navedene su neke od udruženih koristi iz društvene perspektive.

Tabela 2.2 Udružene koristi iz društvene perspektive (Izvor: Almeida i sar., 2017, str.15)

KATEGORIJA KORISTI	UDRUŽENA KORIST	OPIS
ENVAJRONMENTALNE	Smanjeno zagađenje vazduha	Zagađenje spoljašnjeg vazduha se smanjuje kroz smanjeno sagorevanje fosilnih goriva i minimiziranje efekta toplotnog ostrva u toplim periodima primenom zelenih krovova i drugih mera zelene gradnje. Manje zagađenje vazduha ima pozitivan uticaj na životnu sredinu, zdravlje ljudi i smanjuje oštećenja na zgradama.
	Smanjen građevinski otpad kao i otpad od rušenja	Uzimajući u obzir cilj poboljšanja ukupnih energetske svojstava izgrađenog okruženja, renoviranje zgrade, u zavisnosti od toga kako se renoviranje izvodi, može dovesti do smanjenja, ponovnog korišćenja i reciklaže otpada (posebno ako se uporedi sa otpadom usled rušenja postojećih zgrada).
EKONOMSKE	Niži troškovi energije	Smanjenje troškova energije usled smanjene potražnje za energijom.
	Nove poslovne mogućnosti	Nove tržišne sigurnosti za nove kompanije (kao što su kompanije za energetske usluge) mogu dovesti do povećanja BDP-a kada postoji neto efekat između novih kompanija i onih koje su potisnute sa tržišta.
	Nova radna mesta	Smanjena nezaposlenost kroz primenu radno intenzivnih mera EE i nova preduzeća koja zapošljavaju radnike.
	Smanjene subvencije	Smanjenje količine prodate subvencionisane energije (u mnogim zemljama energija za stanovništvo je često subvencionisana).
	Poboljšana produktivnost	BDP/dohodak/profit nastao kao posledica novih poslovnih prilika i otvaranja radnih mesta.
SOCIJALNE	Poboljšano socijalno blagostanje; smanjeno energetska siromaštvo	Smanjeni izdaci za energente i električnu energiju; manji broj stanovnika pogođenih energetska siromaštvom, manja izloženost variranju cena energije.
	Povećan komfor	Normalizacija indikatora vlažnosti i temperature; smanjenje promaje, veći nivo čistoće vazduha; smanjen toplotni stres kroz smanjenje efekta toplotnog ostrva primenom zelenih krovova i drugih mera zelene gradnje.
	Smanjen mortalitet i morbiditet	Smanjena smrtnost usled smanjenja zagađenja unutrašnjeg i spolajšnje vazduha, kao i usled smanjenog toplotnog stresu zgradama. Smanjen morbiditet je rezultat istih efekata, kao i zbog boljeg osvetljenja i smanjenja buđi. Ovo rezultira smanjenjem prijema u bolnicu, prepisanim lekovima, ograničenim danima aktivnosti, gubicima produktivnosti.
	Smanjeni fiziološki efekti	Zbog izbegnutog „sindroma bolesne zgrade“ poboljšava se koncentracija, te se poboljšavaju i učenje i produktivnost.
	Energetska sigurnost	Smanjena zavisnost od uvoza energije i energenata.

I pored toga što se ekonomske koristi ekstenzivno razmatraju, envajronmentalne (pre svega emisija CO₂) kvantificiraju u monetarnom smislu, dok se društvene koristi često određuju približno, sveobuhvatna procena pridruženih koristi je neophodna prilikom donošenja odluka za unapređenje EEZ (Kamal i sar., 2019). Svaka procena troškova proistekla iz unapređenja EEZ, trebala bi da uzme u obzir čitav niz koristi iz privatne i društvene perspektive – što je često teško proceniti. Shodno tome, u pogledu troškova, uštede energije i emisije CO₂, metodologija koja je data u Aneksu 56 predstavlja osnovu za procenu i evaluaciju opcija za unapređenje EE postojećih stambenih zgrada jer omogućava širi pristup uzimajući u obzir pridružene koristi i njihovu ukupnu evaluaciju u procesu unapređenja EEZ (Cappelletti i sar., 2015).

Ograničenja

Postavlja se pitanje zašto unapređenje EEZ ako je prepoznato kao glavni pokretač u postizanju klimatskih i energetske ciljeva, odnosno uštede energije i smanjenja emisije CO₂, sa velikim brojem pridruženih koristi, nije intenzivnije? U Nemačkoj, koja se smatra jednim od lidera, kombinacija regulative, programa subvencije i informacionih instrumenata za motivisanje vlasnika stambenih prostora da sprovedu unapređenje EE, sprovođenje unapređenja EEZ je na godišnjem nivou upola od očekivanog (Wilson i sar., 2015). Da bi se razumela ova anomalija, potrebno je znati koji to faktori i ograničenja sprečavaju da unapređenje EEZ postane vidljivije. Tokom decenija identifikovan je veliki broj ograničenja koja ometaju ili odlažu preduzimanje mera na unapređenju EEZ, uključujući uočenu nesigurnost i moguće rizike (Economidou i sar., 2020). Pokazalo se da je teško u potpunosti iskoristiti potencijal unapređenja EEZ, uglavnom zbog društvenih i ekonomskih ograničenja koja ometaju vlasnike i promotere u procesu donošenja odluka (Cappelletti i sar., 2015). Brojna ograničenja su ugrađena u naše društvene i institucionalne norme, a posebno zabrinjavaju, pre svega, ograničenja koja sprečavaju usvajanje isplativih mera za uštedu energije (Blumstein i sar., 1980). Neka od ograničenja gde se čini da pojedinci zanemaruju isplative investicije EEZ delimično opravdava „jaz u energetske efikasnosti“⁸ (eng. *energy efficiency gap*) (Economidou i sar., 2020).

Ograničenja koja utiču na unapređenje EEZ ozbiljno utiču i na ostvarivanje punog potencijala unapređenja usled kombinovanja različitih ograničenja (Economidou i sar., 2011). Prepoznata je i složenost u rešavanju problema jer tehnička, institucionalna, tržišna, organizaciona i ograničenja ponašanja, igraju značajnu ulogu i međusobno su povezana (Pelenur i Cruickshank, 2012). Istraživanja su pokazala da nedostatak znanja, iskustva i dobre prakse

⁸ „Jaz u energetske efikasnosti“ - U literaturi pojam je definisan kao razlika između stvarnog i optimalnog nivoa energetske efikasnosti (Economidou i sar. 2020).

takođe predstavljaju ograničenja (Konstantinou i Knaack, 2011). Kamal i saradnici (2012) navode da za neke ljude, potrebna papirologija, vreme, trud i proces, kao i nedopadanje da građevinski timovi, majstori rade u njihovim domovima, predstavljaju razloge nespremnosti da se prilagode potrebama za unapređenjem EE.

Postoji mnogo različitih ograničenja za unapređenje EEZ koje su raznovrsno opisana kroz višegodišnja istraživanja. Blumstein i saradnici (1980) prepoznaju dve tipologije ograničenja: 1) tipologija koja ograničenja grupiše u šest tipova: pogrešno postavljene podsticaji, nedostatak informacija (ili dezinformacija), regulatorna, struktura tržišta, finansiranje i običaji; 2) tipologija koja zavisi od dugoročnosti ograničenja, a koja mogu biti: stabilna (ograničenja koja su dublje ugrađena u društveno i institucionalno tkivo) ili prolazna (ograničenja koja su uzrokovana nekom vrstom društvene inercije, odlažu prilagođavanje novim uslovima). U svom radu, Vogel i saradnici (2015) identifikuju čak 38 ograničenja za primenu mera EE pri izgradnji, renoviranju ili unapređenju EE višepodoričnih zgrada, i daju tipologiju inspirisanu teorijama održivih inovacija koja pravi razliku između tri nivoa odlučivanja, svaki sa svojim skupovima vodećih principa, pravila i vremenskih okvira, i to: nivo projekta, nivo sektora i kontekstualni nivo. Wilson i saradnici (2015) odlaze korak dalje i primenjuju bihejvioralno istraživanje koje podrazumeva stavljanje unapređenja EE unutar šireg razumevanja zašto se vlasnici zgrada odlučuju za unapređenje EE kroz kontekst pokretača i ograničenja, i identifikuju sledeće tipove ograničenja: finansijska (dostupnost kapitala, kamatne stope, odloženi dobiti), informaciona (neizvesne uštede, pouzdanost i kvalitet izvođača, neizvesna udobnost ili zdravstveni ishodi, nizak značaj energije, pogrešna percepcija upotrebe energije) i ograničenja u donošenju odluka (poremećaj rutine, gnjavaža, kognitivno opterećenje, troškovi transakcije, troškovi pretraživanja informacija). Tipologiju iz perspektive stanovnika/korisnika (složenost radova, nedostatak informacija o širim koristima, znanja o efikasnim merama renoviranja, finansija...), odnosno investitora (rizična investicija zbog nedostatka informacija/iskustva, teškoća ulaganja velikih suma u male projekte...) primenili su Shnapp i saradnici (2020).

Sublimacijom istraživanja iz proteklih decenija, *Buildings Performance Institute Europe*⁹ (u daljem tekstu BPIE) prepoznaje četiri glavne kategorije ograničenja sa posebnim uticajem na unapređenje EE postojećih zgrada: 1) finansijska, 2) institucionalna i administrativna, 3) svest, saveti i veštine, i 4) razdvajanje rashoda i koristi (Economidou i sar., 2011). U tabeli 2.3 data je tipologija ograničenja prema istraživanju BPIE-a, sa opisom ograničenja na osnovu analize publikacije „*Europe's buildings under the microscope*“ (Economidou i sar., 2011).

⁹ Buildings Performance Institute Europe (BPIE) - Vodeći nezavisni centar za ekspertizu u oblasti energetskih svojstava zgrada sa sedištem u Briselu.

Tabela 2.3 Tipologija ograničenja identifikovanih prema istraživanju BPIE-a

KATEGORIJA OGRANIČENJA	OGRANIČENJA	OPIS
FINANSIJSKA	Pristup finansijama	Nedostatak sredstava i/ili nemogućnost obezbeđivanja finansiranja pod prihvatljivim uslovima. Početni troškovi ulaganja mogu biti visoki. Korisnici i finansijske institucije manje su spremni da rizikuju. Često je „pristup finansijama“ identifikovano kao administrativno pitanje.
	Očekivani period otplate/horizonti ulaganja	Vreme potrebno da se početna ulaganja nadoknade. Horizonti ulaganja – korisnik razmišlja o mogućnosti zamene prostora u narednih nekoliko godina, a firme retko razmatraju investicije koje se ne isplate u roku od 3–5 godine. Nerazumevanje o isplativosti unapređenja EEZ u smislu troškova životnog ciklusa.
	Konkurentne odluke o kupovini	Poslodavci će pre uložiti u osoblje i opremu nego u uštedu troškova energije, koji obično čine mali deo finansijskih troškova. U domaćinstvima, korisnik će se odlučiti za najnoviji kućni aparat, novu kuhinju..., iako to nije naročito isplativa investicija, ali ima mnogo veću percepciju „društvene koristi“. Mnoge mere unapređenja EEZ nisu vidljive što ih čini manje privlačnim kao opcija ulaganja.
	Cenovni impuls	Odnosi se na potrošačke cene u smislu da uglavnom troškovi za energetske potrebe predstavljaju mali udeo troškova domaćinstva, pa rezultira nedostatkom motivacije korisnika za unapređenje EEZ.
INSTITUCIONALNA I ADMINISTRATIVNA	Regulatorna pitanja i pitanja planiranja	Kreću se od različitih stepena i brzina, pa do prepreka u okviru energetskog tržišta kao što je proces odobrenja za izgradnju integrisanih tehnologija obnovljivih izvora. Regulatorne mere planiranja od javnog interesa ograničavaju javnom sektoru da bude pokretač unapređenja EEZ.
	Institucionalna	Nejednaka finansijska mogućnost vlasnika/korisnika. Neke grupe, npr. penzioneri, ne pokazuju interesovanje za ulaganja. Višestrano vlasništvo u stambenim zgradama podiglo je organizacione barijere gde mora postojati konsenzus stanara/vlasnika da bi se sprovelo unapređenje EE. Evropski standardi za EEZ često nisu prilagođeni nacionalnim interesima.
	Građevinska	Visoki početni troškovi zbog starosti građevinskog fonda i godišnji limit većine podsticaja, imaju za posledicu da se renoviranja protežu na duži vremenski period, što je prepreka unapređenju EE. Zbog starosti zgrada, dilema vlasnik–zakupac otežava unapređenje EEZ. Države članice EU iz istočne Evrope imaju zaostavštinu „panelnih“ zgrada lošeg kvaliteta iz 1960–ih i 1970–ih, koje je potrebno ozbiljno energetski unaprediti.
	Više zainteresovanih strana	Više vlasnika i/ili korisnika zgrada. Može biti veoma teško dogovoriti se o ulaganju u unapređenje EEZ više različitih vlasnika mora ili da odobri odluku ili da da finansijski doprinos.
SVEST, SAVETI I VEŠTINE	Informaciona	Svest o isplativim mogućnostima uštede energije je niska. Brz tehnološki razvoj – stručnjacima može biti teško da budu u toku. Pogrešna informisanost dovodi korisnike u situaciju da nisu svesni ili ne shvataju u potpunosti efikasnost određenih tehnologija. Problem ako dva ili više stručnjaka daju oprečne savete za unapređenje EEZ. Čest je fokus na pojedinačnim merama, a ne na celokupnom holističkom rešenju.
	Svest o koristima	I dalje postoji nedostatak razumevanja uštede energije, smanjenja troškova i emisije CO ₂ iz primene različitih meraza unapređenja EEZ.
	Veštine i znanja građevinskih stručnjaka	Nedostatak veština, znanja i kompetencije postoji i na tržištu izvođača koji su odgovorni za efikasno izvođenje mera unapređenja EEZ, kao i među stručnjacima. Mali je broj arhitekata i inženjera koji su upoznati sa načinom i merama koje se mogu primeniti za unapređenje EEZ. Postoji i nedostatak fokusa na EEZ među građevinskim stručnjacima
RAZGRANIČENJE RASHODA I KORISTI		Proizilazi iz odnosa vlasnik–zakupac, odnosno strana koja ulaže u zgradu možda nije strana koja ubira finansijske prinose. Svako ulaganje u smanjenje računa za energiju mora se smatrati finansijski povoljnim za oba aktera, što često dovodi do zastoja u kojem se ništa ne preduzima.

3 SAVREMENI KONCEPTUALNI PRISTUPI ZA UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKSNOSTI ZGRADA

„Talas obnove za Evropu – Ozelenjavanje naših zgrada, otvaranje radnih mesta i poboljšanje života“ (eng. *Renovation Wave for Europe – greening our buildings, creating jobs, improving lives*), u daljem tekstu *Talas obnove*, je strategija Evropske komisije iz 2020. godine koja ima za cilj da se u narednih 10 godina (do 2030.) energetska unapređenje postojećih zgrada najmanje udvostruči, a kako bi se ostvarili ciljevi *Zelenog plana* o klimatskoj neutralnosti kontinenta ovakav trend energetske obnove treba biti kontinuiran do 2050 (EC, 2020b). Fokus je na: smanjenju energetske siromaštva i energetske neefikasne zgrade, javne zgrade i infrastrukturu, i dekarbonizaciju grejanja i hlađenja zgrada (EC, 2020b). Strategija podstiče da koncepti unapređenja EE postojećih zgrada budu ne samo održivi, već i u skladu sa obimnijom obnovom, odnosno što većom uštedom energije u svakom projektu obnove i renoviranja, što će neizbežno usloviti i veće investicije (von Platten i sar., 2021). *Talassom obnove*, Evropska komisija preporučuje usvajanje sveobuhvatne i integrisane strategije na nivou EU, prema sledećim ključnim principima (EC, 2020b):

- *Energetska efikasnost na prvom mestu* (horizontalni vodeći princip) – kako bismo bili sigurni da proizvodimo energiju koja nam je zaista potrebna;
- *Pristupačnost* – čineći energetske i održive zgrade široko dostupnim, naročito za domaćinstva sa srednjim i nižim prihodima, i ugrožene ljude i područja;
- *Dekarbonizacija i integracija obnovljivih izvora energije* – ubrzati integraciju obnovljivih izvora, posebno na lokalnom nivou;
- *Razmišljanje o životnom ciklusu i cirkularnosti* – minimizirati ekološki otisak zgrade, na primer kroz promociju zelene infrastrukture i korišćenje organskih građevinskih materijala;
- *Visoki zdravstveni i ekološki standardi* – između ostalog, obezbeđivanje visokog kvaliteta vazduha, dobro upravljanje vodama, prevencija klimatskih katastrofa ...;
- *Zajedničko rešavanje dvostrukih izazova zelene i digitalne tranzicije* – pametne zrade u kombinaciji sa pametnim sistemima za distribuciju energije, omogućiće visoko efikasne zgrade sa nultom emisijom;
- *Poštovanje estetike i arhitektonskog kvaliteta* – poštovanje principa projektovanja, izvođenja, nasleđa i očuvanja javnog prostora.

U okviru *Talasa obnove* definisana je i inicijativa *Novi evropski Bauhaus* (eng. *New European Bauhaus*) koja *Zeleni plan* uvodi u čovekov svakodnevni život i životno okruženje sa ciljem okretanja ka budućnosti i usklađivanja održivosti sa stilom, uz afirmaciju inovativnih rešenja u pogledu arhitekture i materijala (EC, 2020b). Kako se navodi, inicijativa je zamišljena kao kreativni i transdisciplinarni pokret, koji ima za cilj povezivanje stručnjaka iz različitih oblasti i običnih građana sa kreativnim idejama, u razmatranju mogućnosti održivog i inkluzivnog načina života današnjice ali sa vizijama za budućnost, koja treba biti lepa za naše oči, um i dušu. *Novi evropski Bauhaus* treba da inspiriše transformaciju društva kroz tri neodvojive vrednosti: 1) *održivost* – od klimatskih ciljeva do cirkularnosti, nultog zagađenja i biodiverziteta, u skladu sa prirodom, životnom sredinom i našom planetom; 2) *estetika* – kvalitet iskustva i stila iznad funkcionalnosti inspirisanI kulturom i umetnošću; i 3) *inkluzija* – od vrednovanja različitosti do obezbeđivanja pristupačnosti¹⁰. Prema *Talasu obnove* i inicijative *Novi evropski Bauhaus* koncept unpređenja EE postojećih zgrada mora biti planiran i formiran na principima održivosti kroz integrisani pristup u ostvarivanju ekoloških, ekonomskih i socijalnih zahteva.

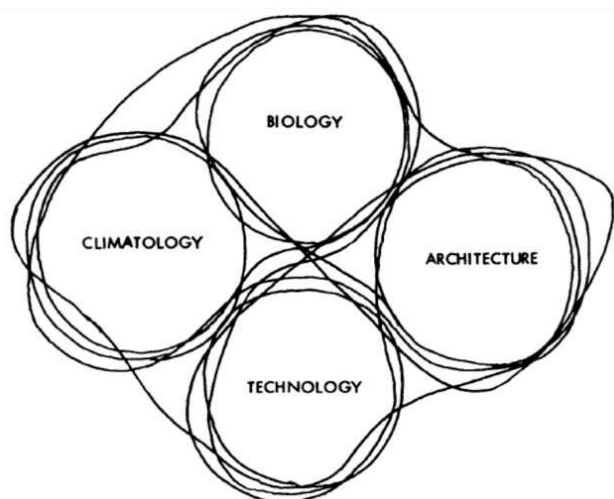
Održivost uopšte, ali i u okviru izgrađenog okruženja, predstavlja dinamičan koncept promenljiv u odnosu na svoje vremensko, prostorno i društveno okruženje, i ne postoji jedinstven održivi koncept u arhitekturi, jer „ono što je danas održivo u jednom delu sveta, možda neće biti održivo u budućnosti ili negde drugde, u drugom okruženju ili društvu“ (Košir, 2019, str. 240). U diskursu održive arhitekture¹¹, koncept se treba zasnivati na etičkoj poziciji i koherentnom razumevanju uključenih ciljeva, procesa i sistema (Bennetts i sar., 2002), a u skladu sa današnjim klimatskim uslovima, i prilagođen nastupajućim klimatskim promenama (Mickaityte i sar., 2008). Zgrade koje su projektovane ne uzimajući u obzir klimatske uslove, ili kreiraju neadekvatne uslove unutrašnjeg komfora ili povećavaju upotrebu mehaničkih veštačkih sistema za postizanje toplotnog komfora (Bodach i sar., 2014). Stoga, klimatski prilagodljiv koncept projektovanja treba da ima ključnu ulogu u postizanju održivog društva (Pajek i Košir, 2018), a složenost klimatskih promena u okviru održivosti izgrađene sredine treba biti sagledana i sa aspekta prilgaodavanja na klimatske promene kao i sa aspekta njihovog ublažavanja (Kosanović i sar., 2018, Flores–Larsen i sar., 2019). Doprinos ka bržim mogućnostima za smanjenje ekološkog otiska zgrada predstavljaju „Održive zgrade“ (eng. *Sustainable Building*) i „Zelene zgrade“ (eng. *Green Building*) (Entrop i Brouwers, 2010), kao i „Eko zgrade“ (eng.

¹⁰ https://europa.eu/new-european-bauhaus/about/about-initiative_en

¹¹ *Održiva arhitektura* – Jedna od mnogobrojnih definicija je da je to-arhitektura koja nastoji da minimizari negativan uticaj zgrada na životnu sredinu kroz poboljšanu efikasnost i umerenost u korišćenju energije, materijala, razvojnog prostora i ekosistema u celini. (https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_architecture#cite_note-1)

Eco-building) koje su u uskoj interakciji sa svojim okruženjem (Ardenete i sar., 2011) ali i energetske efikasne. Fundament u projektovanju svih ovih zgrada jesu principi bioklimatskog projektovanja. Stoga, modele unapređenja EEZ u okvirima održivosti, uz primarno ostvarivanje cilja – smanjenja potrošnje energije – moguće je ostvariti i kroz adekvatan izbor i primenu jednostavnih metoda i tehnika bioklimatskog projektovanja uz obezbeđenje toplotnog i vizuelnog komfora (Konstantinou, 2014).

Bioklimatsko projektovanje se često posmatra kao relativno nova paradigma projektovanja u arhitektonskoj praksi, međutim, principi bioklimatskog projektovanja su prisutni od kada je čovek tragao za rešavanjem svog egzistencijalnog pitanja (skloništa), i mogu se prepoznati u najranijim ljudskim naseobinama i zgradama (Olgyay, 1963; Szokolay, 2008; Konstantinou i Prieto, 2018; Košir 2019). Pojam „bioklimatsko projektovanje“ 1963. godine prošlog veka u naučne i stručne krugove uvodi Victory Olgyay u knjizi *Projektovati sa klimom* (eng. *Design with Climate*) (Pucar, 2006; Szokolay, 2008; Košir, 2019), a sam bioklimatski pristup u arhitekturi i projektovanju Olgyay istražuje još pedesetih godina prošlog veka. Kroz pojam bioklimatskog projektovanja, Olgyay (1963) spaja discipline: *klimatologiju, biologiju, tehnologiju i arhitekturu* (slika 3.1). Arhitektura je poslednji korak u bioklimatskom projektovanju zgrada, a prethode joj prvo analiza klimatskih elemenata lokacije (klimatologija), zatim sagledavanje potreba i očekivanja korisnika (biologija) i kao treći korak odabir tehnoloških rešenja, metoda i mera koja će doprineti minimiziranju negativnih i iskorišćenju pozitivnih klimatskih uticaja (tehnologija), sve u cilju ostvarivanja potreba korisnika (Olgyay, 1963).



„Bioklimatsko projektovanje koristi energiju prirode da uskladi zgrade sa lokalnim uslovima. Fizika životne sredine, kao što je sunčevo zračenje i konvekcija vetra, koriste se kao formalni uticaji za kreiranje klimatsko uravnoteženog projektovanja. Dijagram u knjizi prikazuje četiri međusobno povezana kruga: klimatologiju, biologiju, tehnologiju i arhitekturu. Linije krugova su meke višeslojne linije, amblematske priobalnog spajanja ovih discipline. Bioklimatsko projektovanje uzima ove discipline i razmatra ih zajedno.“ - V. W. Olgyay

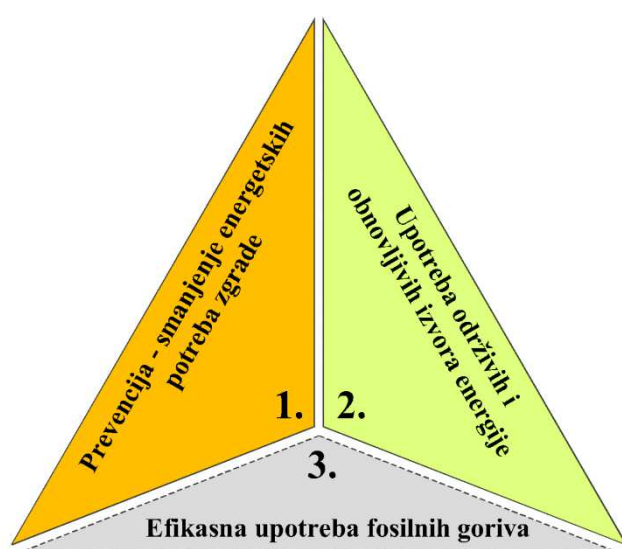
Izvor: „*Design with Climate then and now*“ - Intervju Molly Miller sa V. W. Olgyay-om. Dostupno na: <https://www.mollymillerstories.com/blog/design-with-climate> [Pristupljeno 23.10.2021.]

Slika 3.1 Međusobno povezana polja klimatske ravnoteže

Izvor: Olgyay, 1963, str. 12.

Glavni fokus bioklimatskog projektovanja kao inženjerske prakse, su svojstva zgrade u odnosu na uslove životnog okruženja i prilagođavanje potrebama korisnika, uz istovremenu optimizaciju upotrebe energije (Olgyay, 1963; Szokolay, 2008; Konstantinou i Prieto, 2018; Košir, 2019). Karkanias i saradnici (2010) u svom radu daju definiciju pojma bioklimatske arhitektura u kontekstu evropskog zakonodavstva (Direktive 2009/28/EC), gde bioklimatska arhitektura „ima za cilj poboljšanje EE zgrade i eksploataciju obnovljivih izvora energije korišćenjem pasivnih tehnologija, a uz pomoć dodatnih aktivnih tehnologija u omotaču zgrade, asimilirajući u isto vreme takve zgrade u lokalno fizičko okruženje“ (Karkanias i sar., 2010). U kontekstu unapređenja EE postojećih zgrada, implementacija mera, mehanizama i tehnologija bioklimatskog projektovanja uslovljena je dodatnim izazovima, te stoga zahteva holistički pristup u odabiru modela unapređenja.

Savremeni održivi koncept unapređenja EEZ u okvirima bioklimatskog projektovanja, jeste koncept „Energetsko trojstvo“ u originalnom nazivu „*Trias Energetica*“. Pretača ovom konceptu je Duijvestein–ova šema¹² u tri koraka za rangiranje održivih mera u građevinskoj industriji. Ova šema je poslužila idejnom tvorcu *Trias Energetica* Lysen–u da 1996. godine predstavi koncept u tri koraka za održivom energijom u Holandiji (Entrop i Brouwers, 2010; Konstantinou i Prieto, 2018). Entrop i Brouwers (2010) navode da je vremenom Lysen–ov koncept iz 1996. godine, koji nije imao hijerehijski pristup, kroz akademska istraživanja evoluirao u opšte prihvaćenu savremenu formu koja pruža precizniji i hijerarhijski pristup održivosti (slika 3.2), gde je prvi korak najpovoljniji, a treći najnepovoljniji:



1. sprečavanje upotrebe energije kroz preispitivanje potrošnje energije (*prevencija*);
2. što veća upotreba održivih i obnovljivih izvora energije (*obnovljivi*);
3. kada i dalje postoji potražnja za energijom, upotreba fosilnih goriva treba biti što efikasnija (*efikasnost*) (Entrop i Brouwers, 2010).

Slika 3.2 *Trias Energetica* (Energetsko trojstvo) u tri koraka

Izvor: Autor

¹² Duijvestein-ova šema u tri koraka za rangiranje održivih mera u građevinskoj industriji: 1-sprečiti nepotrebnu upotrebu; 2 - koristiti beskrajne izvore (npr. energiju vetra, sunčevu energiju, ilovaču i drvo); 3 - koristiti izvore koji nisu beskonačni, što je moguće efikasnije.

U kontekstu Evrope kao prvom klimatski neutralanom kontinentu sa nultom emisijom CO₂, treći korak *Trias Energetica* u pristupima planiranja modela unapređenja EE postojećih zgrada i projektovanja skoro energetske nultih zgrada treba eliminisati ili svesti na minimum. Sa druge strane, u zemljama koje nisu članice EU, treći korak/princip je često neizbežan i predstavlja prvi i najčešće jedini korak kada se planira model unapređenja EE višeporodičnih stambenih zgrada.

3.1 PRIMENJENE MERE U PROCESU UNAPREĐENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI

U skladu sa postavljenim ciljevima, uz ostvarivanje i nekih od pridruženih koristi, sprovođenje održivog koncepta unapređanja EE višeporodičnih stambenih zgrada prema postulatima i mehanizmima bioklimatskog projektovanja, a u interesu ostvarivanja principa *Trias Energetica*, može biti ostvareno primenom sledećih mera:

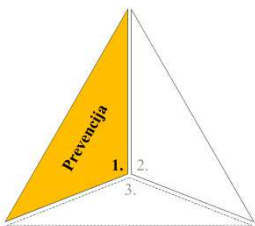
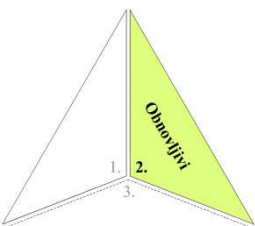
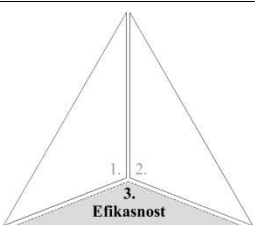
- 1) u ostvarivanju prvog principa (*prevencija*) primeniti arhitektonsko–projektantske mere koje će uticati na smanjenje potrošnje energije u zgradama, kao što su: izolovanje, termoizolaciono zastakljenje odnosno zamena transparentnih elemenata, zaptivenost, zasenčenje, prirodna ventilacija, elementi zelene gradnje...;
- 2) u ostvarivanju drugog principa (*obnovljivi*) primeniti sisteme i tehnologije koje će doprineti što većem iskorišćavanju održivih i obnovljivih izvora za potrebe energije, kao što su: termalni solarni prijemnici, fotovoltaići, geotermalne pumpe...;
- 3) ukoliko je neophodno, za ostvarivanje trećeg principa (*efikasnost*), primeniti mere kako bi se zalihe fosilnih goriva koristile što efikasnije i čistije, a koje su u funkciji poboljšanja efikasnosti već postojećih sistema za grejanje, hlađenje, pripremu sanitarne tople vode kao što su zamena toplotnih izvora, intervencija na kotlovima itd. .

Ovako koncipirane mere su u potpunom skladu sa značenjem energetske renoviranja pod kojim se smatra svaka rekonstrukcija koja ima za cilj promenu omotača zgrade ili njenih tehničkih sistema kako bi se značajno smanjila eksploataciona energija zgrade (EEEA, 2020).

Sve ove mere se mogu grupisati na *pasivne* i *aktivne* mere, što je i najuobičajniji način njihovog grupisanja prilikom planiranja modela unapređenja EE postojećih zgrada. Pasivne mere su arhitektonsko–projektantske mere koje se odnose na funkcionalne karakteristike, formu i materijalizaciju same zgrade, dok su aktivne mere one koje se odnose na sisteme za prikupljanje, konverziju i korišćenje energije, pre svega iz održivih i obnovljivih izvora energije (Ionescu i sar., 2015). Pasivne mere su one mere koje su direktno povezane sa samom zgradom, njenom konstrukcijom i materijalizacijom kao i funkcionalnim rešenjem prostora, i ne zahtevaju nikakvu

upotrebu energije, dok sa druge strane aktivne mere se odnose na same instalacione sisteme u zgradama kojima je za funkcionisanje potrebno uvođenje spoljašnje energije od obnovljivih ili neobnovljivih izvora energije (Košir, 2019). U kontekstu principa *Trias Energetica*, pasivne i aktivne mere se mogu diferencirati kao: pasivne mere – mere primenjene u prevenciji (prvi korak), dok su aktivne mere one koje se primenjuju u drugom (obnovljivi) i trećem (efikasnost) koraku (Konstantinou, 2014). U tabeli 3.1 na osnovu analize savremenih istraživanja prikazana je sublimacija mogućih pasivnih i aktivnih mera, mehanizama i tehnika za unapređenje EE postojećih zgrada prema principima *Trias Energetica*.

Tabela 3.1 Klasifikacija mera, mehanizama i tehnika za unapređenje EE postojećih zgrada

TRIAS ENERGETICA	MERA			
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Izolovanje ▪ Izolaciono zastakljenje ▪ Zaptivenost ▪ Zastakljenje balkona i lođa ▪ Staklenik ▪ Dvostruka fasada ▪ Trombov zid ▪ Termalna masa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zasenčenje ▪ Prirodna ventilacija ▪ Hlađenje evaporacijom ▪ Zeleni krov ▪ Zeleni zid ▪ Zaštita od vetra ▪ Dnevno osvetljenje 	PASIVNE MERE	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fotovoltaični paneli ▪ Termosifonski sistemi ▪ Vetroturbine (mini hvatači vetra, mikroturbine) ▪ Geotermalne pumpe ▪ Biomasa 			AKTIVNE MERE
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efikasni sistemi za grejanje ▪ Toplotne pumpe ▪ Priključak na centralno grejanje ▪ Efikasni sistemi za hlađenje ▪ Efikasno osvetljenje 			

Efikasni modeli za unapređenje EE postojećih zgrada u cilju smanjenja potrošnje energije i emisije CO₂ od eksploatacione energije u zgradama, podrazumevaju implementaciju ustaljenih obrazaca kao što su primena ekološki osetljivih mera i mera u cilju poboljšanja karakteristika omotača zgrade (Bogdanović i sar., 2018), obnovljivih izvora energije i održivih tehnologija (Filippin i Flores Larsen, 2009; Ardente i sar., 2011; Economidou i sar. 2020), kao i promenu obrasca potrošnje energije kod ljudi (Filippin i Flores Larsen, 2009). Kolike će rezultate postići ovako formirani modeli ne zavisi samo od integracije ovih koncepata i od adekvatnog funkcionisanja zgrade od strane korisnika, već i od svojstava svakog od tehnoloških sistema (Etzion i sar., 1997). U *Talasu obnove* se iznosi zapažanje da se radovi na klasičnom renoviranju

zgrada veoma retko bave poboljšanjem i energetske svojstava zgrada, te se stavlja fokus upravo na primeni mera koje će uticati na poboljšanje karakteristika termičkog omotača zgrade (EC, 2020b), što je u sprezi sa prvim principom *Trias Energetica* i primenom pasivnih mera.

Iako se unapređenje EEZ vrlo često posmatra kroz upotrebu mera na unapređenju energetske sistema (efikasniji KGH sistemi, promena energenta ...), savremene tendencije zahtevaju održiv model unapređenja koji je nezamisliv bez primene pasivnih mera (Ignjatović i sar., 2021). Ardente i saradnici (2011) zaključuju da su najznačajnije koristi za uštedu energije proistekle iz primene pasivnih mera koje se odnose na poboljšanje toplotnih karakteristika omotača i funkcionalnosti same zgrade (Ardente i sar., 2011). Ovo ne znači da su aktivne mere koje su direktno povezane sa instalacionim sistemima u zgradama manje bitne. Naime, unutrašnji komfor u loše projektovanim zgradama može biti korigovan primenom aktivnih (KGH) sistema ali uz moguće povećanje potrošnje energije. Sa druge strane, njihovo efikasno funkcionisanje je uslovljeno dobrim projektom zgrade i njenim toplotnim karakteristikama (Košir, 2019; Aslani i sar., 2019). Shodno tome, o aktivnim merama i sistemima, a naročito onih koji koriste fosilne energente, treba razmišljati kao o merama u funkciji potpore pasivnog koncepta projektovanja. Značaj korišćenja pasivnih arhitektonskih mera u unapređenju EEZ prepoznat je i u okviru Direktive 2018/844/EU (ispravka EPBD i direktive o EE 2012/27/EU) (EC, 2018b). U cilju unapređenja EEZ neophodno je najpre iscrpeti sve mogućnosti u primeni pasivnih mera kako bi zgrade bile dobro projektovane, a zatim primeniti aktivne mere i to pre svega one koje koriste obnovljive izvore energije (Danijels, 2009). Ovakav pristup treba biti fundament unapređenja EE svih postojećih zgrada, a kako su pasivne mere arhitektonsko–projektantskog karaktera, akcenat u doktorskoj disertaciji je upravo na njima.

3.2 PASIVNE MERE

Pasivne mere ne predstavljaju novinu u projektovanju. Mehanizmi i principi funkcionisanja pasivnih mera prepoznaju se još iz antičkog perioda, i baza su varnakuarne arhitekture (Bothwell, 2011; Ionescu i sar., 2015; Košir, 2019), prenošeni sa kolena na koleno. Njihova implementacija u projektovanju zgrada se u jednom trenutku zapostavila usled industrijalizacije i tehnološkog razvoja koji su inicirali masovniju upotrebu aktivnih sistema. Usled energetske krize u prošlom veku ili bolje reći početka ekološke krize, i povećanja svesti o destruktivnom antropogenom učinku na životno okruženje, primena pasivnih mera u arhitektonskoj praksi i savremenom razvoju inovacionih tehnologija ponovo zauzima primat u postulatima projektovanja novih zgrada, ali i svim oblicima rekonstrukcije, revitalizacije i

sanacije postojećih zgrada. Razlika je u tome, što primena nekih pasivnih mera i mehanizama koji su bili primenjivani u varnakularnoj arhitekturi, usled klimatskih promena, danas možda ne predstavljaju najadekvatnije mere u projektovanju klimatski prilagođenih i energetski efikasnih zgrada (Pajek i Košir, 2018), kao i u energetskom unapređenju postojećih zgrada. Sa druge strane, usled tehnološkog razvoja pasivni mehanizmi su se uspešno ukrstili sa inovacionim tehnologijama u obezbeđivanju unutrašnjeg komfora (Widera, 2015), a njihov odabir treba da se zasniva na njihovoj sposobnosti projektovanja klimatski otpornih zgrada (Pajek i Košir, 2021).

Za smanjenja energetske potrošnje u zgradama pasivne mere mogu biti u funkciji: *toplotne zaštite* (sprečavanje toplotnog toka iz zone sa većom ka zoni sa nižom temperaturom, i to u zimskom periodu od unutra ka spolja, a u letnjem od spolja ka unutra); *korišćenja solarne energije* (za prikupljanje, skladištenje i distribuciju solarne energije bez ili sa minimalnom upotrebom mehaničkih sistema); i *zaštite od pregrevanja* (sprečiti pregrevanje ili bar smanjiti efekat pregrevanja uz održavanje vazdušnog komfora–kvaliteta vazduha) (Konstantinou, 2014). Odabir i asimilacija pasivnih mera u unapređenju EE postojećih zgrada za ostvarivanje cilja smanjenja potrebne energije za grejanje zasnivaju se na mehanizmima:

- *smanjenja toplotnih gubitaka* (mere u funkciji toplotne zaštite – izolovanje, izolaciono zastakljenje, zaptivenost);
- *povećanja toplotnih dobitaka* (mere u funkciji korišćenja solarne energije – solarni tampon prostori, staklenik, dvostruka fasada...).

Oba ova mehanizma bi trebala biti razmatrana prilikom planiranja energetskog unapređenja, međutim, u istraživanju o izazovima i pristupima u smanjenju energije Sorrell (2015) iznosi zapažanje da ljudi imaju tendenciju da izaberu podrazumevanu opciju poimanja EE, onu koja je najšire zastupljena, gde je EE uokvirena u sprečavanju gubitaka, a ne obezbeđivanju dobitaka (Sorrell, 2015). Stoga je neophodno detaljnije i sistematičnije donošenje odluka o odabiru i primeni pasivnih mera u smanjenju potrebne energije za grejanje. Takođe, primena pasivnih elemenata zelene gradnje/infrastrukture, i pored toga što imaju neznatan učinak u smanjenju potrebne energije za grejanje, je značajna zbog njihovih pridruženih koristi kako iz privatne tako i iz društvene perspektive, a sve u cilju planiranja održivih modela unapređenja EEZ. Omotač zgrade, kao medijator i fizički separator između unutrašnjeg prostora i spoljašnjeg okruženja, koji je u stalnoj interakciji između ove dve sredine, je od suštinskog značaja za obezbeđivanje unutrašnjeg komfora (Košir, 2019) pružajući otpornosti na vazduh, toplotu, buku, svetlost i vodu (Eldarwish i Gomaa, 2017; Aslani i sar., 2019). Kao takav, njegovi netransparentni i transparentni elementi moraju biti adekvatno projektovani i unapređeni sa

ciljem postizanja ne samo toplotnog već i vazdušnog, svetlosnog i zvučnog komfora. Unapređenjem elemenata termičkog omotača zgrade ostvaruje se unutrašnji komfor bez ugrožavanja funkcionalnih potreba korisnika (Eldarwish i Gomaa, 2017). S obzirom na klimatske promene i neizvesnost buduće klime, sa stanovišta EE preporučljivo je projektovati nove zgrade i planirati modele unapređenja postojećih zgrada prema zahtevima za smanjenje potrebne energije za grejanje, a da se istovremeno sagledava i osetljivost na buduće pregrevanje (Pajek i Košir, 2021). Izazov u preispitivanju primene adekvatnih pasivnih mera za održivo unapređenje EE postojećih zgrada je još veći kada je reč o višeporodičnim stambenim zgradama. U ovoj doktorskoj disertaciji istražuje se primena sledećih odabranih pasivnih mera: *izolovanje, izolaciono zastakljenje, zastakljenje balkona i lođa i zeleni krovovi*, sa fokusom na zastakljenje balkona i lođa, i posebnim osvrtom na zelene krovove, iz razloga što u dosadašnjim istraživanjima, a posebno u našoj praksi, nisu dovoljno sagledane.

3.2.1 Izolovanje

Kada se govori o izolovanju u kontekstu EEZ podrazumeva se toplotno izolovanje netransparentnih elemenata termičkog omotača zgrade¹³. Izolovanjem netransparentnih elemenata termičkog omotača, postiže se značajno smanjenje potrebne energije za grejanje uz obezbeđivanje toplotnog komfora (Dylewski i Adamczyk, 2011; Ardente i sar., 2011; Taveres–Cachat i sar., 2019). Ostvaruje se i revitalizacija fasadnog omotača, jer tokom svog životnog veka zgrade su podložne fizičkim oštećenjima od različitih uticaja, a većina njih je u vezi sa fasadnim omotačem (Konstantinou i Knaack, 2011). Pravilnom ugradnjom izolacije sa spoljašnje strane moguće je rešiti posledice toplotnih mostova koje nastaju usled neadekvatno izolovanih elemenata i njihovih međusobnih veza (Mastouri i sar., 2020).

Istraživanja koja proučavaju termoizolacione materijale i njihove efekte sa aspekta prenosa toplote, formiranja i prolaza vlage, i drugo, aktuelna su još od kraja devetnaestog veka pa sve do danas (Ionescu i sar., 2015). Termoizolacioni materijali zbog svoje poroznosti, karakteristični su po maloj gustini i toplotnoj provodljivosti. Pomenute karakteristike zavise od porekla sirovine od koje se termoizolacioni materijali proizvode. U zavisnosti od porekla sirovine, mogu biti proizvedeni od: organskih i mineralnih sirovina, kao i od sirovina iz naftnih derivata (Konstantinou i Prieto, 2018). Odabir termoizolacionog materijala, pored koeficijenta toplotne provodljivosti, uslovljen je i tipom elementa termičkog omotača koji se toplotno unapređuje (npr. specifičnost izolovanja ravnog krova), kao i ispunjavanja uslova protiv požarne zaštite.

¹³ *Termički omotač zgrade* – čine svi elementi zgrade koji razdvajaju grejani od negrejanog dela zgrade, odnosno, celine zgrade sa različitim uslovima komfora ili delova zgrade kod kojih dolazi do prekida grejanja usled privremenog nekorišćenja nekog prostora (PEEZ).

U tabeli 3.2 prikazan je pregled aktuelnih termoizolacionih materijala klasifikovanih prema vrsti sirovine, njihove osnovne toplotne karakteristika, klasa otpornosti na požar, primena, kao i siva (zarobljena) energija.

Tabela 3.2 Izolacioni materijali i njihove karakteristike (Izvor: Konstantinou i Prieto, 2018, str. 244)

KLASIFIKACIJA PREMA SIROVINI	IZOLACIONI MATERIJAL	GUSTINA ρ [kg/m ³]	TOPLOTNA PROVODLJIVOST λ [W/mK]	RELATIVNI KOEFIJENT DIFUZIJE VODENE PARE μ	KLASA OTPORNOSTI NA POŽAR - EUROCLASS	PRIMENA	SIVA (ZAROBLJENA) ENERGIJA [MJ/kg]
ORGANSKI	Lan	20–50	0,038–0,045	1–2	E	SZ, KF, P, PK, KR	11–30
	Konoplja	20–50	0,038–0,045	1–2	E	SZ, KF, P, PK, KR	10,5–33
	Drvena vlakna*	150–250	0,040–0,081	2–5	E	SZ, KF, P, PK, KR	17
	Drveno – vunene table	60–600	0,080–0,100	2–5	E	SZ, KF, P, PK, KR	10,8
	Pluta*	100–120	0,038–0,050	10–18	E	SZ, KF, P, PK, KR	26
	Trska*	155	0,040–0,065	2	E	SZ, P, PK, KR	
	Ovčija vuna*	20–50	0,040–0,044	1–2	E	SZ, KF, P, PK, KR	20,9
	Celuloza*	25–66	0,040–0,045	1–2	E	SZ, KF, P, PK, KR	7,6
MINERALNI	Kamena vuna*	20–40	0,031–0,040	1–2	A1	SZ, KF, P, PK, KR	16,8
	Staklena vuna*	16–25	0,031–0,040	1–2	A1	SZ, KF, P, PK, KR	49,6
	Mineralna pena	70	0,035–0,051	3–5	A1	SZ, KF, P, PK, KR	
	Perlit	60–160	0,040–0,060	5–25	A1	SZ, P, PK	
	Ćelijsko ili penasto staklo	10–120	0,040–0,055	∞	A1	SZ, KF, P, PK, KR	26
	Aerogol	180	0,013	∞	A	SZ, PK, KR	53
NAFTNI DERIVATI	Ekspandirani polistiren (EPS)*	15–30	0,035–0,040	20–100	od D do F	SZ, KF, PK, KR	108
	Ekstrudirani polistiren (XPS)*	20–50	0,030–0,040	5–23	E	SZ, KF, P, KR	95
	Poliuretan*	30–40	0,025–0,040	30–100	C (B za sendvič-panele sa metalnim licem)	SZ, KF, P, PK, KR	101
OSTALO	Vakuumski izolacioni paneli (VIP)	150–180	0,07–0,10	∞	A (za VIP jezgra)	SZ, P, PK	81,9
	Transparentna izolacija			5–26		SZ	

SZ – Spoljni zid; KF – Kontaktna fasada ETICS; P – Pod; PK – Potkrovlje; KR – Krov.

A i A1 – negorivi; B i C – teško gorivi; D i E – normalno gorivi; i F – lako gorivi.

(*) – Materijali koji su dati i u Pravilniku o EEZ („Sl. glasnik RS“, br.61/2011).

Primenom pasivne mere izolovanja u unapređenju EE postojećih zgrada, direktno se utiče na minimiziranje toplotnog toka, odnosno smanjenje toplotnih gubitaka zimi i toplotnih dobitaka leti kroz termički omotač zgrade, neposredno određujući energetska svojstva zgrade. Ipak, treba biti obazriv u toplotnom izolovanju zgrada ukoliko se teži i klimatski održivim zgradama i najisplativijim merama u dekarbonizaciji postojećeg građevinskog fonda. Naime, Filippidou i saradnici (2019) u svom istraživanju primećuju da u zemljama sa mediteranskom klimom, nivo izolovanja termičkog omotača zgrade ne doprinosi značajno smanjenju potrebne energije za grejanje, dok sa druge strane se povećava potrebna energije za hlađenje, i zaključuju da je neophodno u planiranju najisplativijih modela energetskog unapređenja zgrada u cilju dekarbonizacije, naći kompromis između izolovanja i primene efikasnih aktivnih sistema grejanja i hlađenja (Filippidou i sar., 2019).

Kroz površinski najveće spoljašnje netransparentne elemente termičkog omotača - zidove i krovove - dolazi do velikih gubitaka toplote, a njihovim adekvatnim i efikasnim izolovanjem i bez dodatnih troškova održavanja, može se doprineti da unutrašnja temperatura bude veća čak i za 5 °C u zimskom periodu (Aslani i sar., 2019) što uslovljava smanjenje potrebne energije za grejanje. Alzetto i saradnici (2018) metodom merenja toplotnih gubitaka na nivou cele kuće (tipična jednorodna kuća u Engleskoj, sa početka XIX veka) ispituju modele unapređenja EE primenom različitih mera pod kontrolisanim uslovima, i zaključuju da model sa primenjenom merom izolovanja spoljnih zidova doprinosi najvećem smanjenju toplotnih gubitaka od 48% u odnosu na početni model neizolovane kuće (Alzetto i sar., 2018). Kako energetske potrebe zgrade ne zavise samo od energetskih svojstava zgrada, već i od lokalnih klimatskih uslova i od ponašanja korisnika prostora, ne može se tvrditi da će način izolovanja koji je bio primenjen na jednoj zgradi doprineti istom smanjenju potrebne energije za grejanje kod zgrada sa identičnim karakteristikama. Zbog toga ne postoji jedinstven model izolovanja, već se mora pristupiti razradi modela iznova, svaki put kada se planira unapređenje EEZ.

Pravilna primena izolovanja, zahteva poznavanje termičkog ponašanja elemenata/pregrada koje pre svega određuje koeficijent prolaza toplote – U ($W/(m^2K)$). Vrednost koeficijenta U opisuje nivo toplotne izolovanosti elemenata termičkog omotača, i bez obzira da li je reč o projektovanju EE novih ili unapređenju EE postojećih zgrada, treba težiti što nižim U – vrednostima. Niža U -vrednost jedan je od faktora ka manjim transmisionim gubicima toplote kroz termički omotač. Elementi termičkog omotača postojećih zgrada po pravilu ne zadovoljavaju današnje propise i zahteve po pitanju toplotne zaštite, a pre svih ne ispunjavaju propisane vrednosti koeficijenta U što ukazuje na značajan potencijal primene mere izolovanja.

Kod postojećih zgrada stanje elemenata i građevinskih materijala u njihovoj strukturi moguće je utvrditi kvalitativnim metodama kao što je termografija, ili kvantitativnim metodama *in-situ* merenje U-vrednosti (Alzetto i sar., 2018). Radi postizanja zadovoljavajućih i nižih U-vrednosti kod elemenata termičkog omotača postojećih zgrada, elementi moraju biti izolovani materijalima sa većim toplotnim otporom koji će uticati na manji prolaz toplote (manje U-vrednosti), odnosno materijalima sa manjom toplotnom provodljivošću adekvatne debljine. Aspekte koje obavezno treba razmotriti su optimalna debljina termoizolacije koja varira u zavisnosti od vrste termoizolacionog materijala, kao i klimatski i ekonomski uslovi (Kaynakli. 2012; Mastouri i sar., 2020; Canbolat i sar., 2020). Povećanje debljine termoizolacije u jednom elementu, radi povećanja toplotnog otpora, marginalno utiče na smanjenje potrebne energije za grejanje. Manji uticaj na smanjenje energije će imati izolovanje samo spoljašnjeg zida čija se debljina sa 12 cm poveća na 30 cm, nego izolovanje spoljašnjeg zida u debljini od 12 cm i krova sa debljinom od 10 cm (Almeida i sar., 2017). Uz pravilnu opservaciju postojećeg stanja zgrade i optimalno dimenzionisanje, projektovanje i ugradnju, pasivnom merom izolovanja je moguće ostvariti očekivane U-vrednosti (Farmer i sar., 2016; Alzetto i sar., 2018).

Svako tehnološko rešenje ili novi proizvod, tokom svog vremenskog postojanja bude prepoznat i prihvaćen ili neprihvaćen, i u zavisnosti od tržišnih uslova, pristupačnosti i informisanosti, dostigne nivo kada opada zainteresovanost za tim rešenjem/proizvodom u njegovoj primeni, a samim tim i na tržištu. Prednosti izolovanja u unapređenju EE postojećih zgrada su još uvek prepoznate, a broj korisnika je proširen i mera ima široko tržište (Aslani i sar., 2019). Izolovanje kao mera „sa police“ (eng. „*Off-the-Shelf*“) dostupna svima, treba da budu jednostavna, efikasna i u potpunosti realizovana kako bi se ostvarila očekivana svojstva zgrade (Farmer i sar., 2016). Izborom odgovarajućeg termoizolacionog materijala (vrsta i debljina), i uzimajući u obzir klimatske uslove, tip zgrade i njene karakteristike, moguće je ostvariti značajne energetske uštede (Kaynakli, 2012).

I pored svega, primena izolovanja kod postojećih višeporodičnih stambenih zgrada je ograničena i retko primenjiva mera na svim elementim termičkog omotača zbog karakteristika samih zgrada i njihove postojeće fasadne obloge (često raznolika - opeka, beton...) koja je likovno i oblikovno određuje. Iako postoje sistemi za repliciranje identične/slične fasadne obloge, takvi sistemi povećavaju torškove. Ipak, ove ograničavajuće okolnosti ne podrazumevaju da izolovanje treba zaobići kao meru u modelima unapređenja EEZ, već maksimalno, opservativno i pažljivo treba ispitati korisnost i mogućnost njene primene.

3.2.2 Izolaciono zastakljenje

Dok je izolovanje mera netransparentnih elemenata, meru izolacionog zastakljenja treba primeniti na svim transparentnim spoljašnjim elementima kao što su prozori, balkonska vrata, lanterne, svetlosne kupole i ostale fiksne zastakljene površine. U diskursku pasivnih mera koje se primenjuju na unapređenju toplotnih karakteristika termičkog omotača, izolaciono zastakljenje prozora se može identifikovati najmanje ravnopravno sa izolovanjem, a najčešće kao prva i ključna mera u cilju smanjenja potrebne energije za grejanje (Jaber i Ajib, 2011; Domínguez i sar., 2012; Kaasalainen i sar., 2020). Izolaciono zastakljenje je najprisutnija i opšte prihvaćena mera kada je reč o unapređenju EE višeporodičnih zgrada, i suštinski podrazumeva zamenu starih prozora sa jednostrukim zastakljenjem, novim energetski efikasnijim prozorima sa višestrukim zastakljenjem. Iako se čini kao lako primenjivom merom, s obzirom na široku upotrebu među stanarima, ova mera zahteva opsežniju analizu. Pored uticaja na smanjenje potrebne energije za grejanje uz ostvarivanje toplotnog komfora, ne sme se umanjiti osnovna namena prozora, a to je obezbeđivanje dovoljnog prodora dnevnog svetla uz ostvarivanje svetlosnog (Bogdanović, 2018) ali i zvučnog i vazdušnog komfora.

Prozori su izum još iz doba pre naše ere, a upotreba stakla za prozor, koje je bilo neujednačene debljine i nije bilo providno već tek toliko da propusti malo svetla, datira iz prvog veka naše ere¹⁴. Konstrukcija prozora se sastoji od staklene površine i okvira. Razvoj staklenih površina za prozore i uopšteno za zgrade je aktuelan od kraja XIX veka i povezan je sa razvojem tehnologije proizvodnje stakla, projektantskom i inženjerskom praksom (Konstantinou, 2014) ali i sa pojavom naučnih saznanja koja se bave istraživanjem višeslojne konfiguracije staklenih panela (Ionescu i sar., 2015). Okosnicu razvoja predstavlja prvi patent dvostrukog stakla, patentiran u Americi 1865. od strane inženjera i inovatora Thomas D. Stetson-a sa ciljem stabilnosti temperature unutrašnjeg prostor (Ionescu i sar., 2015), čija je proizvodnja započeta tek 1930. godine¹⁵. Trostruko zastakljenje je prvi put upotrebljeno na polarnom brodu konstruktora Fridtjof Nansen-a, na kojem su primenjeni principi toplotne zaštite koji su veoma bliski principima projektovanja današnjih pasivnih kuća¹⁶. Tokom vremena radilo se na usavršavanju staklenih panela (staklo-paket) koji se sastoji od dvostrukog i trostrukog zastakljenja. Sa energetsom krizom iz prošlog veka (1974.), kreće i veliki inovacioni talas, a zatim i masovna proizvodnja i primena izolacionih staklo-paketa. Staklo-paket od dva ili tri stakala na određenom razmaku, hermetički je zatvoren radi boljih toplotnih svojstava kao i

¹⁴ <https://www.britannica.com/technology/window>

¹⁵ <https://en.villumwindowcollection.com/all-about-windows/persons/thomas-d-stetson/>

¹⁶ https://passipedia.org/basics/the_passive_house_-_historical_review

sprečavanja kondenzacije između stakala (Savic i sar., 2013). U početku je međuprostor bio ispunjen suvim vazduhom, a razvoj inovacija i tehnologija omogućio je da se međuprostor u staklo-paketu, u cilju poboljšanje toplotnih karakteristika stakla - smanjenja toplotne provodljivosti, ispuni plemenitim inertnim gasom manje toplotne provodljivosti i sporim kretanjem kao što je argon (Ar), kripton (Kr) ili ksenon (Xe).

Transparentni elementi (prozori) zbog svojih toplotnih karakteristika doprinose većim transmisionim i infiltracionim gubicima. Sa druge strane, prozori odnosno stakla, imaju veliki udeo u doprinosu solarnih toplotnih dobitaka u zimskom periodu, pa treba težiti ka što većim solarnim dobitcima kroz transparentne površine u odnosu na gubitke, kako bi se smanjila potrebna energija za grejanje. Važno je napomenuti da u letnjem periodu da bi se obezbedio toplotni komfor i smanjila potrebna energija za hlađenje, unutrašnji prostor treba zaštititi od pregrevavanja, odnosno toplotnih dobitaka, primenom pasivnih mera za zasenčenje. U ovom kontekstu, Jaber i Ajib (2011) za prozor kažu da je kao „nož koji ima dve strane - jedna je korisna, a druga je štetna“, te je izbor zastakljenja kritičan faktor za određivanje efikasnosti prozora kao pasivne mere (Jaber i Ajib, 2011).

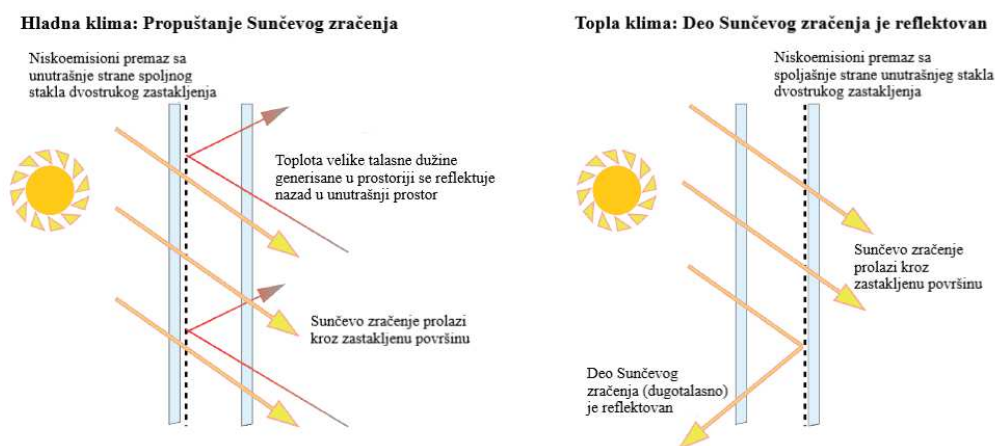
Udeo prozora u poboljšanju energetskih svojstava zgrade i određivanja potrebne energije za grejanje, zavisi od sledećih faktora: 1) adekvatne materijalizacije prozora koju uslovljavaju dva parametra toplotne zaštite: koeficijent U prozora (U_w) i faktora propustljivosti solarnog zračenja stakla (g); i 2) karakteristika zgrade koje se odnose na veličinu i orijentaciju prozora. Veličina i orijentacija prozora mogu imati veliki uticaj na potrebnu energiju (Gasparella i sar., 2011) i o njima se naročito mora voditi računa kod projektovanja novih zgrada. Međutim kada je reč o unapređenju EE postojećih zgrada, ove karakteristike su već uslovljene, i naročito kod višeporodičnih stambenih zgrada se po pravilu ne bi trebale menjati. Stoga se adekvatna primena mere izolacionog zastakljenja prozora (zamena prozora) u unapređenju EEZ može sagledati na osnovu varijabiliteta toplotnih karakteristika samog prozora - prvog faktora, a prema zadatoj orijentaciji i veličini prozora.

Koeficijent prolaza toplote prozora - U_w najviše zavisi od otpora prolazu toplote stakla, odnosno vrednosti koeficijenta prolaza toplote stakla - U_g , a zatim i od vrednosti koeficijenta prolaza toplote kroz okvir - U_f . Vrednost U_w može se utvrditi merenjem ili proračunati prema standardu (SRPS) EN ISO 10077-1. Standard propisuje vrednosti U_g u zavisnosti od tipa izolacionog zastakljenja i U_f u zavisnosti od vrste materijala okvira, kao i ostale potrebne karakteristike¹⁷. Prilikom primene mere izolacionog zastakljenja prozora, kao i kod izolovanja

¹⁷ U Republici Srbiji vrednosti U_g , g i U_f su propisane Pravilnikom o EEZ („Sl. glasnik RS“, br.61/2011).

treba težiti nižim vrednostima- U_w . Generalno, svaki prozor sa svojim određenim karakteristikama koji ispunjava uslov prema dozvoljenoj vrednosti- U_w koja je propisana regulativom, se može koristiti kao pasivna mera za unapređenje EEZ ali je pitanje opseg unapređenja, odnosno uticaj na smanjenje potrebne energije za grejanje koji zavisi od vrednosti- U_g kao i faktora propustljivosti solarnog zračenja stakla (g).

Sa aspekta smanjenja energije za grejanje treba težiti što nižim U_w vrednostima kako bi se smanjili gubici toplote, dok faktor propustljivost solarnog zračenja treba imati veću vrednost kako bi se povećali dobici, a sve u cilju većeg opsega u smanjenju potrebne energije za grejanje. U suprotnom, sa nižim vrednostima faktora propustljivosti može doći čak i do povećanja energije za grejanje. Na primer, trostruko zastakljenje koje se smatra najefikasnijim zbog niske vrednosti U_w , karakteriše niska vrednost faktora propustljivost solarnog zračenja usled kojeg su toplotni dobici manji, pa je ovakvim zastakljenjem opseg u smanjenju potrebne energije za grejanje niži, a potencijalno može doprineti i povećanju potrebne energije za grejanje (Gasparella i sar., 2011). Kod izolacionog zastakljenja, karakteristično je i to da povećanje broja stakala u staklo-paketu ne znači i doprinos u poboljšanju toplotnih svojstava i smanjenje potrebne energije za grejanje, te je cilj identifikovati optimalna toplotna svojstva prozora (Bamdad i sar., 2021). Trenutne tehnologije teže ka razvoju raznih premaza, laminata i specijalizovanih stakala u cilju dodatnog poboljšanja toplotnih svojstava kao i krhosti koje staklo kao materijal poseduje (Konstantinou, 2014). Iako na tržištu postoji veliki broj različitih kombinacija staklo-paketa gde variraju debljina stakla, ispunja međuprostora, premazi i laminati (Savic i sar., 2013), u praktičarskim i stručnim krugovima izdvojio se staklo-paket sa dvostrukim ili trostrukim zastakljenjem i sa niskoemisionim premazima (eng. *Low-emissivity coatings* – Low-E). Staklo je presvučeno tankim metalnim niskoemisionim premazom čiji položaj u staklo-paketu zavisi od energetske potreba i klimatskih uslova - da li je klima hladna ili topla (slika 3.4).



Slika 3.3 Položaj niskoemisionog premeza u zavisnosti od klimatskih uslova

Izvor: Konstantinou i Prieto, 2018, str. 246.

Koeficijent U_w zavisi i od toplotne provodljivosti okvira prozora. Vrednost koeficijenta prolaza toplote okvira U_f određuju toplotne karakteristike materijala od kojeg je okvir proizveden. Materijalizacija okvira može biti od: drveta – punog ili lameliranog, metala – aluminijuma ili čelika, i plastičnih masa PVC, a tehnološke inovacije uvele su i fiberglas u proizvodnju ovih elemenata. Moguća je i kombinacija različitih materijala, a kao najčešća izdvojila se kombinacija drvo – aluminijum. Pored koeficijenta U_f , bitne su i dimenzije profila okvira i prema (SRPS) EN ISO 10077-1 okvir u proseku ima udeo od 20 do 30% u ukupnoj površini prozora, a u zavisnosti od dizajna okvirnog profila udeo može biti i veći i manji. U sektoru proizvodnje prozora teži se na dizajnu i materijalizaciji prozora sa što tanjim okvirima i u tu svrhu koristi se fiberglas u kombinaciji sa drvenim i aluminijumskim profilima¹⁸. U kontekstu adekvatnih prozora za unapređenje EE višeporodičnih stambenih zgrada, prema dizajnu okvira, potrebno je po mogućstvu zadržati približno isti dizajn u istim dimenzionim karakteristikama (ne i oblikovnim) kako ne bi došlo do smanjivanja površine zastakljenja kroz koju se ostvaruju toplotni dobici. Sledeći parametar koji definiše „dobar prozor“ jeste i zaptivenost međusobnih elemenata okvira i krila prozora. Ukoliko nije obezbeđena adekvatna zaptivenost između ovih elemenata, može doći do curenja toplote, odnosno povećanja infiltracionih gubitaka.

U kontekstu energetske efikasnosti prozora Shnapp i saradnici (2020) daju sledeću podelu prozora: 1) *tipični izolacioni prozori* sa dvostrukim niskoemisionim zastakljenjem i sa okvirima niske toplotne provodljivosti čija vrednost U_w nije veća od $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$; 2) *visokoizolovani prozori*, na primer prozori sa trostrukim niskoemisionim zastakljenjem i sa okvirima niske toplotne provodljivosti, čija je vrednost U_w od $0,6$ do $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; i 3) *energetski plus prozori* koji podrazumevaju visokoizolovane prozore sa dinamičkom kontrolom solarnog zračenja i optimizacijom dnevne svetlosti, a čija je vrednost U_w najviše $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ (hladni klimat), i sa staklom koji ima faktor propustljivosti solarnog zračenja (g) od $0,08$ do $0,65$ (Shnapp i sar., 2020). S obzirom na to da je u EU prosečna vrednost U_w $3,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ (EC, 2018c) što odgovara prozorima iz šezdesetih i sedamdesetih godina prošlog veka, a da danas dostupni prozori imaju znatno bolja svojstva, primena pasivne mere izolacionog zastakljenja u unapređenju svojstava elemenata termičkog omotača i energetskih svojstava zgrade ima očigledan značajan potencijal. Ovo potvrđuje i nezavisna studija TNO¹⁹, sprovedena na zahtev udruženja Staklo za Evropu (eng. *Glass for Europe*)²⁰, o potencijalnoj uštedi energije u EU-28 kroz primenu prozora visokih

¹⁸ Kompanija Vizus iz Niša, istraživačkim multidisciplinarnim procesom kreirala je okvir prozora u kombinaciji drvo-aluminijum-fiberglas. Fiberglas je omogućio da sam okvir prozora, njegova širina, bude manja. <https://vizus.rs/>

¹⁹ TNO - Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (eng: *Netherlands Organisation for Applied Scientific Research*), nezavisna istraživačka organizacija u Holandiji, sa fokusom na primenjene nauke. www.tno.nl

²⁰ Staklo za Evropu (eng. *Glass for Europe*) – Udruženje najvećih evropskih proizvađača ravnog stakla.

svojtava (visokoizolovani i energetske plus prozori). Studija je pokazala da ukoliko se godišnja stopa zamene prozora udvostruči sa trenutnih 2% na 4% godišnje, uz primenu prethodno pomenutih prozora optimizovanih prema: nameni zgrade, da li je zgrada postojeća ili nova i lokaciji (klimatskim uslovima), ukupna potrošnja energije u zgradama do 2050. godine u EU se može smanjiti za čak 37% (TNO, 2019).

3.2.3 Zastakljenje balkona i lođa

Usled rastuće urbanizacije i klimatskih promena zahteva se holistički pristup u projektovanju i oblikovanju privatnih otvorenih prostora višeporodičnih stambenih zgrada, a sa ciljem postizanja veze između stanara i njihovog spoljašnjeg okruženja kao jednog od prioriteta održivosti. I stručnjaci i stanari se slažu da je veoma važan visok kvalitet privatnih otvorenih prostora u stambenim zgradama (Stoiljković i sar., 2015). Kao dominantni vidovi privatnih otvorenih prostora, a u cilju povećanja komfora stanovanja javljaju se sledeći: 1) privatna dvorišta stanova u prizemlju, 2) balkoni i lođe²¹, i 3) krovne terase (Milanović i Vasilevska, 2018).

Balkoni i lođe predstavljaju jedan od najzastupljenijih tipova privatnih otvorenih prostora zgrada u višeporodičnom stanovanju, i kao takvi su osnov za dalje istraživanje u ovom radu u kontekstu primene mere zastakljenja za unapređenje EE višeporodičnih stambenih zgrada. U fizičkom smislu ovi prostori predstavljaju proširenje stana ka spoljašnjem okruženju i omogućavaju pristup spoljašnosti sa određenim stepenom privatnosti i teritorijalne kontrole. Njihov veći stepen fleksibilnosti pruža mogućnost odvijanja dodatnih svakodnevnih aktivnosti i percepcije dodatnog stambenog prostora. Arhitektonsko-funkcionalni projektantski elementi, balkoni i lođe se vrednuju kao prostori za boravak na otvorenom, ali i kao tampon zona između stambenog unutrašnjeg prostora i spoljašnjih uticaja kao što su toplota, buka, vetar i prašina (Milanović i Vasilevska, 2018). U višeporodičnim stambenim zgradama dodatnu zaštitu od prethodno pomenutih uticaja moguće je ostaviti zastakljenjem/zatvaranjem ovih prostora uz ostvarivanje toplotnog, zvučnog i vazdušnog komfora (Krstić, 1998; Voss, 2000; Tiberiu i Lungu, 2021), vodeći računa da svetlosni komfor unutrašnjeg prostora ne bude narušen. Zastakljeni balkoni i lođe pružaju posebne oblikovne mogućnosti, i kao takvi mogu postati deo prepoznatljivog arhitektonskog izraza i projektantskog tretmana zgrada (Milanović i Vasilevska, 2018) (slika 3.4).

²¹ Balkon je spoljna otvorena ekstenzija nadzemnih etaža - „platforma“ (konzola, prepust) koja izlazi iz ravni fasadnog zida i oivičena je ogradom; Lođa je otvoreni prostor koji gabaritom ne izlazi iz ravni fasade, oivičena je sa tri bočna fasadna zida, a sa otvorene strane ima ogradu. (<https://www.politika.rs/sr/clanak/23533/Specijalni-dodaci/Balkoni-lođe-terase>)



Slika 3.4 Zastakljeni privatni otvoreni prostori kao prepoznatljiv fasadni element – Ørstedsgården, Kopenhagen, Danska. Projekat renoviranja fasade postojeće višeporodične stambene zgrade iz šezdesetih godina prošlog veka.

Izvor: Autor na osnovu slika preuzetih sa <https://www.tegnestuenlokal.dk/hc-rstedsvvej>

Mera zastakljenja balkona i lođa podrazumeva njihovo zatvaranje transparentnim elementima sa mogućnošću potpunog otvaranja (Voss, 2000). U kontekstu konstruktivnog i tehničkog rešenja, zastakljenje balkona i lođa može biti izvedeno na dva načina: ispred samih prostora (ispred ploča) kada se izvodi kao viseća fasada, ili u svetloj visini od poda do plafona. Izvođenje zastakljenja kao viseće fasade mora biti sprovedeno organizovano na nivou cele višeporodične stambene zgrade i uz veća finansijska ulaganja (Krstić, 1998). Drugi način izvođenja zastakljenja, od poda do plafona je tehnički primenjiva „uradi sam“ mera, koju stanari sami mogu da sprovedu u ličnom aranžmanu na nivou svog stana, a uz manja finansijska ulaganja i poboljšanje EEZ za kratak vremenski period. Ukoliko se zastakljenje sprovodi kao „uradi sam“ mera, a bez postojanja regulatornih i tehničkih smernica i ograničenja, primena mere može doprineti narušavanju prepoznatljivosti fasadnog omotača postojećih višeporodičnih stambenih zgrada i neiskorišćenju maksimalnog potencijala mere za unapređenje EEZ.

Zastakljenjem balkona i lođa menja se fasadni omotač zgrade, a time i njena toplotna svojstva. Balkoni i lođe se transformišu u zatvorene prostore koji se mogu grejati ili ne grejati. Novoformirani zastakljeni prostor koji se greje, može biti u funkciji zasebne prostorije ili povećanja površine postojeće stambene prostorije na koju se oslanja i sa kojom ima funkcionalnu vezu. Ovakav tretman zastakljenih/zatvorenih prostora balkona i lođa, povećava površinu stambenog grejanog prostora uz promenu faktora oblika zgrade²², a prvobitne višestruke koristi balkona i lođa se u funkcionalnoj strukturi stana isključuju. Transformacija balkona i lođa u zastakljene/zatvorene grejane prostore neznatno utiče na smanjenje potrebne energije za grejanje i poboljšanje EEZ (Sonh i Choi, 2012; Ribeiro i sar., 2020). Sa druge strane, novoformirani zastakljeni prostori koji se ne greju, zadržavaju svoju prvobitnu namenu uz dodatne koristi i bez uticaja na promenu faktora oblika postojeće zgrade. Prostor balkona i lođa nije više spoljašnji prostor već predstavlja tampon prostor između grejanog i spoljašnjeg vazduha. Kao takvi, zastakljeni balkoni i lođe su jedan od prisutnijih fenomena koji se zapaža na mnogim postojećim višeporodičnim stambenim zgradama (Almeida i sar., 2017). U modelima unapređenja EEZ, u kontekstu smanjenja potrebne energije za grejanje, podrazumeva se primena mere zastakljenja koja balkone i lođe transformiše u negrejane prostore, a čiji se mehanizmi sagledavaju iz aspekata: 1) povećanje toplotnih dobitaka i 2) smanjenje toplotnih gubitaka.

U cilju povećanja toplotnih dobitaka, mehanizam mere se zasniva na principima efekta staklene bašte, to jest prikupljanju, mogućem skladištenju i distribuciji solarne energije, pre svega južno orjentisanih zastakljenih balkona i lođa (Mihalakakou, 2002; Fotopoulou i sar., 2018). Sunčevo zračenje se kroz zastakljeni omotač balkona i lođa prenosi direktno i difuzno, gde deo zračenja apsorbuju netransparentni elementi – pod balkona i lođa, deo se gubi kroz isto to zastakljenje, a deo se indirektno prenosi u susedne stambene prostorije kroz transparentne elemente termičkog omotača (Oliveti i sar., 2012). U zavisnosti od klimatskih uslova i geografske širine lokacije koja određuje ugao sunčevog zračenja, južno orjentisani zastakljeni privatni otvoreni prostori mogu doprineti povećanju solarnih dobitaka i do 30% (Porteous i MacGregor, 2005). Efikasnost mere zavisi i od toplotnog kapaciteta netransparentnih elemenata (pod balkona i lođa, i spoljni zid stambenog prostora), odnosno njihove mogućnosti da apsorbuju i zadrže toplotu (Mihalakakou i Ferrante, 2000; Bataineh i Fayez, 2011; Oliveti i sar., 2012). Uticaj indirektnih solarnih dobitaka na smanjenje potrebne energije za grejanje stambenog prostora zavisi i od načina i umeća korišćenja zastakljenog privatnog prostora. Uvođenjem zagrejanog vazduha iz zastakljenog prostora putem otvaranja balkonskih vrata i prozora u

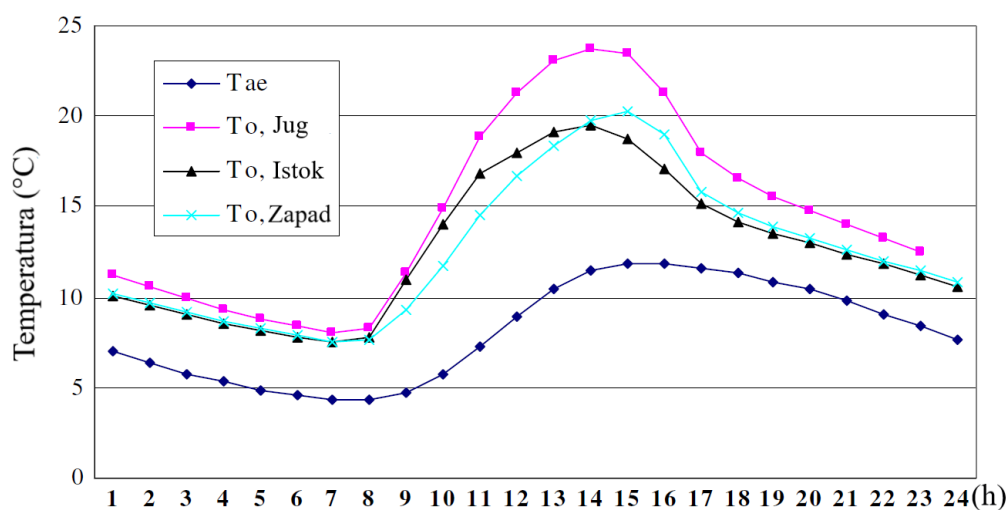
²² Faktor oblika je odnos između površine termičkog omotača zgrade (spoljne mere) i njime obuhvaćene bruto zapremine zgrade (PEEZ, 2011).

stambeni grejani prostor, onda kada je temperatura vazduha u zastakljenom prostoru veća od 21 °C, može se smanjiti potrebna energija za grejanje i za 20%, odnosno 8% ukoliko se balkonska vrata i prozori uopšte ne otvaraju (Hastings, 1995). Iako je južna orijentacija balkona i lođa najoptimalnija za implementaciju mere sa aspekta povećanja solarnih dobitaka, njena primena ne bi trebala da pregrevanjem stambenog prostora naruši toplotni komfor u letnjem periodu, a ako do toga ipak dolazi treba predložiti mere zasenčenja i prirodnog provetranja kako ne bi došlo do povećanja energije za hlađenje (Bataineh i Fayez, 2011; Fotopoulou i sar., 2018).

Transformacija balkona i lođa u zastakljene negrejane prostore doprinosi smanjenju potrebne energije za grejanje i efikasnim smanjenjem toplotnih gubitaka kroz elemente termičkog omotača (spoljni zid, prozori i balkonska vrata) (Mihalakakou, 2002; Hilliaho i sar., 2015; Chiesa i sar., 2017). Kod postojećih zgrada, balkoni i lođe su neizolovani elementi i uslovljavaju pojavu toplotnih mostova na delu njihove veze sa elementima termičkog omotača. Kao takvi, toplotni mostovi utiču na povećanje toplotnih gubitaka zimi i smanjenje temperature unutrašnjih površina koje dovodi do povećanog rizika od pojave kondenzacije u zimskom periodu. Za višeporodične stambene zgrade u istočnoj Evropi (Estonija), različitog konstruktivnog sklopa i karakteristika fasadnog omotača, terenska merenja i proračuni su pokazali da linijski toplotni gubici na delu ovih toplotnih mostava imaju udeo od oko 23% u ukupnim transmisionim gubicima (Ilomets i sar., 2017). Stoga, u cilju postizanja bolje EE postojećih višeporodičnih stambenih zgrada, rešavanje uticaja toplotnih mostova na delu balkona i lođa predstavlja segment koji ne sme biti zanemaren (Ge i sar., 2013). Rešavanje ovih toplotnih mostova kroz primenu mere izolovanja podova/ploča balkona i lođa je često tehnički teško izvodljiva, dok je sa druge strane primena mere zastakljenja jednostavan i tehnički izvodljiv način (Krstić 1998; Voss, 2000; Pucar, 2006; Almeida i sar., 2017). U svom istraživanju, Konstantinou i Knaack (2011) zaključuju da zastakljenje balkona i lođa ima veći uticaj na smanjenje potrebne energije za grejanje u odnosu na primenu mere izolovanja ploča/podova balkona i lođa (Konstantinou i Knaack, 2011). Elementi termičkog omotača na delu balkona i lođa više nisu spoljašnji već ka negrejanom prostoru. Dosadašnja istraživanja su pokazala da je temperatura vazduha zastakljenog negrejanog prostora balkona i lođa, bez izuzetka, za nekoliko stepeni veća od temperature spoljašnjeg vazduha (Voss, 2000; Mihalakakou, 2002; Oliveti i sar., 2012; Hilliaho i sar., 2015). Sa većom temperaturom vazduha od spoljašnje, zastakljeni negrejani prostori doprinose smanjenju površinskih toplotnih gubitaka. Povećanje temperature vazduha unutar zastakljenih balkona i lođa nije posledica samo zastakljenja/zatvaranja prostora i sunčevog zračenja, već se vazduh zagreva i od samih toplotnih gubitaka kroz elemente termičkog omotača stambenog grejanog prostora. Za razliku od nezastakljenih, zastakljeni

privatni otvoreni prostori imaju mogućnost „skladištenja“ toplotnih gubitaka u okviru transformisanog prostora (Hilliaho i sar., 2016). Kao prostori sa većom temperaturom vazduha od spoljašnje, zastakljeni prostori balkona i lođa imaju funkciju toplotnog tampon prostora koji koriguje ili uklanja hladne površine elemenata termičkog omotača i na taj način doprinosi smanjenju toplotnih gubitke kroz termički omotač (Hilliaho i sar., 2015; Almeida i sar., 2017). Iz tog razloga u literaturi se za zastakljenje balkona i lođa često koriste termini „toplotni tampon prostor/zona“ ili „prostor između“.

Analiza oba aspekata (povećanje toplotnih dopitaka i smanjenje toplotnih gubitaka) ukazuje da je temperatura vazduha u zastakljenom prostoru balkona i lođa jedan od primarnih uticaja na smanjenje potrebne energije za grejanje. Povećanje temperature vazduha u zastakljenom prostoru u odnosu na spoljašnju temperaturu vazduha zavisi pre svega od klimatskih uslova lokacije (Mihalakakou, 2002; Hilliaho sa sar., 2016), koji uslovljavaju da se za lokacije sa nižom spoljašnjom temperaturom, temperaturna razlika između zastakljenog prostora i spoljašnjeg vazduha povećava, i obrnuto (Hilliaho i sar., 2016). Pored klimatskih uslova, temperaturna razlika između spoljašnjeg vazduha i vazduha u zastakljenom negrejanom prostoru balkona i lođa, zavisi i od orijentacije i doba dana (slika 3.5) (Oliveti i sar., 2012; Fotopoulou i sar., 2018). Najveća temperaturna razlika u zimskom periodu za zemlje severne hemisfere je očekivano za južno orjentisane, a najmanja za severno orjentisane zastakljene balkone i lođe (Mihalakakou i Ferrante, 2000; Oliveti i sar., 2012). Ušteda energije za grejanje primenom mere zastakljenja na južno orjentisanim balkonima i lođama se povećava kroz mehanizam solarnih dobitaka, dok zastakljeni prostor severne orijentacije predstavlja tampon zonu između stambenog prostora i spoljašnjeg okruženja koji smanjuje toplotne gubitke (Tiberiu i Lungu, 2021).



Slika 3.5 Temperature spoljašnjeg vazduha (T_{ae}) i vazduha u zastakljenom prostoru (T_o) za različite orijentacije u toku jednog dana u januaru, (Cosenza, Italija). Zastakljeni prostor je neventilirajući i nezasečen.

Izvor: Oliveti i sar., 2012, str. 247

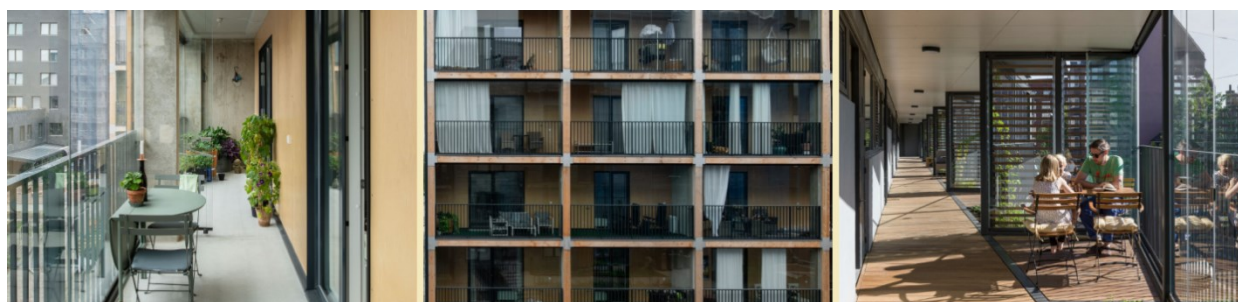
Iz prethodnog, se zapaža da učinak primene mera na višeporodičnim stambenim zgradama u kontekstu oba aspekta najviše zavisi od temperature vazduha u zastakljenom prostoru balkona i lođa, a koja je u direktnoj vezi sa klimatskim i ostalim uslovima lokacije, i orijentacijom balkona i lođa. S obzirom na to da su kod postojećih zgrada ovi uticaji određene determinante, maksimalno iskorišćenje mere za planiranje modela unapređenja EEZ zahteva poznavanje uticaja geometrijskih karakteristika balkona i lođa, kao i svojstava i materijalizacije samog zastakljenja.

Analiza geometrijskih karakteristika podrazmeva uticaj tipologije otvorenog prostora - balkon ili lođa, kao i ugao inklinacije samog zastakljenja prednje strane balkona i lođa na efikasnost mere. Sa aspekta tipologije privatnih otvorenih prostora, može se reći da je efikasnija primena mere zastakljenja kod lođa jer se smanjuje veća površina termičkog omotača zgrade (Pucar 2006; Hilliaho i sar., 2015). U odnosu na balkone, primena mere na lođama indukuje smanjenje veće površine termičkog omotača što doprinosi smanjenju toplotnih gubitaka. Ugao inklinacije zastakljene prednje strane južno orijentisanih balkona i terasa podrazmeva njeno postavljanje pod adekvatnim uglom u odnosu na ugao sunčevog zračenja. Inklinacijom zastakljenja se doprinosi da zastakljeni prostor balkona i lođa prihvati veće sunčevo zračenje u zimskom periodu i poveća solarne dobitke (Krstić, 1998; Bataineh i Fayed, 2011).

Poznavanje svojstava i materijalizacije samog zastakljenja, i njihovog uticaja na temperaturu vazduha zastakljenog prostora balkona i lođa, u arhitektonsko projektantskoj praksi pomaže u adekvatnom projektovanju zastakljenja balkona i lođa, kako kod postojećih, tako i kod novoprojektovanih zgrada. Jedan od važnijih faktora koji utiče na temperaturu vazduha u zastakljenim balkonima i lođama jeste nivo curenja vazduha usled nedovoljne zaptivenosti u (najčešće) vertikalnim elementima samog zastakljenja (Hilliaho i sar., 2016). Loša zaptivenosti elemenata zastakljenja uzrokuje gubitke toplote iz zastakljenog prostora, i posledično smanjuje temperaturu vazduha u zastakljenom prostoru (Oliveti i sar., 2012). Brojna istraživanja su pokazala da toplotno ponašanje zastakljenih balkona i lođa zavisi od vrste stakla (Mihalakakou i Ferrante 2000; Bataineh i Fayed, 2011; Fotopoulou i sar., 2018). Kod postojećih nedovoljno izolovanih ili neizolovanih zgrada, primena jednostrukog zastakljenja balkona i lođa predstavlja dobro rešenje koje će doprineti smanjenju potrebne energije za grejanje uz izbegavanje prevelikih troškova (Chiesa i sar., 2017). Toplotno ponašanje zastakljenog prostora biće dodatno poboljšano uz primenu dvostrukog niskoemisionog stakla koje sprečava velike fluktuacije temperature vazduha zastakljenog prostora u toku dana (Mihalakakou i Ferrante 2000; Bataineh i Fayed, 2011). Visoko efikasna zastakljenja (visokoizolovano i energetske plus zastakljenje) se

preporučuju kod novoprojektovanih zgrada velike EE, gde mera zastakljenja balkona i lođa može doprineti dodatnom smanjenju potrebne energije za grejanje, uz prethodno pažljivo analiziranu ekonomsku isplativost (Chiesa i sar., 2017). Vrlo često kod postojećih zgrada je ograda balkona i lođa izvedena od netransparentnih elemenata, ili je mera njihovog zatvaranja/zastakljenja planirana kao takva. Efikasnost mere sa aspekta povećanja solarnih dobitaka raste sa povećanjem odnosa površine transparentnih i netransparentnih elemenata (A_g/A_c) zatvorenog prostora balkona i lođa naročito onih orjentisanih ka jugu i istoku (Bataineh i Fayez, 2011).

Kao jedan vid arhitektonske modifikacije postojećih zgrada, projektovanje mere zastakljenja balkona i lođa zahteva poznavanje i sveobuhvatnu analizu prethodno pomenutih aspekata, mehanizama i svojstava, a u cilju maksimalnog iskorišćenja potencijala mere za unapređenje EEZ. Doprinos mere u unapređenju EEZ se menja sa promenom klimatskih uslova, i smatra se da što je klima južnija i blaža, to je mera efikasnija u uštedi energije za grejanje (Chiesa i sar., 2017; Fotopoulou i sar., 2018). Kako je u praktičarskoj i istraživačkoj praksi ustaljeno pravilo da se ušteda energije izražava u procentima, važno je ukazati na istraživanje Hilliaho-a i saradnika (2015) koji su pokazali da analiza uštede energije po kilovat satu daje bolju predstavu o značaju i efikasnosti mere zastakljenja balkona i lođa u poređenju sa procentualnom analizom, i zaključili da se veće uštede energije za grejanje u kilovat satima mogu postići u severnim, u odnosu na južne klimatske uslove gde su procentualne uštede veće (Hilliaho i sar., 2015). Zato mera zastakljenja balkona i lođa predstavlja pasivnu meru za unapređenje EEZ u zimskom periodu koja se može primeniti za različite evropske klimatske zone (Mihalakakou, 2002), i moćno rešenje kod projekata obimnije energetske obnove zgrada ka dostizanju zgrada skoro nulte energije (eng. *Nearly zero-energy building* – nZEB) (Fotopoulou i sar., 2018). Pravilno projektovana mera zastakljenja balkona i lođa je tehnološko rešenje koje kombinuje poboljšanje energetskih svojstava zgrade sa novim estetskim kvalitetom. Kao zastakljeni prostori, balkoni i lođe imaju potencijala da budu funkcionalno prilagodljivi sezonskim, pa čak i dnevnim intervalima, a koji će stanarima omogućiti njihovo korišćenje u svim godišnjim dobima, a naročito u proleće i jesen (slika 3.6).



Slika 3.6 Zastakljeni prostori balkona i lođa

Izvor: Autor na osnovu slika preuzetih sa: <http://www.dinelljohansson.se/p/en-plus.html> <https://www.tegnestuenlokal.dk/hc-rstedsvvej>

3.2.4 Zeleni krovovi




Niz socio-ekonomskih promena, do kojih je došlo u poslednjih nekoliko decenija, prouzrokovao je u mnogim gradovima čitav set prostornih i ekonomskih problema, kao i problema vezanih za zaštitu životne sredine. Klimatske promene i rapidna urbanizacija uzrokuju devastaciju zemljišta i zelenih površina u urbanim sredinama, pa se zahteva upotrebu mera i mehanizama, kao i građevinskih tehnologija i materijala, usklađenih sa aspektima održivosti životne sredine. S obzirom da zgrade menjaju protok energije i materije kroz urbane ekosisteme, izazivajući probleme u životnom okruženju (Oberndorfer i sar., 2007), potreban je širi pristup bez ugrožavanja životnog okruženja u projektovanju novih i planiranju modela energetskog unapređenja postojećih zgrada. Jedan od pristupa je implementacija sistema zelenih površina na ravnim krovovima. Zeleni krovovi se prvenstveno promovišu kao elementi koji treba da vrata važne ekološke funkcije u infrastrukturu i funkcionisanje gradova. Takođe, predstavljaju i atraktivnu opciju za unapređenje EE i revitalizaciju postojećih zgrada jer pružaju specifične prednosti za stanare i korisnike zgrada.

Primena i razvoj sistema zelenog krova kakve danas poznajemo je posledica razumevanja i istraživanja motiva njihovog korišćenja u prošlosti kroz različite civilizacije i kulture (Viseći vrtovi Vavilona, zigurati u Mesopotamiji, Vila Misterija u Pompeji...). Posle mnogo vekova retke primene, u XX veku arhitekta Le Corbusier počinje da primenjuje zelene krovove (krovne bašte) u svojim projektima, i uvrstio je zelene krovove u *Pet tačaka moderne arhitekture* kao element koji treba da nadomesti zauzeto zemljište pod zgradom (Peck i sar., 1999). U drugoj polovini XX veka u Nemačkoj počinju istraživanja, intenzivniji razvoj i primena zelenih krovova kakve danas poznajemo (Oberndorfer i sar., 2007; Berardi i sar., 2014; Shafique i sar., 2018). Zbog doprinosa u zaštiti životne sredine, sistem zelenih krovova postaje široko prihvaćen mehanizam u Nemačkoj, potom u Švajcarskoj, Austriji i Skandinaviji (Peck i sar., 1999), a savremena istraživanja su dovela do razvoja njihovih tehničkih smernica i široke primene svuda u svetu.

Zeleni krovovi podrazumevaju otvorene prostore koji su delimično ili potpuno prekriveni različitim biljnim vrstama zasađenim u sloju supstrata. Generički termin „zeleni krov“ se danas često koristi kao termin za održive sisteme izvedene preko krovne konstrukcije čineći sastavni deo krova, i ne samo na krovu zgrade već na bilo kojoj koti zgrade (Raji i sar., 2015), ali u svakom slučaju podrazumevaju vegetaciju koja nije zasađena u tlu (Peck i sar., 1999). Takođe ih nazivaju i „eko-krovovi“ (eng. *eco-roofs*), „živi krovovi“ (eng. *living roofs*) i „krovne bašte“ (eng. *roof gardens*) (Saadatian i sar., 2013). Najčešća tipologija zelenih krovova koja se razvila u

Evropi i opšteprihvaćena u celom svetu je prema vrsti vegetacije i debljini sloja supstrata, i podrazumeva: 1) ekstenzivne, 2) poluintenzivne i 3) intenzivne zelene krovove. Ovakva tipologija direktno uslovljava namenu, pristupačnost i potrebu za održavanjem. Na osnovu opštih karakteristika tipova zelenih krovova prikazanih u tabeli 3.3 može se primetiti da iako postoje neka preklapanja, jasna je razlika u održavanju, strukturnim zahtevima i ceni.

Tabela 3.3 Opšte karakteristike tipova zelenih krovova (Izvor: <https://efb-greenroof.eu/green-roof-basics/> i Raji i sar., 2015, str.)

KARAKTERISTIKA	Ekstenzivni	Poluintenzivni	Intenzivni
			
NAMENA	ekološki zaštitni sloj	planirani vrtovi, bašte, ekološki zaštitni sloj	planirana bašta kao park
VRSTA VEGETACIJE	sedumi, mahovina, trave, začinsko bilje	trava, začinsko i aromatično bilje, žbunaste biljke	travnjaci/višegodišnje biljke, žbunaste biljke, drveće
KORISTI	K, T, B	K, T, B, S	K, T, B, S
DEBLJINA SUPSTRATA	60-200 mm	120-250 mm	150-400 mm
TEŽINA	60-150 kg/m ²	120-200 kg/m ²	180-500 kg/m ²
ODRŽAVANJE	nisko	povremeno	visoko
NAVODNJAVANJE	nije potrebno	povremeno	redovno
CENA	niska	srednja	visoka

K – Kišni oticaj, T – Toplotne, B – Biodiverzitet i S – Socijalni ugodaj

Sa konstruktivno-projektanstkog aspekta, postavljeni preko toplotno i hidro izolovane krovne konstrukcije, zeleni krovovi imaju funkciju zaštitnog sloja u strukturi konvencionalnih ravnih krovova (Milanović i sar., 2019). Specifični sistemi zelenih krovova, predstavljaju kombinaciju različitih međusobno potpornih slojeva koji obezbeđuju uslove za uzgoj vegetacije na krovu (Raji i sar., 2015), i to: vegetativni sloj, medijum za uzgoj biljaka – supstrat, sloj za filtriranje, drenažni sloj sa ili bez skladištenja vode i barijerni sloj. Formiranje vegetativnog sloja je moguće izvesti primenom već kultivisanog sloja supstrata koji se postavlja u vidu prekrivača ili modularnih kontejnera, ili može biti prepušteno prirodnoj kolonizaciji biljaka i insekata što je karakteristično za takozvane „braon krovove“²³. Izbor efikasnih komponenata zelenih krovova je izuzetno važan kako bi se ispunila dugoročna očekivanja korisnika i ostvarile društvene koristi u urbanim sredinama za različite klimatske uslove (Vijayaraghavan, 2016). Ostale karakteristike slojeva kao što su namena i materijalizacija prikazane su u tabeli 3.4.

²³ Ekstenzivni zeleni krovovi koji pokušavaju da simuliraju uslove braunfilda i često koriste supstrate sa siromašnim resursima kako bi podstakli uspostavljanje biljnih vrsta (Francis i Lorimer, 2011).

Tabela 3.4 Karakteristike slojeva u strukturi sistema zelenog krova

SLOJ	NAMENA I MATERIJALIZACIJA
VEGETATIVNI	Biljke treba odabrati tako da se mogu lako prilagoditi lokalnim klimatskim uslovima. Izbor biljaka zavisi i od tipa/namene krova, a uspeh bilo kog zelenog krova zavisi od toga koliko su biljke zdrave. Povoljne karakteristike vegetacije za ekstenzivne krovove, kao najdominantnije u primeni, uzimajući u obzir ekstremno okruženje na krovovima su: sposobnost da izdrži sušne uslove, opstane pod minimalnim hranljivim uslovima, dobra pokrivenost tla, manje održavanje, brzo razmnožavanje, kratko i meko korenje i fitoremedijacija.
SUPSTRAT	Sloj supstrata podržava vegetaciju na krovu i direktno utiče na rast biljaka i performanse zelenih krovova. Sastav i debljina zavise od izabrane vegetacije i tipa/namene krova. Obično se koriste veštački supstrati umesto klasične zemlje kako bi se smanjilo opterećenje na konstrukciju. Opšta praksa je mešanje nekoliko materijala različitih karakteristika u definisanim odnosima da bi se formirao medijum za rast biljaka.
FILTRIRNI	Glavna namena filterskog sloja je da odvoji supstrat od drenžnog sloja i da spreči fine čestice iz suptrata da prodru i zapuše drenažni sloj. Najčešće se izvodi od geotekstilnih tkanina.
DRENAŽNI	Obezbeđuje optimalnu ravnotežu između vazduha i vode u sistemu zelenog krova i pomaže u uklanjanju viška vode sa podloge kako bi se obezbedilo aerobno stanje supstrata. Izvodi se: kao drenažni modularni panel napravljen od materijala visoke čvrstoće (polietilena ili polistirena) sa odeljcima za skladištenje vode dok omogućava odvođenje viška vode; ili kao drenažni granulirani sloj od materijala koji imaju velike pore za skladištenje vode kao što su krupni šljunak, lagani agregati ekspanzirane gline, drobljena cigla... Izbor odgovarajućeg drenažnog sloja u velikoj meri zavisi od cene, zahteva izvođenja, vrste vegetacije i obima zelenog krova.
BARIJERNI	Štiti strukturu krova od korena biljaka koje bi moglo da proдре iz gornjih slojeva i obavezan je sloj kod intenzivnih zelenih krovova. Izvodi se od hemijskih agenasa ugrađenih u hidroizolacionu membranu ili kao zaseban sloj od tvrdih plastičnih do metalnih limenih (obično bakarnih) ploča.

Napomena: Tabela je formirana na osnovu istraživanja Vijayaraghavan (2016) i Shafique i sar., (2018).

Implementacija zelenih krovova pruža niz environmentalnih, ekonomskih i socijalnih prednosti. Zbog svojih višestrukih direktnih i indirektnih koristi, zeleni krovovi se smatraju održivim elementima u „službi ekosistema“ (Francis i Jensen, 2017), koji doprinose smanjenju: efekta urbanog toplotnog ostrva (eng. *Urban Heat Island – UHI*), kišnog oticaja u okviru upravljanja atmosferskim vodama (eng. *Stormwater management*), zagađenja vazduha, zagađenja bukom, potrošnje energije u zgradama; ali imaju i značaj u: očuvanju biodiverziteta, produženju veka trajanja krovnih materijala - hidroizolacionih membrana, protivpožarnoj zaštiti, poboljšanju socijalne interakcije i blagostanja korisnika zgrade, razvoju urbane agrikulture - krovne „farme“ (eng. *Rooftop farming*) i estetskom poboljšanju zgrade (Peck i sar., 1999; Oberndorfer i sar., 2007; Castleton i sar., 2010; Berardi i sar., 2014; Raji i sar., 2015; Besir i Cuce, 2018; Shafique i sar., 2018; Bevilacqua, 2021). Sa aspekta društveno-ekonomskih nivoa, sve ove koristi od primene zelenih krovova se mogu grupisati na koristi iz društvene i privatne perspektive kako je prikazano u tabeli 3.5. U kontekstu klimatskih promena i rapidne urbanizacije, savremena naučna i tehnološka saznanja o zelenim krovovima ukazuju da je svaka od pomenutih koristi značajna, i može biti razlog za njihovu implementaciju kako na novoprojektovanim tako i na

postojećim zgradama. Zahvaljujući većoj pažnji javnosti za očuvanje i održivost životnog okruženja njihova primena, a naročito na novim zgradama, se značajno povećala u poslednjih petnaest godina (Cascone i sar., 2018). Za potrebe ovog istraživanja u daljem tekstu biće analiziran doprinosi zelenih krovova iz privatne perspektive, kao što su smanjenje potrošnje energije u zgradama i poboljšanje društveno socijalnih interakcija korisnika zgrade.

Tabela 3.5 Koristi zelenih krovova sa aspekta društveno-ekonomskih nivoa

DRUŠTVENE KORISTI	PRIVATNE KORISTI
<ul style="list-style-type: none"> ▪ smanjenje efekta urbanog toplotnog ostrva ▪ upravljanje kišnim oticajem ▪ smanjenje zagađenja vazduha, ▪ očuvanje biodiverziteta ▪ razvoj urbane agrikulture 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ smanjenje potrošnje energije u zgradama ▪ produženje veka trajanja hidroizolacione membrane ▪ protivpožarna zaštita ▪ smanjenje zagađenja bukom ▪ poboljšanje društveno socijalne interakcije korisnika zgrade, urbana agrikultura ▪ estetsko poboljšanje zgrade

Napomena: Tabela je formirana na osnovu istraživanja Claus i Rousseau (2012).

Zeleni krovovi predstavljaju sistem kojim se unapređuju toplotno izolaciona svojstva postojećih ravnih krovova kroz poboljšanje toplotne otpornosti, odnosno smanjenja prenosa toplote (Niachou i sar., 2001; Castleton i sar., 2010). Toplotno opterećenje je ograničeno usled prisustva vegetativnog sloja i supstrata, koji pružaju dodatnu izolaciju krovu, dok sadržaj vode u supstratu povećava toplotnu inerciju pregrade (Vijayaraghavan, 2016). Takođe, toplotno ponašanje zelenih krovova je u funkciji sezonskih i dnevnih varirajućih efekata zasenčenja i evapotranspiracije vegetativnog sloja i supstrata (Silva i sar., 2016).

U evropskim klimatskim uslovima primena zelenih krovova u renoviranju energetski neefikasnih zgrada pruža zanimljive performanse u upravljanju potrošnje energije tokom cele godine, dok istovremeno uravnotežuje neegativne efekte u urbanoj klimi (Shafique i sar., 2018). Sistematizacijom značajnih istraživanja, koja predstavljaju originalan naučni doprinos zasnovan na empirijskim podacima ili na simulaciji modela, Francis i Jensen (2017) zaključuju da u odnosu na konvencionalne ravne krovove efikasnost zelenih krovova u smanjenju potrošnje energije na godišnjem i sezonskom nivou značajno varira: od bez efekta, ili čak negativnog, do značajnog doprinosa, u zavisnosti od specifičnog konteksta i projektantskih parametara strukture zelenih krovova (Francis i Jensen, 2017). Maksimalna efikasnost zelenih krovova se beleži tokom leta kao rezultat hlađenja kroz proces evapotranspiracije i zasenčenja (Saadatian i sar., 2013; Raji i sar., 2015). Tokom zime, zeleni krovovi deluju kao izolatori koji smanjuju protok toplote (Sailor i sar., 2012), ali je njihova efikasnost u smanjenju potrebne energije za grejanje

predmet debate (Saadatian i sar., 2013; Vijayaraghavan, 2016). Različita istraživanja ukazuju da efikasnost primene zelenih krovova, kao i kod ostalih pasivnih mera, pre svega zavisi od klimatskih uslova i da su potrebna regionalna istraživanja koja bi pokazala energetske prednosti primene zelenih krovova za određene lokacijske uslove (Jaffal i sar., 2012; Ascione i sar., 2013; Berardi i sar., 2014). U hladnim klimatima zeleni krovovi doprinose toplotnoj izolaciji krova, dok u toplim klimatskim uslovima štite krov od pregrevanja usled povećane izloženosti suncu tokom leta (Theodosiou, 2009). Za evropske klimatske uslove značajno smanjenje potrebne energije za grejanje može se očekivati u regionima sa hladnim klimatskim uslovima, dok u toplim klimatima mogu uticati na povećanje energije za grejanje koje je minorno u poređenju sa smanjenjem energije za hlađenje (Jaffal i sar., 2012). I pored variranja učinka, implementacija zelenih krovova u regionima sa toplom, umerenom i hladnom klimom doprinosi smanjenju godišnje ukupne potrebne energije, što ovu meru svrstava u energetsko efikasno rešenje za širok spektar evropskih klima (Jaffal i sar., 2012; Ascione i sar., 2013).

Mnogi istraživači su ispitivali korelaciju između nivoa toplotne izolacije postojećeg ravnog krova i efikasnosti primene zelenih krovova u smanjenju energije. Istraživanja su pokazala da se veća ušteda ukupne godišnje energije (za grejanje i hlađenje) postiže kod primene zelenih krovova na neizolovanim ili nedovoljno izolovanim postojećim ravnim krovovima (Niachou i sar., 2001; Castleton i sar., 2010; Jaffal i sar., 2012; Coma i sar., 2016; Bevilacqua i sar. 2020). Sailor i saradnici (2012) zaključuju da postoji znatno veći potencijal primene zelenih krovova za uštedu ukupne energije na postojećim nego na novoprojektovanim zgradama (Sailor i sar., 2012). U umerenoj evropskoj klimi, Jaffal i saradnici (2012) su kroz svoje istraživanje pokazali da efekat zelenog krova na ukupnu potrošnju energije opada sa povećanjem debljine termoizolacije (Jaffal i sar., 2012). Ovo naravno ne podrazumeva da sistem zelenog krova samostalno može da zameni ulogu termoizolacionog sloja (Theodosiou, 2009; Raji i sar., 2015; Koroxenidis i. Theodosiou, 2021). Eksperimentalnim istraživanjem termičkog ponašanja neizolovanog zelenog krova u odnosu na izolovani konvencionalni ravan krov u mediteranskim kontinentalnim klimatskim uslovima Coma i saradnici (2016) potvrđuju da neizolovani zeleni krovovi ne mogu da obezbede uštedu energije za grejanje, i u cilju poboljšanja toplotnih karakteristika, pre svega smanjenja koeficijenta U, predlažu najmanje duplo povećanje debljine supstrata i analiziranih drenažnih slojeva (Coma i sar., 2016). Međutim, ovakva poboljšanja dovode u pitanje isplativost zelenih krovova. Sa druge strane, dva nezavisna eksperimentalna istraživanja efikasnosti implementiranih zelenih krovova preko termički izolovanih ravnih krovova različite strukture i za različite američke klimatske uslove, pokazuju da u zimskom periodu zeleni krovovi doprinose smanjenju toplotnih gubitaka zgrade za 13% u odnosu na zgrade sa konvencionalnim izolovanim

ravnim krovom (Spolek, 2008; Getter i sar., 2011). Zapravo, ovakav procenat smanjenja gubitaka toplote kroz termički omotač zgrade bi mogao biti važan za velike zgrade niske spratnosti, gde gubici toplote kroz krov značajno utiču na opterećenje potrebne energije za grejanje (Spolek, 2008) i gde zeleni krov može da generiše uštedu energije i na spratovima koji nisu direktno povezani sa zelenim krovom (Bevilacqua i sar. 2020).

Generalno, mali je broj istraživanja u naučnoj literaturi koji se bavi uticajem svojstava strukture zelenih krovova na uštedu energije za grejanje (Saadatian i sar., 2013; Tang i Qu, 2016). Efikasnost toplotno izolacionih svojstava sistema zelenih krovova u zimskom periodu, pored prethodno spomenutih klimatskih uslova i izolovanosti konstrukcije, zavisi i od niza faktora slojeva samog sistema, kao što su: debljina i gustina supstrata²⁴, i vlažnost supstrata²⁵ (Castleton i sar., 2010); vrsta vegetativnog sloja²⁶, sneg²⁷ (Lundholm i sar., 2014); promena agregatnog stanja vode u supstratu²⁸ (Tang i Qu, 2016), a takođe uticaj ima i materijalizacija drenažnog sloja (Coma i sar., 2016; Koroxenidis i. Theodosiou, 2021). Iz navedenog se može zaključiti da je termičko ponašanje zelenog krova promenljivo u zavisnosti od velikog broja faktora koje nije uvek moguće kontrolisati i predvideti. Stoga se metodologija pojednostavljenog računanja koeficijenta U, uzimajući u obzir slojeve zemljišta i vegetacije, može smatrati netačnom zbog varijacije njihovih termofizičkih svojstava (Theodosiou, 2009). S obzirom da kvantitativne procene smanjenja potrošnje energije za grejanje kroz implementaciju zelenih krovova nije lako utvrditi (Bevilacqua, 2021), njihova primena u modelima unapređenja EE višeporodičnih stambenih zgrada se treba promovisati i zbog njihovih drugih privatnih koristi.

Kao najčešće funkcionalno neiskorišćeni prostori, postojeći ravni krovovi se primenom sistema zelenih krovova mogu transformisati u privatne otvorene prostore svih stanara zgrade – zelene krovne terase. Na taj način, unapređen je kvalitet samog objekta sa stanovišta funkcionalnosti i održivosti, kao i kvalitet stanovanja. Zeleni krovovi doprinose poboljšanju društveno socijalne interakcije korisnika zgrade, mogućnostima razvoja urbane agrikultura i

²⁴ Sa povećanjem debljine supstrata smanjuju se gubici toplote. Suvi supstrat manje gustine ima više pora-vazdušnih džepova te je kao takav bolji izolator (Castleton i sar., 2010).

²⁵ Toplotna provodljivost supstrata se povećava sa sadržajem vlage. Voda ima veću toplotnu provodljivost od vazduha, te će suvi supstrat zimi imati bolje toplotno izolacione karakteristike (Castleton i sar., 2010).

²⁶ Sastav vrsta biljaka u vegetativnom sloju u klimatskim uslovima gde su zime oštre može uticati, usled akumulacije biomase, na dubinu snega i temperaturu supstrata, a samim tim i na termička svojstva zelenog krova (Lundholm i sar., 2014).

²⁷ U hladnim klimatima sneg na krovu deluje kao prigušivač, a površinske temperature zelenog i konvencionalnog ravnog krova koji su prekriveni snegom su skoro identične (Getter i sar., 2011; Lundholm i sar., 2014). Istraživanje Lundholm-a i saradnika (2014) ukazuje da sloj supstrata pod snegom tokom dužeg vremenskog perioda ostaje ne zamrznut, što doprinosi većem smanjenju toplotnih gubitaka u odnosu na konvencionalni krov sa slojem snega. Efekat snega ukazuje na važnost kontakta atmosfera-podloga kao ključnog pokretača zimskih svojstava zelenih krovova. Manji doprinos u uštedi energije će imati zeleni krov sa snežnim pokrivačem u odnosu na zeleni krov bez snega. Iako će veća pokrivenost snega imati tendenciju da smanji razlike u termičkim prednostima zelenih krovova u odnosu na konvencionalne ravne krovove, doprineće manjoj potrošnji energije (Lundholm i sar., 2014).

²⁸ Tokom zime, voda u supstratu može promeniti svoje agregatno stanje (zamrznuti), i za vreme procesa promene stanja, zemljište može da skladišti veliku količinu energije što će uticati na svojstva zelenog krova (Tang i Qu, 2016). Uticaja ovog faktora, ukazuje da ukoliko su promene stanja učestale, zeleni krov može smanjiti toplotne gubitke u odnosu na konvencionalni ravan krov za 19% (Tang i Qu, 2016).

estetskom poboljšanju zgrade. Zeleni krovovi mogu da obezbede društveni prostor na nivou krova u kome se može uživati, a koji može poboljšati zdravlje i dobrobit stanara, i ispunjavaju antropogeni biofilni poriv da se živi sa prirodom i da se bude blizu prirode Kotzen, 2018). U urbanim sredinama, zeleni krovovi pružaju estetske i psihološke prednosti, i kada su dostupni samo kao vizuelno olakšanje oni utiču na opuštanje i poboljšanje zdravlja stanara (Oberndorfer i sar., 2007), a mikro prekid rada koji podrazumeva 40 sekundi prekida u radu i gledanja zelenog krova, za razliku od betonskih gradskih scena, poboljšava koncentraciju (Lee i sar., 2015). Tretman zelenih krovova, kao privatnih otvorenih prostora u zgradama namenjenim višeporodičnom stanovanju, koji uključuje prostor za igru dece, bavljenje fizičkim aktivnostima, kao i mogućnost za mir i tišinu, predstavljaju ključnu motivaciju stanara za korišćenje zelenih krovova (Yeun i Hien, 2005). Takođe, pozitivne psihološke ishode će povećati i zeleni krovovi sa prostorima i elementima koji podržavaju socijalnu interakciju stanara kroz razgovor i društvena okupljanja, kao na primer sedenje i roštilj (Williams i sar., 2019). Da bi se ostvarile socijalne, odnosno psihološke prednosti koje pruža primena zelenih krovova, neophodno je i učešće korisnika/stanara zgrade u planiranju i projektovanju zelenih krovova u cilju ostvarivanja njihovih očekivanja od korišćenja zelenih krovova (Williams i sar., 2019). Na slici 3.7 prikazani su odabrani primeri zelenih krovova na zgradama De Boel²⁹ (Amsterdam, Holandija) i Sargfabrik³⁰ (Beč, Austrija) u funkciji privatnih otvorenih prostora svih stanara višeporodične stambene zgrade.



Slika 3.7 Zeleni krov kao privatni otvoreni prostor svih stanara zgrade: **a)** Zgrada De Boel, Amsterdam, Holandija; **b)** Sargfabrik, Beč, Austrija.

Izvor: Autor na osnovu slika preuzetih sa: https://uia-initiative.eu/sites/default/files/inline-images/picture2_0.jpg i https://www.gruenstattgrau.org/wp-content/uploads/2016/05/Wohnhausanlage_Sargfabrik_1140.jpg

²⁹ Zgrada De Boel (Amsterdam, Holandija) – Projekat transformacije stambeno poslovne zgrade iz 1964. u zgradu sa stambenim jedinicama projektovanim za iznajmljivanje ciljane populacije starosti od 25 do 35 godina. Ekstenzivni zeleni krov projektovan je kao privatni otvoreni prostor za sve stanare zgrade i nudi mogućnost rekreiranja i organizovanja zabava za stanare i goste. Projektovan je kao plavo-zeleni krov, sa slojem za skladištenje kišnice u cilju smanjenja opterećenja kanalizacionog sistema i nadoknade površinske vode za održavanje vegetacije. Izvor: <https://www.heeswijk.nl/pers/boeken/de-boel-amsterdam.html>

³⁰ Sargfabrik (Beč, Austrija) – Projekat predstavlja najradikalniji eksperiment u okviru subvencionisanog stanovanja u Beču planiran od strane grupe stanovnika. U cilju podele resursa, u zgradi bivše fabrike kovčega stvorena je zajednica sa raznim kulturnim i rekreativnim sadržajima. Zeleni krov kao privatni otvoreni prostor služi kao prostor za rekreaciju, igru dece i urbanu agrikulturu u obliku krovne bašte. Izveden je sa slojem za zadržavanje i odlaganje kišnog oticaja. Izvor: Vasilevska i sar., 2019.

Otvoreni prostori u vidu zelenih krovnih terasa privlače stanare za krovnim baštovanstvom i kao takvi stvaraju mogućnosti za urbanom krovnom agrikulturom (Shefique i sar., 2018). Krovne farme su specifični građevinski oblik urbane agrikulture i mogu se definisati kao zeleni krovovi koji omogućavaju razvoj poljoprivrednih aktivnosti korišćenjem raspoloživog prostora na krovovima (Vasilevska i sar., 2019). Na slici 3.8 prikazana je primer krovne farme DakAkker³¹ (Rotterdam, Holandija). Uzgajanje povrća i voća, začinskog bilja i cveća na zelenim krovovima utiče na zdravlje i blagostanje stanara (Kotzen, 2018), poboljšava njihovu socijalnu interakciju kao i održivost zajednice (Shefique i sar., 2018) i pruža stanarima mogućnosti za ekonomske i edukativne koristi (Oberndorfer i sar., 2007). Iako je razvoj urbane agrikulture kroz primenu zelenih krovova prepoznata kao njihova prednost, Zambrano-Prado i saradnici (2021) su u svom istraživanju identifikovali 129 ograničenja i mogućnosti za primenu krovnih farmi, gde se 46% ograničenja odnose na zgradu, 45% zavise od urbane sredine-grad, a 9% su globalna ograničenja (Zambrano-Prado i sar., 2021). Većina ograničenja se uočava još u fazi planiranja krovnih farmi, dok se prednosti ne sagledavaju sve do faze korišćenja, te je stoga potrebna adekvatna regulativa kako bi stanari zgrade mogli na precizan način da sagledaju sve koristi iz privatne perspektive, ali i onih prednosti koje se ostvaruju u svim oblastima društva (Zambrano-Prado i sar., 2021).



Slika 3.8 Krovna farma DakAkker, Rotterdam, Holandija

Izvor: Autor na osnovu slika pruzetih sa: <https://i0.wp.com/milanoclever.net/wp-content/uploads/2021/10/Dakakker-1.jpg?w=1280&ssl=1> i <https://dakakker.nl/site/wp-content/uploads/2019/02/dakennie-20-e1549286001148.jpg>

Zahvaljujući tehnološkom razvoju, rastućim zahtevima stanara za većim komforom i povećanju društvene svesti o pitanjima životne sredine, primena zelenih krovova je iz godine u godinu sve aktuelnija (Besir i Cuce, 2018). Međutim, kod modela unapređenja EE postojećih zgrada mogućnosti primene zelenih krovova su ograničene, pre svega zbog ekonomske opravdanosti, preduslova postojeće konstrukcije ravnih krovova, nedostatka informacija i

³¹ DakAkker (Rotterdam, Holandija) – Na krovu stare poslovne zgrade u centru grada se eksperimentisalo sa konceptom urbane agrikulture kojim su predložene nove alternative za stare gradske objekte. Urbana farma je fokusirana na proizvodnju povrća, voća i lekovitog bilja, a u jednom delu farme smeštene su i košnice. Proizvodi se distribuiraju u lokalne restorane i prodavnice. <https://dakakker.nl/site/?lang=en>

društvene kohezije. Sa aspekta uštede energije, u evropskim klimatskim uslovima zeleni krovovi uzimajući u obzir početna ulaganja i troškove održavanja, ne predstavljaju ekonomsku energetski efikasnu meru naspram drugih sistema revitalizacije i toplotnog unapređenja postojećih ravnih krovova kao što su hladni ili beli krovovi (Ascione i sar., 2013). Sa druge strane, iako teško materijalno izračunljive, neke od envajronmentalnih i socijalnih koristi zelenih krovova u određenim modelima unapređenje EE su veće u odnosu na njihov doprinos u smanjenju potrošnje energije. Iako se često mogu prevideti, ove koristi će verovatno postatiti važnije kako se u urbanim sredinama bude povećavala zauzetost zemljišta i ograničavalo zemljište dostupno za parkove i zelene površine (Kotzen, 2018). Stoga je neophodno, u analizi ekonomske opravdanosti primene zelenih krovova, pažljivije razmatranje onih koristi koje je teško kvantifikovati (Oberndorfer i sar., 2007), a naročito kod višeporodičnih stambenih zgrada velike spratnosti gde je udeo krova u termičkom omotaču znatno manji. Sa konstruktivnog aspekta, sistem zelenih krovova predstavlja dodatno opterećenje postojećoj krovnoj konstrukciji, te njihova implementacija u mnogome zavisi od nosivosti postojećeg konstruktivnog sistema zgrade (Castelton i sar., 2010; Saadatian i sar., 2013; Shafique i sar., 2018). U modelima unapređenje EE postojećih (stambenih) zgrada neophodno je koristiti lagane sisteme zelenih krovova, tipa ekestenzivni koji ne zahtevaju ojačanja postojeće konstrukcije (Coma i sar., 2016). Moguća je primena i intezivnih zelenih krovov ukoliko je investitor spreman za dodatna ulaganja u neophodna ojačanja postojeće noseće konstrukcije zgrade (Peck i sar., 2019). Smanjenje opterećenja na postojeću konstrukciju je moguće ukoliko se zelenim krovom ne prekrije cela površina krova već deo krova ostavi pristupačnim i upotrebljivim za stanare zgrade (Cascone i sar., 2018). Nedostatak društvene kohezije je značajno ograničenje u primeni zelenih krovova naročito među stanarima višeporodičnih stambenih zgrada i posledica je nedovoljne informisanosti. Naime, zeleni krovovi će biti prihvatljiva mera u modelu unapređenja EE samo ukoliko se stanari udruže u zajednicu koja zelene krovove prepoznaje kao mehanizam za ostvarivanje nekog zajedničkog cilja ili rešavanje zajedničkog problema. Stanare, odnosno stambene zajednice koje prihvate primenu zelenog krova, treba ohrabriti i pohvaliti jer oni ne samo da obezbeđuju koristi za sebe, već primenom zelenog krova na svojim zgradama pružaju opipljive koristi za zdravlje i dobrobit širem društvu (Kotzen, 2018). Zeleni krovovi predstavljaju meru čijom primenom unapređenje EEZ u kontekstu društveno-ekonomskih nivoa, pruža niz pridruženih koristi, te se kao takvi ne trebaju promovisati samo u cilju smanjenja potrošnje enregije. Neophodan je interdisciplinarni pristup kako bi se sistemi zelenih krovova sveobuhvatnije istražili i unapredili u cilju ostvarivanja svih njihovih potencijala (Vijayaraghavan, 2016; Shafique i sar., 2018; Williams i sar., 2019).

4 POTENCIJAL VIŠEPORODIČNIH STAMBENIH ZGRADA ZA UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI

Zgrade kao element fizičke strukture grada i potrošači energije, zajedno sa uticajnim izazovima savremenog društva (klimatske promene, rapidna urbanizacija i energetska siromaštvo), urbane sredine – gradove svrstavaju u jedne od glavnih aktera u smanjenju potrošnje energije i emisije CO₂, i borbi protiv klimatskih promena. Usled rasta globalne populacije i ekonomskih aktivnosti, predikcije su da bez ulaganja dodatnih napora potrošnja energije i emisija GhG (CO₂) će nastaviti da rastu (De Boeck i sar., 2015). *Međunarodna agencija za energiju* u svom izveštaju „Energetska efikasnost 2018 – Analiza i izgledi do 2040“ (eng. *Energy Efficiency 2018 – Analysis and outlooks to 2040*) navodi da bi na globalnom nivou do 2040. godine fond zgrada (po površini) mogao biti veći nego danas za 60%, a koji ne bi uticao na povećanje ukupne potražnje za energijom, samo ukoliko bi se primenile postojeće tehnologije i mere na unapređenju EE i postojećih i novih zgrada (IEA, 2018). To znači da bi u 2040. godini zgrade bile skoro 40% energetske efikasnije nego danas, što bi rezultiralo smanjenjem potrošnje energije za 1,3% u poređenju sa trenutnim nivom (IEA, 2018). Promovisanje unapređenja EEZ igra važnu ulogu u smanjenju potrošnje energije i emisije CO₂ bez narušavanja društvenog blagostanja (De Boeck i sar., 2015). Smanjenje uticaja zgrada na životnu sredinu i unapređenje njihove EE predstavljaju ključne elemente u dostizanju ciljeva Sporazuma iz Pariza. Značaj se ogleda u činjenici da se u periodu od 2000. do 2017. godine usled unapređenja EEZ uštedelo 12% globalne energije (ekvivalentno ukupnoj potrošnji energije Brazila), pri čemu su ove uštede usledile najviše zbog smanjenja energije za grejanje stambenih i nestambenih zgrada (IEA, 2018).

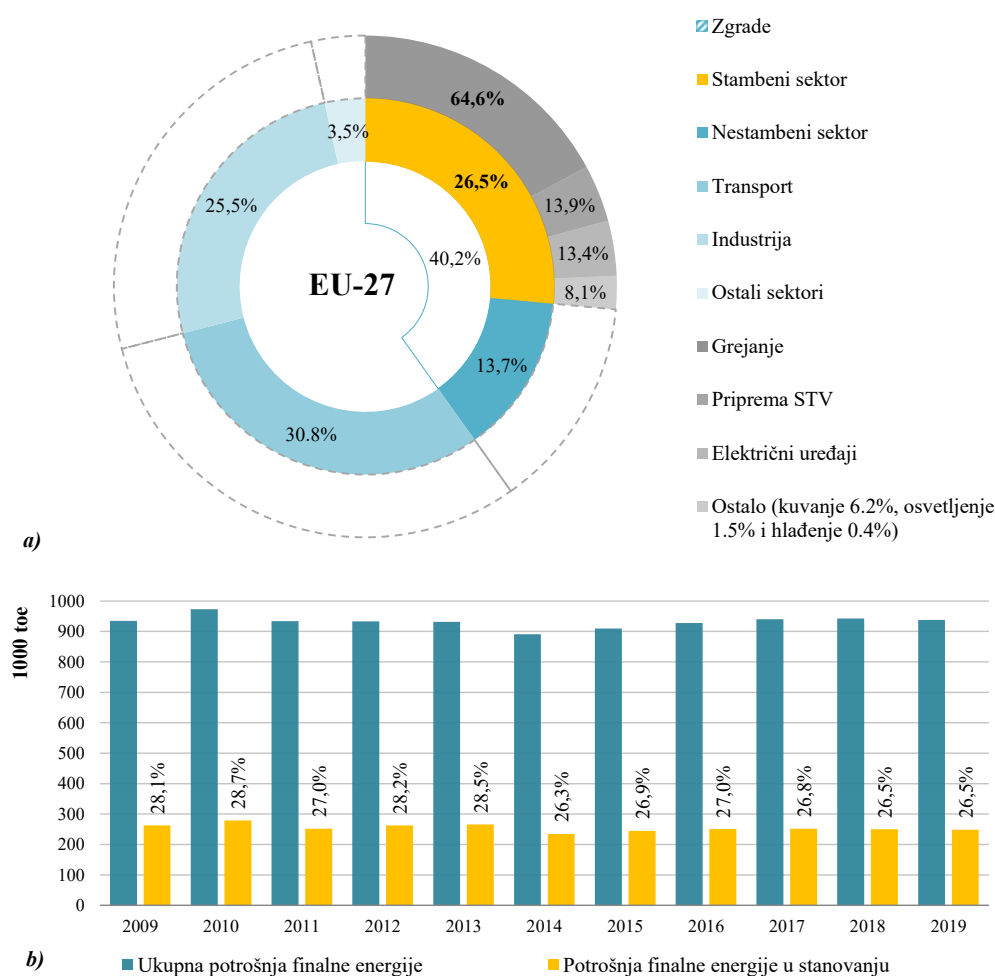
Evropska komisija u svom dokumentu *A Renovation Wave for Europe* (EC, 2020b) navodi podatak da je 85% građevinskog fonda u Evropi (više od 220 miliona zgrada), koji je jedinstven i heterogen u svom izrazu kulturne raznolikosti i istorije kontinenta, izgrađen pre XXI veka, a činjenica je da će 85–95% tih zgrada postojati i 2050. godine. Većina postojećih zgrada su energetske neefikasne s obzirom da su se posebni propisi koji se odnose na toplotne karakteristike omotača zgrade u većini evropskih zemalja pojavili sedamdesetih godina prošlog veka. Filippidou sa saradnicima (2019) iznose podatak da je 35% zgrada u EU starije od 50 godina, a više od 40% je izgrađeno pre 1960. godine, te da je skoro 75% ovih zgrada energetske neefikasno prema današnjim važećim standardima. Sa druge strane nove zgrade troše samo upola

manje energije u odnosu na tipične zgrade iz 1980-ih (EC, 2020a). Prethodni podaci ukazuju da za smanjenje potrošnje energije u stambenom i nestambenom sektoru, energetska unapređenja postojećih zgrada je primarno i neophodno. Budući da se u EU godišnje 0,4–1,2% zgrada energetska unapredi, može se zaključiti da je nivo renoviranja postojećih zgrada nizak (Artola i sar., 2016; EC, 2019a), s obzirom da se pretpostavlja da je potrebno godišnje energetska unaprediti 2,5–3% zgrada (Economidou i sar., 2011; Filippidou i sar., 2019; EC, 2020a). Sa trenutnim tempom unapređenja EEZ biće potrebno preko 100 godina da se postojeći fond zgrad energetska unapredi (Ignjatović i sar., 2021). Imajući u vidu da stambeni prostori spadaju u najduže prisutne elemente ljudske tehnološke infrastrukture, kao i zbog obima potrošnje energije u njima, stanovanje je jedan od glavnih sektora koji nudi mogućnosti za delovanje i najveću isplativu priliku za uštedu energije. Potencijal koji stambene zgrade imaju se ogleda u tome što 75% površine pod zgradama pripada upravo njima (Economidou i sar., 2011), te njihovo unapređenje EE pruža značajne mogućnosti za uštedu energije i ostale pridružene održive koristi. Dok savremeni izazovi zahtevaju brže delovanje na unapređenju EE stambenih zgrada, većina zgrada još uvek nije energetska efikasna. Sa druge strane, kod zgrada na kojima je izvršeno energetska unapređenje nije iskorišćen puni potencijal uštede energije koji se mogao postići, stoga veliki potencijal stambenog sektora je i dalje neiskorišćen.

Zbog boljeg razumevanja potencijala za unapređenje EE stambenog fonda u EU i Srbiji, istraživanje je prikazano kroz potrošnju finalne energije po sektorima sa akcentom na stanovanje, a zatim i kroz specifičnu potrošnju energije i zastupljenost tipova stanovanja. Drugi deo istraživanja je sa fokusom na prikazu potencijala za unapređenja EE zgrada namenjenih višeporodičnom stanovanju koji je analiziran kroz dva osnovna kriterijuma: 1) period izgradnje i 2) tipologiju zgrada višeporodičnog stanovanja. Period izgradnje je važan kriterijum za analizu potencijala jer ukazuje na tipične karakteristike i nedostatke zgrade u skladu sa materijalizacijom, tehnikom gradnje, zahtevima i propisima primenjenim u određenom periodu. Iako je metodologija analize potencijala EU i Srbije prema usvojenim kriterijumima ista, usled istorijskih, političkih, ekonomskih i društvenih uticaja, prisutne su različitosti u samoj periodizaciji i tipologiji koje se između ostalog javljaju i na nacionalnom nivou zemalja članica EU. Za istraživanje, pored relevantne literature, korišćene su i sledeće baze podataka: *Eurostat*, *Odyssey-Mure*, *Hotmaps*, *EU building stock observatory*, i aktuelni zvanični dokumenti u našoj zemlji: „*Dugoročna strategija za podsticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Srbije do 2050. godine*“ (u daljem tekstu Strategija) (MGSI, 2022) i „*Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije*“ (Jovanović Popović i sar., 2013a).

4.1 EVROPSKA UNIJA

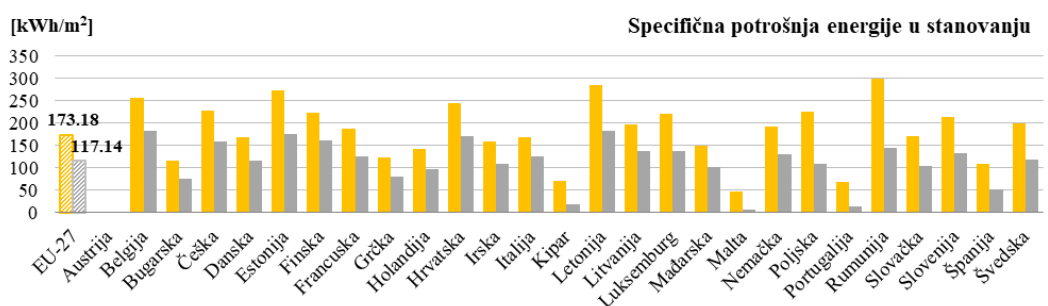
Stambeni sektor spada u najveće potrošače finalne energije u 2019. i jedino je u sektoru transporta potrošnja veća (slika 4.1a). Prema podacima Eurostat-a u prošloj decenije od ukupne potrošnje finalne energije u svim sektorima 26–28% pripadalo je stanovanju i od 2009. do 2019. godine potrošnja je opala za 1,6% (slika 4.1b). Potrošnja finalne energije za 2019. godinu dostigla je 937,9 miliona tona ekvivalenta nafte (Mtoe), od čega 248,3 Mtoe (26,5%) pripada stanovanju i skoro je duplo veća od potrošnje u zgradama nestambenog sektora (13,7%) (slika 4.1a). Ovaj odnos u potrošnji finalne energije između stambenih i nestambenih zgrada je prisutan već nekoliko godina (Konstantinou i sar., 2011; De Boeck i sar., 2015) i nije karakterističan samo za analiziranu 2019. godinu.



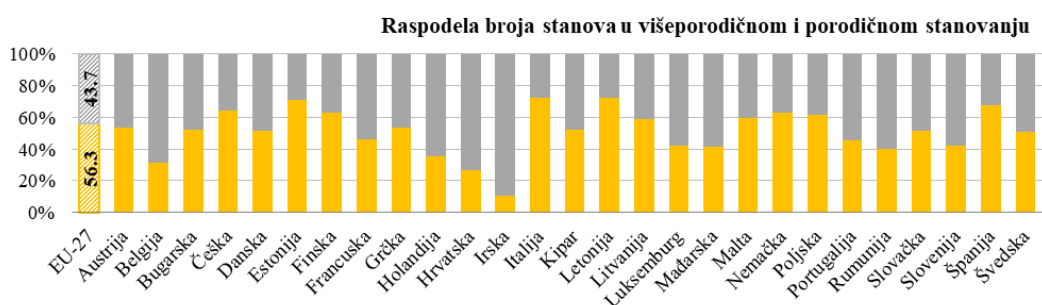
Slika 4.1 Potrošnja finalne energije u EU–27: **a)** Po sektorima u 2019. godini; **b)** U stanovanju od 2009. do 2019. godine

Izvor: Autor prema podacima dostupnim na: Statistics | Eurostat (europa.eu) i Declining share of space heating in the EU | Space Heating | ODYSSEE–MURE

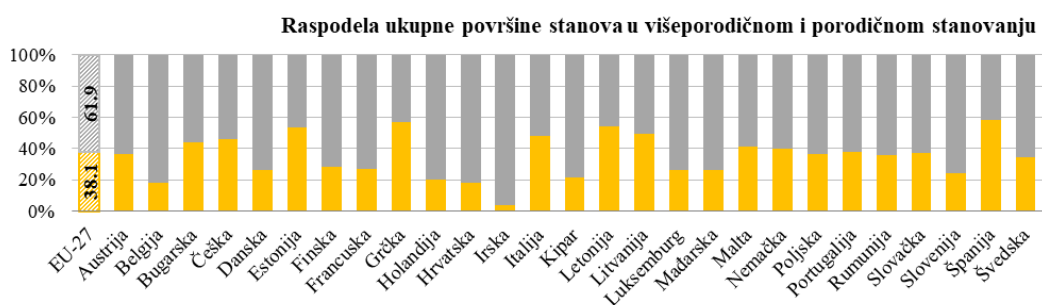
Najveća potrošnja energije u stanovanju je usmerena za grejanje prostora skoro 65% i zajedno sa energijom za zagrevanje sanitarne tople vode (13,9%) i hlađenje (0,4%) čini oko 80% potrošene finalne energije u 2019. (slika 4.1a). Kako bi se ostvarili ciljevi EU o klimatskoj neutralnosti, stambeni sektor do 2030. bi morao da zabeleži smanjenje potrošnje energije za grejanje i hlađenje od 19% do 23% u poređenju sa 2015. godinom (EC, 2020a; 2020b). U stanovanju specifična potrošnja energije (kWh/m²) za 2014. godinu i normalne klimatske uslove se prema dostupnim podacima procenjuje na oko 173 kWh/m² od čega je 117 kWh/m² za grejanje i razlikuje se od zemlje do zemlje članice EU (slika 4.2a). Ovolika potrošnja energije za grejanje odraz je energetski neefikasnih zgrada za stanovanje. Analiza podataka za 2014. pokazuje da je u EU zastupljenost stambenih jedinica u višeporodičnom stanovanju prema broju veća (56,3%), a prema površini (38,1%) manja, u odnosu na porodično stanovanje (slika 4.2b,c).



a) ■ Specifična potrošnja ukupne energije ■ Specifična potrošnja energije za grejanje



b) ■ Višeporodično stanovanje ■ Porodično stanovanje



c) ■ Višeporodično stanovanje ■ Porodično stanovanje

Slika 4.2 Specifična potrošnja energije u stanovanju, i zastupljenost stanova prema broju i površini u zavisnosti od tipa stanovanja u EU-27 za 2014. godinu

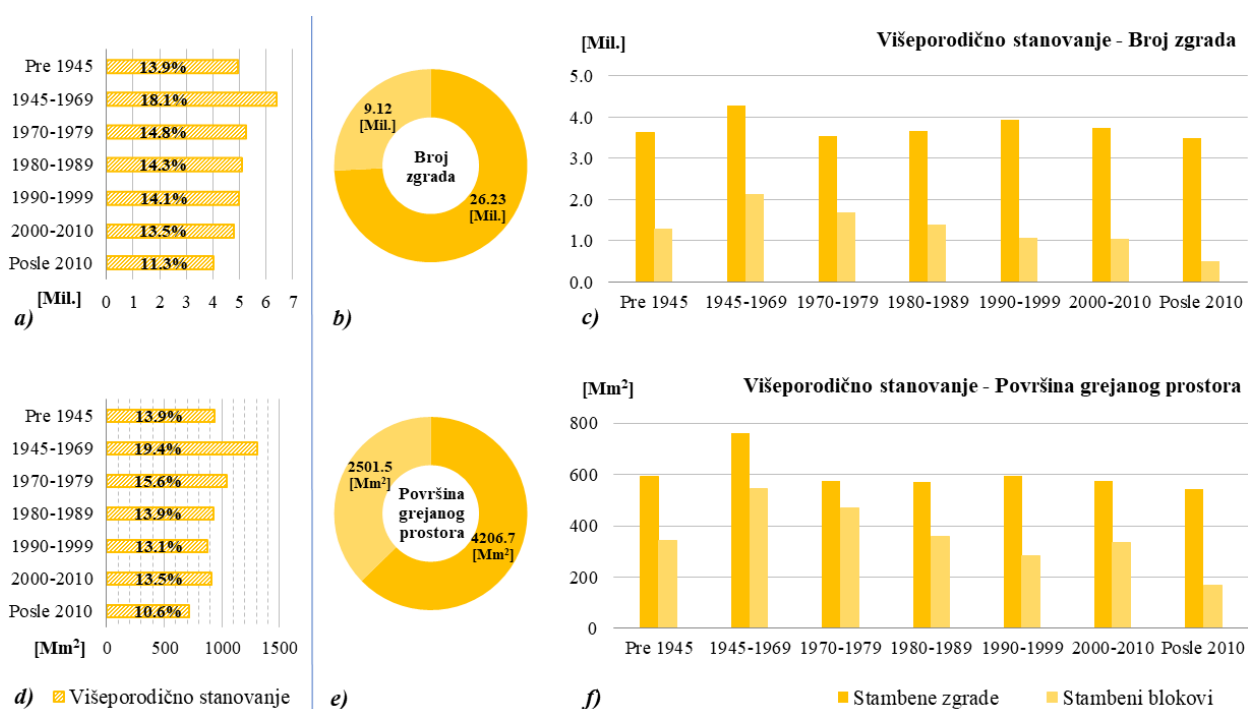
Izvor: Autor prema podacima dostupnim u okviru EU building stock observatory <https://ec.europa.eu/energy/eubuildings> za 2014

Prema tipu stanovanja stambeni fond u EU čine zgrade za: 1) porodično stanovanje - slobodnostojeće kuće i kuće u nizu, i 2) višeporodično stanovanje - stambene zgrade (eng. *multi-family houses*) i stambeni blokovi/blokovi stanova (eng. *apartment blocks*). Potencijal zgrada namenjenih višeporodičnom stanovanju je sagledan prema prethodno definisanim kriterijumima, a na osnovu: 1) analize stamebnog fonda višeporodičnog stanovanja prema broju zgrada i površini grejanog prostora (slika 4.3), a zatim 2) prema specifičnoj potrošnji energije za grejanje i koeficijentu prolaza toplote zidova, prozora, krovova i tavanica (slika 4.4). Za istraživanje ovih karakteristika korišćena je baza podataka *Hotmaps*, projekat finansiran iz programa za istraživanje i inovacije EU Horizont 2020. Baza podataka je priznata i od strane BPIE i dostupna je i preko njihovog veb-sajta.

Jedan od najefikasnijih načina za razumevanje energetske efikasnosti, odnosno energetske svojstava postojećih višeporodičnih zgrada jeste njihovo sagledavanje kroz period izgradnje. U EU oko 75% višeporodičnih zgrada izgrađeno je pre XXI veka, a zgrade stare preko 50 godina čine 32% od ukupnog broja višeporodičnih zgrada (slika 4.3a). Najveći broj zgrada, preko 6,5 miliona, je izgrađeno u periodu posle Drugog svetskog rata do 1970. godine, i predstavlja 18,1% svih današnjih višeporodičnih zgrada u EU (slika 4.3a). Ako se višeporodične zgrade sagledaju sa aspekta grejne površine i perioda izgradnje, kao što je prikazano na slici 4.3d, uočava se da raspodela grejne površine uglavnom prati raspodelu broja zgrada i skoro petina površine grejanog prostora (19,4%) je izgrađeno u periodu od 1945. do 1970. Ipak, ako se u obzir uzme dužina trajanja perioda, kao najintenzivniji period i prema broju zgrada kao i površini izdvaja se period 1971–1979. U ovom periodu, prema podacima *Hotmaps*–a izgrađeno je preko 5 miliona zgrada sa pripadajućom grejnom površinom od oko 1045 miliona m². Propisi koji se odnose na energetska svojstva zgrada, odnosno toplotnu zaštitu zgrada, bili su skromni pre 1970. godine, a prva direktiva o energetskim svojstvima zgrada EPBD – 2002/91/EC u tadašnjim državama članicama EU počela je da se primenjuje 2003. Na osnovu ovog može se zaključiti da je veći deo fonda energetski neefikasno prema danas važećim propisima "što u velikoj meri objašnjava nisiku stopu renoviranja do sada" (Filippidou i sar., 2019).

Zastupljenost zgrada u okviru višeporodičnog stanovanja zavisi i od tipa zgrade. Pod višeporodičnim stanovanjem u EU prepoznaju se sledeći tipovi: 1) stambene zgrade pod kojim se podrazumevaju manji objekti i 2) stambeni blokovi/blokovi stanova, zgrade velike površine. Iako su blokovi stanova u EU prema broju zgrada skoro tri puta manje zastupljeni u odnosu na stambene zgrade (slika 4.3b), ovaj odnos se ne transponuje na površinu grejanog prostora gde stambeni blokovi pripada 37,3% ukupne površine grejanog prostora koja iznosi preko 6.700

miliona m² (slika 4.3e). Sa aspekta perioda izgradnje interesantan je potencijal za energetskim unapređenjem stambenih blokova izgrađenih u periodu 1970 – 1979 i pored toga što su stambene zgrade zastupljenije u svim posmatranim periodima i prema broju zgrada kao i površini grejanog prostora (slika 4.3c,f). U ovom periodu broj stambenih zgrada je duplo veći (67,8%) u odnosu na stambene blokove (32,2%) ali je grejna površina u stambenim blokovima (45%) u odnosu na grejnu površinu stambenih zgrada (55%) manja za oko 100 miliona m² odnosno 10% (Slika 4.3c,f). Prethodni podaci ukazuju da bi se sa energetskim unapređenjem manjeg broja zgrada u stambenim blokovima postigla znatna ušteda energije.



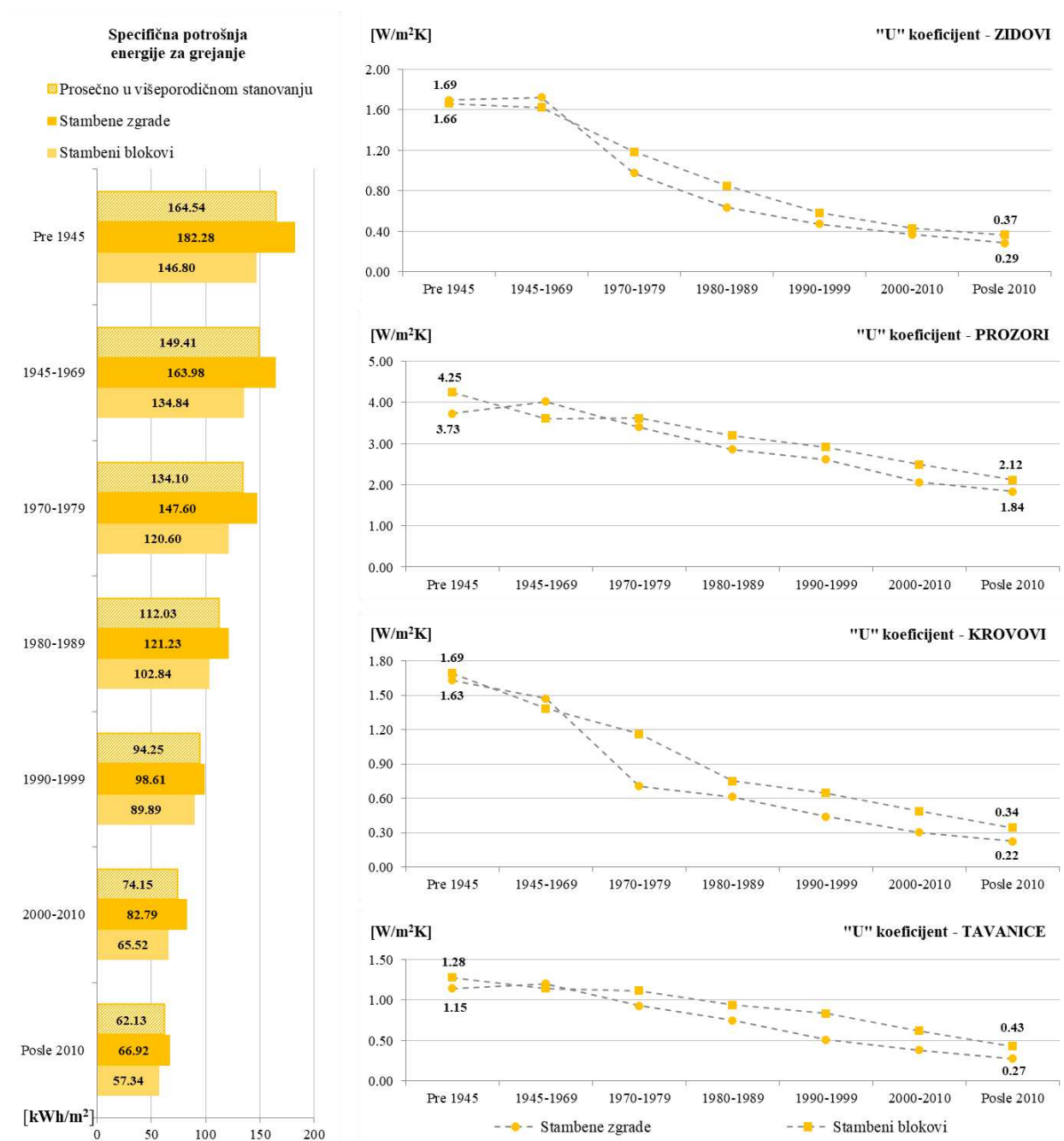
Slika 4.3 Broj zgrada i površina grejanog prostora prema periodu izgradnje i tipu zgrada višeporodičnog stanovanja u EU-27

Izvor: Autor prema podacima dostupnim na <https://gitlab.com/hotmaps/building-stock/-/tree/master/data>

Drugi deo analize je usmeren na specifičnu potrošnju energije za grejanje kao i na koeficijent prolaza toplote termičkog omotača zgrade kao značajne karakteristike za smanjenje potrošnje energije.

Specifična potrošnja energije za grejanje u zgradama višeporodičnog stanovanja je opadala sa periodom izgradnje (slika 4.4). Najveće smanjenje specifične potrošnje energije za grejanje od 22,06 kWh/m² je u periodu 1980–1989. u odnosu na prethodni period 1970–1979, a nakon toga, sledi period 2000–2010. u kome je smanjenje potrošnje od 20,10 kWh/m² u odnosu na 1990–1999. (slika 4.4). Smanjenja ukazuju na doprinos uvođenja regulative, najpre sedamdesetih godina kroz zastupljenije uvođenje propisa o toplotnoj zaštiti zgrada, a zatim uvođenje prve direktive EPBD 2003. Indikativno je da u XXI veku i pored izgradnje energetski efikasnih

zgrada višeporodnog stanovanja, najmanje smanjenje specifične potrošnje energije za grejanje između dva perioda od svega $12,02 \text{ kWh/m}^2$ je zabeleženo između perioda 2000–2010. i perioda posle 2010. (slika 4.4). Ovo se između ostalog može povezati i sa povećanim životnim standardom ali i sa klimatskim promenama. Kada se upoređuje potrošnja između tipova višeporodnog stanovanja kroz sve periode, manja specifična potrošnja za grejanje je u stambenim blokovima ali se razlika u potrošnji između stambenih zgrada i blokova vremenom smanjivala.



Slika 4.4 Specifična potrošnja energije za grejanje i koeficijent prolaza toplote – U elemenata termičkog omotača prema periodu izgradnje i tipu zgrada višeporodnog stanovanja u EU-27

Izvor: Autor prema podacima Hotmaps-a, dostupnim na <https://gitlab.com/hotmaps/building-stock/-/tree/master/data>

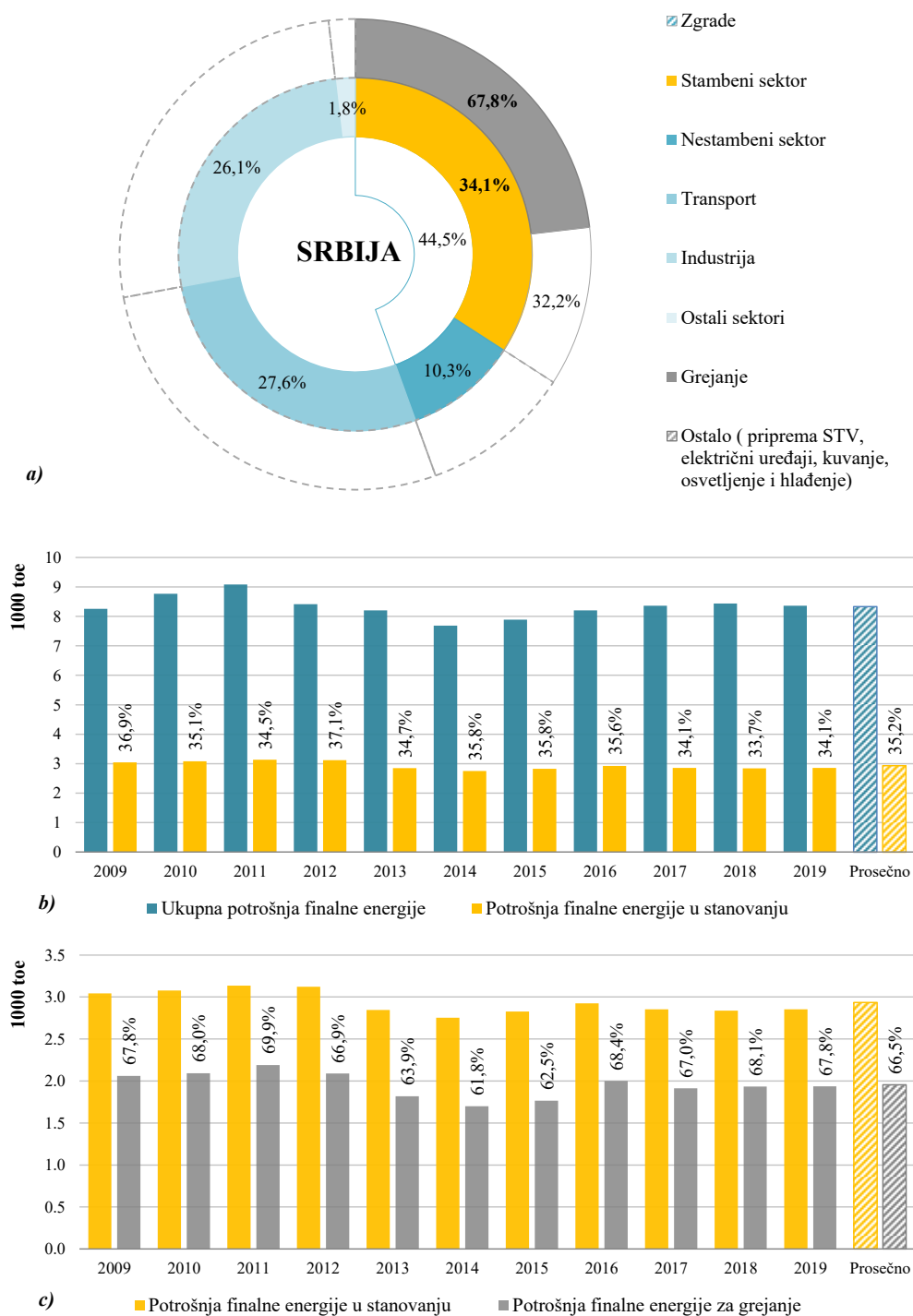
Važna karakteristika koja utiče na smanjenje potrošnje energije za grejanje jeste izolovanost elemenata termičkog omotača sagledana prema koeficijentu prolaza toplote – U. Na slici 4.4 prikazane su U vrednosti za zidove, prozore, krovove i podove, prema periodu izgradnje i tipu višeporodičnog stanovanja na osnovu podataka *Hotmaps*-a. Analizom vrednosti koeficijenta U, primetan je nedostatak adekvatne izolacije u netransparentnim elementima termičkog omotača starih zgrada građenih pre 1970, što je posledica nepostojanja propisa o toplotnoj zaštiti u većini zemalja EU kao i tradicionalnog načina gradnje. Razvoj novih tehnologija gradnje, intenzivnije uvođenje propisa sedamdesetih godina prošlog veka, kao i donošenje prve EPDB direktive 2003, doprinelo je padu vrednosti koeficijenta U za sve elemente (slika 4.4). Zgrade građene posle 2010. imaju vrednosti koeficijenta U znatno niže u odnosu na zgrade građene pre 1945. i to niže skoro: 5 puta za zidove, 2 puta za prozore, 6 puta za krovove i 3,5 puta za tavanice (slika 4.4) uz napomenu da se smanjenje razlikuje od zemlje do zemlje u zavisnosti od godine uvođenja propisa u pogledu energetske svojstava zgrada, kao što je slučaj sa Švedskom gde su propisi bili uvedeni još 1948. godine (Economidou i sar., 2011).

Analiza podataka ukazuje da je u EU potencijal zgrada višeporodičnog stanovanja građenih pre 1980. godine veliki, s obzirom na njihovu brojčanu zastupljenost, površinu grejanog prostora i loše toplotne karakteristike elemenata termičkog omotača koji su neizolovani ili nedovoljno izolovani. Zbog svojih povoljnijih geometrijskih karakteristika nešto veći potencijal imaju zgrade stambenog bloka ukoliko bi unapređenje bilo integralno za sve zgrade, gde bi primena manjih mera doprinela značajnoj uštedi energije ali i drugim socijalnim i environmentalnim koristima. U nastojanju za integralnim preuređenjem i revitalizacijom većih površina, unapređenje stambenih blokova zauzima centralno mesto (Mickaityte i sar., 2008).

4.2 SRBIJA

Efekti klimatskih promena na teritoriji Zapadnog Balkana, a samim tim i Srbije su poslednjih godina zabrinjavajući. U Zelenom planu za Zapadni Balkan, navodi se da je ovaj region jedan od posebno pogođenih regiona uticajima klimatskih promena u Evropi (EC, 2020c). Procenjuje se da će do kraja veka doći do povećanja temperature od 1,7 do 4,0 °C, pa čak i preko 5,0 °C (Vuković i Vujadinović Mandić, 2018). Porast temperature zavisice od našeg delovanja na ostvarivanju smanjenja emisije gasova efekta staklene bašte, odnosno smanjenja potrošnje energije primarno u sektoru stanovanja. Za razliku od EU gde je sektor stanovanja u 2019. godini prema potrošenoj energiji iza transporta, u Srbiji se stanovanje izdvojilo kao sektor sa najvećim udelom od 2,855 Mtoe (34,1%) u ukupnoj potrošnji finalne energije od 8,361 Mtoe, ispred

transporta (27,6%) i industrijskog sektora (26,1%), i čak tri puta je veća od potrošnje u nestambenim zgradama (10,3%) (slika 4.5a,b). Učešće stambenog sektora u ukupnoj potrošnji energije za period od 2009. do 2019. godine u proseku je 35,2% i ukazuje na činjenicu da je stambeni sektor najveći potrošač unazad deset godina, a verovatno i duže (slika 4.5b) što je posledica između ostalog i nedovoljnog angažovanja na unapređenju EE stambenih zgrada.



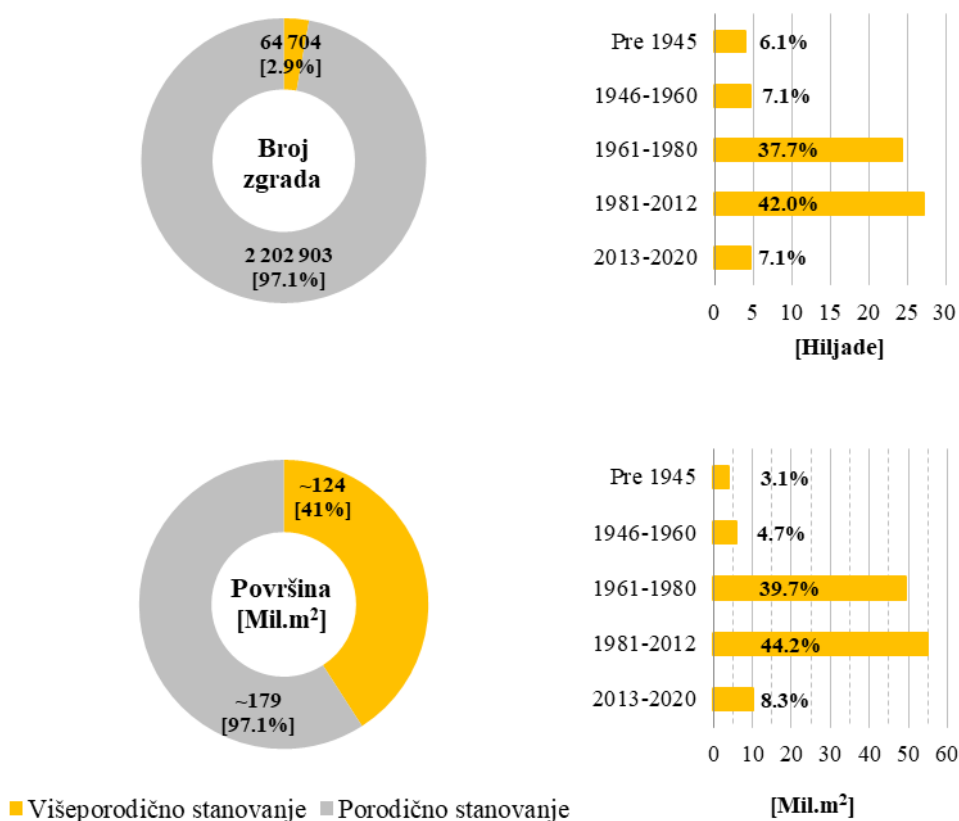
Slika 4.5 Potrošnje finalne energije u Srbiji: **a)** Po sektorima u 2019. godini; **b)** U stanovanju od 2009. do 2019. godine; **c)** Za grejanje u stanovanju od 2009. do 2019. godine

Izvor: Autor prema podacima dostupnim na: Statistics | Eurostat (europa.eu) i Energy efficiency factors tool that have consequences in the energy consumption | ODYSSEE (odyssee-mure.eu)

Prema bazi podataka *Odyssee–Mure* u stanovanju potrošnja energije za grejanje za poslednjih deset godina (2009–2019), prosečno je imala udeo od 66,5% u ukupnoj potrošnji energije (slika 4.5c), a u 2019. godini čak 67,8% (slika 4.5a,c) što je oko 3% više nego u EU za istu godinu (slika 4.5a). Upoređivanjem 2009. i 2019. godine, uočava se da energija za grejanje ima isti udeo od 67,8% iako je ukupna potrošena energija u 2019. manja u odnosu na 2009. godinu, a jedan od razloga je nedovoljna energetska ušteda u stanovanju kao posledica, između ostalog, promene u ponašanju korisnika.

Detaljna analiza potencijala višeporodičnih zgrada sprovedena je: 1) na osnovu fonda višeporodičnih zgrada prema broju zgrada i njihovoj pripadajućoj površini, kroz prethodno definisane kriterijume: period izgradnje i tipologija onako kako su dati u Strategiji (MGSI, 2022) i 2) na osnovu potencijala najzastupljenijeg tipa višeporodičnih zgrada iz perioda USI sa aspekta specifične potrebne energije, a prema podacima koji su publikovani u Nacionalnoj tipologiji stambenih zgrada (Jovanović Popović i sar., 2013a) i prihvaćeni u Strategiji.

U strukturi stambenog fonda u Srbiji dominantno je porodično stanovanje dok višeporodičnom stanovanju pripada 2,9% zgrada (64 704 zgrada) sa pripadajućom površinom od 123.874.965 m², što predstavlja 41% površine svih zgrada namenjenih stanovanju (slika 4.6) (MGSI, 2022). Potencijal višeporodičnih zgrada prema periodu izgradnje, sagledan je kroz periodizaciju kako je data u Strategiji, a koja je uspostavljena “na osnovu kriterijuma dostupnosti podataka ali i značajnih promena u doktrini gradnje (konstruktivnim tehnikama, materijalizaciji, primenjenim sistemima proizvodnje i građenja)” i vezuje se za razdoblja primene propisa o energetskim svojstvima zgrade (MGSI, 2022). Usvojena je sledeća periodizacija: pre 1945, 1946–1960, 1961–1980, 1981–2012. i 2013–2020. Najveća distribucija zgrada višeporodičnog stanovanja prema broju i površini u periodima 1961–1980. i 1981–2012. godine (slika 4.6). Ako se u obzir uzme interval perioda, period 1961–1980 se može smatrati periodom sa intenzivnim tempom izgradnje višeporodičnih stambenih zgrada u kome je izgrađeno 24.372 zgrade (37,7%) sa pripadajućom površinom od oko 49 miliona m² (39,7%) (slika 4.6). Sa druge strane, za period 1981–2012. važno je napomenuti da obuhvata kraj perioda USI – 1990. godine, kada počinje tranzicioni period sa dubokom političkom i ekonomskom krizom u zemlji. Period USI od 1960. do 1990. se smatra periodom intenzivnog socijalističkog graditeljskog stila višeporodične stambene izgradnje sa zgradama koje iz današnje perspektive predstavljaju velike potrošače finalne energije (Ćuković Ignjatović i sar., 2018; Matic i sar., 2015), i samim tim čine i jedinstven potencijal za unapređenje EE.



Slika 4.6 Broj zgrada i površina grejanog prostora prema tipu stanovanja i zastupljenost višeporodičnog stanovanja prema periodu izgradnje u Srbiji

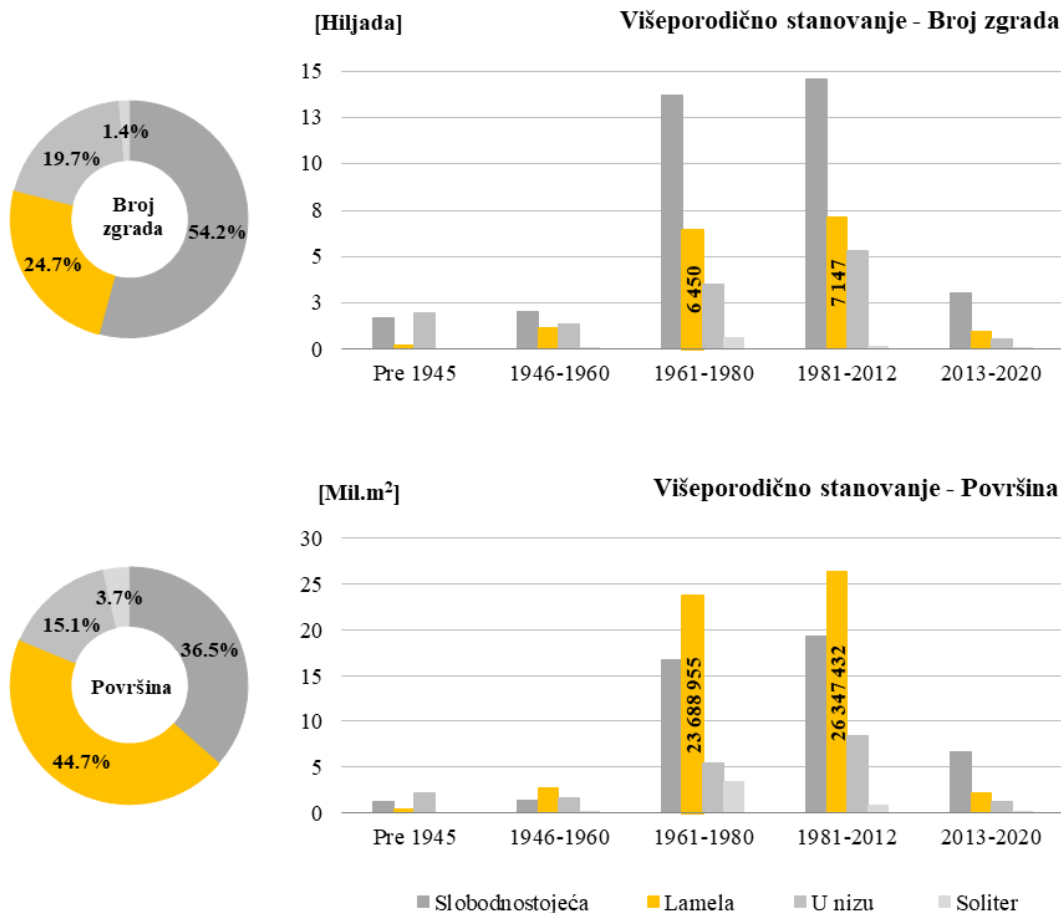
Izvor: Autor prema podacima iz izvora: Dugoročna strategija za podsticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Srbije do 2050. godine, Tabela 2.8 (MGSI, 2022)

Dok je u EU tipologija zgrada višeporodičnog stanovanja izvedena na stambene zgrade i stambene blokove, specifičnost gradnje ovih zgrada u Srbiji je uslovlila širu tipologiju, i to na: slobodnostojeće zgrade, lamele – zgrade građene po istom projektu grupisane u nizu ili sa više ulaza, zgrade u nizu (zgrade u gradskom bloku), i solitere (Jovanović Popović i sar., 2013a; MGSI, 2022). Najzastupljeniji tip zgrada višeporodičnog stanovanja prema broju su slobodnostojeće zgrade 25.089 (54,2%) i zajedno sa 15.979 zgrada (24,7%) tipa lamela čine preko 80% višeporodičnih zgrada (slika 4.7). Kada je reč o zastupljenosti prema površini, kao dominantan tip izdvajaju se lamele sa površinom od oko 55 miliona m² što predstavlja 44,7% površine zgrada višeporodičnog stanovanja (slika 4.7). U periodu 1961–1980, koji je ujedno i period kada se uvode prvi propisi³² o toplotnoj zaštiti zgrada, distribucija lamela prema broju zgrada (6 450) je skoro duplo manja od slobodnostojećih, dok prema površini od oko 23,7 miliona m² lamele čine preovladavajući tip višeporodičnog stanovanja (slika 4.7). U narednom periodu 1981–2012. matrica zastupljenosti lamela u odnosu na slobodnostojeće zgrade je identična, iako je manji broj zgrada 7.147 veća je pripadajuća površina koja iznosi oko 26,3

³² Pravilnik o minimalnim tehničkim uslovima za izgradnju stanova iz 1967. godine i Pravilnik o tehničkim merama i uslovima toplotne zaštite iz 1970. godine.

miliona m². Zbog brojčane zastupljenosti, a pre svega pripadajućoj površini, lamele iz perioda USI imaju značajan potencijal za energetske unapređenjem koji se može uporediti sa potencijalom stambenih blokova EU, između ostalog i zbog toga što su stambeni blokovi po svojim karakteristikama najbližnji, skoro isti, lamelama.

Značaj potencijala unapređenja EE postojećih zgrada višeporodičnog stanovanja građenih posle 1960. godine, prepoznat je u okviru Strategije kroz jasno preciziran podcilj. Podcilj definiše da je za ostvarivanje opšteg cilja Strategije potrebno godišnje energetske unaprediti do nivoa EE+³³ 1,5% površine (1.559.121 m²) fonda višeporodičnih stambenih zgrada izgrađenih u periodu od 1961. do 2012. godine, što će doprineti da u 2050. emisija CO₂ od eksploatacije ovih zgrada bude smanjena za 26% u odnosu na 2020. godinu (MGSI, 2022). U ostvarivanju ovog podcilja glavni potencijal je u unapređenju EE lamela koje čine polovinu predviđene godišnje površine za unapređenje.



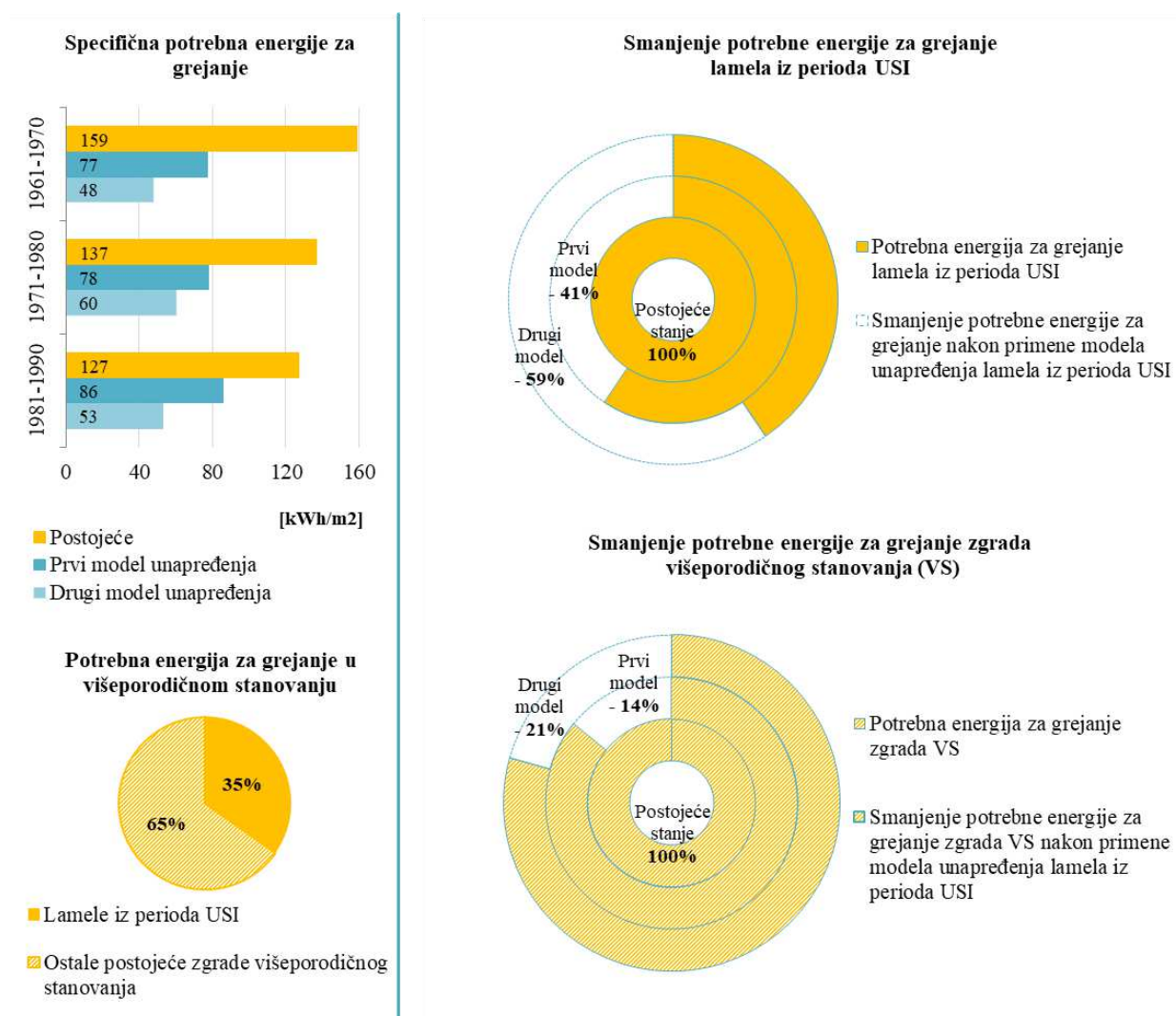
Slika 4.7 Broj i površina zgrada višeporodičnog stanovanja prema periodu izgradnje i tipu zgrada u Srbiji

Izvor: Autor prema podacima iz izvora: Dugoročna strategija za podsticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Srbije do 2050. godine, Tabela 2.6 i 2.7 (MGSI, 2022)

³³ Nivo EE+ - Predstavlja oblast paketa mera energetske efikasnosti na omotaču zgrade, kao i na pripadajućim sistemima zgrade (sistem KHG, sanitarne tople vode i osvetljenja) ukoliko te mere dovode do smanjenja potrošnje primarne energije i emisije CO₂ i pri tom ne dolazi do značajnog povećanja globalnog troška (MGSI, 2022).

S obzirom da lamele iz perioda USI predstavljaju platformu za razradu modela unapređenja EE u ovoj doktorskoj disertaciji, sledeća analiza potencijala sa aspekta specifične potrebne energije biće ograničena na ovaj tip zgrada višeporodičnog stanovanja prema periodima koji obuhvataju USI, a to su 1961–1970, 1971–1980 i 1981–1990. Analiza je sprovedena na osnovu podataka publikovanih u Nacionalnoj tipologiji stambenih zgrada (Jovanović Popović i sar., 2013a) gde je usvojena šira periodizacija. Podaci u ovoj publikaciji predstavljaju sveobuhvatnu bazu podataka, pored ostalog i proračunate vrednosti specifične potrebne energije za grejanje odabranih referentnih višeporodičnih zgrada za postojeće stanje (podaci korišćene i u Strategiji) i nakon dva modela unapređenja, a prema periodizaciji i tipologiji, na osnovu koje je na nacionalnom nivou procenjena potrebna energija za grejanje višeporodičnih zgrada kao i njeno smanjenje nakon primene modela unapređenja. Prvi model unapređenja podrazumevao je primenu pasivnih i aktivnih mera do postizanja cilja onako kako je propisano *Pravilnikom o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada* („Sl. glasnik RS“, br.69/2012 i 44/2018) za postojeće zgrade – da se nakon primene unapređenja energetski razred poboljša za najmanje jedan nivo. Primena mera obimnije obnove koncept je drugog modela unapređenja, a u cilju povećanja energetskog razreda postojećih zgrada do razreda “C” koji je propisan kao najmanji razred novih zgrada prethodno pomenutim pravilnikom.

Potencijala unapređenja EE višeporodičnih zgrada tipa lamela iz perioda USI sagledan je na osnovu specifične potrebne energije kroz modele unapređenja. Specifična potrebna energija za zgrade tipa lamela, kao što je prikazano na slici 4.8, je u rasponu od 159 na početku do 127 kWh/m² na kraju posmatranog USI perioda. Kao i u EU, smanjenje specifične potrebne energije povezuje se sa uvođenjem prvih propisa o toplotnoj zaštiti zgrada i može se zaključiti da su lamele iz perioda USI najčešće bile izolovane, ali nedovoljno izolovane prema današnjoj regulativi. Nakon prvog modela unapređenja specifična potrebna energija lamela smanjila se za najviše 82 kWh/m² (51,6%) za period 1961–1970, odnosno najmanje 41 kWh/m² (32,3%) za period 1981–1990 (slika 4.8). Kada je reč o drugom modelu, koji doprinosi većem smanjenju, specifična potrebna energija se godišnje može smanjiti najviše 111 kWh/m² godišnje (61,4%) za lamele iz perioda 1961–1970, a najmanje smanjenje je za lamele iz perioda 1971–1980 od 77 kWh/m² (56,2%) (slika 4.8). Prethodni podaci ukazuju da u zavisnosti od godine izgradnje i modela unapređenja, godišnja specifična potrebna energija za lamele iz perioda USI se u proseku može smanjiti za 42–61% uz napomenu da vrednosti specifične potrebne energije postojećeg stanja dobijene proračunom ne oslikavaju realno stanje u odnosu na stvarnu potrošnju energije koja je dosta manja (MGSI, 2022), ali su dovoljno precizne za procenu potencijala unapređenja sa aspekta potrebne energije za grejanje na nacionalnom nivou.



Slika 4.8 Potencijal zgrada tipa lamela iz perioda USI za smanjenje potrebne energije za grejanje u višeporodičnom stanovanju u Srbiji

Izvor: Autor prema podacima iz izvora: Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije, Tabela 7 – str.30, Tabela 9 – str. 32 i Tabela 11 – str.34 (Jovanović Popović i sar., 2013).

Unapređenje EE fonda višeporodičnih stambenih zgrada građenih od 1960. do 1990. može da doprinese njihovoj energetskej uštedi 30–78% (Jovanović Popović i sar., 2013a; Ćuković Ignjatović i sar., 2018) u zavisnosti od nivoa unapređenja i primenjenih mera. Potrebna energija za grejanje lamela iz perioda USI čini oko 35% potrebne energije za grejanje svih zgrada višeporodičnog stanovanja u Srbiji (slika 4.8). U zavisnosti od koncepta modela unapređenja lamela, potencijal za smanjenje njihove energije za grejanje je 41–59%, odnosno 14–21% za smanjenje potrebne energije za grejanje fonda zgrada višeporodičnog stanovanja (slika 4.8).

Rekonstrukcija i revitalizacija izgrađenog nasleđa višeporodičnog stanovanja, usled pojave novih društvenih i kulturnih normi su neophodne kako bi se stambena područja unapredila i prilagodila sadašnjem načinu života i tehnološkim standardima. Sagledavanjem fonda višeporodičnih stambenih zgrada u Srbiji, preko 90% zgrada pripada postojećim energetskej

neefikasnim zgradama izgrađenim pre 2012. godine kada je počeo da važi PEEZ. I pored potencijala, evidentno je fizičko propadanje višeporodičnih zgrada usled nezainteresovanosti stanara za održavanjem i unapređenjem zgrada (Ćuković Ignjatović i sar., 2018; Matic i sar., 2015) ali i niza nekontrolisanih intervencija koji stanari sprovode godinama kao što su zastakljenje terasa, bespravna dogradnja potkrovlja na račun zajedničkih terasa, pojava novih prozorskih otvora i drugo (Matic i sar., 2015), a koje utiču na energetska svojstva zgrade. Deo ovih zgrada jeste u međuvremenu, a naročito u periodu tranzicije, pretrpeo neki oblik rekonstrukcije, često u vidu nadogradnje ali skoro po pravilu bez sagledavanja energetske efikasnosti što se može smatrati izgljubenim potencijalom za energetske uštedama (Jovanović Popović i sar., 2013a). Zbog unificiranog načina gradnje usled multipliciranja iste projektne dokumentacije, lamele u okviru jednog stambenog područja predstavljaju jedan od značajnijih potencijala za unapređenje EE postojećih zgrada višeporodičnog stanovanja zbog mogućnosti primene uopštenog modela unapređenja. Na ovaj nači, kako bi se zadovoljili zahtevi aktuelne regulative, ali i ispunili ciljevi Strategije, čitavi stambeni blokovi bi mogli biti unapređeni.

Unapređenje EE postojećih zgrada višeporodičnog stanovanja se često karakteriše kao problematično u Srbiji i u EU. Glavna prepreka za ulaganje u njihovo unapređenje jeste viševlasnička struktura nad stanovima koja uzrokuje podeljene podsticaje i zajedničko upravljanje nad zgradom, kao i neusklađenost podsticaja između vlasnika stana i podstanara. Prepreku predstavlja i nedovoljna informisanost vlasnika stanova o tome koje sve mere postoje, a koje se mogu primeniti tako da doprinesu najefkasnijem smanjenju potrošnje energije. Mnogi vlasnici stanova odlučuju se za individualno unapređenje primenom pasivnih mera za poboljšanje toplotnih karakteristika elemenata termičkog omotača najčešće zamenom postojećih prozora prozorima sa boljim toplotnim karakteristikama (Jovanović Popović i sar., 2007). Kompleksnost energetskog unapređenja zgrada višeporodičnog stanovanja ogleda se i u tome što uključene strane (vlasnici stanova ili zakupci) ne vide zgradu kao celinu, te pristupi fragmentiranog unapređenja često rezultiraju neefikasnošću i neuspešnim rešenjima (Konstantinou i Knaack, 2011). Ovakvim načinom individualnog unapređenja „svaki stan za sebe“, vlasnici stanova gube ekonomsku korist koja bi proistekla iz unapređenja energetskih svojstava cele zgrade.

5 VIŠEPORODIČNE ZGRADE IZ PERIODA USMERENE STAMBENE IZGRADNJE U SRBIJI

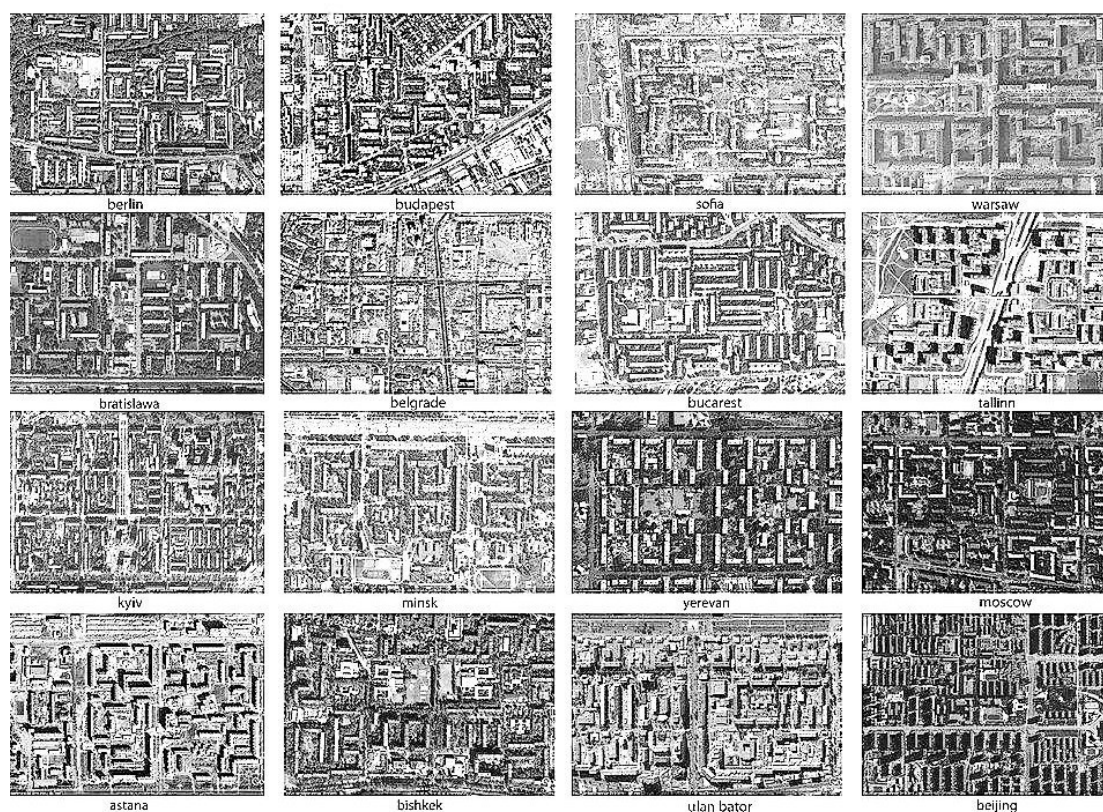
Proučavanje mogućnosti primene modela unapređenja EE na višeporodičnim zgradama iz perioda USI, kao perioda intenzivne i masovne izgradnje u Srbiji, zahteva razumevanje i poznavanje razvojnih karakteristika i strukturalnih odlika materijalizacije i oblikovanja zgrada perioda. Sa druge strane, reforme stambenog sistema koje su usledile u post-socijalističkom periodu, su imale veliki uticaj na transformaciju i tretman predmetnih zgrada i stambenih područja u celini, i oslikavaju njihovo aktuelno stanje. U tekstu koji sledi prodiskutovane su ove razvojne i strukturalne karakteristike, kao i aktuelna regulativa u postupku unapređenja EEZ.

5.1 RAZVOJNE KARAKTERISTIKE VIŠEPORODIČNIH ZGRADA IZ PERIODA USMERENE STAMBENE IZGRADNJE

Usmerena stambena izgradnja je bila dominantan tip stanogradnje u bivšoj Socijalističkoj Federativnoj Republici Jugoslaviji, u periodu od 1960. do 1990. godine. Pojavila se i razvijala kao direktan prostorni, urbanističko–arhitektonski i funkcionalno–organizacioni izraz tadašnje stambene politike koja se zasnivala na istočnoevropskom stambenom modelu (Hegedeus i Tosics, 1996) i oblikovana je: 1) socijalističkim principima; 2) dominacijom države i 3) centralizovanim planiranjem. Ipak, specifične karakteristike jugoslovenskog samoupravnog sistema kao što su, pre svega, veća važnost tržišnih odnosa u ekonomiji, liberalnijim režimom dohotka i drugačiji obrasci potrošnje (Petrovic, 2001), dovele su i do razlika u poređenju sa „čistim“ ili tipičnim istočnoevropskim modelom stanovanja koji je karakterističan za zemlje nekadašnjeg Istočnog bloka. Prva važna razlika je drugačija uloga države u oblasti stanovanja, jer je još početkom 1950–ih došlo do rane decentralizacije i prenosa državne odgovornosti u stanogradnji na druge aktere, pre svega na društvena preduzeća. To je uticalo i na pojavu druge važne razlike, a to je da su upravo društvena preduzeća imala presudnu ulogu u izgradnji stanova i bila su nosioci stanogradnje. Društvena preduzeća su gradila stanove za svoje zaposlene, ali i za zaposlene u društvenom sektoru. Važan odklon u odnosu na istočnoevropski stambeni model jeste i usmerenje struke, arhitekata i građevinskih inženjera, ka primeni zapadnoevropske regulative u oblasti toplotne zaštite, pre svega DIN standarda. Ovaj odklon je zapravo predstavljao temelj standardizacije u oblasti toplotne zaštite na ovim prostorima.

Brojna višeporodična stambena područja USI su tako postala tipična prostorna i fizička manifestacija stambenog modela. Individualna izgradnja i stanovi solidarnosti su takođe bili prisutni kao prateći tipovi stambene izgradnje, ali su bili strogo kontrolisani zemljišnom politikom, restriktivnim urbanističkim planiranjem, bankarskim zajmovima, itd.

Liberalna priroda jugoslovenskog socijalizma i stambenog sistema rezultirala je višim životnim standardom u poređenju sa drugim socijalističkim zemljama, pa i kvalitetnijim urbanističko–arhitektonskim rešenjima stambenih područja, posebno onih sa USI (Hirt, 2012). Ipak, i pored razlika koje su uslovljene razvojnim specifičnostima Srbije, mogu se uočiti i zajedničke karakteristike stambenih područja USI u Srbiji i stambenih područja koja su u istom periodu građena u ostalim socijalističkim zemljama. Razlog tome je što su stambena područja i u urbanističkom i u arhitektonskom smislu predstavnici internacionalnog stila, odnosno, nastala su pod uticajem *CIAM*-a i rigidnog socijalističkog urbanističkog planiranja (slika 5.1).



Slika 5.1 Prostorne i urbanističko–arhitektonske karakteristike stambenih područja iz perioda socijalizma u gradovima bivših socijalističkih zemalja. Slične karakteristike su rezultat primene principa *CIAM*-a – internacionalnog stila i rigidnog urbanističkog planiranja.

Izvor: <http://scholmanmarnix.wix.com/psmh#!research-poznan/c1f5c>

U tom smislu, uz razumljiva odstupanja, kao prepoznatljive generalne i početne funkcionalne i urbo–morfološke karakteristike stambenih područja USI mogu se prepoznati sledeće (slika 5.2): 1) monofunkcionalnost; 2) uniforman urbanistički i arhitektonski izraz, zasnovan na ponavljanju urbanističko–arhitektonskih sklopova sa istim ili sličnim

karakteristikama; 3) primena mega bloka/mikro-reona kao dominantnog prostorno-funkcionalnog elementa; 4) velikodušno dimenzionisani zeleni prostori i javni otvoreni prostori, mada u početku siromašno opremljeni (Vasilevska i sar., 2015).



Slika 5.2 Primeri USI iz perioda socijalizma u gradovima Srbije: **a)** Novi Beograd, Beograd; **b)** Bulevar Nemanjića, Niš; **c)** Aerodrom, Kragujevac.

Izvor: a) https://sh.wikipedia.org/wiki/Novi_Beograd#/media/Datoteka:Be%C5%BEanijski_Blokovi_EDIT.jpg
 b) https://www.juznevesti.com/uploads/assets/2013/02/07/21517/800x600_Bulevar-panorama-Dejan-Jocic.jpg
 c) <https://mapio.net/images-p/6090910.jpg>

Iako je stambeni sistem bio u funkciji smanjenja socijalnih nejednakosti, zbog ekonomske neefikasnosti nije opstao kao socijalna politika. Naime, socijalna i prostorna raspodela stanova u društvenom vlasništvu dovela je do nove vrste socijalne nejednakosti. Prema popisu stanovništva iz 1991. godine, prosečan udeo stanova u društvenom vlasništvu je na državnom nivou iznosio 22%, dok je u političkim i administrativnim centrima taj udeo iznosio skoro duplo više, oko 40%. U populaciono manjim gradovima i u ruralnim područjima se individualno stanovanje nametnulo kao dominantan tip stanovanja. Neefikasnost stambenog sistema i restriktivno urbano planiranje uslovalo je neuravnotežene procese industrijalizacije, urbanizacije i deagrarizacije, kao i stalne stambene nestašice, što je dalje uticalo na razvoj novih „izlaznih“ stambenih strategija i napuštanja zvaničnog stambenog sistema u korist kvazi-tržišta (Hegedeus i Tosics, 1996).

Tokom 1990-ih godina je usled pada socijalizma i radikalnih političkih promena u bivšim socijalističkim zemljama Centralne i Istočne Evrope, uključujući i bivšu SFRJ, uspostavljeno novo socijalno, ekonomsko i kulturno okruženje koje je oblikovalo novu urbanu stvarnost, tzv. urbanu realnost post-socijalističkog grada (Sýkora i Bouzarovski, 2012). Uprkos razlikama, gradovi su prošli kroz slične post-socijalističke procese urbanih promena i transformacija, od kojih su najznačajnije: 1) prostorno-socijalna diferencijacija stanovanja; 2) suburbanizacija; 3) diverzifikacija upotrebe zemljišta; 4) privatizacija prostora; 5) porast komercijalnih funkcija (Sailer-Fliege, 1999; Tsenkova, 2005; Hirt, 2006; Stanilov, 2007). Iako nisu isključivo post-socijalistički fenomen, mnogi naučnici smatraju da su brzina i intenzitet tih promena bili i ostali ključni za oblikovanje prepoznatljivog urbanog pejzaža post-socijalističkog grada (Szelenyi, 1996). Transformacija velikih višespratnih stambenih naselja iz socijalističkog perioda, koja predstavljaju jedno od najupečatljivijih nasleđa socijalizma, a čija se budućnost smatra jednim od ključnih izazova urbanog razvoja post-socijalističkog grada (Szelenyi, 1996; Sailer-Fliege, 1999; Tosics, 2004; Vasilevska i sar., 2016), su takođe jedna od zajedničkih karakteristika i urbanih promena post-socijalističkih gradova. Nakon pada socijalizma u Srbiji je devedesetih godina došlo do političkih i ekonomskih sistemskih promena zasnovanih na promovisanju demokratije i decentralizacije, kao i na jačanju tržišnih snaga (Tsenkova, 2005), povećanju uloge privatnog sektora, širokoj privatizaciji društvenih preduzeća i liberalizaciji cena (Hegedus i sar., 1996; Tsenkova, 2000). Četrdesetogodišnji model stambene politike je napušten, i Srbija je napravila zaokret ka tržišno orijentisanom restrukturiranju, što je podrazumevalo: 1) veći udeo privatnog vlasništva nad stambenim fondom; 2) manje istaknutu ulogu države u kontroli i subvencionisanju u stambenom sektoru; i 3) odsustvo ograničenja u tržišnoj razmeni (Clapham i sar., 1996; Temelova i sar., 2011).

Prvu fazu tranzicije obeležila je brza privatizacija društvenog stambenog fonda, koja je ostala najmoćnija sistemska mera post-socijalističke stambene politike u Srbiji sa dalekosežnim posledicama. Privatizacija je realizovana po modelu "niskih cena", što je prouzrokovalo masovnu prodaju stanova u društvenom vlasništvu stanarima/korisnicima koji su u tim stanovima i živeli. Do 1995. godine privatizovano je 98% postojećeg stambenog fonda USI. Prvobitna namera države je bila da privatizacijom generiše sredstva za nove investicione cikluse. Ipak, zbog političke i ekonomske nestabilnosti devedesetih godina, odnosno duboke političke i ekonomske krize, to se nikada nije dogodilo i privatizacija se završila bez ikakvih razvojnih efekata. Na čitav proces tranzicije negativno je uticao i raspad zemlje i građanski rat, što je dovelo do usporavanja ili čak sprečavanja reformi, kao i restrukturiranja fiskalne, finansijske politike i politike u oblasti nekretnina (Vranić i sar., 2015). Vlada je bila prinuđena da radikalno reformiše stambeni budžet,

a država se brzo povukla iz stambenog sektora još od početka devedesetih. Nestašica stanova povećana je padom intenziteta i dinamike stanogradnje, preizgrađenošću postojećeg stambenog fonda i demografskim pritiskom od blizu milion izbeglica. Učešće stambenog fonda nastalog kao rezultat „izlaznih“ stambenih strategija, koje su podrazumevale i legalnu i nelegalnu individualnu izgradnju, nastavilo je da raste (ECE, 2006).

Zbog veće zavisnosti od međuvladinih transfera i sopstvenih niskih budžetskih sredstava, nadležnosti većine jedinica lokalne samouprave u pogledu urbane i stambene politike su ostale relativno slabe (Sailer–Fliege, 1999). Takav institucionalni i regulatorni okvir doveo je do toga da su se problemi samo sanirali i ublažavali, dok je jasan strateški pristup praćen planskim intervencijama izostao. Odluke, mere i aktivnosti su dodatno bile fragmentirane prenošenjem nadležnosti na veći broj učesnika – administracije, političara i drugih interesnih grupa (Vujović i Petrović, 2007). Uloga privatnih preduzetnika se povećala, dok su se vlasnička prava vlasnika stanova u područjima USI proširila. Socijalistička percepcija ponude i potražnje za stanovima transformisana je novim tržišnim uslovima koji se tiču stambenog fonda i zemljišta, dok je kontrola cena nad stanovanjem, izgradnjom i zemljištem ukinuta, što je rezultiralo eskalacijom troškova u oblasti stanogradnje (Hegedus i Tosics, 1996; Franklin, 2006).

Odsustvo jasno definisane strategije i politike urbane obnove, kao i nespremnost ili ekonomska nesposobnost vlasnika stanova su uticali da područja USI – važno socijalističko nasleđe koje je u međuvremenu privatizovano, budu izložena konstantom propadanju. U uslovima nedovoljno artikulisanog institucionalnog, zakonodavnog i planskog okvira, stambena naselja USI su postala pogodna „infrastruktura“ za tržišno orijentisane stambene aktivnosti. Početna namera sanacije ravnih krovova, jednog od najkritičnijih aspekata ovog tipa stambene izgradnje, koja je pravno uokvirena *Zakonom o nadogradnji i pretvaranju zajedničkih površina u stanove* iz 1994. godine i srodnim opštinskim aktima, ubrzo je pretvorena u masovnu nadgradnju, sa novim stanovima namenjenim tržištu. Akteri koji su bili uključeni u proces ovakvog načina transformacije stambenih područja sa usmerenom izgradnjom su imali različite motive: 1) za lokalnu samoupravu je to bio način povećanja gradskog budžeta i rešavanja nestašice stanova „sa distance“, stvarajući samo pravni osnov za sprovođenje aktivnosti, bez jasno definisane stambene i urbane politike; 2) za vlasnike stanova je to bio ekonomski interes, jer su mogli da izbegnu troškove rekonstrukcije i održavanja koje često nisu mogli da priušte, iako ih je *Zakon o svojini i drugim imovinskim pravima* iz 1990. godine odredio kao odgovorne za održavanje zgrada i 3) za privatne investitore je to takođe bio ekonomski interes ali vođen profitom – nadgradnja je nudila veću dobit zbog profitabilnosti lokacija i nižih početnih

investicija u poređenju sa novogradnjom. Za razliku od nekih bivših socijalističkih zemalja Evrope, poput Severne Makedonije, Gruzije ili Rumunije, gde su dogradnje izvedene sa ciljem da se povećaju postojeće veličine stanova, odnosno komfor postojećih vlasnika i unapredi EE (Bouzarovski i sar., 2011), nadgradnja stambenog fonda USI je u Srbiji bila isključivo tržišno orijentisana.

Na osnovu prethodnih istraživanja moguće je identifikovati ključne tipove urbanih transformacija stambenih područja USI u gradovima Srbije u periodu post–socijalizma. Pored masovne privatizacije postojećeg stambenog fonda, post–socijalističko okruženje uticalo je na pojavu sledećih tipova transformacija područja USI (slika 5.3): 1) izgradnja novih stambenih sadržaja (Vasilevska i sar., 2014) (slika 5.3a); 2) izgradnja novih komercijalnih sadržaja (slika 5.3b); 3) nadgradnja postojećih zgrada sa jednim ili više nivoa, sa stanovima namenjenim isključivo tržištu (Vranić i sar., 2016) (slika 5.3c); 4) kvantitativno i kvalitativno smanjenje javnih otvorenih prostora (Vasilevska i sar., 2014, Bogdanović Protić i sar., 2020) (slika 5.3d); 5) nastajanje i razvoj maloprodajnih kapaciteta kroz transformaciju i adaptaciju prostora u prizemljima postojećih zgrada, tzv. „garažni kapitalizam“ (Vasilevska i sar., 2015) (slika 5.3e); i 6) proširenja ili nadgradnje manjeg obima zasnovana na pojedinačnim akcijama, u smislu izgradnje novih i zatvaranja postojećih lođa/terasa, transformacije zajedničkih prostorija u stanove, proširenja postojećih stanova na poslednjim spratovima, individualne nadgradnje ravnog krova itd (slika 5.3f).

Dosadašnja istraživanja ukazuju da se prisustvo i raznolikost tipova transformacija stambenih područja USI smanjuje zajedno sa opadanjem veličinske kategorije grada. Pored toga, tempo i intenzitet prisustva različitih tipova je takođe promenljiv. Uprkos istim početnim institucionalnim i prostornim uslovima na samom početku tranzicionog perioda, istraživanja ukazuju da u glavnom gradu i većim gradovima kao što je Niš postoji međuodnos između veličine grada i intenziteta i dominacije specifičnih tipova transformacije. Sa druge strane, zajedničko svim gradovima jeste kvantitativno i kvalitativno smanjenje javnih otvorenih prostora (Vasilevska i sar., 2020), kao i nepostojanje obavezujućih zakonskih okvira da se prilikom bilo kog tipa transformacije zgrade izvrši i unapređenje EE (Jovanović Popović i sar., 2013b). Fenomen zastakljenja privatnih otvorenih prostora (lođa i terasa) u višeporodičnim zgradama, pored nadgradnje zgrada, je jedan od prisutnijih oblika transformacije zgrada USI u post–socijalizmu u Srbiji. Ovaj fenomen se dešavao parcijalno, stihijski i bez estetskih vrednosti po principu „uradi sam“ bez ikakve zakonske regulative, i jedan je od manje sagledanih fenomena sa aspekta EEZ što predstavlja još jedan razlog za ovo istraživanje.



Slika 5.3 Tipovi post-socijalističkih transformacija područja USI u Nišu: **a)** Izgradnja novih stambenih sadržaja; **b)** Izgradnja novih komercijalnih sadržaja; **c)** Nadgradnja postojećih zgrada; **d)** Smanjenje javnih otvorenih prostora; **e)** „Garažni kapitalizam“; **f)** Proširenja ili nadgradnje manjeg obima zasnovana na pojedinačnim akcijama.

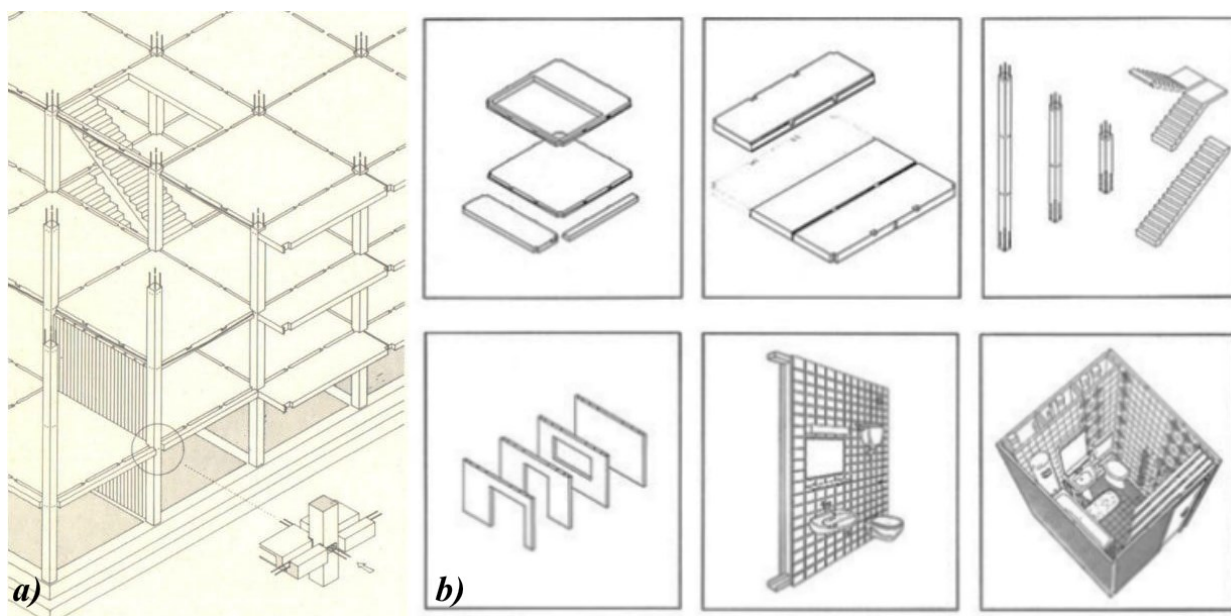
Izvor: a, c, d, e, f) Autor; b) https://www.credo.co.rs/Elementi/images/refmerk_nis02/refmerk_nis3.jpg

5.2 STRUKTURALNE KARAKTERISTIKE VIŠEPORODIČNIH ZGRADA IZ PERIODA USMERENE STAMBENE IZGRADNJE

Kao posledica industrijskog i tehnološkog napretka koji je uticao na razvoj prefabrikacije elemenata (konstruktivnih i fasadnih), sličnosti višeporodičnih zgrada se neminovno javljaju u njihovoj materijalizaciji ali retko u arhitektonskom izrazu. Na višeporodičnim zgradama USI se vidi odklon i razlika u arhitektonskom izrazu u poređenju sa drugim socijalističkim zemljama. Arhitektonski izraz i volumetrija zgrada nisu bile ni nalik multipliciranim, masovno proizvedenim blokovima sovjetskih mikro reonskih predgrađa sa višeporodičnim zgradama („*krushovke*“), već potpuno drugačiji. Primena prefabrikacije na višeporodičnim zgradama USI je arhitektama ostavljala prostor za formiranje stanova različitih struktura, fleksibilnim rešenjima i novim prostornim kvalitetima, kao i mogućnost ispitivanja i razvijanja oblikovnih i likovnih potencijala fasadnih elemenata (Jovanović Petrović i sar., 2013b).

Prefabrikacija je omogućila brzu i masovnu izgradnju zgrada namenjenih višeporodičnom stanovanju primenom potpuno prefabrikovanih ili poluprefabrikovanih, panelnih ili skeletnih konstruktivnih sistema. Najzastupljeniji prefabrikovani sistem u izgradnji višeporodičnih zgrada, koji se dugi niz godina zadržao u USI je skeletni armirano betonski prednapregnuti konstruktivni sistem „IMS“ inženjera Branka Žeželja (slika 5.4) (Mecanov, 2016; Rajčić i sar., 2018; Jovanović, 2021). Koncipiran i standardizovan u Institutu za ispitivanje materijala, nastao je 1957. godine kroz proces naučnih istraživanja i inovacija domaćih inženjera, Žeželjevih saradnika, u okviru nekoliko odeljenja Instituta (Rajčić i sar., 2018;). Ovaj vid saradnje u razvoju

IMS sistema je zapravo zaslužan da sistem bude smatran najuspešnijim i najpopularnijim među jugoslovenskim arhitektama i to pre svega zbog fleksibilnosti u projektovanju i oblikovanju koje je pružao (slika 5.5) (Jovanović, 2021). IMS sistem se sastojao od jednospratnih do trospratnih stubova, kasetiranih kvadratnih tavanica u rasponu od 3,00 do 7,20 metara, konzolnih elemenata, sa armirano betonskim zidovima za ukrućenje obično izvođenih na licu mesta (slika 5.4a). Za stambenu izgradnju često korišćeni rasponi 3,60; 4,20 i 5,40 metara, su određivani uz poštovanje osnovnog modula od 60 centimetara koji se smatrao antropomorfološkom merom gabarita prosečnog čoveka (Mecanov, 2016). Od samog početka primene, sistem je promovisan kao brzo i racionalno rešenje za izgradnju stambenih zgrada. Inicijalno je bio zamišljen kao sistem zatvorene prefabrikacije, koji je vremenom, usled povećanja tržišta i težnje ka raznovrsnijim arhitektonsko-projektantskim rešenjima, postao otvoren sistem koji je podrazumevo da se konstruktivni elementi (stubovi, ploče i konzole) mogu naručiti i montirati potpuno nezavisno od fasadnog omotača uz ostavljenu mogućnost njihovog naručivanja, kao i naručivanja stepeništa, kupatila i šaftova za liftove koje su inventori sistema nazivali „galanterija“ (slika 5.4b) (Jovanović, 2021). Otvoreni sistem je pružio fleksibilnost koja je omogućila veću slobodu u projektovanju, građenju i korišćenju prostora (Đukanović, 2015).



Slika 5.4 Skeletni armirano betonski prednapregnuti konstruktivni sistem „IMS“: a) Izgled sistema i b) Elementi sistema

Izvor: a) <https://www.researchgate.net/profile/Jelica-Jovanovic/publication/353025302/figure/fig2/AS:1156457215074304@1652732294759/Model-of-the-Lixeira-Luanda-experimental-housing-developed-as-part-of-the-technical.jpg>

b) <https://www.institutims.rs/publikacije/O%20SISTEMU%20IMS.pdf>



„Znate li koliko sam ja ovde afirmisao taj Žeželjev sistem u koji smo stvarno zaljubljeni?... Dosta smo radili i prosto kada čovek uzme to i posmatra sa tog aspekta zaključuje da vam, pre svega, taj Žeželjev sistem pravi matricu u koju se vi udevate. Kao da imate ukrštene reči. Imate onako sve nacrtano.“ – Prof. arh. Darko Marušić

Izvor: U duhu kontekstualizma - Intervju sa beogradskim arhitektama Darkom Marušićem i Milenijom Marušić

Dostupno na:

https://web.archive.org/web/20170420013752/http://www.designed.rs/blog/goran_andelkovic/u_duhu_kontekstualizma [Pristupljeno 11.8.2021.]



Slika 5.5 Primeri višeporodičnih stambenih zgrada građenih u IMS sistemu

Izvor: <https://p-portal.net/wp-content/uploads/2021/07/NBG-blokovi3-1-427x320.jpg> i https://www.politika.rs/thumbs/upload/Article/Image/2022_01/677z381_cerak-la.jpg

Kod višeporodičnih stambenih zgrada, za razliku od zgrada namenjenih individualnom stanovanju, postoji značajna uniformalnost pojava oblika elemenata i materijalnih karakteristika (Ignjatović, 2019). U periodu masovne USI fasadni elementi (spoljni zidovi) su izvođeni u potpunosti ili delimično kao prefabrikovani, ali i kao elementi rađeni na licu mesta što je umanjivalo efikasnost prefabrikovane gradnje. Usled nepoznavanja građevinske fizike, na početku perioda fasadni elementi su vrlo često bili projektovani bez primene termoizolacionog materijala (Šumarac i sar., 2010) ili su bili izolovani parcijalno, najčešće iskustveno ili preuzimanjem modelskih tehničkih rešenja (Jovanović Popović i sar., 2013b). Do promena je došlo sa uvođenjem zakonske regulative iz oblasti građevinske fizike kada se u spoljnim zidovima pojavljuje i sloj termoizolacije. Na samom početku perioda USI, do 1967. godine, spoljni zidovi su još uvek pretežno homogenog sastava izvođeni od punih ili šupljih opekarskih elemenata (opeka i blok), ili od durisol blokova punjenih betonom, a sa pooštavanjem propisa o toplotnoj zaštiti dolazi do masovnije primene spoljnih zidova heterogene strukture (Dimić, 2003). Karakteristično je i to da su zidovi na delu lođa i terasa neretko izvođeni sa različitom strukturom u odnosu na dominantne spoljne zidove. Završna, spoljna obrada fasadnih elemenata najpre je izvođena uglavnom od produžnog maltera, a sa napredovanjem prefabrikacije i zahteva za brzom izgradnjom pojavljuje se beton, dok opeka postaje dominantna završna obrada u poslednjoj dekadi perioda USI (slika 5.5).

Današnje stanje višeporodičnih zgrada iz ovog perioda ne oslikava njihovo izvorno oblikovanje s obzirom da se na većini zgrada uočava nadgradnja kao jedan od zastupljenijih vidova transformacije u post-socijalističkom periodu (slika 5.3c). Izvorno, većina višeporodičnih zgrada građenih u periodu od 1960. do 1980. godine je sa ravnim krovom, dok je kod zgrada manjeg gabarita u periodu od 1961. do 1970. godine često izvođen plitak kos krov bez stambenog prostora u potkrovlju (Jovanović Popović i sar., 2013b). Primena ravnog krova je pod uticajem Moderne dobila na značaju i sa ekspanzijom prefabrikovane gradnje postaje uobičajan element arhitekture višeporodičnih zgrada (slika 5.5). Kao i kod spoljnih zidova, primena termoizolacionih materijala u strukturi ravnog krova se povezuje sa uvođenjem regulative o toplotnoj zaštiti zgrada. Ipak, male debljine termoizolacionog sloja (2-5 cm), koji se izvodio od različitih materijala kao što su: stiropor, heraklit, perlit malter ili staklena vuna, ukazuju na nepoznavanje važnosti uticaja ravnog krova u ukupnom termičkom bilansu (Đukanović, 2015; Rajčić, 2018). U poslednjoj dekadi perioda USI dolazi do odklona u arhitektonskom oblikovanju višeporodičnih stambenih zgrada kada primena kosih krovova sa stambenim jedinicama u potkrovlju postaje dominantni tip krova (slika 5.5). Konstrukcija kosog krova se izvodi kao armirano betonska kosa ploča, drvena konstrukcija ili kao novi IMS sistem za kose krove, a u samoj strukturi kosog krova se primenjuje termoizolacioni sloj u debljini 5-10 cm izveden od stiropora, porofena, staklene ili kamene vune, ili u njihovoj kombinaciji, sa provetrenim slojem vazduha (Đukanović, 2015).

Kada je reč o transparentnim elementima, prozorima i balkonskim vratima, izgradnja višeporodičnih stambenih zgrada u skeletnom ili poprečnom panlenom sistemu je omogućila formiranje fasada sa dosta otvora, velikih površina - od zida do zida ili u vidu traka (Stanković, 2003). Do promena je došlo sa usvajanjem regulative 1987. godine kojom je ograničena veličina prozora na 1/7 površine poda prostorije. Generalno, dominantnu geometriju prozorskih otvora u periodu USI karakteriše dosta pojedinačnih otvora sa prozorima koji su po pravilu na stambenim prostorijama drveni, dok je na lokalima i zajedničkim prostorijama ugrađivana takozvana „crna bravarija“ (Jovanović Popović i sar., 2013b). Najčešća je primena drvenog dvostrukog prozora sa spojenim krilima i sa kutijom za platneni zastor. Cilj intenzivne gradnje je doprineo da se na samom početku perioda standardizuje građevinska stolarija, kojom su definisani tipovi prozora po konstrukciji, materijalu, načinu zastakljenja, tipu zastora i načinu ugradnje (Stanković, 2013). Iako je proizvodnja jednostrukih prozora sa termoizolacionim zastakljenjem započeta još sedamdesetih godina, njihova primena je počela krajem perioda USI kada postepeno potiskuju iz upotrebe dvostruke prozore (Đukanović, 2015) i kada počinje primena prozorskih okvira od PVC i aluminijumskih profila (Jovanović Popović i sar., 2013b).

Većina zgrada višeporodičnog stanovanja iz perioda USI je projektovano i izgrađeno u skladu sa propisanim zakonskim i regulatornim okvirima, i strukturalnim karakteristikama za odgovarajući period izgradnje, što garantuje određeni nivo kvaliteta, ali i širu primenu i valorizaciju modela njihovog unapređenja sa aspekta EEZ (Ignjatović, 2019). U tabeli 5.1 prikazan je pregled najzastupljenijih strukturalnih i osnovnih prostorno oblikovnih karaktersitika zgrada tipa „lamela“, kao dominantnog tipa zgrada za višeporodično stanovanje u periodu USI, i koje ujedno predstavljaju istraživačku platformu za primenu modela unapređenja EE u ovoj doktorskoj disertaciji.

Tabela 5.1 Najzastupljenije osnovne karakteristike višeporodičnih zgrada tipa „lamela“ iz perioda USI

	1961-1970	1971-1980	1981-1990
KARKATERISTIKA			
FASADNA OBLOGA (malter; opeka; beton) ³⁴	malter (97%)	malter (60%) opeka (50%) beton (33%)	malter (32%) opeka (72%) beton (35%)
TIP KROVA (kos ili ravan)	ravan ili nadograđen kos	ravan ili nadograđen kos	kos
NAMENA POTKROVLJA	ne koristi se	ne koristi se	stanovanje
BROJ I GEOMETRIJA PROZORSKIH OTVORA (malo otvora; dosta otvora – pojedinačni otvori; dosta otvora – prozorske trake)	dosta otvora – pojedinačni otvori	dosta otvora – pojedinačni otvori	dosta otvora – pojedinačni otvori
MATERIJALIZACIJA PROZORSKIH OKVIRA (drvo; PVC; Al)	drvo	drvo	drvo
NAČIN KORIŠĆENJA PRIZEMLJA (stanovanje ili stanovanje-poslovanje)	stanovanje	stanovanje	najčešće stanovanje
SPRATNOST (1-3; 4; 5; 6-7; 8-10; >10 etaža)	6 – 7 etaža	6 – 7 etaža	6 – 7 etaža
PROSEČNA SPRATNOST	P+4	P+5 do P+7	P+5 (P+4+Pk) ili P+6 (P+5+Pk)
POVRŠINA ZGRADE U OSNOVI (<150; 150 – 300; >300 m ²)	150 – 300 m ²	150 – 300 m ²	150 – 300 m ²
RAZUĐENOST OSNOVE (kompaktna ili razuđena)	kompaktna	kompaktna, razuđena	razuđena

Napomena: Tabela je formirana na osnovu reference Jovanović Popović i sar., 2013b. Procentualna zastupljenost za fasadnu oblogu veća od 100% predstavlja primenu više različitih materijala na fasadi.

³⁴ Procentualna zastupljenost veća od 100% predstavlja primenu više različitih materijala na fasadi

5.3 PREGLED AKTUELNE REGULATIVE U POSTUPKU UNAPREĐENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA

Energetska efikasnost zgrada regulisana je važećim *Zakonom o planiranju i izgradnji* („Sl. glasnik RS“, br.9/2020). Bliži zahtevi u kontekstu EE i unapređenja EE postojećih zgrada određeni su sledećim obavezujućim podzakonskim aktima koji su u primeni od 30. septembra 2012. godine:

- *Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada (PEEZ)* („Sl. glasnik RS“, br.61/2011)
- *Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada* („Sl. glasnik RS“, br.69/2012 i 44/2018).

Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada (PEEZ)

Predstavlja prvi pravni akt iz ove oblasti u Srbiji, u kome je kao energetska efikasna zgrada definisana zgrada koja „troši minimalnu količinu energije uz obezbeđenje toplotnih uslova komfora“. Primenjuje se kod novih zgrada, postojećih zgrada na kojima se izvodi rekonstrukcija, dogradnja, obnova, adaptacija, sanacija i energetska sanacija, kao i na drugim pravilnikom definisanim zgradama. Pravilnik sublimira i bliže propisuje: „energetska svojstva zgrade³⁵ i način izračunavanja toplotnih svojstava objekata visokogradnje, kao i energetske zahteve za nove i postojeće objekte“, i usaglašen je sa evropskim konceptom metodologije proračuna i standardom, važećim i kod nas, EN ISO 13790. Metodologija proračun energetskih svojstava zgrade je formulisana i implementirana u okviru Priloga 6 PEEZ. Zbog složenosti proračuna ukupne potrebne energije koja podrazumeva energiju za grejanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu sanitarne tople vode i osvetljenje, a u isto vreme (još uvek) nepostojanja nacionalnog programskog paketa, energetska razred kao pokazatelj energetskih svojstava zgrade, se određuju na osnovu proračuna potrebne energije za grejanje koji je zasnovan na proračunu gubitaka toplote (transmisioni i ventilacioni) i dobitaka toplote (solarni i unutrašnji). Prema Pravilniku zgrada se smatra energetska efikasna kada su obezbeđeni minimalni uslovi komfora (vazdušni, toplotni, svetlosni i zvučni), i kada potrošnja finalne energije ne prelazi propisane dozvoljene maksimalne vrednosti po m² za nove odnosno postojeće zgrade, a u zavisnosti od vrste zgrade. Pravilnikom je za sada propisana dozvoljena maksimalna godišnja potrošnja energije za grejanje, i za postojeće zgrade višeporodičnog stanovanja, godišnja potrošnja energije za grejanje ne treba da prelazi maksimalnu propisanu vrednost koja iznosi 70 kWh/m².

³⁵ *Energetska svojstva zgrade* - podrazumevaju proračunatu ili izmerenu količinu energije koja je potrebna kako bi bile zadovoljene energetske potrebe koje odgovaraju uobičajenom načinu korišćenja zgrade pre svega energiju za grejanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu STV i osvetljenje.

Za samu oblast unapređenja EEZ, značajan je i prilog „Toplotna zaštita i difuzija vodene pare“. U prilogu su definisani osnovni principi fizike zgrada koji se odnose na toplotnu zaštitu, toplotnu akumulativnost i difuziju vodene pare, i zahteva se ispunjenost uslova elemenata termičkog omotača po osnovu: koeficijenta prolaza toplote – U, difuzije vodene pare, površinske kondenzacije vodene pare i toplotno–zaštitnih svojstava spoljašnjih elemenata u letnjem periodu. Novinu predstavljaju dosta strožije propisane dozvoljene vrednosti koeficijenta U, koje se po prvi put u našoj regulativi propisuju posebno za postojeće zgrade.

Da bismo pravilno odabrali, projektovali i izbalansirali arhitektonske pasivne mere za unapređenje elemenata termičkog omotača postojećih zgrada, uz istovremeno ispunjenje uslova danas važeće regulative EE, neophodno je sagledati dozvoljene propisane vrednosti koeficijenta prolaza toplote kroz istorijat regulative iz oblasti fizike zgrada, odnosno toplotne zaštite zgrada. Istorijski gledano, aktuelnost regulative iz oblasti toplotne zaštite zgrada kod nas dogodila se sa zakašnjenjem u odnosu na veći deo evropskih zemalja (Radivojević, 2003). Pre pojave privih normativa, a sa početkom upotrebe armiranog betona kao fasadne obloge koji se po pravilu upotrebljavao u kombinaciji sa termoizolacionim materijalima, naročito na višeporodičnim stambenim zgradama, inženjeri i projektanti su iskustveno primenjivali nemački standard DIN 4108 iz 1952. godine kako bi povećali toplotno zaštitna svojstva ovih fasadnih elemenata (Đukanović, 2015). Stoga ne čudi što su upravo nemački DIN standardi predstavljali osnov za razvoj jugoslovenske regulative. Prvi korak je bio učinjen 1967. godine definisanjem mera toplotne zaštite u okviru *Pravilnika o minimalnim tehničkim uslovima za izgradnju stanova*, a prvi normativni akt bio je *Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za toplotnu zaštitu zgrada* iz 1970. Najkompletniji regulatorni akt koji je u svojoj primeni bio obavezan³⁶ jeste *Pravilnik o jugoslovenskim standardima za toplotnu tehniku u građevinarstvu* iz 1980. godine koji je definisao grupu obaveznih standarda. Jedan od obaveznih standarda je i JUS U.J5.600 – *Toplotna tehnika u građevinarstvu – Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada*, kojim su između ostalog propisane dozvoljene vrednosti koeficijenta prolaza toplote. Pravilnik, odnosno standardi iz 1980. su revidirani 1987. godine kada je došlo do značajnih izmena u metodologiji proračuna termičkih karakteristika zgrada u okviru standarda JUS U.J5.600. sa neprimetnim izmenama u definisanju maksimalno dozvoljenog koeficijenta prolaza toplote. U periodu od 1990. do 1998. godine još nekoliko puta su inovirani određeni standardi. Istorija regulative iz oblasti fizike zgrada, odnosno toplotne zaštite zgrada, sagledana prema promenama u propisanim maksimalnim vrednostima koeficijenta prolaza toplote data je u tabeli 5.2.

³⁶ Definisanjem obaveznih standarda u okviru *Pravilnika o jugoslovenskim standardima za toplotnu tehniku u građevinarstvu*, data je mogućnost da standardi budu redovno ažurirani i inovirani (Radivojević, 2003).

Tabela 5.2 Pregled maksimalnih koeficijenata prolaza toplote netransparentnih elemenata termičkog omotača u referentnoj termičkoj regulativi za drugu klimatsku zonu (Izvor: Đukanović, 2015, str.130)

Element sklopa zgrade	DIN 4108 1952.	Pravilnik 1967.	Pravilnik 1970.			JUS U.J5.600 1980.			JUS U.J5.600 1987.	JUS U.J5.600 1998.	Pravilnik oEE zgrada 2011.	
	koef. prolaza toplote k [W/m ² K]	koef. prolaza toplote k [W/m ² K]	vrsta grejanja	koef. prolaza toplote k [W/m ² K]	primena	vrsta grejanja	koef. prolaza toplote k [W/m ² K]	primena	koef. prolaza toplote k [W/m ² K]	koef. prolaza toplote k [W/m ² K]	postojeća zgrada U [W/m ² K]	nova zgrada U [W/m ² K]
Spoljni zid	1,56	1,14		1,07	s		0,93	s	0,90	0,90	0,40	0,30
Pregradni zidovi između stanova			lg	1,37	s	lg, rcg	1,85	s	1,85		0,90	0,90
						kcg	2,82					
Pregradni zidovi prema negrejanom stepeništu			lg	1,37	s	lg, rcg	1,85	s	0,90	0,80	0,55	0,40
						kcg	2,82					
Pregradni zidovi prema grejanom stepeništu			cg >10°C	2,14	s	lg, rcg	1,85	s	1,85	1,85	0,90	0,90
						kcg	2,82					
Spoljni zidovi u tlu									0,90	0,90	0,50	0,35
Zid na dilataciji (između zgrada) *										1,00	0,50	0,35
Međuspratna konstrukcija između stanova			lg	1,03	s	lg, rcg	1,38	s	1,35		0,90	0,90
			cg	1,72		kcg	2,22					
Pod na tlu				0,69	s		0,76		0,75	0,90	0,40	0,30
Međuspratna konstrukcija prema tavanu (ispod negrejanog prostora)	0,80			0,86	sv		0,69	sv	0,80	0,80	0,40	0,30
				1,12	tm		0,94	tm				
Međuspratna konstrukcija iznad podruma (iznad negrejanog prostora)	1,01			0,77	sv		0,63	sv	0,60	0,60	0,40	0,30
				1,03	tm		0,87	tm				
Međuspratna konstrukcija iznad otvorenih prolaza				0,43	sv		0,46	sv	0,45	0,45	0,30	0,20
				0,56	tm		0,59	tm				
Međuspratna konstrukcija u tlu										0,95	0,50	0,40
Ravan krov iznad grejanog prostora		0,96		0,69	sv		0,65	sv	0,65	0,45	0,20	0,15
				1,12	tm		0,83	tm				
Ravan krov iznad negrejanog prostora										0,60	0,40	0,30
Kos krov iznad grejanog prostora	1,46			0,69	sv		0,65	sv	0,45	0,20	0,15	
				1,12	tm		0,83	tm				
Kos krov iznad negrejanog prostora										0,60	0,40	0,30

lg – lokalno grejanje; rcg – regulisano centralno grejanje; kcg – kontinuirano centralno grejanje; s – svako mesto; sv – srednja vrednost; tm – toplotni most.

* U originalnoj tabeli iz izvora Đukanović, 2015., vrednosti dozvoljenog koeficijenta prolaza toplote za zid na dilataciji prema PEEZ iz 2012. godine nisu unete.

Iako je u kontekstu poboljšanja toplotnih karakteristika elemenata termičkog omotača zgrada značajno bilo prikazati razvoj regulative sa aspekta koeficijenta prolaza toplote U , važno je napomenuti da se sa standardom JUS U.J5.600 iz 1987. godine prvi put definišu dozvoljeni specifični toplotni gubici zgrada sagledani kroz: specifične transmisione toplotne gubitake u zavisnosti od faktora oblika i gubitke zbog prirodne ili veštačke ventilacije zgrada. Unapređena verzija istog standarda iz 1998. godine dodatno definiše metod proračuna najvećih dozvoljenih transmisionih toplotnih gubitaka zgrade kao proizvod nejviše dozvoljenih specifičnih transmisionih toplotnih gubitaka i zapremine zgrade. Ovim standardom je prvi put definisan sadržaj projekta toplotne zaštite, u sklopu građevinsko-arhitektonskog projekat, koji je morao da sadrži: proračun faktora oblika, analizu konstrukcija, analizu linijskih gubitaka, proračun gubitaka i površinskih temperatura za karakteristične prostorije i proračun ostvarenih toplotnih gubitaka zgrade.

Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada

Ovakav tip regulative je prvi put uspostavljen u Srbiji istovremeno kada i PEEZ. Pravilnikom su propisani uslovi, sadržina i način izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrade, a sertifikat je dokument koji sadrži izračunate vrednosti potrošnje energije (za grejanje), energetski razred kao i preporuke za unapređenje energetske svojstava zgrade. Sertifikat je dokument koji se prepoznaje kao Energetski pasoš (ovaj termin će biti u upotrebi u daljem tekstu) i obavezan je za sve nove zgrade, kao i postojeće na kojima se sprovodi rekonstrukcija, adaptacija ili energetska sanacija, i može biti izdat i za delove zgrada koji čine jedinstvenu upotrebnu celinu, na primer stan. Energetski pasoš sadrži energetski razred zgrade prema energetske skali i određuje se na osnovu proračunate potrošnje energije za grejanje na godišnjem nivou, a prema metodologiji proračuna koja je data u PEEZ, i izdaje se za celu zgradu ili za deo zgrade. Pravilnikom je definisan energetski razred za nove zgrade (najmanje razred „C“ ili viši) ali i za postojeće zgrade. Stoga se unapređenje EE postojećih zgrada može tumačiti i na osnovu ovog Pravilnika koji definiše da „energetski razred postojećih zgrada nakon izvođenja radova na rekonstrukciji, dogradnji, obnovi, adaptaciji, sanaciji i energetske sanaciji, mora biti poboljšan najmanje za jedan razred“. U sledećoj tabeli 5.3 dati su energetski razredi za stambene zgrade sa više stanova prema Pravilniku.

Tabela 5.3 Energetski razredi za stambene zgrade sa više stanova

(Izvor: „Sl. glasnik RS“, br.69/2012 i 44/2018)

Zgrade sa više stanova		nove	postojeće
Energetski razred	$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]
A+	≤ 15	≤ 9	≤ 10
A	≤ 25	≤ 15	≤ 18
B	≤ 50	≤ 30	≤ 35
C	≤ 100	≤ 60	≤ 70
D	≤ 150	≤ 90	≤ 105
E	≤ 200	≤ 120	≤ 140
F	≤ 250	≤ 150	≤ 175
G	> 250	> 150	> 175

Nedostatak oba ova pravilnika je u tome da nisu obuhvaćeni obim i sadržaj dokumenata na osnovu kojih se vrši energetski pregled i izdaje Energetski pasoš postojećeg stanja, kao ni zgrade skoro nulte energije (nZEB), zgrade nulte energije i energetski pozitivne zgrade (MGSI, 2022). Direktivom EPBD je u zemljama članicama EU uveden standard za zgrade skoro nulte energije, a Srbija kao članica Energetske zajednice³⁷ (EZ) se obavezala na njenu primenu. U Strategiji se navodi da je u toku izrada novog PEEZ kojim će biti definisana metodologija proračuna potrebne energije za hlađenje, ventilaciju, pripremu sanitarne tople vode i osvetljenje, i pored navedenih graničnih vrednosti potrebne energije prema kategorijama zgrada, biće difinisan i standard za zgrade skoro nulte energije.

³⁷ Energetsku zajednicu (EZ) je osnovala EU sa ciljem uspostavljanja jedinstvenog energetskog tržišta u celoj Evropi, tako što će države koje nisu članice EU usvojiti regulativu i pravila EU iz ove oblasti. Ciljevi EZ su unapređenje korišćenja OIE i stabilnost snabdevanja energijom. EZ čine zemlje Jugoistočne Evrope, uključujući i Srbiju, i zemlje crnomorskog regiona -Ukrajina, Moldavija i Gruzija.

6 UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZASNOVANO NA PRIMENI PASIVNIH MERA I MOGUĆNOSTI NJIHOVE PRIMENE NA PRIMERU VIŠEPORODIČNE ZGRADE U NIŠU IZ PERIODA USI

Istraživanje mogućnosti i određivanje efikasnosti primene modela unapređenja EE višeporodičnih zgrada iz perioda USI sprovedeno je na odabranoj zgradi na teritoriji grada Niša, koja je, posmatrana pojedinačno i kao deo šireg urbanističko-arhitektonskog sklopa, tipičan reprezent stambene izgradnje tog perioda. Kriterijum za izbor samog grada je činjenica da je u Nišu, pored Beograda i Novog Sada, izgrađeno najviše stambenih područja i zgrada koje pripadaju periodu USI.

Grad Niš je treći grad po veličini u Srbiji. Predstavlja administrativni i društveno-ekonomski centar Regiona Južne i Istočne Srbije. Administrativna teritorija Grada Niša zauzima površinu od 597 km² na kojoj se, u pet gradskih opština, nalazi urbano naselje Niš i 69 sela. Prema Popisu iz 2011. godine, na administrativnoj teritoriji Grada Niša je živelo 260 237 stanovnika, a po preliminarnim podacima Popisa iz 2022. godine 241 200 stanovnika, što potvrđuje tendenciju opadanja broja stanovnika. Samo urbano naselje se nalazi na 43°19' Severne geografske širine i 21°54' Istočne geografske dužine, na prosečnoj nadmorskoj visini 210 metara.

Tokom perioda socijalizma, Niš je predstavljao važan industrijski centar čiji je privredni razvoj bio zasnovan na radno intenzivnoj elektro, mašinskoj, duvanskoj i tekstilnoj industriji, što ga je pozicioniralo u jednog od vodećih industrijskih centara u bivšoj SFRJ. Ova društvena industrijska preduzeća bila su glavni investitori u stambenom sektoru, kako zaposlenima, tako i društvenom sektoru kroz obavezno izdvajanje stambenog doprinosa. Razvoj industrijskog sektora pratio je konstantan porast broja stanovnika što je uslovalo povećane potrebe za stanovanjem i doprinelo intenzivnom razvoju stambenog fonda u periodu od 1961. do 1980. godine (Đekić i Vasilevska, 2021). U prvoj deceniji XXI veka, skoro 70% postojećeg višeporodičnog stambenog fonda Niša činile su upravo zgrade iz perioda USI, organizovane kroz brojna stambena područja na gradskoj periferiji (KLER, 2009). Urbanistički sklop zgrada je bio zasnovan na principima CIAM-a i internacionalnog stila, dok je arhitektura višeporodičnih stambenih zgrada težila ka racionalnom, ekonomičnom i humanom stanovanju kroz optimalnu funkcionalnost stanova i svedenu arhitektonsku formu sa naglašenom primarno-sekundarnom plastikom fasada (Petrović, 2020).

U periodu tranzicije i post-socijalističkih promena posle 1990. godine, privreda Niša doživela je pad koji je pre svega uticao na višestruko smanjenje gradskog budžeta, povećanje stope nezaposlenosti i smanjenje mesečnih primanja, pozicirajući Niš daleko ispod republičkog proseka (Vranić i sar., 2016). Ekonomska situacija doprinela je smanjenju gradskih budžetskih izdvajanja za razvoj stanovanja, te je stambeni sektor Niša doživeo regresivne promene još u prvim godinama post-socijalističkog perioda, vidljive najpre kroz izostanak značajnih javnih investicija u stambeni razvoj i potpuno odsustvo ulaganja u stanove za iznajmljivanje, socijalno stanovanje i održavanje, kao i dvostruko smanjenje izgradnje stanova i zatvaranje građevinskih preduzeća (Vasilevska i sar., 2015). Otklon ka neoliberalnom pristupu u stambenom sektoru i napuštanje 40 godina starog stambenog modela doveli su do masovne i brze privatizacije društvenih stanova od strane njihovih stalnih stanara ili zakupaca. Tokom devedesetih u Nišu je privatizovano 98,4% društvenih stanova (GU Niš, 2005). Privatizacija stanova je doprinela intenzivnoj transformaciji nasleđenog stambenog fonda, u smislu masovne nadogradnje višeporodičnih stambenih zgrada, uključujući najviše one iz perioda USI, pojave „garažnog kapitalizma“, individualnih proširenja (zastakljivanje balkona i lođa) ili nadogradnje manjeg obima zasnovane na pojedinačnim akcijama, kao i drugih tipova transformacija. Prema preliminarnim analizama, 80% zgrada iz perioda socijalizma je nadograđeno (Vranić i sar., 2016). Strukturalne karakteristike nadgradnji, koje su uglavnom podrazumevale ekstenziju u vidu jednog sprata i stambenog potkrovlja, su sa aspekta toplotne zaštite uglavnom projektovane prema tada važećim propisima o toplotnoj zaštiti zgrada, dok je postojeća fasada revitalizovana ali ne i toplotno izolovana. Pored revitalizacije fasada, dodatna korist nadogradnje po stanare postojećih delova zgrade ogledala se, između ostalog, kroz unapređenje sistema grejanja putem priključivanja na sistem daljinskog grejanja. Sa druge strane, proširenja stambenog prostora u vidu individualnih zastakljenja balkona i lođa ili njihovog potpunog zatvaranja i dodavanja grejanom stambenom prostoru vidljivo je skoro na svakoj višeporodičnoj stambenoj zgradi starije i novije izgradnje. Ovakve intervencije su se sprovodile i sprovode se bez ikakve regulative, pri tom ne poštujući arhitektonsku i likovnu oblikovnost zgrada. Shodno tome, može se zaključiti da su navedeni vidovi transformacija, posmatrani u kontekstu *Trias energetica*, onemogućili primenu prvog koraka prevencija – smanjenje energetske potrebe zgrade u cilju unapređenja EE.

6.1 GRAD NIŠ I IZAZOVI SA ASPEKTA POTROŠNJE ENERGIJE

Od sredine prošlog veka primetno je da se teritorija Srbije suočava sa klimatskim promenama koje se ogledaju kroz značajno povećanje temperature vazduha i učestalim prirodnim katastrofama gde su na prvom mestu poplave, suše i požari. Niš ima umereno kontinentalnu klimu koju karakterišu topla leta i umereno hladne zime. Srednja godišnja temperatura vazduha je 11,6 °C sa amplitudom od 22 °C, gde je januar najhladniji mesec sa srednjom mesečnom temperaturom od 0,10 °C, dok su najtopliji meseci jul odnosno avgust, sa srednjom mesečnom temperaturom od 21,7 °C i 21,6 °C respektivno (SEAP Niš, 2014). Aktuelni podaci ukazuju da srednja godišnja količina padavina iznosi 577,79 mm (najviše u oktobru 678 mm, a najmanje u februaru 355 mm), dok je srednja godišnja vlažnost vazduha 70,4% (najveća u januaru 80% i najmanja u avgustu 61,9%) (GU Niš, 2021). Prema IPCC scenarijima³⁸ A1B i A2 predviđa se nastavak uočenih klimatskih promena do kraja XXI veka, koje podrazumevaje: 1) dalje povećanje temperature³⁹; 2) smanjenje prosečne godišnje količine padavina i 3) duže i češće sušne periode. Na osnovu vrednosti projekcija klimatskih parametara, do kraja veka se na administrativnoj teritoriji Niša može očekivati porast srednje godišnje temperature u odnosu na projektovane vrednosti za 1,7 °C za period 2011-2040. godine i smanjenje prosečne godišnje količine padavina do 13% (GU Niš, 2021). Ovakve klimatske promene imaju značajan uticaj na različite sektore u Nišu i ukazuju da se ne sme zanemariti potreba za smanjenjem emisije GhG-a uz istovremeno prilagođavanje na izmenjene klimatske uslove.

Iako se na administrativnoj teritoriji Grada Niša broj stanovnika smanjuje, sam grad je i dalje izložen demografskim pritiscima stanovnika sa ruralnih područja administrativne teritorije i okolnih okruga. Prateći preliminarne rezultate Popisa iz 2022. godine, gustina naseljenosti iznosi 404 st/km². Od početka XXI veka Niš se suočava sa nedovoljnim brojem stanova, a procene Gradske stambene agencije su još 2006. godine ukazivale na nedostatak više od 5000 stanova do 2011. godine (GSA Niš, 2006). Poslednjih godina prema podacima RZS-a⁴⁰ u Nišu je povećana izgradnja stanova i u 2020. godini je izgrađeno skoro duplo više stanova nego u 2016. godini.

³⁸ IPCC scenariji su alternativne slike o tome u kom pravcu bi se budućnost i sveukupni život na planeti mogli odvijati, i odgovarajući su alat za analizu uticaja pokretačkih sila – demografski razvoj, društveno-ekonomski razvoj i tehnološke promene – na buduće ishode emisije gasova efekta staklene bašte, pre svega emisije CO₂, i za procenu povezanih neizvesnosti (IPCC, 2000).

Scenario A1B – „srednji“ scenario – opisuje budućnost gde globalna populacija dostiže vrhunac sredinom veka i opada nakon toga, veoma brzog ekonomske rasta i brzog uvođenja novih i efikasnijih tehnologija, sa balansom između upotrebe fosilnih i nefosilnih izvora energije, i karakteriše ga maksimalna koncentracija emisije CO₂ od 690 ppm (IPCC, 2000).

Scenario A2 – „visoki“ scenario – opisuje veoma heterogeni svet sa bazičnom temom samopouzdanja i očuvanja lokalnih identiteta, sa kontinuiranim povećanjem populacije, dok je ekonomski razvoj prvenstveno regionalno orijentisan, a ekonomski rast po stanovniku i tehnološke promene su fragmentiranije i sporije nego u drugim scenarijima, i generalno se smatra najgorim scenarijem koji vodi ka povećanju za četiri do pet puta emisije CO₂ tokom veka, pri čemu se koncentracije CO₂ povećavaju sa 385 na 850 ppm (IPCC, 2000).

³⁹ U Srbiji se do kraja veka po scenariju A1B očekuje porast temperature za 3,2 - 3,6 °C, a za scenario A2 od 3,6 do 4,0 °C, i može se očekivati povećanje temperature preko 4 °C u sezoni leta i jeseni (MZŽS, 2017).

⁴⁰ RZS – Republički zavod za statistiku <https://data.stat.gov.rs/Home/Result/0501020302?languageCode=sr-Latn&displayMode=table&guid=20fbbced-193a-4663-a16b-345b17c0b72d>

Povećani trend izgradnje višeporodičnih stambenih zgrada je povećao energetske potražnje, koja je takođe i posledica energetski neefikasnih postojećih stambenih zgrada. Unapređenje EE na nivou postojećih višeporodičnih zgrada ne postoji na sistemski i institucionalno podržan način, već se svodi na primenu individualnih, fragmentiranih mera bez ikakvih pravila i ograničenja. Takođe, povećana izgradnja doprinela je smanjenju urbanih zelenih površina, na šta ukazuje podatak da svega 17,89% od ukupne površine gradskog područja čine zelene površine, što je znatno ispod prosečnih vrednosti za evropske gradove (GU Niš, 2021). Isti izvor navodi i podatak da Niš ima 1,2 m² zelenila po stanovniku, što je 10 puta manje od propisanog⁴¹, čime se takođe potvrđuje tendencija smanjenja učešća zelenih površina u samom gradu.

Jedan od glavnih problema u oblasti stanovanja jeste i velika potrošnja energije, pre svega za grejanje. Uzroci su različiti, a kao ključni se prepoznaje drastično smanjenje vrednosti stambenog fonda višeporodičnog stanovanja, nastalo kao posledica starosti zgrada i ograničavajućih finansijskih okolnosti za njihovo adekvatno održavanje. Procene iz 2006. godine ukazuju da domaćinstvo u Nišu u proseku izdvaja 20% od ukupnih mesečnih primanja za troškove stanovanja (stanarina, električna energija, grejanje, voda...), a da čak 85% domaćinstava nije u stanju da ih redovno izmiruje niti da ulaže u investiciona održavanja (GSA Niš, 2006). Nemogućnost izmirivanja troškova, pre svega za grejanje, je i danas aktuelno s obzirom da se u periodu od tri i po godine, do početka grejne sezone 2019/2020. godine oko 11% (3300) domaćinstava privremeno ili trajno isključilo sa daljinskog grejanja⁴². U većini slučajeva se kao glavni razlog za takav postupak najčešće navodi „finansijska situacija“, preciznije „visoki računi“. Nemogućnost izmirivanja troškova se može posmatrati kao izraz i pokazatelj energetskog siromaštva. Najveći broj isključenih domaćinstava čine stanovi u višeporodičnim stambenim zgradama. Veliki broj stanara domaćinstava koja nisu priključena na sistem daljinskog grejanja često ne zagreva ceo stambeni prostor, što se odražava na neadekvatan toplotni komfor, koji je takođe pokazatelj energetskog siromaštva (Živković i sar., 2016).

Prethodno pomenuti izazovi sa kojima se grad kontinuirano suočava i velika potrošnja energije, u kombinaciji sa njegovim topografskim položajem (u kotlini), čestim temperaturnim inverzijama tokom perioda od oktobra do marta, malo padavina i čestom pojavom magle, uzrokovali su povećanje zagađenja vazduha. Prema *Godišnjem izveštaju o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji 2020. godine*, administrativna teritorija Grada Niša, koja je 2016. godine imala čist vazduh, već četiri godine zaredom (period 2017-2020.) je u kategoriji teritorija sa prekomerno zagađenim vazduhom (MZŽS, 2021). Iako je najveća pretnja po zagađenje

⁴¹ Propisane vrednosti su 20 – 40 m² po stanovniku, dok je optimum u stambenoj zoni 13 m², a minimum 9-10 m² (GU Niš, 2021)

⁴² <https://medijskakutija.rs/gradska-toplana-nis-sve-manje-gradjana-se-isklucuje-sa-grejanja-ali-ih-i-dalje-ima-na-stotine-godisnje/>

vazduha pre svega potrošnja energije za grejanje u individualnom stanovanju, gde je najzastupljenije učešće nepovoljnih energenata (ogrevno drvo koje se sagoreva na tradicionalan način), značajan uticaj ima i potrošnja energije za grejanje u postojećim višeporodičnim zgradama kao posledica njihove energetske neefikasnosti.

Strateški i akcioni okvir za unapređenje EE

Ključni izazovi sa kojima se Niš, kao i svi veći gradovi, suočava sa aspekta energije za grejanje su sledeći: 1) unapređenje EE; 2) povećana energetska sigurnost, poboljšanje kvaliteta i pristupačnosti grejanja; i 3) dekarbonizacija (UNEP, 2015). Iskorak u rešavanju ovih problema se ogleda kroz učešće grada u različitim evropskim energetske zajednicama, mrežama i udruženjima. Grad Niš je od 2003. godine član mreže Energetski gradovi⁴³ (eng. *Energy Cities*), a 2011. godine je postao prvi srpski grad koji je potpisao inicijativu EK „Povelja gradonačelnika“⁴⁴ (eng. *Covenant of Mayors*). Potpisivanje ove inicijative je doprinelo da grad 2014. godine usvoji strateški važan dokument „Akcioni plan održivog energetskog razvoja grada Niša – SEAP Niš“ (eng. *Sustainable Energy Action Plan – SEAP*), koji predstavlja ključni dokument preporučen od strane EK. U SEAP-u prikazan je inventar emisije CO₂⁴⁵ za referentnu godinu⁴⁶ formiran na osnovu sprovedenih energetske analiza. Sam dokument ima za cilj da prepozna najznačajnija područja u kojima je moguće preduzeti akcije sa najviše potencijala za dostizanje ciljne redukcije emisije CO₂ do 2020. godine, uz istovremeno definisanje konkretnih mera redukcije, vremenskih okvira i odgovornosti. Potpisivanjem Povelje, Grad Niš je predložio inidikativni cilj smanjenja emisije CO₂ za 21% u 2020. godini u odnosu na referentnu 2010. godinu (SEAP Niš, 2014).

Skupština Grada Niša je 2021. godine usvojila „Plan razvoja grada Niša za period od 2021. do 2027. godine“ (u daljem tekstu Plan razvoja). Planom razvoja su identifikovane potrebe grada u okviru cilja teritorijalnog razvoja i očuvanja životne sredine, a koje su usklađene sa ciljevima održivog razvoja. Između ostalog Planom razvoja se predviđa: „energetska tranzicija

⁴³ Energetski gradovi (eng. *Energy Cities*) – je zajednica od nekoliko storina predstavnika lokalnih vlasti iz 30 zemalja i okuplja lidere i početnike u energetske tranziciji, gradske zvaničnike i stručnjake. Pored Niša, Čačak je, od 2006. godine, još jedini srpski grad koji je član ove zajednice.

⁴⁴ „Povelja gradonačelnika“ - EK je 2008. godine „pokrenula inicijativu povezivanja gradonačelnika evropskih gradova u trajnu mrežu sa ciljem razmene iskustava u sprovođenju efikasne mera za poboljšanje EE urbanih sredina. Kao rezultat te inicijative doneta je Povelja gradonačelnika u skladu sa kojom se opštine, gradovi i regioni dobrovoljno obavezuju da redukuju emisiju CO₂ na svom području iznad postavljenog cilja od 20%. Ovom poveljom su definisane uloge lokalnih vlasti u implementaciji ovog cilja, kroz mere EE, projekte obnovljivih izvora energije i drugih akcija koje se odnose na energiju u različitim područjima pod ingerencijom lokalnih vlasti“ (SEAP Niš, 2014, str. 9). Zaključno sa 2021. godinom Povelju je potpisalo dvadeset srpskih gradova i opština.

⁴⁵ „Referentni inventar emisija grada Niša za 2010. godinu obuhvata direktne (sagorevanje goriva i otpada) i indirektno (potrošnja električne energije i daljinsko grejanje) emisije CO₂ iz pet sektora neposredne potrošnje energije, i to: zgradarstva, saobraćaja, javnog osvetljenja, vodosnabdevanja i upravljanja otpadom“ (SEAP Niš, 2014; str. 136).

⁴⁶ Referentna godina – Prema preporukama EK prilikom određivanja vremenskog okvira za sprovođenje Akcionog plana (SEAP Niš) za referentnu godinu treba uzeti 1990. godinu, ili najraniju godinu za koju lokalne vlasti raspolažu potrebnim podacima o energetske potrošnji i pripadajućoj emisiji. Grad Niš je uzimajući u obzir istorijska dešavanja i okolnosti za referentnu godinu odabrao 2010. godinu za koju je izrađen Referentni inventar emisija, a vremenski okvir sprovođenja Akcionog plana je razdoblje od referentne 2010. do 2020. godine.

ka nisko-ugljičnom, klimatski-neutralnom razvoju uz obezbeđivanje energetske bezbednosti“ i „povećanje otpornosti na klimatske promene u prioritetnim sektorima i uspostavljanje reagovanja u rizičnim i udesnim situacijama u urbanim i ruralnim naseljima“ (GU Niš, 2021). Za ostvarivanje prioritetne potrebe/cilja – ubrzanje energetske tranzicije ka nisko-ugljičnom, klimatski-neutralnom razvoju uz obezbeđivanje energetske bezbednosti – predviđena je mera podrške unapređenja stambene politike grada kojom je, između ostalog, planirano da se u narednom periodu: 1) utvrdi stambeni fond; 2) izradi tipologija zgrada namenjenih stanovanju; 3) kreira mera za sufinansiranje unapređenja svojstva zgrada; 4) formira baza podataka zgrada na teritoriji Niša i 5) sprovede energetski pregled stambenih zgrada (GU Niš, 2021). Predviđena je i podsticajna mera za unapređenje EEZ kojom je planirano da se podrže naponi da se stopa renoviranja i uštede energije u postojećim zgradama tri puta poveća, kao i da se postigne standard nZEB kod novih zgrada (GU Niš, 2021). Za pomenuti drugi prioritetni cilj – povećanje otpornosti na klimatske promene u prioritetnim sektorima i uspostavljanje reagovanja u rizičnim i udesnim situacijama u urbanim i ruralnim naseljima – predviđena je mera formiranja zelene i plave infrastrukture, koja podrazumeva i ulaganja u vertikalne bašte, zelene zidove, zelene krovove, gradske parkove, urbane močvare itd.

Trenutno su u pripremi ključni strateški razvojni dokumenti (GU Niš, 2021): 1) novi SEAP Niš kojim će se postaviti ciljevi do 2030. godine; 2) „*Mapa energetske tranzicije do 2050. godine*“ – dokument kojim će biti predviđene mere za dekarbonizaciju teritorije Grada Niša; i 3) „*Plan adaptacije na klimatske promene sa procenom ranjivosti*“. Sa druge strane, *Program energetske efikasnosti*, koji je jedna od najosnovnijih i najbitnijih obaveza iz *Zakona o efikasnom korišćenju energije*, još uvek nije usvojen.

U cilju smanjenja potrošnje energije, *Evropska banka za obnovu i razvoj* (EBRD) je 2020. godine odobrila kredit od 5 miliona evra Gradu Nišu za *Projekat za unapređenje energetske efikasnosti u stambenim zgradama u Nišu*, koji je u međuvremenu otkazan⁴⁷. Projektom je bilo predviđeno uvođenje mera EE u najviše 40 višeporodičnih stambenih zgrada priključenih na mrežu daljinskog grejanja.

⁴⁷ <https://www.ebrd.com/work-with-us/projects/psd/51868.html>

6.2 POTENCIJAL UŠTEDE ENERGIJE I SMANJENJA EMISIJE CO₂ KROZ SEKTORE ZGRADARSTVA I STANOVANJA U NIŠU

Imajući u vidu pojačani tempo izgradnje novih stambenih zgrada, procene ukazuju da postojeći kapaciteti snabdevanja toplotnom energijom neće biti dovoljni za potrebe grada, ukoliko izostane unapređenje EE postojećih zgrada (GU Niš, 2021). U SEAP-u Niš je urađena analiza potrošnje energije, na osnovu koje je određen inventar emisije CO₂ po sektorima i ukupno za referentnu 2010. godinu, a u skladu sa preporukama EK prema IPCC protokolu. Baza za sprovedene analize potencijala u odabranim scenarijima, koji će biti prikazani u ovom poglavlju, jesu podaci za referentnu 2010. godinu u sektoru zgradarstva i stanovanja.

Za referentnu 2010. godinu od ukupne potrošene energije u Nišu, sektor zgradarstva ima udeo od 66,12% sa specifičnom potrošnjom 160,06 kWh/m², dok je udeo stanovanja u ukupnoj potrošnji energije za zgradarstvo 85,27% sa specifičnom potrošnjom 168,92 kWh/m² (SEAP Niš, 2014). Potrošnja energije za grejanje, u referentnoj godini, u zgradama namenjenim porodičnom (individualnom) odnosno višeporodičnom stanovanju bila je 58,53% i 41,47% respektivno (SEAP Niš, 2014). Najveći korisnik daljinskog grejanja je višeporodično stanovanje, s obzirom da potrošnja energije u porodičnom stanovanju učestvuje sa svega 3,95% u ukupnoj potrošnji energije iz sistema daljinskog grejanja (SEAP Niš, 2014). Kada je reč o višeporodičnom stanovanju, na osnovu sprovedene energetske analize za 2010. godinu, specifična potrošnja energije za grejanje u Nišu je 92,48 kWh/m². Procenjeno je da ima 44 500 stanova od kojih je 22 000 priključeno na sistem daljinskog grejanja gradske toplane, 5000 stanova pored toplotne energije iz sistema gradske toplane koristi i električnu energiju radi dogrevanja, 500 stanova je priključeno na sistem daljinskog grejanja Mašinskog fakulteta, a 17 000 stanova se greje upotrebom električne energije (Henning i Mardsjo, 2010; SEAP Niš, 2014). U ukupno potrošenoj energije za grejanje stanova u višeporodičnim zgradama, 64,25% energije je iz sistema daljinskog grejanja sa specifičnom potrošnjom 106,95 kWh/m², a 35,75% je upotreba električne energije sa specifičnom potrošnjom 74,39 kWh/m² (SEAP Niš, 2014).

Na osnovu inventara emisije, za referentnu 2010. godinu, emisija CO₂ u Nišu iznosi 4,13 tCO₂ po stanovniku uz važnu napomenu da udeo industrije u emisiji nije razmatran (SEAP Niš, 2014). Shodno potrošnji energenata, najveći udeo u ukupnoj emisiji CO₂, za referentnu godinu ima sektor zgradarstva 79,83% u kojem podsektor stanovanja učestvuje sa 84,96% (SEAP Niš, 2014). Ako se posmatra samo podsektor stanovanja, prema podacima u Akcionom planu, u emisiji CO₂ najveće učešće ima indirektna emisija od potrošnje električne energije 83,75%, a zatim emisije od fosilnih goriva 10,73% i toplane 5,52%.

U tekstu koji sledi prikazana su dva moguća scenarija za smanjenje potrošnje energije i emisije CO₂ u sektoru zgradarstva/stanovanja u Nišu. Prvi scenario - *SEAP Niš scenario sa merama* - predstavlja scenario koji je formiran i analiziran u legislativnom okviru SEAP Niš i prikazuje potencijal smanjenja potrošnje ukupne energije i emisije CO₂ u 2020. godini. Drugi scenario - *Efikasnost za zelenu budućnost* - predstavlja scenario analiziran u istraživanju Živković i saradnika (2016) i prikazuje predikciju potencijala za povećanje EEZ kroz smanjenje potrošnje energije za grejanje i pripadajuće emisije CO₂ u 2030. godini. Da bi se odredio potencijal scenarija, koji doprinosi smanjenju potrošnje predmetne energije i emisije CO₂, u oba rada je najpre analiziran takozvani scenario „posao kao i obično“ (eng. *Business-as-usual* - *BAU*) za projektiranu godinu.

Prvi scenario - SEAP Niš scenario „sa merama“

Strateški dokument SEAP Niš u kojem je prikazana analiza i određena potrošnja energije i emisije CO₂ u Nišu za referentnu godinu, pruža mogućnost da se prikaže i uporedba scenarija „posao kao i obično“ i scenarija „sa merama“ sa referentnom 2010. godinom. U tekstu koji sledi, najpre su prikazani podaci odnosa ovih scenarija prema referentnoj godini u sektoru zgradarstva i stanovanja, a zatim je prikazan i potencijal predmetnog scenarija „*SEAP Niš scenario sa merama*“ (u daljem tekstu „sa merama“), kao i potencijal konkretne mere.

Scenario „posao kao i obično“ formiran je na osnovu pretpostavke da je energetska potrošnja „prepuštena tržišnim kretanjim i navikama potrošača, bez systemske realizacije mera EE ali uz pretpostavku uobičajene primene novih, tehnološki naprednijih proizvoda, kako se tokom vremena pojavljuju na tržištu“ (SEAP Niš, 2014, str. 203). U odnosu na referentnu 2010. godinu u sektoru zgradarstva prema ovom scenariju procenjeno je da će se u 2020. godini potrošnja energije povećati za 11,90%, a emisija CO₂ za 16,46% (tabela 6.1) (SEAP Niš, 2014), odnosno u stanovanju potrošnja energije će se povećati za 12,30%, a emisija CO₂ za 16,33% (tabela 6.2).

Scenario „sa merama“ podrazumeva primenu mera u zgradarstvu koje su grupisane prema podsektorima: 1) promotivne, informativne i edukativne mere, i aktivnosti; 2) zgrade u vlasništvu grada; 3) zgrade porodičnog i višeporodičnog stanovanja; i 4) zgrade komercijalnih i uslužnih delatnosti (SEAP Niš, 2014). Mere podrazumevaju pripremne aktivnosti (izrada većeg broja studija) i izvođačke projekte (zasnovane na primeni aktivnih i pasivnih mera). Ovako formiran scenario „sa merama“ za 2020. godinu u odnosu na referentnu 2010. godinu u sektoru zgradarstva doprinosi smanjenju potrošnje energije za 27,87% i emisije CO₂ za 24,17% (tabela 6.1) (SEAP Niš, 2014), pri čemu u stanovanju dolazi do smanjenja potrošnje energije za 28,24% i

emisije CO₂ za 25,81% (tabela 6.2). Sistematizacija mera omogućila je procenu efikasnosti mera sa aspekta uštede energije i smanjenja emisije CO₂ u stanovanju, što je značajno za ovo istraživanje. Među 12 mera za stanovanje predviđenih u ovom scenariju je i mera pod nazivom „Subvencija za rekonstrukciju fasada (prozori i zidovi) stambenih zgrada“, koja se upravo odnosi na implementaciju pasivnih mera izolovanja i izolacionog zastakljenja. Pod pretpostavkom da se primenom ove mere može toplotono unaprediti 2.000.000 m² fasadnog omotača, pri čemu je udeo površine prozora 10%, procenjeno je da primena ove mere doprinosi uštedi potrošnje toplotne energije za 160.000 MWh odnosno 80 kWh/m² fasadnog omotača (SEAP Niš, 2014). Zapravo, ova mera, prepoznata kao jedna od najefikasnijih⁴⁸, može da doprinese da se potrošnje energije i emisije CO₂ u stanovanju u 2020. godini smanjenje respektivno za 13,33% i 9,77% u odnosu na referentnu godinu (tabela 6.2).

Tabela 6.1 Projekcije potrošnje energije i emisije CO₂ u zgradarstvu po scenarijima SEAP-a Niš u 2020. godini
(Izvor: SEAP Niš, 2014, tabela 11.7, str. 208)

ZGRADARSTVO /SCENARIO/	POTROŠNJA ENERGIJE [MWh]	U ODNOSU NA 2010. [%]	EMISIJA CO ₂ [tCO ₂]	U ODNOSU NA 2010. [%]
REFERENTNA 2010. GODINA	1.414.734,73	/	850.963,91	/
„POSAO KAO I OBIČNO“ 2020. GODINA	1.583.033,22	+11,90	991.045,39	+16,46
„SA MERAMA“ 2020. GODINA	1.020.445,31	-27,87	645.314,54	-24,17

Tabela 6.2 Projekcije potrošnje energije i emisije CO₂ u stanovanju po scenarijima SEAP-a Niš u 2020. godini

STANOVANJE /SCENARIO/	POTROŠNJA ENERGIJE [MWh]	U ODNOSU NA 2010. [%]	EMISIJA CO ₂ [tCO ₂]	U ODNOSU NA 2010. [%]
REFERENTNA 2010. GODINA	1.200.310,01	/	722.946,26	/
„POSAO KAO I OBIČNO“ 2020. GODINA	1.347.960,60	+12,30	841.028,86	+16,33
„SA MERAMA“ 2020. GODINA	861.389,47	-28,24	536.382,15	-25,81
Mera izolovanja i izolacionog zastakljenja	160.000,00	-13,33	70.672,77	-9,77

Napomena: Tabela je formirana na osnovu izvora SEAP Niš, 2014 i podataka iz tabela: 5.50, str.99; 8.3, str.125; 11.1 i 11.2, str. 204; 11.3, str. 205; 11.4, str.206; 11. 5 i 11.6 str.208.

⁴⁸ U stanovanju, po pitanju smanjenja potrošnje energije i emisije CO₂, efikasnija mera od mere izolovanja spoljašnjih zidova i zamene prozora jeste mera uvođenja štedljivih sijalica u sva domaćinstva.

Budući da su oba scenarija „posao kao i do sada“ i „sa merama“ predikcija za 2020. godinu, potencijal smanjenja potrošnje energije i pripadajuće emisije CO₂ se prepoznaje u međuodnosu ova dva scenarija. Na osnovu toga, sektor stanovanja u Nišu ima potencijal da kroz primenu paketa mera doprinese smanjenje potrošnje energije u zgradarstvu za 486.571,12 MWh i emisije CO₂ za 304.646,71 tCO₂. Sama mera izolovanja i izolacionog zastakljenja ima učešće u smanjenju potrošnje energije iz sektora stanovanja za 32,88% i emisije CO₂ od 23,20%. U sektoru zgradarstva, samo primena ove jedine mere ima potencijal za smanjenje potrošnje energije za 10,11% i emisije CO₂ za 7,13%. Kada je reč o stambenom sektoru, potencijal paketa mera u smanjenju potrošnje energije i emisije CO₂ je za oko 36%, a primena mere izolovanja i izolacionog zastakljenja ima potencijal smanjenja potrošnje energije za 11,87% i emisije CO₂ za 8,40% (tabela 6.3).

Tabela 6.3 Potencijal paketa mera i mere izolovanja i izolacionog zastakljenja za smanjenje energije i emisije CO₂ u stanovanju 2020. godine

STANOVANJE	POTROŠNJA ENERGIJE [MWh]	U ODNOSU NA 2010. [%]	EMISIJA CO ₂ [tCO ₂]	U ODNOSU NA 2010. [%]
„POS AO KAO I OBIČNO“ 2020. GODINA	1.347.960,60	/	841.028,86	/
PAKETA MERA ZA STAMBENI SEKTOR	486.571,12	-36,10	304.646,71	-36,22
Mera izolovanja i izolacionog zastakljenja	160.000,00	-11,87	70.672,77	-8,40

Drugi scenario - „Efikasnost za zelenu budućnost“

U svom istraživanju, Živković i saradnici (2016) su analizirali nekoliko scenarija održivog grejanja za grad Niš sa projekcijom do 2030. godine, sa ciljem da se istraži kako krajnji scenario „Efikasnost za zelenu budućnost“ može da transformiše sistem grejanja. Ukoliko se nastavi sa sadašnjom praksom po scenariju „posao kao i obično“, koji podrazumeva: 1) da kod postojećih zgrada nema unapređenja EE, a da su nove zgrade energetske razred „C“; 2) marginalno proširenje sistema daljinskog grejanja i bez ikakvog učešća obnovljivih izvora energije u daljinskom grejanju; 3) minorno učešće obnovljivih izvora energije; i 4) zanemarljiva primena elemenata zelene gradnje kao i pametnih tehnologija; projekcije pokazuju da bi u 2030. godini u sektoru zgradarstva specifična potrošnja energije za grejanje iznosila 94,61 kWh/m² dok bi emisija CO₂ iz utrošenih energenata za grejanje bila 32,53 kgCO₂/m² (Živković i sar., 2016). Na kraju istraživanja, Živković i saradnici (2016) kao finalni scenario analiziraju scenario „Efikasnost za zelenu budućnost“, u čijem su formiranju participirale i gradske zainteresovane strane za implementaciju istog. Scenario podrazumeva: 1) da su sve postojeće zgrade (izgrađene

pre 2010. godine) energetski unapređene do razreda „C“, a nove zgrade najmanje razred „B“; 2) maksimalno proširenje sistema daljinskog grejanja u centralnoj gradskoj zoni i u zonama sa velikim toplotnim opterećenjem; 3) veliko učešće obnovljivih izvora energije u miksu toplotne energije daljinskog grejanja kao i kod individualnih sistema; i 4) primena elemenata zelene gradnje i pametnih tehnologija kod novih zgrada. Ukoliko bi se ovaj ambiciozni scenario ostvario do 2030. godine, projekcije ukazuju da bi u pomenutoj godini EEZ u Nišu bila povećana za 34,37% u odnosu na scenario „posao kao i do sada“ sa specifičnom potrošnjom energije za grejanje od 62,09 kWh/m², dok bi emisija CO₂ iznosila 6,6 kgCO₂/m² odnosno smanjenje od 79,7% (Živković i sar., 2016).

Iako je u prikazanim scenarijima sprovedena različita analiza u smislu tipa energije i projektirane godine, gde prvi scenario analizira ukupnu energiju sa projekcijom u 2020. godini, a drugi toplotnu energiju do 2030. godine, i jedan i drugi su pokazali i potvrdili veliki potencijal stambenog sektora u smanjenju potrošnje energije i emisije CO₂ u Nišu. Ovome u prilog ide i činjenica da je najveći broj zgrada višeporodičnog stanovanja građeno bez ili sa nedovoljnim toplotnim svojstvima. Imajući u vidu da je najveći deo stambenog fonda u Nišu izgrađen pre 1980. godine, unapređenjem EE ovih zgrada moguće je ostvariti najveću uštedu energije, čak do 80% (SEAP Niš, 2014). Budući da od ukupne potrošnje energije u stanovanju preko 60% pripada toplotnoj energiji (GU Niš, 2021), svaka pasivna mera koja unapređuje energetska svojstva višeporodičnih stambenih zgrada doprineće smanjenju potrošnje energije i pripadajuće emisije CO₂. Zbog toga istraživanje u ovoj doktorskoj disertaciji koje, pored ustaljenih mera izolovanja i izolacionog zastakljenja, ispituje mogućnosti primene i drugih pasivnih mera u unapređenju EE višeporodičnih stambenih zgrada u Nišu još više dobija na značaju.

6.3 DEFINISANJE ISTRAŽIVAČKE PLATFORME

Da bi se sprovedla analiza mogućnosti primene modela unapređenja EEZ, definisana je istraživačka platforma zasnovana na:

- 1) izboru stambenog područja i reprezentativne zgrade;
- 2) energetska svojstva reprezentativne zgrade – Model „0“ (M-0);

6.3.1 Izbor stambenog područja i reprezentativne zgrade

Reprezentativna zgrada se u procesu definisanja istraživačke platforme može izabrati primenom dva različita metodološka pristupa: 1) reprezentativna zgrada – arhetip, stvarni primer zgrade, ili 2) reprezentativna zgrada – sintetički pristup modelu zgrade (eng. *synthetic building*

approach) (Nägeli i sar., 2018; Desideri i Asdrubali, 2018; Filippidou i sar., 2019). Prvi pristup predstavlja odabir najtipičnije postojeće zgrade prema određenim kriterijumima, koji između ostalog mogu biti: period izgradnje, tip zgrade, materijalno, dimenziono i arhitektonsko oblikovne karakteristike, sistem grejanja itd. (Nägeli i sar., 2018; Desideri i Asdrubali, 2018). Drugi pristup podrazumeva „virtuelnu zgradu“ koja je formirana na osnovu najčešće korišćenih materijala i sistema (Desideri i Asdrubali, 2018), i koristi probabilističke podatke za definisanje nesigurnih parametara (Cerezo i sar., 2017). U ovom istraživanju je odabran prvi pristup.

6.3.1.1 Kriterijumi za odabir područja

Kriterijumi za odabir stambenog područja sa reprezentativnom višeporodičnom zgradom su definisani na osnovu prethodno sprovedene analize dostupnih podataka i sistematizacije saznanja o karakteristikama VSP-a u Nišu.

Kriterijumi za odabir područja su sledeći:

- 1) godina izgradnje područja u okviru perioda USI;
- 2) karakterističan urbanističko-arhitektonski sklop područja i tipološke karakteristike zgrade za period USI;
- 3) karakteristike urbanih transformacija kroz koje je područje prošlo u post-socijalizmu;
- 4) tip sistema grejanja VSP-a.

Prvi kriterijum formiran je na osnovu sprovedenog istraživanja u poglavlju 4.2 - potencijali višeporodičnih stambenih zgrada za unapređenje EE u Srbiji. Kako je prikazano u poglavlju 4.2, najintenzivniji tempo gradnje, ne samo u periodu USI već uopšteno, je period od 1960. do 1980. godine (slika 4.6). Međutim, razvoj tehnologije gradnje i intenzitet njene primene ukazuju da je najveći broj višeporodičnih stambenih zgrada u Srbiji, pa i u Nišu, izgrađen od kraja šezdestih do polovine osamdesetih godina prošlog veka. Kao poseban period gradnje, u *Nacionalnoj tipologiji stambenih zgrada Srbije* (Jovanović i sar., 2013a) je prepoznat posebno period od 1971. do 1980. godine. Stoga je upravo ovaj period gradnje izabran za definisanje prvog kriterijuma.

Drugi kriterijum je određen na osnovu poglavlju 5.2 - prikaz višeporodičnih zgrada iz perioda USI. Zgrade tip lamela su se, sa aspekta izgrađene površine, izdvojile kao dominantan tip višeporodičnih stambenih zgrada (slika 4.7). Za lamele iz perioda USI je takođe procenjeno da mogu da doprinesu znatnom smanjenju potrošnje energije za grejanje (35%) u višeporodičnom stanovanju (slika 4.8). Sve ovo je uslovalo da drugi kriterijum bude definisan na otvoreni sistem prostorne organizacije područja i višeporodične stambene zgrade tip lamela, a njihove najzastupljenije osnovne karakteristike iz definisanog perioda date su u tabeli 5.1.

Treći kriterijum, karakteristike urbane transformacije u post-socijalističkom periodu, pre svega se odnosi na prisustvo nadgradnje, ali i obim ostalih vidova transformacije. Ovaj kriterijum je bitan jer se model unapređenja EE za reprezentativnu zgradu, za koju postoji tehnička dokumentacija, može analizirati i u kontekstu realne, stvarne potrošnje energije za grejanje. Zato je bitno da VSP bude sa zgradama bez nadogradnji, već sa projektovanom i izvedenom spratnošću objekta, kao i sa ravnim krovom koji je najzastupljeniji tip krov na lamelama iz određenog perioda.

Četvrti kriterijum je uslovljen činjenicom da su u Nišu sve višeporodične stambene zgrade građene sedamdesetih godina prošlog veka, priključene na sistem daljinskog grejanja u okviru JKP „Gradska toplana“. Najnoviji podaci iz grejne sezone 2019/2020. godine ukazuju da je skoro trećina domaćinstava, odnosno 29 853 stambenih korisnika priključeno na sistem daljinskog grejanja u okviru JKP „Gradska toplana“, koja u ukupnoj proizvodnji toplotne energije dominantno koristi prirodni gas (93,76%) (GU Niš, 2021).

Odrednice definisanih kriterijuma za odabir VSP-a date su u tabeli 6.4.

Tabela 6.4 Odrednice definisanih kriterijuma za odabir VSP-a

KRITERIJUM		ODREDNICA
GODINA IZGRADNJE		od 1971. do 1980. godine
KARAKTERISTIČAN URBANISTIČKO-ARHITEKTONSKI SKLOP PODRUČJA I TIP ZGRADE		otvoreni sistem prostorne organizacije područja; tip zgrade - lamela
Najzastupljenije osnovne karakteristike	Fasadna obloga (malter, opeka, beton)	malter (60%), opeka (50%), beton (33%)
	Tip krova (kos ili ravan)	ravan ili nadograđen kos
	Namena potkrovlja	ne koristi se
	Broj i geometrija prozorskih otvora (malo otvora; dosta otvora – pojedinačni otvori; dosta otvora – prozorske trake)	dosta otvora – pojedinačni otvori
	Materijalizacija prozorskih okvira (drvo; PVC; Al)	drvo
	Način korišćenja prizemlja (stanovanje ili stanovanje - poslovanje)	stanovanje
	Spratnost (1 - 3; 4; 5; 6 - 7; 8 - 10; >10 etaža)	6 – 7 etaža
	Prosečna spratnost	P+5 do P+7
	Površina zgrade u osnovi (<150; 150 – 300; >300 m ²)	150 – 300 m ²
Razuđenost osnove (kompaktna ili razuđena)	kompaktna, razuđena	
KARAKTERISTIKE URBANIH TRANSFORACIJA		bez nadgradnje i prisustvo manjeg obima ostalih vidova transformacija
TIP SISTEMA GREJANJA		daljinsko grejanje

6.3.1.2 Osnovne karakteristike područja

Na osnovu vrednovanja definisanih kriterijuma i njihovih odrednica odabrano je područje sa višeporodičnim zgradama iz period USI u granicama naselja Pantelej (slika 6.1a) u istoimenoj Gradskoj opštini. Opština Pantelej se nalazi u severoistočnom delu Grada Niša, na blagoj južnoj padini, i od centra grada udaljena je oko 2 km. Zauzima površini od 141,18 km² što je skoro četvrtina teritorije Grada Niša. Prema preliminarnim rezultatima Popisa iz 2022. godine Opština Pantelej ima 54.462 stanovnika. Karakteristično za ovu opštinu je da se broj stanovnika između Popisa 2002. i 2011. godine povećao za oko 11.000, i time pozicioniralo na prvo mesto u Srbiji prema porastu broja stanovnika. Ovakvom povećanju broja stanovnika, pre svega, je doprinelo širenje urbanog područja Niša na teritoriji gradske opštine Pantelej, kao i ubrzana stanogradnja višeporodičnih stambenih zgrada. Iako Grad Niš karakteriše tendencija opadanja broja stanovnika, u ovoj opštini se nastavlja trend porasta, ali ne u intenzitetu kao iz prve decenije XXI veka.

Odabrano područje građeno je sedamdesetih godina prošlog veka, tada na periferiji grada, kao tipično socijalističko stambeno područje za stanove solidarnosti. Nalazi se u delu naselja mešovitog stanovanja (porodično i višeporodično) i obuhvata teritoriju površine 2,9 ha. Područje je formirano duž primarne saobraćajnice i ima otvornu orijentaciju ka svim stranama sveta. Ulaz u stambene zgrade je orijentisan ka zapadu ili ka istoku, u zavisnosti od položaja zgrade na području. Na području se nalazi 15 višeporodičnih zgrada tipa lamela, u grupacijama od po dve, tri ili četiri zgrade, sa većinskom spratnošću P+7, a zatim i P+9 i P+10 (slika 6.1b i c). Kao toplotni izvor, za potrebe stambenog naselja, na samom području izgrađena je kotlarnica „Somborska“ JKP „Gradska toplana“, a koja danas opslužuje više novoizgrađenih stambenih i stambeno-poslovnih zgrada iz neposredne okoline područja. Takođe, na području je u istom periodu izgrađena i zgrada namenjena trgovini. Procenat zauzetosti odabranog područje je oko 22% što jasno ukazuje na velike otvorene javne površine koje do danas nisu kvantitativno smanjene ali jesu devastirane u manjem obimu, pre svega zbog nedostatka parking prostora.

Trend nadgradnji devedesetih godina prošlog veka, kao dominantan tip urbane transformacije u Nišu, je zaobišao ovo područje i ni jedna od zgrada nije nadograđena. Sve zgrade su zadržale svoj izvorni oblik ali sa приметnim proširenjima manjeg obima zasnovanim na pojedinačnim akcijama, u smislu zatvaranja postojećih balkona i lođa, kao i transformacije zajedničkih prostorija (prostorija za okupljanje stanara, prostor za iznošenje smeća, vešernica) u stanove (slika 6.2).



Slika 6.1 Prikaz odabranog područja – reprezentativne zgrade: **a)** Položaj područja u odnosu na cenatar grada i naselja; **b)** Dispozicija zgrada u granicama područja; **c)** Izgled područja;

Izvor: Autor na osnovu podloga preuzetih sa:

a) <https://a3.geosrbija.rs/share/94fa90de8d21>; b) <https://a3.geosrbija.rs/share/7da147c4d7da>; c) Autor



Slika 6.2 Proširenja manjeg obima u smislu zatvarnja postojećih balkona i lođa, i transformacija zajedničkih prostorija u stambeni prostor.

6.3.1.3 Osnovne karakteristike reprezentativne zgrade

Posmatrane višeporodične zgrade su tipičan reprezent stambene izgradnje iz perioda USI. Budući da je urbanističko-arhitektonski sklop formiran multipliciranjem jedne iste zgrade, sa arhitektonsko-konstruktivnog aspekta, dalje istraživanje se zasniva na jednoj izabranoj zgradi spratnosti P+7 i korisne grejane površine 2011,48 m² (slika 6.1b), kao reprezentu svih ostalih zgrada. Zgrada označena na slici 6.1b je izabrana i zbog blizine toplane - toplotnog izvora, s obziro da se toplotni gubici distributivne mreže procenjuju na 15% (Živković i sar., 2016).

Funkcionalno, stambeni prostor organizovan je u svim nadzemnim etažama (prizemlje i spratovi) spratne visine 2,80 m, dok se u podrumu nalaze boksovi za svaki stan, kao i prostorija za toplotnu podstanicu (još jedan od razloga za odabir ove zgrade kao reprezentativne), hidroforsko postrojenje i potreban prostor ispod lifta. U prizemlju, bruto površine 370 m², pored reprezentativnog i prostranog ulaza, nalaze se četiri stana različite strukture (dva dvoiposobna, jedan dvosoban i jedan jednosoban) sa ukupnom neto grejnom površinom od 221,02 m², kao i prvobitni prostor za odlaganje smeća koji je tokom devedesetih pretrpeo transformaciju u stambeni prostor. Tipski sprat, bruto površine 374 m², ima pet stanova - tri dvosobna, i po jedan dvoiposoban i jednosoban - ukupne neto grejne površine 255,78 m². Svi stanovi u prizemlju i na spratovima su sa privatnim otvorenim prostorom u vidu balkona i lođa, a koji se oslanjaju na dnevnu sobu i/ili spavaću sobu. U potkrovlju, bruto površine 47,17 m², se nalaze liftovska kućica i vešernica koja je takođe pretrpela transformaciju u stambeni prostor. Ovakva funkcionalna organizacija prostora po etažama karakteristična je za većinu zgrada na odabranom području, dok se funkcionalna razlika uočava u dve zgrade samo na nivou prizemlja. Protivpožarna zaštita obezbeđena je na taj način što se sa svake etaže zgrade prelazi u drugu zgradu i to preko lođe jednog stana u prostoriju za ručavanje drugog stana.

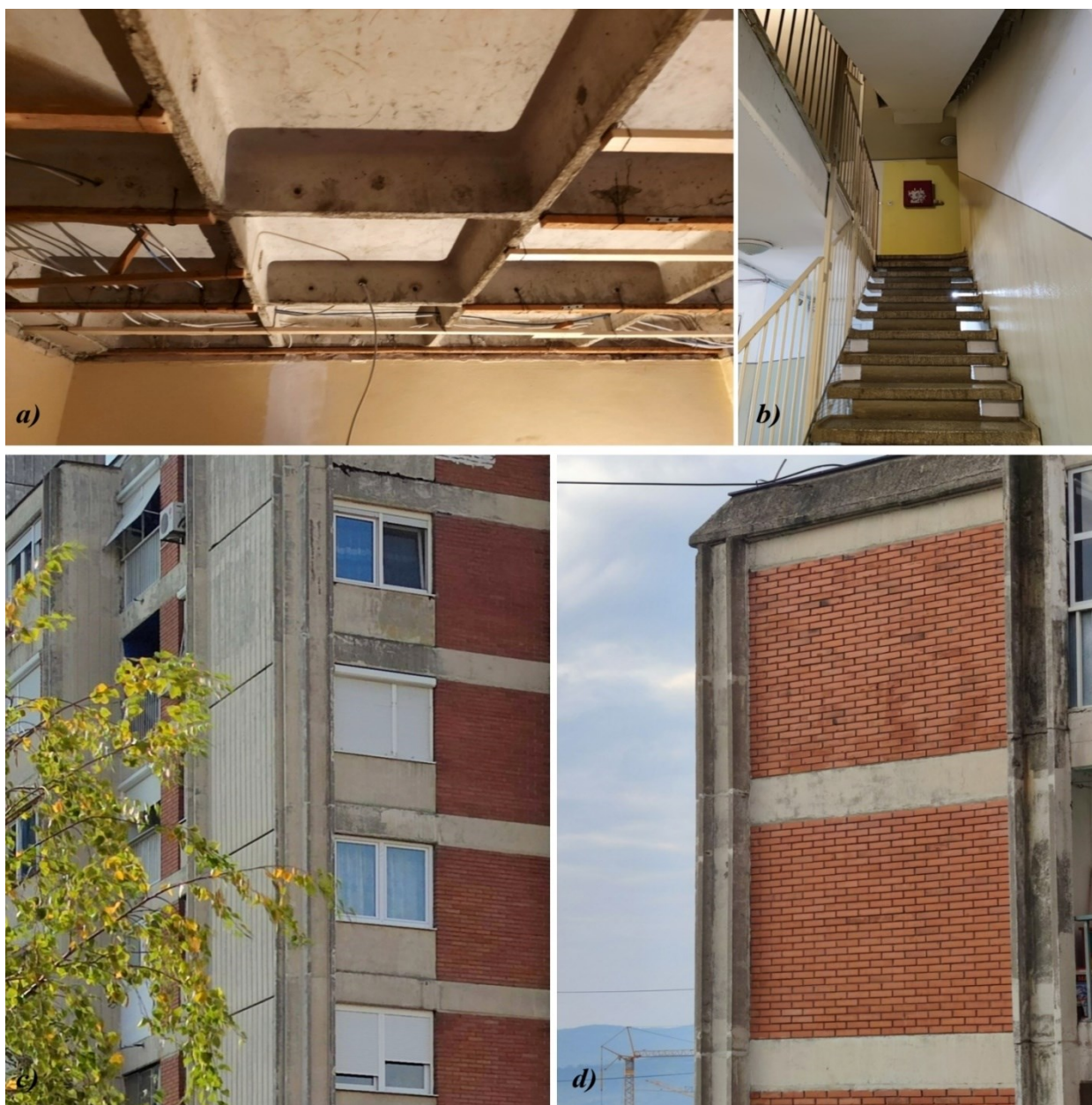
Glavne karakteristike reprezentativne zgrade, koje je takođe čine tipičnim reprezentom višeporodičnih zgrada perioda USI, jesu konstruktivni sistem i materijalizacija fasadnog omotača. Zgrade su građene u prefabrikovanom konstruktivnom IMS skeletnom sistemu sa stubovima dimenzija 34/34 cm u osovinskom rasteru 4,20 x 4,20 i 4,20 x 3,60 metara, i kasetiranom tavanicom debljine 22 cm (debljina ploče 4 cm, visina rebra 18 cm) (slika 6.3a). Kao elementi za ukrućenje izvedena su armirano betonska platna debljine 14 cm. Stepenice su jednokrake sa montažnim nosačem IMS i talpama (slika 6.3b), sa završnom obradom od teraca.

Primarno-sekundarna plastika fasade ostvarena je kroz primenu različitih fasadnih obloga karakterističnih za višeporodične stambene zgrade tip lamela iz perioda 1971.-1980. godine (tabela 6.4), a to su: malter, opeka i beton (slika 6.3c). Betonski elementi su u vidu profilisanih montažnih panela (slika 6.3c), dok su na delu stubova naglašeni linijski montažni elementi (slika 6.3d). Svi spoljašnji zidovi, kao i zid na dilataciji, su termo izolovani tarolitom ili heraklitom različite debljine (3 ili 7,5 cm) u zavisnosti od fasadne obloge. U dostupnoj tehničkoj dokumentaciji se navodi da su zidovi na balkonim i lođama najslabije termo izolovani delovi zgrade, kao i da je termički proračun pokazao da ispunjavaju zahteve po pitanju koeficijenta „U“ prema tada važećem Pravilniku iz 1970. godine.

Zgrada je sa ravnim neprohodnim krovom i sa završnim slojem šljunka, i kao što je već navedeno ni jedna zgrada na VSP-u nije nadgrađena. Usled životnog veka ravnog krova evidentne su intervencije u vidu postavljanja hidroizolacionih membrana na celoj površini krova ili parcijalno. Struktura ravnog krova je izvedena sa termoizolacionim slojem od kaširanog poliuretana debljine 4 cm. Ravan krov iznad potkrovlja, vešernice i liftovske kućice, nije toplotno izolovan jer pripadaju negrejanom prostoru. Kao pregrada između grejanog stambenog prostora i spoljašnjeg vazduha, na delu erкера, iznad prizemlja, je takođe postavljena termoizolacija od tervola u debljini od 5 cm.

Kada je reč o unutrašnjim pregradama, zidovi ka negrejanom stepeništu izvedeni su kao sendvič zidovi od opeke na kant sa termoizolacijom od 3 cm mineralne vune. U istoj strukturi izvedeni su i zidovi između dva stana. Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog podrumskog prostora je neizolovana, dok je iznad negrejanog vetrobrana i prostorije za smeće izolovana na isti način kao i erker, termoizolacijom od tervola debljine 5cm. U svim stambenim prostorijama plafonska konstrukcija je izvedena kao odvojeni plafon sa gips-kartonskim pločama pričvršćenim za roštilj od drvenih letvica, osim u kupatilu gde je od produžnog maltera. Podna konstrukcija je u sobama i kuhinji izvedena kao plivajući pod sa oblogom od parketa, odnosno vinaz ploča, a u kupatilu su postavljene keramičke pločice na cementnoj podlozi.

Transparentni elementi - prozori su pojedinačni elementi izvedeni prema JUS-u kao dvostruki prozori sa razmaknutim krilima sa jednostrukim zastakljenjem i uzanom kutijom za platneni zastor, kao i balkonska prozor-vrata. Ulazna vrata u stanove su izrađena takođe po JUS-u sa drvenim okvirom i duplo šperovanim krilom. Ulazni portal u zgradu je od čeličnih profila i jednostrukog zastakljenja.



Slika 6.3 Konstruktivni elementi i materijalizacija fasade: **a)** IMS kasetirana tavanica; **b)** IMS montažni nosač za jednokrako stepenište; **c)** Materijalizacija fasade – opeka, beton, malter; **d)** Vertikalni montažni elementi.

Izvor: Autor

Osnova prizemlja i tipskog sprata, kao i presek, sa opisom nekih od elemenata termičkog omotača prikazani su na slici 6.5 i 6.6.

6.3.2 Energetska svojstva reprezentativne zgrade – Model „0“ (M-0)

Određivanje energetske svojstva reprezentativne zgrade, odnosno formiranje Modela „0“, u daljem tekstu M-0, predstavlja osnov za razvoj modela unapređenja EE primenom odabranih pasivnih mera. Pored klimatskih parametara definisana je i geometrija reprezentativne zgrade (tabela 6.5), a koji u daljem istraživanju ostaju nepromenjeni. Zbog toga je neophodno što preciznije formiranje M-0 i određivanje njegovih energetske svojstva.

Tabela 6.5 Klimatski parametri i geometrijske karakteristike reprezentativne zgrade

KLIMATSKI PARAMETRI	BROJ STEPEN DANA GREJANJA HDD	2613
	BROJ DANA GREJNE SEZONE HD	179
	SREDNJA TEMPERATURA GREJNOG PERIODA $\theta_{H,MN}$ [°C]	5,4
	UNUTRAŠNJA PROJEKTNJA TEMPERATURA ZA ZIMSKI PERIOD $\theta_{H,I}$ [°C]	20
	SPOLJAŠNJA PROJEKTNJA TEMPERATURA ZA ZIMSKI PERIOD $\theta_{H,E}$ [°C]	-14,5
	POLOŽAJ (IZLOŽENOST VETRU)	Umereno zaklonjen
	BROJ FASADA IZLOŽENIH VETRU	više od 1
GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE	NETO POVRŠINA GREJANOG PROSTORA [m ²]	2011,48
	ZAPREMINA GREJANOG PROSTORA [m ³]	5028,70
	NETO POVRŠINA TERMIČKOG OMOTAČA [m ²]	2646,69
	BRUTO POVRŠINA TERMIČKOG OMOTAČA [m ²]	3125,81
	BRUTO ZAPREMINA OBUHVAĆENA TERMIČKIM OMOTAČEM [m ³]	6707,81
	FAKTOR OBLIKA [m ⁻¹]	0,47
	Najveća dopuštena vrednost specifičnih transmisionih gubitaka zgrade $H'_{T,max}$ [W/m ² K]	0,600

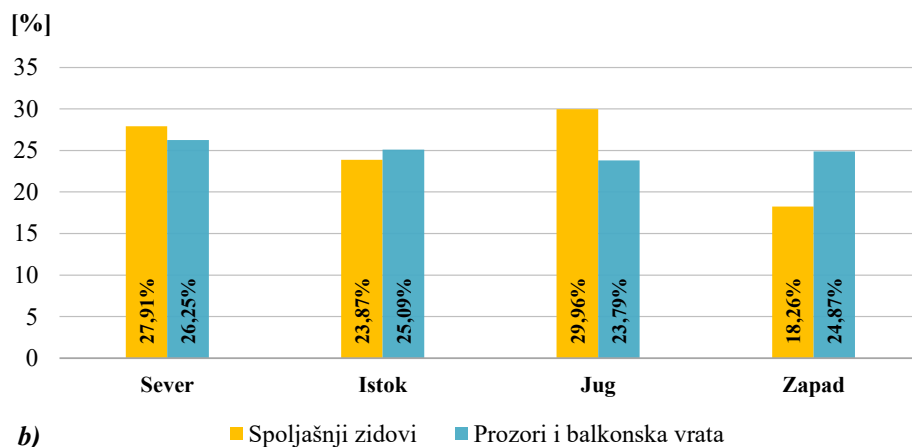
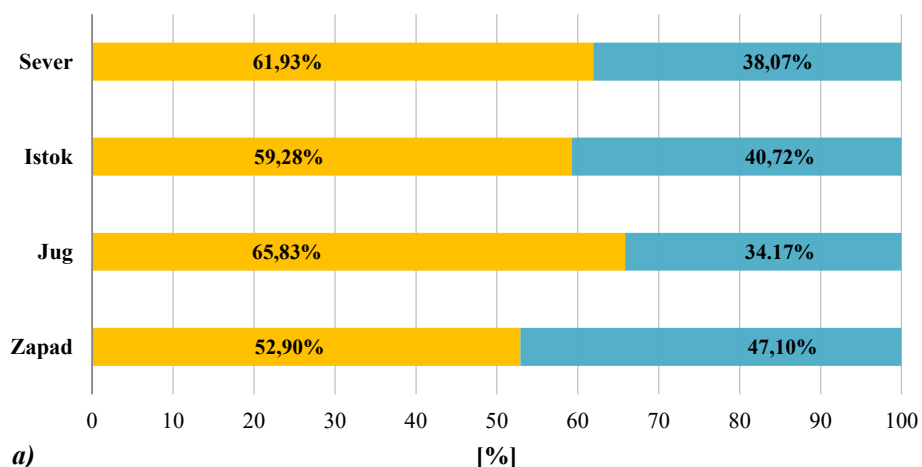
Zastupljenost elemenata u termičkom omotaču kao i njihova toplotno-zaštitna svojstva, sagledana kroz srednju vrednost koeficijenta U, dati su u tabeli 6.6. Na slici 6.4a prikazan je odnos spoljašnjih zidova i transparentnih elemenata - prozora i balkonskih vrata na fasadama zgrade prema orijentaciji, dok je udeo istih elemenata u okviru njihove ukupne površine, takođe prema orijentaciji, prikazan na slici 6.4b.

Materijalizacija i toplotne karakteristike spoljašnjih zidova, kao i prikaz osnove prizemlja i tipskog sprata reprezentativne zgrade prikazani su na slici 6.5, dok je na slici 6.6 prikazan presek i karakteristike ostalih dominantnih elemenata termičkog omotača.

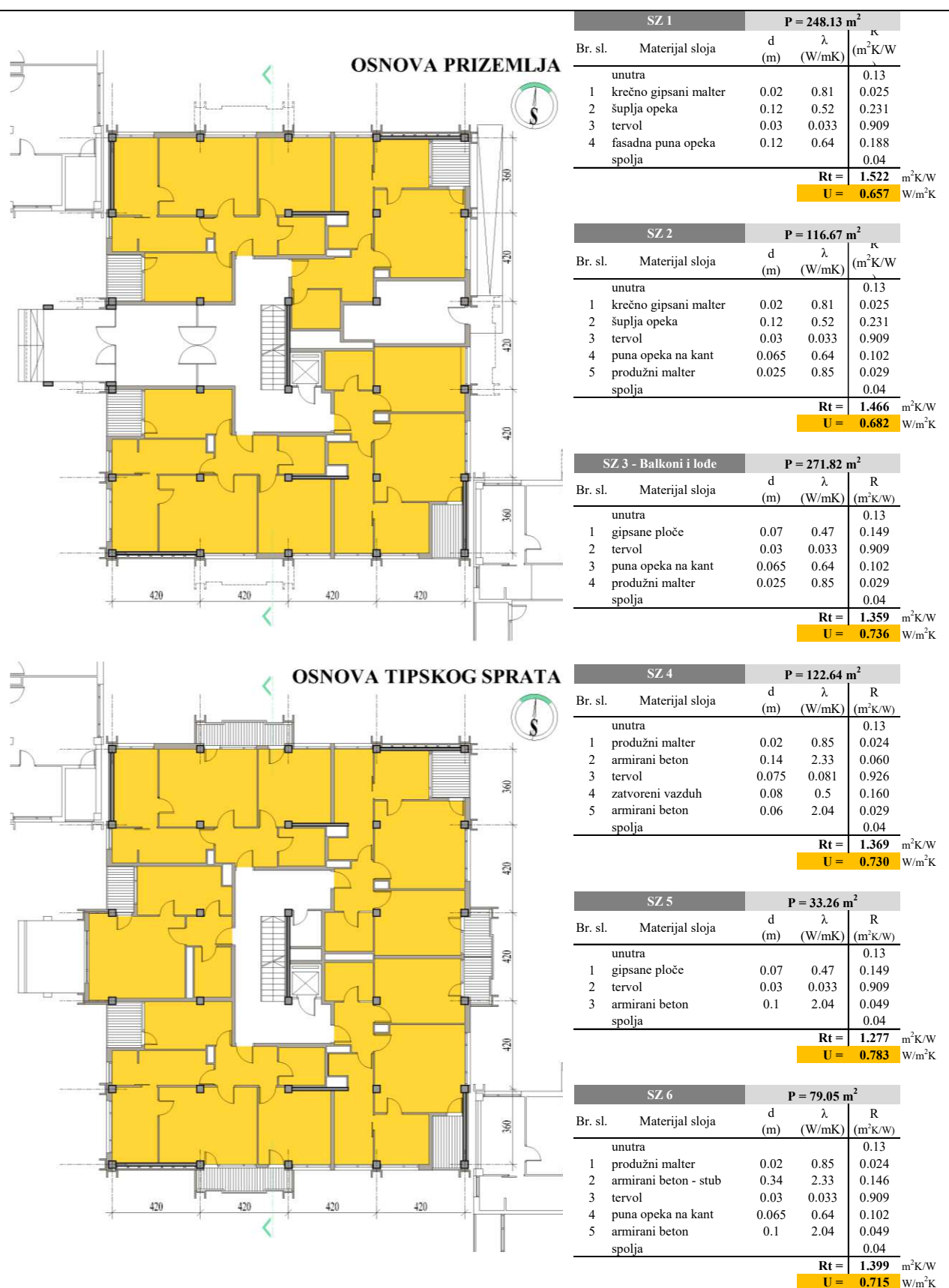
Tabela 6.6 Zastupljenost elemenata u neto površini termičkog omotača i njihova toplotno-zaštitna svojstva

ELEMENT TERMIČKOG OMOTAČA	POVRŠINA [m ²]	UDEO U T.O. [%]	SREDNJI KOEF. U [W/m ² K]	U _{max} [W/m ² K]
SPOLJAŠNJI ZID	871,57	32,93	0,705	0,40
ZID NA DILATACIJI	100,00	3,78	0,987	0,50
RAVAN KROV IZNAD GREJANOG PROSTORA	255,78	9,66	0,580	0,20
MEĐUSPRATNA KONSTRUKCIJA IZNAD SPOLJNOG PROSTORA	3,80	0,14	0,405	0,30
ZID PREMA NEGREJANOM PROSTORU	491,07	18,55	0,852	0,55
MEĐUSPRATNA KONSTRUKCIJA ISPOD NEGREJANOG PROSTORA	14,31	0,54	2,110	0,40
MEĐUSPRATNA KONSTRUKCIJA IZNAD NEGREJANOG PROSTORA	266,82	10,08	0,897	0,40
VRATA (UNUTRAŠNJA)	73,71	2,78	3,00	1,60
PROZORI I BALKONSKA VRATA	569,63*	21,52	3,50 (g = 0,80)	1,50
SREDNJI KOEFICIJENT PROLAZA TOPLOTE TERMIČKOG OMOTAČA			U _{sr.T.O.} = 1,423 W/m ² K	

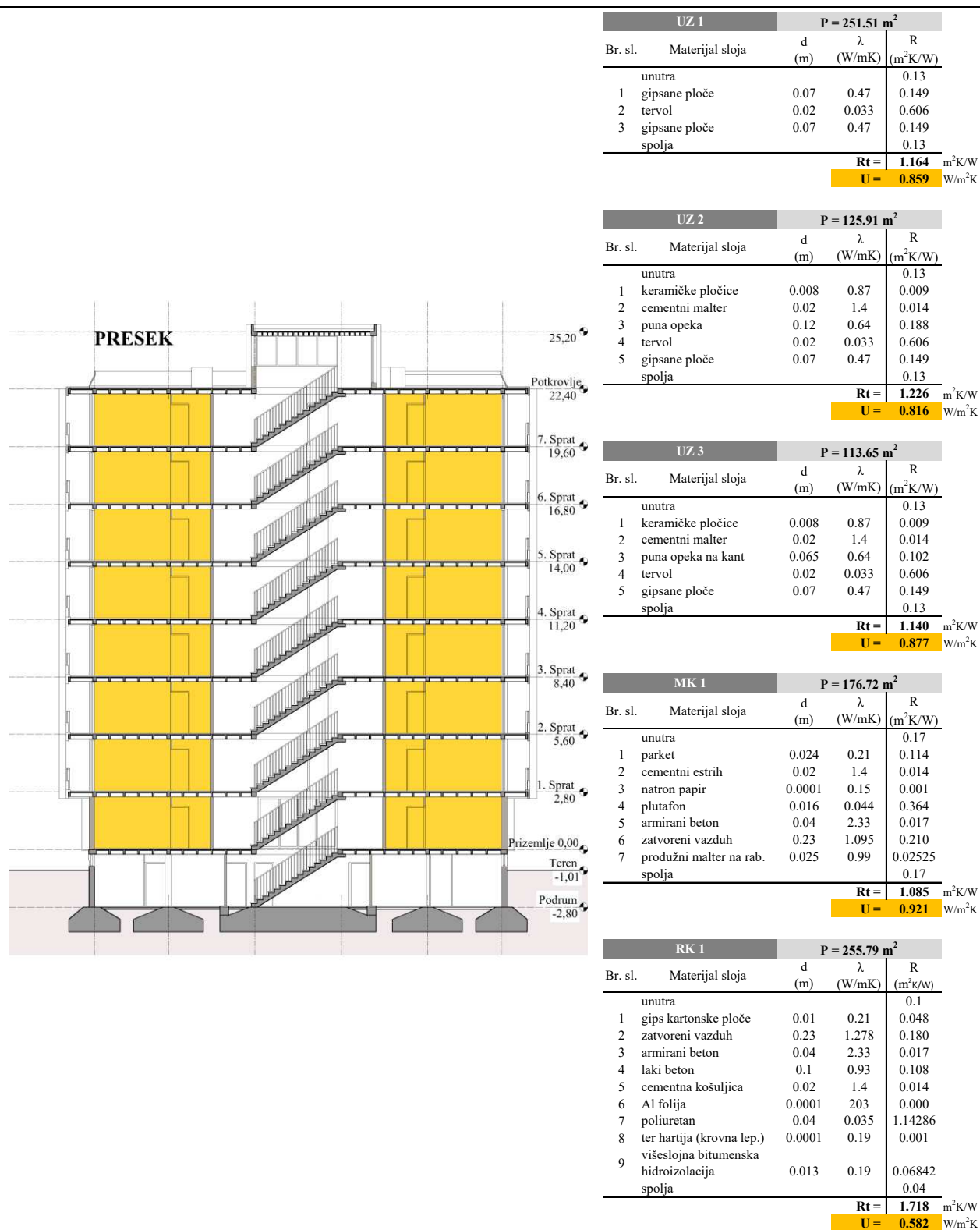
* Od ukupne površine. površina koja pripada prozorima i balkonskim vratima u okviru balkona i lođa iznosi 281,79m²



Slika 6.4 Zastupljenost spoljašnjih zidova i transparentnih elemenata prema orijentaciji: **a)** Medusobni odnos na fasadnim zidovima; **b)** U okviru površine posmatranog elementa



Slika 6.5 Osnova prizemlja i tipskog sprata reprezentativne zgrade, i prikazom materijalizacije i toplotnih karakteristika spoljašnjih zidova



Slika 6.6 Presek kroz reprezentativnu zgradu, i prikaz materijalizacije i toplotnih karakteristika ostalih dominantnih netransparentnih elemenata termičkog omotača

Za analizu energetske svojstava reprezentativne zgrade i kvantifikaciju mera, kao i za analizu modela unapređenja EE primenom odabranih pasivnih mera, izabran je pristup proračuna potrebne energije za grejanje, i hlađenje u zgradama koji podrazumeva potpuno definisani kvazi-stacionarni mesečni metod proračuna (posebna opcija je sezonski metod) kao jedan od tri legitimna pristupa⁴⁹ definisana standardom SRPS EN ISO 13790. Ovaj pristup je izabran jer je u skladu sa metodologijom proračuna godišnje i mesečne potrebne energije za grejanje propisane u PEEZ, a koja je zasnovana na metodi stepen-dana. Analize su sprovedene primenom programskog paketa javnog domena „KnaufTerm2“ verzija v28.24⁵⁰ koji je takođe u skladu sa PEEZ. I ako je metodologija proračuna zasnovana na mesečnoj metodi prema pojednostavljenom pristupu, podržana od strane odabranog programa, ovakvi programi daju rezultate sa dobrim nivoom tačnosti u poređenju sa dinamičkim simulacijama (Albatici i Passerini, 2011).

Sprovođenje proračuna pomoću odabranog programskog paketa, zahteva da se najpre, na osnovu položaja reprezentativne zgrade i drugih karakteristika, definišu faktori korekcije (tabela 6.7). Izuzev klase zaptivenosti zgrade, ovako definisani faktori korekcije, kao i dnevni prekid u radu sistema za grejanje, biće zadržani i u formiranju prediktivnih modela.

Tabela 6.7 Faktori korekcije i njihov značaj za proračun energetske svojstava reprezentativne zgrade

FAKTORI KOREKCIJE	VREDNOST	ZNAČAJ
KLASA ZAPTIVENOSTI ZGRADE – LOŠA – BROJ IZMENA VAZDUHA	0,90 h ⁻¹	Ventilacioni gubici
FAKTOR RAMA TRANSPARENTNIH ELEMENATA – PROZORI I BALKONSKA VRATA	0,30 i 0,35	Solarni dobitci
FAKTOR UMANJENJE USLED UMERENO ZAKLONJENOG POLOŽAJA ZGRADE	0,75	Solarni dobitci
FAKTOR UMANJENJA USLED KONSTANTNOG ZASENČENJA – LOĐE, ERKERI	0,70	Solarni dobitci
FAKTOR UMANJENJE USLED NEUPRAVNOG ZRAČENJA	0,90	Solarni dobitci
DNEVNI PREKID U RADU SISTEMA ZA GREJANJE	8 sati	Potrebna energija

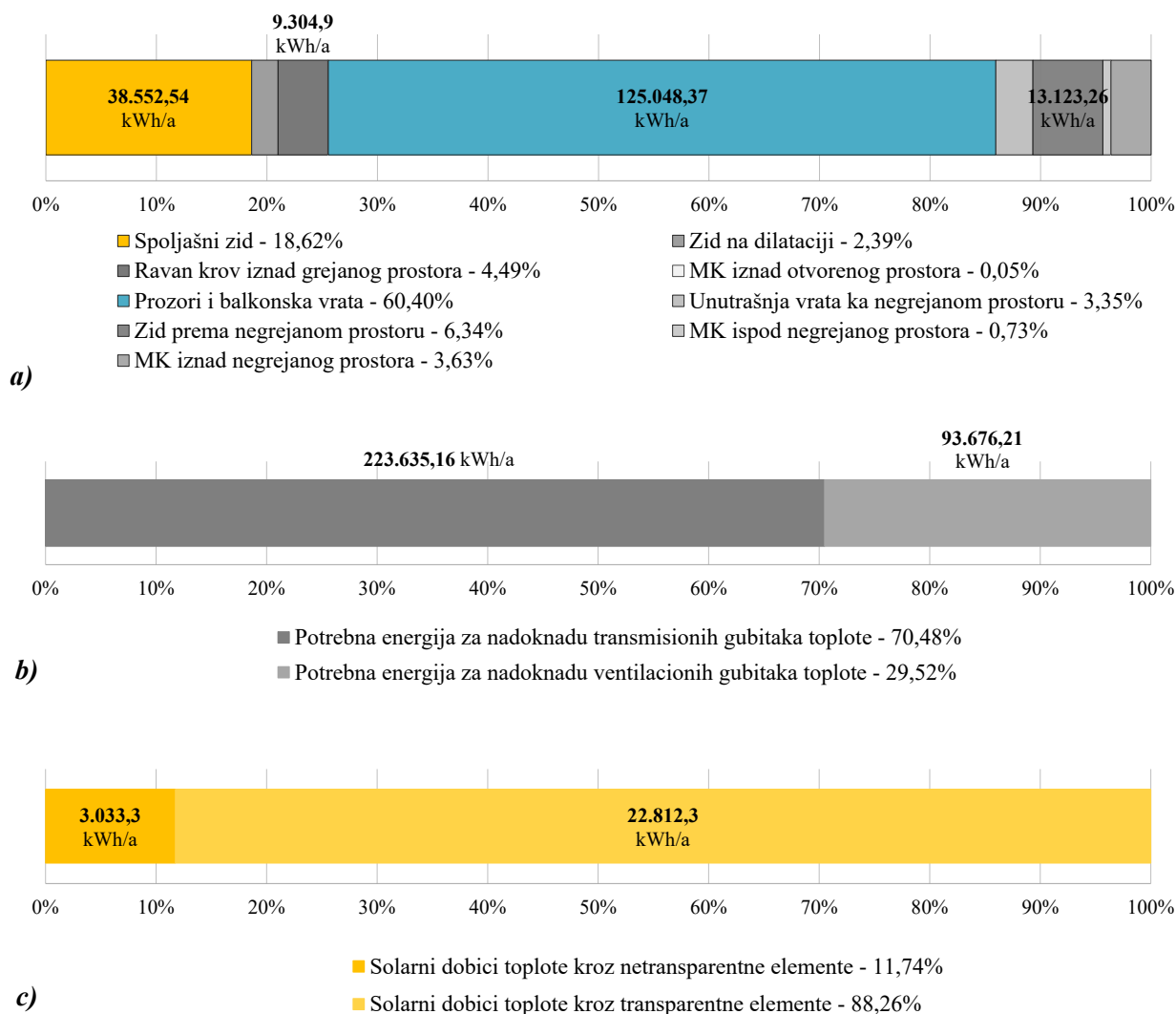
Nakon sprovedenog proračuna, na slici 6.7 su prikazane energetske odrednice termičkog omotača M-0. Skoro 80% transmisionih gubitaka toplote čine gubici kroz spoljašnje zidove i prozore i balkonska vrata (slika 6.7a). Jedini netransparentni element koji je zastupljen sa preko 5% jeste zid prema negrejanom prostoru (6,34%), a svi ostali elementi su ispod 5% (slika 6.7a). Očekivano, zbog svojih loših toplotnih karakteristika, najveći transmisioni gubici toplote su kroz transparentne elemente 60,40% (prozore i balkonska vrata) (slika 6.7a), dok sa druge strane skoro 90% solarnih dobitaka se ostvaruje upravo preko ovih elemenata (slika 6.7c) Usled loše

⁴⁹ Tri različita pristupa u standardu SRPS EN ISO 13790, koji definiše metodologiju proračuna potrebne energije za grejanje, i hlađenje u zgradama, su:

- potpuno definisani kvazi-stacionarni mesečni metod proračuna (posebna opcija je sezonski metod);
- potpuno definisani uprošćeni dinamički proračun zasnovan na časovnim vrednostima;
- metod proračuna koji podrazumeva detaljnu dinamičku simulaciju zgrade u termičkom smislu.

⁵⁰ „KnaufTerm2“ verzija v28.24 autor programa arhitekta dr A. Rajčić, van. profesor Arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

zaptivenosti zgrade nadoknada energije od ventilacionih gubitaka toplote nije zanemarljiva i utiče da skoro 30% ukupne potrebne energije za nadoknadu gubitaka toplote pripadne upravo nadoknadi ventilacionih gubitaka (slika 6.7b).



Slika 6.7 Energetske odrednice termičkog omotača: **a)** Zastupljenost transmisivnih gubitaka toplote u zavisnosti od elementa termičkog omotača; **b)** Odnos potrebne energije za nadoknadu transmisivnih i ventilacionih gubitaka toplote; **c)** Odnos solarnih dobitaka toplote netransparentnih i transparentnih elemenata termičkog omotača

Izvor: Autor

Energetski bilans reprezentativne zgrade (model M-0), ukazuje da se petina godišnje potrebne energije za nadoknadu gubitaka toplote nadoknađuje preko ukupnih dobitaka toplote, što je zgradu svrstalo u energetski razred „E“ (tabela 6.8). Energetski razred je određen na osnovu specifične godišnje potrebne energije za grejanje za sistem koji radi sa prekidom, jer je prekid rada kontrolisan s obzirom da je zgrada priključena na daljinsko grejanje. Detaljan prikaz energetskog bilansa za postojeće stanje reprezentativne zgrade (M-0) dat je u Prilogu 1.

Tabela 6.8 Energetski bilans reprezentativne zgrade – M-0

M-0		OZNAKA [jedinica mere]	VREDNOST	
TOPLOTNI GUBICI	Koeficijent transmisionih toplotnih gubitaka		H_T [W/K]	3.565,52
	Specifični transmisioni gubici (max $H'_T = 0,600$)		H'_T [W/m ² K]	1,141
	Godišnja potrebna energija za nadoknadu transmisionih gubitaka		Q_T [kWh/a]	223.635,16
	Koeficijent ventilacionih toplotnih gubitaka		H_V [W/K]	1.493,52
	Godišnja potrebna energija za nadoknadu ventilacionih gubitaka		Q_V [kWh/a]	93.676,21
	GODIŠNJA POTREBNA ENERGIJA ZA NADOKNADU GUBITAKA TOPLOTE		$Q_{H,ht}$ [kWh/a]	317.311,37
TOPLOTNI DOBICI	SOLARNI DOBICI TOPLOTE	Kroz netransparentne elemente termičkog omotača	$Q_{sol,c}$ [kWh/a]	3.033,30
		Kroz transparentne elemente termičkog omotača	$Q_{sol,gl}$ [kWh/a]	22.812,30
		UKUPNI SOLARNI DOBICI TOPLOTE	Q_{sol} [kWh/a]	25.845,60
	UNUTRAŠNJI DOBICI TOPLOTE	Od električnih uređaja	Q_{el} [kWh/a]	29.593,56
		Od ljudi	Q_p [kWh/a]	7.777,19
		UKUPNI UNUTRAŠNJI DOBICI TOPLOTE	Q_{int} [kWh/a]	37.370,75
	UKUPNI GODIŠNJI DOBICI TOPLOTE		$Q_{H,gn}$ [kWh/a]	63.216,35
ENERGETSKE POTREBE	GODIŠNJA POTREBNA ENERGIJA ZA GREJANJE		$Q_{H,nd}$ [kWh/a]	254.095,04
	SPECIFIČNA GODIŠNJA POTREBNA ENERGIJA ZA GREJANJE		$Q_{H,an}$ [kWh/m ² a]	126,32
	GODIŠNJA POTREBNA ENERGIJA ZA GREJANJE ZA SISTEM KOJI RADI SA PREKIDOM		$Q_{H,nd,interm}$ [kWh/a]	233.846,22
	SPECIFIČNA GODIŠNJA POTREBNA ENERGIJA ZA GREJANJE ZA SISTEM KOJI RADI SA PREKIDOM		$Q_{H,an,interm}$ [kWh/m²a]	116,26
ENERGETSKI RAZRED:			E	

Kako je proračun energetskih svojstava reprezentativne zgrade, prikazan u tabeli 6.8, proizašao iz morfološkog modela zgrade formiranog na osnovu postojeće projektne dokumentacije, izvršeno je validiranje M-0. Validiranje je sprovedeno u cilju što preciznije dalje analize formiranja mera i proračuna efekta i učinka prediktivnih modela unapređenje EE reprezentativne zgrade. Na osnovu proračuna dobijena je vrednost specifične godišnje potrebne energije za grejanje za sistem koji radi sa prekidom koja iznosi 116,26 kWh/m²a, dok je stvarna vrednost koja je proizašla iz analize dobijenih podataka iz JKP „Gradska toplana“ Niš 116,28 kWh/m²a (Prilog 2). Ovo ukazuje na validnost formiranog modela reprezentativne zgrade, kao i na pouzdanost odabrane metode proračuna i programskog paketa.

6.4 RAZRADA I DEFINISANJE ODABRANIH PASIVNIH MERA

Jedan od sekundarnih postavljenih ciljeva u ovom istraživanju je definisanje elemenata i struktura odabranih pasivnih mera za unapređenje EE postojećih višeporodičnih stambenih zgrada. Sam proces unapređenja EE se sprovodi implementacijom jednostavnih rešenja i tehnika koje odlikuje integrisani pristup, a klimatski i urbanistički parametri, oblikovanje zgrade, odabir materijala i sistema, i ekonomičnost su relevantne odrednice. Odabrane mere ne treba da utiču na stabilnost, bezbednost i pristupačnost.

Kako bi se smanjio broj modela unapređenja EE, najpre je sprovedena analiza varijacija određenih identifikovanih uticajnih karakteristika odabranih pasivnih mera, sa posebnim akcentom na razradu mere zastakljenja balkona i lođa i zelenih krovova, budući da je u daljem istraživanju fokus upravo na primeni ove mera i njenog doprinosa u modelima unapređenja EE. Kvantifikacija svake varijante primenjenih mera je sagledana sa aspekta njihovog doprinosa u smanjenju specifične godišnje potrebne energije za grejanje u odnosu na reprezentativnu zgradu, odnosno M-0, i iskazana je procentualno. Ostali aspekti kvantifikacije zavisice od pasivne mere.

6.4.1 Izolovanje

Prikaz materijalizacije elemenata reprezentativne zgrade ukazao je na prethodno iznetu činjenicu, da se prilikom izgradnje višeporodičnih stambenih zgrada tokom perioda USI, a naročito od 1971. godine, vodilo računa o njihovim toplotno zaštitnim svojstvima. I pored toga, netransparentni elementi termičkog omotača ne ispunjavanja uslova koji su propisani danas važećim Pravilnikom o EEZ (tabela 6.6). Zbog toga se mera izolovanja smatra jednom od efikasnijih i prvih koje treba razmatrati prilikom unapređenja EE bilo koje zgrade. Sama mera utiče na smanjenje toplotnih gubitaka u zimskom periodu i podrazumeva dodavanje termoizolacionog materijala na postojeću strukturu elementa sa spoljašnje ili unutrašnje strane. U radu su razmatrane samo varijante postavljanja termoizolacionog sloja sa spoljašnje, odnosno negrejjane strane objekta.

U prvom koraku, izvršena je redukcija broja elemenata termičkog omotača na kojima će biti analizirane varijante mere, prema sledećim kriterijumima: 1) tehnička izvodljivost primene mere i 2) zastupljenost elementa u transmisionim gubicima toplote. Prema prvom kriterijumu iz analize je eliminisan zid na dilataciji, dok u skladu sa drugim kriterijumom, međuspratna konstrukcija iznad spoljnog prostora sa udelom od 0,05% i međuspratna konstrukcija ispod negrejjanog prostora sa udelom od 0,73% u transmisionim gubicima toplote (slika 6.7a), takođe nisu razmatrane.

Nakon smanjenja broja pozicija termičkog omotača, varijacije mere izolovanja biće analizirane za sledeće:

- Spoljašnji zid;
- Ravan krov iznad grejanog prostora – oznaka;
- Zid prema negrejanom prostoru i
- Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora.

Varijacije mere izolovanja uslovljene su ispunjavanjem zahteva po pitanju koeficijenta U, najpre za postojeće, a zatim i za nove zgrade. Iz tog razloga se varijacije, pre svega, odnose na debljinu i vrstu termoizolacionog materijala, zatim i na moguća tehnička rešenja što je slučaj primene mere kod ravnog krova, kao i različitih završnih obrada kod unutrašnjih elemenata.

S obzirom na to da se kod određenih pozicija (spoljašnji zid, zid prema negrejanom prostor i međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora) pojavljuje više različitih struktura (slika 6.5 i 6.6), debljine su određene na osnovu zadovoljenja koeficijenta U prema onoj strukturi elementa čija je površina najzastupljenija u toj poziciji. Pregled svih varijanti mere izolovanja, grupisanih prema tipu pozicije, kao i njihova kvantifikacija prikazan je u tabeli 6.9.

Spoljašnji zid (SZ) – Za izolovanje spoljašnjih zidova varirane su vrste termoizolacije od stiropora (EPS) i kamene vune u debljinama 5 i 10 cm (tabela 6.9, varijante: 1-4). Debljine su određene na osnovu zadovoljenja koeficijenta U za strukturu spoljašnjeg zida na delu balkona i lođa. Spoljašnji zid na delu balkona i lođa pored najveće površine, a samim tim i udela u transmisionim gubicima, ima drugi najveći koeficijent U, s tim što veći koeficijent ima zid male površine. Ovo ukazuje da će debljine termoizolacije određene prema spoljašnjem zidu balkona i lođa, zadovoljiti uslov koeficijenta U i kod ostalih struktura spoljašnjeg zida.

Analizirane su i varijacije kada se kombinuju debljine od 5 cm na zidu balkona i lođa, a ostale strukture spoljašnjih zidova su izolovane sa slojem od 10 cm (tabela 6.9, varijante: 5 i 6). Sprovedene su i varijacije materijala samo za spoljašnji zid na delu balkona i lođa (tabela 6.9, varijante: 7 i 8). Zbog manjeg uticaja na smanjenje korisne površine balkona i lođa, za varijante 7 i 8 razmatrana je debljina termoizolacije od 5 cm. Sa namerom očuvanja arhitektonskog izraza, prilikom mere, kod postojeće obrade od betona i produžnog maltera predviđen je sloj mineralnog fasadnog maltera koji odgovara ETICS sistemu, dok se kod fasadne obrade od opeke predviđa njena replika u vidu primene klinker „listela“.

Ravan krov iznad grejanog prostora (RK) – Karakteristično za višeporodične zgrade iz perioda USI jeste da je udeo ravan krov u termičkom omotaču značajno manji u odnosu na ostale elemente, što je slučaj i sa reprezentativnom zgradom - manje od 10% (tabela 6.6). Samim tim je i njegovo učešće u transmisionim gubicima toplote srazmerno m kod ovih elemenata treba predvideti zbog drugih koristi koje se, pre svega odnose na njegovu sanaciji.

Kod ovog elementa varirane su debljine termoizolacionog sloja kamene vune/XPS i PIR-a (tabela 6.9, varijante: 9-16). Varijacije su izvršene kroz dve mogućnosti primene mere u zavisnosti od tehničkog rešenja, i to: 1) sa zadržavanjem postojećeg sloja termoizolacije, što podrazumeva uklanjanje svih slojeva iznad postojećeg sloja termoizolacije (tabela 6.9, varijante: 9-12) i 2) bez zadržavanja postojećeg sloja termoizolacije, što podrazumeva uklanjanje svih slojeva iznad ravnajućeg sloja (tabela 6.9, varijante: 13-16). Kao završni sloj u strukturi ravnog krova predviđena je hidroizolaciona EPDM membrana.

Zid prema negrejanom prostoru (UZ) – Usled pozicije elementa, prema negrejanom stepeništu, neophodno je voditi računa i o bezbednosti od požara. Iz tog razloga, analizirane su varijante različite debljine termoizolacije samo od kamene vune. Predviđene su dve varijante završne obrade: malterisanje (tabela 6.9, varijante: 17 i 18) i sistem suve gradnje uz primenom odgovarajućih gips-kartonskih ploča (tabela 6.9, varijanta 19).

Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora (MK) – Kao i kod zida prema negrejanom prostoru, položaj ovog unutrašnjeg elementa (iznad podruma i dela prizemlja) je uslovio neophodnost zadovoljenja i protivpožarnih zahteva. Za plafonsku konstrukciju, varirane su debljine termoizolacije od kamene vune, sa završnom obradom od maltera (tabela 6.9, varijante: 20 i 21) i u sistemu suve gradnje (tabela 6.9, varijante: 22 i 23).

Odabir mera izolovanja, čiji su redni brojevi u tabeli 6.9 naznačeni, nije zasnovan samo na osnovu njihove kvantifikacije smanjenja potrebne energije za grejanje, već su varijante mera sagledane kroz širi pristup koji je podrazumevao i druge aspekte, koji se pre svega odnose na uticaj određene varijante na funkcionalne karakteristike prostora, tehnička, i bezbedonosna rešenja. Takođe je sagledan i investicioni aspekt u smislu izvodljivosti određene varijante - „uradi sam“ ili investicija na nivou stambene zajednice.

Tabela 6.9 Kvantifikacija varijanti mere izolovanja

RED. BR. VARIJANTE	STRUKTURA – OPIS MERE	MATERIJAL	d [cm]	λ [W/mK]	U_{sr} [W/m ² K]	U_{max}	$Q_{H,an,interm}$ [kWh/m ² a]	SMANJENJE $Q_{H,an,interm}$ u odnosu na M-0 [%]
SPOLJAŠNJI ZID (SZ)								
1.	Postojeće strukture zidova, termoizolacija i fasadni malter (ETICS) ili klinker „listela“.	EPS	5	0,041	0,377	0,40	108,05	7,1
2.			10	0,041	0,258	0,30	105,08	9,6
3.		Kamena vuna	5	0,034	0,346	0,40	107,25	7,8
4.			10	0,034	0,231	0,30	104,34	10,3
5.	Spoljašnji zid na balkonima i lođama izoluje se sa 5 cm, a svi ostali zidovi sa 10 cm termoizolacije.	EPS	5 i 10	0,041	0,386	0,40	106,11	8,7
6.		Kamena vuna	5 i 10	0,034	0,352	0,40	105,34	9,4
7.	Postojeći spoljašnji zid na balkonima i lođama, termoizolacija i fasadni malter (ETICS).	EPS	5	0,041	0,386	0,40	113,34	2,5
8.		Kamena vuna	5	0,034	0,352	0,40	113,05	2,8
RAVAN KROV (RK)								
9.	Sa postojećom termoizolacijom - postojeći ravan krov do hidroizolacije, termoizolacija i EPDM membrana. Uklanjaju se postojeći slojevi iznad postojeće termoizolacije.	Kamena vuna ili XPS	14	0,036	0,180	0,20	113,56	2,3
10.			20	0,036	0,139	0,15	113,28	2,6
11.		PIR	10	0,025	0,177	0,20	113,54	2,3
12.			14	0,025	0,138	0,15	113,28	2,6
13.	Bez postojeće termoizolacije - postojeći ravan krov do termoizolacije, parna brana, termoizolacija i EPDM membrana. Uklanjaju se svi postojeći slojevi iznad ravnajućeg sloja.	Kamena vuna ili XPS	18	0,036	0,181	0,20	113,57	2,3
14.			24	0,036	0,139	0,15	113,28	2,6
15.		PIR	12	0,025	0,188	0,20	113,61	2,3
16.			16	0,025	0,145	0,15	113,32	2,5
ZID PREMA NEGREJANOM PROSTORU (UZ)								
17.	Postojeće strukture zidova, termoizolacija i malter	Kamena vuna	3	0,034	0,480	0,55	113,45	2,4
18.			5	0,034	0,374	0,40	112,65	3,1
19.	Postojeće strukture zidova, termoizolacija i gips-kart. ploče.	Kamena vuna	5	0,034	0,371	0,55	112,63	3,1
MEDUSPRATNA KONSTRUKCIJA IZNAD NEGREJANOG PROSTORA (MK)								
20.	Postojeće strukture MK, termoizolacija i malter	Kamena vuna	5	0,034	0,391	0,40	114,12	1,8
21.			10	0,034	0,240	0,30	113,57	2,3
22.	Postojeće strukture MK, termoizolacija i gips-kartonske ploče.	Kamena vuna	5	0,034	0,386	0,40	114,10	1,9
23.			10	0,034	0,239	0,30	113,56	2,3

Obrazloženje izabranih varijanti mere:

▪ **Varijanta 1** – Najmanji doprinos za smanjenje godišnje specifične potrebne energije za grejanje; EPS je tokom svih prethodnih godina najprodavaniji termoizolacioni materijal u Srbiji.

▪ **Varijanta 4** – U odnosu na ostale varijante izolovanja spoljašnjih zidova, kvantifikacija ukazuje na ostvarenje najvećeg smanjenja potrebne energije za grejanje; pod pretpostavkom da je izolovanje svih spoljašnjih zidova investicija na nivou stambene zajednice u okviru subvencionisanih modela unapređenja, odabrana je varijanta sa kamenom vunom zbog boljih parodifuznih i protivpožarnih karakteristika.

▪ **Varijanta 7** – Kvantifikacija varijanti mere izolovanja spoljašnjih zidova na delu balkona i lođa u zavisnosti od smanjenja potrebne energije za grejanje nije razmatrana s obzirom na neznatnu razliku doprinosa; izolovanje samo spoljašnjih zidova na delu balkona i lođa se posmatra kao „uradi sam“ mera, te je iz tog razloga izabrana varijanta sa termoizolacijom od EPS, koji je tokom svih prethodnih godina najprodavaniji termoizolacioni materijal; ova varijanta omogućava kombinovanje sa izolovanjem u debljini od 10 cm svih ostalih spoljašnjih zidova, i ne utiče na smanjenje korisne površine privatnih otvorenih prostora.

▪ **Varijanta 9 i 10** – Odabrane varijante predstavljaju sa aspekta kvantifikovanja u smanjenju potrebne energije za grejanje minimalni i maksimalni doprinos; najčešće su primenjivane varijante prilikom sanacije ravnog krova.

▪ **Varijanta 15** – Izbor PIR-a i tehničkog rešenja sa uklanjanjem sloja postojeće termoizolacije odnosi se na investiciju izvođenja mere na nivou stambene zajednice u okviru subvencionisanih modela; ovo je mera sa najmanjom potrebnom debljinom termoizolacije čija će primena uticati na minimalno povećanje ukupne debljine sistema ravnog krova za ~2 cm (kod ostalih varijanti povećanje je 6-16 cm i može uzrokovati potrebu za povećanjem visine atike, a samim tim i povećanje investicionih troškova); minimalno povećanje debljine sistema ravnog krova omogućava i primenu zelenih krovova, u glavnom bez korekcije visine atike.

▪ **Varijanta 19** – Uzimajući u obzir uticaj kvantifikacije u zavisnosti od smanjenja potrebne energije za grejanje dodatni aspekt za odabir ove mere je i završna obrada u sistemu suve gradnje koja se odlikuje manjim investicionim ulaganjima, kao i bržim izvođenjem radova na izolovanju zidova ka negrejanom prostoru.

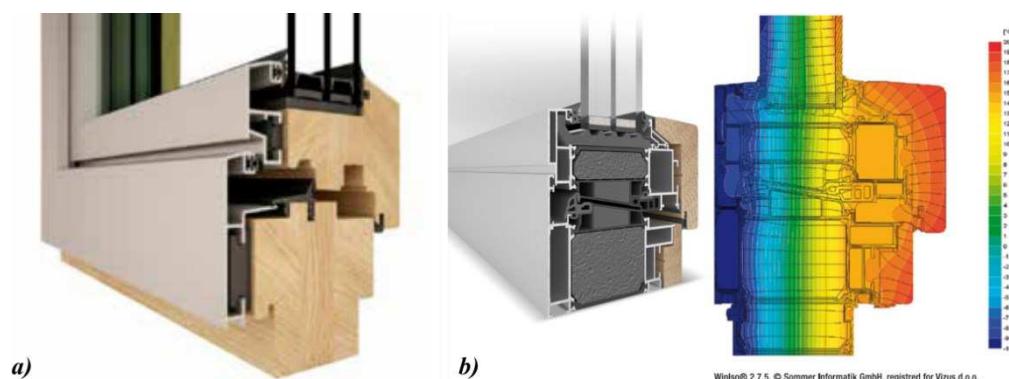
▪ **Varijanta 22 i 23** – Kao i u prethodnom slučaju, glavni kriterijum za odabir ovih varijanti, za izolovanje međuspratnih konstrukcija iznad negrejanog prostora jesu manja investiciona ulaganja i brže izvođenje radova; sa kvantifikacionog aspekta izabrane varijante predstavljaju minimalni i maksimalni doprinos u smanjenju potrebne energije za grejanje.

6.4.2 Izolaciono zastakljenje

Kod višeporodičnih stambenih zgrada, najkritičniji elementi sa aspekta njihovih energetske svojstava, svakako su transparentni elementi - prozori i balkonska vrata. U količini potrebne energije za nadoknadu transmisionih gubitaka toplote M-0 reprezentativne zgrade, prozori i balkonska vrata imaju najveći udeo od 60,40% (slika 6.7a). Ovo ukazuje da će mera izolacionog zastakljenja, odnosno zamena postojećih transparentnih elemenata kvalitetnijim i savremnijim proizvodima, doprineti značajnom unapređenju energetske svojstava zgrade kroz smanjenje gubitaka toplote. Sa druge strane, kao što je već prikazano, preko postojećih prozora se ostavruje 90% solarnih dobitaka. Iz tog razloga, cilj razrade ove mere je pronalaženje optimalnih karakteristika transparentnih elemenata, određenih koeficijentom U_w i faktorom propustljivosti solarnog zračenja stakla (g), što će doprineti znatnom smanjenju toplotnih gubitaka uz mali uticaj na smanjenje toplotnih dobitaka.

U vezi sa tim (poglavljje 3.2.2) analizirano je pet tipova prozora:

1. tipični izolacioni prozor – Drveni sa dvostrukim izolacionim niskoemisionim staklo-paketom ispunjenim inertnim gasom;
2. tipični izolacioni prozor – PVC prozor sa dvostrukim izolacionim niskoemisionim staklo-paketom ispunjenim inertnim gasom;
3. visokoizolacioni prozor – PVC prozor sa trostrukim izolacionim niskoemisionim staklo-paketom ispunjenim inertnim gasom;
4. visokoizolacioni prozor – Prozor drvo-aluminijum sa trostrukim izolacionim niskoemisionim staklo-paketom ispunjenim inertnim gasom (slika 6.8a);
5. visokoizolacioni prozor – Kompozitni prozorski sistem sa trostrukim izolacionim niskoemisionim staklo-paketom ispunjenim inertnim gasom (slika 6.8b).



Slika 6.8 Odabrani prozori iz kataloga proizvođača za razradu mere izolacionog zastakljenja: **a)** Prozor drvo - aluminijum sa trostrukim izolacionim niskoemisionim staklo-paketom ispunjenim inertnim gasom; **b)** Kompozitni prozorski sistem sa trostrukim izolacionim niskoemisionim staklo-paketom ispunjenim inertnim gasom sa prikazom izoterma u poprečnom preseku rama

Izvor: a) <https://smaj.rs/wp-content/uploads/2021/01/Roma-6.png>

b) <https://vizus.rs/wp-content/uploads/2023/03/Vizus-Pasiv-AT135-presek.jpg> i

print screen kataloga dostupnog na https://vizus.rs/download-files/VIZUS_Pasiv_SRB.pdf

Prvi i treći tip prozora definisani su koeficijentom U_w onako kako je dato u modelima unapređenja u *Nacionalnoj tipologiji stambenih zgrada Srbije* (Jovanović Popović i sar., 2013a) za predmetni tip višeporodične stambene zgrade – lamela i definisani period izgradnje. Drugi tip prozora, definisan je koeficijentom U_w iz ponuđenih opcija programskog paketa (tabela 6.10). Faktor propustljivosti solarnog zračenja (g) za ova tri tipa prozora je usvojen prema PEEZ (tabela 6.10). Za četvrti i peti prozor, karakteristike su prema katalogu lokalnih proizvođača sa dugogodišnjom tradicijom proizvodnje i ugradnje prozora u zemlji i inostranstvu (tabela 6.10), i odgovaraju standardima pasivnih zgrada za koje je uslov $U_w \leq 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tipovi balkonskih vrata su u svim karakteristikama isti kao i tipovi prozora. Svi tipovi analiziranih prozora i balkonskih vrata imaju slične dimenzije ramovskih elemenata u odnosu na postojeće prozore, te je zadržan isti faktor rama kao kod postojećih.

Tabela 6.10 Karakteristike analiziranih tipova prozora i balkonskih vrata

KARAKTERISTIKA	1.	2.	3.	4.	5.
KOEFICIJENT U_w [$\text{W/m}^2\text{K}$]	1,50	1,30	1,00	0,80	0,65
FAKTOR PROPUSTLJIVOSTI SOLARNOG ZRAČENJA - g	0,61	0,61	0,48	0,42	0,48*
FAKTOR RAMA ZA PROZORE - Fr	0,30				
FAKTOR RAMA ZA BALKONSKA VRATA - Fr	0,35				

* Faktor propustljivosti solarnog zračenja je usvojen prema PEEZ na osnovu Ug datog u katalogu proizvođača

Pored kvantifikovanja izabranih tipova prozora prema procentualnom smanjenju specifične godišnje potrebne energije za grejanje, uvedena su još dva aspekta kvantifikacije: smanjenje godišnje potrebne energije za nadoknadu transmisionih gubitaka toplote kroz transparentne elemente ($Q_{T,gl}$) i smanjenje godišnjih toplotnih dobitaka transparentnih elemenata ($Q_{sol,gl}$) - iskazano procentualno (tabela 6.11).

Tabela 6.11 Kvantifikacija varijanti mere izolacionog zastakljenja (zamena prozora i balkonskih vrata)

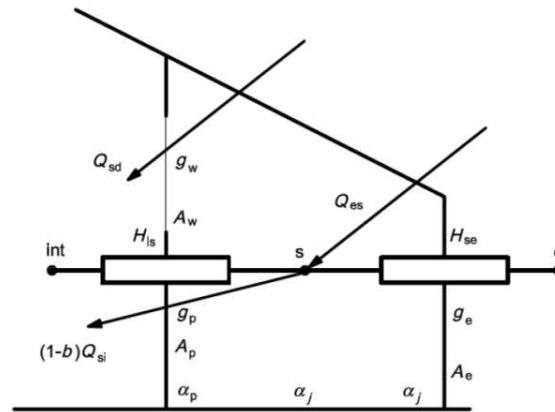
RED. BR. VARIJANTE	STRUKTURA – OPIS MERE	U_w [$\text{W/m}^2\text{K}$]	g [-]	SMANJENJE $Q_{T,gl}$ [%]	SMANJENJE $Q_{sol,gl}$ [%]	$Q_{H,an,interm}$ [$\text{kWh/m}^2\text{a}$]	SMANJENJE $Q_{H,an,interm}$ u odnosu na M-0 [%]
PROZORI I BALKONSKA VRATA							
1.	Drveni, dvostruko izolaciono niskoemisiono staklo-paket sa inertnim gasom	1,50	0,61	57,14	23,75	84,70	27,15
2.	PVC, dvostruko izolaciono niskoemisiono staklo-paket sa inertnim gasom (Ar)	1,30	0,61	62,86	23,75	81,23	30,13
3.	PVC, trostruko izolaciono niskoemisiono staklo-paket sa inertnim gasom (Kr, Xe)	1,00	0,48	71,43	40,00	78,25	32,69
4.	Drvo-aluminijum, trostruko izolaciono niskoemisiono staklo-paket sa inertnim gasom (Ar)	0,80	0,42	77,14	47,50	75,81	34,79
5.	Kompozitni, trostruko izolaciono niskoemisiono staklo-paket sa inertnim gasom (Xe)	0,65	0,48	81,43	40,00	72,18	37,92

Očekivano, analiza je pokazala da se primenom mere zamene postojeće stolarije savremenijim tipovima, ostvaruje značajan doprinos u smanjenju godišnje potrebne energije za grejanje, koji u slučaju analiziranih tipova iznosi od 27,15 do 37,92%. Za formiranje modela unapređenja EE višeporodičnih zgrada iz perioda USI, izabrani su prozori tipa 2 i tipa 5, označeni u tabeli 6.11. Prozor izrađen od PVC profila sa dvostrukim niskoemisionim zastakljenjem, tip 2, spada u prozore koji se najčešće koriste kod nas i ima najmanje smanjenje solarnih dobitaka. Sa druge strane, prozor sa kompozitnim sistemom okvira i trostrukim zastakljenjem spada u najefikasnije analizirane prozore i pored velikog smanjenja solarnih dobitaka od čak 40%, dok sa druge strane redukuje transmisione gubitke za preko 80% (tabela 6.11).

6.4.3 Zastakljenje balkona i lođa

Posebna pažnja u ovom istraživanju posvećena je razradi mere zastakljenja balkona i lođa sa ciljem formiranja prediktivnih modela unapređenja EE višeporodičnih zgrada iz perioda USI. Kao što je već prikazano u poglavlju 3.2.3, sa prostorno-funkcionalnog aspekta, kod zastakljivanja prostora balkona i lođa moguća su dva scenarija: 1) zadržava se funkcija privatnog otvorenog negrejanog prostora, a pregradni (spoljašnji) zid se ne uklanja i 2) prostor balkona i lođa se pridodaje grejanom stambenom prostoru uklanjanjem pregradnog zida. Kako bi se ispitala efikasnost mere i njen doprinos u unapređenju EE reprezentativne zgrade, razrada se bazira na prvom slučaju.

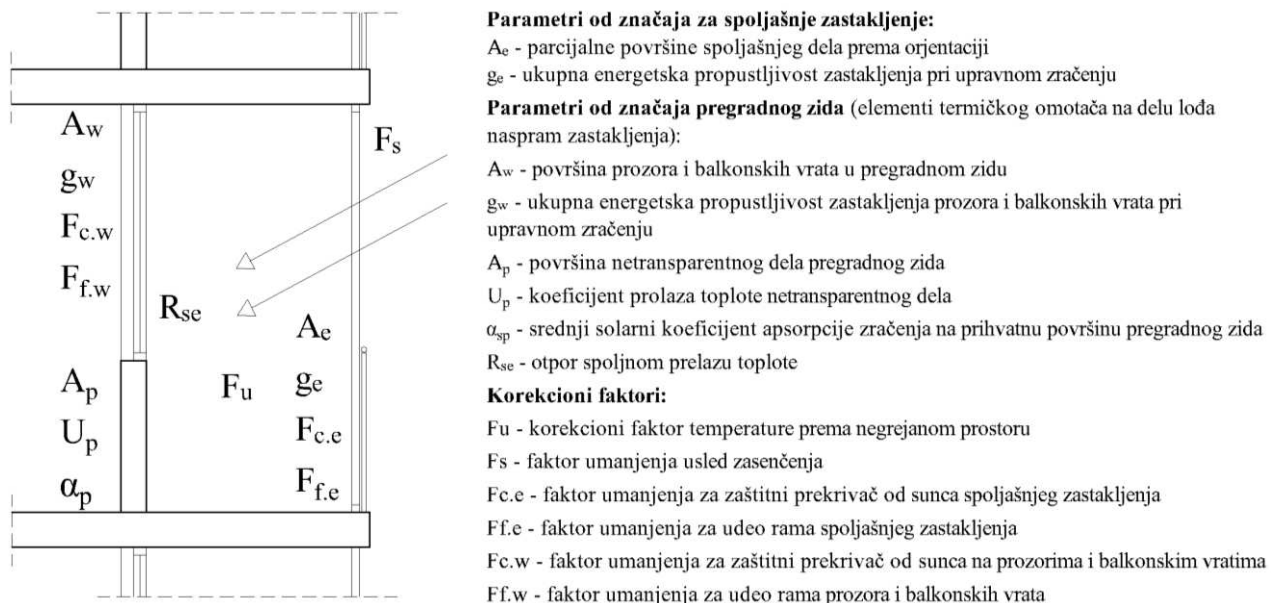
Proračun uticaja ove mere na godišnju potrebnu energiju za grejanje zasniva se na metodologiji proračuna negrejanih staklenika definisanoj standardom SRPS EN 832 (Aneks D), odnosno SRPS EN ISO 13790 (Aneks E). Metodologija definiše obračun toplotnih gubitaka kroz elemente termičkog omotača onako kako se računaju prema negrejanom prostoru; dok su solarni dobitci od staklenika (Q_{ss}) koji dospevaju u grejani prostor, jednaki zbiru direktnih dobitaka kroz pregradne elemente termičkog omotača (Q_{sd}) i indirektnih dobitaka iz staklenika zagrejanog sunčevim zračenjem (Q_{si}) (slika 6.9). Za razliku od staklenika koji ima gornju zastakljenu površinu (horizontalnu ili pod nagibom), kao i više od jedne zastakljene vertikalne strane preko kojih se ostavruju veći direktni solarni dobitci, elementi termičkog omotača između grejanog prostora i prostora lođe i balkona su konstantno zasenčeni, te preko tih elemenata ne treba očekivati značajnije direktne solarne dobitke.



Slika 6.9 Koncept staklenika sa solarnim dobitcima i koeficijentima toplotnih gubitaka, i parametri od značaja

Izvor: SRPS EN ISO 13790:2010, str.101.

Programski paket „KnaufTerm2“ verzija v28.24 za proračun solarnih dobitaka preko zastakljenih lođa i balkona pruža mogućnost izbora između jednostavne i detaljne metode proračuna. Detaljna metoda, izabrana za analizu, pored unosa podataka koji određuju karakteristike spoljašnjeg zastakljenja i pregradnog zida, zahteva i definisanje korekcionih faktora. Na slici 6.10 prikazani su svi parametri od značaja za detaljnu metodu proračuna energetskih svojstava zastakljenog prostora.



Slika 6.10 Parametri od značaja za detaljnu metodu proračuna energetskih svojstava zastakljenog prostora balkona i lođa u programskom paketu „KnaufTerm2“ verzija v28.24

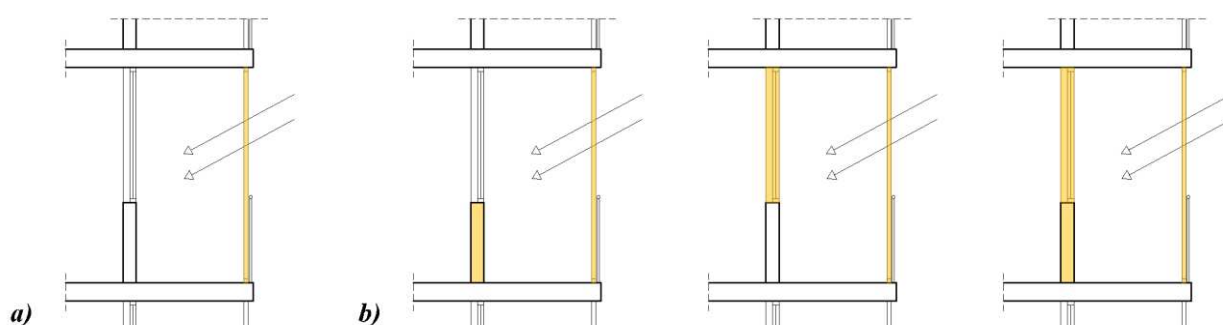
Izvor: Autor

Sa arhitektonsko-projektantskog aspekta, zastakljenje balkona (koji su kod reprezentativne zgrade zatvoreni sa bočnih strana u punoj visini i iako su izvan fasadne ravni imaju formu lođe), i lođa podrazumeva zatvaranje prostora u punoj visini transparentnim elementima koje je potpuno ili većim delom moguće otvoriti, i bez elemenata za zasenčenje.

Budući da na efikasnost ove mere u smanjenju potrebne energije za grejanje, pored samog zastakljenja, utiču i toplotne karakteristike elemenata pregradnog zida (netransparentni i transparentni delovi) (slika 6.10), razrada mere je sprovedena kroz dva definisana slučaja:

1) Razrada koja podrazumeva variranje samo tipa zastakljenja balkona i lođa uz zadržavanje postojećih toplotnih karakteristika elemenata pregradnog zida (slika 6.11a);

2) Razrada koja podrazumeva izabrane tipove zastakljenja balkona i lođa iz prethodnog procesa u kombinaciji sa izabranim merama izolovanja i izolacionog zastakljenja za pregradni zid zastakljenog prostora (slika 6.11b).



Slika 6.11 Definisani slučajevi razrade varijanti mere zastakljenja balkona i lođa: **a)** Variranje tipa zastakljenja balkona i lođa; **b)** Variranje izabranog tipa zastakljenja u kombinaciji sa izabranim merama izolovanja i izolacionog zastakljenja

Izvor: Autor

Variranje mere je sprovedeno na osnovu primene različitih tipova zastakljenja sa faktorom propustljivosti solarnog zračenja (g_e) usvojenim prema PEEZ i prema faktoru korekcije temperature prema negrejanom prostoru (F_u). Analizirani su sledeći tipovi zastakljenja:

1. Jednostruko zastakljenje (6 mm, $g_e = 0,83$);
2. Dvostruko obično zastakljenje (npr. 6-12-6 mm (vazduh), $g_e = 0,71$);
3. Toplotno-izolaciono zastakljenje (npr. 4-15-4 mm (Ar), $g_e = 0,61$).

Netransparentni i transparentni elementi pregradnog zida između grejanog i zastakljenog prostora zadržavaju karakteristike i korekzione faktore od značaja kao u postojećem stanju, odnosno M-0.

U ovom delu variran je i faktor korekcije temperature prema negrejanom prostoru. Faktor je prema programskom paketu (F_u^P) definisan u zavisnosti od tipa zastakljenja, i to za:

jednostruko – 0,80; dvostruko obično – 0,70 i toplotno-izolaciono – 0,50 (tabela 6.12). Međutim, prema prikazanim istraživanjima (poglavlje 3.2.3), na povećanje temperature unutar zastakljenog prostora u odnosu na spoljašnju temperaturu vazduha značajan uticaj ima i orijentacija. Kako je navedeno u poglavlju, za zemlje severne hemisfere najveća temperaturna razlika u zimskom periodu je za južno orijentisane, a najmanja za severno orijentisane zastakljene balkone i lođe (Mihalakakou i Ferrante, 2000; Oliveti i sar., 2012). Ukoliko bi se faktor korekcije temperature zadržao u granicama prethodnih vrednosti (0,50 - 0,80), okvirne pretpostavljene vrednosti faktora u zavisnosti od orijentacije su: za sever – 0,80; za istok i zapad – 0,70 i za jug – 0,50. Uzimajući u obzir oba aspekta, usvojena je grupa faktora (F_u^K) za variranje mere čije su vrednosti pod pretpostavkom ravnopravnog uticaja i tipa zastakljenja i orijentacije dobijene standardnom devijacijom (tabeli 6.12).

Tabela 6.12 Faktor korekcije temperature - F_u

ZASTAKLJENJE	PROGRAMSKI PAKET F_u^P	KORIGOVAN F_u^K PREMA ORIJENTACIJI		
		SEVER	ISTOK/ZAPAD	JUG
JEDNOSTRUKO	0,80	0,80	0,75	0,65
DVOSTRUKO OBIČNO	0,70	0,75	0,70	0,60
TERMO-IZOLACIONO	0,50	0,65	0,60	0,50

Kada je reč o ostalim korekcionim faktorima za zastakljenje lođa, s obzirom na to da nisu predviđena zasenčenja i zaštitni pokrivač - nema korekcionih faktora, dok je faktor rama za sve analizirane vrste zastakljenja $F_{f,e} = 0,25$.

Analiza učinka primene mere sprovedena je u dva koraka. Prvi podrazumeva kvantifikovanje energetske svojstava mere na nivou zgrade u odnosu na M-0, dok drugi podrazumeva analizu energetske karakteristika elemenata zastakljenog prostora balkona i lođa.

Kvantifikovanje varijanti mere je izraženo prema smanjenju godišnje potrebne energije za nadoknadu transmisionih gubitaka toplote (Q_T), povećanju godišnjih solarnih dobitaka toplote (Q_{sol}), a kao i kod svih ostalih mera glavni aspekt kvantifikacije odnosi se na smanjenje specifične godišnje potrebne energije za grejanje ($Q_{H,an,interm}$) - prikazano procentualno (tabela 6.13).

Sa aspekta varijabile faktora F_u , neznatno veći doprinos mere ostvaren je primenom prediktivnog korigovanog faktora F_u^K za jednostruko zastakljenje, dok je kod toplotno-izolacionog zastakljenja primena F_u^P prema programskom paketu dala najbolji rezultat (tabela 6.13). Ujednačeni doprinos u smanjenju godišnje specifične potrebne energije za grejanje u zavisnosti od varijabile faktora F_u je kod dvostrukog običnog zastakljenja. Takođe, primenom faktora F_u^K razlika između najmanjeg i najvećeg doprinosa je 1,37 kWh/a, dok je kod primene

F_u^P razlika 5,32 kWh/a. Kod faktora F_u^P rezultati glavnog aspekta kvantifikacije u zavisnosti od vrste stakla su u porastu, od jednostrukog ka toplotno-izolacionom zastakljenju, dok se kod primene faktora F_u^K javlja disbalans u smanjenju koji se ogleda u tome da je manji doprinos dvostrukog običnog u odnosu na jednostruko zastakljenje.

Tabela 6.13 Kvantifikacija vrste zastakljenja balkona i lođa

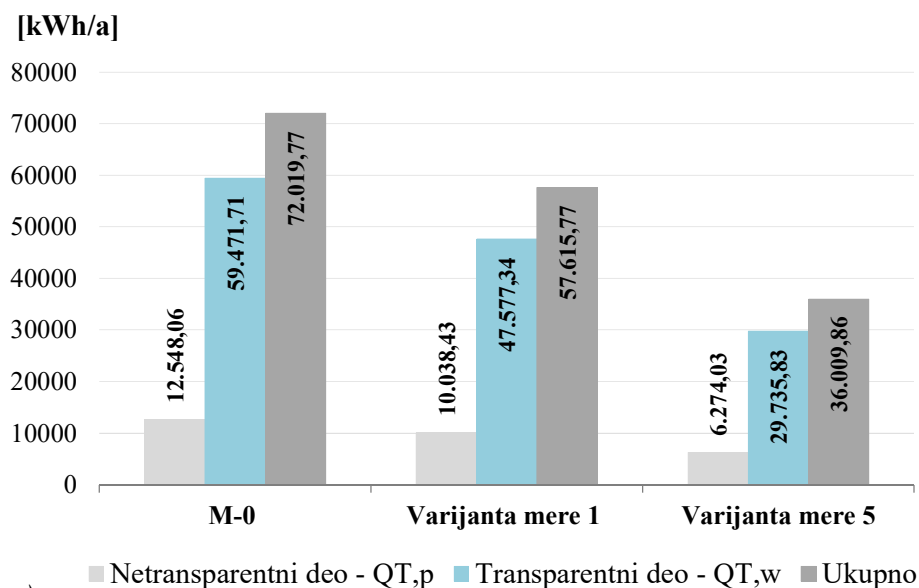
RED. BR. VARIJANTE	STRUKTURA – OPIS MERE	F_u	Q_T [kWh/a]	SMANJENJE Q_T [%]	Q_{sol} [kWh/a]	POVEĆANJE Q_{sol} [%]	$Q_{H,an,interm}$ [kWh/m ² a]	SMANJENJE $Q_{H,an,interm}$ u odnosu na M-0 [%]
ZASTAKLJENJA BALKONA I LOĐA								
1.	Jednostruko zastakljenje ($g_e = 0,83$)	F_u^P	209.231,22	6,44	47.644,20	84,34	93,73	19,38
2.		F_u^K	204.861,34	8,39	47.537,50	83,93	91,70	21,13
3.	Dvostruko obično zastakljenje ($g_e = 0,71$)	F_u^P	202.029,24	9,66	44.385,10	71,73	92,53	20,41
4.		F_u^K	201.260,35	10,05	44.347,50	71,59	92,18	20,71
5.	Toplotno-izolaciono zastakljenje ($g_e = 0,61$)	F_u^P	187.625,30	16,10	41.589,20	60,91	87,54	24,70
6.		F_u^K	194.058,38	13,23	41.649,30	61,15	90,59	22,08

Analizirane varijante mere zastakljenja balkona i lođa su pokazale da primena bilo koje vrste zastakljenja doprinosi značajnom smanjenju godišnje potrebne energije za grejanje (tabela 6.13). Za dalju razradu i analizu mere izabrane su varijante zastakljenja sa najmanjim i najvećim doprinosom u smanjenju godišnje potrebne energije za grejanje: varijanta 1 sa jednostrukim i varijanta 5 sa toplotno-izolacionim zastakljenjem, označene u tabeli 6.13. Varijanta 1 je izabrana i zbog toga jer su početni investicioni troškovi manji, dok toplotno-izolaciono zastakljenje predstavlja skuplju varijantu.

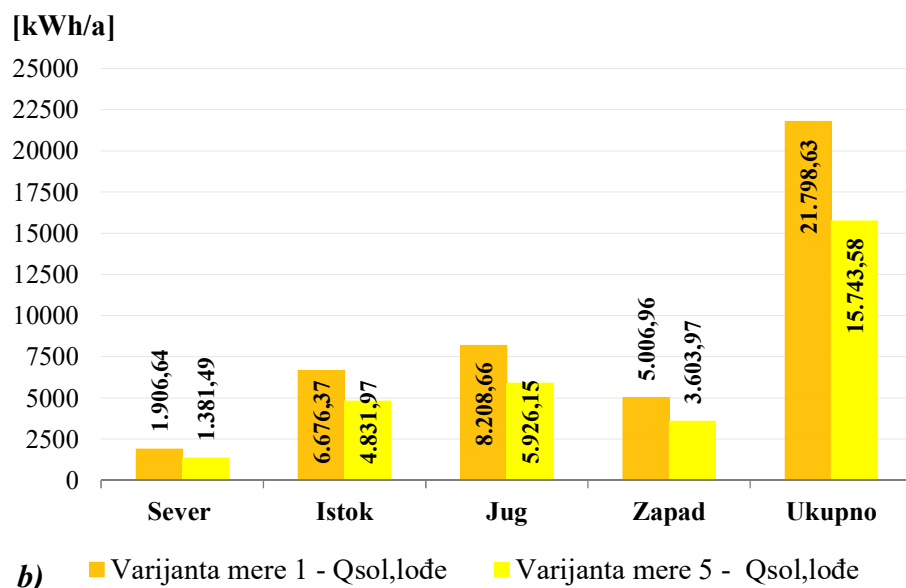
Energetske karakteristike izabranih vrsta zastakljenja su sagledane na osnovu godišnje potrebne energije za nadoknadu transmisionih gubitaka toplote netransparentnih ($Q_{T,p}$) i transparentnih ($Q_{T,w}$) delova pregradnog zida, kao i kroz solarne dobitke toplote za grejnu sezonu zastakljenog prostora ($Q_{sol,lođa}$). Detaljan prikaz energetske bilansa za obe izabrane varijante ove mere dat je u Prilogu 3 (varijanta 1), odnosno Prilogu 4 (varijanta 5).

Varijante 1 i 5 daju doprinos u smanjenju potrebne energije za grejanje od 19,38% i 24,70% respektivno (tabela 6.13). Međutim, njihov doprinos se ostvaruje kroz različite mehanizme (slika 6.12). Kod varijante 1 (jednostruko zastakljenje), smanjenje godišnje potrebne energije za grejanje se ostvaruje zahvaljujući povećanju solarnih dobitaka (slika 6.12b), dok se kod varijante 5 (toplotno-izolaciono zastakljenje) doprinos ostvaruje smanjenjem transmisionih gubitaka toplote kroz pregradni zid (slika 6.12a). Smanjenje transmisionih gubitaka toplote rezultat je toga što elementi termičkog omotača na delu balkona i lođa više nisu spoljašnji već

elementi ka negrejanom prostoru, kao i zbog njihovog udela u ukupnim transmisionim gubicima toplote postojećeg stanja od skoro 35%. Iako su kod varijante 5 solarni dobici u grejnom periodu manji, oni nadoknađuju skoro 44% transmisionih gubitaka toplote, dok je kod varijante 1 taj procenat oko 38%.



a)

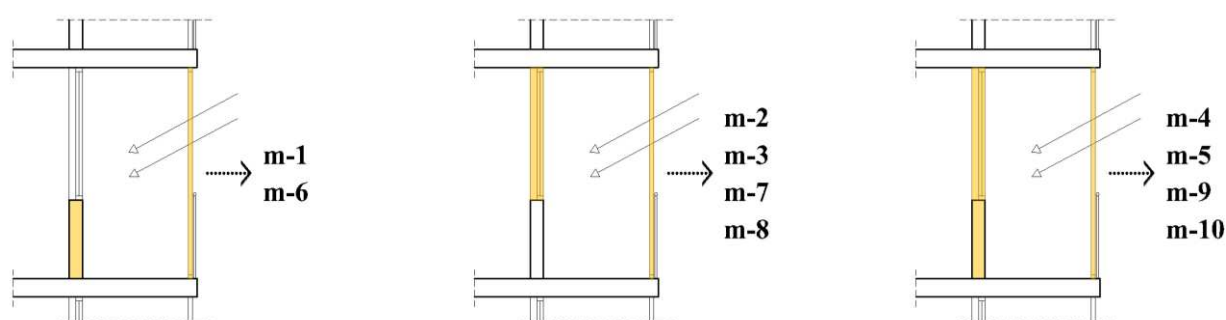


b)

Slika 6.12 Energetske karakteristike elemenata zastakljenog prostora balkona i lođe izabranim tipom zastakljenja: **a)** Godišnja potrebna energija za nadoknadu gubitaka toplote kroz elemente pregradnog zida; **b)** Solarni dobici toplote u grejnoj sezoni zastakljenog prostora balkona i lođe prema orijentaciji

Izvor: Autor

Cilj sprovedene analize je definisanje tipa zastakljenja, dok su toplotne karakteristike elemenata pregradnog zida (spoljašnji zid balkona i lođa, prozori i balkonska vrata) ostale nepromenjene (kao u postojećem stanju). Kao što je već prikazano, na doprinos smanjenju potrebne energije za grejanje primenom mere zastakljenja privatnih otvorenih prostora – balkona i lođa, pored tipa zastakljenja uticaj imaju i toplotne karakteristike netransparentnih i transparentnih elemenata pregradnog zida. Dalja analiza, podrazumeva proces razrade varijanti izabranih tipova zastakljenja koji uključuje primenu drugih prethodno definisanih pasivnih mera - izolovanje i izolaciono zastakljenje u poglavlju 6.4.1, odnosno 6.4.2. S obzirom na to da se primenjene mere odnose samo na unapređenje elemenata balkona i lođa, formirano je 10 modela koji nose oznaku od „m - 1“ do „m - 10“. Kombinacija elemenata koji učestvuju u formiranju određenog modela prikazana je na slici 6.13 dok je detaljan opis mera dat u tabeli 6.14.



Slika 6.13 Šematski prikaz kombinacije odabranih pasivnih mera za unapređenje elemenata balkona i lođa u formiranju određenih modela

Izvor: Autor

Tabela 6.14 Matrica modela zastakljenih balkona i lođa

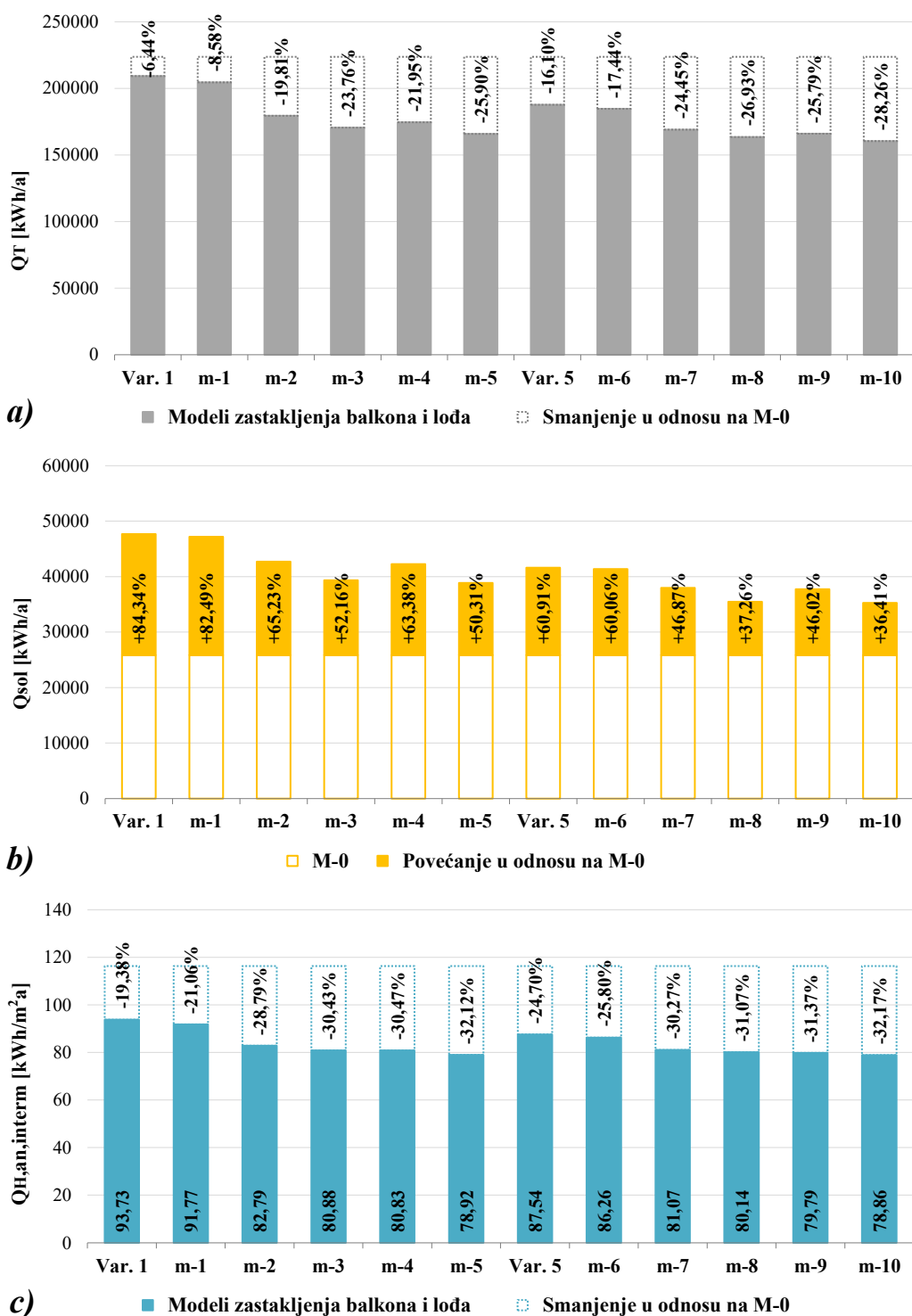
PASIVNA MERA	RED. BR. VARIJANTE	STRUKTURA – OPIS MERE	OZNAKA MODELA ZASTAKLJENIH BALKONA I LODA											
			m-1	m-2	m-3	m-4	m-5	m-6	m-7	m-8	m-9	m-10		
ZASTAKLJENJE BALKONA I LODA	1. Tab. 6.13	Jednostruko zastakljenje ($g_e = 0,83$; $F_{f,e} = 0,25$; $F_u = 0,8$)												
	5. Tab. 6.13	Toplotno-izolaciono zastakljenje ($g_e = 0,61$; $F_u = 0,5$)												
IZOLOVANJE	7. Tab. 6.9	Postojeći spoljašnji zid na balkonima i lođama, termoizolacija EPS 5 cm i fasadni malter ($U_p = 0,386 \text{ W/m}^2\text{K}$)												
IZOLACIONO ZASTAKLJENJE	2. Tab. 6.11	PVC, dvostruko izolaciono niskoemisiono staklo-paket sa inertnim gasom (Ar) ($U_w = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g_w = 0,61$; $F_{f,w} = 0,30$)												
	5. Tab. 6.11	Kompozitni prozor, trostruko izolaciono niskoemisiono staklo-paket sa inertnim gasom (Xe) ($U_w = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g_w = 0,48$; $F_{f,w} = 0,30$)												

Ovaj deo istraživanja zapravo predstavlja podlogu za formiranje glavnih predikcionih modela unapređenja EE višeporodičnih zgrada iz perioda USI primenom izabranih pasivnih mera. Na ovaj način, razradom i analizom energetske učinka modela zastakljenih balkona i lođa u smanjenju potrebne energije za grejanje reprezentativne zgrade optimizuje se broj modela unapređenja EE. Kvantifikovanje modela zastakljenja balkona i lođa je sprovedeno na isti način kao i kod analize doprinosa vrste zastakljenja, i prikazano je u tabeli 6.15 i na slici 6.14.

Tabela 6.15 Kvantifikovanje modela zastakljenih balkona i lođa

RED. BR. VARIJANTE	STRUKTURA – OPIS MERE	F_u	Q_T [kWh/a]	SMANJENJE Q_T [%]	Q_{sol} [kWh/a]	POVEĆANJE Q_{sol} [%]	$Q_{H,an,interm}$ [kWh/m ² a]	SMANJENJE $Q_{H,an,interm}$ u odnosu na M-0 [%]
MODELI ZASTAKLJENIH BALKONA I LOĐA								
1.*	Jednostruko zastakljenje lođa	0,8	209.231,22	6,44	47.644,20	84,34	93,73	19,38
2.	m-1	0,8	204.457,50	8,58	47.166,10	82,49	91,77	21,06
3.	m-2	0,8	179.325,46	19,81	42.705,90	65,23	82,79	28,79
4.	m-3	0,8	170.489,67	23,76	39.327,00	52,16	80,88	30,43
5.	m-4	0,8	174.551,74	21,95	42.227,70	63,38	80,83	30,47
6.	m-5	0,8	165.715,95	25,90	38.848,80	50,31	78,92	32,12
7.*	Toplotno-izolaciono zastakljenje lođa	0,5	187.625,30	16,10	41.589,20	60,91	87,54	24,70
8.	m-6	0,5	184.641,73	17,44	41.369,50	60,06	86,26	25,80
9.	m-7	0,5	168.934,20	24,46	37.959,70	46,87	81,07	30,27
10.	m-8	0,5	163.411,83	26,93	35.476,50	37,26	80,14	31,07
11.	m-9	0,5	165.950,63	25,79	37.740,10	46,02	79,79	31,37
12.	m-10	0,5	160.428,26	28,26	35.256,80	36,41	78,86	32,17

* - Bazične varijante izabrane mere prema tipu zastakljenja balkona i lođa

**Var.1: Jednostruko zastakljenje**

- m-1: Var.1 + SZ
- m-2: Var.1 + PVC prozor
- m-3: Var.1 + Kompozitni prozor
- m-4: Var.1 + SZ + PVC prozor
- m-5: Var.1 + SZ + Kompozitni prozor

Var. 5: Toplotno-izolaciono zastakljenje

- m-6: Var.5 + SZ
- m-7: Var.5 + PVC prozor
- m-8: Var.5 + Kompozitni prozor
- m-9: Var.5 + SZ + PVC prozor
- m-10: Var.5 + SZ + Kompozitni prozor

Slika 6.14 Energetska svojstva modela zastakljenih balkona i loda: **a)** Godišnja potrebna energija za nadoknadu transmisionih gubitaka toplote; **b)** Solarni dobici toplote tokom grejne sezone; **c)** Godišnja specifična potrebna energija za grejanje

Na osnovu kvantifikacije modela zastakljenja balkona i lođa (tabela 6.15) uočava se trend povećanja doprinosa u smanjenju potrebne energije za grejanje svih modela u odnosu na bazične varijante (slika 6.14c) i da je njihovom primenom moguće ispuniti uslov propisan *Pravilnikom o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada*. Glavni aspekt kvantifikacije ($Q_{H,an,interm}$) ukazuje na to, da primenjene dodatne mere izolacionog zastakljenja (zamena prozora i balkonskih vrata u pregradnom zidu) doprinose 2 – 3 puta većem smanjenju potrebne energije za grejanje u odnosu na primenu mere izolovanja netransparentnih delova pregradnog zida. Stoga je smanjenje potrebne energije za grejanje u modelima m-4 i m-5 veće za 1,96 kWh/m²a u odnosu na modele m-2 i m-3, odnosno kod modela m-9 i m-10 je razlika u odnosu na m-7 i m-8 još i manja, i iznosi 1,28 kWh/m²a.

Iako mehanizmi smanjenja potrebne energije za grejanje zavise od tipa zastakljenja balkona i lođa, i to u korist mehanizma smanjenja transmisionih toplotnih gubitaka kod toplotno-izolacionog zastakljenja (slika 6.14a), analiza modela je pokazala da će primenom dodatnih mera, i izolovanja i izolacionog zastakljenja, razlika u doprinosu m-4 (jednostruko zastakljenje) prema m-9 (toplotno-izolaciono zastakljenje) iznositi manje od 1%, dok razlike između m-5 i m-10 gotovo da i nema. Rezultati zapravo ukazuju na to, da i jeftinija varijanta zastakljenja (jednostruko zastakljenje) može da doprinese skoro istom učinku kao i skuplja varijanta (toplotno-izolaciono zastakljenje), uz primenu dodatnih mera za unapređenje energetskih karakteristika svih elemenata prostora balkona i lođa.

6.4.4 Zeleni krovovi

Primena zelenih krovova u smanjenju potrebne energije za grejanje višeporodličnih zgrada iz perioda USI nema značajnog uticaja s obzirom na mali udeo ravnih krovova u transmisionim gubicima. Kada je reč o koeficijentu U, slojevi iznad hidroizolacije se ne računavaju jer se smatraju konstantno vlažnim, te je koeficijent U kod zelenih krovova jednak koeficijentu za ravne krovove. Takođe, jednaka je i njihova efikasnost u smanjenju potrebne energije za grejanje. S druge strane, a imajući u vidu klimatske promene, zelene krovove treba primenjivati kao meru u modelima unapređenja EEZ zbog njihovih ostalih doprinosa (poglavlje 3.2.4). Stoga su razrada i kvantifikovanje učinka mere sagledani sa drugog aspekta.

Varijante mere su formirane na osnovu variranja debljine supstrata ekstenzivnog zelenog krova i odgovarajuće sloja termoizolacije postojećeg ravnog krova. Analizirane su dve debljine supstrata, i to: 1) debljina prema preporukama proizvođača definisana programskim paketom – 4cm i 2) optimalna debljina supstrata sa aspekta regulisanja kišnog oticaja za lokalne klimatske

uslove – 12 cm. Optimalna debljina supstrata prema zahtevima regulisanja kišnog oticaja (11 cm) određena je u odnosu na realne uslove, a u zavisnosti od karakteristika krova i hidrološkog ciklusa. Istraživanje je sprovedeno metodom numeričke analize, primenom programskog paketa javnog domena „*The GreenRoof water balance model*“ (K.U. Leuven University, Faculty of Bioscience Engineering, Division of Soil and Water Management, Leuven, Belgium) koji na osnovu uporedne analize postojećeg ravnog krova i hipotetičkog ekstenzivnog zelenog krova određuje količinu kišnog oticaja (Prilog 5).

Kada je reč o izolovanju, sprovedeno je variranje bez dodatnog izolovanja postojećeg ravnog krova i sa dodatnim novim slojem termoizolacije, primenom usvojene varijante izolovanja ravnog krova (mera 15).

Za razliku od prethodnih mera, kvantifikacija mere zelenih krovova je sagledana na osnovu toplotne akumulativnosti, s obzirom na to da se prema PEEZ zahteva ispunjenost uslova o toplotno-zaštitnim svojstvima netransparentnih spoljašnjih elemenata termičkog omotača (spoljašnji zidovi, ravni krovovi) u letnjem periodu. Toplotna akumulativnost u letnjem periodu zapravo ukazuje na potencijal smanjenja godišnje potrebne energije za hlađenje. Proračun toplotne akumulativnosti je u skladu sa standardima SRPS U.J5.530 i SRPS EN ISO 13786. Toplotna akumulativnost je određena bezdimenzionom veličinom faktora prigušenja amplitude oscilacije temperatura – v i kašnjenjem oscilacije temperature – η [h]. Dobijene vrednosti prikazane su u tabeli 6.16, a kvantifikovanje mere je određeno u zavisnosti od faktora prigušenja amplitude oscilacije temperature prikazane u procentima.

Tabela 6.16 Kvantifikacija varijanti primene mere zelenih krovova

RED. BR. VARIJANTE	STRUKTURA – OPIS MERE	DEBLJINA SUPSTRATA [cm]	POSTOJEĆE STANJE – MERA 15				v [-]	η [h]	POVEĆANJE v u odnosu na M-0 [%]
			v [-]	v_{min} [-]	η [h]	η_{min} [h]			
ZELENI KROVOVI									
1.	Sistem zelenog krova preko postojeće ili ukoliko je potrebno nove hidroizolacije	4	99,5	25	6,1	10	118,5	6,7	19,1
2.		12	99,5	25	6,1	10	122,0	6,9	22,6
3.	Izolovanje ravnog krova (varijanta 15), sistem zelenog krova preko EPDM membrane	4	356,2	25	6,2	10	465,4	7,9	30,7
4.		12	356,2	25	6,2	10	468,5	8,1	31,5

Napomena: Varijante 3 i 4 su kvantifikovane u odnosu na faktor prigušenja amplitude oscilacije temperatura izabrane varijante izolovanje ravnog krova, varijanta 15

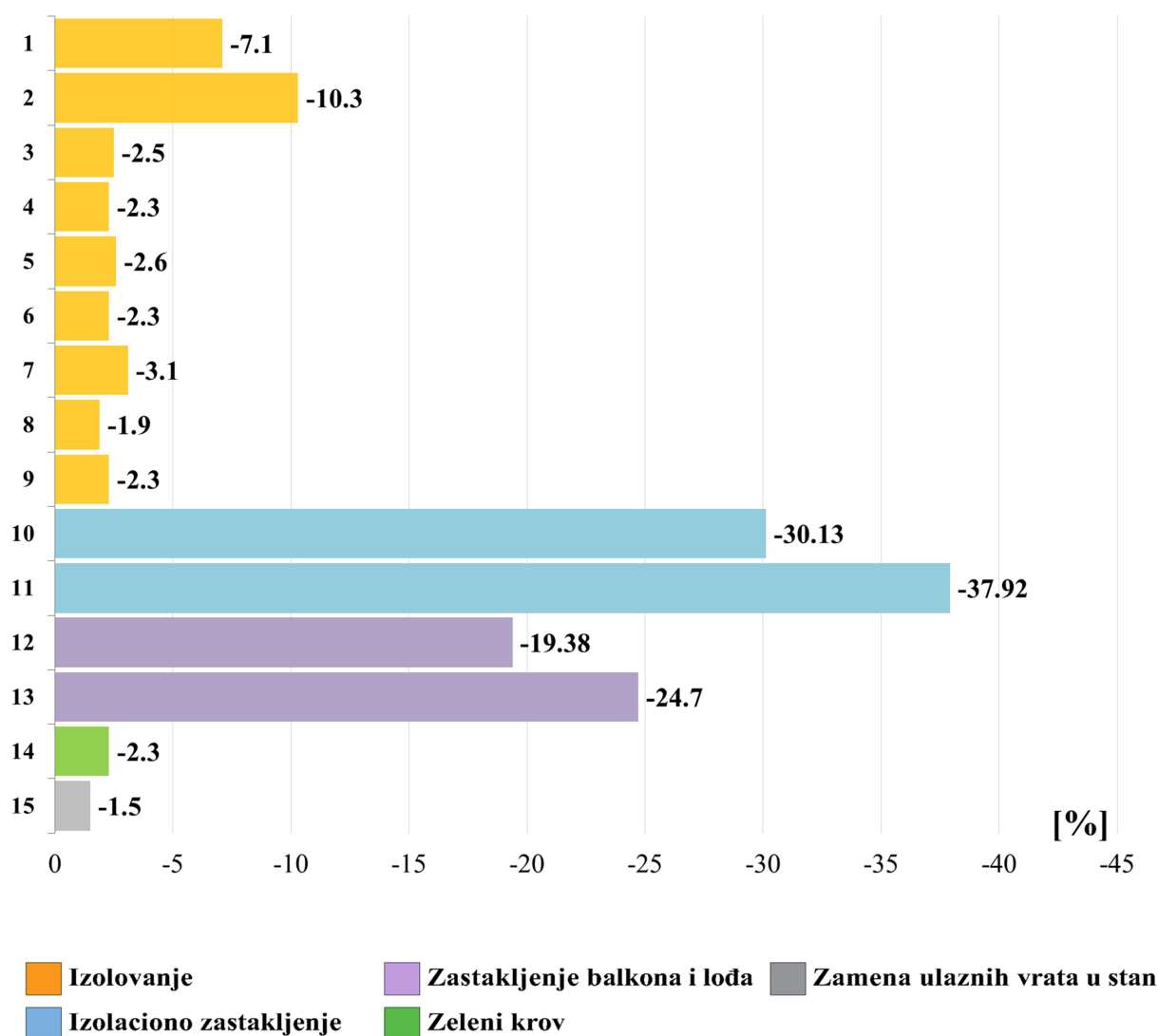
Primenjeni sistemi zelenog krova na postojećem ravnom krovu u svakoj analiziranoj varijanti doprinose povećanju toplotne akumulativnosti i poboljšanju toplotne otpornosti elementa u letnjem periodu (tabela 6.16). Međutim, uticaj debljine supstrata na faktor prigušenja amplitude oscilacije temperatura se pokazao značajnijim kod varijanti 1 i 2 koje su podrazumevale postavljanje sistema zelenog krova preko postojeće, nedovoljno toplotno izolovane strukture ravnog krova, nego kod varijanti 3 i 4, kod kojih je primenjena i odabrana varijanta mere izolovanja ravnog krova novim termoizolacionim slojem. Takođe, značajniji doprinos u povećanju toplotne akumulativnosti je kod primene varijanti sa adekvatnim izolovanjem ravnog krova. Ovo je potvrdilo i činjenicu da sistem zelenog krova ne može zameniti termoizolacioni sloj. Faktor kašnjenja oscilacije temperature nije razmatran, jer je prigušenje amplitude oscilacije temperatura u svim varijantama veće od 45.

Kao varijanta mere primene zelenog krova koja će biti primenjena u modelima unapređenja EE predmetne zgrade, izabrana je varijanta 4, s obzirom na to da se primena zelenih krovova može posmatrati i u kontekstu izolovanja ravnih krovova, kao i zbog debljine supstrata koja je određena na osnovu zahteva za smanjenje kišnog oticaja sa ravnog krova.

6.4.5 Sistematizacija mera za formiranje modela unapređenja EE

Integrirani pristup istraživanja i razrade odabranih pasivnih mera, omogućio je definisanje matrice koja predstavlja pomoćni alat za formiranje modela unapređenja EEZ. Matrica sadrži sistematizaciju odabranih varijanti svake od predmetnih mera i predstavlja optimizovanu bazu mera za unapređenje EEZ. Redosled i opis mera je onako kako je prikazano u prethodnim poglavljima prilikom razrade istih, ali sa novoformiranom numeracijom (slika 6.15, tabela 6.17). Na slici 6.15 prikazana je efikasnost u smanjenju specifične godišnje potrebne energije za grejanje svake od mera koje čine matricu, izražena procentualno. Pored već razrađenih pasivnih mera (izolovanje, izolaciono zastakljenje, zastakljenje balkona i lođa, i zeleni krovovi) matrica uključuje i meru zamene unutrašnjih vrata prema negrejanom prostoru (ulazna vrata stambenih jedinica), što se može smatrati podrazumevanom merom koja predviđa zamenu postojećih vrata metalnim izolovanim vratima.

U matrici se takođe definiše i klasa zaptivenosti zgrade koja utiče na ventilacione gubitke toplote i zavisna je od prediktivnog modela, odnosno kombinacije mera. S obzirom na to da je kod postojećeg stanja reprezentativne zgrade, kao i kod svih višeporodičnih zgrada iz perioda USI, klasa zaptivenosti loša, bilo koja kombinacija mera za unapređenje EE odraziće se na poboljšanje zaptivenosti zgrade, odnosno klase na „srednju“ ili „dobru“.



Slika 6.15 Pojedinačna efikasnost mera u smanjenju godišnje potrebne energije za grejanje

Izvor: Autor

U matrici se takođe definiše i klasa zaptivenosti zgrade koja utiče na ventilacione gubitke toplote i zavisna je od prediktivnog modela, odnosno kombinacije mera. S obzirom na to da je kod postojećeg stanja reprezentativne zgrade, kao i kod svih višeporodičnih zgrada iz perioda USI, klasa zaptivenosti loša, bilo koja kombinacija mera za unapređenje EE odraziće se na poboljšanje zaptivenosti zgrade, odnosno klase na „srednju“ ili „dobru“.

Tabela 6.17 Matrica za formiranje modela unapređenja EE višeporodičnih zgrada iz perioda USI

PASIVNA MERA		RED. BR. MERE	STRUKTURA – OPIS MERE	OZNAKA MODELA UNAPREĐENJA EE VIŠEPORODIČNIH ZGRADA IZ PERIODA USI				
				„M“				
IZOLOVANJE	SZ	1.	Izolovanje spoljašnjih zidova termoizolacijom od EPS-a u debljini od 5 cm u ETICS sistemu ili sa fasadnom obradom od klinker listela					
		2.	Izolovanje spoljašnjih zidova termoizolacijom od kamene vune u debljini od 10 cm u ETICS sistemu ili sa fasadom od klinker listela					
		3.	Postojeći spoljašnji zid na balkonima i lodama, izolovan sa 5 cm termoizolacije EPS u ETICS sistemu					
	RK	4.	Postojeći ravan krov do hidroizolacije, termoizolacija 14 cm i EPDM membrana					
		5.	Postojeći ravan krov do hidroizolacije, termoizolacija 20 cm i EPDM membrana					
		6.	Postojeći ravan krov do termoizolacije, parna brana, termoizolacija PIR 12 cm i EPDM membrana					
	UZ	7.	Postojeće strukture unutrašnjih zidova prema negrejanom prostoru, 5 cm termoizolacije od kamene vune i gips-kartonske ploče					
		MK	8.	Postojeće strukture MK iznad negrejanog prostora, 5 cm termoizolacije od kamene vune i gips-kartonske ploče.				
			9.	Postojeće strukture MK iznad negrejanog prostora, 10 cm termoizolacije od kamene vune i gips-kartonske ploče.				
IZOLACIONO ZASTAKLJENJE	10.	PVC, dvostruko izolaciono niskoemisiono staklo-paket sa inertnim gasom (Ar) ($U_w = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g_w = 0,61$; $F_{f,w} = 0,30$)						
	11.	Kompozitni prozor, trostruko izolaciono niskoemisiono staklo-paket sa inertnim gasom (Xe) ($U_w = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g_w = 0,48$; $F_{f,w} = 0,30$)						
ZASTAKLJENJE BALKONA I LODA	12.	Jednostruko zastakljenje ($g_e = 0,83$; $F_{f,e} = 0,25$)						
	13.	Toplotno-izolaciono zastakljenje ($g_e = 0,61$; $F_{f,e} = 0,25$)						
ZELENI KROVOVI	14.	Sistem ekstenzivnog zelenog krova sa debljinom supstrata od 12 cm i vegetacijom od sukulenata, začinskog bilja i trave						
VRATA (PREMA NEGREJANOM PROSTORU)	15.	Vrata metalna izolovana ($U_v = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$)						
KLASA ZAPTIVENOSTI ZGRADE	Srednja (Broj izmena vazduha $n = 0,6$)							
	Dobra (Broj izmena vazduha $n = 0,5$)							

6.5 FORMIRANJE MODELA I ANALIZA NJIHOVE ENERGETSKE EFIKASNOSTI

Definisanje i razrada predikcijskih modela unapređenja EE višeporodičnih zgrada iz perioda USI, zasnovanih na primeni pasivnih elemenata, kao i ispitivanje koristi i mogućnosti njihove primene, glavni su cilj ovog istraživanja. Zbog arhitektonskih, konstruktivnih i strukturalnih specifičnosti predmetnih zgrada, a samim tim i reprezentativne zgrade, primarni uslov koji je uticao na odabir pasivnih mera za unapređenje jeste da faktor oblika zgrade, kao jedan od važnijih indikatora energetske potreba zgrade, ostane nepromenjen ($f_o = 0,47 \text{ m}^{-1}$).

Sistematizacija mera u okviru matrice (tabela 6.17) ukazuje da se njihovim kombinovanjem može analizirati veliki broj različitih modela održivog unapređenja EE, u zavisnosti od karakteristika različito definisanih koncepata za njihovo formiranje. U okviru ovog istraživanja definisana su dva koncepta za formiranje modela:

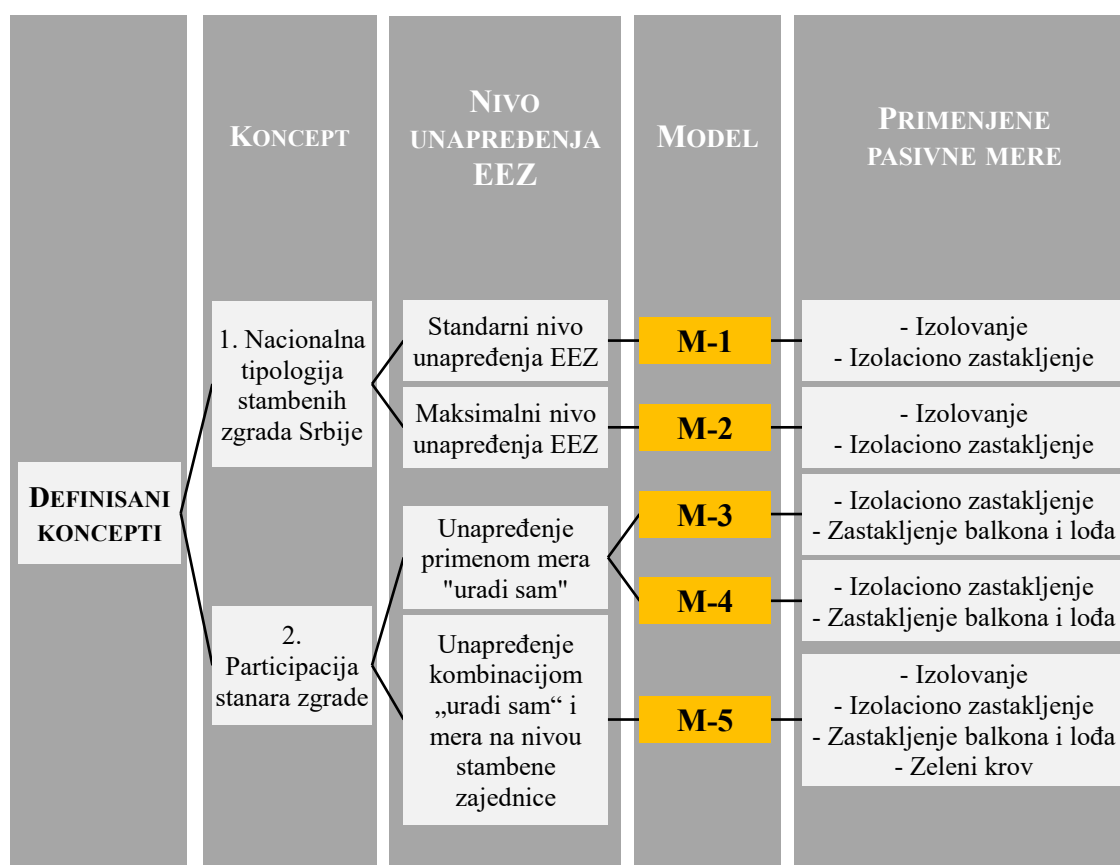
- 1) Koncept definisan u skladu sa *Nacionalnom tipologijom stambenih zgrada Srbije* (Jovanović Popović i sar., 2013a);
- 2) Koncept na osnovu kojeg se formiraju modeli sa uključenom participacijom stanara.

Prvi koncept podrazumeva dva nivoa unapređenju EE višeporodičnih stambenih zgrada, i to: standardni i maksimalni pristup unapređenju. Standardni se zasniva na primeni mera koje će doprineti ostvarivanju uslova definisanog PEEZ, a koji podrazumeva povećanje energetske razreda za najmanje jedan stepen i integriše primenu standardnih mera - izolovanje i izolaciono zastakljenje. Drugim nivoom predviđena je kombinacija mera kojima se maksimalno podiže energetske razred.

Prema *Zakonu o stanovanju i održavanju zgrada* („Sl. glasnik RS“, br.104/2016 i 9/2020) uređuje se između ostalog i načelo održivog razvoja stanovanja kao javni interes, koje integriše i unapređenje EE stambenih zgrada. Međutim, kao ključno ograničenje za unapređenje EE prepoznaje se viševlasnička struktura. S obzirom na to da su skoro svi stanovi u višeporodičnim zgradama iz perioda USI u Nišu i Srbiji tokom devedesetih prešli u privatno vlasništvo stanara različite socijalno-ekonomske strukture, ograničena je mogućnost za unapređenje EE na nivou cele zgrade prema prvom konceptu. Dodatno ograničenje jeste i složenost izvodljivosti standardne mere izolovanja spoljašnjih zidova, što zbog dodatnih radova (postavljanje skele), tako i zbog promenljive geometrije i materijalizacije fasada objekata.

Zbog svega prethodno navedenog, definisan je drugi koncept za formiranje modela unapređenja EE koji prepoznaje mogućnost primene mera po sistemu „uradi sam“ i/ili u okviru „stambene zajednice“. Ovim konceptom su takođe predviđena dva nivoa unapređenja sa različitom participacijom stanara/vlasnika stanova. Prvi nivo podrazumeva primenu pasivnih „uradi sam“ mera i najčešće se odnosi na zamenu prozora i balkonskih vrata, odnosno primenu mere izolacionog zastakljenja. Formiranje modela prema drugom nivou podrazumeva scenario mera „uradi sam“ u kombinaciji sa finasijski i tehnički prihvatljivim merama u okviru stambene zajednice koje takođe mogu biti subvencionisane.

Ovako definisanim konceptima ispituje se veza između modela unapređenja EEZ (sa aspekta smanjenja potrebne energije za grejanje) i arhitektonsko-projektantskih mogućnosti sa naglaskom na participaciji stanara koji postaju glavni sprovodioci modela. U tom kontekstu, analiziran je ključni istraživački problem - efikasnost modela unapređenja EEZ formiranih kombinacijom standardnih i manje primenjivanih mera sa fokusom na primeni mere zastakljenja balkona i lođa. Za sprovođenje analize formirana su pet modela, i to u okviru prvog koncepta po jedan za svaki nivo unapređenja (modeli M-1 i M-2), a za drugi koncept formirana su tri modela, dva za prvi (M-3 i M-4) i jedan za drugi pristup unapređenja (M-5 i M-6) (slika 6.16).



Slika 6.16 *Primenjeni proces za formiranje modela unapređenja EE višeporodičnih zgrada iz perioda USI*

Izvor: Autor

Model M-1

Model standardne obnove definisan je kroz primenu uobičajenih mera izolovanja i izolacionog zastakljenja za unapređenje EEZ (slika 6.16). Elementi termičkog omotača su izolovani minimalnom debljinom termoizolacije do ispunjenja PEEZ propisanog uslova za koeficijent U za postojeće zgrade. Podrazumeva izolovanje svih spoljašnjih zidova, ravnog krova, unutrašnjih zidova ka negrejanom stepeništu i međuspratne konstrukcije ka negrejanom prostoru (iznad podruma i dela prizemlja). Zamena postojećih prozora i balkonskih vrata (mera izolacionog zastakljenja) predviđena je ugradnjom PVC elemenata sa dvostrukim izolaciono niskoemisionim staklo-paketom ispunjenim inertnim gasom. Primenom mera, a za definisane parametre određene položajem zgrade i izloženosti vetru, dostiže se dobra zaptivenost zgrade.

Model M-2

Model je definisan takođe kroz primenu mera izolovanja i izolacionog zastakljenja (slika 6.16), čije su toplotne karakteristike znatno poboljšane. Standardna mera izolovanja je podrazumevala izolovanje unutrašnjeg zida prema negrejanom stepeništu na isti način kao i u modelu M-1, dok su ostali elementi termičkog omotača izolovani debljinom koja ispunjava uslov prema koeficijentu U za nove zgrade. Kada je reč o izolacionom zastakljenju, ova mera podrazumeva zamenu postojećih prozora i balkonskih vrata kompozitnim sa trostruko izolacionim niskoemisionim staklo-paketom sa inertnim gasom, a koji ispunjavaju uslove propisane za pasivne zgrade. Kao i kod prethodnog modela primenom kombinacije odabranih mera dostiže se dobra zaptivenost zgrade.

Model M-3

Model je zasnovan na kombinaciji mera koje stanar/vlasnik stana u višeporodičnoj stambenoj zgradi može individualnim investicijama da sprovede. Model je formiran kombinacijom najmanje efikasnih odabranih mera izolacionog zastakljenja i zastakljenja balkona i lođa sa izolovanjem samo na delu zastakljenog prostora (slika 6.16). Mera izolacionog zastakljenja podrazumeva zamenu postojećih transparentnih elemenata sa elementima od PVC profila sa dvostrukim izolaciono niskoemisionim staklo-paketom ispunjenim inertnim gasom, a koji zadovoljavaju uslove propisane PEEZ. Tretman prostora balkona i lođa je zasnovan na sprovedenoj analizi u poglavlju 6.4.3. Podrazumeva zastakljenje jednostrukim staklom i izolovanje spoljašnjih zidova koji definišu ove prostore. Kombinacijom ovih mera biće postignuta srednja zaptivenost zgrade.

Model M-4

Model predstavlja unapređenu varijantu modela M-3, i formiran je kroz primenu mera sa najvećim doprinosom u smanjenju potrebne energije za grejanje. Mera izolacionog zastakljenja podrazumeva zamenu postojećih transparentnih elemenata kompozitnim prozorima i balkonskim vratima sa trostruko izolacionim niskoemisionim staklo-paketom sa inertnim gasom. Tretman prostora balkona i lođa je takođe zasnovan na analizi u poglavlju 6.4.3, a podrazumeva zastakljenje toplotno-izolacionim staklom i izolovanje spoljašnjih zidova koji definišu ove prostore.

Model M-5

Ovaj model zapravo predstavlja sintezu pristupačnih „uradi sam“ mera i lako izvodljivih mera koje se mogu sprovesti u okviru „stambene zajednice“. Model M-5 predstavlja optimizovanu kombinaciju modela M-1, i M-3. Mera izolovanja u formiranom modelu je koncipirana na osnovu zadovoljenju uslova prema koeficijentu U za postojeće zgrade i podrazumeva izolovanje dodatnim slojem termoizolacije spoljašnjih zidova na delu balkona i lođa, ravnog krova, unutrašnjih zidova prema negrejanom stepeništu i međuspratnih konstrukcija iznad negrejanog prostora podruma i dela prizemlja. Za izolovanje ravnog krova odabrana je mera koja omogućava implementaciju sistema zelenog krova. Mera izolacionog zastakljenja podrazumeva zamene postojećih prozora i balkonskih vrata sa elementima od PVC profila sa dvostrukim izolaciono niskoemisionim staklo-paketom ispunjenim inertnim gasom. S obzirom da model formira i mera zastakljenja balkona i lođa, izabran je tip jednostrukog zastakljenja koji predstavlja investiciono pristupačnu opciju. Ovako koncipiran model doprinosi uspostavljanju srednje klase zaptivenosti zgrade.

U tabeli 6.18 prikazana je selekcija elemenata reprezentativne zgrade na kojima se primenjuju izabrane mere formiranih modela, dok je detaljan opis svake od njih dat u tabeli 6.19.

Tabela 6.18 Selekcija elemenata reprezentativne zgrade za formiranje modela

ELEMENT	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
Spoljašnji zid	✓	✓	✓*	✓*	✓*
Ravan krov iznad grejanog prostora	✓	✓	-	-	✓
Unutrašnji zid ka negrejanom stepeništu	✓	✓	-	-	✓
Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora	✓	✓	-	-	✓
Prozori i balkonska vrata	✓	✓	✓	✓	✓
Unutrašnja vrata ka negrejanom stepeništu	✓	✓	✓	✓	✓
Balkoni i lođe	-	-	✓	✓	✓

* Samo na delu balkona i lođa

Tabela 6.19 Kombinacija mera formiranih modela unapređenja EE višeporodičnih zgrada iz perioda USI

PASIVNA MERA	RED. BR. MERE	STRUKTURA – OPIS MERE	OZNAKA MODELA UNAPREĐENJA EE VIŠEPORODIČNIH ZGRADA IZ PERIODA USI				
			1. Koncept		2. Koncept		
			M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
IZOLOVANJE	SZ	1. Izolovanje spoljašnjih zidova termoizolacijom od EPS-a u debljini od 5 cm u ETICS sistemu ili sa fasadnom obradom od klinker listela					
		2. Izolovanje spoljašnjih zidova termoizolacijom od kamene vune u debljini od 10 cm u ETICS sistemu ili sa fasadom od klinker listela					
		3. Postojeći spoljašnji zid na balkonima i lodama, izolovan sa 5 cm termoizolacije EPS u ETICS sistemu					
	RK	4. Postojeći ravan krov do hidroizolacije, termoizolacija 14 cm i EPDM membrana					
		5. Postojeći ravan krov do hidroizolacije, termoizolacija 20 cm i EPDM membrana					
		6. Postojeći ravan krov do termoizolacije, parna brana, termoizolacija PIR 12 cm i EPDM membrana					
	UZ	7. Postojeće strukture unutrašnjih zidova prema negrejanom prostoru, 5 cm termoizolacije od kamene vune i gips-kartonske ploče					
		MK	8. Postojeće strukture MK iznad negrejanog prostora, 5 cm termoizolacije od kamene vune i gips-kartonske ploče.				
			9. Postojeće strukture MK iznad negrejanog prostora, 10 cm termoizolacije od kamene vune i gips-kartonske ploče.				
IZOLACIONO ZASTAKLJENJE	10. PVC, dvostruko izolaciono niskoemisijono staklo-paket sa inertnim gasom (Ar) ($U_w = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g_w = 0,61$; $F_{f,w} = 0,30$)						
	11. Kompozitni prozor, trostruko izolaciono niskoemisijono staklo-paket sa inertnim gasom (Xe) ($U_w = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g_w = 0,48$; $F_{f,w} = 0,30$)						
ZASTAKLJENJE BALKONA I LODA	12. Jednostruko zastakljenje ($g_e = 0,83$; $F_{f,e} = 0,25$)						
	13. Toplotno-izolaciono zastakljenje ($g_e = 0,61$; $F_{f,e} = 0,25$)						
ZELENI KROVOVI	14. Sistem ekstenzivnog zelenog krova sa debljinom supstrata od 12 cm i vegetacijom od sukulenata, začinskog bilja i trave						
VRATA (PREMA NEGREJANOM PROSTORU)	15. Vrata metalna izolovana ($U_v = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$)						
KLASA ZAPTIVENOSTI ZGRADE	Srednja (Broj izmena vazduha $n = 0,6$)						
	Dobra (Broj izmena vazduha $n = 0,5$)						

6.5.1 Energetska efikasnost i kvantifikacija formiranih modela

Nakon formiranja modela, a u skladu sa drugim postavljenim ciljem istraživanja koji podrazumeva ispitivanje njihovih koristi i mogućnosti primene sa aspekta smanjenja potrebne energije za grejanje i emisije CO₂ u našim uslovima, sprovedena je komparacija dobijenih rezultata proračuna modela sa postojećim stanjem M-0. Rezultati istraživanja su prikazani u dve grupacije. Prvu čine energetske odrednice termičkog omotača koje posledično određuju drugu grupu podataka - energetski bilans modela unapređenja reprezentativne zgrade. Na osnovu druge grupe dobijenih rezultata izvršena je kvantifikacija modela koja je, kao i prilikom kvantifikovanja mera, sa aspekta doprinosa modela u smanjenju specifične godišnje potrebne energije za grejanje u odnosu na M-0, i iskazana je procentualno.

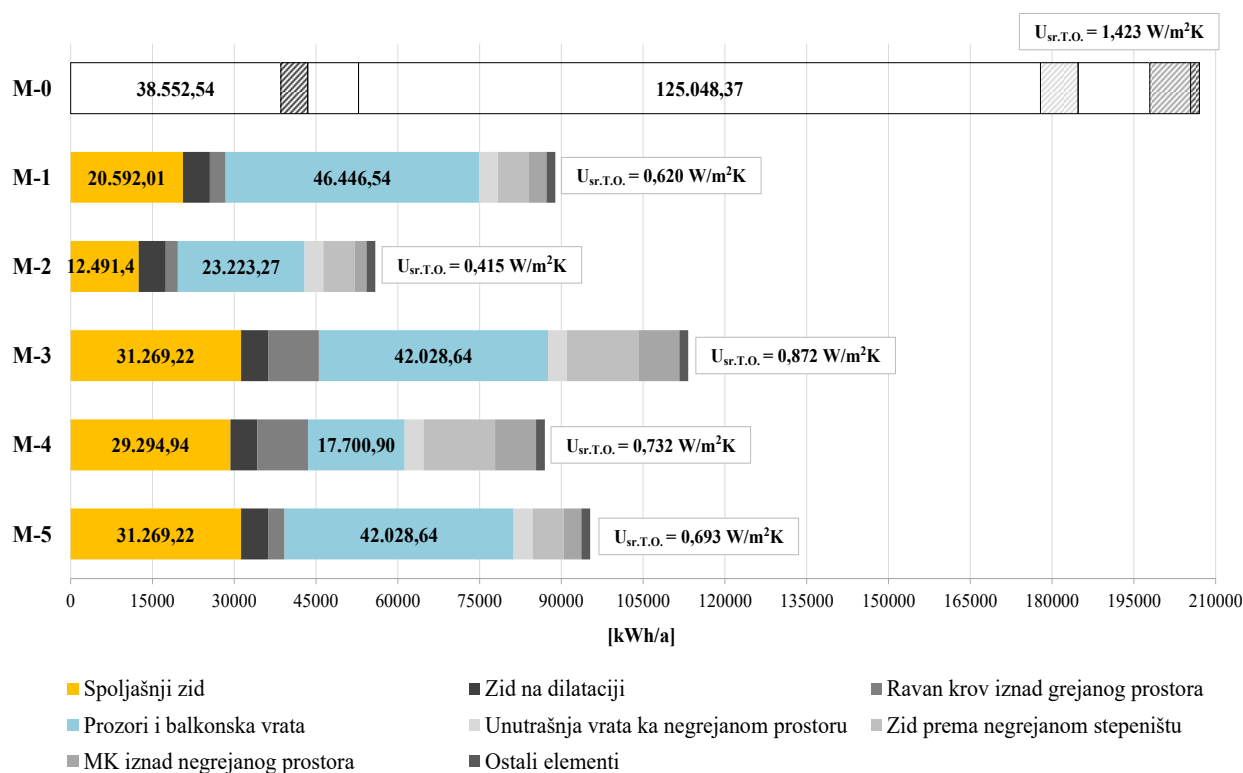
Energetske odrednice termičkog omotača reprezentativne zgrade u okviru modela

U zavisnosti od primenjenog paketa mera u modelima, unapređene su toplotne karakteristike elemenata termičkog omotača koje su doprinela smanjenju transmisionih gubitaka reprezentativne zgrade. Primetno je da se kod svih modela unapređenja EE reprezentativne zgrade zadržao isti trend kao kod postojećeg stanja, a to je da su spoljašnji zidovi, i prozori i balkonska vrata najdominantniji elementi termičkog omotača u transmisionim gubicima toplote (slika 6.17). Smanjenje transmisionih gubitaka kroz spoljašnje zidove u odnosu na M-0 je najmanje kod modela M-3 i M-5 i iznosi 18,89%, dok je kod modela M-2 najveće – 67,60%. Zapravo, dobijeni rezultati nedvosmisleno oslikavaju uticaj primene mere izolovanja spoljašnjih zidova, koja kod modela M-1 i M-2 podrazumeva izolovanje svih spoljašnjih zidova, dok kod M-3, M-4 i M-5 samo spoljašnjih zidova koji graniče prostor balkona i lođa od grejanog prostora stambene jedinice. Za razliku od spoljašnjih zidova, dijapazon smanjenja transmisionih gubitaka kroz transparentne elemente je mnogo manji od 62,86% (M-1) do 85,84% (M-4) što je posledica primenjivanja različitih tipova prozora i balkonskih vrata.

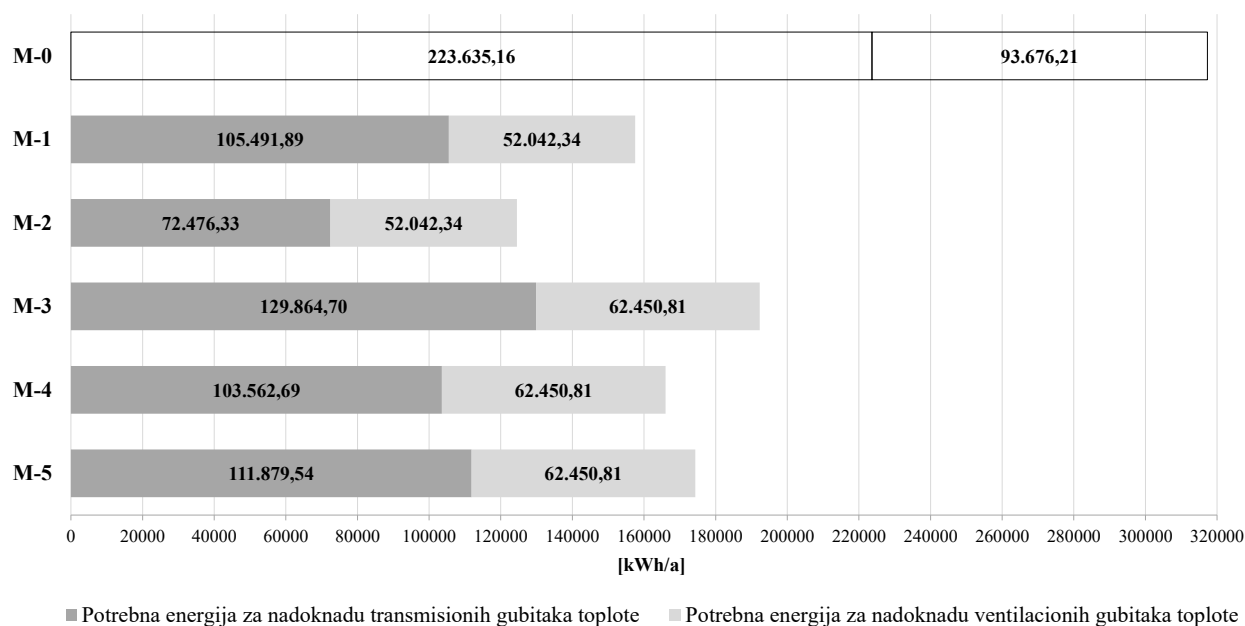
Podrazumevano, smanjenje transmisionih gubitaka kroz termički omotač je kod svih modela unapređenja uticalo i na smanjenje godišnje potrebne energije za nadoknadu transmisionih gubitaka toplote (slika 6.18). U odnosu na M-0, najmanje smanjenje je kod modela M-3 od 41,93%, a najveće 67,60% kod modela M-2. Kombinacija primenjenih mera, kao što je prethodno navedeno, doprinela je povećanju klase zaptivenosti zgrade u odnosu na postojeće stanje. Povećanje klase zaptivenosti, onako kako je definisano PEEZ-om, je posledično uzrokovalo smanjenje potrebne energije za nadoknadu ventilacionih gubitaka (slika 6.18). Očekivano najveće smanjenje potrebne energije za nadoknadu ventilacionih gubitaka je kod

modela M-1 i M-2 sa dobrom klasom zaptivenosti, i to za 44,44%. Dok je kod ostalih modela, sa srednjom klasom zaptivenosti, a kod kojih je, pored ostalih, predviđena i primena mere zastakljenja balkona i lođa, smanjenje za 33,33%.

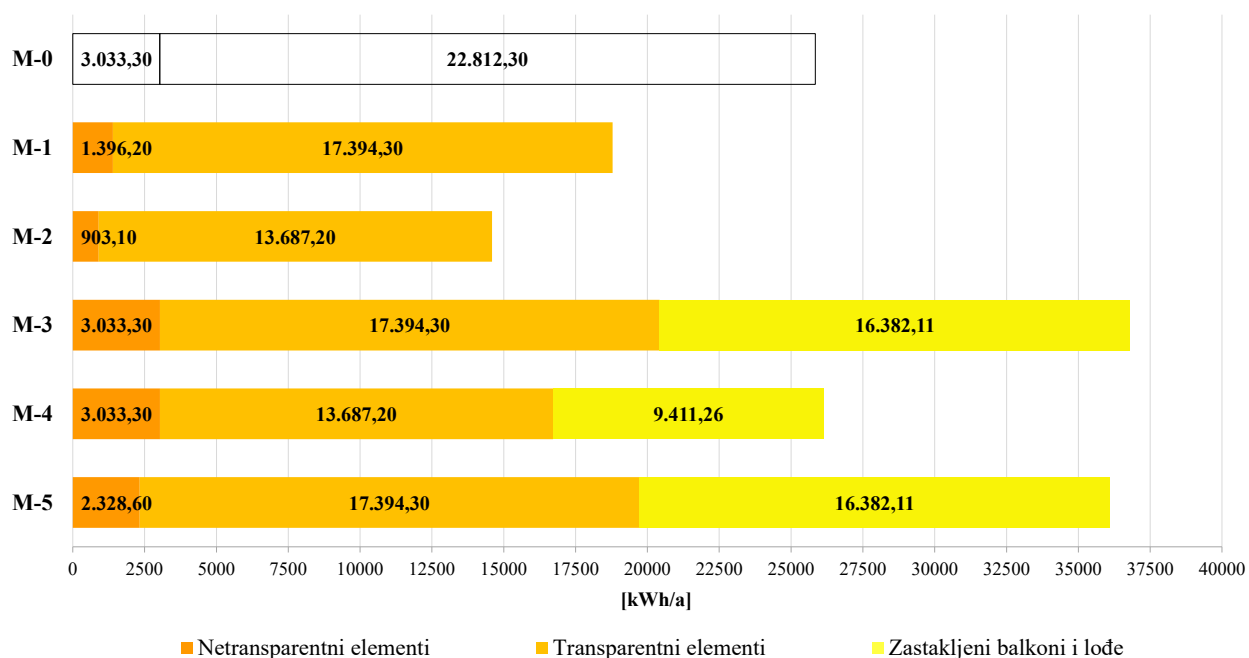
Rezultati proračuna solarnih dobitaka u grejnoj sezoni preko elemenata termičkog omotača, i zastakljenja balkona i lođa modelirane reprezentativne zgrade prikazani su na slici 6.19. S obzirom na to da solarni dobitci kroz netransparentne spoljašnje elemente čine mali deo ukupnih solarnih dobitaka, akcenat je na dobitcima kroz transparentne elemente. Rezultati jasno ukazuju na negativan efekat mere izolacionog zastakljenja, jer dolazi do smanjenja solarnih dobitaka kroz prozore i balkonska vrata. Takođe ukazuju i na korelaciju sa odabranim tipom prozora i balkonskih vrata za unapređenje. U slučaju modela M-2 i M-4, kod kojih su primenjeni visokoizolacioni prozori i balkonska vrata, smanjenje solarnih dobitaka je najveće i iznosi 40%. Rezultati ostalih modela, koji predviđaju primenu tipičnih izolacionih prozora, ukazuju na smanjenje dobitaka za oko 24%. Međutim, kod modela M-3, M-4 i M-5 analiza rezultata solarnih dobitaka preko zastakljenih balkona i lođa nedvosmisleno ukazuje da primena ove pasivne mere nadoknađuje nastalo smanjenje kroz transparentne elemente termičkog omotača i doprinosi povećanju ukupnih solarnih dobitaka (slika 6.19).



Slika 6.17 Transmisioni gubici toplote elemenata termičkog omotača analiziranih modela unapređenja EE reprezentativne zgrade



Slika 6.18 Potrebna energija za nadoknadu transmisionih i ventilacionih gubitaka toplote analiziranih modela unapređenja EE reprezentativne zgrade



Slika 6.19 Solarni dobici toplote u grejnoj sezoni u zavisnosti od vrste elementa

Energetski bilans reprezentativne zgrade u zavisnosti od modela unapređenja

Pregled rezultata energetskog bilansa, odnosno sprovedenih proračuna godišnje potrebne energije za grejanje reprezentativne zgrade primenom analiziranih modela unapređenja EE i pripadajuće emisije CO₂ dati su u tabeli 6.20. Detaljan prikaz energetskog bilansa za model M-3 dat je u Prilogu 6, odnosno za M-4 u Prilogu 7. Na slici 6.20, odnosno 6.21 prikazan je procentualni učinak glavnih faktora ($Q_{H,hT}$ i Q_{sol}) energetskog bilansa modela unapređenja reprezentativne zgrade, a kvantifikacija efikasnosti modela na osnovu godišnje specifične potrebne energije za grejanje ($Q_{H,an,interm}$) prikazana je na slici 6.22.

Dobijeni rezultati energetskog bilansa svih prediktivnih modela unapređenja EE reprezentativne višeporodične zgrade iz perioda USI, klasifikuju zgradu u energetski razred „C“ (M-1, M-3, M-4, M-5), odnosno „B“ (M-2). Takođe, primenom modela unapređenja reprezentativne zgrade, a na osnovu godišnje primarne energije za grejanje, smanjena je pripadajuća emisija CO₂. Specifična emisija CO₂ je sa skoro 30 kg/m², koliko prema proračunu iznosi za postojeće stanje (M-0), smanjena najviše u modelu M-2 i najmanje u M-3, respektivno na 7,72 i 12,31 kg/m².

Tabela 6.20 Uporedni prikaz energetskog bilansa modela unapređenja energetske efikasnosti reprezentativne višeporodične zgrade iz perioda usmerene stambene izgradnje

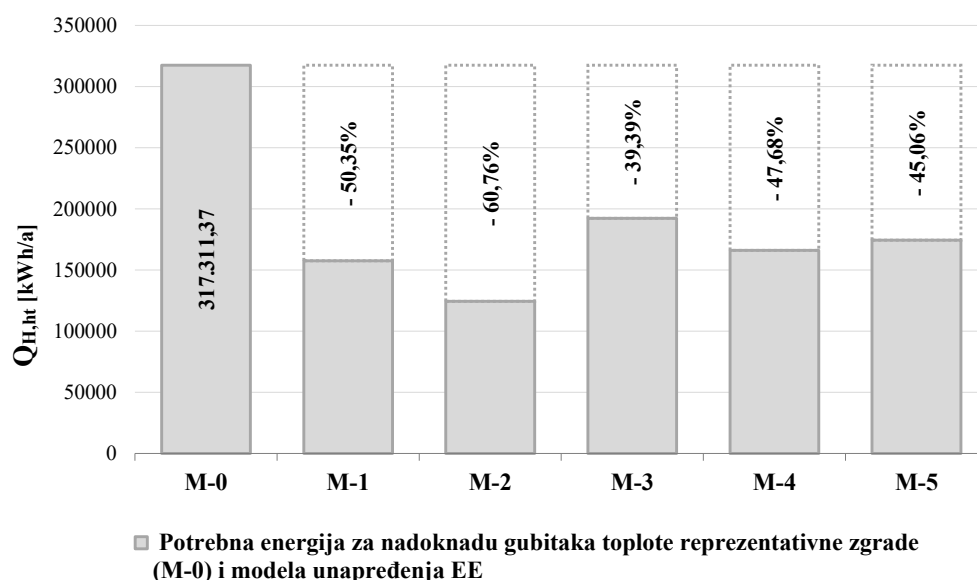
FAKTOR ENERGETSKOG BILANSA	Postojeće stanje	MODELNI UNAPREĐENJA EE VIŠEPORODIČNIH ZGRADA IZ PERIODA USI				
		1. Koncept		2. Koncept		
	M-0	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
$Q_{H,hT}$ [kWh/a]	317.311,37	157.534,23	124.518,66	192.315,51	166.013,50	174.330,35
Q_{sol} [kWh/a]	25.845,60	18.790,50	14.590,28	36.809,71	26.131,76	36.105,07
$Q_{H,nd,interm}$ [kWh/a]	233.846,22	86.917,11	60.446,46	96.403,34	84.809,76	80.405,99
$Q_{H,an,interm}$ [kWh/m ² a]	116,26	43,21	30,05	47,93	42,16	39,97
ENERGETSKI RAZRED	E	C	B	C	C	C
PRIMARNA ENERGIJA $Q_{H,prim}$ [kWh/a] ⁵¹	300.320,88	111.624,74	77.629,37	123.807,59	108.918,34	103.262,73
SPECIFIČNA PRIMARNA ENERGIJA $Q_{H,prim}$ [kWh/m ² a]	149,30	55,49	38,59	61,55	54,15	51,34
EMISIJA CO ₂ [kg] ⁵²	60.064,18	22.324,95	15.525,87	24.761,52	21.783,67	20.652,55
EMISIJA CO₂ [kg/m²]	29,86	11,10	7,72	12,31	10,83	10,27

⁵¹ Primarna energija za grejanje sračunata je prema istim karakteristikama sistema za grejanje (efikasnost sistema $\eta_{h,h} = 0,857$ ($\eta_{h,k} = 0,92$; $\eta_{h,r} = 0,95$ i $\eta_{h,c} = 0,98$)) i energentu kao za postojeće stanje (M-0) koji je u slučaju izabranog stambenog područja, kao i za većinu višeporodičnih stambenih zgrada u Niš, prirodni gas (faktor pretvaranja $F_{c,h} = 1,1$).

⁵² Emisija CO₂ je sračunata prema jediničnoj emisiji CO₂ koja je definsana PEEZ-om, a koja za gas iznosi 0,20 kg/kWh.

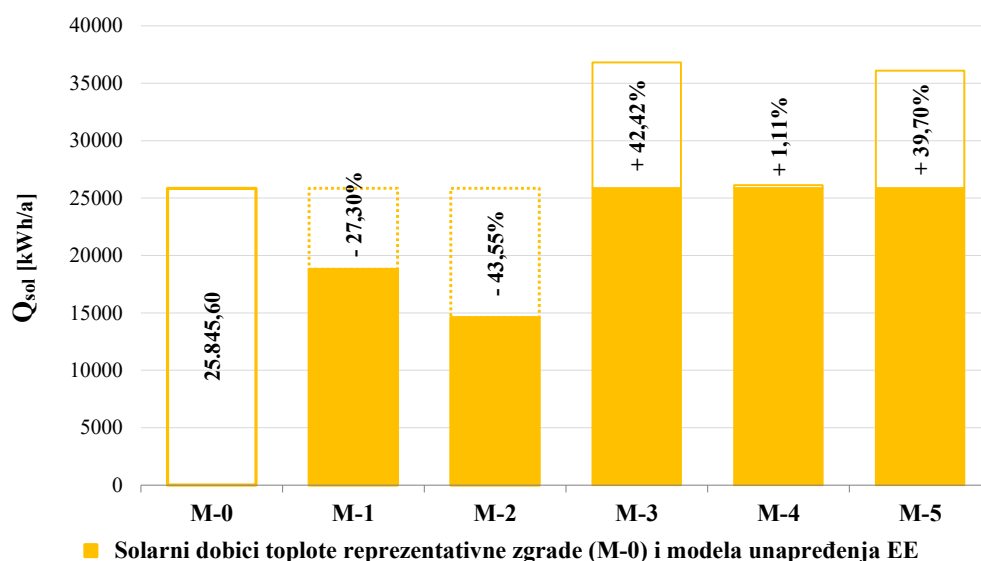
Za potrebe diskusije rezultata i razumevanje mehanizama na kojima se zasniva efikasnost modela, važno je analizirati doprinos glavnih faktora energetske svojstava (slika 6.20 i 6.21), kao i efikasnost modela u smanjenju godišnje specifične potrebne energije za grejanje reprezentativne zgrade (slika 6.22).

Kao što je prethodno prikazano, primenjene mere unapređenja su kod svih modela doprinele smanjenju transmisionih i ventilacionih gubitaka, što je posledično uzrokovalo smanjenje godišnje potrebne energija za nadoknadu gubitaka toplote u proseku za oko 48%. Najmanje smanjenje je kod modela M-3 za 39,39%, dok je kod modela M-2 smanjenje najveće i iznosi 60,76% (slika 6.20). Takođe, modeli M-4 i M-5, definisani drugim konceptom, kod kojih je predviđena implementacija zastakljenja balkona i lođa, imaju neznatno manji doprinos u smanjenju potrebne energije za nadoknadu gubitaka toplote od svega 5% u odnosu na model M-1 koji je definisan u skladu sa prvim konceptom i prvim nivoom unapređenja.



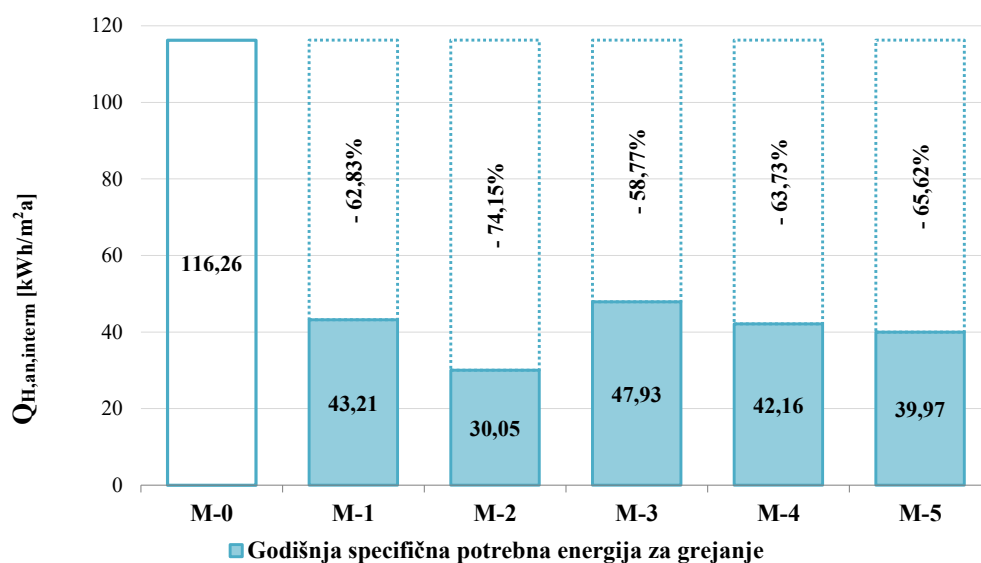
Slika 6.20 Efikasnost modela unapređenja energetske efikasnosti reprezentativne zgrade sa aspekta godišnje potrebne energije za nadoknadu gubitaka toplote ($Q_{H,ht}$)

Za razliku od godišnje potrebne energije za nadoknadu gubitaka toplote, efikasnost modela sa aspekta solarnih dobitaka toplote tokom grejne sezone je na strani modela definisanih prema drugom konceptu, a koji podrazumeva između ostalog i primenu pasivne mere zastakljenja balkona i lođa. Kod ovih modela (M-3, M-4 i M-5) solarni dobitci toplote su u porastu, i to najmanje za 1,11% (M-4), a najviše za 42,42% (M-3) u odnosu na M-0 (slika 6.21). Malo manji doprinos u povećanju solarnih dobitaka u odnosu na model M-3 od oko 5% je kod modela M-5. Solarni dobitci toplote reprezentativne zgrade se kod modela u skladu sa prvim konceptom (M-1 i M-2) smanjuju i to za oko 50-60% u odnosu na postojeće stanje, odnosno M-0.



Slika 6.21 Efikasnost modela unapređenja energetske efikasnosti reprezentativne zgrade sa aspekta godišnjih solarnih dobitaka toplote (Q_{sol})

I pored postojećeg disbalansa analiziranih modela sa aspekata godišnje potrebne energije za nadoknadu gubitaka i solarnih dobitaka u okviru grejne sezone, krajnji rezultati svih modela ukazuju na značajnu efikasnost u smanjenju glavnog kvantifikatora - godišnje specifične potrebne energije za grejanje reprezentativne zgrade. Godišnja specifična potrebna energija za grejanje kod analiziranih modela unapređenja kreće se u opsegu od 30,05 kWh/m²a za M-2 (koncept Nacionalne tipologije stambenih zgrada Srbije, drugi nivo unapređenja) do 47,93 kWh/m²a za M-3 (koncept baziran na primeni najjednostavnijih i investiciono prihvatljivih „uradi sam“ mera) (tabela 6.20; slika 6.22). Odnosno, kvantifikacija efikasnosti modela iskazana procentualno je u granicama od 58,77% (M-3) do 74,15% (M-2) (slika 6.22). Ako se kvantifikacija modela posmatra u kontekstu njihovih definisanih koncepata, disparitet efikasnosti modela u okviru prvog koncepta je oko 11%, odnosno oko 13 kWh/m²a, dok je u okviru drugog koncepta oko 7% ili 8 kWh/m²a (slika 6.22).



Slika 6.22 Efikasnost modela unapređenja energetske efikasnosti reprezentativne zgrade sa aspekta glavnog kvantifikatora – godišnje specifične potrebne energije za grejanje ($Q_{H,an,interm}$)

6.6 DISKUSIJA REZULTATA

Integriranim pristupom, koji je podrazumevao teoretsko sagledavanje (poglavljje 3.2), i razradu i definisanje odabranih pasivnih mera (poglavljje 6.4), smanjen je broj analiziranih modela unapređenja EE reprezentativne višeporodične zgrade iz perioda USI. S obzirom na to da se istraživanje zasniva na hipotezama čiji je fokus na pasivnoj meri zastakljenja balkona i lođa, diskusija se odnosi na dobijene rezultate sprovedenog istraživanj u odnosu na: 1) potencijal same mere kao takve za smanjenje potrebne energije za grejanje reprezentativne zgrade – rezultati istraživanja prikazani u poglavljju 6.4.3; 2) doprinos mere u okviru modela unapređenja EE prema definisanim konceptima – rezultati istraživanja prikazani u poglavljju 6.5.1.

Potencijal mere zastakljenja balkona i lođa za smanjenje potrebne energije za grejanje reprezentativne zgrdae

Sprovedeno istraživanje u okviru poglavlja 6.4.3 je podrazumevalo najpre analizu uticaja tipa zastakljenja na balkonima i lođama u smanjenju potrebne energije za grejanje, a zatim u skladu sa prvom hipotezom, i istraživanje doprinosa poboljšanja toplotnih karakteristika termičkog omotača na delu prostora balkona i lođa sa aspekta efikasnost mere zastakljenja ovih prostora.

Varirani tipovi zastakljenja su definisani izabranim programskim paketom na: jednostruko, dvostruko obično i toplotno-izolaciono zastakljenje. Analiza dobijenih rezultata pokazala je da

zastakljenjem balkona i lođa reprezentativne zgrade višeporodičnog stanovanja u njenom izvornom obliku, to jest postojećem stanju, potrebna energija za grejanje može da se smanji za 19,38% ukoliko se primeni jednostruko zastakljenje. Rezultati takođe ukazuju da se sa poboljšanjem toplotnih karakteristika samog zastakljenja (primena toplotno-izolaciono zastakljenje koje sprečava velike fluktacije temperature vazduha zastakljenog prostora u toku dana) efikasnost mere u smanjenju potrebne energije za grejanje povećava na skoro 25%. Posledičnu vezu rezultata efikasnosti zastakljenih balkona i lođa u smanjenju godišnje potrebne energije za grejanje i tipa zastakljenja, potvrđuju između ostalih i istraživanja Mihalakakou i Ferrante 2000; Bataineh i Fayeze, 2011; Chiesa i sar., 2017; Fotopoulou i sar., 2018.

Geometrija balkona i lođa, kao i toplotne karakteristike elemenata termičkog omotača (spoljašnji zidovi, i prozori i balkonska vrata) koji predstavljaju granične površi između privatnih otvorenih prostora i grejanih prostora stambene jedinice, a u skladu sa prvom hipotezom, uslovili su dalje istraživanje efikasnosti primene pasivne mere zastakljenja balkona i lođa u smanjenju godišnje potrebne energije za grejanje. Formiranih deset varijanti zastakljenih prostora balkona i lođa (m-1 do m-10) podrazumevale su kombinovanje tipa zastakljenja (jednostruko i toplotno-izolaciono) sa izolovanjem netransparentnih ili/i zamenom transparentnih elemenata. Izolovanje netransparentnih elemenata uključivalo je dodavanje sloja termoizolacije od XPS-a u debljini od 5 cm sa spoljašnje strane zida sa završnom oblogom od fasadnog maltera. Zamena postojećih transparentnih elemenat podrazumevala je primenu izabranog tipičnog izolacionog prozora (PVC prozor sa dvostrukim izolacionim niskoemisionim staklo-paketom sa inertnim gasom) ili izabrani visokoizolacioni prozor (kompozitni prozorski sistem sa trostrukim izolacionim niskoemisionim staklo-paketom ispunjenim inertnim gasom).

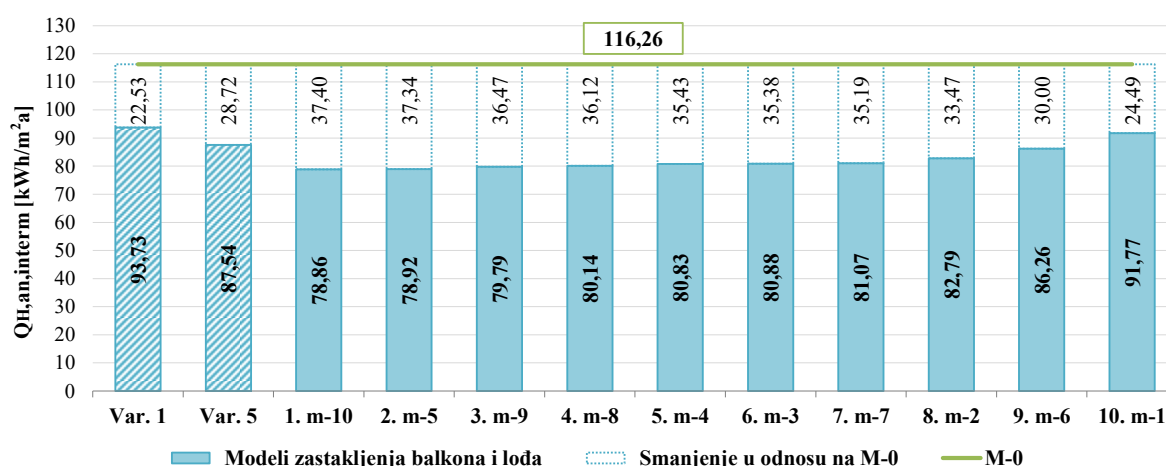
Analiza uticaja poboljšanja toplotnih karakteristika elemenata termičkog omotača balkona i lođa, sprovedena je kroz komparaciju sa bazičnim modelima prema tipu zastakljenja. Istraživanje je pokazalo da dodatno izolovanje spoljašnjeg zida na delu balkona i lođa neznatno utiče na povećanje bazične efikasnosti mere zastakljenja u smanjenju godišnje potrebne energije i zavisi od tipa primenjenog zastakljenja. Doprinos unapređenja toplotnih karakteristika spoljašnjeg zida na efikasnost mere se smanjuje sa povećanjem toplotnih karakteristika zastakljenja balkona i lođa, i to sa oko 1,7% kod jednostrukog (m-1), na 1,1% kod toplotno-izolacionog zastakljenja (m-6).

Sa druge strane, zamene prozora i balkonskih vrata doprinosi povećanju efikasnosti mere zastakljenja balkona i lođa za oko 6% (m-7, m-8) do 10% (m-2, m-3), ali uz napomenu da je zadržan trend zavisnosti od tipa zastakljenja koji je takođe u korist jednostrukog zastakljenja. S

obzirom na to da je variran i tip prozora i balkonskih vrata, važno je napomenuti da je uticaj tipa ovih elemenata u povećanju efikasnosti mere zastakljenja balkona i lođa neznatan i u korist primene visokoizolacionog prozora.

Unapređenjem toplotnih karakteristika spoljašnjeg zida i prozora i balkonskih vrata termičkog omotača na delu balkona i lođa, povećava se efikasnost mere zastakljenja balkona i lođa u smanjenju potrebne energije za grejanje na 30-32%. Iako je na početku ovog dela diskusije prikazana zavisnost efikasnosti mere zastakljenja balkona i lođa u zavisnosti od tipa odabranog zastakljenja, disbalans u efikasnosti od skoro 6% u korist toplotno-izolacionog zastakljenja se smanjio na manje od 1%.

Na kraju, na slici 6.23 prikazana je klasifikacija varijanti modelovanog zastakljenog prostora balkona i lođa prema godišnjoj specifičnoj potrebnoj energiji za grejanje, kao i smanjenje u odnosu na postojeće stanje odabrane reprezentativne zgrade – M-0. Razlika u efikasnosti modela zastakljenog prostora balkona između najefikasnijeg (m-10) i najmanje efikasne varijante (m-1) iznosi oko 13 kWh/m²a.



Var.1 - Jednostruko zastakljenje

- m-10:** Var.5 + SZ + Kompozitni prozor
- m-5:** Var.1 + SZ + Kompozitni prozor
- m-9:** Var.5 + SZ + PVC prozor
- m-8:** Var.5 + Kompozitni prozor
- m-4:** Var.1 + SZ + PVC prozor

Var. 5 - Toplotno-izolaciono zastakljenje

- m-3:** Var.1 + Kompozitni prozor
- m-7:** Var.5 + PVC prozor
- m-2:** Var.1 + PVC prozor
- m-6:** Var.5 + SZ
- m-1:** Var.1 + SZ

Slika 6.23 Klasifikacija varijanti modelovanog zastakljenog prostora balkona i lođa prema godišnjoj specifičnoj potrebnoj energiji za grejanje

Nakon primene mere zastakljenja balkona i lođa jednostrukim ili toplotno-izolacionim zastakljenjem, kao i mera za unapređenje toplotnih karakteristika netransparentnih ili/i transparentnih elemenata termičkog omotača koji razgraničavaju privatni otvoreni i grejani prostor stambenog dela, reprezentativna zgrada dostiže energetske razred „D“ čime je ispunjen uslov *Pravilnika o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada*.

Dalje istraživanje energetskih svojstava zastakljenog prostora balkona i lođa u našim klimatskim uslovima, pre svega svega treba biti usmereno na analizu i ispitivanje temperature vazduha unutar zastakljenog prostora u zavisnosti od orijentacija, kao i u zavisnosti od infiltracije vazduha koja zavisi od tehnoloških karakteristika samog zastakljenja ali i karakteristika transparentnih i netransparentnih elemenata termičkog omotača između prostora balkona i lođa, i grejanog stambenog prostora.

Doprinos mere u okviru modela unapređenja EE prema definisanim konceptima

Polazna osnova u ovom delu istraživanja bila je na definisanju koncepata za formiranje modela unapređenja EE reprezentativne višeporodične zgrade, a koji su uslovili paket mera. Prvi koncept je zasnovan na *Nacionalnoj tipologiji stambenih zgrada Srbije* i podrazumeva paket ustaljenih mera za unapređenje EEZ, a to su primena mere izolovanja i izolacionog zastakljenja (zamena prozora i balkonskih vrata). U okviru ovog koncepta formirana su dva modela: M-1 sa definisanim merama kojima se ispunjavaju minimalni zahtevi toplotne zaštite po pitanju koeficijenta U (prema PEEZ-u za postojeće zgrade) i M-2 koji podrazumeva primenu istih mera ali sa poboljšanim toplotnim svojstvima uslovljenim koeficijentom U za nove zgrade. Drugi koncept je formiran upravo na ovim ograničenjima, i podrazumeva primenu paketa mera koje vlasnici stanova različite socijalno-ekonomske strukture mogu sprovesti po sistemu „uradi sam“. U okviru ovog koncepta paket mera je podrazumevao zamenu postojećih prozora i balkonskih vrata, razrađeni model zastakljenja balkona i lođa sa izolovanjem spoljašnjih zidova koji ograničavaju ove privatne otvorene prostore od grejanog stambenog prostora. Paketom ovih mera formirani su modeli M-3 (definisan mere sa minimlanim zadovoljenjem svojstava toplotne zaštite i sa manjim početnim investicionim ulaganjima) i M-4 (definisan mere sa unapređenim svojstvima toplotne zaštite i sa većim početnim investicionim ulaganjima). Takođe je u okviru ovog koncepta ispitivana i efikasnost modela M-5, koji je podrazumevao primenu paketa mera koje su u sprezi sa realnim mogućnostima izvođenja na nivou stambene zajednice u kombinaciji sa „uradi sam“ merama iz modela M-3.

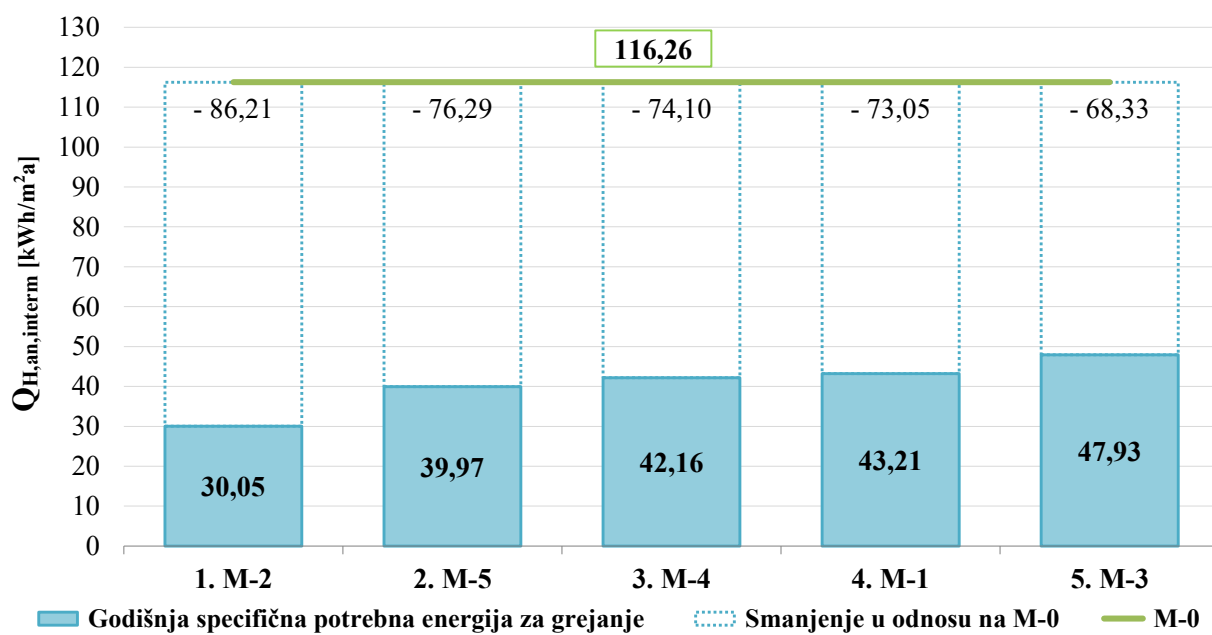
Rezultati analiza predloženih modela unapređenja EE reprezentativne zgrade, prikazani u poglavlju 6.5.1, ukazuju na njihov značajan doprinos u smanjenju godišnje potrebne energije za grejanje. U okviru prvog koncepta, efikasnost modela u smanjenju godišnje potrebne energije postojećeg stanja (M-0) je u rasponu od 62,83% za M-1 do 74,15% za M-2. Modeli u okviru drugog koncepta imaju manju disproporciju doprinosa u odnosu na M-0, a koja je u granicama od najmanje 58,77% za M-3 do najviše 65,62% za M-5. Značajna razlika između modela definisanih koncepata je u mehanizmima (mehanizam smanjenja toplotnih gubitaka i/ili mehanizam povećanja solarnih dobitaka u grejnoj sezoni) pomoću kojih se ostvaruje ovakva efikasnost modela. Naime, kod modela M-1 i M-2, kod kojih se paketom mera unapređuje ceo termički omotač u skladu sa nivoima unapređenja toplotnih karakteristika njegovih elemenata, značajan doprinos u smanjenju godišnje potrebne energije za grejanje se ostvaruje kroz mehanizam smanjenja toplotnih gubitaka i pored negativnog uticaja primenjenih mera na doprinos solarnih dobitaka toplote u grejnoj sezoni. Smanjenje ovih solarnih dobitaka je usled unapređenja toplotnih karakteristika transparentnih elemenata termičkog omotača. Sa druge strane, kod modela M-3 i M-5 u okviru drugog koncepta, skoro je jednak pozitivan doprinos oba mehanizma. Kod modela M-4 u okviru istog koncepta, dominantan mehanizam za ostvarivanje doprinosa u poboljšanju EE reprezentativne zgrade, jeste mehanizam smanjenja toplotnih gubitaka, dok je uticaj mehanizma povećanja solarnih dobitaka tokom grejne sezone, beznačajan.

Ovakav disbalans učinka mehanizama u povećanju solarnih dobitaka tokom grejne sezone u modelima M-3, M-4 i M-5 je posledica primenjenog tipa zastakljenja balkona i lođa. Značajni solarni dobici u grejnoj sezoni se ostvaruju kod modela M-3 i M-5 kod kojih je predviđeno jednostruko zastakljenje za zatvaranje prostora balkona i lođa, dok je kod modela M-4 toplotno-izolaciono zastakljenje. S obzirom na to da je u modelima M-3 i M-5 predviđena ista mera zamene prozora i balkonskih vrata, kroz koje dolazi do smanjenje skoro iste količine gubitaka toplote i jednake količine smanjenja solarnih dobitaka toplote u grejnoj sezoni, u svim ovim modelima jasno se uočava doprinos mere zastakljenja balkona i lođa. Pomoću mere jednostrukog zastakljenja balkona i lođa, nadoknađuje se nastalo smanjenje solarnih dobitaka toplote u grejnoj sezoni preko transparentnih elemenata, uz istovremno povećanje ukupnih solarnih dobitaka toplote. Sprovedena istraživačka analiza modela sa aspekta mehanizama koji doprinose smanjenju godišnje potrebne energije za grejanje je u kontekstu druge hipoteze omogućila sagledavanje doprinosa mere zastakljenja balkona i lođa u poboljšanju energetskih svojstava reprezentativne višeporodične zgrade iz perioda USI.

S obzirom na to da je više od 25% omotača zgrade primenjenim paketom mera podvrgnuto energetske sanaciji uz poštovanje oblikovne i funkcionalne celovitosti, u skladu sa PEEZ-om svi analizirani prediktivni modeli se mogu svrstati u modele obimnije obnove. Jasnija i preciznija klasifikacija koja inicira „laganu“, „srednju“ i „obimniju“ obnovu sa aspekta unapređenja EE data je u *Preporukama EK za renoviranje zgrada* (eng. *Commission Recommendation on Building Renovation*), a koja je razvijena u okviru *Evropske opservatorije za građevinski fond* (eng. *EU Building Stock Observatory*). Klasifikacija se zasniva na smanjenju, odnosno uštedi primarne energije. Ova klasifikacija podrazumeva pod stepenom lagane obnove - uštedu manju od 30%; srednje obnove - uštedu između 30 i 60% i pod stepenom obimnije obnove - uštedu veću od 60% (EC, 2019b). Prema ovoj klasifikaciji, pripadajuća primarna energija se smanjuje za više od 60% kod analiziranih modela unapređenja EE M-1, M-2, M-4 i M-5, što ove modele svrstava u obimniju obnovu. Jedino model M-3, pripada srednjoj obnovi obzirom da primena ovog modela doprinosi smanjenju primarne energije u odnosu na postojeće stanje reprezentativne zgrade za 58,77%. Smanjenje primarne energije za grejanje uslovljava i smanjenje emisije CO₂ što posledično uzrokuje i smanjenje ekološkog otiska reprezentativne zgrade.

Na osnovu sračunate godišnje specifične potrebne energije za grejanje, za sistem grejanja koji radi sa prekidom, izvršena je klasifikacija modela unapređenja EE reprezentativne zgrade od najefikasnijeg do najmanje efikasnog modela (slika 6.21). Distinkcija dobijenih rezultate je u opsegu od 30,05 kWh/m² za najefikasniji model M-2, do 47,93 kWh/m² za najmanje efikasan model M-3. Prema prikazanim rezultatima, a u skladu sa *Pravilnikom o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada*, modeli M-1, M-3, M-4 i M-5 se klasifikuju kao energetski razred „C“, dok najefikasniji model M-2 pripada energetskom razredu „B“.

Iako se zgrade obično ne „ponašaju“ u skladu sa dobijenim rezultatima čak i kada se koriste veoma sofisticirane metode simulacije energije (Konstantinou, 2014), analizirani modeli trebaju biti istraženi i metodom proračuna koji podrazumeva detaljnu dinamičku simulaciju zgrade u termičkom smislu, naročito modeli kod kojih je primenjena, između ostalih, i mera zastakljenja balkona i lođa s obzirom na njene specifične performanse.



Slika 6.24 Klasifikacija modela unapređenja energetske efikasnosti reprezentativne višeporodične zgrade iz perioda USI prema godišnjoj specifičnoj potrebnoj energiji za grejanje

7 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Savremeni tokovi današnjice i sve veći uticaj globalnih izazova, na prvom mestu klimatskih promena, koje su posledica povećanja emisije CO₂ od antropogenih aktivnosti, sa kojima se čovek susreće u izgrađenoj sredini, upućuju na neophodnost multidisciplinarnog, intersektorskog i holističkog angažmana u razvoju savremenih integrisanih pristupa unapređenja EEZ. Polazeći od toga da postojeće zgrade ne predstavljaju problem već indikator stanja našeg društva, unapređenje EE postojećih zgrada sagledava se kao nužno neophodan element koji treba da doprinese održivom razvoju izgrađene sredine, i ima za cilj smanjenje uticaja zgrada na životnu sredinu uz istovremeno poboljšanje uslova komfora (unutrašnjeg i spoljašnjeg) i uz ostvarivanje ekonomske dobiti za korisnike.

S obzirom na to da se u poslednje vreme teži ka održivim modelima unapređenja EEZ koji treba da zadovolje integrisane društvene, tehničke, ekonomske i ekološke potrebe različitih zainteresovanih strana, u doktorskoj disertaciji sprovedeno je istraživanje razrade, mogućnosti primene i efikasnost, u našim okvirima nedovoljno sagledane, pasivne mere zastakljenja privatnih otvorenih prostora u cilju unapređenja EE višeporodičnih zgrada iz perioda USI za lokalne klimatske uslove. Sa prostorno-funkcionalnog aspekta mera zastakljivanja prostora balkona i lođa podrazumevala je zadržavanje funkcije privatnog otvorenog negrejanog prostora (stambeni grejani prostor se ne proširuje na račun prostora balkona i lođa). Izabrani period USI je period intenzivne i masovne izgradnje višeporodičnih zgrada u Srbiji, koji odlikuju specifični arhitektonski izraz i materijalizacija zgrada, i, industrijski i tehnološki napredak koji je uticao na razvoj prefabrikacije elemenata zgrada (konstruktivnih i fasadnih). Istraživačka platforma je definisana na osnovu sprovedene analize tipova višeporodičnih zgrada sa aspekta zastupljenosti u fondu zgrada namenjenih višeporodičnom stanovanju, kao i sa aspekta njihovog potencijala za uštedu energije za grejanje. Analizom dostupnih podataka utvrđeno je da u sektoru višeporodičnog stanovanja 35% energije za grejanje pripada zgradama tip lamela koje u zavisnosti od nivoa unapređenja imaju potencijal od 40-60% za smanjenje energije za grejanje. Sa ovakvim potencijalom, unapređenje energetske svojstava lamela bi doprinelo smanjenju energije za grejanje celokupnog fonda zgrada višeporodičnog stanovanja za 14 do 20%. Na osnovu ovih podataka, kao i drugih postavljenih kriterijuma, za istraživanje mogućnosti primene pasivne mere zastakljenja balkona i lođa u kontekstu smanjenja specifične godišnje potrebne energije za grejanje, izabrano je stambeno područje i reprezentativna zgrada u Nišu.

Pomoću odabranog programskog paketa „KnaufTerm2“ verzija v28.24, koji podržava metod proračuna potrebne energije za grejanje, i hlađenje u zgradama, i podrazumeva potpuno definisani kvazi-stacionarni mesečni metod proračuna (posebna opcija je sezonski metod), sproveden je proračun godišnje specifične potrebne energije za grejanje unapređenja reprezentativne zgrade primenom pasivne mere zastakljenja balkona i lođa. U prvom koraku analiziran je uticaj tipa zastakljenja (jednostruko ($g_e = 0,83$), dvostruko obično ($g_e = 0,71$) i toplotno-izolaciono ($g_e = 0,61$)), a zatim i uticaj unapređenja toplotnih karakteristika netransparentnih i transparentnih elemenata termičkog omotača u zoni balkona i lođa na efikasnost mere.

Na osnovu dobijenih rezultata proračuna i kvantifikacije doprinosa mere zastakljenja balkona i lođa u smanjenju godišnje potrebne energije za grejanje u odnosu na postojeće stanje reprezentativne zgrade, izvedeni su sledeći zaključci:

- Mera zastakljenja balkona i lođa predstavlja jednostavnu meru za unapređenje EE postojećih nedovoljno izolovanih višeporodičnih zgrada koja može doprineti smanjenju godišnje specifične potrebne energije za grejanje za 20 - 25%.
- Efikasnost mere zastakljenja balkona i lođa kod neizolovanih ili nedovoljno izolovanih višeporodičnih zgrada zavisi od tipa zastakljenja i podrazumeva povećanje efikasnosti mere sa povećanjem toplotnih karakteristika zastakljenja, odnosno faktora propustljivosti solarnog zračenja stakla (g).
- Dodatno smanjenje godišnje specifične potrebne energije za grejanje usled primene mere zastakljenja balkona i lođa ostvaruje se poboljšanjem toplotnih karakteristika samo netransparentnih ili samo transparentnih elemenata termičkog omotača u zoni balkona i lođa, i zavisi od tipa zastakljenja balkona i lođa.
- Značajno dodatno smanjenje godišnje specifične potrebne energije za grejanje primenom mere zastakljenja balkona i lođa ostvaruje se kada se poboljšaju toplotne karakteristike i netransparentnih i transparentnih elemenata termičkog omotača u zoni balkona i lođa, i ne zavisi od tipa zastakljenja balkona i lođa.

Na osnovu izvedenih zaključaka potvrđena je prva polazna hipoteza da se efikasnost primene zastakljenja balkona i lođa u smanjenju godišnje potrebne energije za grejanje višeporodičnih stambenih zgrada iz perioda usmeren stambene izgradnje u Nišu se povećava sa unapređenjem i toplotnih karakteristika netransparentnih i transparentnih elemenata termičkog omotača u zoni balkona i lođa.

Intervencije u vidu zastakljenja balkona i lođa na višeporodičnim stambenim zgradama, bez ikakvih ograničenja i poštovanja arhitektonske oblikovnosti, predstavljaju već ustaljeni fenomen kako kod postojećih, tako i kod novoizgrađenih zgrada, ali fenomen koji se ne prepoznaje kao pasivna mera za unapređenje EE. Zbog toga su u disertaciji analizirani doprinosi modela unapređenja EE zasnovani na primeni takozvanih „uradi sam“ mera, a u okviru koncepta koji podrazumeva da je stanara/vlasnik stana, odnosno stambena zajednica glavni participant i sprovodioc unapređenja EE. Definisani koncept omogućio je sagledavanje efikasnosti energetskog unapređenja individualnih intervencija – „svaki stan za sebe“ – ali na nivou cele zgrade, kao i kroz primenu dodatnog paketa mera unapređenja čije bi se sprovođenje ostvarilo u okviru stambene zajednice. Zapravo, ovaj koncept podrazumeva prediktivne modele unapređenja EE višeporodičnih stambenih zgrada zasnovane na primeni paketa racionalno i realno izvodljivih mera. Ovako definisani modeli u obzir uzimaju ograničenja koja su između ostalog uslovljena kompleksnošću i dodatnim početnim investicionim troškovima za izvođenje mera, kao i mnogo značajnije ograničenje koje se ogleda u viševlasničkoj strukturi u višeporodičnim stambenim zgradama, ne samo iz perioda USI već uopšteno, i karakteristično je za ove prostore.

Analiza modela u okviru ovog koncepta, sa aspekta smanjenja godišnje potrebne energije za grejanje, omogućila je sagledavanje efikasnosti mere zastakljenja balkona i lođa, kao i njenih energetskih svojstava u korelaciji sa pasivnom merom izolacionog zastakljenja (zamena prozora i balkonskih vrata).

Zaključci ovog dela istraživanja su sledeći:

- Unapređenje EE reprezentativne zgrade zasnovano na primeni pasivnih mera zastakljenja balkona i lođa, i izolacionog zastakljenja (zamena prozora i vrata), prepoznate kao mere „uradi sam“, doprinose smanjenju godišnje potrebne energije za grejanje efikasno kao i unapređenje zasnovano na standardnom poboljšanju toplotnih karakteristika svih elemenata termičkog omotača (koeficijent U za postojeće zgrade).
- Godišnja specifična potrebna energija za grejanje modela unapređenje EE reprezentativne zgrade zasnovano na primeni paketa racionalno i realno izvodljivih pasivnih mera, predstavlja optimalni nivo unapređenja energetskih svojstava višeporodične stambene zgrade. Nakon ovog nivoa treba primeniti drugi korak koncepta „*Trias Energetica*“ koji podrazumeva primenu sistema i tehnologija koje će doprineti što većem iskorišćavanju održivih i obnovljivih izvora energije, a u cilju dostizanja energetskog nivoa zgrade skoro nulte energije (nZEB).

- Efikasnost modela unapređenja zasnovanog na primeni pasivnih mera zastakljenja balkona i lođa, i izolacionog zastakljenja (zamena prozora i vrata) minimalno zavisi od toplotnih karakteristika izabranih mera. Razlika godišnje specifične potrebne energije za grejanje reprezentativne zgrade modela sa standardnim toplotnim karakteristikama zastakljenja balkona i lođa, i prozora i balkonskih vrata (M-3) i modela sa unapređenim toplotnim karakteristikama (M-4) je 6 kWh/m²a u korist unapređenih toplotnih karakteristika.
- Efikasnost mere zastakljenja balkona i lođa sa aspekta ukupnih solarnih dobitaka tokom grejne sezone zavisi od toplotnih karakteristika primenjene mere izolacionog zastakljenja (zamena prozora i balkonskih vrata).
- Kod primene prozora i balkonskih vrata visokih toplotnih performansi u modelima unapređenja, primena mere zastakljenja balkona i lođa će doprineti nadoknaditi nastalog smanjenja solarnih dobitaka kroz transparentne elemente termičkog omotača.
- Primena mere zastakljenja balkona i lođa u kombinaciji sa zamenom postojeće stolarije savremenijim tipovima, gde su obe mere istih ili sličnih toplotnih karakteristika, doprineće povećanju efikasnosti paketa mera sa aspekta smanjenje godišnje specifične potrebne energije za grejanje za 40%.

Izvedeni zaključci, a naročito poslednji, nedvosmisleno potvrđuju drugu hipotezu da zastakljenje balkona i lođa, kao manje primenjivana pasivna mera za unapređenje energetske efikasnosti u našim uslovima, u značajnom obimu doprinosi poboljšanju energetskih svojstava višeporodičnih zgrada iz perioda USI.

Mnogi modeli unapređenja EE, ne samo višeporodičnih stambenih zgrada, podrazumevaju da se energetski unaprede svojstva termičkog omotača, ne uzimajući u razmatranje jedinstvene prednosti modifikacije prostora balkona i lođa. Istraživanje je pokazalo da zastakljivanjem balkona i lođa, bez intervencija na spoljašnjim nedovoljno izolovanim zidovima kao najzastupljenijem elementu prema površini u termičkom omotaču i u transmisionim gubicima, može da se ostvari unapređenje EE višeporodične zgrade iz perioda USI onako kako je definisano *Pravilnikom o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada*.

U savremenoj arhitektonsko-projektantskoj praksi u kontekstu održivosti, energetske efikasnosti i oblikovanja zgrada, sprovedeno istraživanje u ovoj disertaciji može pomoći da se još u ranim fazama projektovanja definiše najpogodnije tehničko rešenje zastakljenja privatnih

otvorenih prostora u višeporodičnim stambenim zgradama, a prema lokalnim klimatskim uslovima. U okviru postojećih višeporodičnih zgrada iz perioda USI, implementacija istraživanja se može sagledati i u kontekstu podsticaja proizvodnje modularnih/unificiranih elemenata za zastakljenje balkona i lođa na ovim zgradama, s obzirom na to da ovaj period karakteriše razvoj prefabrikovanih, a samim tim i modularnih sistema gradnje. Na taj način izbeglo bi se nekontrolisano i nekoordinisano zatvaranje balkona i lođa. U prilog primene mere zastakljenja balkona i lođa u višeporodičnim stambenim zgradama su i tehnička rešenja koja pružaju jednostavnost izvođenja i prihvatljiva finansijska ulaganja, uz ostvarivanje arhitektonske atraktivnosti.

Istraživanje doprinosa zastakljenja balkona i lođa, kao i definisanje koncepta koji sagledava efikasnost energetske unapređenja individualnih intervencija – „svaki stan za sebe“ kroz primenu „uradi sam“ mera – ali na nivou cele zgrade, ukazuje na potrebu redefinisavanja shvatanja podsticajnih pasivnih mera za unapređenje EE. Pored ustaljenih mera izolovanja i zamene postojeće stolarije, treba uvrstiti i meru zastakljenja balkona i lođa kao podsticajnu meru za unapređenje EE. Ovim bi se doprinelo da državna i lokalna vlast kroz subvencionisane programe podrže i stimulišu primenu ove mere. Takođe, rezultati istraživanja zastakljenja balkona i lođa je alternativno, tehnički izvodljivo i moćno pasivno rešenje za postizanje obimnije energetske obnove.

Kako energetske potrebe zgrade ne zavise samo od energetske svojstava zgrada, već i od lokalnih klimatskih uslova i od ponašanja korisnika prostora, ne može se tvrditi da će model unapređenja EE koji je bio primenjen na jednoj zgradi doprineti istom smanjenju potrebne energije za grejanje kod zgrada sa identičnim karakteristikama. Zbog toga ne postoji jedinstven model unapređenja EE, već se mora pristupiti razradi modela iznova, svaki put kada se planira unapređenje. Važno je proširiti perspektivu izvan tradicionalnih načina pristupa formiranju modela unapređenja EE višeporodičnih stambenih zgrada, i identifikovati i meriti uticaj modele unapređenja u različitim oblastima društva. Koristi mogu imati značajnu vrednost, ali se najčešće zanemaruju, pa se samim tim potcenjuje i puna vrednost modela unapređenja EE.

Planiranje primene pasivnih mera u razvoju modela unapređenja EE višeporodičnih stambenih zgrada predstavlja kompleksan problem koji zahteva detaljno promišljanje, pre svega usled viševlasničke strukture, i mogućih tehnički izvodljivih i ekonomsko održivih rešenja. Zbog toga je neophodan kontinuirani razvoj arhitektonsko-tehničkih rešenja pasivnih mera koje će doprineti ne samo uštedi energije i povećanju uslova komfora, već i povećanju funkcionalnosti pa čak i estetike stambenog prostora, kao i same zgrade.

Dalja istraživanja primene mere zastakljenja balkona i lođa trebaju biti usmerena najpre ka analizi njihovog doprinosa u različitim klimatskim uslovima u Srbiji, uzimajući u obzir ekonomski aspekt u smislu perioda otplate početnih investicionih ulaganja.

S obzirom da je u ovoj doktorskoj disertaciji analiziran uticaj zastakljenja balkona i lođa na smanjenje potrebne energije za grejanje, na osnovu modela koji podrazumeva potpuno fleksibilno zastakljenje od poda do plafano, treba istražiti doprinos mere u slučaju kada se zatvaranje prostora predviđa kombinovanjem transparentnih i netransparentnih delova, kao i uticaj elemenata za zasenčenje. Pravac daljeg istraživanja je i na uticaju zastakljenja/zatvaranje prostora balkona i lođa čija se funkcija menja u smislu grejanig stambenog prostora. Ovaj pravac istraživanja je interesantan sa aspekta uticaja mere na energetske potrebe zgrade, s obzirom da se kroz primenu mere povećava grejna površna višporodične stambene zgrade, kao i da se menja njen faktor oblika.

Takođe, buduća istraživanja treba proširiti i na spoznaju socioloških aspekata koji su doveli do pojave fenomena zastakljenja balkona i lođa prisutnog na ovim prostorima. Istraživanje ovog fenomena bi zatim usmerilo dalja istraživanja u pravcu uticaja ponašanja stanara u korišćenju zastakljenog prostora balkona i lođa na energetska svojstva zastakljenog prostora.

POPIS LITERATURE

- Albatici, R., and Passerini, F. (2011). Bioclimatic design of buildings considering heating requirements in Italian climatic conditions. A simplified approach. *Building and Environment*, Vol. 46, No. 8, pp. 1624-1631.
- Almeida, M., Ferreira, M., and Rodrigues, A. (2017). *Co-benefits of energy related building renovation - Demonstration of their impact on the assessment of energy related building renovation (Annex 56)*. Edited by Manuela Almeida, University of Minho, Portugal. ISBN: 978-989-99799-2-5.
- Alzetto, F., Farmer, D., Fitton, R., Hughes, T., and Swan, W. (2018). Comparison of whole house heat loss test methods under controlled conditions in six distinct retrofit scenarios. *Energy and Buildings*, Vol. 168, pp. 35-41.
- Amanatidis, G. (2019). *European policies on climate and energy towards 2020, 2030. and 2050*. European Union. <https://doi.org/10.2861/78515>
- Ardente, F., Beccali, M., Cellura, M., and Mistretta, M. (2011). Energy and environmental benefits in public buildings as a result of retrofit actions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, No. 1, pp. 460-470.
- Artola, I., Rademaekers, K., Williams, R., and Yearwood, J. (2016). *Boosting Building Renovation: What potential and value for Europe?* European Parliament. ISBN 978-92-846-0308-4.
- Ascione, F., Bianco, N., de' Rossi, F., Turni, G., and Vanoli, G.P. (2013). Green roofs in European climates. Are effective solutions for the energy savings in air-conditioning? *Applied Energy*, Vol. 104, pp. 845-859.
- Aslani, A., Bakhtiar, A., and Akbarzadeh, M. H. (2019). Energy-efficiency technologies in the building envelope: Life cycle and adaptation assessment. *Journal of Building Engineering*, Vol. 21, pp.55-63.
- Bamdad, K., Cholette, M. E., Omrani, S., and Bell, J. (2021). Future energy-optimised buildings — Addressing the impact of climate change on buildings. *Energy and Buildings*, Vol. 231, 110610.
- Barbier, E. B. (1987). The concept of sustainable economic development. *Environmental conservation*, Vol.14, No.2, pp. 101-110.
- Bataineh, M. K., and Nadia Fayez, N. (2011). Analysis of thermal performance of building attached sunspace. *Energy and Buildings*, Vol. 43, No. 8, pp. 1863-1868.
- Bennetts, H., Radford, A., and Williamson, T. (2002). *Understanding Sustainable Architecture* (1st ed.). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9780203217290>
- Berardi, U., GhaffarianHoseini, A.H., and GhaffarianHoseini, A. (2014). State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy*, Vol. 115, pp. 411-428.
- Besir, A.B., and Cuce, E. (2018). Green roofs and facades: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 82, Part 1, pp. 915-939.

- Bevilacqua, P. (2021). The effectiveness of green roofs in reducing building energy consumptions across different climates. A summary of literature results. *Renewable and Sustainable Energy Review*, Vol. 151, 111523.
- Bevilacqua, P., Bruno, R., and Arcuri, N. (2020). Green roofs in a Mediterranean climate: energy performances based on in-situ experimental data. *Renewable Energy*, Vol. 152, pp. 1414-1430.
- Blumstein, C., Krieg, B., Schipper L., and York, C. (1980) Overcoming social and institutional barriers to energy conservation. *Energy*, Vol. 5, No. 4, pp. 355-371.
- Bodach, S., Lang, W. and Hamhaber, J. (2014). Climate responsive building design strategies of vernacular architecture in Nepal. *Energy and Buildings*, Vol. 81, pp. 227-242.
- Bodo, T. (2019). Rapid Urbanisation: Theories, Causes, Consequences and Coping Strategies. *Annals of Geographical Studies*, Vol.2, Issue 3, pp. 32-45.
- Bogdanović Protić, I., Mitković, P., and Vasilevska, Lj. (2020). Toward Regeneration of Public Open Spaces within Large Housing Estates—A Case Study of Niš, Serbia. *Sustainability*, Vol. 12(24), 10256.
- Bogdanović, V. (2018). *Fizika zgrada – Toplotna zaštita zgrada*. Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu. ISBN 978-86-88601-34-4.
- Bogdanović, V., Randelović, D., Vasov, M., Ignjatović, M., and Stevanović, J. (2018). Improving thermal stability and reduction of energy consumption by implementing Trombe Wall construction in the process of building design - The Serbia Region. *Thermal Science*, Vol. 22, Issue 6, pp. 2355-2365.
- Bothwell, K. (2011). The Architecture of the Passively Tempered Environment. U Sang, L. (ed.), *Aesthetics of Sustainable Architecture*, 010 Publishers, Rotterdam, ISBN 978 90 6450 752 6, pp. 66-79.
- Bouzarovski, S. and Petrova, S. (2015). A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty–fuel poverty binary. *Energy Research & Social Science*, Vol.10, pp. 31-40.
- Bouzarovski, S., Salukvadze, J., and Gentile, M. (2011). A socially resilient urban transition? The contested landscapes of apartment building extensions in two post-communist cities. *Urban Studies*, 48(13): 2689-2714.
- BPIE. (2014). *Alleviating fuel poverty in the EU – Investing in home renovation, a sustainable and inclusive solution*. Buildings Performance Institute Europe (BPIE).
- Canbolat, A. S., Bademlioglu, A., Saka, K., and Kaynakli, O. (2020). Investigation of parameters affecting the optimum thermal insulation thickness for buildings in hot and cold climates. *Thermal Science*, Vol. 24, No. 5A, pp. 2891-2903.
- Cappelletti, F., Mora, T. D., Peron, F., Romagnoni, P., and Ruggeri, P. (2015). Building renovation: which kind of guidelines could be proposed for policy makers and professional owners? *Energy Procedia*, 78, pp. 2366-2371.
- Cascone, S., Catania, F., Gagliano, A., and Sciuto, G. (2018). A comprehensive study on green roof performance for retrofitting existing buildings. *Building and Environment*, Vol. 136, pp. 227-239.
- Castleton, H.F., Stovin, V., Beck, S.B.M., and Davison, J.B. (2010). Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy and Buildings*, Vol. 42, No.10, pp. 1582-1591.

- Cerezo, C., Sokol, J., AlKhaled, S., Reinhart, C., Al-Mumin, A., and Hajiah, A. (2017). Comparison of four building archetype characterization methods in urban building energy modeling (UBEM): A residential case study in Kuwait City. *Energy and Buildings*, Vol. 154, pp. 321-334.
- Chiesa, G., Simonetti, M., and Ballada, G. (2017). Potential of attached sunspaces in winter season comparing different technological choices in Central and Southern Europe. *Energy and Buildings*, Vol. 138, pp. 377-395.
- Clapham, D., Hegedus, J., Kintrea, K., et al. (1996). *Housing Privatization in Eastern Europe*. Westport, CT; London: Greenwood Press.
- Claus, K., and Rousseau, S. (2012). Public versus private incentives to invest in green roofs: A cost benefit analysis for Flanders. *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol. 11, No. 4, pp. 417-425.
- Clinch, J.P., Healy, J.D. (2000) Housing standards and excess winter mortality. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 54(9), pp. 719-720.
- Coma, J., Pérez, G., Solé, C., Castell, A., and Cabeza, L.F. (2016). Thermal assessment of extensive green roofs as passive tool for energy savings in buildings. *Renewable Energy*, Vol. 85, pp. 1106-1115.
- Corrado, V. (2018). Energy Efficiency in Buildings – Research Perspectives and Trends. *Thermal Science*, Vol. 22, Suppl.4, pp. S971-S976.
- Ćuković Ignjatović, N., Ignjatović, D., and Sudimac, B. (2018). Potentials for Improving Energy Performance of Multifamily Housing Blocks Connected to the District Heating System. *Thermal Science*, Vol. 22, Suppl. 4, pp. S1183-S1193.
- Danijels, K. (2009). *Tehnologija ekološkog građenja: osnove i mere, primeri i ideje*. IK Jasen, Beograd, Srbija. ISBN 978-85337-66-6.
- De Boeck, L., Verbeke, S., Audenaert, A., and De Mesmaeker, L. (2015). Improving the energy performance of residential buildings: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, pp. 960-975.
- Desideri, U., and Asdrubali, F. (2018). Energy Efficiency in Building Renovation. In: Asdrubali, F., and Desideri, U. (eds), *Handbook of Energy Efficiency in Buildings*. Butterworth-Heinemann, pp. 675-810. ISBN 9780128128176.
- Dietz, M. (2007). Low Impact Development Practices: A Review of Current Research and Recommendations for Future Directions. *Water Air Soil Pollut*, Vol. 186, pp. 351-363.
- Dimić, S. (2003). Konstrukcija i materijalizacija fasadnih zidova postojećih objekata (u prilog energetske rehabilitaciji). U Jovanović-Popović, M., (ed.) *Energetska optimizacija zgrada u kontekstu održive arhitekture – deo I*. Beograd: Arhitektonski fakultet, str. 125-137.
- Domínguez, S., Sendra, J. J., León, A. L., and Esquivias, P. M. (2012). Towards Energy Demand Reduction in Social Housing Buildings: Envelope System Optimization Strategies. *Energies*, Vol. 5, No. 7, pp. 2263-2287.
- Dylewski, R., and Adamczyk, J. (2011). Economic and environmental benefits of thermal insulation of building external walls. *Building and Environment*, Vol. 46, Issue 12, pp. 2615-2623.
- Đekić, J., and Vasilevska, Lj. (2021). Characteristics of multifamily housing development in the post-socialist period: Case study, the City of Niš. *Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering*, Vol. 19, No 3, pp. 245-260.

- Đukanović, Lj. (2015). *Tipologija i valorizacija građevinske strukture stambenih zgrada Beograda sa stanovišta komfora stanovanja*. Doktorska disertacija odbranjena na Arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, 2015.
- EC. (2009). *Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC* (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union, L 140/16.
- EC. (2018a). *Guide on good practice in energy efficiency for Central and South Eastern Europe*. European Commission.
- EC. (2018b). *Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency*. Official Journal of the European Union, L 156/75.
- EC. (2018c). *In-depth analysis in support of the Commission communication COM(2018)773: A Clean Planet for all: A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*. European Commission, Brussel, Belgium, 28.November 2018.
- EC. (2019a). *The European Green Deal*; COM (2019) 640 Final. European Commission, Brussels, Brussel, Belgium, 11.12.2019.
- EC. (2019b). *Commission recommendation (EU) 2019/786 of 8 May 2019 on building renovation*. Official Journal of the European Union.
- EC. (2020a). *Stepping up Europe's 2030 climate ambition - Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people*. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee of the Regions. European Commission. COM(2020) 562 final, Brussel, Belgium, 17.9.2020.
- EC. (2020b). *A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives*. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee of the Regions. European Commission. COM(2020) 662 final, Brussel, Belgium, 14.10.2020.
- EC. (2020c). *Guidelines for the Implementation of the Green Agenda for the Western Balkans*. Commission staff working document. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. An Economic and Investment Plan for the Western Balkans. SWD(2020) 223 final, Brussel, Belgium, 6.10.2020.
- ECE - Economic Commission for Europe. (2006). *Country Profiles on The Housing-Serbia and Montenegro*. Report no.ECE/HBP/139. Geneva: United Nations.
- Economidou, M., Atanasiu, B., Staniaszek, D., Maio, J., Nolte, I., Rapf, O., Laustsen, J., Ruysevelt, P., Strong, D., and Zinetti, S. (2011). *Europe's buildings under the microscope. A country-by-country review of the energy performance of buildings*. Buildings Performance Institute Europe (BPIE), Brussel, Belgium. ISBN: 9789491143014
- Economidou, M., Todeschi, V., Bertoldi, P., D'Agostino, D., Zangheri, P., and Castellazzi, L. (2020). Review of 50 years of EU Energy Efficiency Policies for Buildings. *Energy and Buildings*, 225, 110322.

- EEEA. (2020). *Guidance note – Reporting of energetic refurbishment and construction of new energy-efficient buildings in EGSS accounts*. Technical Note. EEEA/2020/02.
- Eldarwish, I., and Gomaa, M. (2017). Retrofitting Strategy for Building Envelopes to Achieve Energy Efficiency. *AEJ - Alexandria Engineering Journal*. Vol. 56, pp. 579-589.
- Entrop, A., and Brouwers, H. (2010). Assessing the sustainability of buildings using a framework of triad approaches. *Journal of Building Appraisal*. Vol. 5, pp. 293-310.
- EPBD. (2010). *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings*. Official Journal of the European Union: European Commission. L 153/13.
- Etzion, Y., Pearlmutter, D., Erell, E., and Meir, I.A. (1997). Adaptive architecture: integrating low-energy technologies for climate control in the desert. *Automation in Construction*. Vol. 6, Issues 5–6, pp. 417-425.
- EU Commission. (1984). *Towards a European policy for the rational use of energy in the building sector*. Communication from the Commission to the Council. COM (84) 614 final, 13 November 1984.
- Farmer, D., Gorse, C., Miles-Shenton, D., Brooke-Peat, M., and Cuttle, C. (2016). Off-the-Shelf Solutions to the Retrofit Challenge: Thermal Performance. In Dastbaz, M., and Gorse, C. (Eds.) *Sustainable Ecological Engineering Design*. Springer International Publishing, ISBN: 978-3-319-32645-0, pp. 73-93.
- Filippidou, F., Jimenez Navarro, J., and Pablo, J. (2019). *Achieving the cost-effective energy transformation of Europe's buildings - Energy renovations via combinations of insulation and heating & cooling technologies - Methods and data*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-76-12394-1.
- Filippín, C. and Flores Larsen, S. (2009). Energy efficiency in buildings. In: Hofman, K.A. (Ed.), *Energy Efficiency, Recovery and Storage*. Nova Science Pub Inc. ISBN: 978-1-60021-767-8. pp. 223-245.
- Fletcher, T.D. et al. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, Vol. 12, No 7, pp.525-542.
- Flores-Larsen, S., Filippín, C., and Barea, G. (2019). Impact of climate change on energy use and bioclimatic design of residential buildings in the 21st century in Argentina. *Energy and Buildings*, Vol. 184, pp. 216-229.
- Fotopoulou, A., Semprini, G., Cattani, E., Schihin, Y., Weyer, J., Gulli, R., and Ferrante, A. (2018). Deep renovation in existing residential buildings through façade additions. A case study in a typical residential building of the 70's. *Energy and Buildings*, Vol. 166. pp. 258-270.
- Francis, L.F.M., and Jensen, M.B. (2017). Benefits of green roofs: A systematic review of the evidence for three ecosystem services. *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol. 28, pp. 167-176.
- Franklin, B. (2006). *Housing Transformations: Shaping the Space of Twenty-first Century Living*. London: Routledge.
- Gasparella, A., Pernigotto, G., Cappelletti, F., Romagnoni, P., and Baggio, P. (2011). Analysis and modelling of window and glazing systems energy performance for a well insulated residential building. *Energy and Buildings*, Vol. 43, Issue 4, pp. 1030-1037.
- Ge, H., McClung, V. R., and Zhang, S. (2013). Impact of balcony thermal bridges on the overall thermal performance of multi-unit residential buildings: A case study. *Energy and Buildings*, Vol. 60, pp. 163-173.

- Getter, K.L., Rowe, D.B., Andresen, J.A., and Wichman I.S. (2011). Seasonal heat flux properties of an extensive green roof in a Midwestern U.S. climate. *Energy and Buildings*, Vol. 43, No. 12, pp. 3548-3557.
- GSA Niš - Gradska stambena agencija, Niš. (2006). *Stambena strategija grada Niša*. Niš: Grad Niš.
- GU Niš – Gradska uprava Niša. (2005). *Studija razvoja lokalne ekonomije grada Niša*.
- GU Niš. (2021). *Plan razvoja grada Niša za period od 2021. do 2027. godine*. Sl. list grada Niša, br. 36/2021.
- Gunko, M., Bogacheva, P., Medvedev, A., and Kashnitsky, I. (2018). Path-dependent development in mass housing in Moscow, Russia. In Hess, D. B., Tammaru, T., and van Ham, M. (Eds.), *Housing estates in Europe—Poverty, ethnic segregation and policy challenges*. Dordrecht: Springer.
- Hastings, S. R. (1995). Myths in passive solar design. *Solar Energy*, Vol. 55, No. 6, pp. 445-451.
- Hegedus, J., Mayo, E., and Tosics, I. (1996). *Transition of the Housing Sector in the East-Central European Countries*. Budapest: USAID, Metropolitan Research Institute.
- Hegedus., J., and Tosics., I. (1996). The disintegration of the East European housing model. In: Clapham, D., Hegedus, J., Kintrea, K., et al. (eds) *Housing Privatization in Eastern Europe*. Westport, CT; London: Greenwood Press, pp. 15-40.
- Henning, D., and Mardsjo, O. (2010). *Heat analysis for the City of Nis, Serbia*. Swedish Ministry for Foreign Affairs, Sweden, 2010. (Final Report 101217).
- Hildebrand, L., Kosanović, S., Klein, T. and Knaack, U. (2018). Origin and Development on Environmental Design. In Kosanović, S., Klein, T., Konstantinou, T., Radivojević, A. and Hildebrand, L. (Eds.), *Sustainable and Resilient Building Designe – Approaches, Methods and Tools*, TU Delft Open ISBN 978-94-6366-032-7, pp. 16-36.
- Hilliaho, K., Köliö, A., Pakkala, T., Lahdensivu, J., and Vinha, J. (2016). Effects of added glazing on balcony indoor temperatures: Field measurements. *Energy and Buildings*, Vol. 128, pp. 458-472.
- Hilliaho, K., Mäkitalo, E., and Lahdensivu, J. (2015). Energy saving potential of glazed space: Sensitivity analysis. *Energy and Buildings*, Vol. 99, pp. 87-97.
- Hirt, S. (2006). Post-socialist urban forms: notes from Sofia. *Urban Geography*, 27(5), pp. 464-488.
- Hirt, S. (2012). *Iron Curtains: Gates, Suburbs and Privatization of Space in the Post-socialist City*. Oxford: Wiley-Blackwell.
- IEA. (2009). *World Energy Outlook 2009* [Report]. IEA Paris.
- IEA. (2015). *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*. IEA, Paris.
- IEA. (2018). *Energy Efficiency 2018 – Analysis and outlooks to 2040* [Report]. IEA Paris.
- IEA. (2020a). *Energy Efficiency 2020* [Report]. IEA, Paris.
- IEA. (2020b). *Tracking Building Envelopes 2020* [Report]. IEA, Paris.
- Ignjatović, D. (2019). Energetska svojstva stambenog fonda. *Analiza uslova za održivi razvoj stanovanja u Republici Srbiji – Polazište za nacionalnu stambenu strategiju*, str. 39-48.
- Ignjatović, D., Zeković, B., Ćuković Ignjatović, N., Đukanović, Lj., Radivojević, A., and Rajčić, A. (2021). Methodology for Residential Building Stock Refurbishment Planning - Development of Local Building Typologies. *Sustainability*, 13, 4262.

- Ilo mets, S., Kuusk, K., Paap, L., Arumagi, E., and Kalamees, T. (2017). Impact of linear thermal bridges on thermal transmittance of renovated apartment buildings. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 23, No. 1, pp. 96-104.
- Ionescu, C., Baracu, T., Vlad, G. E., Necula, H., Badea, A. (2015). The historical evolution of the energy efficient buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, pp. 243-253.
- IPCC. (2000). *Special Report on Emissions Scenarios*. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Nakićenović, N., and Swart, R. (Eds.). Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, UK.
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.
- Jaber, S., and Ajib, S. (2011). Thermal and economic windows design for different climate zones. *Energy and Buildings*, Vol. 43, Issue 11, pp. 3208-3215.
- Jaffal, I., Ouldboukhitine, S.E., and Belarbi, R. (2012). A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance. *Renewable Energy*, Vol. 43, pp. 157-164.
- Jensen, P. A., and Maslesa, E. (2015). Value based building renovation – A tool for decision-making and evaluation. *Building and Environment*, Vol. 92, pp. 1-9.
- Jovanović Popović, M., Ignjatović, D., Ćuković Ignjatović, N., Radivojević, A. (2007). Rehabilitation project of an apartment building in Belgrade, Serbia. *Spatium*, No15-16, pp. 60-65.
- Jovanović Popović, M., Ignjatović, D., Radivojević, A., Rajčić, A., Đukanović, Lj., Ćuković Ignjatović, N. i Nedić, M. (2013a). *Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije – National Typology of Residential Buildings in Serbia*. Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. ISBN 978-86-7924-102-3.
- Jovanović Popović, M., Ignjatović, D., Radivojević, A., Rajčić, A., Đukanović, Lj., Ćuković Ignjatović, N. i Nedić, M. (2013b). *Atlas višeporodičnih zgrada Srbije - Atlas of Multifamily Housing in Serbia*. Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, ISBN 978-86-7924-101-6.
- Jovanović, J. (2021). Prefabricating non-alignment: The IMS Žeželj system across the decolonized world. In: Mascarenhas-Mateus, J., and Paula Pires, A., (Eds.) *History of Construction Cultures Volume 1*. Proceedings of the 7th International Congress on Construction History (7ICCH 2021), July 12-16, 2021, Lisbon, Portugal (1st ed.). CRC Press, pp. 311-318. eBook ISBN9781003173359.
- Kaasalainen, T., Mäkinen, A., Lehtinen, T., Moisio, M., and Vinha, J. (2020). Architectural window design and energy efficiency: Impacts on heating, cooling and lighting needs in Finnish climates. *Journal of Building Engineering*, Vol. 27, 100996.
- Kahrik, A., and Tammaru, T. (2010). Soviet prefabricated panel housing estates: Areas of continued social mix or decline? Case Tallinn. *Housing Studies*, 27(3), pp. 201-219.
- Kamal, A., Al-Ghamdi, S.G., and Koç, M. (2019). Revaluing the costs and benefits of energy efficiency: A systematic review. *Energy Research & Social Science*, 54, pp. 68-84.

- Karkanias, C., Boemi, S.N., Papadopoulos, A.M., Tsoutsos, T.D., and Karagiannidis, A. (2010). Energy efficiency in the Hellenic building sector: An assessment of the restrictions and perspectives of the market. *Energy Policy*, Vol. 38, No. 6, pp. 2776-2784.
- Kaynakli, O. (2012). A review of the economical and optimum thermal insulation thickness for building applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, Issue 1, pp. 415-425.
- KLER - Kancelarija za lokalni ekonomski razvoj, Grad Niš. (2009). *Profil Zajednice Grada Niša*. Niš: KLER.
- Konstantinou, T. (2014). Façade Refurbishment Toolbox: Supporting the Design of Residential Energy Upgrades. [PhD thesis] *A+BE: Architecture and the Built Environment*, 4. Open TU Delft, ISBN 978-94-6186-337-9, ISSN 2212-3202, doi: 10.7480/abe.2014.9
- Konstantinou, T. i Prieto, A. (2018). Ekološki principi projektovanja omotača zgrada i dalje: Pasivne i aktivne mere. U Kosanović, S., Novaković, N. i Fikfak, A. (urednici), *Pregledi održivosti i otpornosti građene sredine*, TU Delft Open, ISBN 978-94-6366-088-4, str. 239-270.
- Konstantinou, T., and Knaack, U. (2011). Refurbishment of Residential Buildings: A Design Approach to Energy-Efficiency Upgrades. *Procedia Engineering*, 21, pp. 666-675.
- Koroxenidis, E., and Theodosiou, T. (2021). Comparative environmental and economic evaluation of green roofs under Mediterranean climate conditions – Extensive green roofs a potentially preferable solution. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 311, 127563.
- Kosanović, S., Folić, B. i Radivojević, A. (2018). Pristup projektovanju arhitektonskih objekata otpornih na klimatske promene. U Kosanović, S., Novaković, N. i Fikfak, A. (urednici), *Pregledi održivosti i otpornosti građene sredine*, TU Delft Open, ISBN 978-94-6366-088-4, str. 211-222.
- Košir, M. (2019). *Climate Adaptability of Buildings: Bioclimatic Design in the Light of Climate Change*. Springer International Publishing: Cham, Switzerland ISBN 978-3-030-18455-1.
- Kotzen, B. (2018). Chapter 4.2 - Green roofs social and aesthetic aspects. In: Pérez, G., and Perini, K. (eds.) *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. Butterworth-Heinemann. ISBN 9780128121504. Pp. 273-281.
- Kovacz, Z., and Herfert, G. (2012). Development pathways of large housing estates in post-socialist cities: An international comparison. *Housing Studies*, 27(3), pp. 324-342.
- Krstic, D. A. (1998). Bioclimatic rehabilitation of existing building stock. *Renewable Energy*, Vol. 15, No. 1-4, pp. 337-342.
- Lee, K.E., Williams, K.J.H., Sargent, L.D., Williams, N.S.G., and Johnson, K.A. (2015). 40-second green roof views sustain attention: The role of micro-breaks in attention restoration. *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 42, pp. 182-189.
- Lundholm, J.T., Weddle, B.M., and MacIvor, J.S. (2014). Snow depth and vegetation type affect green roof thermal performance in winter. *Energy and Buildings*, Vol. 84, pp. 299-307.
- Marin, V., and Chelcea, L. (2018). Housing estate in Bucharest, Romania: A viable housing provider in Europe's densest capital city. In Hess, D. B., Tammaru, T., and van Ham, M. (Eds.), *Housing estates in Europe—poverty, ethnic segregation and policy challenges*. Dordrecht: Springer.
- Mastouri, H., Bahi, H., Radoine, H., and Benhamou, B. (2020). Improving energy efficiency in buildings: Review and compiling. *Materials Today: Proceedings*, Vol. 27, Part 4, pp. 2999-3003.

- Matic, D., Calzada, J. R., Eric, M., and Babin, M. (2015). Economically feasible energy refurbishment of prefabricated building in Belgrade, Serbia. *Energy and Buildings*, Vol. 98, pp. 74-81.
- Mecanov, D. (2016). Uticaj sistema prefabrikovane gradnje na arhitekturu Beograda. *Nasleđe*, Vol. 17, pp. 97-124.
- MGSI – Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastruktura. (2022). *Dugoročna strategija za podsticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Srbije do 2050. godine*. Službeni glasnik RS, br.27/2022. („Sl. glasnik RS“, br.27/2022)
- Mickaityte, A., Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A. & Tupenaite, L. (2008). The concept model of sustainable buildings refurbishment. *International Journal of Strategic Property Management*, 12:1, pp. 53-68.
- Mihalakakou, G. (2002). On the use of sunspace for space heating/cooling in Europe. *Renewable Energy*, Vol. 26, Issue 3, pp. 415-429.
- Mihalakakou, G., and Ferrante, A. (2000). Energy conservation and potential of a sunspace: sensitivity analysis. *Energy Conversion and Management*, Vol. 41, Issue 12, pp. 1247-1264.
- Milanovic, D. and Vasilevska, Lj. (2018). Influence of private open spaces on the quality of living in low-rise high density housing. *Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering*, Vol. 16, No. 2, pp. 293-305.
- Milanović, D., Blagojević, B. i Vasilevska, Lj. (2015). Construction of pitched instead of green roofs- Lost benefit assesment from the integrated stormwater management perspective. *International U.A.B.-B.EN.A. conference. Environmental engineering and sustainable development*. Alba Iulia, Romania, May 28-30, 2015. Book of Abstracts, p.117.
- Milanović, D., Bogdanović, V., Vasov, M., Đurić Mijović, D., i Savić, J. (2019). Pregled regulative i preporuke za primenu zelenih krovova. *Nauka+Praksa*, Br. 22, str. 12-19.
- MZŽS - Ministarstvo zaštite životne sredine. (2017). *Drugi izveštaj Republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih nacija o promeni klime*. Beograd.
- MZŽS - Ministarstvo zaštite životne sredine. (2021). *Godišnji izveštaj o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji 2020. godine*. Agencija za zaštitu životne sredine. Beograd.
- Nägeli, C., Camarasa, C., Jakob, M., Catenazzi, G., and Ostermeyer, Y. (2018). Synthetic building stocks as a way to assess the energy demand and greenhouse gas emissions of national building stocks. *Energy and Buildings*, Vol. 173, pp. 443-460.
- Niachou, A., Papakonstantinou, K., Santamouris, M., Tsangrassoulis, A., and Mihalakakou, G. (2001). Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and Buildings*, Vol. 33, No. 7, pp. 719-729.
- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R., Hitesh D., H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K., and Rowe, D. (2007). Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions and services. *BioScience*, Vol. 57, No. 10, pp. 823-833.
- Olgyay, V. (1963). *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*. Some chapters based on cooperative research with Olgyay, A; with new essays by Lyndon, D., Olgyay, V.W., Reynolds, J., and Yeang, K. (2015. edition). Princeton University Press.
- Oliveti, G., Arcuri, N., Simone, M. D., and Bruno, R. (2012). Solar heat gain and operative temperature in Attached sunspaces. *Renewable Energy*, Vol. 39, No. 1, pp. 241-249.

- Pajek, L. and Košir, M. (2018). Implications of present and upcoming changes in bioclimatic potential for energy performance of residential buildings. *Building and Environment*, Vol. 127, pp. 157-172.
- Pajek, L. and Košir, M. (2021). Exploring Climate-Change Impacts on Energy Efficiency and Overheating Vulnerability of Bioclimatic Residential Buildings under Central European Climate. *Sustainability*, 13, 6791.
- Parasonis, J., Keizikas, A., Endriukaiyte, A. & Kalibatiene, D. (2012): Architectural Solutions to Increase the Energy Efficiency of Buildings. *Journal of Civil Engineering and Management*, 18:1, pp. 71-80.
- Peck, S.W., Callaghan, C., Kuhn, M., and Bass, B. (1999). *Greenbacks from green roofs: Forging a new industry in Canada*. Status report on benefits, barriers and opportunities for green roof and vertical garden technology diffusion. Canada.
- PEEZ. (2011) Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada. Službeni glasnik RS, br.61/2011.
- Pelenur, M.J., and Cruickshank, H.J. (2012). Closing the Energy Efficiency Gap: a study linking demographics with barriers to adopting energy efficiency measures in the home. *Energy*, 47 (1), pp. 348-357.
- Petrović, M. (2021). Design and functional characteristics of the multi-family housing architecture in the period of mature and late modern architecture of Niš - case studies. *Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering*, Vol. 18, No. 2, pp. 177-193.
- Porteous, C., and MacGregor, K. (2005). *Solar Architecture in Cool Climates* (1st edition). Earthscan from Routledge.
- Pucar, M. (2006). *Bioklimatska arhitektura: zastakljeni prostori i pasivni solarni sistemi*. Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije. ISBN 86-80329-41-X.
- Radivojević, A. (2003). Iskustva i pravci razvoja standarda iz oblasti termičke zaštite kod nas i u svetu. U Jovanović-Popović, M., (ed.) *Energetska optimizacija zgrada u kontekstu održive arhitekture – deo I*. Beograd: Arhitektonski fakultet, str. 99-123.
- Rajčić, A., Djukanović, Lj., and Radivojević, A. (2018). E(nergy) P(erformance) C(ertificate) of building and dwellings – Influence of disposition and orientation. *Thermal Science*, Vol. 22, Suppl. 4, pp. 1129-1141.
- Raji, B., Tenpierik, M. J., and van den Dobbelen, A. (2015). The impact of greening systems on building energy performance: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 45, pp. 610-623.
- Ribeiro, C., Nuno, R., and Flores-Colen, I. (2020). A Review of Balcony Impacts on the Indoor Environmental Quality of Dwellings. *Sustainability*, 12(16), 6453.
- Ryan, L. & Campbell, N. (2013). *Spreading the Net: The Multiple Benefits of Energy Efficiency Improvements*. OECD/IEA.
- Saadatian, O., Sopian, K., Salleh, E., Lim, C.H., Riffat, S., Saadatian, E., Toudeshki, A., and Sulaiman, M.Y. (2013). A review of energy aspects of green roofs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 23, pp. 155-168.
- Sailer-Fliege, U. (1999). Characteristics of postsocialist urban transformation in East Central Europe. *Geo-Journal*, 49, pp. 7-16.

- Sailor, D.J., Elley, T.B., and Gibson, M. (2012). Exploring the building energy impacts of green roof design decisions – a modeling study of buildings in four distinct climates. *Journal of Building Physics*, Vol. 35, No. 4, pp. 372-391.
- Savic, J., Djuric Mijovic, D., and Bogdanovic, V. (2013). Architectural glass: Types, performance and legislation. *Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering*, Vol. 11, pp. 35-45.
- SEAP Niš. (2014). *Akcioni plan održivog energetskeg razvoja Grada Niša - Sustainable Energy Action Plan - SEAP NIŠ*. Izdavač: Grad Niš – Uprava za komunalnu delatnost, energetiku i saobraćaj.
- Shafique, M., Kim, R., and Rafiq, M. (2018). Green roof benefits, opportunities and challenges – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 90, pp. 757-773.
- Shnapp, S., Paci, D., and Bertoldi, P. (2020). *Untapping multiple benefits: hidden values in environmental and building policies*. EUR 30280 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-19983-0, doi:10.2760/314081, JRC120683.
- Silva, C.M., Gomes, M.G., and Silva, M. (2016). Green roofs energy performance in Mediterranean climate. *Energy and Buildings*, Vol. 116, pp. 318-325.
- Simacek, P., Szczyrba, Z., Andrasko, I., and Kunv, J. (2015). Twenty-five years of humanising post-socialist housing estates. *Geographica Polonica*, 88(4), pp. 649-668.
- Song, D., and Choi, Y.-J. (2012). Effect of building regulation on energy consumption in residential buildings in Korea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, pp. 1074-1081.
- Sorrell, S. (2015). Reducing energy demand: A review of issues, challenges and approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 47, pp. 74-82.
- Spolek, G. (2008). Performance monitoring of three ecoroofs in Portland, Oregon. *Urban Ecosystems*, Vol. 11, pp. 349-359.
- Stanilov, K. (2007). *The Post-Socialist City: Urban Form and Space Transformations in Central and Eastern Europe after Socialism*. Springer Science & Business Media: Dordrecht, The Netherlands; Volume 92.
- Stanković, S. (2003). Prozori i zastori kao elementi materijalizacije fasade i njihov uticaj na energetske efikasnost stambenih zgrada. U Jovanović-Popović, M., (ed.) *Energetska optimizacija zgrada u kontekstu održive arhitekture – deo I*. Beograd: Arhitektonski fakultet, str. 139-160.
- Stoiljković, B., Petković-Grozdanić, N., and Jovanović, G. (2015). Individualization Concept in Housing. *Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering*, Vol. 13, No 3, pp. 207-218.
- Sýkora, L., and Bouzarovski, S. (2012). Multiple transformations: Conceptualizing the post-communist urban transition. *Urban Studies*, 49(1), pp. 43-60.
- Szafranska, E. (2014). Transformation of large housing estates in post-socialist city: The case of Lodz, Poland. *Geographia Polonica*, 87(1), pp. 77-93.
- Szelenyi, I. (1996). Cities under socialism and after. In G. Andrusz, M. Harloe, I. Szelenyi (Eds.), *Cities after socialism: Urban and regional change and conflict in post-socialist societies*. Malden, MA and Oxford: Blackwell.
- Szokolay, S.V. (2008). *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, 2nd edition. Elsevier Ltd. ISBN 978-0-7506-8704-1.

- Šumarac, D., Todorović, M., Djurović-Petrović, M., and Trišović, N. (2010). Energy Efficiency of Residential Buildings in Serbia. *Thermal Science, Vol. 14, Suppl.5*, pp. S97-S113.
- Tang, X., and Qu, M. (2016). Phase change and thermal performance analysis for green roofs in cold climates. *Energy and Buildings, Vol. 121*, pp. 165-175.
- Taveres-Cachat, E., Grynning, S., Thomsen, J., and Selkowitz, S. Responsive building envelope concepts in zero emission neighborhoods and smart cities - A roadmap to implementation. *Building and Environment, Vol. 149*, pp. 446-457.
- Temelova, J., Novak, J., Ourednicek, M. et al. (2011). Housing estates in the Czech Republic after socialism: Various trajectories and inner differentiation. *Urban Studies, 48(9)*, pp. 1811-1834.
- Thema, J., Suerkemper, F., Couder, J., Mzavanadze, N., Chatterjee, S., Teubler, J., Thomas, S., Ürges-Vorsatz, D., Bo Hansen, M., Bouzarovski, S., Rasch, J. and Wilke, S. (2019). The Multiple Benefits of the 2030 EU Energy Efficiency Potential. *Energies, 12*, 2798.
- Theodosiou, T. (2009). Green roofs in buildings: Thermal and environmental behaviour. *Advances in Building Energy Research, Vol. 3, No. 1*, pp. 271-288.
- Thomson, H., Bouzarovski, S. and Snell, C. (2017). Rethinking the measurement of energy poverty in Europe: a critical analysis of indicators and data. *Indoor and Built Environment, Vol. 26(7)*, pp. 879-901.
- Tiberiu, C., and Lungu, C. (2021). Experimental and numerical analysis on the influence of glazed balconies on energy consumption and indoor environment of communist-era flats in Romania. *Science and Technology for the Built Environment, Vol. 28*, pp. 1-14.
- TNO. (2019). *Potential impact of high-performance glazing on energy and CO² savings in Europe* [TNO Report], Built Environment and Geosciences.
- Tosics, I. (2004). Determinants and consequences of spatial change in post-socialist cities. In: Tsenkova, S., and Budic-Nedovic, Z. (eds.) *Winds of Societal Change: Remaking Post-communist Cities*. University of Illinois Urbana Champaign: Russian and East European Centre.
- Tsenkova, S. (2005). *Trends and Progress in Housing Reforms in South Eastern Europe*. Paris: Council of Europe Development Bank (CEB).
- UN DESA. (2019). United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Urbanization Prospects 2018: Highlights*.
- UN. (2015a). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations.
- UN. (2015b). *Adoption of the Paris Agreement*. United Nations / Framework Convention on Climate Change. 21st Conference of the Parties, Paris: United Nations. An official publication.
- UNDP. (2004). *Stuck in the Past Energy, Environment and Poverty in Serbia and Montenegro*. Country Office in Serbia and Montenegro of the United Nations Development Programme. (Izdanje za Sbiju: Zaglavljani u prošlost - energija, životna sredina i siromaštvo u Srbiji i Crnoj Gori. Centar za slobodne izbore i demokratiju (CeSID). ISBN 978-86-83491-48).
- UNEP. (2015). United Nations Environment Programme. *District Energy in Cities. Unlocking potential of energy efficiency and renewable energy*.
- UNFCCC. (2015). *Adoption of the Paris Agreement*. Proposal by the President. Paris Climate Change Conference - November 2015, COP 21, 21932 (December), 32. DOI:FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1

- United in Science 2020. (2020). *A multi-organization high-level compilation of the latest climate science information*.
- Ürge-Vorsatz, D., Novikova, A. and Sharmina, M. (2009). Counting good: Quantifying the co-benefits of improved efficiency in buildings. *ECEEE Summer Study proceedings*, European Council for an Energy Efficient Economy (ECEEE) 2009, Summer Study on energy efficiency: Act! Innovate! Deliver! Reducing energy demand sustainably ISBN: 978-91-633-4454-1, pp. 185-195.
- van Kempen, R., Dekker, K., Hall, S., and Tosics, I. (2005). *Restructuring large housing estate in Europe—Restructuring and resistance inside the welfare industry*. Bristol: Policy Press, University of Bristol.
- Vasilevska, Lj., Blagojević, i Vasilevska, M. (2014). Linijski tehnički elementi u integrisanim pristupima upravljanju atmosferskim otpadnim vodama. *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, br. 29*, str. 27-43.
- Vasilevska, Lj., Milanović, D., and Vasilevska, M. (2019). Flat roofs potentials for implementation of urban agriculture. In: *Conference Proceedings of 7th International Conference Contemporary achievements in civil engineering*. Faculty of Civil Engineering Subotica, Subotica. pp. 953-962.
- Vasilevska, Lj., Milanović, D., Nikolić, M., Vranić, P., and Milojković, A. (2015). “Garage capitalism” as a form and process of post-socialist urban changes: Its pace, intensity and structural characteristics. A case study of Nis, Serbia. *Habitat International, 48*, pp. 149-158.
- Vasilevska, Lj., Vranić, P., and Marinković, A. (2014). The effects of changes to the post-socialist urban planning framework on public open spaces in multi-story housing areas: A view from Nis, Serbia. *Cities, 36*, pp. 83-92.
- Vasilevska, Lj., Živković, J., Vasilevska, M., and Lalović, K. (2020). Revealing the relationship between city size and spatial transformation of large housing estates in post-socialist Serbia. *Journal of Housing and Built Environment, 35*, pp. 1099-1121.
- Vasov, M., Bogdanović, V., Nedeljković, M., Stanković, D., Kostić, D., and Bogdanović-Protić, I. (2018). Reduction of CO₂ Emission as a Benefit of Energy Efficiency Improvement - Kindergartens in the City of Nis – Case Study. *Thermal Science, Vol. 22, No 1B*, pp. 651-662.
- Vijayaraghavan, K. (2016). Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 57*, pp. 740-752.
- Vogel, J.A., Lundqvist, P., and Arias, J. (2015). Categorizing barriers to energy efficiency in buildings. *Energy Procedia, 75*, pp. 2839-2845.
- von Platten, J., de Fine Licht, K., Mangold, M., and Mjörnell, K. (2021). Renovating on Unequal Premises: A Normative Framework for a Just Renovation Wave in Swedish Multifamily Housing. *Energies, 14(19)*, 6054.
- Voss, K. (2000). Solar energy in building renovation — results and experience of international demonstration buildings. *Energy and Buildings, Vol. 32, No. 3*, pp. 291-302.
- Vranić, P., Vasilevska, Lj., and Haas, T. (2016). Hybrid spatialities: Multi-storey extensions of socialist blocks of flats under post-socialist transition in Serbia, the case of Nis. *Urban Studies, 53(6)*, pp. 1261-1277.
- Vujovic, S., and Petrovic, M. (2007). Belgrade’s postsocialist urban evolution: Reflections by the actors in the development process. In: Stanilov, K. (ed.) *The Post-Socialist City: Urban Form and Space Transformation in Central and Eastern Europe After Socialism*. London: Springer, pp. 361-383.

- Vuković, A., and Vujadinović Mandić, M. (2018). *Study on climate change in the Western Balkans region*. Regional Cooperation Council Secretariat ISBN: 978-9926-402-09-9.
- Widera, B. (2015). Bioclimatic architecture. *Journal of Civil Engineering and Architecture Research*, Vol. 2, pp. 567-578.
- Williams, K.J.H., Lee, K.E., Sargent, L., Johnson, K.A., Rayner, J., Farrell, C., Miller, R.E., and Williams, N.S.G. (2019). Appraising the psychological benefits of green roofs for city residents and workers. *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol. 44, 126399.
- Wilson, C., Crane, L., and Chryssochoidis, G. (2015). Why do homeowners renovate energy efficiently? Contrasting perspectives and implications for policy. *Energy Research & Social Science*, Vol. 7, pp. 12-22.
- WMO. (2020). WMO Greenhouse Gas Bulletin - The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2019. No. 16.
- Yuen, B., and Hien, W.N., (2005). Resident perceptions and expectations of rooftop gardens in Singapore. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 73, No. 4, pp. 263–276.
- Zambrano-Prado, P., Pons-Gumí, D., Toboso-Chavero, S., Parada, F., Josa, A., Gabarrell, X., and Rieradevall, J. (2021). Perceptions on barriers and opportunities for integrating urban agri-green roofs: A European Mediterranean compact city case. *Cities*, Vol. 114, 103196.
- Zhang, X. Q. (2016). The trends, promises and challenges of urbanisation in the world. *Habitat International*, Vol. 54, Part 3, pp. 241-252.
- Zivkovic, M., Pereverza, K., Pasichnyi, O., Madzarevic, A., Ivezic, D., and Kordas, O. (2016). Exploring scenarios for more sustainable heating: The case of Niš, Serbia. *Energy*, Vol. 115, Part 3, pp. 1758-1770.

ZAKONSKI I PODZAKONSKI AKTI REPUBLIKE SRBIJE

- Zakon o planiranju i izgradnji*. (2009). Službeni glasnik RS, br.72/2009.
- Zakon o potvrđivanju Sporazuma iz Pariza*. (2017). Službeni glasnik RS – Međunarodni ugovori, br.4/17.
- Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada*. (2018). Službeni glasnik RS, br.69/2012 i 44/2018.
- Zakon o izmenama i dopunama Zakona o planiranju i izgradnji*. (2020). Službeni glasnik RS, br.9/2020.
- Zakon o stanovanju i održavanju zgrada*. (2020). Službeni glasnik RS, br.104/2016 i 9/2020.
- Zakon o energetskej efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije*. (2021). Službeni glasnik RS, br.40/2021.

VEB IZVORI

- <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/environmental-accounts-16-2019/en/>
- https://europa.eu/new-european-bauhaus/about/about-initiative_en
- https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_architecture#cite_note-1
- <https://www.britannica.com/technology/window>

<https://en.villumwindowcollection.com/all-about-windows/persons/thomas-d-stetson/>

https://passipedia.org/basics/the_passive_house_-_historical_review

<https://www.politika.rs/sr/clanak/23533/Specijalni-dodaci/Balkoni-lode-terase>

<https://www.heeswijk.nl/pers/boeken/de-boel-amsterdam.html>

<https://dakakker.nl/site/?lang=en>

<https://ec.europa.eu/energy/eubuildings>

<https://gitlab.com/hotmaps/building-stock/-/tree/master/data>

<https://data.stat.gov.rs/Home/Result/0501020302?languageCode=sr-Latn&displayMode=table&guid=20fbbced-193a-4663-a16b-345b17c0b72d>

POPIS SLIKA

Slika 2.1 Tri dominantna post–socijalistička načina razvoja višeporodičnih stambenih područja iz socijalističke prošlosti: a) Potpuno propadanje i zanemarivanje – primer VSP Ferentari u Bukureštu, Rumunija; b) „Uradi sam“ urbanizam – primer VSP u Jerevanu, Jermenija; c) Jasno definisana politika urbane obnove i regeneracije – primer obnove fasada i postavljanje solarnih panela, Budimpešta, Mađarska.	10
Slika 2.2 Tri ključna post–socijalistička strateška pristupa razvoju višeporodičnih stambenih područja iz socijalističke prošlosti: a) Ekstremni strateški pristup zasnovan na rušenju i uklanjanju postojećih stambenih područja i izgradnja novih – priemr rušenja "krushovki" u Moskvi, Rusija; b) „Ne raditi ništa“– primer stambenih objekata u Jerevanu, Jermenija; c) Integrisani pristup – primer urbane regeneracije Drewitz – Potsdam, Nemačka.....	11
Slika 2.3 Posledice klimatskih promena: a) Požar u Sibiru, Rusija; b) Poplavljeni grad Ahrweiler, Nemačka; c) Odvajanje leda kao posledica topljenja glečera na Antarktiku.	13
Slika 2.4 Emisija CO ₂ od utrošene energije u zgradama na globalnom nivou u periodu od 1990. do 2019. godine.....	14
Slika 2.5 Globalno stanovništvo u urbanoj i ruralnoj sredini u periodu od 1950. do 2050. godine.....	15
Slika 2.6 Procenat stanovnika koji je bio u nemogućnosti da adekvatno zagreje stambeni prostor u 2019. godini	18
Slika 2.7 Direktno i udružene koristi koje proizilaze iz unapređenja EEZ	24
Slika 3.1 Međusobno povezana polja klimatske ravnoteže	32
Slika 3.2 Trias Energetiga (Energetsko trojstvo) u tri koraka.....	33
Slika 3.3 Položaj niskoemisionog premeza u zavisnosti od klimatskih uslova	44
Slika 3.4 Zastakljeni privatni otvoreni prostori kao prepoznatljiv fasadni element – Ørstedes Gardens, Kopenhagen, Danska. Projekat renoviranja fasade postojeće višeporodične stambene zgrade iz šezdesetih godina prošlog veka.....	47
Slika 3.5 Temperature spoljašnjeg vazduha (T _{ae}) i vazduha u zastakljenom prostoru (T _o) za različite orijentacije u toku jednog dana u januaru, (Cosenza, Italija). Zatakljeni prostor je neventilirajući i nezasenčen.	50
Slika 3.6 Zastakljeni prostori balkona i lođa.....	52
Slika 3.7 Zeleni krov kao privatni otvoreni prostor svih stanara zgrade: a) Zgrada De Boel, Amsterdam, Holandija; b) Sargfabrik, Beč, Austrija.	59
Slika 3.8 Krovna farma DakAkker, Rotterdam, Holandija.....	60
Slika 4.1 Potrošnja finalne energije u EU–27: a) Po sektorima u 2019. godini; b) U stanovanju od 2009. do 2019. godine.....	64

Slika 4.2 Specifična potrošnja energije u stanovanju, i zastupljenost stanova prema broju i površini u zavisnosti od tipa stanovanja u EU–27 za 2014. godinu.....	65
Slika 4.3 Broj zgrada i površina grejanog prostora prema periodu izgradnje i tipu zgrada višeporodičnog stanovanja u EU–27	67
Slika 4.4 Specifična potrošnja energije za grejanje i koeficijent prolaza toplote – U elemenata termičkog omotača prema periodu izgradnje i tipu zgrada višeporodičnog stanovanja u EU–27	68
Slika 4.5 Potrošnje finalne energije u Srbiji: a) Po sektorima u 2019. godini; b) U stanovanju od 2009. do 2019. godine; c) Za grejanje u stanovanju od 2009. do 2019. godine.....	70
Slika 4.6 Broj zgrada i površina grejanog prostora prema tipu stanovanja i zastupljenost višeporodičnog stanovanja prema periodu izgradnje u Srbiji.....	72
Slika 4.7 Broj i površina zgrada višeporodičnog stanovanja prema periodu izgradnje i tipu zgrada u Srbiji	73
Slika 4.8 Potencijal zgrada tipa lamela iz perioda USI za smanjenje potrebne energije za grejanje u višeporodičnom stanovanju u Srbiji.....	75
Slika 5.1 Prostorne i urbanističko–arhitektonske karakteristike stambenih područja iz perioda socijalizma u gradovima bivših socijalističkih zemalja. Slične karakteristike su rezultat primene principa CIAM–a – internacionalnog stila i rigidnog urbanističkog planiranja.....	78
Slika 5.2 Primeri USI iz perioda socijalizma u gradovima Srbije: a) Novi Beograd, Beograd; b) Bulevar Nemanjića, Niš; c) Aerodrom, Kragujevac.....	79
Slika 5.3 Tipovi post–socijalističkih transformacija područja USI u Nišu: a) Izgradnja novih stambenih sadržaja; b) Izgradnja novih komercijalnih sadržaja; c) Nadgradnja postojećih zgrada; d) Smanjenje javnih otvorenih prostora; e) „Garažni kapitalizam“; f) Proširenja ili nadgradnje manjeg obima zasnovana na pojedinačnim akcijama.	83
Slika 5.4 Skeletni armirano betonski prednapregnuti konstruktivni sistem „IMS“: a) Izgled sistema i b) Elementi sistema	84
Slika 5.5 Primeri višeporodičnih stambenih zgrada građenih u IMS sistemu	85
Slika 6.1 Prikaz odabranog područja – reprezentativne zgrade: a) Položaj područja u odnosu na cenatar grada i naselja; b) Dispozicija zgrada u granicama područja; c) Izgled područja;	107
Slika 6.2 Proširenja manjeg obima u smislu zatvarnja postojećih balkona i lođa, i transformacija zajedničkih prostorija u stambeni prostor.	108
Slika 6.3 Konstruktivni elementi i materijalizacija fasade: a) IMS kasetirana tavanica; b) IMS montažni nosač za jednokrako stepenište; c) Materijalizacija fasade – opeka, beton, malter; d) Vertikalni montažni elementi.....	110
Slika 6.4 Zastupljenost spoljašnjih zidova i transparentnih elemenata prema orijentaciji: a) Međusobni odnos na fasadnim zidovima; b) U okviru površine posmatranog elementa	112
Slika 6.5 Osnova prizemlja i tipskog sprata reprezentativne zgrade, i prikazom materijalizacije i toplotnih karakteristika spoljašnjih zidova	113
Slika 6.6 Presek kroz reprezentativnu zgradu, i prikazom materijalizacije i toplotnih karakteristika ostalih dominantnih netransparentnih elemenata termičkog omotača	114

- Slika 6.7** Energetske odrednice termičkog omotača: **a)** Zastupljenost transmisionih gubitaka toplote u zavisnosti od elementa termičkog omotača; **b)** Odnos potrebne energije za nadoknadu transmisionih i ventilacionih gubitaka toplote; **c)** Odnos solarnih dobitaka toplote netransparentnih i transparentnih elemenata termičkog omotača.....116
- Slika 6.8** Odabrani prozori iz kataloga proizvođača za razradu mere izolacionog zastakljenja: **a)** Prozor drvo - aluminijum sa trostrukim izolacionim niskoemisionim staklo-paketom ispunjenim inertnim gasom; **b)** Kompozitni prozorski sistem sa trostrukim izolacionim niskoemisionim staklo-paketom ispunjenim inertnim gasom sa prikazom izoterma u poprečnom preseku rama123
- Slika 6.9** Koncept staklenika sa solarnim dobicima i koeficijentima toplotnih gubitaka, i parametri od značaja.....126
- Slika 6.10** Parametri od značaja za detaljnu metodu proračuna energetske svojstava zastakljenog prostora balkona i lođa u programskom paketu „KnaufTerm2“ verzija v28.24126
- Slika 6.11** Definisani slučajevi razrade varijanti mere zastakljenja balkona i lođa: **a)** Variranje tipa zastakljenja balkona i lođa; **b)** Variranje izabranog tipa zastakljenja u kombinaciji sa izabranim merama izolovanja i izolacionog zastakljenja.....127
- Slika 6.12** Energetske karakteristike elemenata zastakljenog prostora balkona i lođa izabranim tipom zastakljenja: **a)** Godišnja potrebna energija za nadoknadu gubitaka toplote kroz elemente pregradnog zida; **b)** Solarni dobici toplote u grejnoj sezoni zastakljenog prostora balkona i lođa prema orijentaciji130
- Slika 6.13** Šematski prikaz kombinacije odabranih pasivnih mera za unapređenje elemenata balkona i lođa u formiranju određenih modela131
- Slika 6.14** Energetska svojstva modela zastakljenih balkona i lođa: **a)** Godišnja potrebna energija za nadoknadu transmisionih gubitaka toplote; **b)** Solarni dobici toplote tokom grejne sezone; **c)** Godišnja specifična potrebna energija za grejanje.....133
- Slika 6.15 Pojedinačna efikasnost mera u smanjenju godišnje potrebne energije za grejanje137
- Slika 6.16** Primenjeni proces za formiranje modela unapređenja EE višeporodičnih zgrada iz perioda USI140
- Slika 6.17** Transmisioni gubici toplote elemenata termičkog omotača analiziranih modela unapređenja EE reprezentativne zgrade145
- Slika 6.18** Potrebna energija za nadoknadu transmisionih i ventilacionih gubitaka toplote analiziranih modela unapređenja EE reprezentativne zgrade146
- Slika 6.19** Solarni dobici toplote u grejnoj sezoni u zavisnosti od vrste elementa146
- Slika 6.20** Efikasnost modela unapređenja energetske efikasnosti reprezentativne zgrade sa aspekta godišnje potrebne energije za nadoknadu gubitaka toplote ($Q_{H,ht}$).....148
- Slika 6.21** Efikasnost modela unapređenja energetske efikasnosti reprezentativne zgrade sa aspekta godišnjih solarnih dobitaka toplote (Q_{sol}).....149
- Slika 6.22** Efikasnost modela unapređenja energetske efikasnosti reprezentativne zgrade sa aspekta glavnog kvantifikatora – godišnje specifične potrebne energije za grejanje ($Q_{H,an,interm}$).....150

-
- Slika 6.23** Klasifikacija varijanti modelovanog zastakljenog prostora balkona i lođa prema godišnjoj specifičnoj potrebnoj energiji za grejanje152
- Slika 6.24** Klasifikacija modela unapređenja energetske efikasnosti reprezentativne višeporodične zgrade iz perioda USI prema godišnjoj specifičnoj potrebnoj energiji za grejanje156

POPIS TABELA

Tabela 2.1 Udruženih koristi unapređenja EEZ iz privatne perspektive (Izvor: Almeida i sar., 2017, str.7)	25
Tabela 2.2 Udružene koristi iz društvene perspektive (Izvor: Almeida i sar., 2017, str.15)	26
Tabela 2.3 Tipologija ograničenja identifikovanih prema istraživanju BPIE-a	29
Tabela 3.1 Klasifikacija mera, mehanizama i tehnika za unapređenje EE postojećih zgrada	35
Tabela 3.2 Izolacioni materijali i njihove karakteristike (Izvor: Konstantinou i Prieto, 2018, str. 244)	39
Tabela 3.3 Opšte karakteristike tipova zelenih krovova (Izvor: https://efb-greenroof.eu/green-roof-basics/ i Raji i sar., 2015, str.)	54
Tabela 3.4 Karakteristike slojeva u strukturi sistema zelenog krova	55
Tabela 3.5 Koristi zelenih krovova sa aspekta društveno-ekonomskih nivoa	56
Tabela 5.1 Najzastupljenije osnovne karakteristike višeporodičnih zgrada tipa “lamela” iz perioda USI	87
Tabela 5.2 Pregled maksimalnih koeficijenata prolaza toplote netransparentnih elemenata termičkog omotača u referentnoj termičkoj regulativi za drugu klimatsku zonu (Izvor: Đukanović, 2015, str.130)	90
Tabela 5.3 Energetski razredi za stambene zgrade sa više stanova	92
Tabela 6.1 Projekcije potrošnje energije i emisije CO ₂ u zgradarstvu po scenarijima SEAP-a Niš u 2020. godini (Izvor: SEAP Niš, 2014, tabela 11.7, str. 208)	101
Tabela 6.2 Projekcije potrošnje energije i emisije CO ₂ u stanovanju po scenarijima SEAP-a Niš u 2020. godini	101
Tabela 6.3 Potencijal paketa mera i mere izolovanja i izolacionog zastakljenja za smanjenje energije i emisije CO ₂ u stanovanju 2020. godine	102
Tabela 6.4 Odrednice definisanih kriterijuma za odabir VSP-a	105
Tabela 6.5 Klimatski parametri i geometrijske karakteristike reprezentativne zgrade	111
Tabela 6.6 Zastupljenost elemenata u neto površini termičkog omotača i njihova toplotno-zaštitna svojstva	112
Tabela 6.7 Faktori korekcije i njihov značaj za proračun energetskih svojstava reprezentativne zgrade	115
Tabela 6.8 Energetski bilans reprezentativne zgrade – M-0	117
Tabela 6.9 Kvantifikacija varijanti mere izolovanja	121
Tabela 6.10 Karakteristike analiziranih tipova prozora i balkonskih vrata	124
Tabela 6.11 Kvantifikacija varijanti mere izolacionog zastakljenja (zamena prozora i balkonskih vrata)	124
Tabela 6.12 Faktor korekcije temperature - F _u	128

Tabela 6.13 Kvantifikacija vrste zastakljenja balkona i lođa	129
Tabela 6.14 Matrica modela zastakljenih balkona i lođa	131
Tabela 6.15 Kvantifikovanje modela zastakljenih balkona i lođa	132
Tabela 6.16 Kvantifikacija varijanti primene mere zelenih krovova.....	135
Tabela 6.17 Matrica za formiranje modela unapređenja EE višeporodičnih zgrada iz perioda USI.....	138
Tabela 6.18 Selekcija elemenata reprezentativne zgrade za formiranje modela	142
Tabela 6.19 Kombinacija mera formiranih modela unapređenja EE višeporodičnih zgrada iz perioda USI	143
Tabela 6.20 Uporedni prikaz energetske bilansa modela unapređenja energetske efikasnosti reprezentativne višeporodične zgrade iz perioda usmerene stambene izgradnje	147

POPIS PRILOGA

PRILOG 1 – ENERGETSKI BILANS ZA POSTOJEĆE STANJE REPREZENTATIVNE ZGRADE (M-0)

PRILOG 2 – PODACI O POTROŠNJI ENERGIJE ZA GREJANJE JKP “GRADSKA TOPLANA” NIŠ

PRILOG 3 – ENERGETSKI BILANS VARIJANTE 1 MERE ZASTAKLJENJA BALKONA I LOĐA (JEDNOSTRUKO ZASTAKLJENJE)

PRILOG 4 – ENERGETSKI BILANS VARIJANTE 5 MERE ZASTAKLJENJA BALKONA I LOĐA (TOPLOTNO-IZOLACIONO ZASTAKLJENJE)

PRILOG 5 – ODREĐIVANJE OPTIMALNE DEBLJINE SUPSTRATA EKSTENZIVNOG ZELENOG KROVA PREMA ZAHTEVIMA KANALISANJA KIŠNOG OTICAJA

PRILOG 6 – ENERGETSKI BILANS MODELA M-3

PRILOG 6 – ENERGETSKI BILANS MODELA M-4

**PRILOG 1 - ENERGETSKI BILANS ZA POSTOJEĆE STANJE
REPREZENTATIVNE ZGRADE (M-0)**

KARAKTERISTIKE SKLOPOVA KOJI FORMIRAJU TERMIČKI OMOTAČ

num	ID	Opis	A [m ²]	Fx [-]	U _{max} [W/m ² K]	U [W/m ² K]	OK	A*U*Fx [W/K]	U _{deo} [%]	
1	SZ1	Spoljni zid	248.13	1	0.4	0.657	Ne	163.02	4.94	
2	SZ2	Spoljni zid	116.67	1	0.4	0.682	Ne	79.57	2.41	
3	SZ3	Spoljni zid	271.82	1	0.4	0.736	Ne	200.06	6.06	
4	SZ4	Spoljni zid	122.64	1	0.4	0.730	Ne	89.53	2.71	
5	SZ5	Spoljni zid	33.26	1	0.4	0.783	Ne	26.04	0.79	
6	SZ6	Spoljni zid	79.05	1	0.4	0.714	Ne	56.44	1.71	
7	DZ	Zid na dilataciji	100.00	0.8	0.5	0.987	Ne	78.96	2.39	
8	RK	Ravan krov iznad grejanog prostora	255.78	1	0.2	0.580	Ne	148.35	4.49	
9	MK1	Medjuspratna k. iznad spoljnog prostora	3.80	1	0.3	0.405	Ne	1.54	0.05	
10	PR 1	Prozori i balkonska vrata	141.12	1	1.5	3.500	Ne	493.92	14.96	
11	PR 1L	Prozori i balkonska vrata	60.48	1	1.5	3.500	Ne	211.68	6.41	
12	PR 2L	Prozori i balkonska vrata	20.16	1	1.5	3.500	Ne	70.56	2.14	
13	PR 3	Prozori i balkonska vrata	132.00	1	1.5	3.500	Ne	462.00	14.00	
14	PR 4L	Prozori i balkonska vrata	26.88	1	1.5	3.500	Ne	94.08	2.85	
15	PR 5	Prozori i balkonska vrata	25.60	1	1.5	3.500	Ne	89.60	2.71	
16	PR 6L	Prozori i balkonska vrata	24.64	1	1.5	3.500	Ne	86.24	2.61	
17	BV 1L	Prozori i balkonska vrata	74.00	1	1.5	3.500	Ne	259.00	7.85	
18	BV 2L	Prozori i balkonska vrata	64.75	1	1.5	3.500	Ne	226.63	6.87	
19	VR	Spoljna vrata	73.71	0.5	1.6	3.000	Ne	110.57	3.35	
20	UZ1	Zid prema negrejanom prostoru	251.51	0.5	0.55	0.859	Ne	108.02	3.27	
21	UZ2	Zid prema negrejanom prostoru	125.91	0.5	0.55	0.816	Ne	51.37	1.56	
22	UZ3	Zid prema negrejanom prostoru	113.65	0.5	0.55	0.877	Ne	49.84	1.51	
23	MK7	Medjuspratna k. ispod negrejanog prostora	14.31	0.8	0.4	2.110	Ne	24.16	0.73	
24	MK2	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	176.72	0.5	0.4	0.922	Ne	81.47	2.47	
25	MK3	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	34.73	0.5	0.4	1.003	Ne	17.42	0.53	
26	MK4	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	16.40	0.5	0.4	1.580	Ne	12.96	0.39	
27	MK5	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	30.56	0.5	0.4	0.385	Da	5.88	0.18	
28	MK6	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	8.41	0.5	0.4	0.466	Ne	1.96	0.06	
Ukupno			2646.69m²					3300.85W/K		

TOPLOTNI GUBICI I DOBICI

TRANSMISIONI GUBICI - kroz omotač

Površina grejanog prostora - Površina grejanog prostora , $A_g=2011.48 \text{ m}^2$

Povećanje zbog linijskih gubitaka, $\Delta U_{tb}=0.10 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$

Koeficijent transmisivnog gubitka POVRŠINSKI $H_{t,f}= 3300.852 \text{ W/K}$

Koeficijent transmisivnog gubitka TERMIČKIH MOSTOVA $H_{tb}= 264.669 \text{ W/K}$

(Za sve pozicije)

Koeficijent transmisivnog gubitka UKUPNI $H_t= 3565.521 \text{ W/K}$

Faktor oblika $A/V=0.47 \text{ [m}^{-1}\text{]}$

Maksimalno dozvoljeni specifični transmisivni gubitak $H_{t,max}= 0.600 \text{ W/K}$

Specifični transmisivni gubitak $(H_t/A) 1.141$, $H_t' > H_{t,max}$,Ne zadovoljava

Ukupno potrebna energija za nadoknadjivanje transmisivnih gubitaka $Q_t=223635.16 \text{ kWh}$

$Q_t = 223635.16 \text{ kWh}$

$Q_t/A_g = 111.18 \text{ kWh/m}^2$

VENTILACIONI GUBICI

zapremina grejanog/ventilisanog prostora, $V_g=5028.70 \text{ m}^3$

Zaptivenost prozora : Loša

Broj izmena vazduha na sat : $n= 0.9$

Koeficijent ventilacionog gubitka $H_v= 1493.52 \text{ W/K}$

Ukupno potrebna energija za nadoknadjivanje ventilacionih gubitaka $Q_v = 93676.21 \text{ kWh}$

$Q_v = 93676.21 \text{ kWh}$

SOLARNI DOBICI

Faktor zasenčenosti (Factor shade), $F_s=0.75$

Faktor umanjenja zbog neupravnog zračenja, $F_n=0.9$

Faktor umanjenja zbog opreme za zaštitu od Sunca, $F_z=0.7$

TABELARNI PRIKAZ SOLARNIH DOBITAKA

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Prozori	2790.1	4008.2	5581.6	6204.7	7065.6	7152.2	7674.1	7311.9	6288.0	5191.3	2916.9	2238.0	22812.3
Izlozi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stak.krov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Zidovi	249.6	347.3	479.7	523.0	590.5	594.3	637.9	614.7	538.5	455.9	260.4	201.2	1990.7
Ravan krov	114.2	161.2	277.3	356.9	455.1	483.9	514.9	455.1	340.7	237.5	121.5	90.4	1042.6
Kos krov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ZZ-prozor	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ZZ-panel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$\Sigma 1$	3153.90	4516.70	6338.60	7084.60	8111.20	8230.40	8826.90	8381.70	7167.20	5884.70	3298.80	2529.60	73524.30
HD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HD coef	1.00	1.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	1.00	1.00	5.919
$\Sigma 2$	3153.90	4516.70	6338.60	3542.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2465.69	3298.80	2529.60	25845.59
staklenik	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stakl.* HD	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.00
$\Sigma 3$	3153.9	4516.7	6338.6	3542.3	0	0	0	0	0	2465.69	3298.8	2529.6	25845.59

Ukupni solarni dobitci za grejnu sezonu $Q_{sol}= 25845.6 \text{ kWh}$

$Q_{sol} = 25845.6 \text{ kWh}$

INTERNI DOBICI

Naziv

Vrednost Jedinica

Ti zimski period

20 C

Ti letnji period

26 C

Površina po osobi

40 m^2/per

Odavanje toplote po osobi

70 W/per

Odavanje toplote ljudi po jedinici površine

1.8 W/m^2

Prisutnost tokom dana (prosečno mesečno)

12 h

Godišnja potrošnja elektr.energije po jedinici površine grej.prostora

30 kWh/m^2

Protok svežeg vazduha po jedinici površine grej.prostora

0.7 $\text{m}^3/(\text{h}^*\text{m}^2)$

Protok svežeg vazduha po osobi

28 $\text{m}^3/(\text{h}^*\text{per})$

Toplotna potreba za pripremu STV po jedinici površine grej.prostora

20 kWh/m^2

Odavanje toplote ljudi od $1.80 \text{ W}/\text{m}^2$, na površini od 2011.48 m^2 uz prisutnost tokom dana od 12 sati, za broj dana grejanja $HD = 179$ rezultuje energijom $Q_p = 7777.2 \text{ kWh}$

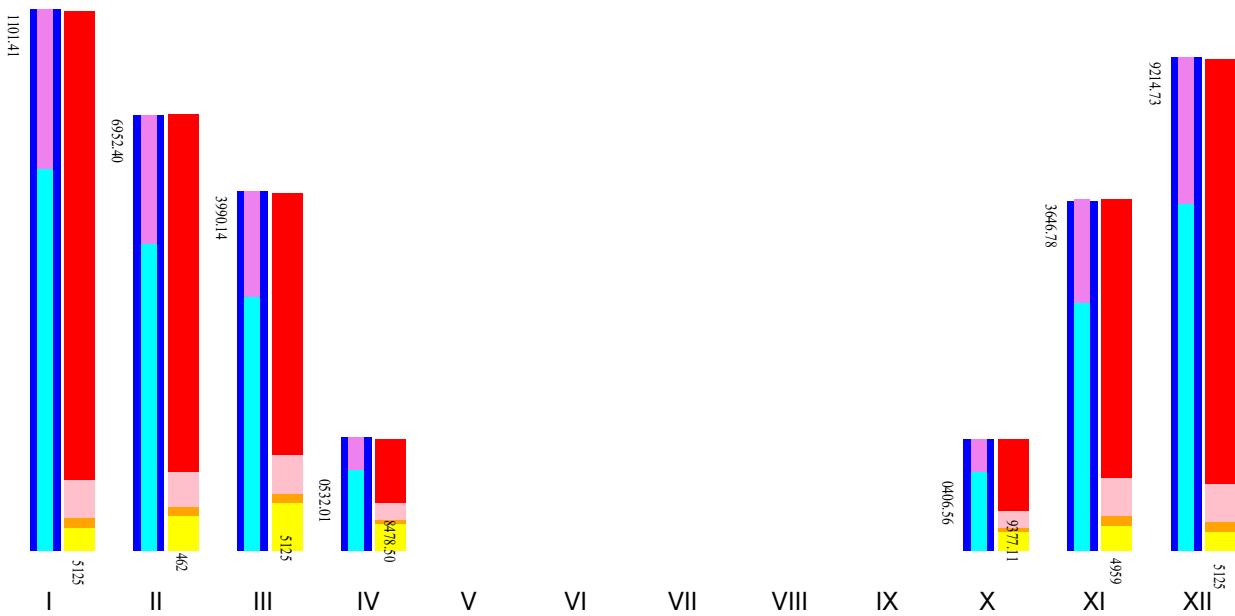
$Q_p = 7777.19 \text{ kWh}$

Odavanje toplote elektr. uređaja od $30 \text{ kWh}/\text{m}^2$, na godišnjem nivou, na površini od 2011.48 m^2 za broj dana grejanja $HD = 179$ rezultuje energijom $Q_{el} = 29593.6 \text{ kWh}$

$Q_{el} = 29593.56 \text{ kWh}$

ENERGETSKI BILANS PO MESECIMA

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Te =	1.0	3.1	7.4	12.6	17.7	20.7	22.4	21.9	17.8	12.8	7.3	2.7
HDD =2613.40	588.692	472.942	390.300	123.077	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	121.611	380.721	536.057
HD= 179	31	28	31	14	0	0	0	0	0	14	30	31
Te.hd=	1.010	3.109	7.410	11.209	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	11.314	7.309	2.708
1. Qt=223.64 MWh	50.38	40.47	33.40	10.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.41	32.58	45.87
2. Qv=93.68 MWh	21.10	16.95	13.99	4.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.36	13.65	19.21
3. Qt+Qv=317.31 MWh	71.48	57.42	47.39	14.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.77	46.23	65.09
4. Qsol=25.85 MWh	3.15	4.52	6.34	3.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.47	3.30	2.53
5. Qp=7.78 MWh	1.35	1.22	1.35	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	1.30	1.35
6. Qel=29.59 MWh	5.13	4.63	5.13	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.31	4.96	5.13
7(4+5+6): Qgn=63.22 MWh	9.63	10.36	12.81	6.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.39	9.56	9.00
8(3-7): Qnd=254.10 MWh	61.85	47.06	34.58	8.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.38	36.66	56.08



ENERGIJA POTREBNA ZA GREJANJE

TRANSMISIONI GUBICI		Qt = 223635.16 kWh
VENTILACIONI GUBICI		Qv = 93676.21 kWh
SOLARNI DOBICI	(koristi se)	Qsol = 25845.6 kWh
DOBICI OD LJUDI	(koristi se)	Qp = 7777.19 kWh
DOBICI OD EL.UREDJAJA	(koristi se)	Qel = 29593.56 kWh

ENERGIJA POTREBNA ZA GREJANJE
(razlika izmedju gubitaka i dobitaka)

Qh,nd = 254095.04 kWh

Energija potrebna za grejanje po m²

Qh,an = 126.32 kWh/m²a

PREKIDI GREJANJA

Bezdimenzionalni redukcionni faktor za prekid grejanja: aH,red
 $a_{H,red} = 1 - b_{H,red} * (\tau_{H,0}/\tau) * \gamma_H * (1 - f_{H,hr})$

Broj sati grejanja dnevno 16 ; Broj dana grejanja nedeljno 7
 $f_{H,hr} = (16 * 7) / (24 * 7) = 0.667$

Empirijski korelacioni faktor : bH,red = 3

Bezdimenzionalni odnos toplotnog balansa za grejanje : $\gamma_H = Q_{H,g}/ Q_{H,ht}$

Ukupni toplotni dobitci za grejanje : $Q_{H,g} = Q_{int} + Q_{sol} =$

$Q_{H,g} = 7777.186 + 29593.555 + 25845.590 = 63216.331$

Ukupni toplotni gubici za grejanje : $Q_{H,ht} = Q_{tr} + Q_{ve} =$

$Q_{H,ht} = 223635.165 + 93676.209 = 317311.373$

$\gamma_H = 63216.331 / 317311.373 = 0.199$

$(\tau_{H,0} / \tau) = 0.400$

$a_{H,red} = 1 - b_{H,red} * (\tau_{H,0}/\tau) * \gamma_H * (1 - f_{H,hr})$

$a_{H,red} = 1 - 3 * 0.400 * 0.199 * (1 - 0.667) = 0.920$

$Q_{h,nd,interm} = a_{H,red} * Q_{h,nd}$

$Q_{h,nd,interm} = 0.920 * 254095.04 = 233846.22 \text{ kWh}$

$Q_{h,interm,an} = Q_{h,nd,interm} / A_f$

$Q_{h,interm,an} = 233846.22 / 2011.48 = 116.26 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

$Q_{h,nd,interm} = 233846.22 \text{ kWh}$

$Q_{h,interm,an} = 116.26 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Energetski razred

Za usvajanje energetskog razreda koristi se specifična godišnja energija potrebna za grejanje za sisteme koji rade sa prekidom

En. razred	Qh.rel = 166.1 %	Qh = 116.26 kWh/m ²
A+	<=15	<=10
A	<=25	<=18
B	<=50	<=35
C	<=100	<=70
D	<=150	<=105
E	<=200	<=140
F	<=250	<=175
G	>250	>175

Na osnovu energije potrebne za grejanje po m², objekat spada u E energetski razred

Energent	Gas
Faktor pretvaranja	1.1
Primarna energija	300320.88 kWh
Emisija CO ₂	60064.18 kg CO₂

PRILOG 2 – PODACI O POTROŠNJI TOPLOTNE ENERGIJE REPREZENTATIVNE ZGRADE JKP “GRADSKA TOPLANA” NIŠ

Tabela 1 Izmerena potrošnja toplotne energije prema grejnim sezonama

šifra	Podstanica	Kalorimetar	adresa	br	kWh	Potrošnja po m ²	temperatura	Grejna površina	napomena
/11	399005	1	Somborska	041	648371	107.43	5.24	6034.3	godišnja
/12	399005	1	Somborska	041	871858	144.46	4.21	6034.3	godišnja
/13	399005	1	Somborska	041	702985	116.48	6.19	6034.3	godišnja
/11	399005	1	Somborska	041	86826	14.39	13.43	6034.3	očitanja 15 u mesecu
/12	399005	1	Somborska	041	108726	18.02	3.62	6034.3	očitanja 15 u mesecu
/01	399005	1	Somborska	041	97207	16.11		6034.3	očitanja 15 u mesecu
/02	399005	1	Somborska	041	141693	23.48		6034.3	očitanja 15 u mesecu
/03	399005	1	Somborska	041	92346	15.30		6034.3	očitanja 15 u mesecu
/05	399005	1	Somborska	041	82361	13.65		6034.3	očitanja 15 u mesecu
/11	399005	1	Somborska	041	54084	8.96	9.67	6034.3	očitanja 15 u mesecu
/12	399005	1	Somborska	041	103788	17.20	5.45	6034.3	očitanja 15 u mesecu
/01	399005	1	Somborska	041	148344	24.58	0.42	6034.3	očitanja 15 u mesecu
/02	399005	1	Somborska	041	129705	21.49	3.96	6034.3	očitanja 15 u mesecu
/03	399005	1	Somborska	041	120305	19.93	5.33	6034.3	očitanja 15 u mesecu
/04	399005	1	Somborska	041	108723	18.01	9.08	6034.3	očitanja 15 u mesecu
/05	399005	1	Somborska	041	10917	1.81	13.71	6034.3	očitanja 15 u mesecu
/10	399005	1	Somborska	041	49080	8.34	11.01	5885.16	
/11	399005	1	Somborska	041	98360	16.71	7.49	5885.16	
/12	399005	1	Somborska	041	117533	19.97	3.25	5885.16	
/01	399005	1	Somborska	041	192856	32.77	0.76	5885.16	
/02	399005	1	Somborska	041	102341	17.39	9.04	5885.16	
/03	399005	1	Somborska	041	103147	17.53	8.56	5885.16	
/04	399005	1	Somborska	041	18934	3.22	16.19	5885.16	
/10	399005	1	Somborska	041	59391	10.57	10.91	5619.61	
/11	399005	1	Somborska	041	104523	18.60	7.31	5619.61	
/12	399005	1	Somborska	041	147017	26.16	-0.01	5619.61	
/01	399005	1	Somborska	041	212741	37.86		5619.61	
/02	399005	1	Somborska	041	114602	20.39		5619.61	
/03	399005	1	Somborska	041	70897	12.62		5619.61	
/04	399005	1	Somborska	041	59746	10.63		5619.61	
/10	399005	1	Somborska	041	44231	8.67		5099.73	
/11	399005	1	Somborska	041	98386	19.29		5099.73	
/12	399005	1	Somborska	041	133338	26.15		5099.73	
/01	399005	1	Somborska	041	130058	25.50		5099.73	
/02	399005	1	Somborska	041	126533	24.81		5099.73	
/03	399005	1	Somborska	041	105940	20.77		5099.73	
/04	399005	1	Somborska	041	13791	2.70		5099.73	
/10	399005	1	Somborska	041	25135	4.92	14.81	5109.08	
/11	399005	1	Somborska	041	94477	18.49	8.32	5109.08	
/12	399005	1	Somborska	041	150583	29.47	2.49	5109.08	
/01	399005	1	Somborska	041	155903	30.51	0.46	5109.08	
/02	399005	1	Somborska	041	118130	23.12	4.27	5109.08	
/03	399005	1	Somborska	041	80138	15.69	10.14	5109.08	
/04	399005	1	Somborska	041	32343	6.33	13.17	5109.08	
/10	399005	1	Somborska	041	26611	5.32	12.57	5003.27	
/11	399005	1	Somborska	041	60190	12.03	11.95	5003.27	
/12	399005	1	Somborska	041	111443	22.27	5.13	5003.27	
/01	399005	1	Somborska	041	133818	26.75	1.44	5003.27	
/02	399005	1	Somborska	041	94166	18.82	5.96	5003.27	
/03	399005	1	Somborska	041	87367	17.46	8.66	5003.27	
/04	399005	1	Somborska	041	45716	9.14	11.73	5003.27	
/10	399005	1	Somborska	041	45385	9.17	11.94	4950.24	
/11	399005	1	Somborska	041	99134	20.03	6.70	4950.24	
/12	399005	1	Somborska	041	111079	22.44	6.15	4950.24	
/01	399005	1	Somborska	041	125510	25.35	3.81	4950.24	
/02	399005	1	Somborska	041	100304	20.26	5.80	4950.24	
/03	399005	1	Somborska	041	101575	20.52	5.90	4950.24	
/04	399005	1	Somborska	041	58440	11.81	9.79	4950.24	

Dobijeni podaci iz JKP „Gradska toplana“ Niš o potrošenoj toplotnoj energiji odnose se na potrošnju tri identične zgrade (lamelle), na osnovu očitavanja kalorimetra koji se nalazi u reprezentativnoj zgradi. S obzirom na to da je grejana površina reprezentativne zgrade 2011,48 m² (postojeće stanje prema projektu), na osnovu podataka u tabeli za površinu, specifična godišnja potrošnja energije za grejanje, prema kojoj je validiran model postojećeg stanja M-0, određena je kao prosečna vrednost za grejne sezone 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2013/14 i 2014/15 (u tabeli obeležene sezone) čija je površina odgovarajuća za tri lamelle. Nakon ovih grejnih sezona površina se konstanto smanjuje i ne može se utvrditi kolika se površina u kojoj zgradi greje, te stoga nisu uzete u razmatranje. U tabeli 2 prikazan je obračun za definisane sezone, kao i njihova prosečna specifična potrošnja energije za grejanje.

Table 2 Potršena toplotna energija za grejanje za definisane sezone

Grejna sezona	kWh za sve tri zgrade	Prosečna potrošnja po m ²	Temperatura	Površina za tri zgrade (3 x 2011,43)
2010/11	648.371	107,4476	5,24	6034,3
2011/12	871.858	144,4837	4,21	6034,3
2012/13	702.985	116,4982	6,19	6034,3
2013/14	609.159	100,9494		6034,3
2014/15	675.866	112,004	1,96	6034,3
PROSEČNA VREDNOST	701.647,8	116,2766		

**PRILOG 3 - ENERGETSKI BILANS VARIJANTE MERE 1
ZASTAKLJENJA BALKONA I LOĐA (JEDNOSTRUKO ZASTAKLJENJE)**

KARAKTERISTIKE SKLOPOVA KOJI FORMIRAJU TERMIČKI OMOTAČ

num	ID	Opis	A [m ²]	Fx [-]	U _{max} [W/m ² K]	U [W/m ² K]	OK	A*U*Fx [W/K]	Udeo [%]	
1	SZ1	Spoljni zid	248.13	1	0.4	0.657	Ne	163.02	5.31	
2	SZ2	Spoljni zid	116.67	1	0.4	0.682	Ne	79.57	2.59	
3	SZ 3 L Istok	Spoljni zid	83.37	0.80	0.4	0.736	Ne	49.09	1.60	
4	SZ 3 L Jug	Spoljni zid	85.23	0.80	0.4	0.736	Ne	50.18	1.63	
5	SZ 3 L Sever	Spoljni zid	67.55	0.8	0.4	0.736	Ne	39.77	1.30	
6	SZ 3 L Zapad	Spoljni zid	35.67	0.80	0.4	0.736	Ne	21.00	0.68	
7	SZ4	Spoljni zid	122.64	1	0.4	0.730	Ne	89.53	2.92	
8	SZ5	Spoljni zid	33.26	1	0.4	0.783	Ne	26.04	0.85	
9	SZ6	Spoljni zid	79.05	1	0.4	0.714	Ne	56.44	1.84	
10	DZ	Zid na dilataciji	100.00	0.8	0.5	0.987	Ne	78.96	2.57	
11	RK	Ravan krov iznad grejanog prostora	255.78	1	0.2	0.580	Ne	148.35	4.83	
12	MK1	Medjuspratna k. iznad spoljnog prostora	3.80	1	0.3	0.405	Ne	1.54	0.05	
13	PR 1	Prozori i balkonska vrata	141.12	1	1.5	3.500	Ne	493.92	16.08	
14	PR 3	Prozori i balkonska vrata	132.00	1	1.5	3.500	Ne	462.00	15.04	
15	PR 5	Prozori i balkonska vrata	25.60	1	1.5	3.500	Ne	89.60	2.92	
16	PR 1L Jug	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.80	1.5	3.500	Ne	56.45	1.84	
17	PR 1L Sever	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.8	1.5	3.500	Ne	56.45	1.84	
18	PR 1L Zapad	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.80	1.5	3.500	Ne	56.45	1.84	
19	PR 2L Zapad	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.80	1.5	3.500	Ne	56.45	1.84	
20	PR 4L Istok	Prozori i balkonska vrata	26.88	0.80	1.5	3.500	Ne	75.26	2.45	
21	PR 6L Istok	Prozori i balkonska vrata	24.64	0.80	1.5	3.500	Ne	68.99	2.25	
22	BV 1L Jug	Prozori i balkonska vrata	30.00	0.80	1.5	3.500	Ne	84.00	2.74	
23	BV 1L Sever	Prozori i balkonska vrata	44.00	0.8	1.5	3.500	Ne	123.20	4.01	
24	BV 2L Istok	Prozori i balkonska vrata	24.50	0.80	1.5	3.500	Ne	68.60	2.23	
25	BV 2L Jug	Prozori i balkonska vrata	12.25	0.80	1.5	3.500	Ne	34.30	1.12	
26	BV 2L Sever	Prozori i balkonska vrata	12.25	0.8	1.5	3.500	Ne	34.30	1.12	
27	BV 2L Zapad	Prozori i balkonska vrata	15.75	0.80	1.5	3.500	Ne	44.10	1.44	
28	VR	Spoljna vrata	73.71	0.5	1.6	3.000	Ne	110.57	3.60	
29	UZ1	Zid prema negrejanom prostoru	251.51	0.5	0.55	0.859	Ne	108.02	3.52	
30	UZ2	Zid prema negrejanom prostoru	125.91	0.5	0.55	0.816	Ne	51.37	1.67	
31	UZ3	Zid prema negrejanom prostoru	113.65	0.5	0.55	0.877	Ne	49.84	1.62	
32	MK7	Medjuspratna k. ispod negrejanog prostora	14.31	0.8	0.4	2.110	Ne	24.16	0.79	
33	MK2	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	176.72	0.5	0.4	0.922	Ne	81.47	2.65	
34	MK3	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	34.73	0.5	0.4	1.003	Ne	17.42	0.57	
35	MK4	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	16.40	0.5	0.4	1.580	Ne	12.96	0.42	
36	MK5	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	30.56	0.5	0.4	0.385	Da	5.88	0.19	
37	MK6	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	8.41	0.5	0.4	0.466	Ne	1.96	0.06	
Ukupno			2646.69m²					3071.20W/K		

TOPLOTNI GUBICI I DOBICI

TRANSMISIONI GUBICI - kroz omotačPovršina grejanog prostora - Površina grejanog prostora , $A_g=2011.48 \text{ m}^2$ Povećanje zbog linijskih gubitaka, $\Delta U_{tb}=0.10 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$ Koeficijent transmisivnog gubitka POVRŠINSKI $H_t.f= 3071.203 \text{ W/K}$ Koeficijent transmisivnog gubitka TERMIČKIH MOSTOVA $H_{tb}= 264.669 \text{ W/K}$

(Za sve pozicije)

Koeficijent transmisivnog gubitka UKUPNI $H_t= 3335.872 \text{ W/K}$ Faktor oblika $A/V=0.47 \text{ [m}^{-1}\text{]}$ Maksimalno dozvoljeni specifični transmisivni gubitak $H_t'_{max}= 0.600 \text{ W/K}$ Specifični transmisivni gubitak $(H_t/A) 1.067$, $H_t' > H_t'_{max}$,Ne zadovoljavaUkupno potrebna energija za nadoknadjivanje transmisivnih gubitaka $Q_t=209231.22 \text{ kWh}$ **$Q_t = 209231.22 \text{ kWh}$** $Q_t/A_g = 104.02 \text{ kWh/m}^2$ **VENTILACIONI GUBICI**zapremina grejanog/ventilisanog prostora, $V_g=5028.70 \text{ m}^3$

Zaptivenost prozora : Loša

Broj izmena vazduha na sat : $n= 0.9$ Koeficijent ventilacionog gubitka $H_v= 1493.52 \text{ W/K}$ Ukupno potrebna energija za nadoknadjivanje ventilacionih gubitaka $Q_v = 93676.21 \text{ kWh}$ **$Q_v = 93676.21 \text{ kWh}$** **SOLARNI DOBICI**Faktor zasenčenosti (Factor shade), $F_s=0.75$ Faktor umanjenja zbog neupravnog zračenja, $F_n=0.9$ Faktor umanjenja zbog opreme za zaštitu od Sunca, $F_z=0.7$ **TABELARNI PRIKAZ SOLARNIH DOBITAKA**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Prozori	2790.1	4008.2	5581.6	6204.7	7065.6	7152.2	7674.1	7311.9	6288.0	5191.3	2916.9	2238.0	22812.3
Izlozi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stak.krov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Zidovi	249.6	347.3	479.7	523.0	590.5	594.3	637.9	614.7	538.5	455.9	260.4	201.2	1990.7
Ravan krov	114.2	161.2	277.3	356.9	455.1	483.9	514.9	455.1	340.7	237.5	121.5	90.4	1042.6
Kos krov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ZZ-prozor	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ZZ-panel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$\Sigma 1$	3153.90	4516.70	6338.60	7084.60	8111.20	8230.40	8826.90	8381.70	7167.20	5884.70	3298.80	2529.60	73524.30
HD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HD coef	1.00	1.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	1.00	1.00	5.919
$\Sigma 2$	3153.90	4516.70	6338.60	3542.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2465.69	3298.80	2529.60	25845.59
staklenik	2707.83	3895.69	5398.75	5792.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4513.74	2831.93	2172.30	27312.96
Stakl.* HD	2707.83	3895.69	5398.75	2896.360	0	0	0	0	0	1895.7708	2831.93	2172.3	21798.6308
$\Sigma 3$	5861.73	8412.39	11737.35	6438.66	0	0	0	0	0	4361.4608	6130.73	4701.9	47644.2208

Ukupni solarni dobici za grejnu sezonu $Q_{sol}= 47644.2 \text{ kWh}$ **$Q_{sol} = 47644.2 \text{ kWh}$** **INTERNI DOBICI**

Naziv

Vrednost Jedinica

Ti zimski period

20

C

Ti letnji period

26

C

Površina po osobi

40

 m^2/per

Odavanje toplote po osobi

70

 W/per

Odavanje toplote ljudi po jedinici površine

1.8

 W/m^2

Prisutnost tokom dana (prosečno mesečno)

12

h

Godišnja potrošnja elektr.energije po jedinici površine grej.prostora

30

 kWh/m^2

Protok svežeg vazduha po jedinici površine grej.prostora

0.7

 $\text{m}^3/(\text{h}*\text{m}^2)$

Protok svežeg vazduha po osobi

28

 $\text{m}^3/(\text{h}*\text{per})$

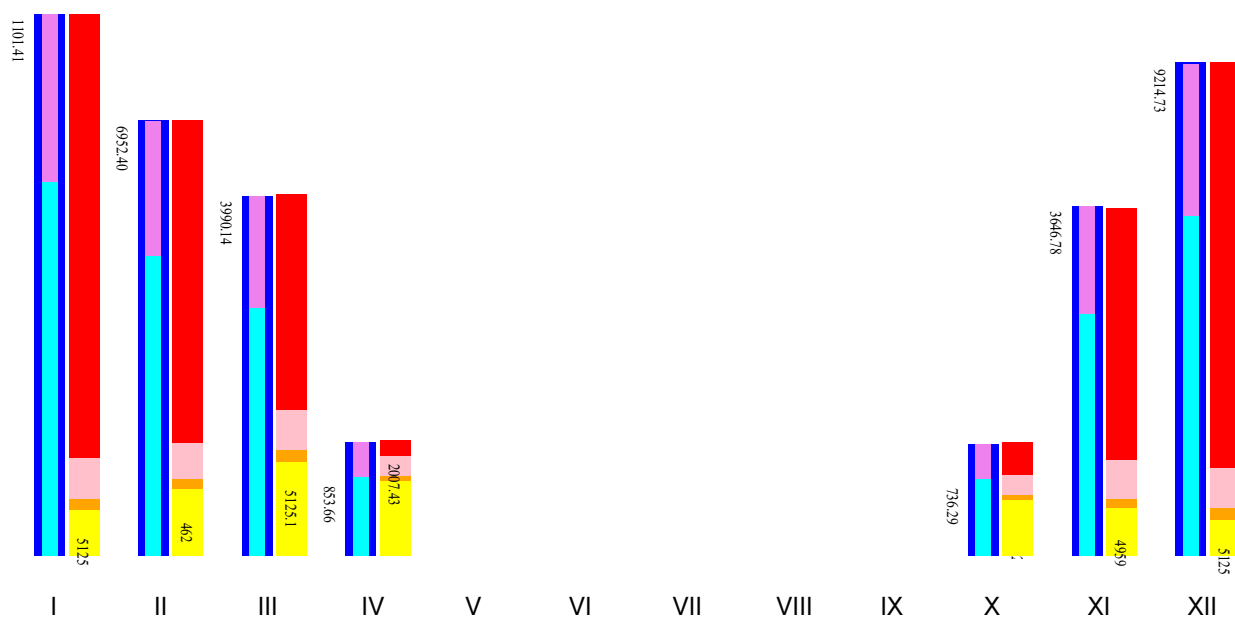
Toplotna potreba za pripremu STV po jedinici površine grej.prostora

20

 kWh/m^2 Odavanje toplote ljudi od $1.80 \text{ W}/\text{m}^2$, na površini od 2011.48 m^2 uz prisutnost tokom dana od 12 sati, za broj dana grejanja $HD = 179$ rezultuje energijom $Q_p = 7777.2 \text{ kWh}$ **$Q_p = 7777.19 \text{ kWh}$** Odavanje toplote elektr. uređaja od $30 \text{ kWh}/\text{m}^2$, na godišnjem nivou, na površini od 2011.48 m^2 za broj dana grejanja $HD = 179$ rezultuje energijom $Q_{el} = 29593.6 \text{ kWh}$ **$Q_{el} = 29593.56 \text{ kWh}$**

ENERGETSKI BILANS PO MESECIMA

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Te =	1.0	3.1	7.4	12.6	17.7	20.7	22.4	21.9	17.8	12.8	7.3	2.7
HDD =2613.40	588.692	472.942	390.300	123.077	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	121.611	380.721	536.057
HD= 179	31	28	31	14	0	0	0	0	0	14	30	31
Te.hd=	1.010	3.109	7.410	11.209	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	11.314	7.309	2.708
1. Qt=209.23 MWh	47.13	37.86	31.25	9.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.74	30.48	42.92
2. Qv=93.68 MWh	21.10	16.95	13.99	4.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.36	13.65	19.21
3. Qt+Qv=302.91 MWh	68.23	54.82	45.24	14.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.10	44.13	62.13
4. Qsol=53.16 MWh	5.86	8.41	11.74	9.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.98	6.13	4.70
5. Qp=7.78 MWh	1.35	1.22	1.35	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	1.30	1.35
6. Qel=29.59 MWh	5.13	4.63	5.13	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.31	4.96	5.13
7(4+5+6): Qgn=90.53 MWh	12.33	14.26	18.21	12.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.90	12.39	11.17
8(3-7): Qnd=212.38 MWh	55.90	40.56	27.03	2.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.19	31.73	50.96



ENERGIJA POTREBNA ZA GREJANJE

TRANSMISIONI GUBICI		Qt = 209231.22 kWh
VENTILACIONI GUBICI		Qv = 93676.21 kWh
SOLARNI DOBICI	(koristi se)	Qsol = 47644.2 kWh
DOBICI OD LJUDI	(koristi se)	Qp = 7777.19 kWh
DOBICI OD EL.UREDJAJA	(koristi se)	Qel = 29593.56 kWh

ENERGIJA POTREBNA ZA GREJANJE
(razlika izmedju gubitaka i dobitaka)

Qh,nd = 212378.14 kWh

Energija potrebna za grejanje po m²

Qh,an = 105.58 kWh/m²a

PREKIDI GREJANJA

Bezdimenzionalni redukcionni faktor za prekid grejanja: aH,red
 $a_{H,red} = 1 - b_{H,red} * (\tau_{H,0}/\tau) * \gamma_H * (1 - f_{H,hr})$

Broj sati grejanja dnevno 16 ; Broj dana grejanja nedeljno 7
 $f_{H,hr} = (16 * 7) / (24 * 7) = 0.667$

Empirijski korelacioni faktor : bH,red = 3

Bezdimenzionalni odnos toplotnog balansa za grejanje : $\gamma_H = Q_{H,gn} / Q_{H,ht}$
 Ukupni toplotni dobici za grejanje : $Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol} =$
 $Q_{H,gn} = 7777.186 + 29593.555 + 47644.221 = 85014.962$
 Ukupni toplotni gubici za grejanje : $Q_{H,ht} = Q_{tr} + Q_{ve} =$
 $Q_{H,ht} = 209231.218 + 93676.209 = 302907.427$
 $\gamma_H = 85014.962 / 302907.427 = 0.281$

$(\tau_{H,0} / \tau) = 0.400$

$a_{H,red} = 1 - b_{H,red} * (\tau_{H,0}/\tau) * \gamma_H * (1 - f_{H,hr})$
 $a_{H,red} = 1 - 3 * 0.400 * 0.281 * (1 - 0.667) = 0.888$
 $Q_{h,nd,interm} = a_{H,red} * Q_{h,nd}$
 $Q_{h,nd,interm} = 0.888 * 212378.14 = 188535.45 \text{ kWh}$
 $Q_{h,interm,an} = Q_{h,nd,interm} / A_f$
 $Q_{h,interm,an} = 188535.45 / 2011.48 = 93.73 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

$Q_{h,nd,interm} = 188535.45 \text{ kWh}$
 $Q_{h,interm,an} = 93.73 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Energetski razred

Za usvajanje energetskog razreda koristi se specifična godišnja energija potrebna za grejanje za sisteme koji rade sa prekidom

En. razred	Qh.rel = 133.9 %	Qh = 93.73 kWh/m ²
A+	<=15	<=10
A	<=25	<=18
B	<=50	<=35
C	<=100	<=70
D	<=150	<=105
E	<=200	<=140
F	<=250	<=175
G	>250	>175

Na osnovu energije potrebne za grejanje po m², objekat spada u D energetski razred

Energent	Gas
Faktor pretvaranja	1.1
Primarna energija	260693.10 kWh
Emisija CO ₂	52138.62 kg CO₂

**PRILOG 4 - ENERGETSKI BILANS VARIJANTE 5 MERE
ZASTAKLJENJA BALKONA I LOĐA SA (TOPLOTNO-IZOLACIONO
ZASTAKLJENJE)**

KARAKTERISTIKE SKLOPOVA KOJI FORMIRAJU TERMIČKI OMOTAČ

num	ID	Opis	A [m ²]	Fx [-]	U _{max} [W/m ² K]	U [W/m ² K]	OK	A*U*Fx [W/K]	Udeo [%]	
1	SZ1	Spoljni zid	248.13	1	0.4	0.657	Ne	163.02	5.98	
2	SZ2	Spoljni zid	116.67	1	0.4	0.682	Ne	79.57	2.92	
3	SZ 3 L Istok	Spoljni zid	83.37	0.50	0.4	0.736	Ne	30.68	1.13	
4	SZ 3 L Jug	Spoljni zid	85.23	0.50	0.4	0.736	Ne	31.36	1.15	
5	SZ 3 L Sever	Spoljni zid	67.55	0.50	0.4	0.736	Ne	24.86	0.91	
6	SZ 3 L Zapad	Spoljni zid	35.67	0.50	0.4	0.736	Ne	13.13	0.48	
7	SZ4	Spoljni zid	122.64	1	0.4	0.730	Ne	89.53	3.28	
8	SZ5	Spoljni zid	33.26	1	0.4	0.783	Ne	26.04	0.96	
9	SZ6	Spoljni zid	79.05	1	0.4	0.714	Ne	56.44	2.07	
10	DZ	Zid na dilataciji	100.00	0.8	0.5	0.987	Ne	78.96	2.90	
11	RK	Ravan krov iznad grejanog prostora	255.78	1	0.2	0.580	Ne	148.35	5.44	
12	MK1	Medjuspratna k. iznad spoljnog prostora	3.80	1	0.3	0.405	Ne	1.54	0.06	
13	PR 1	Prozori i balkonska vrata	141.12	1	1.5	3.500	Ne	493.92	18.11	
14	PR 3	Prozori i balkonska vrata	132.00	1	1.5	3.500	Ne	462.00	16.94	
15	PR 5	Prozori i balkonska vrata	25.60	1	1.5	3.500	Ne	89.60	3.29	
16	PR 1L Jug	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.50	1.5	3.500	Ne	35.28	1.29	
17	PR 1L Sever	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.50	1.5	3.500	Ne	35.28	1.29	
18	PR 1L Zapad	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.50	1.5	3.500	Ne	35.28	1.29	
19	PR 2L Zapad	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.50	1.5	3.500	Ne	35.28	1.29	
20	PR 4L Istok	Prozori i balkonska vrata	26.88	0.50	1.5	3.500	Ne	47.04	1.73	
21	PR 6L Istok	Prozori i balkonska vrata	24.64	0.50	1.5	3.500	Ne	43.12	1.58	
22	BV 1L Jug	Prozori i balkonska vrata	30.00	0.50	1.5	3.500	Ne	52.50	1.93	
23	BV 1L Sever	Prozori i balkonska vrata	44.00	0.50	1.5	3.500	Ne	77.00	2.82	
24	BV 2L Istok	Prozori i balkonska vrata	24.50	0.50	1.5	3.500	Ne	42.88	1.57	
25	BV 2L Jug	Prozori i balkonska vrata	12.25	0.50	1.5	3.500	Ne	21.44	0.79	
26	BV 2L Sever	Prozori i balkonska vrata	12.25	0.50	1.5	3.500	Ne	21.44	0.79	
27	BV 2L Zapad	Prozori i balkonska vrata	15.75	0.50	1.5	3.500	Ne	27.56	1.01	
28	VR	Spoljna vrata	73.71	0.5	1.6	3.000	Ne	110.57	4.05	
29	UZ1	Zid prema negrejanom prostoru	251.51	0.5	0.55	0.859	Ne	108.02	3.96	
30	UZ2	Zid prema negrejanom prostoru	125.91	0.5	0.55	0.816	Ne	51.37	1.88	
31	UZ3	Zid prema negrejanom prostoru	113.65	0.5	0.55	0.877	Ne	49.84	1.83	
32	MK7	Medjuspratna k. ispod negrejanog prostora	14.31	0.8	0.4	2.110	Ne	24.16	0.89	
33	MK2	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	176.72	0.5	0.4	0.922	Ne	81.47	2.99	
34	MK3	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	34.73	0.5	0.4	1.003	Ne	17.42	0.64	
35	MK4	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	16.40	0.5	0.4	1.580	Ne	12.96	0.48	
36	MK5	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	30.56	0.5	0.4	0.385	Da	5.88	0.22	
37	MK6	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	8.41	0.5	0.4	0.466	Ne	1.96	0.07	
Ukupno			2646.69m²					2726.73W/K		

TOPLOTNI GUBICI I DOBICI

TRANSMISIONI GUBICI - kroz omotačPovršina grejanog prostora - Površina grejanog prostora , $A_g=2011.48 \text{ m}^2$ Povećanje zbog linijskih gubitaka, $\Delta U_{tb}=0.10 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$ Koeficijent transmisijonog gubitka POVRŠINSKI $H_{t.f}= 2726.729 \text{ W/K}$ Koeficijent transmisijonog gubitka TERMIČKIH MOSTOVA $H_{tb}= 264.669 \text{ W/K}$

(Za sve pozicije)

Koeficijent transmisijonog gubitka UKUPNI $H_t= 2991.398 \text{ W/K}$ Faktor oblika $A/V=0.47 \text{ [m}^{-1}\text{]}$ Maksimalno dozvoljeni specifični transmisijoni gubitak $H_{t'_{max}}= 0.600 \text{ W/K}$ Specifični transmisijoni gubitak $(H_t/A) 0.957$, $H_t' > H_{t'_{max}}$,Ne zadovoljavaUkupno potrebna energija za nadoknadjivanje transmisijonih gubitaka $Q_t=187625.30 \text{ kWh}$ **$Q_t = 187625.30 \text{ kWh}$** $Q_t/A_g = 93.28 \text{ kWh/m}^2$ **VENTILACIONI GUBICI**zapremina grejanog/ventilisanog prostora, $V_g=5028.70 \text{ m}^3$

Zaptivenost prozora : Loša

Broj izmena vazduha na sat : $n= 0.9$ Koeficijent ventilacionog gubitka $H_v= 1493.52 \text{ W/K}$ Ukupno potrebna energija za nadoknadjivanje ventilacionih gubitaka $Q_v = 93676.21 \text{ kWh}$ **$Q_v = 93676.21 \text{ kWh}$** **SOLARNI DOBICI**Faktor zasenčenosti (Factor shade), $F_s=0.75$ Faktor umanjenja zbog neupravnog zračenja, $F_n=0.9$ Faktor umanjenja zbog opreme za zaštitu od Sunca, $F_z=0.7$ **TABELARNI PRIKAZ SOLARNIH DOBITAKA**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Prozori	2790.1	4008.2	5581.6	6204.7	7065.6	7152.2	7674.1	7311.9	6288.0	5191.3	2916.9	2238.0	22812.3
Izlozi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stak.krov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Zidovi	249.6	347.3	479.7	523.0	590.5	594.3	637.9	614.7	538.5	455.9	260.4	201.2	1990.7
Ravan krov	114.2	161.2	277.3	356.9	455.1	483.9	514.9	455.1	340.7	237.5	121.5	90.4	1042.6
Kos krov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ZZ-prozor	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ZZ-panel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$\Sigma 1$	3153.90	4516.70	6338.60	7084.60	8111.20	8230.40	8826.90	8381.70	7167.20	5884.70	3298.80	2529.60	73524.30
HD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HD coef	1.00	1.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	1.00	1.00	5.919
$\Sigma 2$	3153.90	4516.70	6338.60	3542.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2465.69	3298.80	2529.60	25845.59
staklenik	1955.63	2813.49	3899.20	4183.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3259.84	2045.29	1568.90	19726.23
Stakl.* HD	1955.63	2813.49	3899.2	2091.940	0	0	0	0	0	1369.1328	2045.29	1568.9	15743.5828
$\Sigma 3$	5109.53	7330.19	10237.8	5634.24	0	0	0	0	0	3834.8228	5344.09	4098.5	41589.1728

Ukupni solarni dobitci za grejnu sezonu $Q_{sol}= 41589.2 \text{ kWh}$ **$Q_{sol} = 41589.2 \text{ kWh}$** **INTERNI DOBICI**

Naziv

Vrednost

Jedinica

Ti zimski period

20

C

Ti letnji period

26

C

Površina po osobi

40

 m^2/per

Odavanje toplote po osobi

70

 W/per

Odavanje toplote ljudi po jedinici površine

1.8

 W/m^2

Prisutnost tokom dana (prosečno mesečno)

12

h

Godišnja potrošnja elektr.energije po jedinici površine grej.prostora

30

 kWh/m^2

Protok svežeg vazduha po jedinici površine grej.prostora

0.7

 $\text{m}^3/(\text{h}^*\text{m}^2)$

Protok svežeg vazduha po osobi

28

 $\text{m}^3/(\text{h}^*\text{per})$

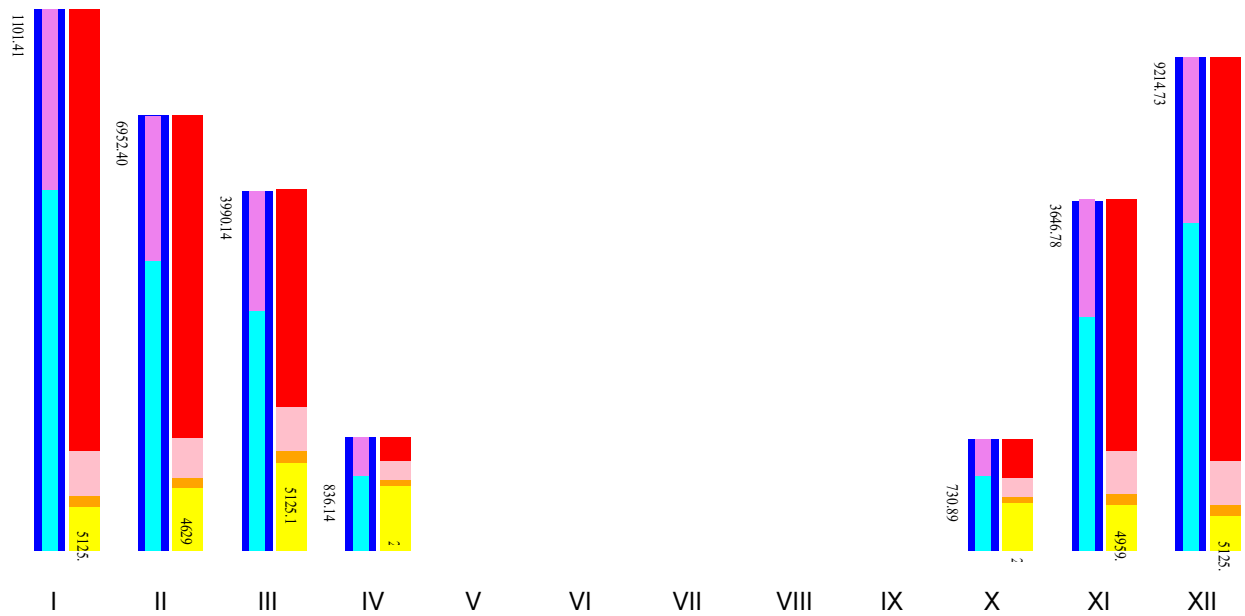
Toplotna potreba za pripremu STV po jedinici površine grej.prostora

20

 kWh/m^2 Odavanje toplote ljudi od $1.80 \text{ W}/\text{m}^2$, na površini od 2011.48 m^2 uz prisutnost tokom dana od 12 sati, za broj dana grejanja $HD = 179$ rezultuje energijom $Q_p = 7777.2 \text{ kWh}$ **$Q_p = 7777.19 \text{ kWh}$** Odavanje toplote elektr. uređaja od $30 \text{ kWh}/\text{m}^2$, na godišnjem nivou, na površini od 2011.48 m^2 za broj dana grejanja $HD = 179$ rezultuje energijom $Q_{el} = 29593.6 \text{ kWh}$ **$Q_{el} = 29593.56 \text{ kWh}$**

ENERGETSKI BILANS PO MESECIMA

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Te =	1.0	3.1	7.4	12.6	17.7	20.7	22.4	21.9	17.8	12.8	7.3	2.7
HDD =2613.40	588.692	472.942	390.300	123.077	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	121.611	380.721	536.057
HD= 179	31	28	31	14	0	0	0	0	0	14	30	31
Te.hd=	1.010	3.109	7.410	11.209	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	11.314	7.309	2.708
1. Qt=187.63 MWh	42.26	33.95	28.02	8.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.73	27.33	38.49
2. Qv=93.68 MWh	21.10	16.95	13.99	4.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.36	13.65	19.21
3. Qt+Qv=281.30 MWh	63.37	50.91	42.01	13.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.09	40.98	57.70
4. Qsol=45.57 MWh	5.11	7.33	10.24	7.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.73	5.34	4.10
5. Qp=7.78 MWh	1.35	1.22	1.35	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	1.30	1.35
6. Qel=29.59 MWh	5.13	4.63	5.13	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.31	4.96	5.13
7(4+5+6): Qgn=82.94 MWh	11.58	13.18	16.71	10.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.65	11.61	10.57
8(3-7): Qnd=198.36 MWh	51.78	37.73	25.30	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.44	29.37	47.13



ENERGIJA POTREBNA ZA GREJANJE

TRANSMISIONI GUBICI		Qt = 187625.30 kWh
VENTILACIONI GUBICI		Qv = 93676.21 kWh
SOLARNI DOBICI	(koristi se)	Qsol = 41589.2 kWh
DOBICI OD LJUDI	(koristi se)	Qp = 7777.19 kWh
DOBICI OD EL.UREDJAJA	(koristi se)	Qel = 29593.56 kWh

ENERGIJA POTREBNA ZA GREJANJE
(razlika izmedju gubitaka i dobitaka)

Qh,nd = 198358.95 kWh

Energija potrebna za grejanje po m²

Qh,an = 98.61 kWh/m²a

PREKIDI GREJANJA

Bezdimenzionalni redukcionni faktor za prekid grejanja: aH,red
 $a_{H,red} = 1 - b_{H,red} * (\tau_{H,0}/\tau) * \gamma_H * (1 - f_{H,hr})$

Broj sati grejanja dnevno 16 ; Broj dana grejanja nedeljno 7
 $f_{H,hr} = (16 * 7) / (24 * 7) = 0.667$

Empirijski korelacioni faktor : bH,red = 3

Bezdimenzionalni odnos toplotnog balansa za grejanje : $\gamma_H = Q_{H,gn} / Q_{H,ht}$
 Ukupni toplotni dobitci za grejanje : $Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol} =$
 $Q_{H,gn} = 7777.186 + 29593.555 + 41589.173 = 78959.914$
 Ukupni toplotni gubici za grejanje : $Q_{H,ht} = Q_{tr} + Q_{ve} =$
 $Q_{H,ht} = 187625.298 + 93676.209 = 281301.507$
 $\gamma_H = 78959.914 / 281301.507 = 0.281$

$(\tau_{H,0} / \tau) = 0.400$

$a_{H,red} = 1 - b_{H,red} * (\tau_{H,0}/\tau) * \gamma_H * (1 - f_{H,hr})$
 $a_{H,red} = 1 - 3 * 0.400 * 0.281 * (1 - 0.667) = 0.888$
 $Q_{h,nd,interm} = a_{H,red} * Q_{h,nd}$
 $Q_{h,nd,interm} = 0.888 * 198358.95 = 176087.60 \text{ kWh}$
 $Q_{h,interm,an} = Q_{h,nd,interm} / A_f$
 $Q_{h,interm,an} = 176087.60 / 2011.48 = 87.54 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

$Q_{h,nd,interm} = 176087.60 \text{ kWh}$
 $Q_{h,interm,an} = 87.54 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Energetski razred

Za usvajanje energetskog razreda koristi se specifična godišnja energija potrebna za grejanje za sisteme koji rade sa prekidom

En. razred	Qh.rel = 125.1 %	Qh = 87.54 kWh/m ²
A+	<=15	<=10
A	<=25	<=18
B	<=50	<=35
C	<=100	<=70
D	<=150	<=105
E	<=200	<=140
F	<=250	<=175
G	>250	>175

Na osnovu energije potrebne za grejanje po m², objekat spada u D energetski razred

Energent	Gas
Faktor pretvaranja	1.1
Primarna energija	241856.31 kWh
Emisija CO ₂	48371.26 kg CO₂

PRILOG 5 - ODREĐIVANJE OPTIMALNE DEBLJINE SUPSTRATA EKSTENZIVNOG ZELENOG KROVA PREMA ZAHTEVIMA KANALISANJA KIŠNOG OTICAJA

Cilj upravljanja atmosferskim padavinama (eng. Stormwater management) je da se redukuje i efikasno kontroliše površinsko oticanje atmosferskih padavina i postigne maksimalna infiltracija kišnog oticaja. Poslednjih decenija u svetu je razvijeno nekoliko integrisanih pristupa kanalisanja kišnog oticaja (Dietz, 2007). Najpoznatiji i naznačajniji među njima su *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) u Australiji, *Sustainable Drainage System* (SuDS) i *Sustainable Urban Drainage System* (SUDS) u Velikoj Britaniji i Škotskoj, *Best Management Practices* (BMPs) i *Low Impact Development* (LID) u SAD-u, *Alternative techniques* (ATs) u zemljama francuskog govornog područja, *Source Control* u Kanadi itd (Fletcher i sar., 2015). Većinu njih odlikuje integrisan pristup problematici, kroz težnju da se u najmanjoj meri odstupa od prirodnog hidrološkog ciklusa i uslova koji vladaju u urbanom slivu. Ciljevi savremenih pristupa kanalisanju kišnog oticaja se danas realizuju primenom niza sistemskih mera i tehničkih elemenata osmišljenih tako da što manje utiču na prirodni hidrološki ciklus (Vasilevska i sar., 2014). Zeleni krovovi su kroz praksu prepoznati kao važan tehnički i estetski element u integrisanom pristupu kanalisanja kišnog oticaja pa je pored: 1) skretanja i kanalisanja krovnog odvodnjavanja iz kombinovanog kanalizacionog sistema u ozelenjene površine sa infiltracionim sistemima i 2) prenosa atmosferskih voda sa saobraćajne površine preko plitkih ozelenjenih linijskih bioretencija u jezerca ili suve depresije u otvorenom prostoru, primena zelenih krovova vremenom postala treća, najpoznatija i najviše primenjivana mera. Zeleni krovovi su idealni za kanalisanje kišnog oticaja, jer koriste postojeći krovni prostor i sprečavaju oticanje vode pre nego što napusti parcelu (Oberndorfer i sar., 2007). Kada dođe do takozvanih olujnih padavina (eng. *stormwater*) na preovladavajuću površinu (zemlja, popločanje od upijajućih/propusnih materijala ili sistem zelenog krova) voda se infiltrira na ovu površinu sve do momenta zasićenja. Naglo povećanje izgrađenih objekata u naselju je uticalo na smanjenje zelenih površina kao i na opterećenje postojeće infrastrukturne mreže za odvođenje otpadnih i atmosferskih voda što je izazvalo niz problema kao što je plavljenje ulica i podrumskih prostorija analiziranih objekata. Da bi zaštitili svoju imovinu, stanari odabranog stambenog područja su samoinicijativno pribegli rešavanju problema i bez poznavanja SuDS-a primenili jedan od njegovih elementa (slika 1).



Slika 1 Improvizovano rešenje stanara izabranog stambenog područja za zaštitu podrumskih prostorija od plavljenja

Izvor: Autor

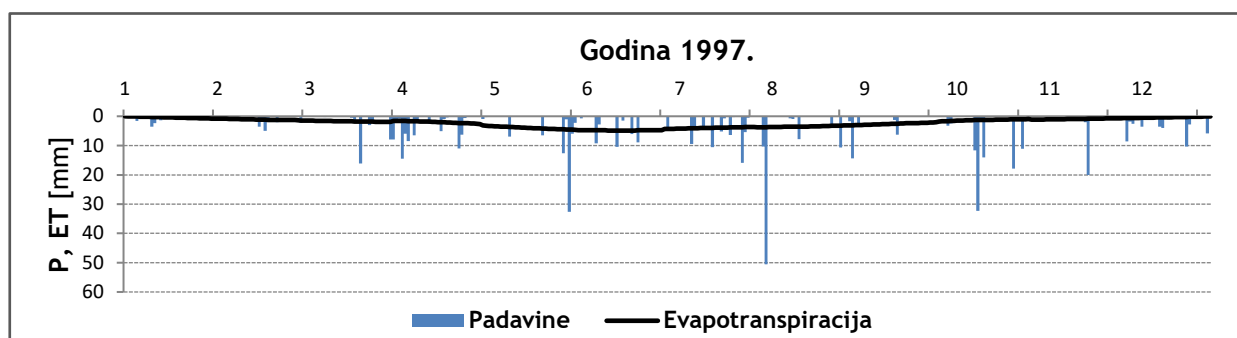
Kapacitet i vreme zadržavanja vode u supstratu zelenih krovova je u funkciji: 1) debljine i poroznosti supstrata, 2) postojeće vlažnosti supstrata i 3) nagiba krova. Ravan zeleni krov pruža maksimalni kapacitet skladištenja vode kada je sloj supstrata potpuno suv (najčešće u letnjem periodu). Istraživanje je sprovedeno metodom numeričke analize, primenom programskog paketa javnog domena „*The GreenRoof water balance model*“ (K.U. Leuven University, Faculty of Bioscience Engineering, Division of Soil and Water Management, Leuven, Belgium). Ovaj programski paket pravi uporednu analizu dva odabrana krova, a sa aspekta količine vode. Količina vode se izračunava dnevno za određeni vremenski period simulacije i izražena je kao: 1) količina vode koja se zadržava na krovu i 2) količina vode koji otiče sa krova – kišni oticaj (predmet istraživanja). Voda koja se zadržava na krovu se putem evapotranspiracije vraća u vazduh onda kada su vremenski uslovi povoljni.

Simulirani su postojeći RK i hipotetički ZK sa promenom debljine supstrata, a u cilju određivanja optimalne debljine supstrata za lokalni hidrološki ciklus i reprezentativnu zgradu sa aspekta količine kišnog oticaja. Za simulaciju su potrebne tri grupe ulaznih podataka: 1) karakteristike krova, 2) meteorološki podaci i 3) parametri programa.

Karakteristike krova - U odabranom programskom paketu krov je definisan kroz sledeće karakteristike: površina, pozicija u smislu izloženosti krova (potpuno zaštićen, umereno otvoren, potpuno izložen, izuzetno vetrovit), orijentacija, nagib a za zeleni krov još dodatne karakteristike su: debljina supstrata, vrsta vegetacije i da li postoji sloj za zadržavanje vode. RK je potpuno izložen, neprohodni krov sa zaštitom hidroizolacije od šljunka, nagiba manjeg od 5% i može se smatrati potpuno ravnim. Kao hipotetički ZK izabran je ekstenzivni ZK sa supstratom umerene vlažnosti, vegetacijom od sukulenata i trave kao najprilagodljivijom za lokalne klimatske uslove i bez sloja za skladištenje vode. S obzirom na to da je numerička analiza za odabrani, postojeći objekat tako su i osnovne karakteristike RK zadržane i za ZK kao što su potpuna izloženost krova u površini od 255,78 m² i bez nagiba.

Meteorološki parametri - Srbija ima kontinentalni režim padavina sa većom količinom padavina u toplijoj polovini godine, osim jugoistočnog dela, gde je najveća količina padavina u toku jeseni. Potrebni meteorološki podaci za ovaj program su sagledani kroz input fajlove koji sadrže dnevne klimatske podatke. Za potrebe ove numeričke analize period simulacije modela je godinu dana. Za simulaciju je izabrana 1997. godina kao "normalna" godina, odnosno godina sa količinom padavina od 591,1 mm što predstavlja količinu najpribližniju prosečnoj količini padavina od 580,3 mm za period od 1981-2010. godine (Milanović i sar., 2015) kao i zbog planiranih projekcija do 2020. odnosno 2100. godine. Ovaj period se uzima u obzir i zbog dostupnosti podataka referentne evapotranspiracije za meernu stanicu Niš. Korišćeni su dnevni podaci o padavinama za ulaznu datoteku padavina i mesečni podaci evapotranspiracije. Model vrši smanjenje mesečne evapotranspiracije na dnevne vrednosti pomoću linearne distribucije (Milanović i sar., 2015).

Parametri programskog paketa – Parametri koji ne definišu hidrološke uslove i osnovne elemente krova su zadržani sa svojim standardnim vrednostima. Zadržane su standardne vrednosti za: evaporaciju (Kc) i evapotranspiraciju vegetacije i supstrata (p), a što se tiče ET za otvorene/zaštićene krovove, kako bi se prilagodili lokalnim uslovima, izabrana je standardna korekcija za potpuno izložene krovove. Za reprezentativnu zgradu sa površinom krova od 255,78 m² u odabranom programskom paketu sprovedena je simulacija za RK i ZK za period od 01.01.1997. do 31.12.1997. godine prema parametrima za padavine (P) i evapotranspiraciju (ET) za taj period (slika 2).



Slika 2 Padavine i evapotranspiracija za 1997. godinu

Variranjem debljine supstrata od 7 do 15cm za po 1cm a prema definisanim parametrima određena je količina kišnog oticaja sa svakog ZK različite debljine supstrata (7,8,9.....15cm). Na osnovu prikazanih rezultata u tabeli 1, ZK sa debljinom supstrata od 12cm (u daljem tekstu ZK12) ima količinu kišnog oticaja najpribližniju srednjoj vrednosti za posmatranu godinu.

Tabela 1 Godišnja količina kišnog oticaja sa krova u zavisnosti od debljine supstrata

Debljina supstrata (cm)	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Količina kišnog oticaja sa krova (l)	46.208,7	41.809,3	38.341,3	35.292,0	32.606,5	29.979,9	27.358,9	24.738,8	22.128,6
SREDNJA VREDNOST	29.829,33								

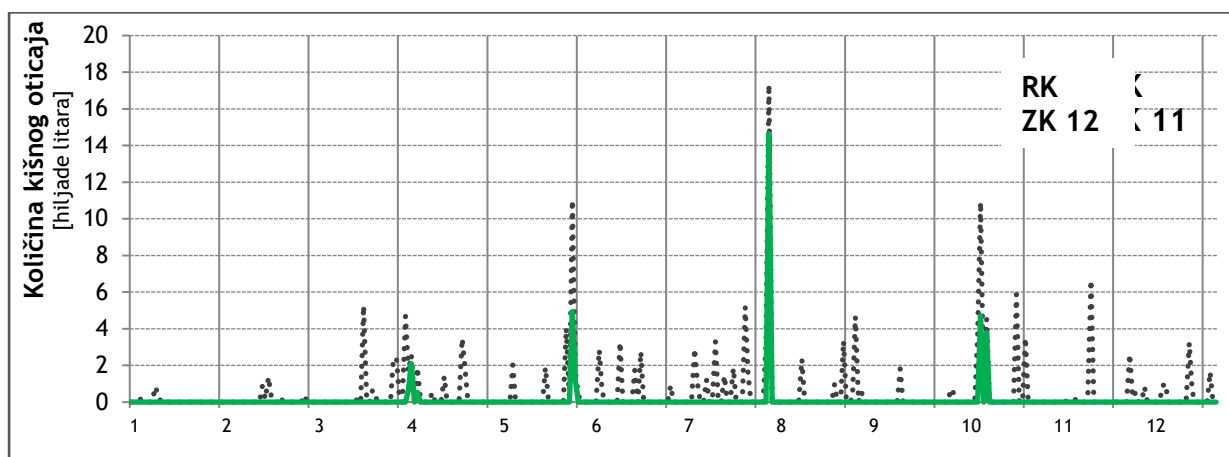
Za dalju analizu upoređivani su ZK12 kao krov sa optimalnom debljinom supstrata i postojeći RK. Primenom ZK12 u odnosu na RK količina kišnog oticaja na godišnjem nivou se smanjuje za 80%. Odnosno, količina kišnog oticaja u odnosu na količinu padavina na godišnjem nivou za ZK12 iznosi sveg 15% za razliku od RK gde je ta količina 82% .

Pojedinačne količine kišnog oticaja sa krova prikazane su na slici 14A. Dinamika oticanja vode ukazuje na to da je RK osetljiv na čitav spektar posmatranih količina padavina, a najniža dnevna količina padavina pri kojoj dolazi do oticanja je za RK 1,2mm, a za ZK12 6,5mm (tabela 2). Očekivano, ZK12 smanjuje oticaj tokom većeg dela analiziranog perioda (slika 3 i 4) i pokazuje najduži period bez oticanja od 119 dana u odnosu na broj dana padavina koji za 1997. godinu iznosi 127 dana (tabela 2). I jedan i drugi krova pokazuju da najveće količine oticanja (tabela 2) se dešavaju u danima/mesecima (maj, avgust i

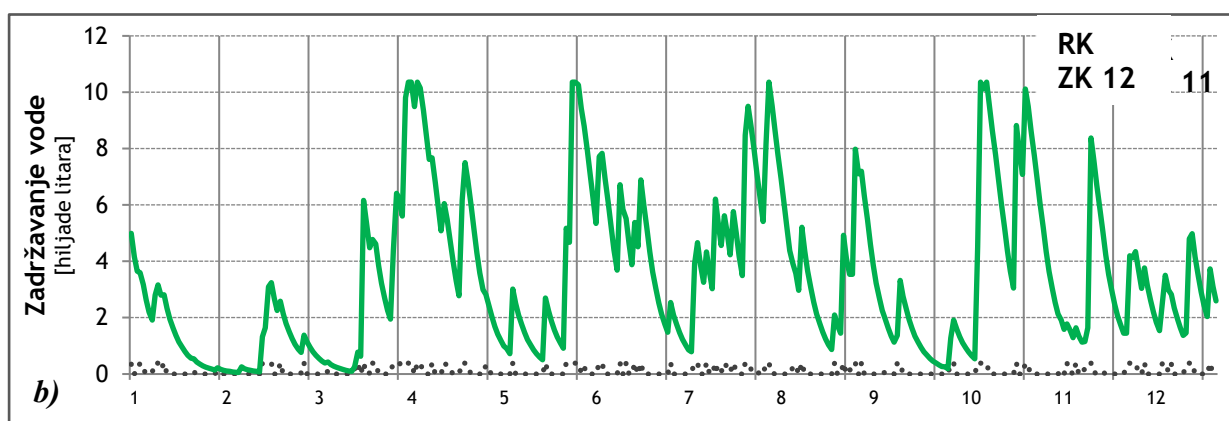
oktobar) kada su zabeležene i najveće dnevne padavine (slika 3) ali da je kod ZK maksimalni kišni oticaj manji za 16% (tabela 2).

Tabela 2 Indikatori efikasnosti krova za 1997. godinu

INDIKATORI EFIKASNOSTI KROVA	RK	ZK ¹²
Minimalne padavine za kišni oticaj [mm]	1,2	6,5
Maksimalni broj dana bez kišnog oticaja	49	119
Maksimalna količina kišnog oticaja [l]	17325	14645



Slika 3 Količina kišnog oticaja RK i ZK¹²



Slika 4 Količina zadržavanja vode RK i ZK¹²

Sa pažljivom redistribucijom poroznog i neporoznog područja u gradskim sredinama, može se postići smanjenje prosečnog koeficijenta kišnog oticaja. Ovo je važno za smanjenje opterećenja postojećih infrastrukturnih sistema za odvođenje otpadnih i atmosferskih voda. Efikasnost tehničkih elementa *SuDS*-a ogleda se kroz sledeće parametre: 1) minimalna količina padavina pri kojima dolazi do kišnog oticaja, 2) broj dana bez kišnog oticaja i 3) maksimalna količina kišnog oticaja. Ovo istraživanje je pokazalo efikasnost zelenih krovova sa optimalnom debljinom supstrata u odnosu na postojeći ravan krov, a ako bi se u obzir uzela i starost objekata, odnosno stanje postojećih ravnih krovova sigurno je da bi efikasnost bila još veća.

PRILOG 6 - ENERGETSKI BILANS MODELA M-3

KARAKTERISTIKE SKLOPOVA KOJI FORMIRAJU TERMIČKI OMOTAČ

num	ID	Opis	A [m ²]	F _x [-]	U _{max} [W/m ² K]	U [W/m ² K]	OK	A*U*F _x [W/K]	Udeo [%]	
1	SZ1	Spoljni zid	248.13	1	0.4	0.657	Ne	163.02	9.03	
2	SZ2	Spoljni zid	116.67	1	0.4	0.682	Ne	79.57	4.41	
3	SZ 3 L Istok	Spoljni zid	83.37	0.80	0.4	0.386	Da	25.74	1.43	
4	SZ 3 L Jug	Spoljni zid	85.23	0.80	0.4	0.386	Da	26.32	1.46	
5	SZ 3 L Sever	Spoljni zid	67.55	0.8	0.4	0.386	Da	20.86	1.16	
6	SZ 3 L Zapad	Spoljni zid	35.67	0.80	0.4	0.386	Da	11.01	0.61	
7	SZ4	Spoljni zid	122.64	1	0.4	0.730	Ne	89.53	4.96	
8	SZ5	Spoljni zid	33.26	1	0.4	0.783	Ne	26.04	1.44	
9	SZ6	Spoljni zid	79.05	1	0.4	0.714	Ne	56.44	3.13	
10	DZ	Zid na dilataciji	100.00	0.8	0.5	0.987	Ne	78.96	4.37	
11	RK	Ravan krov iznad grejanog prostora	255.78	1	0.2	0.580	Ne	148.35	8.22	
12	MK1	Medjuspratna k. iznad spoljnog prostora	3.80	1	0.3	0.405	Ne	1.54	0.09	
13	PR 1	Prozori i balkonska vrata	141.12	1	1.5	1.300	Da	183.46	10.16	
14	PR 3	Prozori i balkonska vrata	132.00	1	1.5	1.300	Da	171.60	9.50	
15	PR 5	Prozori i balkonska vrata	25.60	1	1.5	1.300	Da	33.28	1.84	
16	PR 1L Jug	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.8	1.5	1.300	Da	20.97	1.16	
17	PR 1L Sever	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.8	1.5	1.300	Da	20.97	1.16	
18	PR 1L Zapad	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.80	1.5	1.300	Da	20.97	1.16	
19	PR 2L Zapad	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.8	1.5	1.300	Da	20.97	1.16	
20	PR 4L Istok	Prozori i balkonska vrata	26.88	0.8	1.5	1.300	Da	27.96	1.55	
21	PR 6L Istok	Prozori i balkonska vrata	24.64	0.8	1.5	1.300	Da	25.63	1.42	
22	BV 1L Jug	Prozori i balkonska vrata	30.00	0.8	1.5	1.300	Da	31.20	1.73	
23	BV 1L Sever	Prozori i balkonska vrata	44.00	0.8	1.5	1.300	Da	45.76	2.53	
24	BV 2L Istok	Prozori i balkonska vrata	24.50	0.8	1.5	1.300	Da	25.48	1.41	
25	BV 2L Jug	Prozori i balkonska vrata	12.25	0.8	1.5	1.300	Da	12.74	0.71	
26	BV 2L Sever	Prozori i balkonska vrata	12.25	0.8	1.5	1.300	Da	12.74	0.71	
27	BV 2L Zapad	Prozori i balkonska vrata	15.75	0.8	1.5	1.300	Da	16.38	0.91	
28	VR	Spoljna vrata	73.71	0.5	1.6	1.500	Da	55.28	3.06	
29	UZ1	Zid prema negrejanom prostoru	251.51	0.5	0.55	0.859	Ne	108.02	5.98	
30	UZ2	Zid prema negrejanom prostoru	125.91	0.5	0.55	0.816	Ne	51.37	2.84	
31	UZ3	Zid prema negrejanom prostoru	113.65	0.5	0.55	0.877	Ne	49.84	2.76	
32	MK7	Medjuspratna k. ispod negrejanog prostora	14.31	0.8	0.4	2.110	Ne	24.16	1.34	
33	MK2	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	176.72	0.5	0.4	0.922	Ne	81.47	4.51	
34	MK3	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	34.73	0.5	0.4	1.003	Ne	17.42	0.96	
35	MK4	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	16.40	0.5	0.4	1.580	Ne	12.96	0.72	
36	MK5	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	30.56	0.5	0.4	0.385	Da	5.88	0.33	
37	MK6	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	8.41	0.5	0.4	0.466	Ne	1.96	0.11	
Ukupno			2646.69m²					1805.83W/K		

TOPLOTNI GUBICI I DOBICI

TRANSMISIONI GUBICI - kroz omotačPovršina grejanog prostora - Površina grejanog prostora , $A_g=2011.48 \text{ m}^2$ Povećanje zbog linijskih gubitaka, $\Delta U_{tb}=0.10 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$ Koeficijentat transmisionog gubitka POVRŠINSKI $H_{t.f}= 1805.825 \text{ W/K}$ Koeficijentat transmisionog gubitka TERMIČKIH MOSTOVA $H_{t.b}= 264.669 \text{ W/K}$

(Za sve pozicije)

Koeficijentat transmisionog gubitka UKUPNI $H_t= 2070.494 \text{ W/K}$ Faktor oblika $A/V=0.47 \text{ [m}^{-1}\text{]}$ Maksimalno dozvoljeni specifični transmisioni gubitak $H_{t'_{max}}= 0.600 \text{ W/K}$ Specifični transmisioni gubitak $(H_t/A) 0.662$, $H_t' > H_{t'_{max}}$,Ne zadovoljavaUkupno potrebna energija za nadoknadjivanje transmisionih gubitaka $Q_t=129864.70 \text{ kWh}$ **$Q_t = 129864.70 \text{ kWh}$** $Q_t/A_g = 64.56 \text{ kWh/m}^2$ **VENTILACIONI GUBICI**zapremina grejanog/ventilisanog prostora, $V_g=5028.70 \text{ m}^3$

Zaptivenost prozora : Srednja

Broj izmena vazduha na sat : $n= 0.6$ Koeficijentat ventilacionog gubitka $H_v= 995.68 \text{ W/K}$ Ukupno potrebna energija za nadoknadjivanje ventilacionih gubitaka $Q_v = 62450.81 \text{ kWh}$ **$Q_v = 62450.81 \text{ kWh}$** **SOLARNI DOBICI**Faktor zasenčenosti (Factor shade), $F_s=0.75$ Faktor umanjenja zbog neupravnog zračenja, $F_n=0.9$ Faktor umanjenja zbog opreme za zaštitu od Sunca, $F_z=0.7$ **TABELARNI PRIKAZ SOLARNIH DOBITAKA**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Prozori	2127.4	3056.2	4256.0	4731.1	5387.5	5453.6	5851.5	5575.4	4794.6	3958.4	2224.1	1706.5	17394.3
Izlozi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stak.krov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Zidovi	249.6	347.3	479.7	523.0	590.5	594.3	637.9	614.7	538.5	455.9	260.4	201.2	1990.7
Ravan krov	114.2	161.2	277.3	356.9	455.1	483.9	514.9	455.1	340.7	237.5	121.5	90.4	1042.6
Kos krov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ZZ-prozor	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ZZ-panel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$\Sigma 1$	2491.20	3564.70	5013.00	5611.00	6433.10	6531.80	7004.30	6645.20	5673.80	4651.80	2606.00	1998.10	58224.00
HD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HD coef	1.00	1.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	1.00	1.00	5.919
$\Sigma 2$	2491.20	3564.70	5013.00	2805.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1949.10	2606.00	1998.10	20427.60
staklenik	2034.97	2927.61	4057.36	4353.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3392.06	2128.22	1632.53	20526.27
Stakl.* HD	2034.97	2927.61	4057.36	2176.760	0	0	0	0	0	1424.6652	2128.22	1632.53	16382.1152
$\Sigma 3$	4526.17	6492.31	9070.36	4982.26	0	0	0	0	0	3373.7652	4734.22	3630.63	36809.7152

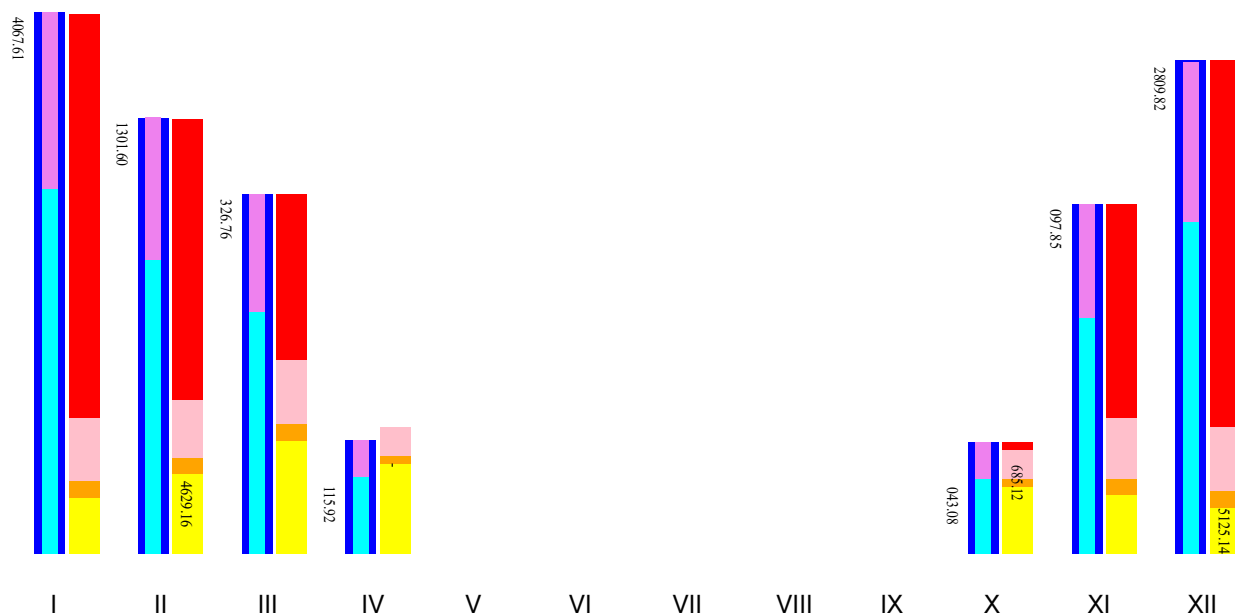
Ukupni solarni dobici za grejnu sezonu $Q_{sol}= 36809.7 \text{ kWh}$ **$Q_{sol} = 36809.7 \text{ kWh}$** **INTERNI DOBICI**

Naziv	Vrednost	Jedinica
Ti zimski period	20	C
Ti letnji period	26	C
Površina po osobi	40	m^2/per
Odavanje toplote po osobi	70	W/per
Odavanje toplote ljudi po jedinici površine	1.8	W/m^2
Prisutnost tokom dana (prosečno mesečno)	12	h
Godišnja potrošnja elektr.energije po jedinici površine grej.prostora	30	kWh/m^2
Protok svežeg vazduha po jedinici površine grej.prostora	0.7	$\text{m}^3/(\text{h}^*\text{m}^2)$
Protok svežeg vazduha po osobi	28	$\text{m}^3/(\text{h}^*\text{per})$
Toplotna potreba za pripremu STV po jedinici površine grej.prostora	20	kWh/m^2

Odavanje toplote ljudi od $1.80 \text{ W}/\text{m}^2$, na površini od 2011.48 m^2 uz prisutnost tokom dana od 12 sati, za broj dana grejanja $HD = 179$ rezultuje energijom $Q_p = 7777.2 \text{ kWh}$ **$Q_p = 7777.19 \text{ kWh}$** Odavanje toplote elektr. uređaja od $30 \text{ kWh}/\text{m}^2$, na godišnjem nivou, na površini od 2011.48 m^2 za broj dana grejanja $HD = 179$ rezultuje energijom $Q_{el} = 29593.6 \text{ kWh}$ **$Q_{el} = 29593.56 \text{ kWh}$**

ENERGETSKI BILANS PO MESECIMA

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Te =	1.0	3.1	7.4	12.6	17.7	20.7	22.4	21.9	17.8	12.8	7.3	2.7
HDD =2613.40	588.692	472.942	390.300	123.077	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	121.611	380.721	536.057
HD= 179	31	28	31	14	0	0	0	0	0	14	30	31
Te.hd=	1.010	3.109	7.410	11.209	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	11.314	7.309	2.708
1. Qt=129.86 MWh	29.25	23.50	19.39	6.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.04	18.92	26.64
2. Qv=62.45 MWh	14.07	11.30	9.33	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.91	9.10	12.81
3. Qt+Qv=192.32 MWh	43.32	34.80	28.72	9.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.95	28.02	39.45
4. Qsol=40.95 MWh	4.53	6.49	9.07	7.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.34	4.73	3.63
5. Qp=7.78 MWh	1.35	1.22	1.35	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	1.30	1.35
6. Qel=29.59 MWh	5.13	4.63	5.13	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.31	4.96	5.13
7(4+5+6): Qgn=78.32 MWh	11.00	12.34	15.54	10.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.26	11.00	10.10
8(3-7): Qnd=113.99 MWh	32.32	22.46	13.18	-1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	17.02	29.34



ENERGIJA POTREBNA ZA GREJANJE

TRANSMISIONI GUBICI		Qt = 129864.70 kWh
VENTILACIONI GUBICI		Qv = 62450.81 kWh
SOLARNI DOBICI	(koristi se)	Qsol = 36809.7 kWh
DOBICI OD LJUDI	(koristi se)	Qp = 7777.19 kWh
DOBICI OD EL.UREDJAJA	(koristi se)	Qel = 29593.56 kWh

ENERGIJA POTREBNA ZA GREJANJE

(razlika izmedju gubitaka i dobitaka)

Qh,nd = 113990.89 kWhEnergija potrebna za grejanje po m²**Qh,an = 56.67 kWh/m²a**

PREKIDI GREJANJA

Bezdimenzionalni redukциони faktor za prekid grejanja: aH,red

$$aH,red = 1 - bH,red * (\tau H,0/\tau) * \gamma H * (1 - fH,hr)$$

Broj sati grejanja dnevno 16 ; Broj dana grejanja nedeljno 7

$$fH,hr = (16 * 7) / (24 * 7) = 0.667$$

Empirijski korelacioni faktor : bH,red = 3

Bezdimenzionalni odnos toplotnog balansa za grejanje : $\gamma H = QH,gn / QH,ht$ Ukupni toplotni dobitci za grejanje : $QH,gn = Qint + Qsol =$

$$QH,gn = 7777.186 + 29593.555 + 36809.715 = 74180.457$$

Ukupni toplotni gubici za grejanje : $QH,ht = Qtr + Qve =$

$$QH,ht = 129864.704 + 62450.806 = 192315.510$$

$$\gamma H = 74180.457 / 192315.510 = 0.386$$

$$(\tau H,0 / \tau) = 0.400$$

$$aH,red = 1 - bH,red * (\tau H,0/\tau) * \gamma H * (1 - fH,hr)$$

$$aH,red = 1 - 3 * 0.400 * 0.386 * (1 - 0.667) = 0.846$$

$$Qh.nd.interm = aH,red * Qh.nd$$

$$Qh.nd.interm = 0.846 * 113990.89 = 96403.34 \text{ kWh}$$

$$Qh.interm,an = Qh.nd.interm / Af$$

$$Qh.interm,an = 96403.34 / 2011.48 = 47.93 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$Qh.nd.interm = 96403.34 \text{ kWh}$$

$$Qh.interm,an = 47.93 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Energetski razred

Za usvajanje energetskog razreda koristi se specifična godišnja energija potrebna za grejanje za sisteme koji rade sa prekidom

En. razred	Qh.rel = 68.5 %	Qh = 47.93 kWh/m ²
A+	<=15	<=10
A	<=25	<=18
B	<=50	<=35
C	<=100	<=70
D	<=150	<=105
E	<=200	<=140
F	<=250	<=175
G	>250	>175

Na osnovu energije potrebne za grejanje po m², objekat spada u C energetski razred

Energent	Gas
Faktor pretvaranja	1.1
Primarna energija	123807.59 kWh
Emisija CO ₂	24761.52 kg CO₂

PRILOG 7 - ENERGETSKI BILANS MODELA M-4

KARAKTERISTIKE SKLOPOVA KOJI FORMIRAJU TERMIČKI OMOTAČ

num	ID	Opis	A [m ²]	Fx [-]	U _{max} [W/m ² K]	U [W/m ² K]	OK	A*U*Fx [W/K]	Udeo [%]	
1	SZ1	Spoljni zid	248.13	1	0.4	0.657	Ne	163.02	11.76	
2	SZ2	Spoljni zid	116.67	1	0.4	0.682	Ne	79.57	5.74	
3	SZ 3 L Istok	Spoljni zid	83.37	0.5	0.4	0.386	Da	16.09	1.16	
4	SZ 3 L Jug	Spoljni zid	85.23	0.5	0.4	0.386	Da	16.45	1.19	
5	SZ 3 L Sever	Spoljni zid	67.55	0.5	0.4	0.386	Da	13.04	0.94	
6	SZ 3 L Zapad	Spoljni zid	35.67	0.5	0.4	0.386	Da	6.88	0.50	
7	SZ4	Spoljni zid	122.64	1	0.4	0.730	Ne	89.53	6.46	
8	SZ5	Spoljni zid	33.26	1	0.4	0.783	Ne	26.04	1.88	
9	SZ6	Spoljni zid	79.05	1	0.4	0.714	Ne	56.44	4.07	
10	DZ	Zid na dilataciji	100.00	0.8	0.5	0.987	Ne	78.96	5.69	
11	RK	Ravan krov iznad grejanog prostora	255.78	1	0.2	0.580	Ne	148.35	10.70	
12	MK1	Medjuspratna k. iznad spoljnog prostora	3.80	1	0.3	0.405	Ne	1.54	0.11	
13	PR 1	Prozori i balkonska vrata	141.12	1	1.5	0.650	Da	91.73	6.62	
14	PR 3	Prozori i balkonska vrata	132.00	1	1.5	0.650	Da	85.80	6.19	
15	PR 5	Prozori i balkonska vrata	25.60	1	1.5	0.650	Da	16.64	1.20	
16	PR 1L Jug	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.5	1.5	0.650	Da	6.55	0.47	
17	PR 1L Sever	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.5	1.5	0.650	Da	6.55	0.47	
18	PR 1L Zapad	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.5	1.5	0.650	Da	6.55	0.47	
19	PR 2L Zapad	Prozori i balkonska vrata	20.16	0.5	1.5	0.650	Da	6.55	0.47	
20	PR 4L Istok	Prozori i balkonska vrata	26.88	0.5	1.5	0.650	Da	8.74	0.63	
21	PR 6L Istok	Prozori i balkonska vrata	24.64	0.5	1.5	0.650	Da	8.01	0.58	
22	BV 1L Jug	Prozori i balkonska vrata	30.00	0.5	1.5	0.650	Da	9.75	0.70	
23	BV 1L Sever	Prozori i balkonska vrata	44.00	0.5	1.5	0.650	Da	14.30	1.03	
24	BV 2L Istok	Prozori i balkonska vrata	24.50	0.5	1.5	0.650	Da	7.96	0.57	
25	BV 2L Jug	Prozori i balkonska vrata	12.25	0.5	1.5	0.650	Da	3.98	0.29	
26	BV 2L Sever	Prozori i balkonska vrata	12.25	0.5	1.5	0.650	Da	3.98	0.29	
27	BV 2L Zapad	Prozori i balkonska vrata	15.75	0.5	1.5	0.650	Da	5.12	0.37	
28	VR	Spoljna vrata	73.71	0.5	1.6	1.500	Da	55.28	3.99	
29	UZ1	Zid prema negrejanom prostoru	251.51	0.5	0.55	0.859	Ne	108.02	7.79	
30	UZ2	Zid prema negrejanom prostoru	125.91	0.5	0.55	0.816	Ne	51.37	3.71	
31	UZ3	Zid prema negrejanom prostoru	113.65	0.5	0.55	0.877	Ne	49.84	3.59	
32	MK7	Medjuspratna k. ispod negrejanog prostora	14.31	0.8	0.4	2.110	Ne	24.16	1.74	
33	MK2	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	176.72	0.5	0.4	0.922	Ne	81.47	5.88	
34	MK3	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	34.73	0.5	0.4	1.003	Ne	17.42	1.26	
35	MK4	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	16.40	0.5	0.4	1.580	Ne	12.96	0.93	
36	MK5	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	30.56	0.5	0.4	0.385	Da	5.88	0.42	
37	MK6	Medjuspratna k. iznad negrejanog prostora	8.41	0.5	0.4	0.466	Ne	1.96	0.14	
Ukupno			2646.69m²					1386.48W/K		

TOPLOTNI GUBICI I DOBICI

TRANSMISIONI GUBICI - kroz omotačPovršina grejanog prostora - Površina grejanog prostora , $A_g=2011.48 \text{ m}^2$ Povećanje zbog linijskih gubitaka, $\Delta U_{tb}=0.10 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$ Koeficijent transmisivnog gubitka POVRŠINSKI $H_{t.f}= 1386.480 \text{ W/K}$ Koeficijent transmisivnog gubitka TERMIČKIH MOSTOVA $H_{tb}= 264.669 \text{ W/K}$

(Za sve pozicije)

Koeficijent transmisivnog gubitka UKUPNI $H_t= 1651.149 \text{ W/K}$ Faktor oblika $A/V=0.47 \text{ [m}^{-1}\text{]}$ Maksimalno dozvoljeni specifični transmisivni gubitak $H_{t' \max}= 0.600 \text{ W/K}$ Specifični transmisivni gubitak $(H_t/A) 0.528$, $H_t' \leq H_{t' \max}$,ZadovoljavaUkupno potrebna energija za nadoknadjivanje transmisivnih gubitaka $Q_t=103562.69 \text{ kWh}$ **$Q_t = 103562.69 \text{ kWh}$** $Q_t/A_g = 51.49 \text{ kWh/m}^2$ **VENTILACIONI GUBICI**zapremina grejanog/ventilisanog prostora, $V_g=5028.70 \text{ m}^3$

Zaptivenost prozora : Srednja

Broj izmena vazduha na sat : $n= 0.6$ Koeficijent ventilacionog gubitka $H_v= 995.68 \text{ W/K}$ Ukupno potrebna energija za nadoknadjivanje ventilacionih gubitaka $Q_v = 62450.81 \text{ kWh}$ **$Q_v = 62450.81 \text{ kWh}$** **SOLARNI DOBICI**Faktor zasenčenosti (Factor shade), $F_s=0.75$ Faktor umanjenja zbog neupravnog zračenja, $F_n=0.9$ Faktor umanjenja zbog opreme za zaštitu od Sunca, $F_z=0.7$ **TABELARNI PRIKAZ SOLARNIH DOBITAKA**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Prozori	1674.0	2404.9	3348.9	3722.8	4239.3	4291.3	4604.5	4387.2	3772.8	3114.8	1750.1	1342.8	13687.2
Izlozi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stak.krov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Zidovi	249.6	347.3	479.7	523.0	590.5	594.3	637.9	614.7	538.5	455.9	260.4	201.2	1990.7
Ravan krov	114.2	161.2	277.3	356.9	455.1	483.9	514.9	455.1	340.7	237.5	121.5	90.4	1042.6
Kos krov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ZZ-prozor	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ZZ-panel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$\Sigma 1$	2037.80	2913.40	4105.90	4602.70	5284.90	5369.50	5757.30	5457.00	4652.00	3808.20	2132.00	1634.40	47755.10
HD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HD coef	1.00	1.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	1.00	1.00	5.919
$\Sigma 2$	2037.80	2913.40	4105.90	2301.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1595.64	2132.00	1634.40	16720.49
staklenik	1169.05	1681.85	2330.89	2501.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1948.65	1222.63	937.86	11792.02
Stakl.* HD	1169.05	1681.85	2330.89	1250.545	0	0	0	0	0	818.4330	1222.63	937.86	9411.2580
$\Sigma 3$	3206.85	4595.25	6436.79	3551.895	0	0	0	0	0	2414.073	3354.63	2572.26	26131.748

Ukupni solarni dobitci za grejnu sezonu $Q_{sol}= 26131.7 \text{ kWh}$ **$Q_{sol} = 26131.7 \text{ kWh}$** **INTERNI DOBICI**

Naziv

Vrednost Jedinica

Ti zimski period

20 C

Ti letnji period

26 C

Površina po osobi

40 m^2/per

Odavanje toplote po osobi

70 W/per

Odavanje toplote ljudi po jedinici površine

1.8 W/m^2

Prisutnost tokom dana (prosečno mesečno)

12 h

Godišnja potrošnja elektr.energije po jedinici površine grej.prostora

30 kWh/m^2

Protok svežeg vazduha po jedinici površine grej.prostora

0.7 $\text{m}^3/(\text{h}^*\text{m}^2)$

Protok svežeg vazduha po osobi

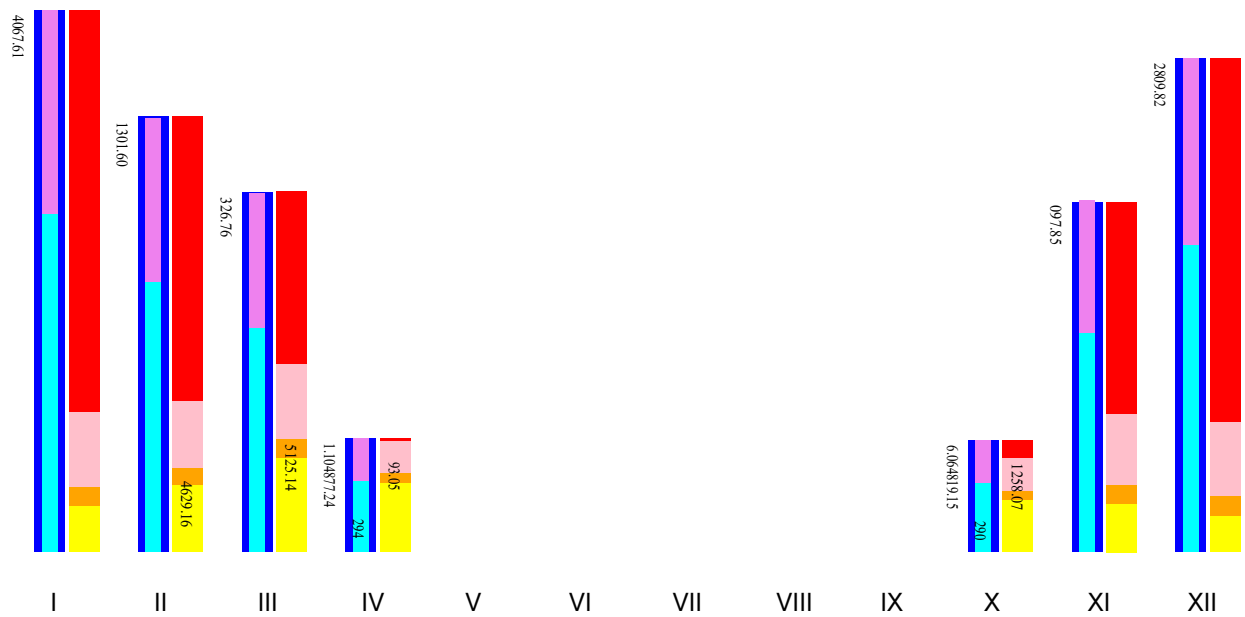
28 $\text{m}^3/(\text{h}^*\text{per})$

Toplotna potreba za pripremu STV po jedinici površine grej.prostora

20 kWh/m^2 Odavanje toplote ljudi od $1.80 \text{ W}/\text{m}^2$, na površini od 2011.48 m^2 uz prisutnost tokom dana od 12 sati, za broj dana grejanja $HD = 179$ rezultuje energijom $Q_p = 7777.2 \text{ kWh}$ **$Q_p = 7777.19 \text{ kWh}$** Odavanje toplote elektr. uređaja od $30 \text{ kWh}/\text{m}^2$, na godišnjem nivou, na površini od 2011.48 m^2 za broj dana grejanja $HD = 179$ rezultuje energijom $Q_{el} = 29593.6 \text{ kWh}$ **$Q_{el} = 29593.56 \text{ kWh}$**

ENERGETSKI BILANS PO MESECIMA

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Te =	1.0	3.1	7.4	12.6	17.7	20.7	22.4	21.9	17.8	12.8	7.3	2.7
HDD =2613.40	588.692	472.942	390.300	123.077	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	121.611	380.721	536.057
HD= 179	31	28	31	14	0	0	0	0	0	14	30	31
Te.hd=	1.010	3.109	7.410	11.209	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	11.314	7.309	2.708
1. Qt=103.56 MWh	23.33	18.74	15.47	4.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.82	15.09	21.24
2. Qv=62.45 MWh	14.07	11.30	9.33	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.91	9.10	12.81
3. Qt+Qv=166.01 MWh	37.40	30.04	24.79	7.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.73	24.18	34.05
4. Qsol=28.51 MWh	3.21	4.60	6.44	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.54	3.35	2.57
5. Qp=7.78 MWh	1.35	1.22	1.35	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	1.30	1.35
6. Qel=29.59 MWh	5.13	4.63	5.13	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.31	4.96	5.13
7(4+5+6): Qgn=65.88 MWh	9.68	10.44	12.91	7.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.47	9.62	9.04
8(3-7): Qnd=100.13 MWh	27.72	19.60	11.88	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.26	14.57	25.01



ENERGIJA POTREBNA ZA GREJANJE

TRANSMISIONI GUBICI		Qt = 103562.69 kWh
VENTILACIONI GUBICI		Qv = 62450.81 kWh
SOLARNI DOBICI	(koristi se)	Qsol = 26131.7 kWh
DOBICI OD LJUDI	(koristi se)	Qp = 7777.19 kWh
DOBICI OD EL.UREDJAJA	(koristi se)	Qel = 29593.56 kWh

ENERGIJA POTREBNA ZA GREJANJE

(razlika izmedju gubitaka i dobitaka)

Qh,nd = 100130.25 kWhEnergija potrebna za grejanje po m²**Qh,an = 49.78 kWh/m²a**

PREKIDI GREJANJA

Bezdimenzionalni redukcionni faktor za prekid grejanja: aH,red

$$aH,red = 1 - bH,red * (\tau_{H,0}/\tau) * \gamma_H * (1 - fH,hr)$$

Broj sati grejanja dnevno 16 ; Broj dana grejanja nedeljno 7

$$fH,hr = (16 * 7) / (24 * 7) = 0.667$$

Empirijski korelacioni faktor : bH,red = 3

Bezdimenzionalni odnos toplotnog balansa za grejanje : $\gamma_H = QH,gn / QH,ht$ Ukupni toplotni dobitci za grejanje : $QH,gn = Qint + Qsol =$

$$QH,gn = 7777.186 + 29593.555 + 26131.748 = 63502.489$$

Ukupni toplotni gubici za grejanje : $QH,ht = Qtr + Qve =$

$$QH,ht = 103562.689 + 62450.806 = 166013.495$$

$$\gamma_H = 63502.489 / 166013.495 = 0.383$$

$$(\tau_{H,0} / \tau) = 0.400$$

$$aH,red = 1 - bH,red * (\tau_{H,0}/\tau) * \gamma_H * (1 - fH,hr)$$

$$aH,red = 1 - 3 * 0.400 * 0.383 * (1 - 0.667) = 0.847$$

$$Qh.nd.interm = aH,red * Qh.nd$$

$$Qh.nd.interm = 0.847 * 100130.25 = 84809.76 \text{ kWh}$$

$$Qh.interm,an = Qh.nd.interm / Af$$









$$Qh.interm,an = 84809.76 / 2011.48 = 42.16 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$Qh.nd,interm = 84809.76 \text{ kWh}$$

$$Qh.interm,an = 42.16 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Energetski razred

Za usvajanje energetskega razreda koristi se specifična godišnja energija potrebna za grejanje za sisteme koji rade sa prekidom

En. razred	Qh.rel = 60.2 %	Qh = 42.16 kWh/m ²
A+ 	<=15	<=10
A 	<=25	<=18
B 	<=50	<=35
C 	<=100	<=70
D 	<=150	<=105
E 	<=200	<=140
F 	<=250	<=175
G 	>250	>175

Na osnovu energije potrebne za grejanje po m², objekat spada u C energetski razred

Energent	Gas
Faktor pretvaranja	1.1
Primarna energija	108918.34 kWh
Emisija CO ₂	21783.67 kg CO₂

BIOGRAFIJA

Danijela Milanović rođena je 17. maja 1977. godine u Loznici. Osnovnu školu i srednju školu završila je u Nišu, a Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, smer Arhitektura, upisuje školske 1995. godine. Tokom studiranja sa uspehom je učestvovala na brojnim studentskim izložbama, u međunarodnim studentskim razmenama, a dobitnik je i nekoliko nagrada i stipendija. Studije je završila sa prosečnom ocenom 9,34, juna 2002. godine odbranila diplomski rad „Idejni projekat Likovne akademije” sa ocenom 10 (deset), i time stekla stručno zvanje diplomirani inženjer arhitekture.

Tokom studija, od 1999. do 2002. godine angažovana je kao student-demonstrator na predmetu Arhitektonske konstrukcije II. Od 2003. godine angažovana je kao saradnik na predmetima Arhitektonske konstrukcije II i Projektovanje privrednih zgrada, a 16.4.2004. godine, prvi put je izabrana za saradnika u zvanje asistenta pripravnika za užu naučnu oblast Vizualizacija i materijalizacija u arhitekturi. U zvanje asistenta za užu naučnu oblast Konstrukcije i konstrukcijski sistemi arhitektonskih objekata izabrana je 21.5.2014. godine.

Školske 2007/2008. godine upisala je doktorske studije na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu, Studijski program Arhitektura. Položila je sve ispite predviđene planom Studijskog programa sa prosečnom ocenom 9,92.

Stručni ispit iz oblasti Energetska efikasnost zgrada položila 08.6.2014. godine.

Autor je i koautor većeg broja naučnih radova objavljenih u časopisima međunarodnog i nacionalnog značaja. Učesnik je više međunarodnih i nacionalnih naučnih skupova. Aktivna je i kao istraživač u naučno-istraživačkim projektima.

Kao saradnik ili član autorskog tima učestvuje u izradi arhitektonskih konkursa i velikog broja arhitektonskih projekata. Neki od njih izlagani su na značajnim arhitektonskim izložbama i publikovani u različitim stručnim monografijama i periodici.

IZJAVA O AUTORSTVU

Izjavljujem da je doktorska disertacija, pod naslovom:

„UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI VIŠEPORODIČNIH ZGRADA IZ
PERIODA USMERENE STAMBENE IZGRADNJE U NIŠU
PRIMENOM PASIVNIH MERA“

koja je odbranjena na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Nišu:

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada;
- da ovu disertaciju, ni u celini, niti u delovima, nisam prijavljivala na drugim fakultetima, niti univerzitetima;
- da nisam povredila autorska prava, niti zloupotrebila intelektualnu svojinu drugih lica.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci, koji su u vezi sa autorstvom i dobijanjem akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada, i to u katalogu Biblioteke, Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Nišu, kao i u publikacijama Univerziteta u Nišu.

U Nišu, 23. 6. 2023. godine

Potpis autora disertacije:



Danijela B. Milanović

**IZJAVA O ISTOVETNOSTI ELEKTRONSKOG I ŠTAMPANOG OBLIKA
DOKTORSKE DISERTACIJE**

Naslov disertacije: „UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKAŠNOSTI VIŠEPORODIČNIH
ZGRADA IZ PERIODA USMERENE STAMBENE IZGRADNJE U
NIŠU PRIMENOM PASIVNIH MERA“

Izjavljujem da je elektronski oblik moje doktorske disertacije, koju sam predaola za
unošenje u **Digitalni repozitorijum Univerziteta u Nišu**, istovetan štampanom obliku.

U Nišu, 23. 6. 2023. godine

Potpis autora disertacije:



Danijela B. Milanović

IZJAVA O KORIŠĆENJU

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Nikola Tesla“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Nišu unese moju doktorsku disertaciju, pod naslovom:

„UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI VIŠEPORODIČNIH ZGRADA IZ
PERIODA USMERENE STAMBENE IZGRADNJE U NIŠU
PRIMENOM PASIVNIH MERA“

Disertaciju sa svim priložima predala sam u elektronskom obliku, pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju, unetu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Nišu, mogu koristiti svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (*Creative Commons*), za koju sam se odlučila.

1. Autorstvo (**CC BY**)
2. Autorstvo – nekomercijalno (**CC BY-NC**)
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade (**CC BY-NC-ND**)
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (**CC BY-NC-SA**)
5. Autorstvo – bez prerade (**CC BY-ND**)
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (**CC BY-SA**)

U Nišu, 23. 6. 2023. godine

Potpis autora disertacije:



Danijela B. Milanović