Фонд за науку
Републике Србије

GreEN
Fast Forward Green

FORWARD-LOOKING FRAMEWORK FOR ACCELERATING HOUSEHOLDS' GREEN ENERGY TRANSITION – FF GREEN
INOVATIVNI OKVIR ZA UBRZANJE ZELENE ENERGETSKE TRANZICIJE U DOMAĆINSTVIMA

ZBORNIK ZAVRŠNE KONFERENCIJE



GreEN
Fast Forward Green

FORWARD-LOOKING FRAMEWORK FOR
ACCELERATING HOUSEHOLDS' GREEN ENERGY TRANSITION

PROCEEDINGS OF THE FINAL CONFERENCE

INOVATIVNI OKVIR ZA UBRZANJE
ZELENE ENERGETSKE TRANZICIJE U DOMAĆINSTVIMA

ZBORNIK ZAVRŠNE KONFERENCIJE

Niš, 19. novembar 2026. godine

Zahvalnica/Acknowledgement:

"Istraživanje sprovedeno uz podršku Fonda za nauku Republike Srbije, br. projekta 4344, Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition – FF Green / This research was supported by the Science Fund of the Republic of Serbia #Grant no. 4344, Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition – FF Green"

Za sadržinu ove publikacije isključivo je odgovoran autorski tim projekta FF GreEN i ta sadržina ne izražava stavove Fonda za nauku Republike Srbije./ The content of this publication is the sole responsibility of the FF Green project author team and does not express the views of the Science Fund of the Republic of Serbia.

Projekat:
Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition
Inovativni okvir za ubrzanje zelene energetske tranzicije u domaćinstvima
– FF GreEN

Rukovodilac projekta:
prof. dr Dejan Ivezić, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Autori:

prof. dr Marija Živković,
Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

dr Boban Pavlović, naučni suradnik,
Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

prof. dr Aleksandar Madžarević,
Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

prof. dr Dušan Danilović,
Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

doc. dr Miroslav Crnogorac,
Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

prof. dr Dušan Mojić,
Univerzitet u Beogradu – Filozofski fakultet

prof. dr Mirko Komatina,
Univerzitet u Beogradu – Mašinski fakultet

dr Dragi Antonijević,
naučni savetnik, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu

dr Dimitrije Manić, naučni suradnik,
Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu

prof. dr Olivera Ećim-Đurić,
Univerzitet u Beogradu – Poljoprivredni fakultet

Radni paket / Work Package WP7:
Dissemination and Communication /Diseminacija i komunikacija

Rezultat / Deliverable 7.3:
Proceedings of the Final Conference /Zbornik završne konferencije

Rukovodilac radnog paketa:
prof. dr Olivera Ećim-Đurić

Fotografije:
www.pixabay.com / AI / arhiva autora

SADRŽAJ

1. **UVOD** 7

2. **INOVATIVNE TEHNOLOGIJE ZASNOVANE NA OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE U DOMAĆINSTVIMA,**
dr Dragi Antonijević, naučni savetnik 13

3. **ANKETA DOMAĆINSTAVA – POLITIČKI, DRUŠTVENO-EKONOMSKI I KULTURNI FAKTORI VEZANI ZA POTROŠNJU ENERGIJE,**
prof. dr Dušan Mojić 23

4. **MODELIRANJE INOVATIVNIH HVAC TEHNOLOGIJA ZASNOVANIH NA OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE I OPTIMIZOVANE OPCIJE REKONSTRUKCIJE,**
prof. dr Mirko Komatina 29

5. **RAZVOJ INOVATIVNOG OKVIRA ZA INTEGRACIJU MODELIRANJA ENERGETSKIH SISTEMA I ABM ALATA ZA PODRŠKU U PROCES PARTICIPATIVNOG „BACKCASTING"-A,**
prof. dr Dejan Ivezić 43

6. **STUDIJA SLUČAJA – RAZVOJ MAPE PUTA ENERGETSKE TRANZICIJE DOMAĆINSTAVA DO 2050. GODINE,**
prof. dr Marija Živković 53

7. **DISEMINACIJA I KOMUNIKACIJA,**
prof. dr Miroslav Crnogorac,
dr Boban Pavlović, naučni saradnik 63

PRILOG A:
Mapa puta energetske tranzicije grejanja domaćinstava u Vranju 77

PRILOG B:
Zadruga za održivi razvoj Beli Breg Popovci, ... 117

1. UVOD



Projekat FF GreEN (Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition) realizuje se uz finansijsku podršku Fonda za nauku Republike Srbije u periodu od 2024. do 2026. godine, sa ciljem razvoja inovativnog okvira za ubrzanje energetske tranzicije domaćinstava u Srbiji. Projekat okuplja multidisciplinarni istraživački tim sa Univerziteta u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Mašinski fakultet, Filozofski fakultet, Poljoprivredni fakultet i Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, uz podršku Stalne konferencije gradova i opština.

Polazna osnova projekta jeste činjenica da sektor domaćinstva predstavljaju jednog od najznačajnijih i najvećih potrošača energije. U Evropskoj uniji sektor domaćinstava učestvuje sa oko 26% u ukupnoj finalnoj potrošnji energije, dok je u Srbiji ovaj udeo još izraženiji i iznosi oko 36%. Istovremeno, veliki broj domaćinstava koristi individualne sisteme grejanja, često zasnovane na fosilnim gorivima ili čvrstim gorivima, što značajno doprinosi lokalnom zagađenju vazduha i emisijama gasova sa efektom staklene bašte. Zbog svoje heterogenosti, velikog broja pojedinačnih korisnika i raznovrsnih obrazaca ponašanja, sektor domaćinstava predstavlja poseban izazov za planiranje energetske tranzicije, ali istovremeno ima i značajan potencijal za unapređenje energetske efikasnosti i povećanje korišćenja obnovljivih izvora energije.

Osnovni cilj projekta FF GreEN jeste formulisanje novog pristupa vođenju i podsticanju energetske tranzicije u domaćinstvima. Posebna pažnja posvećena je povećanju udela obnovljivih izvora energije, unapređenju energetske efikasnosti i razumevanju socioekonomskih i bihevoralnih faktora koji utiču na odluke domaćinstava u vezi sa potrošnjom energije. Projekat takođe ima za cilj unapređenje procesa energetskog planiranja kroz razvoj inovativnih alata za modeliranje, kreiranje scenarija razvoja i procenu efekata različitih mera energetske politike. Ključna novina projekta ogleda se u integraciji pristupa participativnog bekkastinga (Participatory Backcasting), modeliranja zasnovanog na agentima (Agent-Based Modeling – ABM) i energetskog modeliranja, čime se omogućava sagledavanje tehnoloških, ekonomskih, društvenih i institucionalnih aspekata energetske tranzicije u jedinstvenom analitičkom okviru.

Metodološki okvir projekta zasniva se na interdisciplinarnom pristupu koji povezuje analizu tehnoloških mogućnosti za dekarbonizaciju sektora domaćinstava, istraživanje stavova i ponašanja građana, modeliranje energetskih sistema i razvoj scenarija budućeg razvoja. U okviru projekta sprovedeno je opsežno istraživanje na uzorku od približno 1.200 domaćinstava širom Srbije. Analizirani su potencijali savremenih tehnologija grejanja zasnovanih na obnovljivim izvorima energije, razvijeni su modeli za simulaciju ponašanja domaćinstava i testiranje različitih politika, kao i integrisani metodološki okvir za podršku odlučivanju.

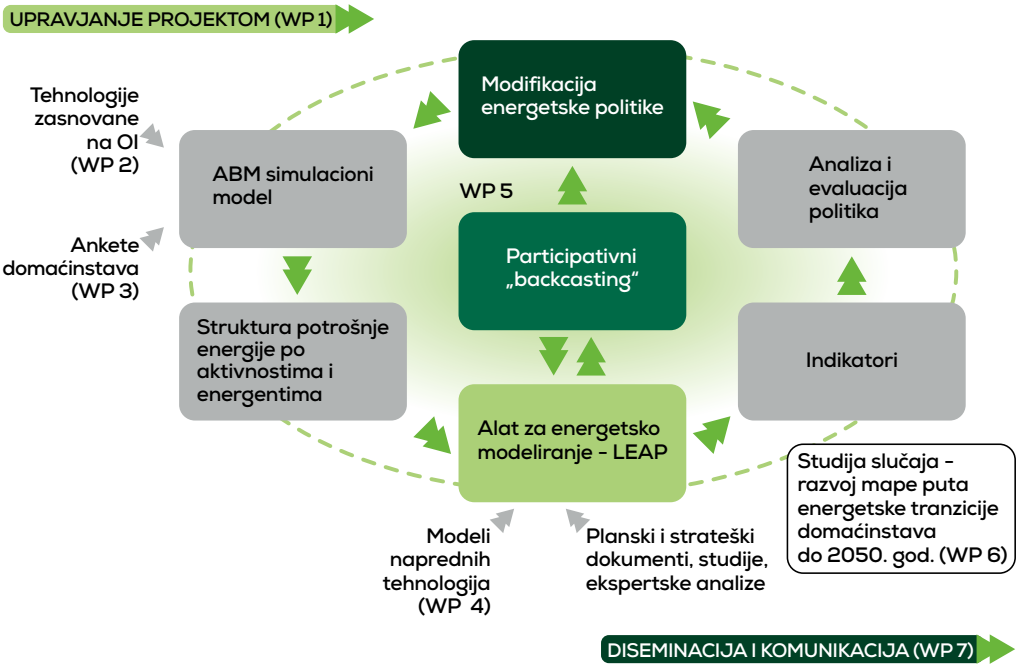
Poseban segment projekta predstavlja studija slučaja grada Vranja, izabrana zbog specifičnih izazova i potencijala za energetsku tranziciju sistema grejanja. Na osnovu participativnog procesa koji je uključio predstavnike lokalne samouprave,

javnih preduzeća, stručnih institucija, civilnog sektora i građana, definisana je vizija razvoja i predložena Mapa puta energetske tranzicije grejanja domaćinstava u Vranju.

Projekat je realizovan u okviru sedam radnih paketa (engl. Work Package - WP) prikazanih u Tabeli 1.1, a međuzavisnost radnih paketa (od drugog do petog) - grafički apstrakt projekta prikazan je na Slici 1.1.

Tabela 1.1: Radni paketi projekta FF GreEN

R.br.	Naziv radnog paketa	Trajanje radnog paketa (u mesecima)
1	Upravljanje projektom/Project Management	36
2	Forward-looking RES based technologies in households/Inovativne tehnologije zasnovane na obnovljivim izvorima energije u domaćinstvima	15
3	Survey of households – policy, socio-economic, and cultural factors related to energy consumption / Anketa domaćinstava – politički, društveno-ekonomski i kulturni faktori vezani za potrošnju energije	12
4	Modeling of advanced HVAC technologies based on RES, and optimized retrofit options/ Modeliranje inovativnih HVAC tehnologija zasnovanih na obnovljivim izvorima energije i optimizovane opcije rekonstrukcije	24
5	Developing an innovative framework for integrating energy system modeling and ABM support tools into PB process / Razvoj inovativnog okvira za integraciju modeliranja energetskih sistema i ABM alata za podršku u proces participativnog „backcasting"-a	16
6	Case study – developing of a roadmap of households' energy transition up to 2050 / Studija slučaja – razvoj mape puta energetske tranzicije domaćinstava do 2050. godine	10
7	Dissemination and Communication/ Diseminacija i komunikacija	36



Slika 1.1: Grafički apstrakt projekta FF GreEN

Završna konferencija projekta FF GreEN je zamišljena kao mesto na kome će se prikazati objedinjeni rezultati projekta. Cilj je da rezultati projekta dopru do predstavnika naučne zajednice, lokalnih i nacionalnih organa upravljanja, energetskih menadžera, predstavnika javnog sektora i civilnog društva, odnosno do svih zainteresovanih za probleme energetskog planiranja i održivog energetskog razvoja.

Zbornik završne konferencije sadrži sistematizovan prikaz ciljeva, aktivnosti i rezultata u okviru radnih paketa. S obzirom da je radni paket 6, studija slučaja, realizovan u Vranju u prilogu A je prikazan jedan od rezultata ovog radnog paketa - Mapa puta energetske tranzicije grejanja domaćinstava u Vranju.

Dodatno, u prilogu B je prikazan proces osnivanja energetske zajednice - Zadruge za održivi razvoj Beli Breg Popovci, takođe na teritoriji grada Vranje. Rad na projektu FF GreEN se samo u naznakama bavio temom prozjumera, odnosno proizvodnje i potrošnje električne energije na nivou domaćinstava i njihovog mesta i uloge u elektroenergetskom sistemu. Temama građanske energije i udruživanja građana i domaćinstava u energetske zajednice/zadruge i demokratizacijom energetskog sektora projekat se nije bavio. Međutim, primer Belog Brega je indikativan i može da posluži kao osnova za neki budući projekat u kome bi se metodološki principi razvijeni u okviru FF GreEN-a primenili i na slučajeve energetskih zajednica.

APSTRAKT PROJEKTA:

Domaćinstva se smatraju jednim od ključnih igrača u procesu energetske tranzicije. Ovaj sektor ima najveći udeo u finalnoj potrošnji energije, nudeći značajan potencijal za smanjenje energetskog intenziteta, emisije zagađivača i gasova sa efektom staklene bašte, kao i za prelazak na obnovljive izvore energije (OIE) i povećanje energetske samodovoljnosti. Ipak, proces tranzicije ovog sektora je praćen visokom neizvesnošću, jer na ostvarene rezultate utiču odluke i s njima povezani ishodi ogromnog broja heterogenih potrošača. Na odluke utiče kupovna moć, navike, stavovi i druge karakteristike pojedinačnih domaćinstava, ali i njihova međusobna interakcije. Usmeravanje i upravljanje energetskom tranzicijom u domaćinstava je izazovan zadatak, koji se ne može postići oslanjajući se isključivo na tehničko znanje.



Cilj projekta je da formuliše i predloži novi okvir za vođenje i usmeravanje energetske tranzicije ovog sektora koji čine brojni heterogeni potrošači, integrišući inovativni inženjerski pristup u korišćenju OIE, participativni pristup koji podržavaju svi uključeni akteri i modeliranje zasnovano na agentima (ABM).

Kvalitativni rezultati „backcasting“ procesa biće prevedeni u istraživačke scenarije pomoću alata za energetsko modeliranje, što će rezultirati kvantitativnim ishodom i vizuelizacijom tranzicione putanje. Ambicija integrisanja ABM-a je ispitivanje kapaciteta usvajanja inovativnih energetskih tehnologija u domaćinstvima i dobijanje tačnijih odgovora na pitanja o tome kako različita domaćinstva utiču jedno na drugo i koji instrumenti politike će rezultirati većom stopom prihvatanja. Integracija će obezbediti dinamičan okvir za praćenje, analizu i evaluaciju instrumenata energetske politike i njihovih efekata kako bi se delovalo na vreme. Predloženi okvir je univerzalan i može se primeniti na nivou grada, regiona ili države, ili replicirati na druge sektore potrošnje ili/i proizvodnje energije sa velikim brojem učesnika.

PROJECT'S ABSTRACT:

Households are seen as one of the key players in the process of energy transition. This sector accounts for the largest share of final energy consumption, offering significant potential to reduce energy intensity, pollutant and GHG emissions, shift to renewable energy sources (RES), and increase energy self-sufficiency. Still, the transition process can be followed by a high level of uncertainty along the progress path, as the results of the whole energy branch are governed by the decisions and associated outcomes of a huge number of heterogeneous consumers. Decisions are influenced by homeowners' purchasing power, habits, attitudes, etc., as well as their interactions. Directing and managing households' energy transition is a challenging task, which cannot be achieved by relying solely on technical knowledge.



The project aims to formulate and suggest a novel framework for guiding and directing the transition of a branch of numerous heterogeneous consumers, by integrating a forward-looking engineering approach in the utilization of RES, the participatory approach supported by all actors involved, and agent-based modeling (ABM).

Qualitative outcomes from the backcasting process will be translated into exploratory scenarios by an energy modeling tool, which will result in a quantitative outcome and visualization of pathways. The ambition of integrating ABM is to examine the adoption capacity of innovative energy technologies in households and get more accurate answers to questions about how different households influence each other, and which policy instruments will result in a higher acceptance rate. Integration will provide the dynamic framework for monitoring, analysis, and evaluation of energy policy instruments and their effects in order to act in time. The framework is not country-specific and can be applied at the level of city, region, or country, or replicated to other sectors of energy consumption or/and production with numerous actors.

2. INOVATIVNE TEHNOLOGIJE ZASNOVANE NA OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE U DOMAĆINSTVIMA

dr Dragi Antonijević, naučni savetnik



UVOD I CILJ ISTRAŽIVANJA:

U okviru radnog paketa 2 (WP 2) razmatrane su mogućnosti unapređenja energetskih sistema u stambenom sektoru kroz kombinovanje mera energetske efikasnosti i naprednih sistema za grejanje, hlađenje, pripremu sanitarne tople vode i skladištenje energije, a uz korišćenje obnovljivih izvora energije. Polazna ideja bila je da se mogućnosti korišćenja obnovljivih izvora ne posmatraju izolovano, već u okviru celokupnog energetskog sistema stambenog objekta.

Analiza je obuhvatila različite tipove stambenih objekata karakteristične za postojeći stambeni fond Republike Srbije, uključujući individualne kuće i višeporodične stambene zgrade različite starosti, nivoa energetske efikasnosti, konstruktivnih karakteristika, sistema grejanja i načina korišćenja energije. Time je omogućeno sagledavanje različitih početnih uslova pod kojima se mogu primeniti mere energetske sanacije i inkorporirati napredni energetski sistemi.

Posebno je uzeta u obzir činjenica da se postojeći stambeni fond sastoji od objekata koji se značajno razlikuju prema toplotnim gubicima, sistemima distribucije toplote, korišćenim energentima, dostupnom prostoru za instalaciju opreme i mogućnostima korišćenja solarne energije, i da se ne može definisati jedno univerzalno tehničko rešenje za sve objekte, već da je potrebno uspostaviti kriterijume na osnovu kojih se identifikuju optimalne tehnologije za različite tipove objekata.

Cilj aktivnosti bio je da se:

- sagleda tehnički potencijal korišćenja obnovljivih izvora energije (RES) u domaćinstvima;
- definišu mogućnosti i kriterijumi za energetsku sanaciju postojećih stambenih objekata;
- razmotre različite tehnologije za grejanje, hlađenje i pripremu sanitarne tople vode (DHW);
- analiziraju različite vrste toplotnih pumpi (HP), izvora toplote i sistema predaje toplote;
- razmotre solarni fotonaponski (PV), solarno-termalni (ST) i hibridni sistemi (PVT);
- razmotre različite mogućnosti skladištenja toplotne energije (TES);
- ispita povezivanje toplotnih pumpi, solarnih sistema i TES;
- analiziraju hibridne konfiguracije i njihovo preliminarno dimenzionisanje;
- na osnovu proračuna i simulacija približno odrede rešenja pogodna za različite tipove objekata.

Dakle, predmet aktivnosti nije bio samo izbor konačne tehnologije, već razvoj postupka kojim se od početne procene objekta dolazi do odgovarajuće integrisane konfiguracije.

DEFINISANJE MOGUĆNOSTI ZA POBOLJŠANJE ENERGETSKIH PERFORMANSI OBJEKATA

Prvi korak u analizi bio je razmatranje mogućnosti unapređenja energetskih performansi objekata, polazeći od principa da izbor i dimenzionisanje sistema za grejanje, hlađenje i pripremu tople vode treba da usledi tek nakon smanjenja energetskih potreba objekta. Kod postojećih stambenih objekata sa zastarelim i energetski neefikasnim sistemima grejanja, zamena samog uređaja za proizvodnju toplote nije posmatrana kao dovoljna mera.

Razmatrano je u kojoj meri se energetske potrebe mogu smanjiti unapređenjem građevinskog omotača, smanjenjem infiltracije i unapređenjem sistema distribucije i regulacije toplotne energije, kroz:

- poboljšanje termoizolacije spoljašnjih zidova;
- izolaciju krova i tavanice;
- izolaciju poda;
- zamenu ili unapređenje prozora i vrata;
- smanjenje infiltracije vazduha;
- unapređenje sistema regulacije;
- hidraulično balansiranje i poboljšanje distribucije toplote.

Mere nisu posmatrane nezavisno, već kao kombinovani paketi energetske sanacije, sa ciljem da se utvrdi nivo smanjenja potreba za grejanjem i toplotnog opterećenja objekta koji omogućava racionalnu primenu novih, energetski efikasnijih sistema. U tom smislu, analizirani su različiti nivoi energetskih performansi karakteristični za postojeći stambeni fond, pri čemu je kao osnovni projektantski princip usvojeno da se izbor i dimenzionisanje novog sistema ne vrše prema početnom stanju objekta, već prema stanju koje će biti ostvareno nakon predviđene energetske sanacije.

Konkretno, zaključak i preporuka projekta FF GreEN jeste da postojeće višeporodične stambene zgrade, pre implementacije naprednih sistema, treba da dostignu što bolje parametre energetske efikasnosti, pri čemu je kao ciljni nivo usvojena specifična godišnja potrošnja energije za grejanje manja od 70 kWh/m² godišnje za postojeće, odnosno 60 kWh/m² godišnje za novoizgrađene višeporodične stambene objekte. Za postojeće individualne stambene objekte preporučena maksimalna specifična potrošnja energije iznosi 75 kWh/m² godišnje, odnosno manje od 65 kWh/m² godišnje kod novih objekata.

Formiran je osnovni projektantski princip: energetska sanacija prethodi konačnom izboru i dimenzionisanju novog energetskog sistema. Smanjenjem toplotnih potreba i vršnog toplotnog opterećenja izbegava se dimenzionisanje novih sistema prema nepotrebno visokim energetskim potrebama objekta, čime se stvaraju uslovi za primenu manjih i efikasnijih sistema, bolju regulaciju njihovog rada, veći

udeo obnovljivih izvora energije i racionalniju integraciju dodatnih elemenata, kao što su toplotni akumulatori, fotonaponski i solarno-termalni sistemi. Na taj način energetska sanacija predstavlja polazni korak za prelazak sa sistema baziranih na fosilnim gorivima na energetski efikasnije sisteme zasnovane na obnovljivim izvorima energije.

U daljem toku projekta ovaj pristup primenjen je na model-objekte, prvenstveno na dva reprezentativna tipa: individualnu stambenu kuću površine oko 150 m² i višeporodičnu stambenu zgradu ukupne površine oko 2.000 m². Model-objekti omogućili su primenu razvijene metodologije na različitim nivoima stambenog fonda, kao i analizu uticaja osnovnih karakteristika objekta na izbor, dimenzionisanje i integraciju naprednih energetskih tehnologija.

RAZMATRANJE I KATEGORIZACIJA NAPREDNIH HVAC TEHNOLOGIJA ZASNOVANIH NA RES

Nakon definisanja mogućnosti energetske sanacije, analiziran je širi skup naprednih HVAC tehnologija, uključujući rešenja zasnovana na obnovljivim izvorima energije, i tehnologije za njihovu efikasnu integraciju u energetske sisteme stambenih objekata.

Razmatrane su različite vrste toplotnih pumpi, uključujući sisteme koji koriste toplotu spoljašnjeg vazduha, tla i podzemnih voda. Sagledane su tehničke karakteristike, zahtevi za instalaciju, temperaturni režimi rada, mogućnost primene kod različitih objekata i potencijal za kombinovanje sa drugim obnovljivim izvorima.

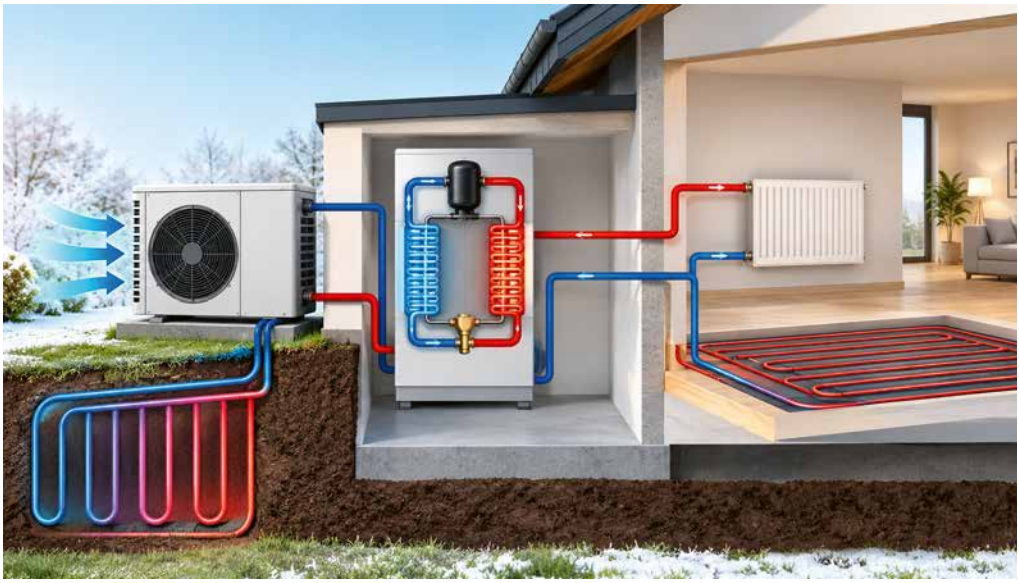
Pored toplotnih pumpi, analizirani su PV, ST i PVT solarni sistemi i različiti TES sistemi. Razmatrana je i integracija posmatranih tehnologija u jedinstven energetski sistem objekta, sa ciljem optimalnog usklađivanja proizvodnje, skladištenja i potrošnje energije.

Toplotne pumpe za grejanje, hlađenje i sanitarnu toplu vodu

Analizom različitih HP tehnologija utvrđeno je da sistemi vazduh–voda predstavljaju posebno pogodnu opciju za uslove u Srbiji, naročito za primenu u postojećim objektima nakon sprovedenog energetskog retrofita. Zaključak je zasnovan na sagledavanju tehničkih karakteristika i potencijala pojedinih tehnologija, uslova njihove primene, potrebnih investicionih ulaganja, kao i mogućnosti integracije sa postojećim sistemima grejanja.

Sistemi zemlja–voda i voda–voda mogu da obezbede visoku energetsku efikasnost i stabilne uslove rada, ali njihova primena zavisi od raspoloživih geoloških, hidrogeoloških i prostornih uslova. Pored toga, zahtevaju složenije izvođenje i, po pravilu, veća početna ulaganja. Nasuprot tome, sistemi vazduh–voda koriste

spoljašnji vazduh kao široko dostupan izvor toplote, ne zahtevaju izvođenje bušotina ni druge složene zahvate na strani izvora i omogućavaju jednostavniju i fleksibilniju ugradnju. Zbog toga su ocenjeni kao naročito pogodni za primenu u postojećem građevinskom fondu, posebno u kombinaciji sa prethodno sprovedenim merama energetske sanacije.



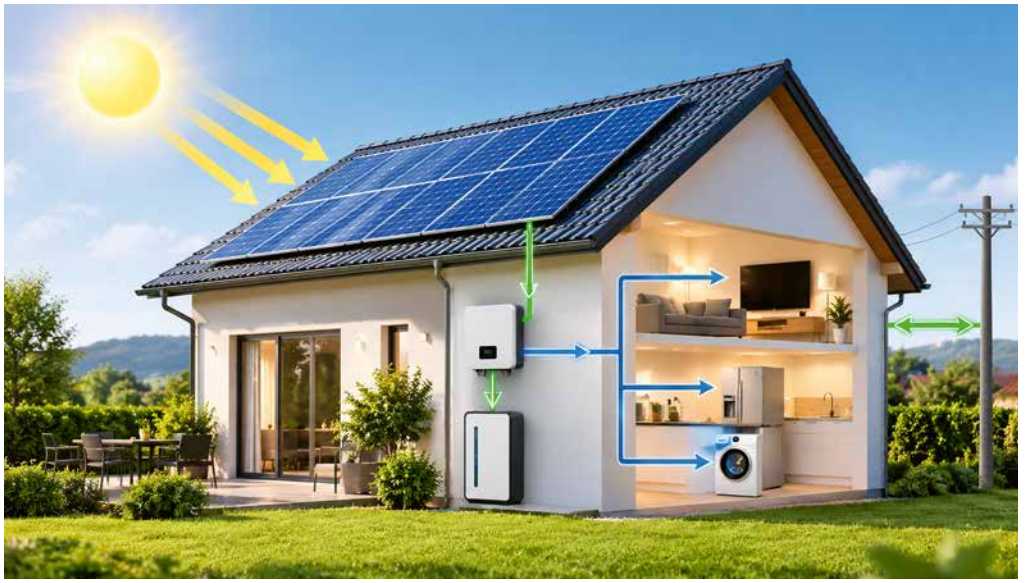
Pogodnost sistema vazduh–voda proverena je kroz proračune energetskih potreba objekata, potrebne toplotne snage, godišnje potrošnje električne energije, režima rada i različitih sistema predaje toplote. Analizirane su mogućnosti primene podnog grejanja, zidnih i plafonskih sistema, niskotemperaturnih radijatora i ventilokonvektora. Posebna pažnja posvećena je uticaju temperature vode u sistemu predaje toplote na radne uslove toplotne pumpe i njenu sezonsku efikasnost. Rezultati analiza pokazali su da prethodna energetska sanacija, u kombinaciji sa primenom niskotemperaturnih sistema predaje toplote, omogućava značajno poboljšanje sezonske efikasnosti toplotne pumpe, uz istovremeno smanjenje potrebne instalisane snage i godišnje potrošnje električne energije. Kod individualnog objekta nakon energetske sanacije ostvareni su povoljni uslovi za primenu sistema vazduh–voda sa visokom sezonskom efikasnošću. Kod višeporodičnog objekta analizirana je primena centralnog sistema, uključujući kaskadnu HP konfiguraciju, sa ciljem prilagođavanja kapaciteta promenljivom toplotnom opterećenju objekta i povećanja fleksibilnosti i pouzdanosti rada sistema.

Dodatno, reverzibilni rad toplotne pumpe omogućava i grejanje i hlađenje objekta, čime se gubi potreba za ugradnjom odvojenih sistema i povećava godišnja iskorišćenost instalirane opreme.

Posebno je razmatrana priprema sanitarne tople vode, koja je tretirana kao sastavni deo energetskog sistema objekta, a ne samo kao dodatni potrošač. Relativno stabilne potrebe za DHW tokom godine i mogućnost da rezervoar služi za akumulaciju toplotne energije omogućavaju povezivanje sa toplotnom pumpom i solarnim tehnologijama. U periodima raspoložive električne energije iz PV sistema, toplotna pumpa može intenzivirati zagrevanje vode i time pomeriti deo potrošnje električne energije u periode veće solarne proizvodnje. Na taj način rezervoar DHW, pored osnovne funkcije, može funkcionisati i kao akumulator toplote, povećavajući sopstvenu potrošnju obnovljive električne energije iz PV sistema.

Solarni sistemi

Solarne tehnologije analizirane su kao komplementarne osnovnom sistemu sa toplotnom pumpom, ali i sa aspekta njihovog potencijala za zadovoljenje zasebnih potreba objekta. Posebna pažnja posvećena je mogućnostima integracije solarnih sistema sa toplotnim pumpama, i DHW i TES sistemima.



Razmatrane su sledeće tehnologije:

- PV sistemi, za proizvodnju električne energije;
- ST sistemi za proizvodnju toplotne energije, prvenstveno za pripremu DHW;
- PVT sistemi za istovremenu proizvodnju električne i toplotne energije.

PV sistemi pružaju značajnu fleksibilnost u integraciji sa ostalim energetskim podsistemima pošto se proizvedena električna energija može koristiti za napajanje toplotnih pumpi, pripremu DHW i druge električne potrebe objekta. U kombinaciji

sa odgovarajućim sistemom upravljanja i skladištenja energije, PV proizvodnja može doprineti usklađivanju proizvodnje i potrošnje i smanjenju preuzimanja električne energije iz mreže.

ST sistemi su pogodni za pripremu DHW, jer direktno obezbeđuju deo potrebne toplotne energije i tako smanjuju opterećenje toplotne pumpe. Njihova primena zavisi od raspoloživog solarnog potencijala, potrebnog temperaturnog nivoa, profila potrošnje i mogućnosti skladištenja proizvedene toplote.

Posebno su razmatrani PVT sistemi, kod kojih su fotonaponski i termalni podsistem konstruktivno objedinjeni u jedinstvenom kolektoru i istovremeno proizvode električnu i toplotnu energiju. Odvođenje toplote sa fotonaponskih ćelija, pri odgovarajućim radnim uslovima, doprinosi smanjenju njihove radne temperature i povećanju električne efikasnosti. Dobijena toplotna energija se koristi za DHW, druge niskotemperaturne potrebe ili dopunu TES. PVT sistemi su od posebnog značaja za objekte sa ograničenim prostorom za smeštaj solarnih sistema, jer omogućavaju proizvodnju električne i toplotne energije na istoj površini. Njihova adekvatna integracija sa toplotnim pumpama i TES sistemima omogućava visoko iskorišćenje i povećanje ukupnog energetskog prinosa solarne površine.

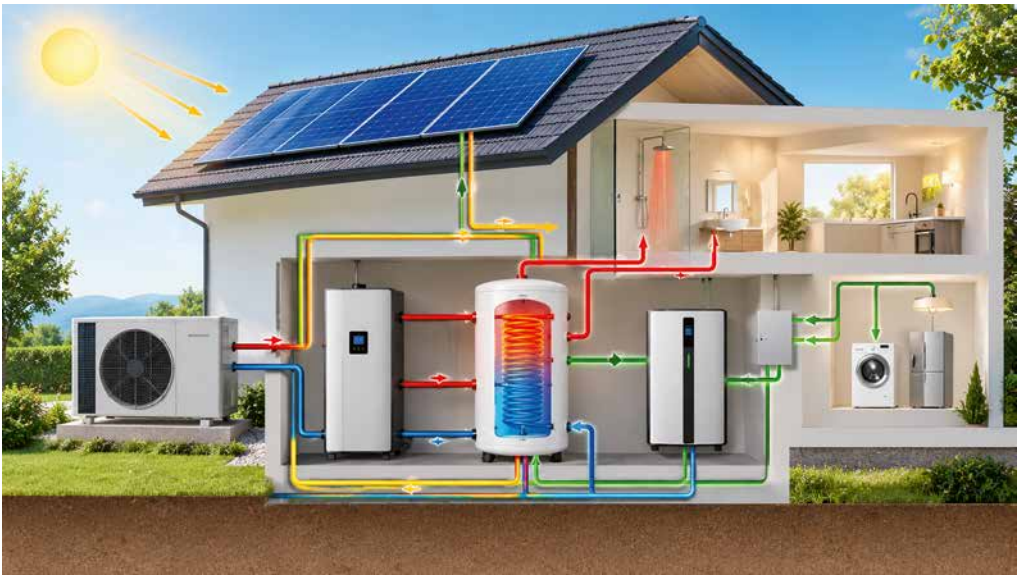
U okviru Projekta solarni sistemi nisu posmatrani sa idejom potpune zamene mrežnog napajanja ili osnovnog sistema grejanja, već kao deo integrisanog energetskog sistema objekta u sprezi sa toplotnim pumpama, sistemima za skladištenje energije i ostalim podsistemima.

ULOGA SKLADIŠTENJA TOPLOTNE ENERGIJE

Skladištenje toplotne energije posmatrano je kao jedan od ključnih elemenata integrisanog energetskog sistema objekta, koji omogućava povezivanje toplotnih pumpi i solarnih sistema sa pripremom DHW i različitim potrošačima toplote. Osnovna funkcija TES-a je vremensko razdvajanje proizvodnje i potrošnje toplote - mogućnost da se toplota akumulira u periodu kada je obnovljivi izvor dostupan ili je rad sistema energetski i ekonomski povoljniji, a da se koristi kasnije, kada se pojavi potreba. U pogledu tipa TES sistema, akcenat je stavljen na akumulatore tople vode, kao tehnički jednostavno, troškovno prihvatljivo i široko primenljivo rešenje.

Kod sistema sa toplotnom pumpom vodeni TES omogućava fleksibilnije upravljanje radom HP i može da ima uticaj na njeno dimenzionisanje - deo vršnog toplotnog opterećenja pokriva se prethodno akumuliranom toplotom, čime se smanjuje potreba za dimenzionisanjem HP prema kratkotrajnim maksimalnim zahtevima. Istovremeno, akumulacija omogućava duže i stabilnije periode rada, smanjenje broja start-stop ciklusa i izbegavanje nepovoljnih režima rada, što povećava sezonsku efikasnost i produžava vek opreme. Time se otvara mogućnost izbora manje i bolje iskorišćene toplotne pumpe.

Poseban značaj TES je u omogućavanju vremenskog usklađivanja proizvodnje i potrošnje energije - pomeranja rada toplotne pumpe u periode veće proizvodnje iz PV sistema ili niže cene električne energije. Time se povećava korišćenje sopstvene energije, smanjuje preuzimanje iz mreže u nepovoljnim periodima i ostvaruje ekonomska ušteda bez promene komfora korisnika.



Temperaturni režim vodenog TES predstavlja važan element optimizacije. Viša temperatura povećava količinu korisne energije koja se može uskladištiti u datoj zapremini, ali istovremeno i temperaturne nivoe rada HP i time može smanjiti njen COP i ukupnu efikasnost. Niža temperatura pogoduje efikasnijem radu HP, ali smanjuje raspoloživi potencijal akumulatora i može ograničiti zadovoljenje potreba potrošača. Zbog toga je optimalni temperaturni režim određivan u zavisnosti od sistema predaje toplote, potreba za grejanjem i hlađenjem, pripreme DHW i načina povezivanja sa solarnim izvorima. Kada se isti sistem akumulacije koristi za različite temperaturne nivoe, posebno je važno bilo razdvojiti potrebe niskotemperaturnog grejanja od potreba za pripremom DHW, kako zahtev za višom temperaturom DHW ne bi nametao nepotrebno visok temperaturni režim celom TES sistemu i toplotnoj pumpi.

U pogledu integracije sa solarnim sistemima, analizirane su različite konfiguracije povezivanja PV, ST i PVT sistema sa toplotnom pumpom i TES. U konfiguraciji PV + TP + TES, višak električne energije proizvedene tokom perioda visoke solarne proizvodnje može se iskoristiti za rad toplotne pumpe, koja proizvedenu toplotu akumulira u TES ili rezervoaru DHW. Na taj način električna energija se pretvara u toplotnu energiju i koristi kasnije, kada je toplotna potreba veća ili je proizvodnja iz PV sistema manja. Kod konfiguracije ST + TP + TES, solarna toplota može direktno pokrivati deo potreba za DHW i grejanje, dok se višak može usmeriti u TES ili

koristiti kao dodatni izvor toplote za toplotnu pumpu. PVT sistemi omogućavaju istovremenu proizvodnju električne i toplotne energije i njihovu integraciju sa oba podsistema. Na ovaj način TES omogućava vremensko usklađivanje raspoložive solarne energije sa potrebama objekta i doprinosi fleksibilnijem i efikasnijem radu celog energetskog sistema.

Veličina i funkcija TES-a zato nisu određivane samo prema veličini objekta, već u odnosu na potrebnu snagu i minimalni režim rada TP, profil toplotnog opterećenja, temperaturne nivoe, raspoloživu solarnu energiju, tarifni sistem i upravljanje sistemom. Pravilno dimenzionisan vodeni TES može da omogući smanjenje instalirane snage pojedinih podsistema, bolje iskorišćenje obnovljivih izvora, smanjenje vršnih električnih opterećenja i troškova energije, uz povećanje ukupne efikasnosti i fleksibilnosti sistema. Zbog toga je jedan od važnih aspekata analize bilo ispitivanje i optimizacija veličine, temperaturnog režima i načina integracije TES-a sa toplotnim pumpama i solarnim sistemima, sa ciljem postizanja odgovarajućeg odnosa između energetskih i ekonomskih efekata.

HIBRIDNI SISTEMI

Na osnovu prethodno sprovedenih analiza definisane su i međusobno upoređene različite hibridne energetske konfiguracije, zasnovane na integraciji toplotnih pumpi, solarnih sistema, skladištenja toplotne energije i pripreme sanitarne tople vode. Konfiguracije su formirane za različite scenarije i sagledane u odnosu na tehničke zahteve objekta, energetsku efikasnost, mogućnosti instalacije, investicione i pogonske troškove, kao i potencijal za povećanje korišćenja obnovljivih izvora energije i smanjenje emisija. Analiza je pokazala da integracija svih razmatranih tehnologija nije nužno optimalna za svaki objekat, već da izbor stepena složenosti sistema treba prilagoditi karakteristikama objekta, energetskim potrebama i raspoloživom prostoru. Za jednostavnije primene racionalno rešenje može predstavljati kombinacija toplotne pumpe, pripreme DHW i PV sistema, dok se kod složenijih sistema može opravdati uključivanje solarno-termalnih ili PVT sistema i složenijih TES rešenja.

Za individualne model-objekte pokazano je da prethodna energetska sanacija značajno smanjuje potrebe za grejanjem i omogućava efikasan rad vazduh–voda toplotne pumpe. U kombinaciji sa pripremom DHW i PV sistemom, dobija se relativno jednostavna i funkcionalna integrisana konfiguracija pogodna za primenu u individualnom domaćinstvu.

Kod višeporodičnih objekata, smanjenje energetskih potreba nakon sanacije omogućilo je primenu centralne, odnosno kaskadne konfiguracije vazduh–voda toplotnih pumpi, uz integraciju pripreme DHW, TES-a i PV sistema. Ovakva konfiguracija omogućava bolje prilagođavanje promenljivom toplotnom opterećenju objekta i veće korišćenje električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora.

Formirane su hibridne konfiguracije različitog stepena složenosti, čiji izbor treba prilagoditi energetskim potrebama, karakteristikama objekta, raspoloživom prostoru, mogućnostima integracije i ekonomskim uslovima. Konačna tehno-eko-

nomska opravdanost i dimenzionisanje sistema zahtevaju detaljnije projektovanje, dinamičke simulacije i sagledavanje aktuelnih cena energije i opreme, uz naknadnu verifikaciju kroz praćenje eksploatacionih parametara.

REZIME

Radni paket 2 analizirao je mogućnosti unapređenja energetskih performansi stambenih objekata i integracije obnovljivih izvora energije i naprednih HVAC tehnologija, uključujući toplotne pumpe, PV, ST i PVT solarne sisteme, pripremu sanitarne tople vode i skladištenje toplotne energije. Analiza je sprovedena na reprezentativnim modelima individualnog i višeporodičnog stambenog objekta.

Ostvareni rezultati potvrđuju da energetska sanacija treba da prethodi izboru i dimenzionisanju energetskog sistema, jer smanjenje godišnjih energetskih potreba i vršnog toplotnog opterećenja direktno utiče na potrebni kapacitet sistema i omogućava efikasniju primenu toplotnih pumpi i integraciju obnovljivih izvora energije. Za analizirane uslove, nakon energetske sanacije, toplotna pumpa vazduh–voda identifikovana je kao osnovna tehnologija za grejanje i hlađenje, uz mogućnost integracije sa sistemima za pripremu DHW, TES i solarnim tehnologijama.

Akumulacija toplotne energije u TES sistemima sagledana je kao važan element integrisanog sistema, koji omogućava vremensko usklađivanje proizvodnje i potrošnje, smanjenje vršnih opterećenja i efikasnije korišćenje energije iz obnovljivih izvora, uz ostvarivanje energetskih i ekonomskih ušteda, posebno u kombinaciji sa pripremom DHW.

Na osnovu sprovedenih analiza definisan je metodološki postupak izbora retrofit rešenja koji obuhvata energetsku sanaciju, izbor toplotne pumpe, temperaturnog režima i sistema predaje, pripremu DHW, TES, integraciju PV/ST/PVT sistema i formiranje odgovarajuće hibridne konfiguracije, uz usklađivanje sa karakteristikama objekta, energetskim potrebama, raspoloživim prostorom, mogućnostima integracije i ekonomskim uslovima. Pokazano je da tehnološki složenija konfiguracija nije nužno i racionalnije rešenje. Ovaj postupak predstavlja osnovu za razvoj rule-of-thumb smernica za izbor retrofit rešenja, dok konačno tehničko rešenje, dimenzionisanje i tehno-ekonomsku opravdanost treba potvrditi detaljnim projektovanjem, dinamičkim simulacijama i verifikacijom kroz praćenje eksploatacionih parametara.

Rezultati ostvareni u okviru radnog paketa WP2 dostupni su na sajtu projekta (https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/?page_id=1204, WORK PACKAGE 2).

3. ANKETA DOMAĆINSTAVA – POLITIČKI, DRUŠTVENO-EKONOMSKI I KULTURNI FAKTORI VEZANI ZA POTROŠNJU ENERGIJE

prof. dr Dušan Mojić



CILJEVI:

Opšti cilj ovog radnog paketa jeste analiza institucionalnog okvira, te društveno-ekonomskih i kulturnih činilaca koji utiču na odluke domaćinstava u Srbiji da se (pre)usmere ka upotrebi obnovljivih izvora energije. Udeo domaćinstava u ukupnoj potrošnji energije u Evropskoj uniji je 2020. godine bio 27%, dok u Srbiji taj udeo premašuje 1/3 ukupne potrošnje energije tokom prethodnih godina, što dodatno povećava značaj istraživanja činilaca koji objašnjavaju i (potencijalno) predviđaju mogućnost donošenja takvih odluka. Radni paket 3 je imao dve međusobno povezane komponente. Prva je analiza zakonodavnog i strateškog okvira na nivou EU, Srbije i lokalnih samouprava. Druga je empirijsko istraživanje društveno-ekonomskog položaja domaćinstava na reprezentativnom uzorku za Srbiju i vrednosnih orijentacija i stavova članova pomenutih domaćinstava u vezi sa zelenom energetskom tranzicijom.

Specifični ciljevi:

1. da obezbedi najnovije i najrelevantnije podatke o svim aspektima potrošnje energije u domaćinstvima u Srbiji – tehnološkim (energenti/obnovljivi izvori energije – OIE, uređaji), ekonomskim (troškovi, cene), ponašanju, navikama i stavovima (energetska tranzicija, ekološka i klimatska pitanja), itd.;
2. da pruži informacije o sprovedenim odgovarajućim evropskim, nacionalnim i lokalnim politikama koje se odnose na domaćinstva, energiju, životnu sredinu, itd.;
3. da obezbedi iskustvenu osnovu za osnovni cilj ovog projekta – olakšavanje i podršku zelenoj energetskoj tranziciji u domaćinstvima u Srbiji.

REALIZOVANE AKTIVNOSTI/ISTRAŽIVANJA:

Istraživački tim je u okviru Radnog paketa 3 realizovao četiri glavne aktivnosti u periodu od marta do decembra 2024. godine. Svaka aktivnost se nadovezivala na prethodnu: analiza politika je odredila sadržaj upitnika, a anketni podaci su osnova statističke i sociološke analize.

Analiza zakonodavnog i strateškog okvira

Prvu istraživačku aktivnost predstavlja analiza pet ključnih dokumenata paketa „Čista energija za sve Evropljane" i Evropskog zelenog dogovora. To su Direktiva o energetskim performansama zgrada (EPBD), Direktiva o energetskoj efikasnosti (EED), Direktiva o OIE (RED), Uredba o upravljanju Energetskom unijom (GOV) i Evropski klimatski zakon. Zatim je analiziran odgovarajući regulatorni okvir u Srbiji: Zakon o energetici, Zakon o energetskoj efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije, Zakon o korišćenju OIE, Zakon o komunalnim delatnostima i Zakon o planiranju i izgradnji. Analiza je obuhvatila i Zelenu agendu za Zapadni Balkan i nacrt Integrisanog nacionalnog energetskog i klimatskog plana (INEKP).

Na osnovu ovog pregleda urađena je uporedna analiza ciljeva EU i obaveza koje je Srbija preuzela. Tim je potom prikupio i opisao primere dobre prakse iz deset država članica EU, grupisane u četiri oblasti:

- Alati za podršku i elektronske baze energetskih pasoša (Belgija, Nemačka, Portugalija, Švedska);
- Pomoć energetski ugroženim kupcima (Litvanija, Irska, Belgija, Slovenija);
- Zamena sistema grejanja (Nemačka, Francuska, Slovenija, Poljska);
- Ugradnja fotonaponskih panela i neto merenje (Kipar, Španija, Nemačka).

Glavni nalaz kada je reč o usklađenosti regulatornog okvira Srbije sa EU jeste da je Srbija u velikoj meri preuzela obaveze iz zakonodavstva EU, ali bez kvantifikovanih ciljeva za tranziciju domaćinstava. EU je postavila konkretne ciljeve do 2030. godine: povećanje energetske efikasnosti za 32,5%, najmanje 32% OIE u finalnoj potrošnji i smanjenje neto emisija gasova staklene bašte za najmanje 55% u odnosu na 1990. godinu.

Odgovarajuće zakonodavstvo u Srbiji prepoznaje većinu obaveza država članica. To uključuje INEKP, planove energetske efikasnosti, energetske pasoše, podsticaje za OIE i pomoć energetski ugroženim kupcima. Ipak, jedini dokument sa specifičnim ciljevima je INEKP, koji je u vreme analize bio u formi nacrta, a koji je Vlada Srbije usvojila u julu 2024. godine i odnosi se na period do 2030. godine, sa projekcijama do 2050. godine. Ovaj plan ima za cilj da značajno poveća udeo obnovljive energije u miksu električne energije u zemlji, postavljajući kao cilj udeo obnovljivih izvora energije od 45% do 2030. godine.

Na kraju navedene analize su instrumenti politike u Srbiji razvrstani u četiri grupe: regulatorne, finansijske, instrumente za jačanje kapaciteta i instrumente za promociju istraživanja i razvoja.

Pregled instrumenata u Srbiji pokazao je sledeće:

- Od 2021. godine oko 20.000 domaćinstava iskoristilo je subvencije za mere energetske efikasnosti, ukupne vrednosti 2,66 milijardi dinara, uz učešće države od 50–65%;
- Projekat sa Svetskom bankom predviđa mere u 50.000 domaćinstava do 2028. godine;
- Program sa EBRD vredan 64,5 miliona evra obuhvata oko 500 stambenih zgrada priključenih na daljinsko grejanje u 15 gradova i opština;
- Status „kupac-proizvođač" (prozjumer) uveden je 2021. godine, a u poslednjem analiziranom javnom pozivu 1.600 domaćinstava priključilo je solarne panele na mrežu.

Analiza je izdvojila tri ključna aspekta uspešne tranzicije: efikasnije korišćenje energije, veću primenu OIE i podršku energetski ugroženim kupcima. Utvrđeno je i da ne postoji javna evaluacija efikasnosti postojećih instrumenata u Srbiji, što je označeno kao važan nedostatak.

Izrada anketnog upitnika

Na osnovu analize politika i prethodnih istraživanja tima izrađen je upitnik sa 28 pitanja. Od toga je 24 pitanja zatvorenog tipa, a 4 pitanja otvorenog tipa. Upitnik je organizovan u tri tematske celine:

1. **Tehnički aspekti** (pitanja 1–14): tip objekta, grejana površina, dominantan energent, konfiguracija i starost sistema grejanja, dogrevanje električnom energijom, toplotni komfor, hlađenje, potrošnja električne energije i sprovedene mere energetske efikasnosti.
2. **Spremnost na tranziciju** (pitanja 15–18): uslovi i spremnost za ugradnju solarnih panela, spremnost na veće ulaganje u sisteme na OIE, potreban nivo subvencije i spremnost na smanjenje životnog standarda.
3. **Društveno-ekonomski i kulturni faktori** (pitanja 19–28): procena prihoda domaćinstva, percepcija zagađenja, poželjne mere politike, poverenje u ministarstva i lokalnu samoupravu, kolektivizam, dugoročna orijentacija i stavovi o životnoj sredini.

Sprovođenje ankete i statistička obrada

Anketno istraživanje je sprovedeno od juna do oktobra 2024. godine u četiri statistička regiona: Beogradskom regionu, Regionu Vojvodine, Regionu Šumadije i Zapadne Srbije, te Regionu Južne i Istočne Srbije. Okvir za izbor uzorka bio je Popis stanovništva 2022. godine, sa oko 2,59 miliona domaćinstava. Korišćen je dvoetapni stratifikovani uzorak. U prvoj etapi birani su popisni krugovi, stratifikovani po tipu naselja (gradsko i ostalo) i regionu, ukupno 8 stratuma. U drugoj etapi domaćinstva su birana prostim slučajnim izborom. Izabrano je 240 popisnih krugova i oko 1.200 domaćinstava. Primenjena je tehnika telefonskog intervjua. Prednost ove tehnike je u tome što omogućava obuhvat seoskih područja, anonimnost ispitanika i niže troškove. Ispitanik je bio član domaćinstva sa najboljim znanjem o potrošnji energije, a anketirana su samo domaćinstva koja u stanu žive najmanje 12 meseci. Realizovano je 1.033 intervjua, odnosno 86% planiranog uzorka. Za interval pouzdanosti od 95% margina greške iznosi 3,05%.

Anketa je pokazala da kada je reč o grejanju domaćinstava i dalje dominiraju čvrsta goriva i zastareli sistemi grejanja. Istraživanje je ukazalo na veliku zavisnost od ogrevnog drveta (41,2%), a 39,9% sistema je starije od 20 godina. Takođe, 48,0% domaćinstava nije sprovelo nijednu meru energetske efikasnosti u poslednjih deset godina.

Dubinska društvena analiza

Anketni podaci su zatim analizirani iz sociološke perspektive. Analiza se usmerila na vezu između društveno-ekonomskog položaja, kulturnih obrazaca i odluka o prelasku na OIE. Posebno su analizirani institucionalno poverenje (na nacionalnom i lokalnom nivou), interpersonalno poverenje i kolektivizam kao vrednosna orijentacija. Na osnovu tih nalaza formirana je preliminarna tipologija domaćinstava. Donošenje odluka je vrlo složen proces koji je tema različitih naučnih disciplina i teorija. Uopšteno, donošenje odluka predstavlja ciljano ponašanje u prisustvu alternativnih opcija. Sociologija prvenstveno osvetljava složenu interakciju između

postojećih društveno-ekonomskih i kulturnih struktura i ljudskog donošenja odluka ili delovanja.

Najvažniji društveno-ekonomski faktor koji utiče na odluku domaćinstava da pređu na obnovljive izvore energije je njihova ekonomska situacija, koja je u našem istraživanju određena pomoću subjektivnih pokazatelja. Samo četvrtina anketiranih domaćinstava (24%) navodi da mogu dobro da žive sa trenutnim prihodom. U društveno-ekonomskom smislu, ova domaćinstva se nalaze u najpovoljnijoj situaciji za moguću tranziciju na obnovljive izvore energije (ako to već nisu učinili). Više od polovine domaćinstava (51%) uspeva da se izdržava sa trenutnim prihodom, što znači da bi zahtevnija ulaganja (kao što je pomenuta tranzicija) mogla predstavljati finansijske izazove i potencijalnu prepreku za takva ulaganja. Što se tiče domaćinstava koja teško izdržavaju sa trenutnim prihodom (13%) i onih koja veoma teško izdržavaju sa trenutnim prihodom (6%), može se pretpostaviti da neće biti u mogućnosti da finansiraju tranziciju na obnovljive izvore energije ni pod kojim okolnostima.

Sveukupno, spremnost domaćinstava da sama finansiraju prelazak na OIE je niska, a subvencije su ključni pokretač promena. Izdvojeno je nekoliko karakterističnih istraživačkih nalaza:

- Solarni paneli: 64,9% domaćinstava nema uslove za ugradnju. Od onih koji imaju uslove, 8,1% ukupnog uzorka je voljno da ih ugradi, a još 11,0%, ali uz subvenciju.
- Dodatno ulaganje u sisteme na OIE: 70,7% domaćinstava nije spremno da plati više od najjeftinije instalacije na fosilna goriva. Svega 12,1% je spremno da plati 50% više.
- Subvencije: 42,9% bi odmah zamenilo sistem grejanja uz subvenciju. Najveći deo njih (27,6% uzorka) očekuje subvenciju veću od 50%, dok 57,2% ne bi promenilo način grejanja ni uz subvenciju.

Analiza je pokazala da su članovi domaćinstava svesni problema zagađenja, ali uglavnom nisu spremni da preuzmu trošak promene. Ključni nalazi u tom pogledu su sledeći:

1. **Svest i spremnost:** 62,7% domaćinstava oseća umeren ili veoma jak uticaj zagađenja. Ipak, samo 36,2% je spremno da prihvati smanjenje životnog standarda radi zaštite životne sredine, dok je skoro polovina neodlučna.
2. **Poželjne mere:** 46,5% kao najbolji pristup vidi velike novčane kazne za zagađivače, 19,1% poreske olakšice, a 17,5% bolje informisanje i obrazovanje.
3. **Institucionalno poverenje:** poverenje u ministarstva ima 33,6%, a nepoverenje 31,0% ispitanika. Poverenje u lokalnu samoupravu je niže: 40,3% joj ne veruje ili joj veruje malo. Autori ovu razliku objašnjavaju tradicionalističkim, hijerarhijskim prihvatanjem vlasti.
4. **Kolektivizam i interpersonalno poverenje:** 77,9% se slaže da interesi kolektiva treba da budu važniji od interesa pojedinca. Istovremeno, 37,6% smatra da nema svrhe činiti nešto za životnu sredinu ako to ne čine i drugi.

Na osnovu ovih nalaza formirana je preliminarna tipologija domaćinstava prema verovatnoći uključivanja u tranziciju ka obnovljivim izvorima energije:

Tabela 3.1: Tipologija domaćinstava u Srbiji u pogledu očekivanih aktivnosti prema energetskoj tranziciji

Verovatnoća aktivnosti	Društveno-ekonomski i kulturni prediktori
Vrlo verovatna	Dobro žive sa trenutnim prihodom (24%), potpuno poverenje ili delimično poverenje u relevantna ministarstva (33%), potpuno poverenje ili delimično poverenje u lokalne vlasti (26%), kolektivizam (53%), interpersonalno poverenje (53%)
Donekle verovatna	Snalaze se sa trenutnim prihodom (51%), neutralni u pogledu poverenja u relevantna ministarstva (20%), neutralni u pogledu poverenja u lokalne vlasti (18%), ambivalentni u pogledu individualizma/kolektivizma (10%), ambivalentni u pogledu interpersonalnog poverenja (10%)
Nije verovatna	Teško ili veoma teško se izdržavaju sa trenutnim prihodom (20%), potpuno nepoverenje ili delimično nepoverenje u relevantna ministarstva (31%), potpuno nepoverenje ili delimično nepoverenje u lokalne vlasti (40%), individualizam (12%), interpersonalno nepoverenje (37%)

REZULTATI

Radni paket 3 kao rezultat ima pet dokumenata (deliverables), javno dostupnih na sajtu projekta. Pored toga, nalazi su predstavljeni u nizu naučnih radova i konferencijskih saopštenja.

- **Energetska tranzicija u domaćinstvima: Pregled politika u EU i Republici Srbiji / Overview of Policies in the EU and the Republic of Serbia, dostupno na https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2024/03/Politike-i-instrumenti-EU-i-RS_260324.pdf**
- **Anketni upitnik / Survey of Households, dostupno na https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2024/06/Survey-Questionnaire.pdf**
- **Statistički izveštaj o anketi / Statistical Report on the Survey, dostupno na https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2024/11/WP3_Metodologija-anketiranja_v2.pdf**
- **Rezultati ankete / Survey Results, dostupno na https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2025/07/REZULTATI-ANKETE_za-sajt_novo2-1.pdf**
- **Izveštaj o dubinskoj društvenoj analizi anketnog istraživanja / Report on the In-Depth Social Analysis of the Survey, dostupno na https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2025/01/Socioloska-analiza-anketa_decembar-2024-1.pdf**

4. MODELIRANJE INOVATIVNIH HVAC TEHNOLOGIJA ZASNOVANIH NA OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE I OPTIMIZOVANE OPCIJE REKONSTRUKCIJE

prof. dr Mirko Komatina



CILJ:

Cilj radnog paketa je povećanje energetske efikasnosti postojećih stambenih objekata primenom mera energetske sanacije – retrofita. Pri tome se vodilo računa o što široj primeni obnovljivih izvora energije (OIE) nakon energetskog retrofita postojećih stambenih objekata. Da bi se efekti primenjenih mera mogli predviditi, kao i u cilju predikcije kod novih objekata vršene su odgovarajuće simulacije. Na taj način bi se pored povećanja energetske efikasnosti, primene OIE gde god je to moguće, značajno smanjila emisija zagađujućih materija.

Konkretni ciljevi radnog paketa bili su:

1. Definisanje mera koje bi stambene objekte doveli u stanje koje omogućava povećanje njihove energetske efikasnosti i prihvatljivu ukupnu potrošnju energije.
2. U cilju primene mera povećanja energetske efikasnosti i primene savremenih energetskih sistema potrebno je izraditi univerzalan model kako bi se mogla vršiti predikcija ZA NOVE OBJEKTE, kao i druge lokacije.
3. Procena ekološkog uticaja (LCA) na potrošnju energije u zgradarstvu i smanjenje potrošnje energije primenom odgovarajućih mera u sistemu daljinskog grejanja.
4. Praktična primena OIE na primerima fotonaponskog (PV) i fotonaponsko-termalnog (PVT) hibridnog energetskog sistema spregnutog sa akumulatorom toplotne energije.

REALIZOVANE AKTIVNOSTI/ISTRAŽIVANJA:

Povećanje energetske efikasnosti stambenih objekata - porodičnih kuća i više porodičnih stambenih zgrada tipa lamela ili objekata visoke spratnosti

Za potrebe projekta FF GreEN utvrđeno je da je potrebno izvršiti energetsku sanaciju objekata kako bi se doveli u stanje koje omogućava povećanje njihove energetske efikasnosti i prihvatljivu ukupnu potrošnju energije. Ovi postupci obuhvataju izvođenje građevinskih i drugih radova na postojećoj zgradi, kao i popravku ili zamenu 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. Mere povećanja energetske efikasnosti (EE) postojećih stambenih objekata obuhvataju:

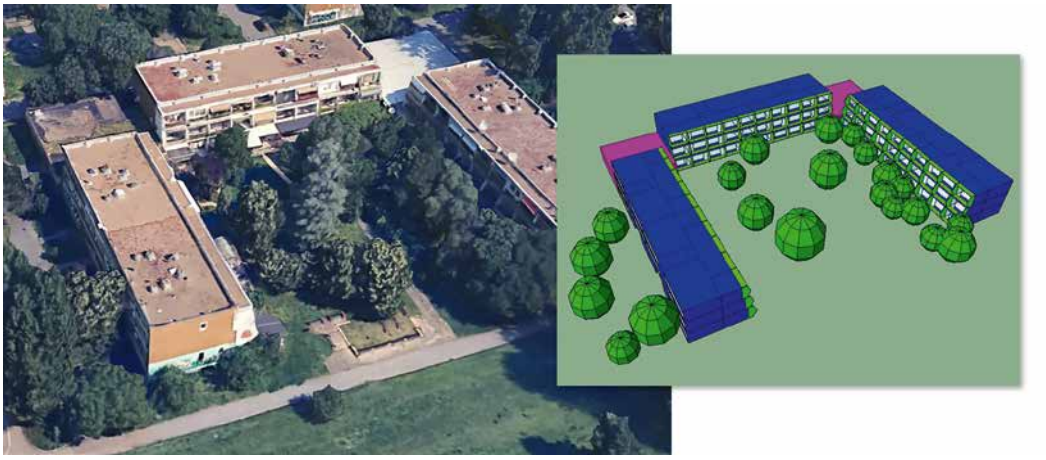
- građevinske mere koje obuhvataju zamenu stolarije, termičke izolacije spoljašnjih i unutrašnjih površi objekta, eliminaciju toplotnih mostova, primenu pasivnih mera zaštite od Sunčevog zračenja i dr.
- Mere koje se tiču unapređenja sistema grejanja, hlađenja, pripreme sanitarne tople vode (STV), sistema osvetljenja i drugih sistema (sa ili bez korišćenja toplotnih pumpi, sistema za akumulaciju toplotne energije i primenu obnovljivih izvora energije).

Prema preporukama FF GreEN projekta nakon obavljene energetske sanacije objekta do postizanja prihvatljive specifične energetske potrošnje, moguća je primena daljih unapređenja u vidu uvođenja efikasnih sistema grejanja i hlađenja baziranih na obnovljivim izvorima energije, kao i kombinovanih (hibridnih) energetskih sistema. Primena predloženih mera smanjenja potrošnje energije, omogućava da se postojeći toplotni izvori mogu koristiti za nove korisnike. Procena ušteda energije zasniva se na jasno definisanom i transparentnom pristupu, koji je u skladu sa dobrom praksom u oblasti energetskog modeliranja zgrada. Ušteda energije za svaku razmatranu meru definisana je kao razlika između godišnje finalne potrošnje energije u referentnom stanju i godišnje finalne potrošnje energije nakon implementacije mere.

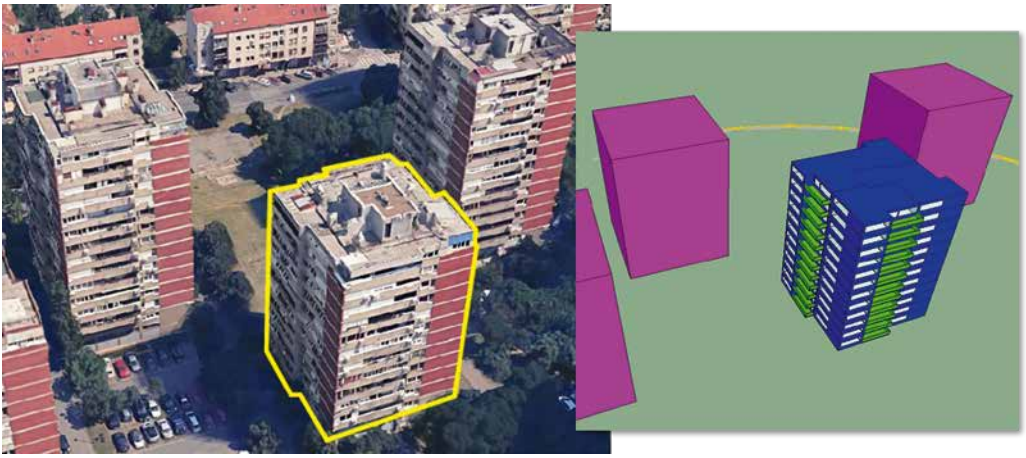
Simulacije energetskih performansi zgrade i potrošnje energije

Da bi se efekti mera energetske efikasnosti i uvođenja naprednih energetskih sistema mogli precizno predvideti, kao i da bi se mogla vršiti predikcija za nove objekte i da bi čitav proces bio brži i jeftiniji, korišćene su u okviru FF GreEN projekta, Building Energy Modeling (BEM) procedure - simulacije energetskih performansi zgrade i potrošnje energije i pomoću računarskih alata. BEM pomaže u predviđanju tokova energije za grejanje, hlađenje, osvetljenje, ventilaciju i druge sisteme u zgradi, uzimajući u obzir faktore kao što su vreme, ponašanje korisnika i karakteristike opreme. Na osnovu simulacija omogućeno je da se pokaže kako različite mere za za uštedu energije utiču na energetske performanse, termički komfor i životnu sredinu.

Simulacija modela je kreirana na realnim primerima višeporodične stambene zgrade – lamele, kao i stambenog objekta visoke spratnosti: Na Slikama 4.1 i 4.2 dati su prikazi analiziranih realnih objekata i IESVE modela.



Slika 4.1: Višeporodična stambena zgrada – lamela (fotografija i IESVE model)



Slika 4.2: Stambeni objekat visoke spratnosti (fotografija i IESVE model)

Rezultati simulacija su pokazali da se primenom mera energetskog retrofita omotača objekata može ostvariti ušteda utrošene energije za grejanje objekata od 20-50 %. Smanjenjem potrošnje energije u objektima, smanjuje se potrošnja energenata na mestu toplotnog izvora, a indirektno smanjuje emisija štetnih i opasnih materija, i smanjuju se ekonomski troškovi. Dodatne uštede je moguće ostvariti primenom obnovljivih izvora energije. U slučaju povećanja broja korisnika sistema daljinskog grejanja, u tom slučaju umesto izgradnje novih toplotnih izvora, potrebe za energijom mogu se obezbediti iz postojećih.

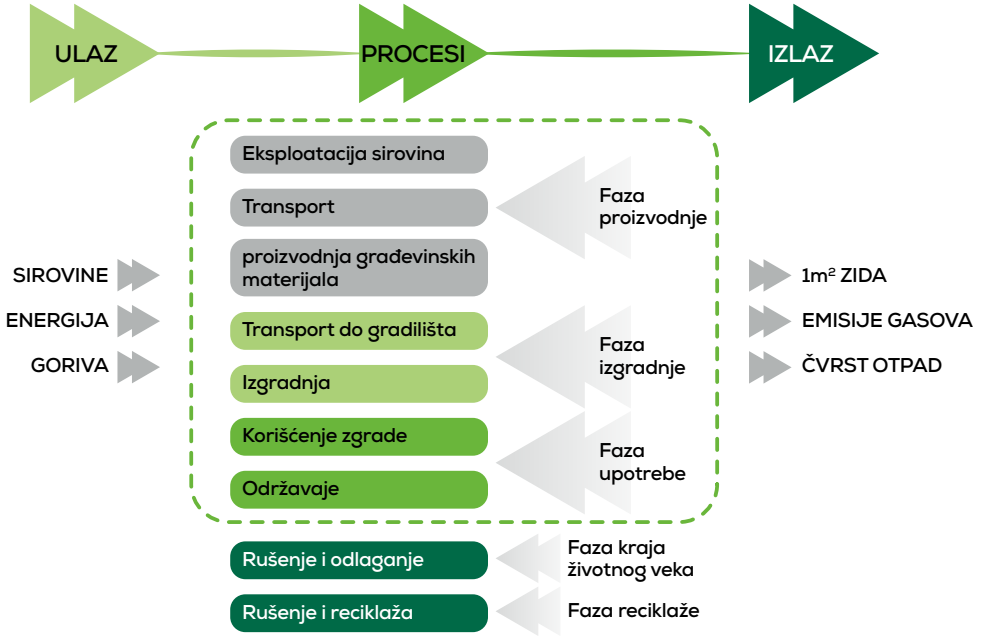
Analizama u okviru projekta je utvrđeno da implementacija hibridnih energetskih sistema, sa više toplotnih izvora, od kojih je barem jedan obnovljivi izvor energije, spregnutim sa akumulatorom toplotne energije (ATE), kao i pojedinačnih mera koje uključuju takve sisteme, ima smisla tek nakon sprovođenja energetske sanacije termičkog omotača zgrade i postizanja prihvatljive specifične energetske potrošnje.

Pored toga urađene su analize uticaja primene različitih izolacionih materijala, standardnih i biomaterijala na potrošnju energije. Pokazalo se da je dominantan uticaj debljine izolacije, dok različiti materijali imaju minimalan uticaj. Analizom životnog ciklusa pokazalo se da se postavljanjem izolacije i predikciojom životnog veka zgrada na 50 godina, ugljenični otisak smanjuje oko 25%. Istovremenom primenom toplotne izolacije i zelenog krova dobijeno je da toplotna izolacija i zeleni krov ostvaruju gotovo identično smanjenje potrebne energije za grejanje (27–31%) i uticaja tokom životnog ciklusa, izraženog kroz potencijal globalnog zagrevanja i kumulativnu potrošnju energije (10–13%). Zeleni krov pokazuje neznatno bolje rezultate, uz dodatne prednosti koje uključuju hlađenje putem evapotranspiracije i druge koristi za urbano okruženje. Primenom izolacije i fotonaponskih sistema ostvaruje se najveće smanjenje potencijala globalnog zagrevanja tokom

životnog ciklusa (npr. 26% kod trospratne i 15% kod petospratne zgrade). Primena obe mere na nivou krovova, zelenih krovova i fotonaponskih sistema povećavaju se sa porastom odnosa površine krova i ukupne površine etaža, što ide u prilog nižim zgradama. Dobijeni rezultati podržavaju davanje prioriteta primeni zelenih krovova i fotonaponskih sistema pri sanaciji stambenih zgrada tipa lamela, niže spratnosti. Rezultati pomenutog dela istraživanja saopšteni su i u radovima sa SCI liste, kao i na međunarodnim konferencijama (1-4).

Procena ekološkog uticaja na životnu sredinu (LCA), potrošnju energije u zgradarstvu. Smanjenje potrošnje energije unapređenjem sistema daljinskog grejanja (SDG)

U okviru radnog paketa urađena je i procena ekološkog uticaja na životnu sredinu i potrošnju energije u zgradarstvu korišćenjem metode procene životnog ciklusa. Granice sistema obuhvatale su faze proizvodnje, izgradnje, kao i fazu životnog veka (koja u proseku traje 50 godina). Faza kraja životnog veka koja obuhvata rušenje zgrade, odlaganje i reciklažu otpada i ona nije pripadala granicama sistema (Slika 4.3). Rezultati istraživanja pokazali su da integralni retrofit zgrada, zasnovan na usklađenom unapređenju termičkog omotača objekta, modernizaciji unutrašnjih instalacija, integraciji hibridnih energetskih sistema, omogućava znatno veće energetske, ekonomske i ekološke efekte. Poseban značaj ima prelazak na niskotemperaturne režime grejanja, optimizaciju i modernizaciju termotehničkih sistema. Na taj način moguće je smanjiti potrebnu instalisanu snagu toplotnih izvora, povećati energetsku efikasnost sistema i smanjiti emisije zagađujućih materija u sistemu grejanja. Pored unapređenja na nivou pojedinačnih objekata, pokazano je da retrofit na nivou stambenih naselja pruža dodatne mogućnosti optimizacije proizvodnje, distribucije, akumulacije i upravljanja energijom. Distriktni pristup omogućava ravnomerniji rad sistema, bolje usklađivanje proizvodnje i potrošnje energije, kao i veću integraciju obnovljivih izvora energije. Ovakav pristup zahteva složeniju organizaciju, odgovarajuće finansijske modele, podršku institucija i koordinaciju većeg broja učesnika. Izbor optimalnog scenarija energetske sanacije ne može se zasnivati isključivo na proceni uštede energije. Potrebno je uzeti u obzir ekonomske i ekološke kriterijume. Zbog toga primena LCA i LCC metodologije predstavlja važan alat za vrednovanje scenarija energetske obnove, jer omogućava sagledavanje ukupnih troškova i ekološkog učinka tokom celokupnog životnog ciklusa.

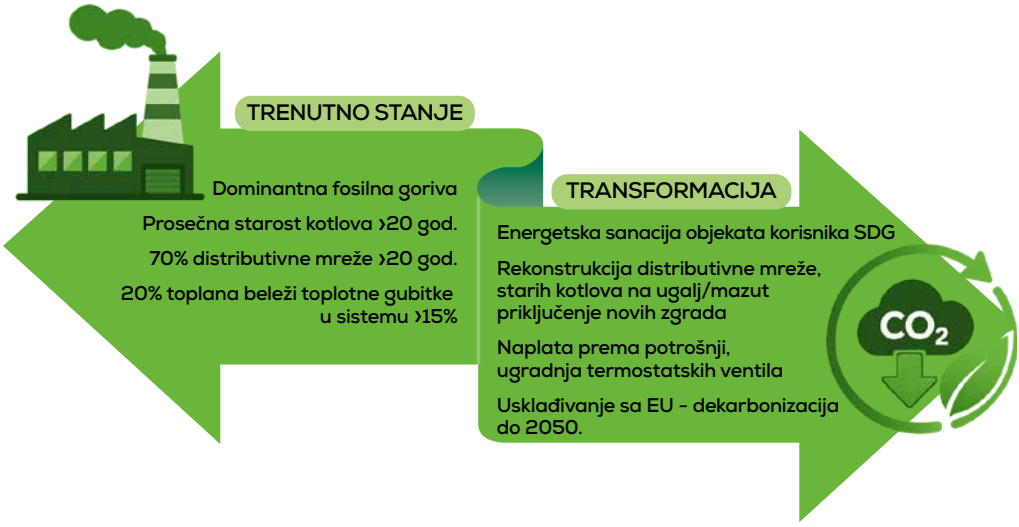


Slika 4.3: Šema granice sistema za analizu LCA

U fazu proizvodnje spadaju procesi eksploatacije sirovina, njihov transport do mesta prerade u građevinske materijale i sam proces prerade i proizvodnje finalnog produkta. Zatim sledi faza izgradnje koja podrazumeva transport građevinskih materijala do gradilišta i proces izgradnje objekta. Korišćenje zgrade i njeno održavanje predstavljaju fazu životnog veka. Faza kraja životnog veka obuhvata rušenje zgrade, odlaganje i reciklažu otpada.

Obzirom da sistemi daljinskog grejanja (SDG) zauzimaju značajno mesto u energetskom sektoru Republike Srbije, posebno sa stanovišta potrošnje energije, sagledano je postojeće stanje ovih sistema, identifikovani su ključni problemi i definisani pravci njihovog unapređenja. Rezultati su pokazali da su postojeći toplotni izvori u sistemima daljinskog grejanja u Republici Srbiji, po pravilu, energetski neefikasni i ekološki neprihvatljivi. Razmotrene su mogućnosti za smanjenje energetskog intenziteta i emisije gasova sa efektom staklene bašte primenom hibridnih energetskih sistema. Predložena su alternativna rešenja prilagođena specifičnostima lokacija i tehničkom stanju analiziranih postrojenja, uz smernice za povećanje energetske efikasnosti i održivosti SDG. Stanje sistema daljinskog grejanja u Srbiji ukazuje na izražene infrastrukturne i tehnološke nedostatke koji ograničavaju njegovu energetsku efikasnost, ekološku prihvatljivost i dugoročnu održivost. Na slici 4.4 prikazano je postojeće stanje i su dati predlozi transformacije SDG u Srbiji.

S obzirom na raznovrsnost tipova stambenih objekata u Srbiji, uključujući višeporodične zgrade tipa lamele, objekte visoke spratnosti, novije stambene zgrade sa potencijalom za integraciju OIE, kao i individualne porodične kuće, transformacija SDG mora biti strateški planirana. Zaključeno je da kod postojećeg građevinskog fonda prioritet predstavlja sprovođenje sveobuhvatne energetske sanacije, naročito kod objekata starije gradnje. Primenom ovih mere moguće je postići odgovarajući energetski razred objekta. Tek nakon ovih intervencija moguće je ostvariti puni efekat primene OIE. U ovom procesu potrebno je iskoristiti sve dostupne niskotemperaturne toplotne izvore, neiskorišćenu toplotnu energiju iz industrijskih procesa, otpadne vode i površinske vodne resurse. Značajnu ulogu u modernizaciji sistema imaju toplotne pumpe i solarni termalni kolektori, spregnuti sa ATE koji omogućavaju efikasno korišćenje niskotemperaturnih izvora energije. Nove objekte treba projektovati tako da kroz integraciju OIE, a pre svega toplotnih pumpi i solarnih sistema povezanih sa ATE, postanu aktivni učesnici u SDG 5. generacije.



Slika 4.4: Prikaz trenutnog stanja i predlozi transformacije SDG u Srbiji

Zamena zastarelih toplotnih izvora (kotlova) u toplanama predstavlja važan korak u procesu unapređenja sistema. Jedan od značajnih izazova je modernizacija sistema daljinskog grejanja u Srbiji, koji rade pri visokim radnim temperaturama i sa tehnološki zastarelim i toplotno neefikasnim mrežama. Paralelno sa tim, distributivna mreža u velikom broju toplana zahteva temeljnu rekonstrukciju kako bi se smanjili gubici toplotne energije i omogućila efikasna integracija novih tehnologija i implementacija OIE.

Utvrđeno je da budući razvoj mreža SDG u Srbiji treba da bude zasnovan na principu integrisanih „pametnih" toplotnih mreža, u kojima se sinergijski kombinuju različiti OIE, otpadna toplotna energija i sistemi za ATE, uz koordinaciju sa elektro-

energetskim sektorom i lokalnom proizvodnjom električne energije iz OIE. Time će se omogućiti povećanje energetske efikasnosti i sigurnosti snabdevanja, i ostvariti dugoročna dekarbonizacija energetskog sistema Republike Srbije. Rezultati ovog dela istraživanja saopšteni su u radovima (5, 6, 7, 8).

Rezultati realnih merenja primene OIE na primeru fotonaponskog (PV) i fotonaponskog termalnog (PVT) hibridnog energetskog sistema spregnutog sa akumulatorom toplotne energije (ATE)

U ovom delu radnog paketa prikazan je uticaj realnih klimatskih uslova na ponašanje fotonaponskih (PV) i fotonaponsko-termičkih (PVT) hibridnih energetskih sistema spregnutih sa akumulatorom toplotne energije (ATE). U tom cilju urađena su teorijska i eksperimentalna istraživanja.

Istraživanja su počela analizom uticaja meteoroloških parametara na temperaturu PV modula i proverom pouzdanosti empirijskih modela za njeno predviđanje. U daljem toku istraživanja primenjeno je vodeno hlađenje u cilju snižavanja temperature na površi panela. Nakon toga izvršeno je poređenje PV i PVT hibridnog energetskog sistema spregnutog sa ATE. Cilj je bio da se pokaže kako lokalni klimatski uslovi utiču na energetske performanse solarnih sistema i na koji način se toplotni gubici mogu smanjiti odgovarajućim upravljanjem celokupnim sistemom.

U skladu sa pomenutim sprovedena su merenja određivanja radne temperature fotonaponskog modula u realnim atmosferskim uslovima. Polazilo se od činjenice da se samo deo Sunčevog zračenja pretvara u električnu energiju, dok se značajan deo apsorbovane energije pretvara u toplotnu energiju, pri čemu se nepovratno gubi. Zbog toga temperatura fotonaponskog modula raste, a pri temperaturama iznad standardne vrednosti od 25 °C dolazi do smanjenja električne efikasnosti. Pouzdano poznavanje temperature modula zato je važno i za procenu trenutne snage i za realno predviđanje godišnje proizvodnje električne energije.

Analizirano je osam empirijskih modela za procenu temperature PV modula. Modeli su podeljeni u dve grupe: na one koji temperaturu procenjuju na osnovu temperature vazduha i intenziteta Sunčevog zračenja, i na modele koji uzimaju u obzir i brzinu vetra. Ovakva podela omogućila je da se posebno proceni koliko je važno uzeti u obzir konvektivno hlađenje strujanjem vazduha oko PV modula. Teorijski rezultati poređeni su sa eksperimentalnim merenjima na instalaciji. Eksperimentalna merenja su urađena tokom tri uzastopna julska dana, u intervalima merenja od deset minuta. Istovremeno su registrovani intenzitet Sunčevog zračenja, temperatura vazduha, brzina vetra i temperatura PV modula. Srednja dnevna temperatura modula kretala se od 40do 43 °C, što pokazuje da je modul tokom cijelog posmatranog perioda radio znatno iznad referentnih 25 °C. Najviša temperatura zabeležena je u uslovima visoke temperature vazduha i manje brzine vetra, dok je porast brzine vetra uzrokovao snižavanje temperature modula. Prikaz eksperimentalne instalacije i pojedinih elemenata dat je na Slici 4.5.



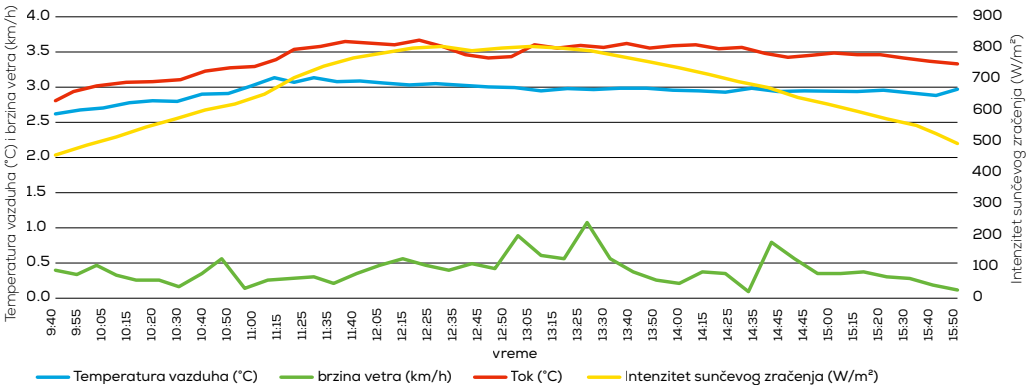
Slika 4.5: Prikaz eksperimentalne instalacije korišćene za merenje temperature PV fotonaponskog panela

Poređenjem sa empirijskim modelima utvrđeno je da modeli koji ne uzimaju u obzir brzinu vetra znatno više odstupaju od izmerenih vrednosti. Prosečna razlika za tu grupu modela iznosila je 13,4 °C, dok je za modele koji uzimaju u obzir i brzinu vetra iznosila 7,4 °C. Najbolje slaganje sa eksperimentalnim rezultatima dobijeno je "Kamuyu" model. Time je potvrđeno da lokalni meteorološki uslovi, a posebno brzina vetra, imaju ključnu ulogu u realnoj proceni temperature PV modula i da univerzalna primena jednog empirijskog modela bez lokalne provere može dovesti do značajnih grešaka.

Na osnovu obavljenih istraživanja povezane su teorijske korelacije sa stvarnim merenjima za konkretnu geografsku i klimatsku lokaciju. Dobijeni rezultati su predstavljali polaznu osnovu za naredne faze istraživanja, jer su jasno pokazale da visoka temperatura predstavlja ograničavajući faktor za PV sisteme i da je opravdano ispitivati metode hlađenja kojima bi se temperatura fotonaponskog panela panela smanjila, a električna efikasnost povećala.

Nakon ove faze istraživanja, urađena su merenja u cilju nalaženja direktne eksperimentalne veze lokalnih klimatskih parametara i temperature fotonaponskog modula. Izvršena je analiza dnevne dinamike temperature PV modula u zavisnosti od intenziteta Sunčevog zračenja, temperature vazduha i brzine vetra.

Dnevne krive promena temperature pokazale su da se u prvom delu dana temperatura PV modula dominantno menja zajedno sa intenzitetom Sunčevog zračenja, ali da lokalni padovi i porasti brzine vetra vidljivo menjaju temperaturni odziv. Kada brzina vetra raste, povećava se odvođenje toplote konvekcijom i temperatura fotonaponskog modula opada. Posle približno 14 časova, kada intenzitet Sunčevog zračenja počinje da opada, relativni značaj temperature vazduha i brzine vetra postaje izraženiji. Na taj način je pokazano da temperatura modula nije funkcija samo jednog parametra, nego rezultat njihovog zajedničkog i vremenski promenljivog delovanja. Primer promene temperature PV modula, temperature vazduha, brzine vetra i intenziteta Sunčevog zračenja tokom jednog eksperimentalnog merenja prikazan je na Slici 4.6.



Slika 4.6: Prikaz dnevne promene temperature PV modula, temperature vazduha, brzine vetra i intenziteta Sunčevog zračenja tokom eksperimentalnog merenja

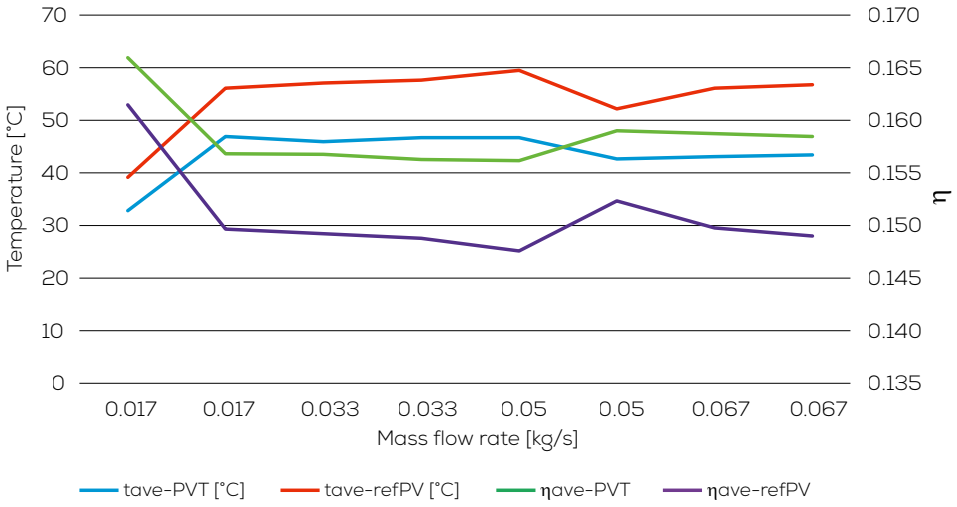
Zaključeno je da PV modul u toplim letnjim uslovima duži period radi na temperaturama znatno višim od standardnih testnih uslova. To direktno utiče na električnu efikasnost i proizvodnju električne energije. Stoga su istraživanja nastavljena u pravcu aktivnog hlađenja i termičkog upravljanja, posebno u klimatskim područjima u kojima su istovremeno prisutni visok intenzitet Sunčevog zračenja i visoke letnje temperature vazduha.

U skladu sa navedenim pristupilo se istraživanjima praktičnog rešenja za smanjenje temperature fotonaponskog panela. U eksperimentalni sistem uveden je PVT koncept, u kojem je na zadnju stranu PV panela postavljen razmenjivač toplote kroz koji cirkuliše voda za hlađenje. Na taj način se deo toplotne energije, koja bi kod klasičnog PV panela ostala akumulirana u panelu i izazvala pad električne efikasnosti, predaje radnom fluidu i dalje odvodi prema akumulatoru toplote. Hibridni energetski PVT sistem istovremeno proizvodi električnu energiju i omogućava akumulaciju toplotne energije.

Eksperimentalna instalacija je obuhvatala referentni PV panel i PVT panel istog tipa, što je omogućilo direktno poređenje pod identičnim meteorološkim uslovima. Na PVT panelu korišten je direktni razmenjivač toplote izrađen od ugljeničnog čelika, sa vodom kao radnim fluidom. Sistem je bio povezan sa rezervoarom za akumulaciju toplotne energije. Merenja su sprovedena tokom osam dana u julu mesecu. U cilju nalaženja optimalnih uslova rada, analizirana su četiri masena protoka vode. Svaki protok je ispitivan tokom dva uzastopna dana kako bi se smanjio uticaj slučajnih dnevnih odstupanja i zadržala realna varijabilnost meteoroloških uslova.

Rezultati su pokazali jasan uticaj hlađenja na električnu efikasnost. Hibridni PVT sistem je u svim merenim režimima održavao nižu radnu temperaturu od referentnog PV panela. Rezultati su nedvosmisleno pokazali da aktivno odvođenje toplotnog protoka značajno menja termički režim rada panela.

Smanjenje temperature direktno se odrazilo na električne performanse. PVT panel imao je veću električnu efikasnost od referentnog PV panela pri svim analiziranim protocima (Slika 4.7). Poseban značaj merenja je u tome što je cela analiza izvedena u realnim spoljnim uslovima, bez laboratorijskog održavanja konstantne temperature ili intenziteta Sunčevog zračenja. Time se dobija praktična procena ponašanja sistema u realnim uslovima u kojima bi on stvarno radio. Rezultati su pokazali na mogućnost primene relativno jednostavnog i cenovno pristupačnog razmenjivača toplote izrađenog od ugljeničnog čelika, što je važno za razvoj rešenja prilagođenih lokalnim proizvodnim i ekonomskim uslovima.



Slika 4.7: Promena temperature i električne efikasnosti za referentni PV i hibridni PVT panel u funkciji od masenog protoka radnog fluida

U daljim eksperimentalnim istraživanjima fokus je sa električnih performansi bio na na termičkom ponašanju PVT sistema i akumulaciju toplotne energije. Cilj je bio da se PVT kolektor i akumulator toplotne energije ne posmatraju kao odvojene komponente, nego kao integrisan energetski sistem. Takav pristup je važan zato što se povećanje električne efikasnosti PVT panela ostvaruje upravo odvođenjem toplotnog protoka, pa je za ukupnu energetsku ocenu potrebno utvrditi koliko se toplotnog protoka preda radnom fluidu i koji deo se može akumulisati u ATE.

Eksperimentalni sistem sastojao se od monokristalnog PVT kolektora sa direktnim vodenim razmenjivačem toplote na zadnjoj strani i izolovanog cilindričnog rezervoara – akumulatora toplotne energije (Slika 4.8). Predata toplotna energija u razmenjivaču toplote određena je na osnovu merenja masenog protoka vode, specifičnog toplotnog kapaciteta i razlike temperatura vode na ulazu i izlazu iz razmenjivača. Ponašanje ATE procenjeno je preko porasta temperature vode u rezervoaru od početka do kraja mernog perioda. Istovremeno su praćeni meteo-

rološki uslovi, kako bi se promene u rezultatima mogle povezati sa realnim dnevnim varijacijama intenziteta Sunčevog zračenja i temperature vazduha.



Slika 4.8: Prikaz PVT panela i akumulatora toplotne energije kod eksperimentalne instalacije sa hibridnim energetskim sistemom

Rezultati su pokazali da povećanje masenog protoka vode značajno poboljšava odvođenje toplotnog protoka sa površi PVT kolektora. Temperatura PVT panela je bila niža od temperature referentnog PV modula, čime se potvrđuje da veći maseni protok vode ne utiče samo na termički deo sistema, nego i na uslove rada fotonaponskog panela.

Razlike između merenja pri istom masenom protoku vode pokazuju da su intenzitet Sunčevog zračenja i temperatura vazduha i dalje važni faktori, pa se rezultati ne mogu tumačiti isključivo na osnovu protoka. Ipak, opšti trend ostaje jasan: veći maseni protok radnog fluida povećava razmenjeni toplotni protok, snižava temperaturu PVT panela i omogućava veću akumulaciju toplotne energije.

Pokazalo se da prednost korišćenja PVT sistema nije samo sprečavanje pregrevanja fotonaponskog panela. Toplotni protok odveden sa zadnje površi panela može se iskoristiti za pripremu sanitarne tople vode, podršku sistemima grejanja / hlađenja ili druge niskotemperaturne potrebe. Na taj način PVT–ATE koncept omogućava povećanje ukupnog iskorišćenja Sunčeve energije po jedinici površine i predstavlja osnovu za dalju optimizaciju integrisanih solarnih sistema. Pored povećanja električnog stepena korisnosti uvođenjem PVT fotonaponskog panela, ukupni stepen korisnosti koji pored električnog obuhvata i termički stepen korisnosti je značajno veći. Time je pokazano da je bio potpuno opravdan koncept uvođenja hibridnog energetskog sistema PVT, fotonaponskog panela, spregnutim sa akumulatorom toplotne energije.

Dobijeni rezultati daju osnovu za dalje istraživanje optimalnih protoka, dugoročnog ponašanja izmenjivača, sezonskog rada sistema, integracije sa pripremom sanitarne potrošne tople vode ili toplotnim pumpama, kao i za tehno-ekonomske analize koje bi pokazale opravdanost primene PVT–TES sistema u različitim tipovima objekata. Rezultati ovog dela istraživanja saopšteni su u radovima (9 - 13).

REZULTATI:

Radni paket 4 kao rezultat ima četiri dokumenata (deliverables), javno dostupnih na sajtu projekta. Pored toga, nalazi su predstavljeni u nizu naučnih radova i konferencijskih saopštenja.

- D 4.1: Report on building energy performance and consumption, including breakdown to end users. (Izveštaj o proceni referentne potrošnje energije u zgradama zasnovan na modeliranju, uključujući prikaz potrošnje po krajnjim korisnicima). dostupno na https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/?page_id=1204
- D 4.2: Technical report on energy savings achieved by the described forward-looking RES based technologies. (Tehnički izveštaj o uštedama energije ostvarenim primenom perspektivnih tehnologija zasnovanih na obnovljivim izvorima energije). dostupno na https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/?page_id=1204
- D 4.3: Technical report on LCC analysis and emission reduction of the considered forward-looking RES-based technologies. (Tehnički izveštaj o LCC (Life Cycle Cost) analizi i redukciji emisija razmatranih perspektivnih tehnologija zasnovanih na obnovljivim izvorima energije). dostupno na https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/?page_id=1204
- Radovi objavljeni u časopisima sa SCI liste, domaćem časopisu i na međunarodnim konferencijama:

1. Simon Muhič, Dimitrije Manić, Ante Čikić, Mirko Komatina, Influence of Building Envelope Modeling Parameters on Energy Simulation Results, Sustainability, 2025, 17, 5276, https://doi.org/10.3390/su17125276.
2. Manić, D., Komatina, M., Antonijević, A., Ivezić, D., Ećim-Đurić, O. (2025). Evaluation of Energy Conservation Measures for Existing Residential Buildings in Novi Beograd Using Building Energy Modeling. In Proceedings of the 40th International Conference ENERGETIKA 2025.
3. Manic, Dimitrije; Komatina, Mirko; Topic-Bozic, Jelena; Peric, Milica, Operational Energy and Lifecycle Assessment of Envelope Retrofit Strategies for District-Heated Residential Buildings: Comparison of Expanded Polystyrene and Bio-Based Insulation, Processes, 2026, 14(9), 1329; https://doi.org/10.3390/pr14091329.
4. Dimitrije Manić; Mirko Komatina; Marija Lalosevic, Jelena Topić Božič, Sustainable Retrofit Pathways for Post-War Lamella Residential Buildings: A Comparative Energy Performance and Life Cycle Assessment in Novi Beograd, Serbia, Sustainability 2026, 18(18), 9480, https://doi.org/ 10.3390/su18189480.
5. Kovačević, S., Komatina, M., Banjac, M., Reduction of pollutant emissions and energy consumption in buildings using life cycle assessment. Energija, Ekonomija, Ekologija, ISSN: 0354-8651, DOI: 10.46793/eee25-4.01k.

6. Kovačević, S., Komatina, M., Banjac, M., Energy and environmental aspects of building retrofits, Paper presented at the 41st International Conference ENERGETIKA 2026, Zlatibor, Serbia, April 15-18, 2026.
7. Danijela Srećković, Mirko Komatina, Miloš Banjac, Analysis of the current state and development potential of district heating systems in Serbia, Paper presented at the 41st International Conference ENERGETIKA 2026, Zlatibor, Serbia, April 15-18, 2026.
8. Mina Mirović, Mirko Komatina, Miloš Banjac, A review of the opportunities and limitations of implementing fifth-generation district heating and cooling in the energy system of the Republic of Serbia, Paper presented at the 41st International Conference ENERGETIKA 2026, Zlatibor, Serbia, April 15-18, 2026.
9. Danijela Kardas-Ancic; Mirko Komatina, Petar Gvero, Photovoltaic module temperature estimation under various environmental conditions: Preliminary experimental and theoretic study, Thermal Science 2025, https://doi.org/10.2298/TSCI241224049K.
10. Kardaš Ančić, D., Komatina, M., Gvero, P., Knežević, B., Pupčević, M. (2025). Eksperimentalno istraživanje uticaja klimatoloških parametara na temperaturu PV modula. ENEF 2025, Banja Lika, RS, konferencijski rad.
11. Kardaš Ančić, D., Komatina, M., Gvero, P., Knežević, B., Pupčević, M. (2026). Experimental comparison of the electrical efficiency of photovoltaics and photovoltaics-thermal hybrid system in real operation conditions. Energy, Article 140561, https://doi.org/10.1016/j.energy.2026.140561.
12. D. Kardaš Ancic, M. Komatina, P. Gvero, M. Kotur, M. Pupčević. Preliminary experimental analysis of heat transfer and thermal energy storage behaviour in a photovoltaic-thermal system, Paper presented at the Ninth International Scientific Conference "Alternative Energy Sources, Materials &Technologies (AESMT'26)", 12 - 13 May, 2026, Sofia, Bulgaria.
13. Kardaš Ančić, D., Komatina, M., Čikić, A., Gvero, P., Muhič, S., (2026). Experimental Study and Performance Analysis of the Photovoltaic System Output under Real Weather Conditions. TECHNICAL JOURNAL 20, 4(2026), 534-540, https://doi.org/10.31803/tg-20250213103422

5. RAZVOJ INOVATIVNOG OKVIRA ZA INTEGRACIJU MODELIRANJA ENERGETSKIH SISTEMA I ABM ALATA ZA PODRŠKU U PROCES PARTICIPATIVNOG „BACKCASING"-A

prof. dr Dejan Ivezić



CILJ:

Cilj ovog radnog paketa je definisanje novog metodološkog okvira za strateško planiranje energetske tranzicije domaćinstava zasnovanog na integraciji participativnog „backcasting" pristupa, ABM alata i tradicionalnog modeliranja energetskih sistema. Konkretni ciljevi su:

1. kreiranje energetskog modela sektora domaćinstava zasnovanog na agentima (engl. Agent Based Model - ABM);
2. predlog reprezentativnih skupova indikatora za vođenje procesa energetske tranzicije u domaćinstvima;
3. predlog metodološkog okvira za uvođenje alata za podršku ABM-a u proces energetskog planiranja

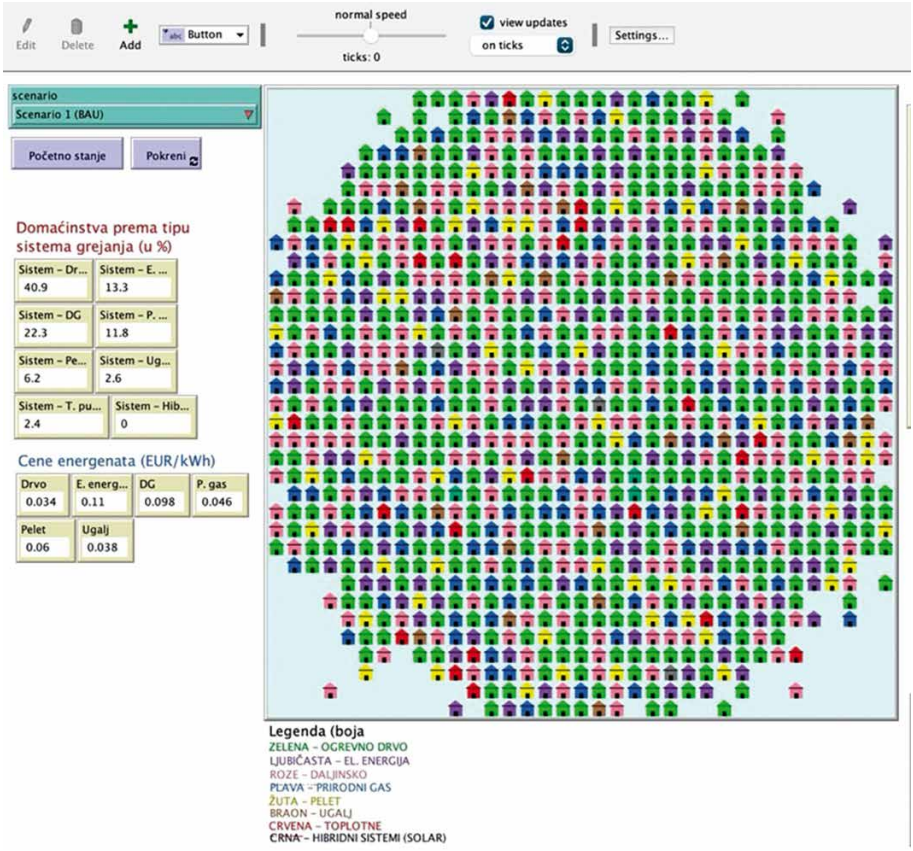
REALIZOVANE AKTIVNOSTI/ISTRAŽIVANJA:

ABM model sektora domaćinstva

Za potrebe projekta FF GreEN korišćena je NetLogo platforma i kreiran je alat za simulaciju energetske tranzicije u sektoru grejanja domaćinstava u Republici Srbiji do 2050. godine. Softver i uputstvo za instalaciju se nalaze na web stranici projekta FF GreEN (videti u Rezultatima). Ovoj alat je dodatno modifikovan u okviru radnog paketa 6 (WP6) za potrebe simulacije energetske tranzicije u sektoru grejanja domaćinstava u Vranju, takođe do 2050. godine. Modeli su fokusirani na individualne entitete, odnosno domaćinstva. Ovakav pristup, u literaturi poznat je i kao „bottom-up" (odozdo na gore), tretira sva domaćinstva kao posebne potrošače i usmeren je na ispitivanje njih i njihovog ponašanja i donošenje odluka o grejanju. Fokus alata stavljen je na grejanje stambenog prostora, s obzirom na to da ono predstavlja dominantan vid potrošnje energije u sektoru domaćinstava.

Osnovna logika na kojoj razvijeni alat počiva jeste pretpostavka da svako domaćinstvo, u skladu sa sopstvenim potrebama, mogućnostima i spoljnim uslovima, nastoji da dugoročno obezbedi grejanje tokom zimskog perioda kako bi osiguralo osnovne životne uslove.

Temeljni podaci za inicijalnu simulaciju tranzicije domaćinstava i testiranje ABM alata dobijeni su kroz anketu sprovedenu 2024. godine. Na osnovu tih podataka, u modelu je kreirano 1033 domaćinstva sa specifičnim karakteristikama (za detalje pogledati poglavlje 3). Njihova grafička interpretacija u modelu napravljenom na NetLogo platformi, a prema sistemu grejanja koji koriste, prikazana je na Slici 5.1



Slika 5.1: Izgled NETLogo korisničkog interfejsa – početno stanje

Ulazni podaci za tržište energenata Republike Srbije, sisteme grejanja i emisione faktore preuzeti su iz relevantnih izvora. U odnosu na polazne pretpostavke i ulazne podatke, model se bavi sledećim pitanjima:

- Kako će izgledati energetska tranzicija u grejanju domaćinstava u Republici Srbiji do 2050. godine i kakva će biti struktura sistema grejanja?
- Koji instrumenti energetske politike najviše doprinose masovnijoj primeni održivijih sistema grejanja?
- Kako instrumenti, odnosno struktura sistema grejanja u domaćinstvima utiču na lokalne emisije CO_2, CO i NO_x?

Razvijeni ABM alat za simulaciju energetske tranzicije u sektoru domaćinstava predstavlja fleksibilan okvir koji se prilagođava ciljevima istraživanja, prostornom obuhvatu i dostupnosti podataka. Zbog toga nijedna implementacija modela nije u potpunosti uniformisana. Struktura modela, nivo detaljnosti i skup promenljivih mogu se razlikovati u zavisnosti od toga da li se analiza sprovodi na lokalnom, regionalnom ili širem nivou, kao i od specifičnosti energetske infrastrukture i karak-

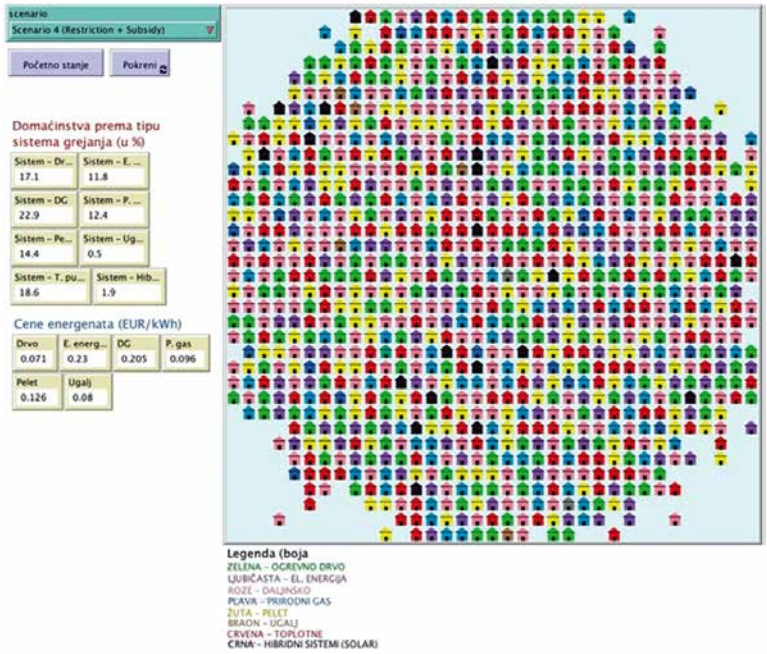
teristika posmatrane populacije. Ipak, bez obzira na konkretnu primenu, moguće je identifikovati univerzalne kategorije promenljivih koje opisuju domaćinstva kao agente i utiču na njihove odluke o izboru sistema grejanja i energetsku tranziciju, kao i sredinu u kojoj se nalaze i koja na njih utiče.

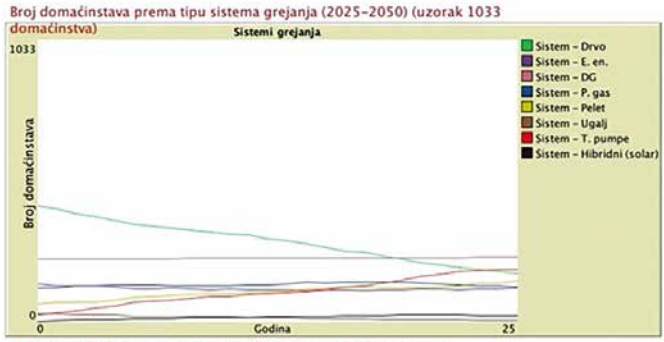
Simulacija traje od 2024. godine (bazna godina) do 2050. godine. Korisnik može da bira scenario simulacije (npr. bez subvencija, sa subvencijama, sa zabranom određenih tehnologija itd.), što direktno utiče na ponašanje domaćinstava. Takođe, pre početka simulacije korisnik može da promeni zadate jedinične troškove korišćenja pojedinih goriva ili energenata, kao i cene nabavke određenih sistema grejanja.

Proces donošenja odluka zasniva se na pretpostavci da domaćinstva racionalno procenjuju dostupne opcije grejanja u skladu sa sopstvenim karakteristikama, finansijskim mogućnostima, spoljnim uslovima i interakcijama sa drugim agentima. Na taj način model omogućava detaljniji prikaz bihejvioralnih odgovora i dinamike energetske tranzicije u sektoru grejanja domaćinstava.

Glavni inicijator zamene postojećeg sistema grejanja za svako domaćinstvo jeste dotrajalost sistema, odnosno kraj njegovog životnog veka. Pretpostavka modela je da će domaćinstva menjati postojeći sistem grejanja nasumično u periodu kada starost sistema dostigne između 20 i 25 godina. Dodatni inicijator zamene postojećeg sistema za moderniji način grejanja može biti i uvođenje subvencija kao mere za ubrzanje energetske tranzicije, za ona domaćinstva koja su se izjasnila da su voljna da prihvate ovu vrstu podrške za zamenu postojećeg sistema grejanja.

U trenutku zamene, domaćinstva se opredeljuju za najisplativiji način grejanja, uzimajući u obzir cenu novog sistema i cenu energenta. Međutim, izbor je ograničen karakteristikama koje za svako domaćinstvo pojedinačno predstavljaju određena ograničenja (npr. tip objekta, grejna površina, materijalni status i dr.), kao i pokretačima koji mogu biti unutrašnji (spremnost domaćinstva da investira u moderniji sistem grejanja) i spoljašnji (voljnost da se prihvati subvencija za zamenu sistema i uticaj okruženja, odnosno komšiluka).









Slika 5.2: Sistemi grejanja u Republici Srbiji do 2050. godini i efekti promena

Definisani ABM simulacioni alat se u okviru projekta koristio za testiranje efekata različitih instrumenata energetske politike za ubrzanje energetske tranzicije u sektoru grejanja. Kao primer primene, na Slici 5.2 prikazani su rezultati simulacije za Scenario sa subvencijom 50% za kupovinu modernih i efikasnijih sistema grejanja – toplotne pumpe, uvođenje daljinskog grejanja ili sistemi na pelet i zabranom prodaje peći i kotlova na ogrevno drvo i ugalj od 2030. godine. Prikazana je raspodela korišćenih sistema grejanja u domaćinstvima u Republici Srbiji 2050. godine, promena udela domaćinstava prema sistemima grejanja, promena specifične potrošnje energije i emisija (CO_2, CO i NO_x) u periodu od 25 godina (2025-2050. godina).

Reprezentativni skup indikatora za vođenje procesa energetske tranzicije

U okviru projekta FF GreEN sprovedena je analiza pokazatelja koji se koriste za praćenje i vrednovanje procesa energetske tranzicije u domaćinstvima. Izvršen je pregled relevantne naučne i stručne literature sa ciljem identifikacije indikatora koji omogućavaju procenu tehničkih, ekonomskih, ekoloških i socijalnih efekata primene mera energetske efikasnosti i obnovljivih izvora energije. Na osnovu analize odabran je reprezentativni skup indikatora koji može poslužiti kao osnova za praćenje napretka energetske tranzicije, procenu uspešnosti sprovedenih mera i podršku donošenju odluka u oblasti održivog energetskog razvoja domaćinstava. Reprezentativni skup indikatora energetske tranzicije obuhvata četiri osnovne kategorije: tehničke, ekonomske, ekološke i socijalne indikatore. Njihova zajednička primena omogućava sveobuhvatno sagledavanje efekata uvođenja energetski efikasnih tehnologija i obnovljivih izvora energije u domaćinstvima.

Tehnički indikatori odnose se na performanse, pouzdanost i dostupnost energetskih tehnologija. Oni omogućavaju procenu tehničke izvodljivosti primene različitih rešenja, njihove usklađenosti sa postojećom infrastrukturom i mogućnosti dugoročnog funkcionisanja. Kao najvažniji tehnički pokazatelji izdvajaju se pouzdanost sistema, energetska efikasnost i dostupnost tehnologija.

Ekonomski indikatori procenjuju finansijsku održivost energetske tranzicije. Oni obuhvataju ostvarene uštede energije i troškova, period povrata investicije, kao i pristupačnost energetski efikasnih rešenja, zelenih tehnologija i izvora finansiranja. Ovi indikatori omogućavaju procenu isplativosti ulaganja i identifikaciju finansijskih prepreka za širu primenu održivih energetskih tehnologija.

Ekološki indikatori mere doprinos energetske tranzicije zaštiti životne sredine i smanjenju antropogenog uticaja na promenu klime. Najznačajniji pokazatelji u ovoj grupi su udeo energije iz obnovljivih izvora, ukupne ekološke performanse domaćinstava i efikasnost korišćenja raspoloživih resursa. Njihovom primenom mogu se pratiti efekti smanjenja emisija gasova sa efektom staklene bašte, zagađenja životne sredine i potrošnje prirodnih resursa.

Socijalni indikatori usmereni su na uticaj energetske tranzicije na kvalitet života stanovništva. Oni obuhvataju komfor energetske tranzicije, komfor stanovanja i

zadovoljstvo korisnika energetskim sistemima. Poseban značaj imaju u proceni socijalne prihvatljivosti novih tehnologija, smanjenja energetskog siromaštva i obezbeđivanja pravednog pristupa čistim i efikasnim izvorima energije.

Zajedno posmatrani, tehnički, ekonomski, ekološki i socijalni indikatori čine integrisan okvir za praćenje i usmeravanje energetske tranzicije u domaćinstvima. Njihova primena omogućava donošenje kvalitetnijih odluka, efikasnije planiranje mera i pouzdanu procenu napretka ka održivom i niskougljeničnom energetskom sistemu.

FF GreEN metodologija planiranja energetske tranzicije u domaćinstvima

Planiranje održive energetske tranzicije zahteva kombinaciju različitih metodologija kako bi se obuhvatila složenost modernog društva i domaćinstava. Dok se backcasting metod fokusira na formulisanje željene budućnosti i kvalitativnih scenarija („priča o budućnosti"), istraživački (exploratory) pristup polazi od trenutnog stanja i analizira trendove kako bi ponudio kvantitativne prognoze i dugoročnu podršku energetskom sektoru.

Kvalitetniji i efikasniji proces planiranja postiže se integracijom i sinergijom ova dva pristupa. Kvantitativni modeli istraživačkog pristupa (koji prate makroekonomske, demografske i ekološke pokazatelje) uspešno se spajaju sa kvalitativnim ishodima backcasting-a. Na taj način, vizije o poželjnoj budućnosti postaju osnova za definisanje glavnih pretpostavki u računarskim alatima za energetsko modelovanje.

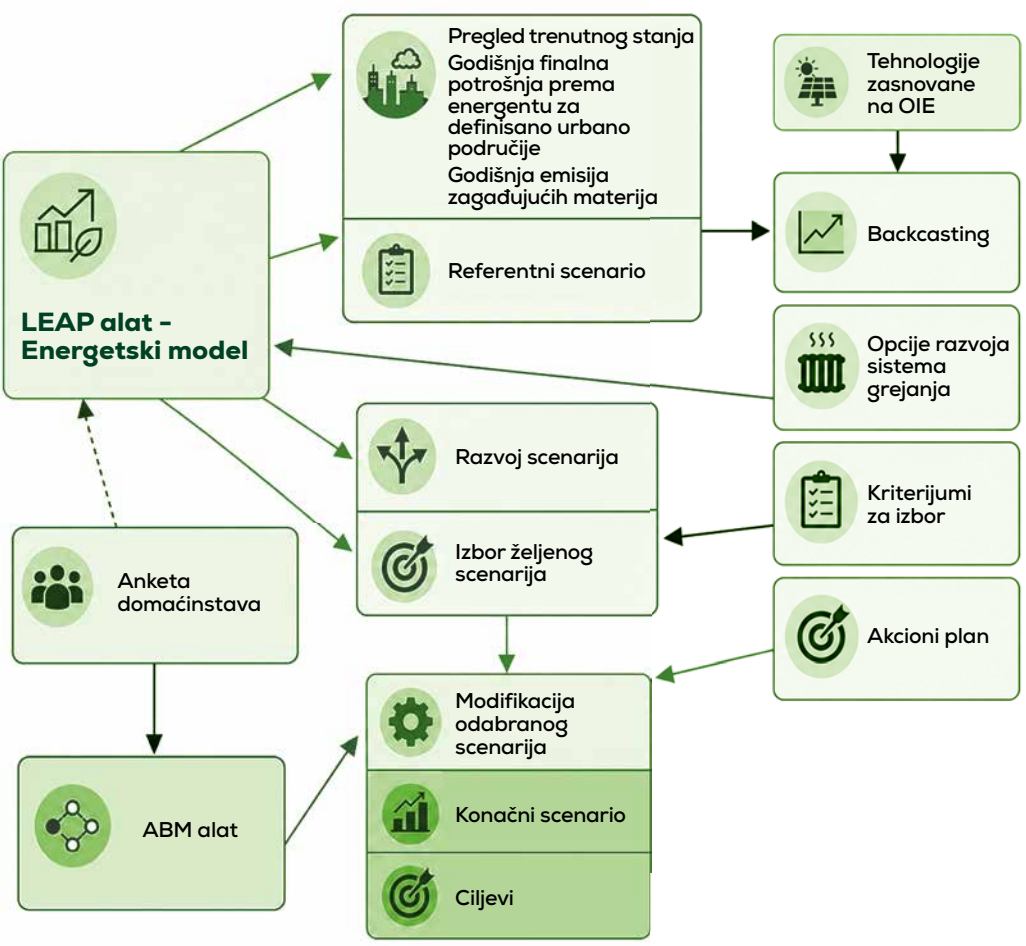
Ova sinergija omogućava da se putanja od sadašnjosti ka budućnosti uspešno prevede u precizne modele. Krajnji rezultat je bolji uvid u efekte predloženih mera, jasna vizuelizacija različitih scenarija i obezbeđivanje pouzdanih indikatora, što donosiocima odluka omogućava znatno kvalitetnije i obuhvatnije planiranje održive tranzicije.

Kako bi se obuhvatila složenost ponašanja i navika heterogenih grupa potrošača unutar sektora domaćinstava, u ovaj integrisani okvir uvodi se modelovanje zasnovano na agentima (ABM) pokretano empirijskim podacima iz anketa. Za razliku od tradicionalne sistemske dinamike koja pretpostavlja homogenost, ABM omogućava simulaciju individualnih karakteristika i međusobnih interakcija različitih tipova domaćinstava – od inovatora do konzervativnih grupa. Kroz analizu društvenih i ponašajnih aspekata, ovaj pristup formira stabla odlučivanja koja precizno ispituju kapacitete i granice usvajanja inovativnih tehnologija, poput solarnih panela, toplotnih pumpi i efikasnijih kućnih aparata na mikro nivou.

Simulacija ovih realnih obrazaca ponašanja rezultira razvojnim putanjama koje se razlikuju od onih inicijalno dobijenih kroz interakciju PB okvira i top-down modelovanja. Uočene razlike direktno se pripisuju netehničkim aspektima energetske tranzicije, čime se po prvi put omogućava njihova precizna kvantifikacija i ra-

zumevanje stvarnog uticaja na sistem. Na taj način, sinergija kvalitativnih vizija, kvantitativnih modela i simulacije ponašanja agenata pruža donosiocima odluka moćan alat za razvoj instrumenata energetske politike koji će uspešno podstaći višu stopu prihvatanja inovacija u sektoru domaćinstava.

Algoritam sprovođenja prethodno opisane metodologije obuhvata participativni backcasting, izradu ekspertskih energetskih modela, simulaciju ponašanja domaćinstava zasnovanu na agentima (ABM) koja kao set ulaznih podataka uzima rezultate ciljano sprovedenih anketa u konkretnoj lokalnoj zajednici (Slika 5.3).



Slika 5.3: Algoritam sprovođenja FF GreEN metodologije

Prikazani algoritam detaljnije prikazuje ključne faze procesa energetskog planiranja, kao i način interakcije različitih metoda uz jasan prikaz kombinacija pristupa energetskom planiranju u svakoj od faza procesa. Namera je bila da se kori-

šćenjem raspoloživih alata i metoda dobiju što realniji opisi budućnosti, procene stvarni dometi predloženih mera, formuliše jasna mapa puta i predlože odgovarajuće targetirane mere i aktivnosti. Detaljni opis primene navedene metodologije u Vranju, kao i dobijeni rezultati detaljno su prikazani i analizirani u 6. poglavlju ovog Zbornika.

Primarna svrha ovog algoritma jeste podrška procesu energetskog planiranja procenom potencijalnih instrumenata politike u fazi njihovog izbora i formulisanja. Integrativni pristup treba da usmeri i unapredi ceo proces planiranja tako što će kroz metodologiju ukazati da li je, i u kom obimu, neophodna revizija izvornih politika pre njihove primene u realnom sistemu.

Predloženi algoritam omogućava nova testiranja i ažuriranja, imajući u vidu da će se ulazni parametri modela vremenom menjati zbog svoje stohastičke prirode. Osnovni elementi novog pristupa su dva pojedinačno razvijena modela (ABM model individualnog grejanja i ekspertski LEAP model), koja su povezana kroz proces participativnog „backcasting" energetskog planiranja (Slika 5.3).

U procesu participativnog „backcasting" energetskog planiranja, najširi krug zainteresovanih strana promišlja i planira energetsku politiku lokalne zajednice. Kroz prethodno usvojenu proceduru (detaljno opisanu u publikaciji „Backcasting metodološki pristup – Vodič za primenu u energetskom planiranju"), konsenzusom se dolazi stanja lokalnog energetskog sistema koji se u budućnosti želi i do mera i aktivnosti koje obezbeđuju njegovo postizanje. Definišu se indikatori koje je potrebno pratiti u toku sprovođenja predloženih politika.

ABM model domaćinstava se formira na na osnovu lokalno sprovedene ankete kako bi se opisalo ponašanje domaćinstava i njihov odgovor na različite instrumente politike u vezi sa cenama tehnologija i energenata, subvencijama/zabranama primene određenih tehnologija, promocijom mera energetske efikasnosti itd. Istovremeno, korišćenjem nekih od tradicionalnih alata za energetsko modeliranja kreira se ekspertski model lokalnog energetskog sistema.

Analiza mikro ponašanja i reakcija na lokalne energetske politike dobijena u ABM modelu, unosi se u ekspertski energetski model kako bi se sagledali efekti na makro nivou. U složenom procesu donošenja odluka, ova makro analiza služi za procenu i modifikaciju instrumenata lokalne politike.

Na ovaj način, pristup integriše trenutnu strukturu grejanja u domaćinstvima, stavove i percepcije potrošača (dobijene iz ankete), energetske planove i energetske politike dobijene u postupku participativnog odlučivanja, simulaciju energetskog ponašanja svakog domaćinstva baziranog na agentima, energetske bilanse i ekspertska znanja.

REZULTATI:

- Određivanje reprezentativnih skupova indikatora za usmeravanje procesa energetskog planiranja, pregled literature, dostupno na https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2025/04/WP5-Pregled-literature-01042025.pdf
- D 5.1: ABM alat za podršku – ABM model domaćinstava
  - Softver dostupan na https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/?page_id=1204 (Work Package 5, ABM Support Tool – Serbian Version, Download)
  - ABM alat za podršku analizi energetske tranzicije u domaćinstvima: Uputstvo za korisnike, dostupno na https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2025/12/ABM-alat-Uputsvo_srpski.pdf
- D 5.2: Backcasting metodološki pristup – Vodič za primenu u energetskom planiranju, dostupno na https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2025/09/Manual-for-backcasting-process-.pdf
- D 5.3: Vodič za energetsku tranziciju u domaćinstvima, štampana publikacija, dostupna na https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2026/06/vodic-za-ET-u-domacinstvima-v4.pdf

6. STUDIJA SLUČAJA – RAZVOJ MAPE PUTA ENERGETSKE TRANZICIJE DOMAĆINSTAVA DO 2050. GODINE

prof. dr Marija Živković



CILJ:

- Implementacija i testiranje razvijenog okvira za planiranje energetske tranzicije u domaćinstvima
- Izrada mape puta energetske tranzicije domaćinstava do 2050. godine u izabiranoj lokalnoj samoupravi

REALIZOVANE AKTIVNOSTI/ISTRAŽIVANJA:

Izbor lokalne samouprave

Proces izbora lokalne samouprave na kojoj će biti testirana inovativna metodologija, izvršen je u toku 2025. godine i imao je nekoliko etapa:

1. Prezentacija rezultata radnih paketa 2, 3 i 4 na sastanku sa lokalnim energetskim menadžerima u okviru Mreže energetskih menadžera partnera na projektu Stalne konferencije gradova i opština (SKGO),
2. Javni poziv za učešće na projektu,
3. Evaluacija pristiglih prijava za učešće na projektu i izbor lokalne samouprave za koju će se uraditi Mapa puta.

Kriterijumi za izbor su bili veličina lokalne samouprave, raspoloživost infrastrukturnih sistema, postojanje sistema energetskog menadžmenta, raspoloživost obnovljivih izvora energije i motivacija za učešće u projektu. Takođe, uzeto je u obzir i mišljenje predstavnika SKGO vezano za sposobnost lokalnih samouprava da podrže sprovođenje novog pristupa energetskom planiranju kroz aktivno angažovanje i učešće u radionicama i uključivanje zainteresovanih strana. Od prispelih prijava, za studiju slučaja izabran je Grad Vranje (https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2025/11/IZVESTAJ-D6.1-M22.pdf)

Početak saradnje na projektu formalizovan je potpisivanjem Sporazuma o saradnji o učešću Grada Vranja u projektu FF GreEN, 20.10.2025. godine. Sporazumom je predviđeno da se kroz realizaciju projektnih aktivnosti unaprede kapaciteti Grada u oblastima energetske efikasnosti i korišćenja obnovljivih izvora energije, kao i da se dodatno ojača svest građana o značaju održivog razvoja, energetske tranzicije i odgovornog korišćenja energije. Jedan od konkretnih rezultata saradnje je izrada Mape puta energetske tranzicije domaćinstava u Vranju do 2050. godine, koja predstavlja osnovu za dugoročno sagledavanje mogućih pravaca razvoja sistema grejanja i definisanje prioritetnih mera i aktivnosti na lokalnom nivou.

Grad Vranje se uključio u projekat FF GreEN sa namerom da dodatno podrži i olakša ostvarivanje ciljeva definisanih relevantnim strateškim i planskim dokumentima, kao i da doprinese ubrzanju energetske tranzicije u sektoru domaćinstava. Poseban motiv za uključivanje u projekat predstavlja potreba za unapre-

đenjem kvaliteta vazduha i smanjenjem lokalnog zagađenja, koje je u značajnoj meri povezano sa načinom zadovoljavanja potreba za grejanjem u domaćinstvima. Merenja koncentracija suspendovanih čestica PM10, koja se u Vranju kontinuirano sprovode od sredine 2024. godine, ukazala su na značajna prekoračenja dnevnih graničnih vrednosti tokom grejne sezone, naročito u delovima grada u kojima se za potrebe grejanja u velikoj meri koriste individualna ložišta. Ovi rezultati dodatno ukazuju na potrebu za sistemskim pristupom unapređenju načina grejanja, povećanju energetske efikasnosti i postepenom uvođenju čistijih tehnologija i energenata.

STUDIJA SLUČAJA

Proces izrade Mape puta razvoja energetske tranzicije domaćinstava u Vranju predstavlja inicijalnu primenu metodologije razvijene u okviru projekta FF GreEN. Cilj ovog procesa bio je da se, uz uvažavanje lokalnih specifičnosti, postojećeg stanja energetskog sistema, potreba domaćinstava i raspoloživih potencijala, sagledaju mogući pravci transformacije sistema grejanja do 2050. godine i definišu ključne mere za ostvarivanje željene budućnosti.

Za realizaciju ovog procesa bilo je potrebno organizovati i sprovesti tri radionice sa predstavnicima relevantnih zainteresovanih strana u Vranju. Radionice su omogućile uključivanje lokalnih stručnjaka, predstavnika institucija i drugih relevantnih aktera. U okviru rada na radionicama sprovedena je procedura modularnog participativnog backcastinga.

Prva radionica je održana 23. decembra 2025. godine u Vranju, https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/?p=1974
Druga radionica je održana 11. marta 2026. godine u Vranju, https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/?p=2011
Treća radionica je održana 10. juna 2026. godine u Vranju, https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/?p=2094.

Pored navedenih radionica u okviru rada na studiji slučaja, izvršena je anketa domaćinstava u Vranju koja predstavlja poseban i izuzetno značajan segment metodologije koja je razvijena u okviru projekta.

Detaljan prikaz primene metodologije, korak po korak, sa glavnim rezultatima, opisan je kao studija slučaja i sastavni je deo Vodiča za energetsku tranziciju u domaćinstvima. (https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2026/06/vodic-za-ET-u-domacinstvima-v4.pdf).

Rezultati rada na Prvoj radionici

Tokom prve radionice sprovedena je detaljna analiza postojećeg stanja sistema grejanja u Vranju, sa posebnim osvrtom na korišćene energente, tehnologije grejanja, energetsku efikasnost i uticaj na životnu sredinu. Analiza je pokazala dominantno oslanjanje na drvnu biomasu kao primarni energent, koja se najviše koristi u individualnim ložištima, ali je delimično zastupljena i u sistemu daljinskog grejanja.



Iako korišćenje lokalno dostupne drvne biomase doprinosi smanjenju zavisnosti od uvoznih fosilnih goriva, identifikovani su brojni strukturni izazovi, među kojima se izdvajaju nizak nivo energetske efikasnosti objekata, značajne potrebe za toplotnom energijom i visok udeo individualnih sistema grejanja.

Poseban, veoma izražen problem predstavlja kvalitet vazduha, imajući u vidu učestala prekoračenja graničnih vrednosti koncentracija suspendovanih PM čestica tokom grejne sezone.

Pregled trenutnog stanja predstavlja suštinski definisanje početnog stanja sistema koji je predmet razmatranja, tj. transformacije.

Značajan rezultat radionice bilo je definisanje dugoročne vizije razvoja sistema grejanja do 2050. godine. Vizija podrazumeva uspostavljanje energetski efikasnog, ekološki održivog i društveno prihvatljivog sistema grejanja, koji omogućava

visok nivo toplotnog komfora uz svođenje emisija zagađujućih materija na vrednosti u okviru propisanih granica. Vizija predstavlja željeno stanje sistema, odnosno krajnju tačku procesa transformacije.

Pored toga, identifikovani su ključni pravci daljeg razvoja sistema, koji obuhvataju unapređenje energetske efikasnosti objekata, povećanje stepena centralizacije sistema, diversifikaciju energenata ka obnovljivim izvorima, kao i primenu inovativnih i digitalno podržanih tehnoloških rešenja.

Rezultat rada na Drugoj radionici

Cilj druge radionice bio je produbljivanje analize budućih putanja razvoja sistema grejanja kroz identifikaciju ključnih uticajnih faktora, neizvesnosti i razvoj scenarija energetske tranzicije u sektoru domaćinstava.

Radionica je bila usmerena na identifikaciju faktora koji mogu značajno uticati na razvoj sistema grejanja u dugoročnom periodu, uz razmatranje njihove predvidivosti i intenziteta uticaja. Poseban fokus stavljen je na prepoznavanje ključnih neizvesnosti koje mogu oblikovati različite razvojne putanje, čime je postavljen osnov za konstrukciju alternativnih scenarija.



Na osnovu rezultata diskusije i prethodno definisane vizije, razvijen je set scenarija u softverskom alatu LEAP koji predstavljaju moguće putanje razvoja sistema grejanja do 2050. godine. Na taj način opcije razvoja koje su identifikovane na Prvoj radionici, transformisane su u scenarije razvoja sa jasno definisanim putanjama i indikatorima. Svaki od ovih scenarija imao je za cilj da odgovori na pitanje: Šta ako?



U okviru radionice izvršena je evaluacija scenarija na osnovu prethodno definisanih kriterijuma, koji obuhvataju ekonomsku održivost, energetsku efikasnost, ekološku prihvatljivost, pouzdanost i energetsku sigurnost i funkcionalnost i kvalitet usluge. Ovi kriterijumi omogućavaju sistematsko i transparentno poređenje scenarija i predstavljaju osnov za dalju višekriterijumsku analizu. Na osnovu oce-

njivanja scenarija prema navedenim kriterijumima, kao i testa robusnosti, izabran je scenario željenog razvoja koji predstavlja vizuelizaciju puta energetske tranzicije do 2050. godine. Ostvarivanje ovog scenarija podrazumeva preduzimanje i sprovođenje niza mera i aktivnosti koje čine kostur budućeg akcionog plana.

Anketa domaćinstava u Vranju

U periodu između Druge i Treće radionice sprovedena je anketa domaćinstava u Vranju. Cilj je bio prikupljanje specifičnih informacija koje inače nisu dostupne i raspoložive, sa posebnim akcentom na odziv građana za primenu nekih od identifikovanih mera i aktivnosti na Drugoj radionici.

U istraživanju je primenjena metoda telefonskog intervjua uz korišćenje strukturisanog upitnika, kao i „online" upitnika dostupnog preko platforme „Google Forms". Ispitanici su odgovarali na unapred definisana pitanja prema utvrđenom redosledu.

Upitnik je sadržao ukupno 25 pitanja, od čega su 23 pitanja bila zatvorenog tipa, sa ponuđenim odgovorima, dok su 2 pitanja bila otvorenog tipa i odnosila su se na godinu rođenja ispitanika i površinu stambenog prostora koji se greje.

Anketa je sprovedena u periodu od 24. marta do 26. aprila 2026. godine na teritoriji grada Vranja, odnosno u 14 naselja: Tekija, Sobina, Šapranački Rid, Rudina, Raška, Panađurište, Ogledna Stanica, Odžinka, Kuso Blato, Gornji Asambair, Gornja Čaršija, Donji Asambair, Donje Vranje i Ćoška. Ukupno su prikupljene 452 validne ankete. Kako bi naselja bila približno proporcionalno zastupljena u uzorku, težilo se prikupljanju sličnog broja odgovora iz svakog naselja, pa je na kraju broj prikupljenih anketa po naselju iznosio između 29 i 35.

Dobijeni rezultati su korišćeni za izradu ABM modela za grad Vranje, koji simulira ponašanje potrošača i njihov odziv na podsticajne ili kaznene mere. Na ovaj način izvršena je integracija ankete i ABM modela, dok je u sledećem koraku u integraciju uključen i ekspertski izrađen model u LEAP softverskom paketu, čime je u potpunosti primenjena i sprovedena metodologija koncipirana u okviru projekta. Konačni rezultati prezentovani su na Trećoj radionici.

Rezultati rada Treće radionice

Treća radionica bila je posvećena objedinjavanju, razmatranju i verifikaciji rezultata dobijenih u prethodnim fazama istraživanja, uključujući definisane scenarije razvoja sistema grejanja, rezultate participativnog procesa i nalaze kvantitativnih analiza. Posebna pažnja bila je usmerena na procenu mogućnosti sprovođenja identifikovanih mera, kao i na definisanje završnih preporuka za podršku i ubrzanje zelene energetske tranzicije domaćinstava u Vranju.

Na početku radionice predstavljen je pregled rezultata prethodne radionice, tokom koje su definisani alternativni scenariji razvoja sistema grejanja, analizirani ključni faktori koji utiču na budući razvoj i formulisana preliminarna mapa puta energetske tranzicije domaćinstava u Vranju. Učesnici su razmotrili rezultate prethodno sprovedene evaluacije scenarija i višekriterijumske analize, koji su poslužili kao osnova za dalju diskusiju i usaglašavanje predloženih pravaca razvoja.

U nastavku radionice predstavljeni su rezultati ankete sprovedene među domaćinstvima u Vranju tokom 2026. godine. Analizirani su postojeći obrasci potrošnje energije, zastupljenost i karakteristike sistema grejanja, spremnost domaćinstava za primenu savremenih tehnologija, kao i ključna ekonomska, tehnička i društvena ograničenja koja mogu uticati na dinamiku i uspešnost sprovođenja energetske tranzicije.

Poseban segment radionice bio je posvećen predstavljanju rezultata modeliranja ponašanja domaćinstava zasnovanog na agentima (agent-based modeling – ABM). Prikazani modeli omogućili su simulaciju različitih razvojnih putanja i procenu efekata politika i mera na dinamiku usvajanja održivih energetskih rešenja u sektoru domaćinstava. Za potrebe projekta FF GreEN korišćena je NetLogo platforma.

Rezultati anketa su omogućili kreiranje više scenarija ponašanja potrošača, od kojih su u ovoj fazi energetskog planiranja bili najznačajniji oni koji su ispitivali volju građana da prihvate neku od mera koje predstavljaju kostur akcionog plana.

Dobijeni rezultati iz ABMa su dalje služili kao dodatni set ulaznih podataka u LEAP ekspertski model, čime su preispitani dometi predloženih mera i identifikovana potreba za formulisanjem dodatnih mera i aktivnosti.

Završni deo radionice bio je organizovan kroz rad u grupama, sa ciljem identifikacije dodatnih mera i aktivnosti neophodnih za realizaciju definisanog scenarija. Predložene mere grupisane su u tehničke, regulatorne, ekonomske i edukaciono-sociološke instrumente i kao takve predstavljaju osnovu za izradu akcionog plana koji je sastavni deo Mape puta energetske tranzicije domaćinstava do 2050. godine.


PIKCI
Svaka velika promena
počinje mal

REZULTATI:

Izveštaj o procesu izbora lokalne samouprave, https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2025/11/IZVESTAJ-D6.1-M22.pdf

Sporazum o saradnji, https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2025/11/WP6_Sporazum-o-saradnji.pdf

Izveštaj o realizovanom procesu energetskog planiranja u izabranoj lokalnoj samoupravi, https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2026/06/WP-6-Report-6.2.pdf

Studija slučaja, https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2026/06/vodic-za-ET-u-domacinstvima-v4.pdf

Mapa puta Energetska tranzicija grejanja domaćinstava u Vranju

7. DISEMINACIJA I KOMUNIKACIJA

prof. dr Miroslav Crnogorac, dr Boban Pavlović, naučni saradnik



CILJ:

Radni paket 7 (WP7) za cilj je imao

- Diseminaciju rezultata projekta
- Podizanje svesti lokalnih, regionalnih i nacionalnih aktera o značaju energetske tranzicije u domaćinstvima

REALIZOVANE AKTIVNOSTI/ISTRAŽIVANJA:

Svi članovi tima su bili aktivno uključeni u formulisanje Plana komunikacije i diseminacije. Dokument je dostupan na sajtu projekta (https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2024/03/Dissemination-and-Communication-StrategyFFGreEN1.pdf). Cilj izrade ovog dokumenta je definisanje načina predstavljanja projektnih aktivnosti, uključivanja zainteresovanih strana i prenosa rezultata projekta ka naučnoj zajednici, donosiocima odluka i široj javnosti. Ovo je posebno bitno jer je jedan od osnovnih ciljeva projekta podizanje svesti aktera o značaju unapređenje procesa odlučivanja u oblasti energetske tranzicije domaćinstava. Među ključnim ciljevima projekta nalaze se jačanje saradnje između istraživača i donosilaca odluka, uključivanje relevantnih aktera u razvoj metodologije i naravno, objavljivanje rezultata projekta.

Strategija diseminacije zasniva se na više međusobno povezanih aktivnosti: planiranju promotivnih aktivnosti, razvoju vizuelnog identiteta projekta, izradi promotivnih materijala, distribuciji informacija različitim komunikacionim kanalima, predstavljanju rezultata na naučnim i stručnim skupovima, evaluaciji efekata diseminacije i korišćenju rezultata projekta za dalje širenje i primenu. Posebno je naglašen pristup usmeren na zainteresovane strane (stakeholder-oriented approach), pri čemu se identifikuju njihove potrebe, interesovanja i odgovarajući oblici komunikacije.

Glavne ciljne grupe projekta obuhvataju lokalne samouprave i njihove asocijacije, obrazovne i istraživačke institucije, privredne subjekte, nevladine organizacije i državne institucije koje deluju u oblasti održivog upravljanja energijom. Za komunikaciju sa tim grupama predviđeni su različiti kanali: internet prezentacije, objave na sajtovima partnerskih institucija, štampani promotivni materijali, javni događaji, naučne konferencije, medijska pokrivenost i saopštenja za javnost.

Kao osnovni alat za diseminaciju definisan je zvanični veb-sajt projekta, na kojem se objavljuju informacije o aktivnostima, događajima i rezultatima istraživanja. Pored toga, planirana je upotreba letaka, brošura, postera, naučnih publikacija i konferencija i završne nacionalne konferencije kako bi se obezbedila što veća vidljivost projekta i njegovih rezultata.

Ukupno posmatrano, dokument je uspostavio sveobuhvatan okvir za komunikaciju i širenje rezultata FF GreEN projekta sa ciljem da se obezbedi efikasan prenos

znanja, podrži razvoj politika energetske tranzicije domaćinstava i omogući dugoročna primena razvijenih metodologija u Srbiji i šire.



Veb-sajt (https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/) je uspostavljen u prvim mesecima realizacije projekta FF GreEN. Veb-sajt sadrži sve relevantne informacije o ciljevima projekta, planu realizacije i napretku – ostvarenim rezultatima. Rezultati obuhvataju sve izveštaje (engl. deliverables), kao i linkove na sve radove publikovane u časopisima i sva saopštenja sa konferencije. Takođe i monografske publikacije koje su pripremljene i odštampane u okviru projekta („Priručnik za povećanje energetske efikasnosti stambenih objekata" i „Vodič za energetsku tranziciju u domaćinstvima") nalaze se javno dostupne na sajtu. Svi materijali Vebinara o energetskoj efikasnosti i primeni hibridnih sistema u stambenim zgradama, koji je u saradnji

sa Stalnom konferencijom gradova i opština pripremljen i prezentovan za članove Udruženja energetskih menadžera, kao i ABM alat za podršku planiranju (softver) javno su dostupni na sajtu. U delu „News" se nalaze informacije i o drugim aktivnostima koja se tiču promocije rezultata projekta a koja obuhvataju:

- Članke na drugim web portalima (Klima101, Platform for Energy Transition, itd.)
- Članke u štampanim publikacijama (Diplomacy&Commerce)
- Televizijske emisije (Studio B), i dr.

Završna konferencija projekta FF GreEN se organizuje da bi se rezultati projekta predstavili naučnoj zajednici, predstavnicima relevantnih nacionalnih i lokalnih vlasti, lokalnim energetskim menadžerima, predstavnicima sistema daljinskog grejanja i drugim akterima zainteresovanim za strateško planiranje energije, lokalni energetski razvoj, implementaciju OIE, itd. Fokus konferencije je na predstavljanju iskustava u implementaciji novog pristupa planiranju i predloženih mera i aktivnosti politike – Mapa puta za energetsku tranziciju u domaćinstvima.

Diseminacija usmerena na naučnu publiku obuhvata (zaključno sa 13.10.2026. godine):

- 14 radova u naučnim časopisima i to:
  - 3 rada u časopisima kategorije M21
  - 5 radova u časopisima kategorije M22
  - 3 rada u časopisima kategorije M23
  - 3 rada u časopisima kategorije M50
- 29 saopštenja na naučnim konferencijama održanim u inostranstvu (8) i u Srbiji (21):
  - 26 saopštenja na međunarodnim naučnim skupovima kategorije M30
  - 3 saopštenja na nacionalnim naučnim skupovima kategorije M60

Projektne aktivnosti diseminacije su formirale čvrstu osnovu za korišćenje i održivost rezultata projekta i nakon završetka projekta.

REZULTATI:

RADOVI OBJAVLJENI U NAUČNIM ČASOPISIMA:

1. Pavlović, B., Živković, M., & Ivezić, D. (2023). Integrated Energy Planning Approach for Accelerating Energy Transition of Households. Energy Reports, 10, 4641–4650. DOI: 10.1016/j.egyr.2023.11.016.

Sažetak: Uspeh planiranja energetske tranzicije zavisi od nekoliko uticajnih i promenljivih faktora koje je potrebno uzeti u obzir i pratiti u modeliranju kako bi se pružila podrška donosiocima odluka. Ekspertski energetski modeli uglavnom se razvijaju na osnovu pretpostavki stručnjaka i, u većini slučajeva, ograničenog broja zainteresovanih strana. Ovaj pristup modeliranju odozgo na dole daje zadovoljavajuće rezultate u centralno upravljanim energetskim sektorima (proizvodnja i distribucija električne energije, daljinsko grejanje itd.), gde se buduće odluke mogu relativno precizno projektovati. Međutim, isti pristup ne pruža tako izvesne rezultate u energetskim sektorima u kojima veliki broj heterogenih pojedinaca donosi odluke o energetskoj budućnosti. Domaćinstva predstavljaju tipičan primer takvog sektora. Buduća struktura potrošnje energije u ovom sektoru, izbor energenta ili primena određene tehnologije, posebno u domaćinstvima sa individualnim sistemima grejanja, unose značajnu neizvesnost u ekspertsko energetsko modeliranje i kreiranje politika. Pored cena, na odluke domaćinstava utiču njihovi stavovi, društveno okruženje, podsticajne mere i drugi faktori. Uticaj ovih faktora na prihvatanje održivih sistema grejanja u domaćinstvima može se ispitati primenom pristupa modeliranju odozdo na gore, kao što je modeliranje zasnovano na agentima. Rezultati simulacije zasnovane na agentima pružaju korisne podatke koji se dalje mogu uključiti kao jedna od glavnih pretpostavki pri razvoju scenarija u ekspertskom energetskom modelu. Ovaj rad nudi integraciju ova dva pristupa (odozdo na gore i odozgo na dole) za ranu procenu mera podrške i mehanizama za ubrzavanje energetske tranzicije u sektoru domaćinstava. Integrisani pristup primenjen je i testiran radi istraživanja pravaca i efekata mera politike na tranziciju individualnog grejanja u sektoru domaćinstava u Srbiji.

2. Pavlović, B., Trtica, N. (2024). Projecting Short to Medium-Term Effects of Carbon Emissions Trading on Serbia's GDP. Utilities Policy, 91, 101855. DOI: 10.1016/j.jup.2024.101855.

Sažetak: Ovaj rad predstavlja pristup za procenu kratkoročnih i srednjoročnih efekata Sistema trgovanja emisijama (ETS), ekonomskog i klimatskog instrumenta politike usmerenog na smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte, na BDP posmatran sa rashodne strane. Analiza je usmerena na elektroenergetski sektor Srbije, koji se u velikoj meri oslanja na proizvodnju električne energije iz lignita, kojom dominira državno preduzeće Elektroprivreda Srbije (EPS). Dobijene projekcije ukazuju da bi, kratkoročno posmatrano, uvođenje ETS-a moglo dovesti do sporijeg rasta BDP-a u poređenju sa zvaničnim projekcijama. Međutim, do 2030. godine uočava se ubrzanje rasta, koji se postepeno približava projektovanom rastu, a u scenarijima sa većim nivoom investicija ga čak i premašuje.

3. Pavlović, B., Madžarević, A., Ivezić, D., Živković, M., Mojić, D. (2024). Energetska tranzicija u domaćinstvima: analiza usaglašenosti Srbije sa paketom „Čista energija za sve Evropljane". Energija, ekonomija, ekologija, 26(1), 51–58. DOI: 10.46793/EEE24-1.51P.

Sažetak: Zahvaljujući svojoj složenosti i heterogenosti, sektor domaćinstva predstavlja neizostavnu tačku u politikama energetske tranzicije. U Evropskoj uniji, potrošnja energije u domaćinstvima čini oko 26% finalne potrošnje energije, dok u Srbiji ovaj sektor ima najveći udeo u finalnoj potrošnji, što čini oko trećinu finalne potrošnje. Primenom mera energetske efikasnosti moguće je ostvariti značajne energetske uštede, što zajedno sa smanjenjem i supstitucijom upotrebe fosilnih goriva vodi manjem doprinosu klimatskim promenama i značajnom smanjenju zagađenja vazduha. Paket zakonskih mera "Čista energija za sve Evropljane" je sveobuhvatan skup zakona koji definišu evropsku klimatsku i energetsku politiku nakon 2020. godine. Ovaj paket obuhvata i povezuje niz tema koje se tiču i sektora domaćinstva. Kroz ovaj paket se od država članica zahteva da postave visoke ciljeve u pogledu energetske efikasnosti i dekarbonizacije u gradnji i revitalizaciji stambenih objekata i istovremeno se zahteva sprovođenje mera koje se tiču domaćinstava pogođenih energetskim siromaštvom. Direktiva o energetskim performansama zgrada, Direktiva o energetskoj efikasnosti, Direktiva o obnovljivim izvorima energije, Uredba o upravljanju energetskom unijom i delovanju u oblasti klime i Uredba o uspostavljanju okvira za postizanje klimatske neutralnosti pokrivaju glavna pitanja vezana za energetsku politiku tranzicije u domaćinstvima u Evropskoj uniji. Srbija se, kao članica Energetske zajednice i kandidat za članstvo u Evropskoj uniji, obavezala da će uskladiti svoju politiku i zakonodavstvo u energetici, prihvatiti tehničku pomoć i podršku u sprovođenju reformi kako bi prilagodila nacionalni energetske sistem evropskim standardima. Cilj ovog rada jeste prikaz regulatornog i strateškog okvira „Čista energija za sve Evropljane" u delu koji se odnosi na sektor domaćinstva i analiza njegove transpozicije u ključne zakonske odredbe Republike Srbije koje se bave ovom tematikom.

4. Živković, M., Pavlović, B., Ivezić, D., Tanasijević, M., Stojanović, D. (2025). Challenges on the Pathway to Climate Neutrality: Insights from District Heating Systems in Serbia. Utilities Policy, 96, 102002. DOI: 10.1016/j.jup.2025.102002.

Sažetak: Značajan deo potrošnje primarne energije u sektoru zgradarstva odnosi se na grejanje, zbog čega je ovaj sektor od velikog značaja za transformaciju energetskog sistema. Sistemi daljinskog grejanja u Srbiji u velikoj meri se oslanjaju na prirodni gas, uz veoma malu zastupljenost obnovljivih izvora energije, uprkos tehnološkoj zrelosti ovih rešenja. Anketiranjem predstavnika toplana u Srbiji identifikovane su prepreke za integraciju obnovljivih izvora energije. Rezultati pokazuju da prepreke zavise od veličine sistema i vrste obnovljivog izvora energije. U radu su ovi rezultati korišćeni za procenu izvodljivosti sistema daljinskog grejanja zasnovanog 100% na obnovljivim izvorima energije, pri čemu je zaključeno da će veliki sistemi, nominalne toplotne snage veće od 100 MW, biti suočeni sa značajnim izazovima u procesu tranzicije.

5. Kepekci, H., Komatina, M. S. (2025). The CFD Investigation on Heat Transfer Performance of Different Pipe Geometries at Various Reynolds Numbers. Thermal Science, 29(5B), 4043–4053. DOI: 10.2298/TSCI250105076K.

Sažetak: U ovoj studiji analizirane su tri različite geometrije cevi kako bi se ispitao uticaj geometrije cevi na prenos toplote pri nestišljivom strujanju i različitim Reynoldsovim brojevima. Izabrane su cevi sa udubljenjima, rebraste i spiralne cevi. U studiji su sprovedene trodimenzionalne analize, a Reynoldsovi brojevi iznosili su 2000, 3000, 4000 i 5000. U režimu turbulentnog strujanja primenjen je SST k-ω model, dok su uslovi laminarnog strujanja analizirani korišćenjem odgovarajućih postavki rešavača. Dobijeni rezultati upoređeni su na osnovu vrednosti koeficijenta prenosa toplote i koeficijenta trenja na zidu. Spiralna cev pokazala je najveći koeficijent prenosa toplote među svim geometrijama, sa vrednošću od 1951 W/m²K pri Re = 5000, dok su cevi sa udubljenjima i rebraste cevi imale vrednosti od 1910 W/m²K i 1805 W/m²K. Slično tome, spiralna cev imala je najniži koeficijent trenja na zidu, sa vrednošću od 2,02 pri Re = 5000, u poređenju sa 2,61 kod rebraste cevi. Uočeno je da se koeficijent prenosa toplote i koeficijent trenja na zidu povećavaju sa porastom Reynoldsovog broja. Dobijene su i analizirane raspodele temperature zida za svaku geometriju cevi pri uslovima laminarnog i turbulentnog strujanja. Analizom rezultata utvrđeno je da su najveće vrednosti prenosa toplote pri svim Reynoldsovim brojevima dobijene kod spiralne geometrije cevi, dok je najveći koeficijent trenja na zidu zabeležen kod rebraste geometrije cevi.

6. Kardaš Ančić, D., Komatina, M. S., Gvero, P. M. (2025). Photovoltaic Module Temperature Estimation under Various Environmental Conditions: Preliminary Experimental and Theoretic Study. Thermal Science, 29(5A), 3367–3376. DOI: 10.2298/TSCI241224049K.

Sažetak: Najveći deo sunčevog zračenja koje dospeva do površine fotonaponskog (PV) modula pretvara se u toplotnu energiju, dok se samo jedan deo pretvara u električnu energiju. To dovodi do povećanja temperature PV modula, što za posledicu ima smanjenje njegove električne efikasnosti. Temperatura PV modula značajno zavisi od parametara okoline, kao što su sunčevo zračenje, temperatura vazduha i brzina vetra. U radu je dat pregled različitih empirijskih modela za procenu temperature PV modula korišćenjem izmerenih meteoroloških podataka. Dobijeni rezultati upoređeni su sa izmerenim vrednostima temperature PV modula na eksperimentalnoj instalaciji, sa ciljem preliminarne analize i utvrđivanja empirijskog modela koji je najpogodniji za analiziranu geografsku lokaciju i klimatske uslove. Empirijski modeli podeljeni su u dve kategorije: modele koji uzimaju u obzir brzinu vetra i modele koji je ne uzimaju u obzir. Analiza pokazuje da prosečna razlika između izmerenih vrednosti temperature PV modula i vrednosti predviđenih empirijskim modelima koji ne uzimaju u obzir brzinu vetra iznosi 13,37 °C, dok kod modela koji je uzimaju u obzir iznosi 7,40 °C. Ovi rezultati potvrđuju da je veoma važno uzeti u obzir uticaj vetra na temperaturu PV modula. Analizom dobijenih podataka može se zaključiti da je temperatura PV modula tokom celog perioda merenja bila viša od 25 °C, uz značajan uticaj meteoroloških parametara.

7. Muhič, S., Manić, D., Čikić, A., Komatina, M. (2025). Influence of Building Envelope Modeling Parameters on Energy Simulation Results. Sustainability, 17(12), 5276. DOI: 10.3390/su17125276.

Sažetak: Ova studija ispituje uticaj ulaznih vrednosti parametara energetskog modela zgrade na rezultate simulacije, sa ciljem unapređenja pouzdanosti i održivosti procene energetskih performansi. Dinamičke simulacije sprovedene su u programu TRNSYS za tri teorijska višestambena objekta, pri čemu su varirani parametri kao što su dimenzije referentnog modela, intenzitet infiltracije, termofizička svojstva omotača i unutrašnji toplotni kapacitet. Studija slučaja, zasnovana na uslovima u Sloveniji, pokazuje da parametri povezani sa zastakljenjem, posebno faktor prolaska ukupne sunčeve energije (g-vrednost), imaju najznačajniji uticaj – smanjenje g-vrednosti sa 0,62 na 0,22 dovelo je do smanjenja simuliranih potreba za grejanjem (qH,nd) i hlađenjem (qC,nd) za 25% i 95%, redom. Nasuprot tome, referentne dimenzije modelovane površine poda pokazale su najmanji uticaj. Za Zgradu III (BSF = 0,36), varijacije dimenzija promenile su rezultate za manje od ±1%, dok su kod Zgrade I (BSF = 0,62) odstupanja dostizala do ±20%. Uopšteno posmatrano, niži faktori oblika daju robusnije energetske modele koji su manje osetljivi na odstupanja ulaznih podataka. Ovi nalazi su značajni za unapređenje resursno efikasnih simulacionih postupaka i obezbeđivanje efektivnog doprinosa energetskog modeliranja održivom projektovanju zgrada. Razumevanje toga kojim ulaznim parametrima treba posvetiti posebnu pažnju omogućava usmerenije i svrsishodnije simulacione postupke, kao i preciznije i delotvornije strategije za unapređenje energetske efikasnosti zgrada i njihovih dugoročnih ekoloških performansi.

8. Madžarević, A., Pavlović, B., Mojić, D., Ivezić, D., Živković, M. (2025). Households and Energy Transition in the Republic of Serbia: Legislative Frameworks and Real Practice. Energija, ekonomija, ekologija, 27(2), 1–7. DOI: 10.46793/EEE25-2.01M.

Sažetak: Domaćinstva su među ključnim akterima u procesu energetske tranzicije. Ovaj sektor ima najveći udeo u potrošnji finalne energije, pružajući veliku mogućnost za smanjenje energetskog intenziteta, emisije zagađujućih materija i gasova sa efektom staklene bašte, prelazak na obnovljive izvore energije (OIE) i povećanje energetske samodovoljnosti. Ipak, proces tranzicije u domaćinstvima prati visok nivo neizvesnosti na putu napretka. Stoga, ovaj rad ima za cilj da proširi bazu znanja o energetskoj tranziciji u domaćinstvima. Politički i zakonski okvir definišu okruženje energetske tranzicije i zbog toga su predstavljeni glavni politički i pravni dokumenti EU i Srbije koji se odnose na uloge domaćinstava u energetskom sektoru. Pored toga, da bi se pružio dublji uvid u energetske navike, ponašanja i stavove u sektoru domaćinstava u Srbiji, sprovedena je sveobuhvatna anketa domaćinstava. Rezultati identifikuju ključne pokretače i prepreke koje oblikuju potrošnju energije u domaćinstvu, pružajući čvrst okvir za donosioce odluka i relevantne zainteresovane strane. Ovaj okvir olakšava razvoj strategija koje podstiču energetsku tranziciju, uzimajući u obzir specifičan društveno-kulturni kontekst Srbije. U radu se naglašava važnost usklađivanja nacionalnih politika sa standardima EU i korišćenja pouzdanih i kredibilnih podataka na nivou domaćinstava za efikasno rešavanje energetskih izazova.

9. Ivezić, D., Tanasijević, M., Živković, M., Madžarević, A., Pavlović, B., Stojanović, D. (2026). Fuzzy Decision Model for Prioritizing Environmentally

Harmful Boiler Decommissioning. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 14(2), 1140682. DOI: 10.13044/j.sdewes.d14.0682.

Sažetak: Ekološki neprihvatljive kotlarnice koje koriste ugalj i tečna goriva (mazut i lož-ulje) i dalje su u funkciji u gradovima širom Srbije, bilo kao deo centralizovanih sistema ili kao samostalne jedinice. Iako značajno narušavaju kvalitet vazduha, njihovo gašenje se često odlaže jer studije izvodljivosti ukazuju na nepovoljne finansijske rezultate. Dok se emisije gasova sa efektom staklene bašte mogu monetizovati kroz sisteme trgovanja emisijama, još uvek ne postoji široko prihvaćena metoda za vrednovanje lokalnog zagađenja vazduha u okviru investicionih analiza. Ovaj rad predlaže fazi model odlučivanja koji integriše finansijske, klimatske i ekološke kriterijume radi podrške odlukama o zameni goriva i gašenju kotlarnica. Model procenjuje smanjenje emisija zagađujućih materija, potrebne investicije i periode povraćaja ulaganja, prevodi ih u fazi lingvističke promenljive i primenjuje max–min kompoziciju za ukupnu prioritizaciju. Pristup je prikazan na studiji slučaja koja obuhvata 25 kotlarnica u šest gradova u Srbiji. Rezultati pokazuju da uključivanje ekoloških pokazatelja izdvaja projekte sa značajnim koristima za životnu sredinu koji bi inače bili zanemareni u analizama zasnovanim isključivo na finansijskim kriterijumima.

10. Kardaš Ančić, D., Komatina, M., Gvero, P., Knežević, B., Pupčević, M. (2026). Experimental Comparison of the Electrical Efficiency of Photovoltaics and Photovoltaics-Thermal Hybrid System in Real Operation Conditions. Energy, 348, 140561. DOI: 10.1016/j.energy.2026.140561.

Sažetak: Ova studija predstavlja eksperimentalno istraživanje električnih performansi konvencionalnog fotonaponskog (PV) panela i hibridnog fotonaponsko-toplotnog (PVT) sistema u realnim meteorološkim uslovima. Analiziran je uticaj različitih masenih protoka vode za hlađenje (0,017–0,067 kg/s) kroz ramenjivač toplote od ugljeničnog čelika na temperaturu PVT panela, električnu efikasnost, električnu snagu, termičku efikasnost i akumulaciju toplotne energije (ATE), pri čemu su tokom eksperimenata mereni temperatura okoline, sunčevo zračenje i brzina vetra. Eksperimenti sprovedeni u julu pokazali su da je PVT sistem održavao niže radne temperature (maksimalno 48,86 °C) u poređenju sa referentnim PV panelom (maksimalno 61,22 °C), što je rezultiralo većom električnom efikasnošću i manjim gubicima usled povišene temperature. PVT sistem je ostvario veću električnu efikasnost od referentnog PV panela, pri čemu se poboljšanje efikasnosti kretalo od 4,2% pri najnižem masenom protoku (0,017 kg/s) do 7,1% pri najvišem protoku (0,067 kg/s). Pri najvišem protoku PVT sistem je ostvario najbolje ukupne performanse, sa električnom efikasnošću od 16,21%, prosečnom električnom snagom od 73,01 W, dnevnim porastom temperature TES-a od 6,6 °C i toplotnom efikasnošću od 41,46%. Ovi rezultati potvrđuju da intenzivnije odvođenje toplote direktno doprinosi poboljšanju performansi fotonaponskog sistema i pokazuju da odgovarajuće upravljanje toplotnom energijom omogućava istovremeno unapređenje konverzije električne i toplotne energije, ukazujući na potencijal jeftinih razmenjivača toplote od ugljeničnog čelika za praktičan i efikasan rad PVT sistema u realnim radnim uslovima.

11. Ivezić, D., Pavlović, B., Živković, M., Mojić, D., Crnogorac, M., Madžarević, A. (2026). Household Participation in Serbia's Energy Transition: Status and Outlook. Energies, 19(15), 3534. DOI: 10.3390/en19153534.

Sažetak: Ova studija ispituje spremnost domaćinstava da učestvuju u energetskoj tranziciji, sa posebnim fokusom na njihovu spremnost da investiraju u mere energetske efikasnosti i moderne tehnologije grejanja. Istraživanje je zasnovano na anketi sprovedenoj na reprezentativnom uzorku od 1033 domaćinstva. Teorija planiranog ponašanja (TPB) korišćena je prvenstveno kao konceptualni i operativni okvir za organizovanje anketnih pitanja u tri teorijski smislene grupe: stavovi, subjektivne norme i percipirana kontrola ponašanja. Ove determinante su analizirane kao preteče namere ponašanja, koja je predstavljena spremnošću domaćinstava da investiraju. Rezultati pokazuju da je oko 30% domaćinstava izrazilo spremnost da investira, dok većina nije bila spremna. Odnosi između determinanti povezanih sa TPB i namere ponašanja ispitani su pomoću hi-kvadrat testova, p-vrednosti i Kramerovog V (Cramer's V) kao mere jačine povezanosti. Među analiziranim determinantama, pokazatelji povezani sa stavovima – spremnost za ugradnju krovnih solarnih panela i spremnost da se prihvati smanjenje životnog standarda radi zaštite životne sredine – pokazali su nešto jaču povezanost sa namerom ponašanja. Pokazatelji koji se odnose na subjektivne norme bili su statistički značajni, ali slabo povezani sa namerom ponašanja. Unutar percipirane kontrole ponašanja, samo su prethodne investicije u energetsku sanaciju objekata bile statistički značajne.

12. Manić, D., Komatina, M., Topić Božič, J., Perić, M. (2026). Operational Energy and Lifecycle Assessment of Envelope Retrofit Strategies for District-Heated Residential Buildings: Comparison of Expanded Polystyrene and Bio-Based Insulation. Processes, 14(9), 1329. DOI: 10.3390/pr14091329.

Sažetak: Unapređenje energetskih performansi postojećih višeporodičnih stambenih zgrada ključno je za smanjenje potrošnje energije i emisije gasova sa efektom staklene bašte u Centralnoj i Istočnoj Evropi, gde su veliki fondovi posleratnih zgrada sa ograničenom izolacijom priključeni na sisteme daljinskog grejanja. Ova studija procenjuje strategije sanacije fasadne izolacije za dve reprezentativne tipologije u Novom Beogradu, Srbija – stambenu kulu (soliter) i zgradu lamelarnog tipa („lamelu") – koristeći kalibrisane dinamičke energetske modele i procenu životnog ciklusa (LCA) tokom životnog veka od 50 godina. Modeli su kalibrisani prema izmerenim podacima o potrošnji energije za grejanje u periodu 2023–2024. (NMBE < 1%, CVRMSE < 15%) i normalizovani vremenskim podacima Tipične meteorološke godine radi doslednog poređenja scenarija. Scenariji sanacije primenili su ekspandirani polistiren (EPS) i izolaciju od celuloze u debljinama od 10, 12 i 15 cm. Rezultati pokazuju da spoljna izolacija smanjuje godišnju potrebu za grejanjem za približno 19–20% u poređenju sa neizolovanom osnovom (192 kWh/m²·a), pri čemu se većina ušteda ostvaruje na 10 cm, uz samo marginalne dobitke od dodatne debljine. Debljina izolacije ima veći uticaj na smanjenje potrošnje operativne energije nego izbor materijala, budući da razlike između EPS-a i celuloze ostaju ispod 0,5%. Procena životnog ciklusa (LCA) ukazuje na 23,6–26,0% manji uticaj na

klimatske promene i 23,6–25,8% smanjenu kumulativnu potrošnju energije u scenarijima sanacije, pri čemu celuloza nudi skromne prednosti zbog nižih ugrađenih emisija i skladištenja biogenog ugljenika. Ovi nalazi podržavaju ciljanu sanaciju omotača zgrada kao efikasnu strategiju za dekarbonizaciju stambenih objekata sa daljinskim grejanjem u ovom regionu.

13. Kardaš Ančić, D., Komatina, M., Čikić, A., Gvero, P., Muhič, S. (2026). Experimental Study and Performance Analysis of the Photovoltaic System Output under Real Weather Conditions. Technical Journal, 20, 4(2026), 534-540. DOI: 10.31803/tg-20250213103422.

Sažetak: Cilj ove studije je procena izlaznih performansi PV sistema uzimajući u obzir temperaturu PV modula i stvarne meteorološke parametre. Eksperimentalno istraživanje sprovedeno je tokom najtoplijeg meseca, jula, pri čemu su mereni sledeći parametri: temperatura PV modula, napon i struja PV modula, sunčevo zračenje, temperatura vazduha i brzina vetra. Pokazano je da povećanje temperature PV modula iznad 25 °C dovodi do pada napona i smanjenja električne efikasnosti. Minimalna izmerena prosečna dnevna temperatura PV modula iznosila je 40,86 °C, a maksimalna 42,59 °C. Može se zaključiti da povećanje temperature PV modula za približno 2,2 °C iznad 25 °C dovodi do smanjenja njegove električne efikasnosti za 1%. Ovi rezultati su značajni za projektovanje PV sistema i procenu prinosa energije uzimajući u obzir klimatske parametre u kojima će sistem raditi.

14. Ivezić, D., Stojanović, D., Lepotić Kovačević, B., Živković, M. (2026). Mapa puta dekarbonizacije sektora daljinskog grejanja u Republici Srbiji. Energija, ekonomija, ekologija, 28 (1), 1–7. DOI: 10.46793/EEE26-1.01I.

Sažetak: Sektor daljinskog grejanja ima značajnu ulogu u energetskom sistemu Republike Srbije i obuhvata 60 sistema daljinskog grejanja. Međutim, sektor se suočava sa ozbiljnim strukturnim i finansijskim izazovima, uključujući zastarelu infrastrukturu, visoku zavisnost od fosilnih goriva – posebno prirodnog gasa – i ograničenu integraciju obnovljivih izvora energije. S obzirom na to da se proizvodnja toplote pretežno zasniva na sagorevanju, sistemi daljinskog grejanja značajno doprinose emisijama gasova sa efektom staklene bašte i lokalnom zagađenju vazduha. Pored toga, analize poslovnih performansi ukazuju na izražene razlike među komunalnim preduzećima u pogledu efikasnosti, produktivnosti i profitabilnosti, dok ukupna finansijska nestabilnost ostaje sistemski problem u celom sektoru. Institucionalne nadležnosti za daljinsko grejanje u velikoj meri su decentralizovane i nalaze se na nivou lokalnih samouprava, što dodatno otežava koordinisane napore u procesu dekarbonizacije. U ovom radu predstavlja se Mapa puta (engl. „Policy Roadmap“) za dekarbonizaciju sektora daljinskog grejanja u Srbiji, razvijena u skladu sa nacionalnim strateškim dokumentima - Nacionalnim energetskim i klimatskim planom i Strategijom energetike. Mapa puta je strukturirana oko šest ključnih stubova: koordinacije zainteresovanih strana, definisanja ciljeva za smanjenje emisija, finansijskih mehanizama podrške, lokalnog planiranja snabdevanja toplotom, obezbeđivanja konkurentnih i transparentnih cena, kao i diverzifikacije energetskog miksa kroz dinamičku optimizaciju snabdevanja. Razmatraju se dva pristupa implementaciji: Osnovni pristup, usklađen sa

postojećim regulatornim okvirom, i Decentralizovani pristup, koji podstiče pristup trećih strana mrežama i uključivanje novih proizvođača toplote. Mapa puta predviđa faznu primenu u periodu do 2040. godine, koja obuhvata pravne reforme, jačanje institucionalnih kapaciteta, finansijske mehanizme i uvođenje novih tehnologija.

RADOVI I SAOPŠTENJA NA KONFERENCIJAMA

2024

1. Mojić, D. (2024). Socio-Economic and Cultural Influences on the Household Transition to Renewable Energy Sources: A Research Design. 8th International Scientific Conference on Contemporary Issues in Economics, Business and Management – EBM 2024, Faculty of Economics, University of Kragujevac, Kragujevac, Serbia, 16–17 December 2024.
2. Živković, M., Pavlović, B., Ivezić, D., Tanasijević, M., Stojanović, D. (2024). Towards More Sustainable District Heating Systems in Serbia – Options and Obstacles. 19th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems – SDEWES 2024, Rome, Italy, 8–12 September 2024.
3. Pavlović, B., Madžarević, A., Ivezić, D., Živković, M., Mojić, D. (2024). Energy Transition in Households: Analysis of Serbia's Compliance with the "Clean Energy for All Europeans" Package. International Conference Energy 2024, Zlatibor, Serbia, 25–28 June 2024.
4. Živković, M., Ivezić, D., Pavlović, B. (2024). Prepreke dekarbonizaciji sistema daljinskog grejanja u Srbiji – stavovi predstavnika toplana. Stručno-naučna konferencija TOPS 2024, Zlatibor, Srbija, 9–13 jun.

2025

5. Ivezić, D., Živković, M., Stojanović, D., Pavlović, B. (2025). Decarbonization of Serbian District Heating Sector – The Analysis of Scenarios. International Conference Power Plants, Zlatibor, Serbia, 4–7 November 2025.
6. Ivezić, D., Tanasijević, M., Madžarević, A., Živković, M., Pavlović, B., Stojanović, D. (2025). Support for Decision-Making in Prioritizing Boiler Rooms for Decommissioning. Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems – SDEWES 2025, Dubrovnik, Croatia, 5–10 October 2025.
7. Pavlović, B., Ivezić, D., Živković, M., Petrović, S. (2025). Household Energy Behavior in Serbia: The Practical Applicability of the Energy Ladder Theory. Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems – SDEWES 2025, Dubrovnik, Croatia, 5–10 October 2025.
8. Ivezić, D., Pavlović, B., Manić, D., Živković, M., Mojić, D. i dr. (2025). Energetska tranzicija u sektoru domaćinstava u Srbiji-Projekat FF GreEN. Stručno-naučna konferencija TOPS 2025, Zlatibor, Srbija, 1–5. jun.
9. Madžarević, A., Pavlović, B., Mojić, D., Ivezić, D., Živković, M. (2025). Households and energy transition in the Republic of Serbia: Legislative frameworks and real practice. International Conference ENERGETIKA 2026, Zlatibor, Serbia, 15–18 April 2026.

10. Manić, D., Komatina, M., Antonijević, D., Ećim-Đurić, O., Ivezić, D. (2025). Evaluation of Energy Conservation Measures for Existing Residential Buildings in Novi Beograd Using Building Energy Modeling. International Conference ENERGETIKA 2026, Zlatibor, Serbia, 15–18 April 2026.

2026

11. Živković, M., Ivezić, D., Pavlović, B., Madžarević, A., Ećim-Đurić, O. (2026). Exploring the Potential for Air Pollution Mitigation in Urban Environments: A Case Study of Vranje. Proceedings of the 10th International Conference Mining and Environmental Protection – MEP 2026, Serbia, 9–12 September 2026.

12. Ilić, M., Živković, M., Danilović, D., Karović-Maričić, V., Crnogorac, M., Mirjanić, A., Tomić, L. (2026). Greenhouse Gas Emissions from Natural Gas Flaring: A Case Study of Gas Fields in Serbia. Proceedings of the 10th International Conference Mining and Environmental Protection – MEP 2026, Serbia, 9–12 September 2026.

13. Mirjanić, A., Božović, V., Crnogorac, M., Danilović, D., Ilić, M., Karović-Maričić, V., Tomić, L. (2026). Cuttings Re-Injection (CRI) Technology as a Sustainable Alternative for Drilling Waste Management in the Serbian Oil Industry. Proceedings of the 10th International Conference Mining and Environmental Protection – MEP 2026, Serbia, 9–12 September 2026.

14. Madžarević, A., Crnogorac, M., Miletić, F. (2026). Application of the New EU Air Quality Directive and Assessment of PM2.5 Exceedances in Serbia: Implications for Annual Air Pollution Classification. Proceedings of the 39th International Congress on Process Industry – Processing 2026, Negotin, Serbia, 3–4 June 2026.

15. Mojić, D., Pavlović, B., & Petrović, I. (2026). Institutional Framework for the Transition to Renewable Energy Sources for Household Consumption: A Case Study of the City of Bijeljina. International Scientific Conference EKONBIZ 2026, Bijeljina, Bosnia and Herzegovina, 12 June.

16. Pavlović, B., Petrović, I., Mojić, D. (2026). Transition Towards Renewable Energy Sources in Serbian Households: Are There Regional Differences? International Scientific Conference Regional Development and Demographic Flows, Niš, Serbia, 26 June.

17. Ivezić, D., Stojanović, D., Lepotić Kovačević, B., Živković, M., Vujnović, M. (2026). How to Decarbonise the District Heating Sector in the Republic of Serbia? Stručno-naučna konferencija TOPS 2026, Srbija, 2. jun.

18. Pavlović, B., Ivezić, D., Živković, M., Mojić, D. (2026). Heating in Serbian Households: In-Depth Analysis and Implications for the Energy Transition. International Conference ENERGETIKA 2026, Zlatibor, Serbia, 15–18 April 2026

19. Madžarević, A., Jovančić, P., Crnogorac, M., Aleksić, N., Miletić, F. (2026). Using Renewable Energy Sources for Green Hydrogen Production and Its Storage in Depleted Gas Fields – A Path Toward Energy Security and Sustainable Development of Serbia. International Conference ENERGETIKA 2026, Zlatibor, Serbia, 15–18 April 2026.

20. Mirjanić, A., Danilović, D., Karović-Maričić, V., Crnogorac, M., Ilić, M., Tomić, L. (2026). Energy-Efficient Optimization of Artificial Lift Methods in Oil and Gas Production. International Conference ENERGETIKA 2026, Zlatibor, Serbia, 15–18 April 2026.

21. Ilić, M., Danilović, D., Crnogorac, M., Mirjanić, A., Karović-Maričić, V., Tomić, L. (2026). Analysis of the Potential Use of Abandoned Oil and Gas Wells as a Source of Thermal Energy in Serbia. International Conference ENERGETIKA 2026, Zlatibor, Serbia, 15–18 April 2026.

22. Manić, D., Komatina, M., Antonijević, D. (2026). Energy and Emissions Reduction Potential of Ice Arena Dehumidification Systems: A Case Study of Natural Gas Desiccant Units and CO_2 Heat Pump Alternatives. International Conference ENERGETIKA 2026, Zlatibor, Serbia, 15–18 April 2026.

23. Kovačević, S., Komatina, M., Banjac, M. (2026). Energy and Environmental Aspects of Building Retrofits. International Conference ENERGETIKA 2026, Zlatibor, Serbia, 15–18 April 2026.

24. Mirović, M., Komatina, M., Banjac, M. (2026). A Review of the Opportunities and Limitations of Implementing Fifth-Generation District Heating and Cooling in the Energy System of the Republic of Serbia. International Conference ENERGETIKA 2026, Zlatibor, Serbia, 15–18 April 2026.

25. Srećković, D., Komatina, M., Banjac, M. (2026). Analysis of the Current State and Development Potential of District Heating Systems in Serbia. International Conference ENERGETIKA 2026, Zlatibor, Serbia, 15–18 April 2026.

26. Pavlović, B., Ivezić, D., Živković, M. (2026). Agent-Based Modeling as an Integrative Framework for Household Energy Transition. 10th International Conference on Energy Economics and Energy Policy – ICEEEP 2026, Porto, Portugal, 10–12 April 2026.

27. Mojić, D. (2026). Institutional Framework for the Transition to Renewable Energy Sources for Household Consumption: Comparative Analysis of Greece and Serbia. 19th BSEC – Scientific Conference on Energy and Climate Change, Athens, 12–16 October.

28. Ećim-Đurić. O. (2026). Machine Learning Framework for the Sustainable Building Refurbishment. 19th BSEC – Scientific Conference on Energy and Climate Change, Athens, 12–16 October.

29. Ivezić, D. (2026). Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy. 19th BSEC – Scientific Conference on Energy and Climate Change, Athens, 12–16 October.

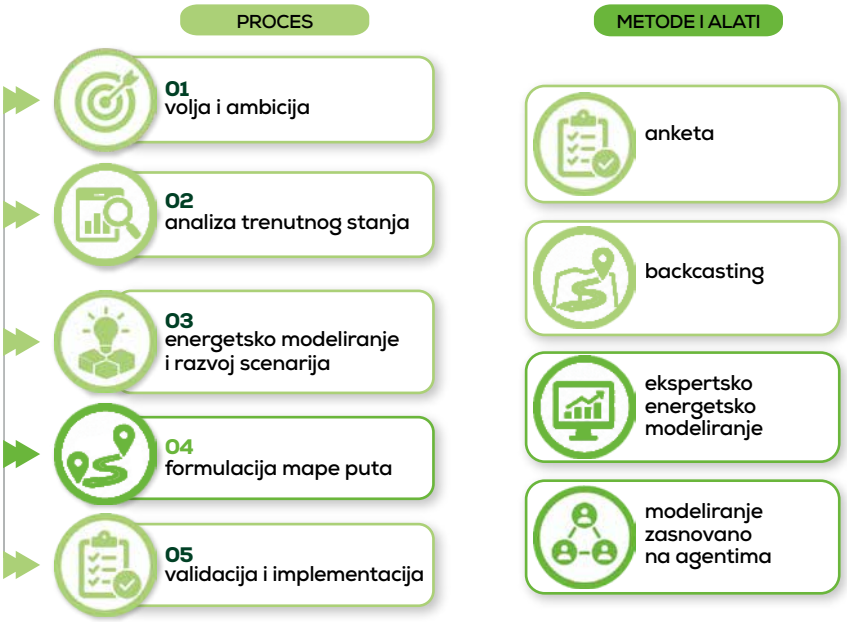
30. Antonijević, D, Manić, D, Komatina, M: Centralized Short-Term Thermal Energy Storage in Hybrid Heat Pump Building Systems, ReSBE 2026, Thessaloniki, Greece, October 20-23, 2026, In book: ReShaping the Built Environment through Sustainability and Circularity, Publisher: Springer Nature Switzerland, Editors: Luís Bragança, et.al.pp 230-237. DOI: 10.1007/978-3-032-35104-3_27

PRILOG A: MAPA PUTA ENERGETSKE TRANZICIJE GREJANJA DOMAĆINSTAVA U VRANJU



MAPA PUTA

Energetska tranzicija grejanja domaćinstava u Vranju



1.UVOD

1.1. Grad Vranje-osnovni podaci

Vranje je administrativni, privredni i kulturni centar Pčinjskog okruga, koji se nalazi na krajnjem jugu Republike Srbije. Grad je smešten u Vranjskoj kotlini, između planina Pljačkovice, Krstilovice i Pržar, na važnom saobraćajnom pravcu koji povezuje centralnu Evropu sa Severnom Makedonijom i Grčkom. Zahvaljujući povoljnom geografskom položaju, Vranje je kroz istoriju imalo značajnu ulogu u trgovini, kulturi i povezivanju različitih naroda i civilizacija.

Demografska kretanja u Vranju tokom poslednjih decenija prate trendove karakteristične za veliki broj gradova u južnoj Srbiji. Prema rezultatima poslednjih popisa stanovništva, grad Vranje sa okolnim naseljima ima oko 75.000 stanovnika, dok samo gradsko naselje broji približno 55.000 stanovnika. U odnosu na ranije periode primećuje se postepeno smanjenje broja stanovnika, koje je uslovljeno negativnim prirodnim priraštajem, migracijama stanovništva ka većim urbanim centrima i odlaskom mladih u inostranstvo. Uprkos demografskim izazovima, Vranje i dalje predstavlja najvažniji administrativni i privredni centar juga Srbije. Grad ima značajnu ulogu u obrazovanju, zdravstvu i javnim službama za čitav Pčinjski okrug. Stanovništvo Vranja karakteriše raznovrsna starosna i obrazovna struk-

tura. Kulturni identitet grada očuvan je kroz tradicionalne manifestacije, muziku, dijalekt i običaje, koji predstavljaju važan deo nematerijalnog kulturnog nasleđa juga Srbije. Savremeni razvoj grada usmeren je ka unapređenju infrastrukture, privlačenju investicija i jačanju turističkih potencijala regiona.

Područje Opštine Vranje odlikuje se umereno kontinentalnom klimom sa izraženim godišnjim dobima, nepravilno raspoređenom srednjom visinom padavina. Srednja godišnja temperatura vazduha iznosi 10, 9°C, dok su srednje temperature u proleće 13.5 °C, leti 20,4 °C, u jesen 11,6 °C zimi 0,5 °C. Proleća su umereno topla, pojava poznih prolećnih mrazeva je retka. Leta vrlo topla, u pojedinim godinama apsolutna maksimalna temperatura vazduha u julu i avgustu prelazi 40 °C. Najtopliji mesec u godini je avgust sa srednjom mesečnom temperaturom vazduha od 21,6 °C, a najhladniji januar sa srednjom mesečnom temperaturom vazduha od -0,3 °C. Zabeležena razlika ekstremnih temperatura vazduha iznosi 65 °C. Ponekad se temperature vazduha u zimskim mesecima spuštaju ispod -25 °C, a tako ekstremno niske temperature u zimskom periodu javljaju se jednom u 18 godina. Zime su umereno hladne sa malim i neujednačenom količinom padavina.

1.2. Volja i ambicija

Grad Vranje je lokalna samouprava koja je unapređenje energetske efikasnosti, održivo korišćenje obnovljivih izvora energije, kao i zaštitu i unapređenje životne sredine prepoznala kao neke od svojih ključnih razvojnih prioriteta. U okviru gradske uprave uspostavljen je sistem energetskog menadžmenta, dok je energetsko planiranje prepoznato kao jedan od ključnih instrumenata za sprovođenje energetske tranzicije i postepeni prelazak lokalnog energetskog sistema ka zelenim, klimatski otpornim, socijalno inkluzivnim i ekonomski održivim rešenjima.
U skladu sa definisanim razvojnim prioritetima, Grad Vranje raspolaže nizom strateških i planskih dokumenata koji obuhvataju oblasti energetike, energetske efikasnosti, održivog razvoja i zaštite životne sredine. Među najznačajnijim dokumentima su:

- Strategija održivog razvoja Grada Vranja za period 2010–2020. godine;
- Plan razvoja Grada Vranja za period 2021–2030. godine;
- Program energetske efikasnosti Grada Vranja za period 2021–2024. godine;
- Plan energetske efikasnosti za period 2021–2022. godine;
- Prostorni plan Grada Vranja;
- SECAP – Akcioni plan za održivu energiju i klimu za Grad Vranje.

Navedenim dokumentima definisani su pravci delovanja usmereni, između ostalog, na povećanje energetske efikasnosti i energetsku sanaciju objekata, modernizaciju i zamenu individualnih ložišta, smanjenje potrošnje energije i povećanje korišćenja obnovljivih izvora energije.

Grad Vranje se uključio u projekat „Inovativni okvir za ubrzanje zelene energetske tranzicije u domaćinstvima" (engl. Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition – FF GreEN) sa ciljem da dodatno podrži

realizaciju prioriteta i mera definisanih u postojećim strateškim dokumentima i doprinese ubrzanju energetske tranzicije u sektoru domaćinstava. Poseban značaj ovom procesu daje potreba za unapređenjem kvaliteta vazduha i smanjenjem lokalnog zagađenja, imajući u vidu izraženu ulogu individualnih ložišta u ukupnim emisijama tokom grejne sezone. Rezultati merenja koncentracije suspendovanih čestica (PM10), koja se u Vranju sprovode od sredine 2024. godine, ukazuju na značajna prekoračenja dnevnih graničnih vrednosti tokom grejne sezone, naročito u delovima grada u kojima se domaćinstva za potrebe grejanja u velikoj meri oslanjaju na individualna ložišta.

Učešće Grada Vranja u projektu FF GreEN formalizovano je potpisivanjem Sporazuma o saradnji, kojim je predviđeno unapređenje kapaciteta Grada u oblastima energetske efikasnosti i korišćenja obnovljivih izvora energije, kao i jačanje informisanosti i svesti građana o značaju energetske tranzicije i održivog razvoja. Kroz projekat je, kao konkretan rezultat zajedničkog rada, izrađena Mapa puta energetske tranzicije domaćinstava u Vranju do 2050. godine.

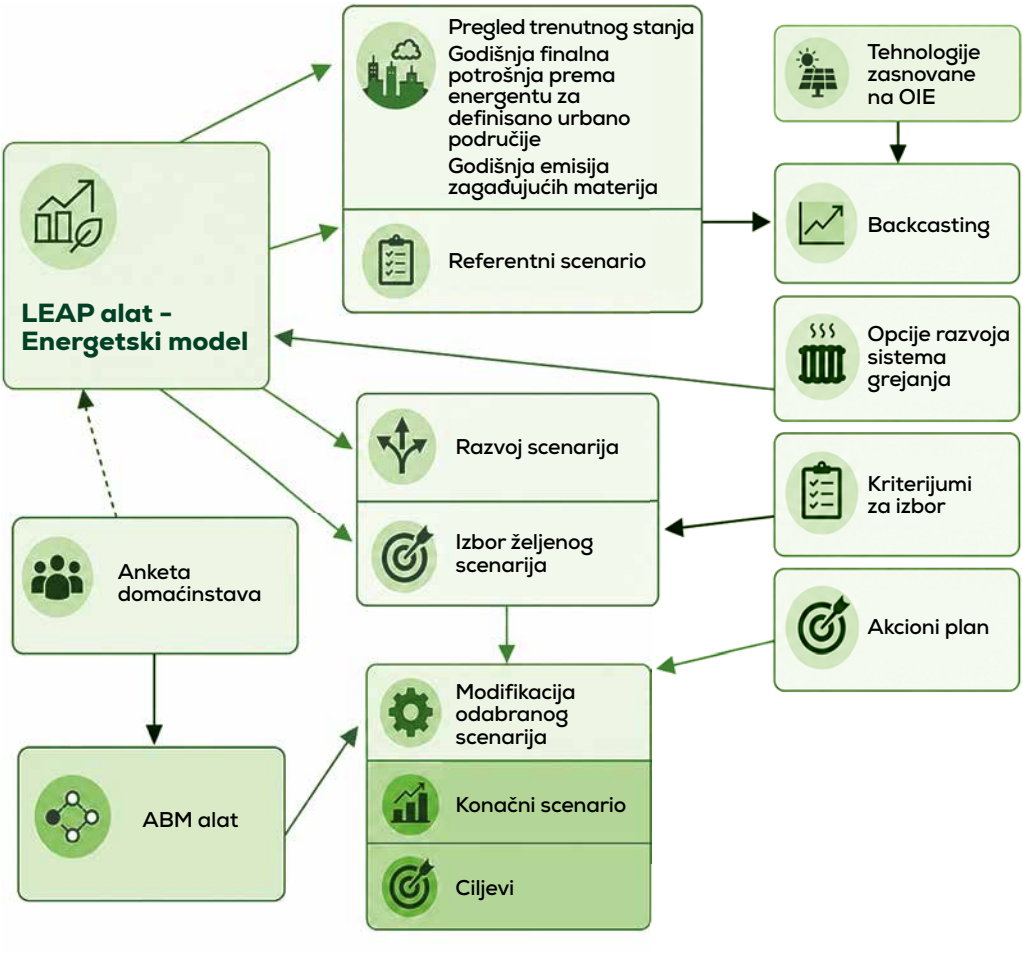
Mapa puta predstavlja važan planski instrument za dugoročno usmeravanje energetske tranzicije sektora domaćinstava, jer povezuje postojeće stanje i lokalne razvojne prioritete sa dugoročnom vizijom dekarbonizovanog, energetski efikasnog i ekološki održivog sistema grejanja. Istovremeno, ona predstavlja osnovu za identifikovanje prioritetnih mera, tehnologija i aktivnosti koje Grad, u saradnji sa građanima i drugim relevantnim akterima, može sprovoditi u narednim decenijama

2. KONCEPT I METODOLOGIJA

Metodologija koja je sprovedena pri izradi Mape puta predstavlja inovativni okvir/pristup energetskog planiranja, koji je razvijen u okviru projekta FF GreEN, a obuhvata sintezu i interakciju sledećih metoda i pristupa planiranju (Slika 2.1):

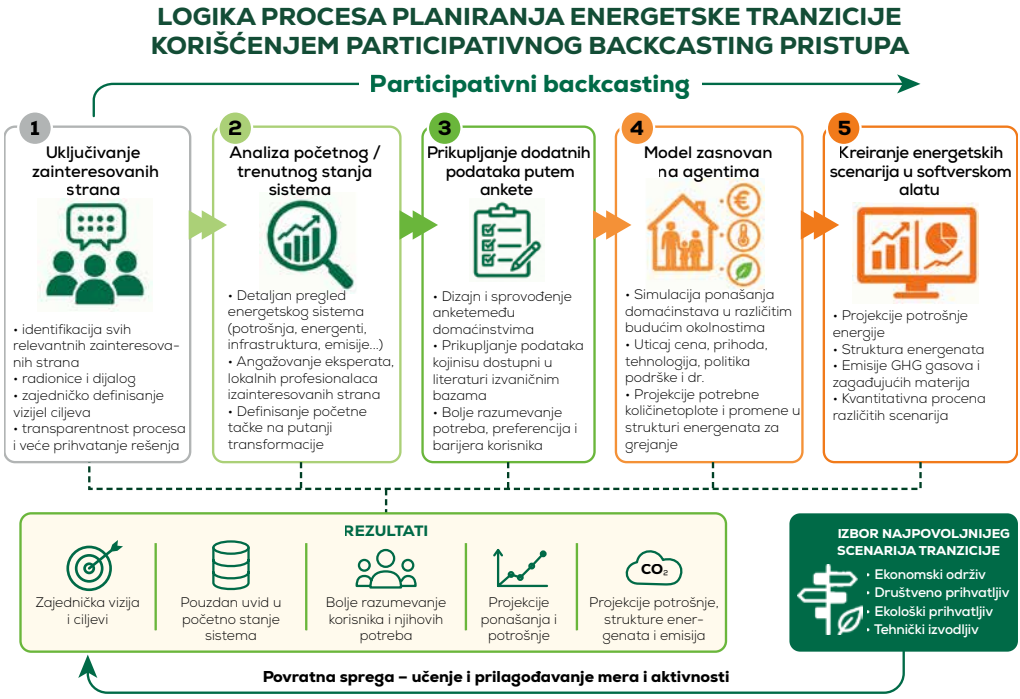
- Ekspertsko modeliranje energetskih sistema,
- Participativni backcasting,
- Modeliranje zasnovano na agentima,
- Anketa domaćinstava.

Ovakav integralni pristup je predložen sa ciljem da se put do željenog budućeg stanja što preciznije odredi i definiše, imajući u vidu veliki broj parametara koji utiču na razvoj sistema, a koje je teško predvideti. Posebna pažnja posvećena je vizuelizaciji i kvantitativnoj analizi mogućih putanja transformacije posmatranog energetskog sistema.



Slika 2.1: Šematski prikaz primenjene metodologije

Cilj razvoja i primene inovativne metodologije bio je da se, korišćenjem raspoloživih alata i metoda, razviju što realističniji i međusobno konzistentni prikazi mogućih budućih stanja sistema, kao i da se što preciznije procene dometi i efekti mera i aktivnosti koje će biti predložene i razmatrane u okviru izrade Mape puta. Ovakav pristup omogućava identifikovanje i definisanje odgovarajućih, ciljano usmerenih mera i aktivnosti čija primena može doprineti transformaciji energetskog sistema, odnosno procesu energetske tranzicije.



Slika 2.2: Osnovni elementi podrške energetskom planiranju

Primena prikazane metodologije obezbeđuje podršku procesu energetskog planiranja kroz više aspekata (Slika 2.2):

- Obezbeđuje uključivanje svih zainteresovanih strana u proces planiranja, kroz participativni backcasting, čime se doprinosi transparentnosti procesa odlučivanja i održivosti strateškog dokumenta.
- Obezbeđuje se jasan i detaljan pregled početnog/trenutnog stanja sistema uz angažovanje znanja eksperata, lokalnih profesionalaca i zainteresovanih strana, čime se definiše početna tačka na putanji transformacije.
- Sprovođenjem ankete se obezbeđuju dodatni podaci i informacije koji nisu dostupni u postojećoj literaturi, a koji su od velikog uticaja na tok procesa transformacije.
- Primenom modela zasnovanog na agentima dobijaju se projekcije ponašanja domaćinstava u različitim okolnostima, što se odražava na potrebnu količinu toplote i strukturu energenata koji se koriste za grejanje.
- Kreiranjem energetskih scenarija u odgovarajućem softverskom alatu, dobijaju se projekcije potrošnje energije, struktura energenata, emisija gasova sa efektom staklene bašte (GHG) i emisija zagađujućih materija, što predstavlja osnovu za izbor scenarija tranzicije.

Ovakvim pristupom može se oceniti u kojoj meri i u kojim segmentima je potrebno preispitati ili revidirati inicijalno definisane mere i aktivnosti pre njihove primene u realnom energetskom sistemu.

Dodatna prednost predložene metodologije ogleda se u mogućnosti njenog ponovnog sprovođenja i testiranja u toku perioda implementacije, kao i prilagođavanje i ažuriranje u skladu sa promenama ulaznih parametara. Ovakva fleksibilnost je od posebnog značaja imajući u vidu stohastičku prirodu pojedinih parametara i činjenicu da se ključne pretpostavke relevantne za energetsko planiranje tokom vremena menjaju.

3. ANALIZA TRENUTNOG STANJA

3.1. Rekonstrukcija energetskog bilanca

Podaci o godišnjoj potrošnji energije za grejanje u domaćinstvima u Vranju nisu dostupni, što predstavlja glavni izazov pri definisanju trenutnog stanja. Za potrebe sprovođenja procesa energetskog planiranja i primene metodologije koja se oslanja na backcasting i izradu energetskih modela i scenarija, neophodno je raspolagati podacima o potrošnji i strukturi potrošnje energije u baznoj (početnoj) godini.

PODACI POKAZUJU DA JE ZA GREJANJE DOMINANTNO KORIŠĆENA DRVNA BIOMASA

U okviru Popisa stanovništva koji je sproveden u Republici Srbiji u toku 2022. godine prikupljeni su podaci o broju i strukturi stanova koji imaju individualne sisteme za snabdevanje toplotnom energijom. Struktura stanova koji nisu priključeni na sistem daljinskog grejanja u Vranju, prema vrsti instalacija i korišćenom gorivu/energentu prikazana je u tabelama 3.1 i 3.2.

Tabela 3.1: Stanovi sa etažnim grejanjem (popis iz 2022.)

	Ukupno	Ugalj	Drvna biogoriva	Mazut i ulje za loženje	Gasovito gorivo	Električna energije	Druga vrsta energije	Nepoznato
Gradsko naselje	7.591	94	6.630	36	13	765	5	48
Ostalo	1.155	11	1.127	1	-	12	-	4

Tabela 3.2 :Stanovi bez instalacija za centralno grejanje (popis iz 2022.)

	Ukupno	Ugalj	Drvna biogoriva	Mazut i ulje za loženje	Gasovito gorivo	Električna energije	Druga vrsta energije	Nepoznato
Gradsko naselje	9.340	32	7.899	4	30	1.179	6	190
Ostalo	4.658	36	4.474	-	2	36	1	109

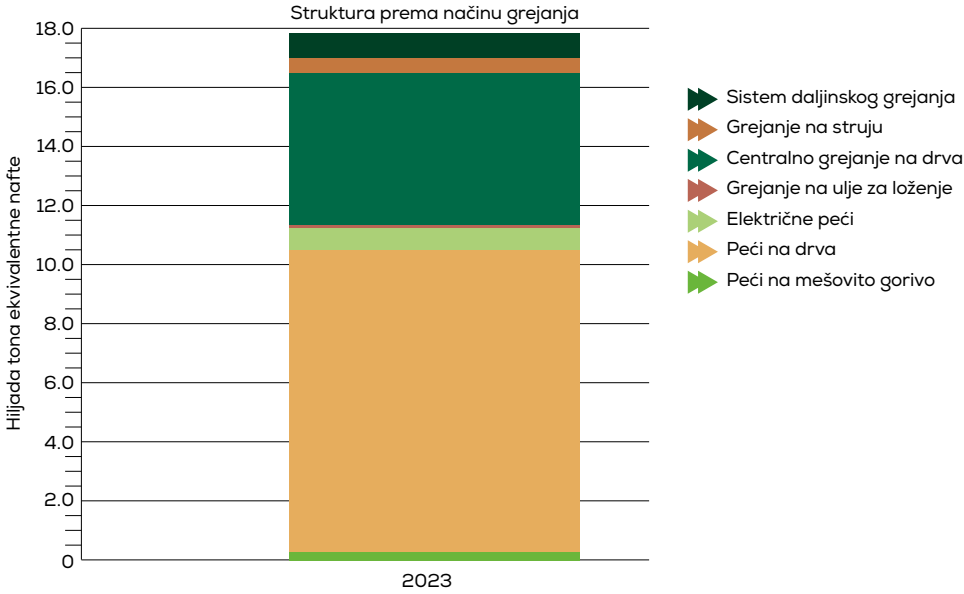
Prema podacima Udruženja toplana Srbije, u toku 2023. godine na sistem daljinskog grejanja u Vranju bilo je priključeno 1.433 domaćinstva [1].

Navedeni podaci iz Popisa stanovništva i Udruženja toplana Srbije korišćeni su kao set ulaznih podataka za prethodno razvijen model celokupnog energetskog sistema Republike Srbije koji je izrađen u softverskom alatu LEAP (engl. Low Emissions Analysis Platform). Pretpostavljajući da karakteristične varijable (specifična godišnja korisna količina toplote i stepen korisnost uređaja) u Vranju odgovaraju prosečnim vrednostima na nivou države, rekonstruisan je bilans potrošnje energije za grejanje. Na osnovu energetskog modela za Vranje, razvijenog u softverskom alatu LEAP, određena je finalna potrošnja energije za grejanje domaćinstava u gradskom naselju Grada Vranje tokom 2023. godine, koja je procenjena na 17.747,2 ten (tona ekvivalentne nafte).

Dobijeni podaci pokazuju da se dominantno korišćen način grejanja oslanja na korišćenje drvne biomase u individualnim pećima i šporetima (57,1%). Drugi najviše korišćen način grejanja je korišćenje drvne biomase u etažnim sistemima (28,6%), dok je procenat domaćinstava koji se snabdevaju iz sistema daljinskog grejanja (4,5%) značajno manji od proseka u Republici Srbiji (Slika 3.1).

1 Izveštaj o radu Sistema daljinskog grejanja u Republici Srbiji za 2023. godinu, Udruženje toplana Srbije https://www.toplanesrbije.org.rs/uploads/ck_editor/files/Godisnji%20izvestaj%202023.pdf

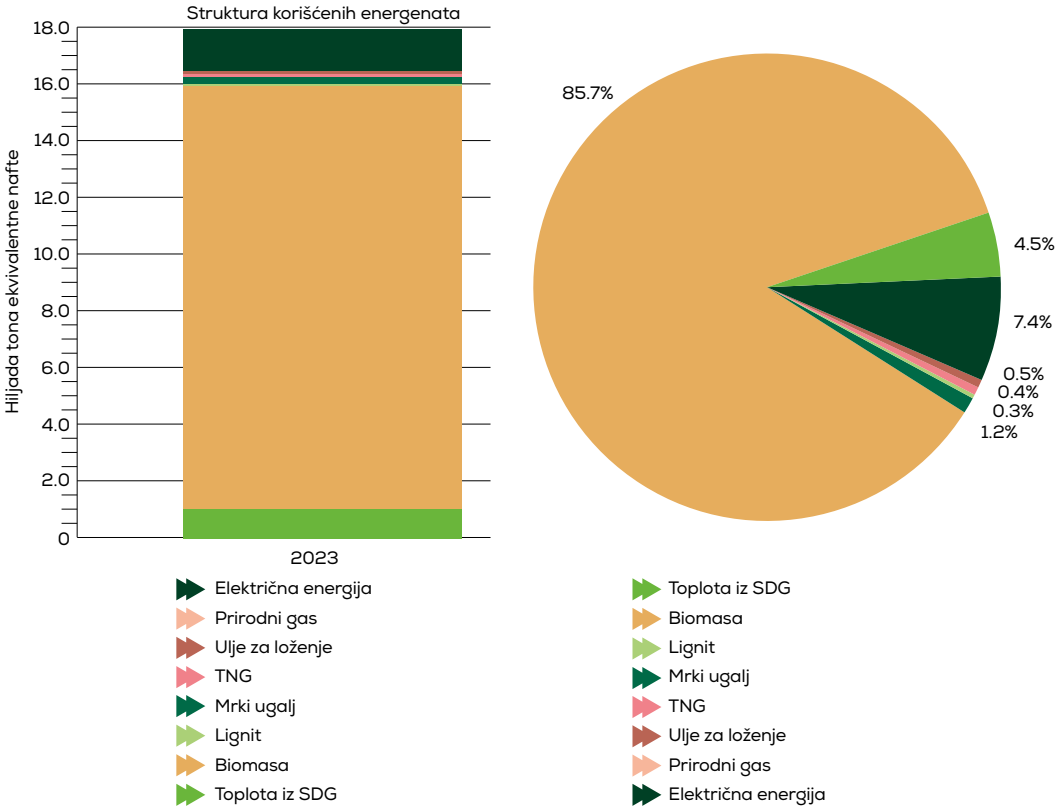
Finalna potrošnja energije za grejanje u Vranju



Slika 3.1. Struktura finalne potrošnje energije za grejanje prema vrsti sistema



Struktura finalne potrošnje energije za grejanje prema vrsti korišćenog energenta prikazana je na Slici 3.2.



Slika 3.2. Struktura korišćenih energenata za grejanje

Drvna biomasa čini čak 85,7% potrošnje energije za grejanje, električna energija 7,4%, a toplotna energija 4,5%. Ugalj i derivati nafte zajedno čine 2,4% finalne potrošnje energije.

3.2. Sistem daljinskog grejanja u Vranju

Delatnost proizvodnje i distribucije toplotne energije u Vranju obavlja JP „Novi Dom". Pored ove delatnosti, JP „Novi Dom" se bavi i održavanjem stambenih zgrada i poslovnih prostorija. Preduzeće se u potpunosti finansira iz sopstvenih sredstava, najvećim delom (oko 85%) iz prihoda ostvarenih pružanjem usluga grejanja poslovnog i stambenog prostora.

U 2025. godini, na sistemu daljinskog grejanja (SDG) u Vranju bilo je priključeno 1.552 domaćinstva sa ukupnom površinom od 89.273 m^2, odnosno oko 9%

od ukupnog broja domaćinstava na gradskom području Vranja. Pored toga, na SDG priključeno je i 178 korisnika iz kategorije „poslovni prostor" sa površinom od 130.195 m^2.

SDG u Vranju u ranijem periodu nije imao centralnu toplanu, već se proizvodnja i distribucija toplotne energije vršila preko više blokovskih kotlarnica u gradu [2]. Međutim, od januara 2025. godine u proizvodnji toplotne energije, putem javno-privatnog partnerstva, učestvuje i privatni partner „Construction Biomass VR" DOO. Veći deo toplotne energije sada se nabavlja od privatnog partnera. Centralna kotlarnica privatnog partnera se sastoji od 3 kotla na biomasu, ukupne snage 3 x 2 MW i jednog kotla na prirodni gas snage 10 MW. Pored toga, JP „Novi Dom" poseduje kotlarnicu na biomasu sa dva kotla, ukupne snage 2 x 2 MW. Ovi toplotni izvori, toplotnom energijom snabdevaju glavne termoenergetske podstanice koje se nalaze na lokacijama prethodnih sedam blokovskih kotlarnica u kojima se kao energent koristio mazut.

Na jednoj lokaciji u gradu, u naselje Viktor Bubanj, sa grejnom površinom od 7.043 m^2, zbog udaljenosti od centralne kotlarnice, grejanje se i dalje vrši korišćenjem kotla na mazut snage 2,2 MW. U planu je i da se ovaj kotao zameni blokovskom kotlarnicom na biomasu snage 2MW.

3.3. Zaključci analize trenutnog stanja

- Veliki udeo korišćenja ogrevnog drveta - obnovljivi izvor energije.
- Jedini korišćeni obnovljiv izvor je drvna biomasa (ogrevno drvo, sečka, pelet).
- Malo učešće fosilnih goriva.
- Malo učešće sistema daljinskog grejanja u snabdevanju toplotnom energijom.
- Prirodni gas nije dostupan, ne postoji izgrađena infrastruktura za snabdevanje.
- Energetska nezavisnost - grejanje ne zavisi od uvoznih energenata.
- Izuzev električne energije i toplotne energije dostavljene iz sistema daljinskog grejanja, sva energija za grejanje dobija se sagorevanjem na mestu potrošnje (88,15%) u individualnim pećima i ložištima. Posledice:
  - Veliki gubici u transformaciji finalne energije kod potrošača (37,7%) zbog male efikasnosti peći i šporeta, što grejanje u celini čini neefikasnim.
  - Velika je emisija zagađujućih materija (ugljenmonoksida i azotnih oksida) tokom grejne sezone.
  - Dominantan izvor emisije zagađujućih materija je sagorevanje drvne biomase.
- Izabranim (korišćenim) sistemima grejanja odgovara najniža godišnja cena grejanja.
- Zbog korišćenja ugljenično neutralne biomase, mala je emisija ugljendioksida kao posledica grejanja domaćinstava.

2 „Program energetske efikasnosti grada Vranja za period od 2021. do 2024. godine". Dokument je izrađen 2021. godine, a podaci se odnose na 2019. godinu.

4. ANKETA DOMAĆINSTAVA U VRANJU - IZVOR ZNAČAJNIH INFORMACIJA ZA PLANIRANJE ENERGETSKE TRANZICIJE

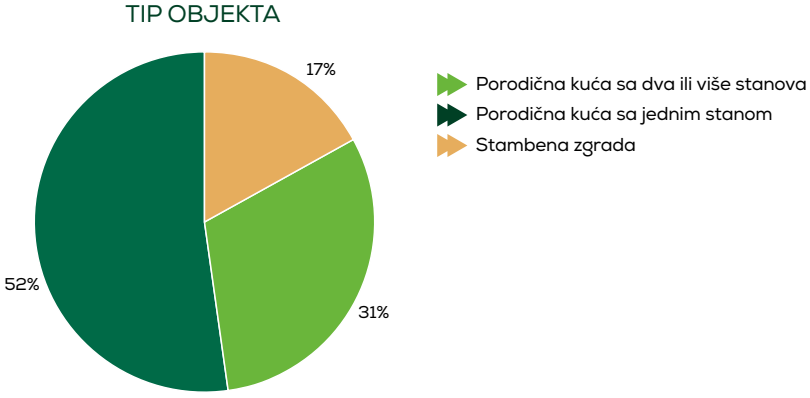
U cilju prikupljanja podataka o aspektima potrošnje energije u domaćinstvima koji su prepoznati kao značajni za proces energetske tranzicije, u okviru primenjene metodologije sprovedeno je anketiranje domaćinstava na teritoriji grada Vranja.

U istraživanju je primenjena metoda telefonskog intervjua uz korišćenje strukturisanog upitnika, kao i „online" upitnika dostupnog preko platforme „Google Forms" [3]. Ispitanici su odgovarali na unapred definisana pitanja prema utvrđenom redosledu. Upitnik je sadržao ukupno 25 pitanja, od čega su 23 pitanja bila zatvorenog tipa, sa ponuđenim odgovorima, dok su 2 pitanja bila otvorenog tipa i odnosila su se na godinu rođenja ispitanika i površinu stambenog prostora koji se greje.

Anketa je sprovedena u periodu od 24. marta do 26. aprila 2026. godine na teritoriji grada Vranja, odnosno u 14 naselja: Tekija, Sobina, Šapranački Rid, Rudina, Raška, Panađurište, Ogledna Stanica, Odžinka, Kuso Blato, Gornji Asambair, Gornja Čaršija, Donji Asambair, Donje Vranje i Ćoška.

Ukupno su prikupljene 452 validne ankete. Kako bi naselja bila približno proporcionalno zastupljena u uzorku, težilo se prikupljanju sličnog broja odgovora iz svakog naselja, pa je na kraju broj prikupljenih anketa po naselju iznosio između 29 i 35.

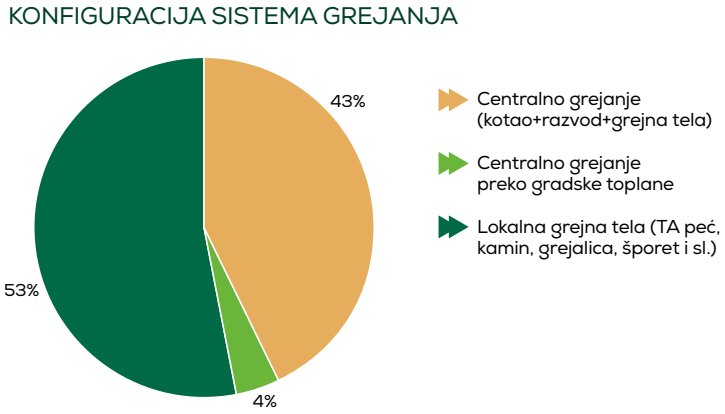
Neki od dobijenih rezultata prikazani su na slikama 4.1 - 4.6. Na Slici 4.1 prikazana je struktura objekata u sektoru domaćinstva u Vranju. Dominiraju porodične kuće sa jednim stanom, slede porodične kuće sa više stanova, dok najmanji broj domaćinstava živi u stambenim zgradama.



Slika 4.1: Struktura objekata u sektoru domaćinstva

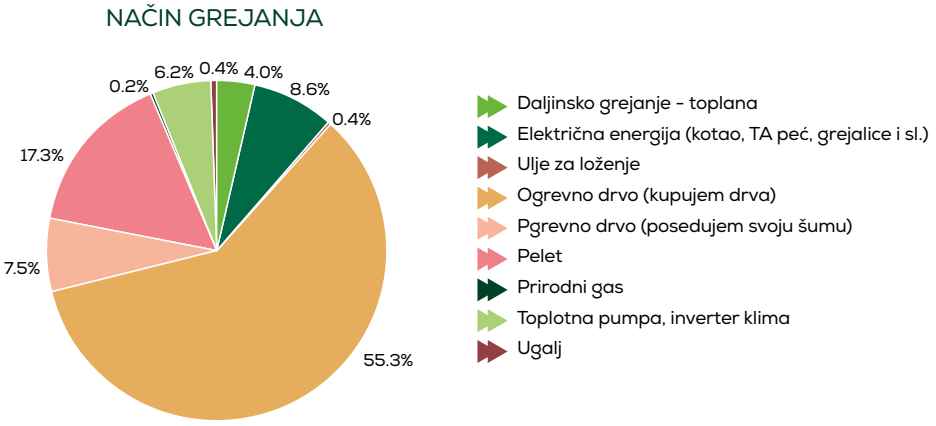
3 https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdfXFi-wpUohLhj-qTgvO1ky0NatAfHLj-7ftVlnZqYr35nxA/viewform

Lokalna grejna tela (TA peć, peć, šporet, kamin) za grejanje prostora koristi 53% domaćinstava, lokalni centralni sistem poseduje 43%, dok je najmanji broj domaćinstava priključen na centralizovan sistem snabdevanja preko gradske toplane (Slika 4.2).



Slika 4.2: Postojeći sistemi grejanja prema konfiguraciji sistema

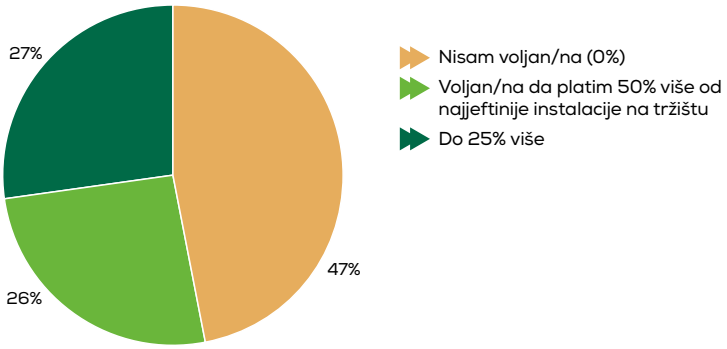
Drvna biomasa (drvo i pelet) za grejanje koristi 80,1% domaćinstava, udeo uglja i derivata nafte je zanemarljiv (Slika 4.3). Značajan broj domaćinstava se greje korišćenjem električne energije (TA peći, kotlovi, grejalice) oko 8,6%, dok 6,2% koristi toplotne pumpe i inverter klima uređaje.



Slika 4.3: Struktura korišćenih energenata za grejanje

Rezultati ankete pokazuju da najveći procenat domaćinstava nije voljan da investira u modernije i efikasnije sisteme grejanja (kao što su toplotne pumpe) ili da investira u povezivanje na SDG (47%) (Slika 4.4).

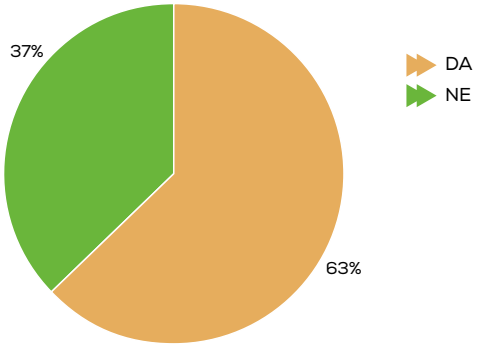
DA LI STE VOLJNI DA INVESTIRATE U MODERNIJI SISTEM GREJANJA?



Slika 4.4: Volja za investiranje u savremenije sisteme

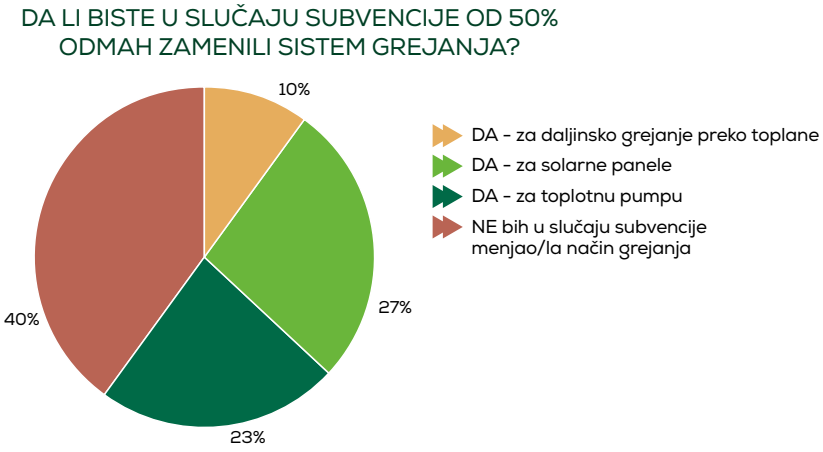
Subvenciju za energetsku sanaciju objekta prihvatila bi većina domaćinstava (63%), dok ostatak ne bi prihvatio subvenciju u visini od 50% (Slika 4.5).

DA LI BISTE U SLUČAJU SUBVENCIJE OD 50% URADILI ENERGETSKU SANACIJU OBJEKTA?



Slika 4.5: Stavovi prema subvencijama za energetsku sanaciju objekata

Na Slici 4.6 prikazani su stavovi prema subvencijama za zamenu sistema grejanja. Najveći procenat domaćinstava (40%) nije voljan da zameni postojeći sistem grejanja ni u slučaju subvencije od 50%. Najmanji procenat domaćinstava (10%) priključio bi se na sistem daljinskog grejanja uz subvenciju, dok bi ostatak investirao u toplotne pumpe ili solarne panele.



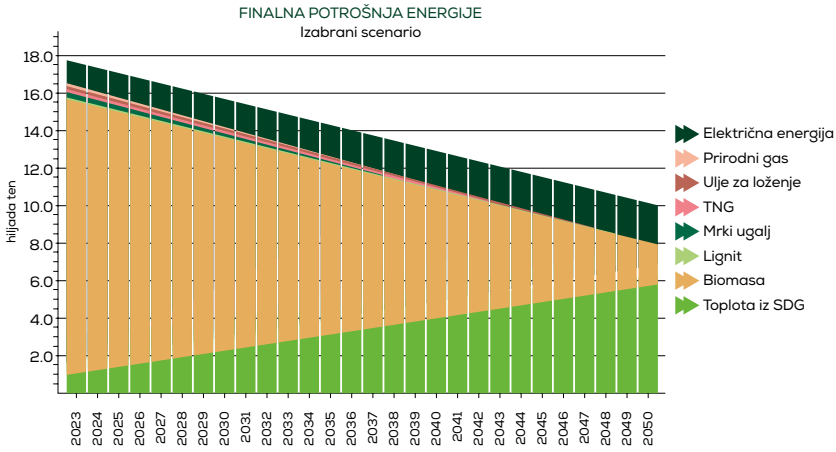
Slika 4.6: Stavovi prema subvencijama za zamenu sistema grejanja

Rezultati ankete pokazuju da je većina stanovništva spremna ili delimično spremna da prihvati smanjenje životnog standarda (dodatne troškove)u cilju unapređenja životne sredine.

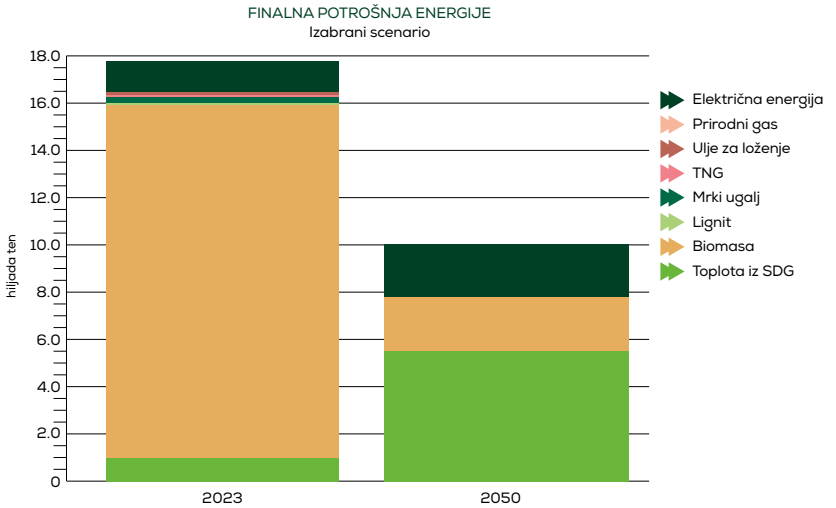
5. TRANSFORMACIJA SISTEMA GREJANJA - PUT DO ŽELJENE PROMENE

Primenom prikazane metodologije, u okviru tri kreativne radionice koje su održane u Vranju sa učesnicima, odnosno predstavnicima zainteresovanih strana, definisan je put željenog razvoja i jasno su postavljeni ciljevi koje je potrebno dostići do 2050. godine.

Očekivana tranzicija sistema grejanja u Vranju, odnosno transformacija finalne potrošnje energije u razmatranom vremenskom periodu, prikazana je na Slici 5.1. Realizacija ovog scenarija doprinela bi smanjenju finalne potrošnje energije sa 17,7 hiljada ten, koliko je procenjeno za 2023. godinu, na oko 10 hiljada ten 2050. godine. Izabrani tranzicioni scenario podrazumeva i prestanak korišćenja fosilnih goriva u finalnoj potrošnji do 2050. godine. Pored smanjenja finalne potrošnje energije, evidentna je i promena strukture korišćenih energenata, koja se ogleda u značajnom smanjenju korišćenja drvnih goriva i povećanju potrošnje toplotne energije iz SDG (Slika 5.2).



Slika 5.1: Projekcija finalne potrošnje energije u Izabranom scenariju



Slika 5.2: Promena strukture finalne potrošnje energije u Izabranom scenariju

Ključne promene koje je potrebno sprovesti kako bi se ostvarili ciljevi vezani za smanjenje finalne potrošnje energije i promene njene strukture su (Slika 5.3):

1. Smanjenje potrebne količine energije za grejanje - energetska sanacija objekata.
2. Širenje SDG - povećanje broja korisnika kojima se isporučuje toplotna energija.
3. Promena strukture korišćenih obnovljivih izvora energije - uvođenje opcija obezbeđenja toplotne energije za grejanje bez sagorevanja.
4. Primena toplotnih pumpi za grejanje.
5. Upravljanje potrošnjom i korišćenje inovativnih rešenja.



Slika 5.3: Pregled ključnih promena koje potrebno sprovesti na putu tranzicije sistema grejanja

Na osnovu pretpostavki koje su dobijene kao rezultat sprovođenja participativnog backcastinga i rezultata izrade ekspertskog energetskog modela mogu se definisati ciljevi koje treba dostići na putu energetske tranzicije (Tabela 5.1 i Tabela 5.2). Postavljanje merljivih ciljeva za karakteristične godine tokom razmatranog perioda omogućava praćenje napretka i pravovremenu korekciju ukoliko se utvrdi potreba.

KLJUČNE PROMENE U PROMENI SISTEMA GREJANJA SPROVODE SE U PET KORAKA

U Tabeli 5.1 prikazane su površine stambenih objekata koje treba energetski sanirati, priključiti na SDG i instalirati toplotne pumpe. Ovi ciljevi su pojedinačno prikazani i na Slikama 5.4 - 5.6.

Tabela 5.1: Merljivi ciljevi na putu tranzicije, indikativne površine stambenih jedinica

	2023.	2030.	2035.	2040.	2045.	2050.
Površina renoviranih stambenih jedinica, hiljada m^2	n/a	154,9	256	349,7	436,6	517,1
Površina stambenih jedinica priključena na sistem daljinskog grejanja (SDG), hiljada m^2	67 [4,5]	144	200	259	335	401
Površina stambenih jedinica koji se greju toplotnim pumpama, hiljada m^2	n/a	120.6	207	295	383	471



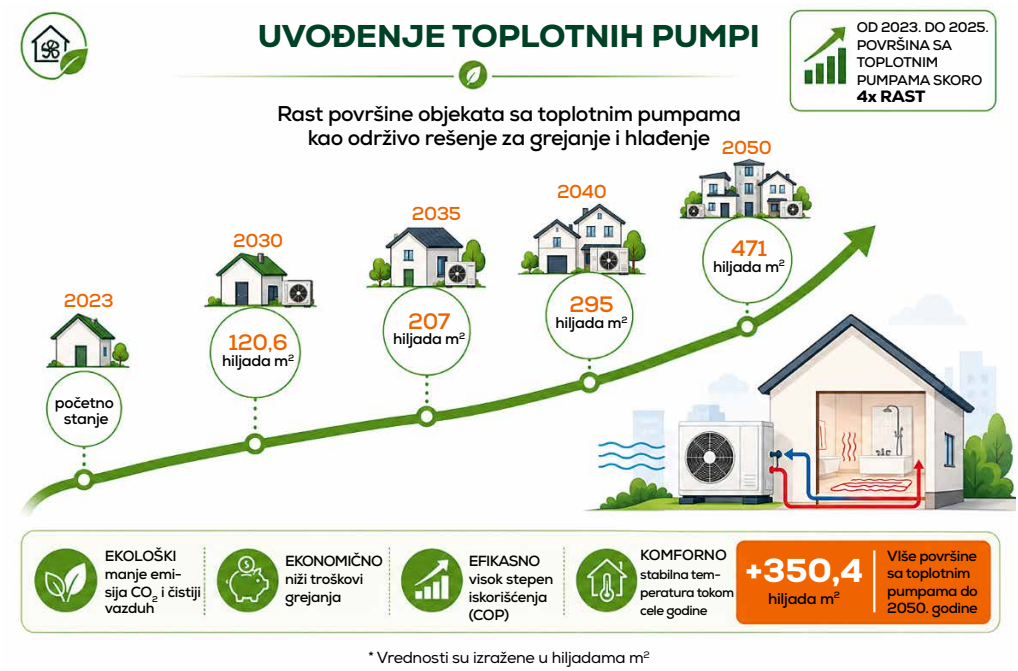
Slika 5.4: Mapa puta - energetska sanacija objekata

4 Izveštaj o radu sistema daljinskog grejanja u Srbiji za 2023. godinu

5 U 2025. godini na SDG bilo priključeno 89000m^2



Slika 5.5: Mapa puta - priključenje na sistem daljinskog grejanja (SDG)



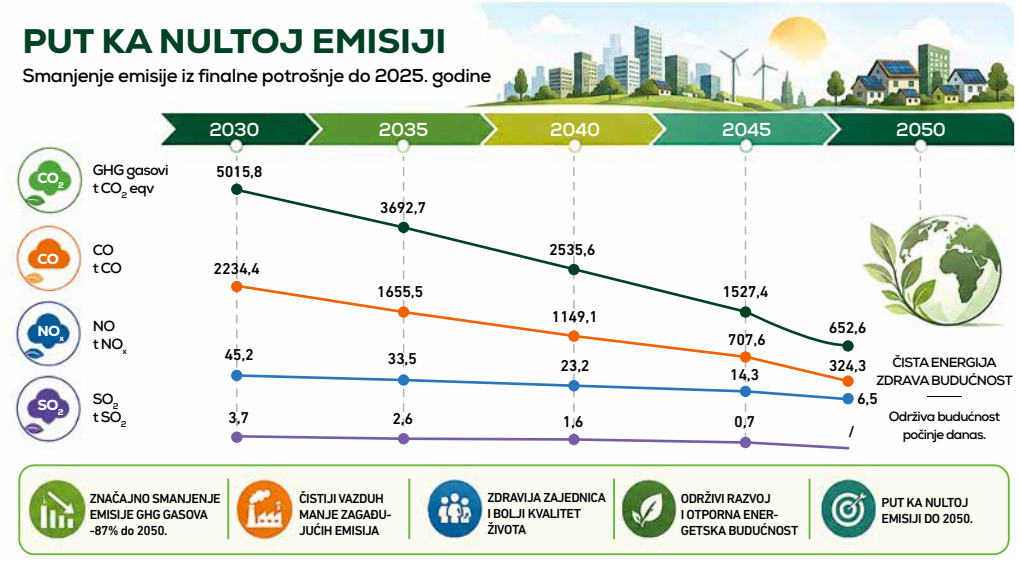
Slika 5.6: Mapa puta - instaliranje toplotnih pumpi

Sprovođenje navedenih mera rezultiraće smanjenjem emisije GHG, kao i emisije zagađujućih materija u vazduh.

Očekivane godišnje emisije koje odgovaraju realizaciji izabranog scenarija prikazane su u Tabeli 5.2 i na Slici 5.7.

Tabela 5.2: Mapa puta: emisija GHG gasova i zagađujućih materija u vazduh

Godišnja emisija iz finalne potrošnje	2023.	2030.	2035.	2040.	2045.	2050.
GHG gasova, t CO_2 eqv	7.142	5.015,8	3.692,7	2.535,6	1.527,4	652,6
CO, t	3.190,5	2.234,4	1.655,5	1.149,1	707,6	324,3
NO_x, t	64,5	45,2	33,5	23,2	14,3	6,5
SO_2, t	5,1	3,7	2,6	1,6	0,7	/

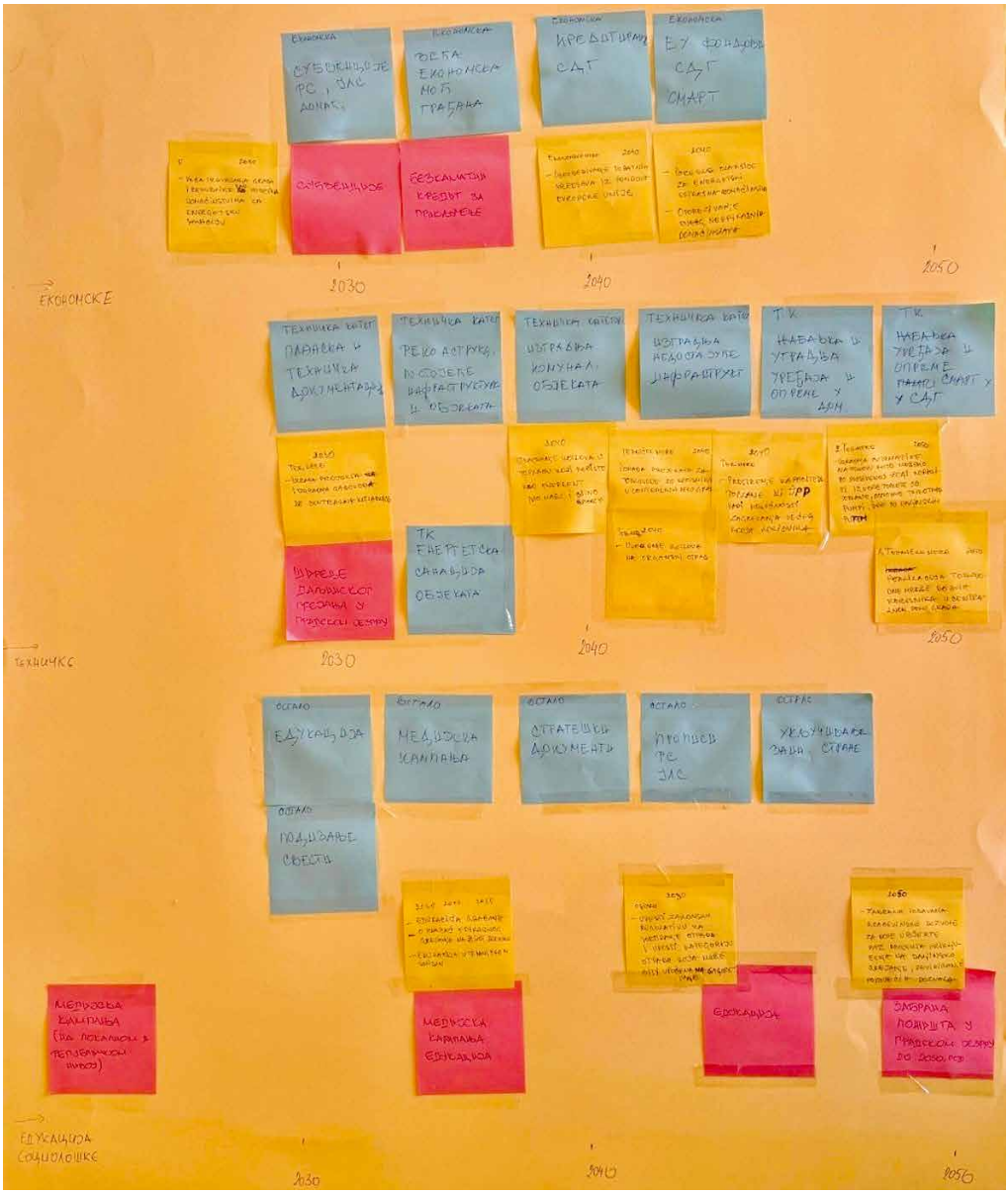


Slika 5.7: Mapa puta – smanjenje emisije

Navedene vrednosti predstavljaju putokaz, ali i ciljeve koje treba dostići. Kao takvi predstavljaju osnovu za lako praćenje napretka ka željenom cilju.

6. MERE I AKTIVNOSTI - MAPA PUTA

Tokom druge radionice izvršena je identifikacija potrebnih koraka za postizanje cilja, odnosno realizaciju izabranog scenarija. Identifikovani koraci prikazani su na vremenskoj liniji i grupisani u ekonomske, tehničke i edukativno-sociološke mere (Slike 6.1 i 6.2).



Slika 6.1: Identifikacija koraka potrebnih za postizanje cilja - rezultat rada sa druge radionice





Slika 6.2: Identifikacija potrebnih mera i aktivnosti

Na osnovu ciljeva i željenog pravca transformacije definisanih tokom početnih faza participativnog procesa, izvršena je dodatna analiza mogućnosti njihove realizacije do 2050. godine. Rezultati sprovedene ankete korišćeni su kao ulazni podaci za model zasnovan na agentima, kojim je simulirano ponašanje domaćinstava i njihov odgovor na različite mere i aktivnosti podrške energetskoj tranziciji. Rezultati simulacija ukazali su da inicijalno definisane mere, u postojećem obimu i intenzitetu, nisu dovoljne za dostizanje željenog stanja energetskog sistema u predviđenom vremenskom horizontu, odnosno da je za približavanje definisanim ciljevima potrebno dodatno intenzivirati proces tranzicije [6]. Zbog toga je tokom treće radionice izvršeno preispitivanje i konkretizovanje prethodno definisanih mera, kao i identifikovanje dodatnih mera i aktivnosti, uzimajući u obzir rezultate ankete, simulacije i procenjene efekte različitih mera.

Na taj način definisan je sveobuhvatan skup mera i aktivnosti usmeren ka realizaciji izabranog tranzicionog scenarija do 2050. godine:

1. Strateško i plansko upravljanje

- Izrada Strategije razvoja sistema daljinskog grejanja i hlađenja, sa definisanim ciljevima, prioritetima i dinamikom razvoja sistema do 2050. godine.
- Izrada planskih dokumenata i stručnih podloga za dugoročni razvoj i energetsku tranziciju sistema grejanja.

6 Za više detalja pogledati: https://ffgreen.rgf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2026/06/vodic-za-ET-u-domacinstvima-v4.pdf

- Plansko definisanje područja prioritetnog razvoja sistema daljinskog grejanja i usklađivanje urbanističkog planiranja sa razvojem toplovodne infrastrukture.
- Plansko definisanje obaveze priključenja novih objekata na sistem daljinskog grejanja u zonama u kojima je priključenje tehnički i ekonomski opravdano.
- Formiranje lokalnog fonda za energetsku efikasnost radi obezbeđivanja stabilnog izvora finansiranja mera energetske tranzicije.

2. Razvoj i modernizacija sistema daljinskog grejanja

- Proširenje i izgradnja sekundarne mreže toplovoda, sa prioritetom na područjima sa visokom gustinom toplotnog opterećenja i potencijalom za priključenje novih korisnika.
- Uvođenje savremenih tehnologija upravljanja, automatizacije i daljinskog nadzora sistema daljinskog grejanja.
- Modernizacija proizvodnih i distributivnih kapaciteta sistema daljinskog grejanja radi povećanja energetske efikasnosti i pouzdanosti snabdevanja.
- Uvođenje striktne naplate toplotne energije prema stvarnoj potrošnji, uz primenu odgovarajućih sistema merenja i regulacije.
- Povećanje energetske efikasnosti mreže smanjenjem distributivnih gubitaka i optimizacijom režima rada sistema.

3. Istraživanje i korišćenje obnovljivih i alternativnih izvora energije

Izraditi stručne studije kojom bi se procenili tehnički, ekonomski i ekološki potencijali alternativnih izvora energije za potrebe sistema daljinskog i individualnog grejanja, uključujući:

- potencijal korišćenja komunalnog gradskog otpada;
- potencijal primene toplotnih pumpi i hibridnih sistema u sistemu daljinskog grejanja;
- mogućnosti korišćenja geotermalne energije za grejanje na području Vranja;
- mogućnosti integracije drugih obnovljivih izvora energije i otpadne toplote u sistem daljinskog grejanja.

4. Smanjenje emisija

- Zoniranje grada i određivanje područja u kojima se, u skladu sa zakonskim mogućnostima i lokalnim uslovima, ograničava ili zabranjuje loženje čvrstih goriva u individualnim ložištima.
- Uvođenje sistema monitoringa emisija iz individualnih ložišta u urbanim zonama.
- Zabrana prodaje vlažnog ogrevnog drveta i pojačana kontrola njegove prodaje i kvaliteta.
- Suzbijanje nelegalne prodaje ogrevnog drveta i unapređenje sistema kontrole njegovog porekla.
- Razmatranje povećanja ekoloških taksi i drugih ekonomskih instrumenata kojima se podstiče održivo korišćenje biomase i smanjuje pritisak na šumske resurse.

- Definisanje perioda i područja u kojima bi, u skladu sa propisima i stanjem šumskih resursa, seča ogrevnog drveta bila ograničena.

5. Finansijski podsticaji za domaćinstva

- Uvođenje lokalnih subvencija za nabavku savremenih i ekološki prihvatljivih sistema grejanja, uključujući toplotne pumpe i druge efikasne tehnologije.
- Obezbeđivanje subvencija za energetsku sanaciju omotača zgrada, uz uslov priključenja na sistem daljinskog grejanja za objekte koji se nalaze na trasi postojeće ili planirane toplovodne mreže, kada je to tehnički i ekonomski opravdano.
- Obezbeđivanje beskamatnog ili subvencionisanog kreditiranja građana za primenu mera energetske efikasnosti i zamenu neefikasnih sistema grejanja ekološki prihvatljivim tehnologijama.
- Uvođenje poreskih olakšica, uključujući mogućnost smanjenja poreza na imovinu, za domaćinstva koja koriste energetski efikasne i ekološki prihvatljive sisteme grejanja.
- Razvijanje kombinovanih modela finansiranja, odnosno povezivanje lokalnih subvencija, nacionalnih programa, povoljnih kredita i drugih izvora finansiranja.

6. Informisanje, promocija i uključivanje građana

- Promocija održivih sistema grejanja i primera dobre prakse u domaćinstvima.
- Kontinuirano jačanje svesti građana o značaju energetske efikasnosti i izboru ekološki prihvatljivih sistema grejanja.
- Sprovođenje edukativnih kampanja usmerenih na uticaj zagađenja vazduha na zdravlje ljudi, sa posebnim fokusom na posledice korišćenja neefikasnih individualnih ložišta.
- Informisanje građana o dostupnim tehnologijama, mogućnostima priključenja na sistem daljinskog grejanja i dostupnim finansijskim podsticajima.
- Uključivanje građana i drugih zainteresovanih strana u planiranje i sprovođenje mera energetske tranzicije.

7. Jačanje institucionalnih kapaciteta i međuinstitucionalne saradnje

- Jačanje stručnih i institucionalnih kapaciteta zaposlenih u lokalnoj samoupravi, javnim ustanovama i gradskoj toplani za planiranje, upravljanje i praćenje energetske tranzicije.
- Razvoj kapaciteta za pripremu projektne dokumentacije i kandidovanje projekata za nacionalne, međunarodne i evropske izvore finansiranja.
- Uspostavljanje mehanizama za kontinuiranu saradnju lokalne samouprave, javnih preduzeća, stručnih institucija, građana i drugih relevantnih zainteresovanih strana.
- Obezbeđivanje aktivnog učešća nadležnih ministarstava i institucija na nacionalnom nivou u realizaciji lokalnih inicijativa i projekata.
- Uspostavljanje sistema za praćenje realizacije mera, energetskih pokazatelja, emisija i efekata sprovedenih aktivnosti.

Sve navedene mere potrebno je posmatrati kao međusobno povezani paket, a ne kao pojedinačne aktivnosti. Razvoj i modernizacija daljinskog grejanja treba da budu praćeni povećanjem njegove energetske efikasnosti, integracijom obnovljivih i alternativnih izvora energije, širenjem mreže, postepenim smanjenjem korišćenja čvrstih goriva u individualnim ložištima i finansijskom podrškom domaćinstvima u procesu prelaska na čistije tehnologije.

Poseban značaj ima povezivanje urbanističkog planiranja, razvoja infrastrukture, finansijskih podsticaja i regulativnih mera, čime se stvaraju uslovi za sistemsku i pravednu energetsku tranziciju sektora grejanja u Vranju do 2050. godine.

Navedene mere i aktivnosti su detaljno pojedinačno prikazane tabelarno.



Mera 1.1: Strateško i plansko upravljanje razvojem sistema grejanja

Period realizacije:	2026–2050.
Tip mere:	Institucionalno-upravljačko-organizaciona / planska mera

Indikator(i) napretka	Jedinica mere	Izvor provere	Bazna godina	Početna vrednost	Ciljana godina	Ciljana vrednost
Usvojena Strategija razvoja sistema daljinskog grejanja i hlađenja do 2050.	da/ne	Gradska uprava	2025.	ne	2027.	da
Definisane zone prioritetnog razvoja SDG i usklađene sa urbanističkim planiranjem	da/ne	Gradska uprava / planska dokumentacija	2025.	ne	2028.	da
Uspostavljen lokalni fond za energetsku efikasnost	da/ne	Gradska uprava	2025.	ne	2030.	da

Aktivnost	Nosilac aktivnosti	Partneri u sprovođenju	Rok za završetak aktivnosti	Preduslovi za sprovođenje	Procena finansijskih sredstava	Procena izvora finansiranja	Indikator napretka
Akt. 1.1.1: Izrada i usvajanje Strategije razvoja sistema daljinskog grejanja i hlađenja do 2050.	Gradska uprava	JP „Novi Dom", energetski menadžer, urbanističke službe, stručne institucije	2027.	Prikupljeni podaci o sistemu; definisani ciljevi i scenariji razvoja; obezbeđeni kapaciteti za izradu strategije	3.000.000–6.000.000	Budžet grada, donatorska sredstva	Usvojena strategija; definisani ciljevi, prioriteti i dinamika razvoja
Akt. 1.1.2: Izrada planskih dokumenata i stručnih podloga za dugoročni razvoj i energetsku tranziciju sistema grejanja	Gradska uprava	JP „Novi Dom", energetski menadžer, urbanističke službe, stručne institucije	2030.	Usvojena strategija; dostupni prostorni i tehnički podaci	3.000.000–8.000.000	Budžet grada, donatorska sredstva	Broj izrađenih/usvojenih planskih i stručnih podloga

Akt. 1.1.3: Plansko definisanje područja prioritetnog razvoja SDG i usklađivanje urbanističkog planiranja sa razvojem toplovodne infrastrukture	Gradska uprava	JP „Novi Dom", urbanističke službe, energetski menadžer	2028.	Analiza potencijala za proširenje mreže; dostupni podaci o toplotnom opterećenju i gustini potrošnje	2.000.000–5.000.000	Budžet grada, donatorska sredstva	Definisane prioritetne zone; zone ugrađene u planske dokumente
Akt. 1.1.4: Plansko definisanje obaveze priključenja novih objekata na SDG u zonama gde je priključenje tehnički i ekonomski opravdano	Gradska uprava	JP „Novi Dom", urbanističke službe, pravna služba	2030.	Definisane prioritetne zone; utvrđeni tehnički i ekonomski uslovi	1.000.000–3.000.000	Budžet grada	Usvojena odgovarajuća planska/pravna rešenja; broj novih objekata obuhvaćenih pravilom
Akt. 1.1.5: Formiranje lokalnog fonda za energetsku efikasnost	Gradska uprava	Energetski menadžer, finansijska služba	2030.	Definisan model finansiranja i upravljanja fondom; obezbeđena budžetska i druga sredstva	Troškovi uspostavljanja prema modelu; početni fond prema godišnjem programu	Budžet grada, budžet RS, donatorska sredstva, međunarodni fondovi	Formiran fond; godišnja sredstva fonda; broj finansiranih mera

Mera 1.2: Razvoj i modernizacija sistema daljinskog grejanja

Period realizacije:	2026–2050.
Tip mere:	Institucionalno-upravljačko-organizaciona / planska mera

Indikator(i) napretka	Jedinica mere	Izvor provere	Bazna godina	Početna vrednost	Ciljana godina	Ciljana vrednost
Površina stambenih jedinica priključena na SDG	hiljada m²	Gradska uprava / JP „Novi Dom"	2025.	89,3	2030. 2050.	144 401
Smanjenje distributivnih gubitaka i povećanje energetske efikasnosti sistema	%	JP „Novi Dom"	2025.	biće utvrđeno	2050.	biće utvrđeno projektima modernizacije

Aktivnost	Nosilac aktivnosti	Partneri u sprovođenju	Rok za završetak aktivnosti	Preduslovi za sprovođenje	Procena finansijskih sredstava	Procena izvora finansiranja	Indikator napretka
Akt. 1.2.1: Proširenje i izgradnja sekundarne mreže toplovoda sa prioritetom na područjima sa visokim toplotnim opterećenjem i potencijalom za priključenje	JP „Novi Dom"	Grad Vranje, urbanističke službe, izvođači, stambene zajednice	2050.	Definisane prioritetne zone; izrađena tehnička dokumentacija; obezbeđeno finansiranje	Biće utvrđeno tehničkom dokumentacijom	Budžet grada, JP „Novi Dom", budžet RS, donatorska i kreditna sredstva	Dužina izgrađene mreže; broj novih priključaka; priključena površina
Akt. 1.2.2: Uvođenje savremenih tehnologija upravljanja, automatizacije i daljinskog nadzora SDG	JP „Novi Dom"	Grad Vranje, energetski menadžer, IT/ automatika podrška	2030.	Analiza postojećeg sistema; definisani tehnički standardi i prioriteti	20.000.000–60.000.000	JP „Novi Dom", budžet grada, budžet RS, donatorska sredstva	Broj podstanica/ objekata obuhvaćenih daljinskim nadzorom; smanjenje gubitaka

Akt. 1.2.3: Modernizacija proizvodnih i distributivnih kapaciteta SDG radi povećanja energetske efikasnosti i pouzdanosti	JP „Novi Dom"	Grad Vranje, privatni partner, stručne institucije	2035.	Procena postojećih kapaciteta; tehnička dokumentacija; plan finansiranja	Biće utvrđeno tehničkom dokumentacijom	JP „Novi Dom", privatni partner, budžet RS, donatorska i kreditna sredstva	Modernizovani kapaciteti; povećanje pouzdanosti; smanjenje specifične potrošnje goriva
Akt. 1.2.4: Uvođenje obračuna toplotne energije prema stvarnoj potrošnji uz odgovarajuće sisteme merenja i regulacije	JP „Novi Dom"	Grad Vranje, stambene zajednice, korisnici usluga	2030.	Analiza postojećeg načina obračuna; tehnički uslovi za merenje i regulaciju	Biće utvrđeno tehničkom dokumentacijom	JP „Novi Dom", korisnici usluga, budžet grada, donatorska sredstva	Udeo korisnika sa obračunom prema potrošnji; broj ugrađenih merila/ regulacionih uređaja
Akt. 1.2.5: Smanjenje distributivnih gubitaka i optimizacija režima rada sistema	JP „Novi Dom"	Energetski menadžer, stručne institucije, izvođači	2035.	Uspostavljen sistem praćenja rada i potrošnje; identifikovane kritične deonice	Biće utvrđeno tehničkom dokumentacijom	JP „Novi Dom", budžet grada, budžet RS, donatorska sredstva	Distributivni gubici; specifična potrošnja energije; broj optimizovanih režima rada

Mera 1.3: Istraživanje i korišćenje obnovljivih i alternativnih izvora energije

Period realizacije:	2026–2040.
Tip mere:	Studijska / razvojna / investiciona mera

Indikator(i) napretka	Jedinica mere	Izvor provere	Bazna godina	Početna vrednost	Ciljana godina	Ciljana vrednost
Broj izrađenih stručnih studija o korišćenju obnovljivih izvora energije	broj	Gradska uprava / stručne institucije	2025.	0	2030.	2+
Broj realizovanih pilot-projekata alternativnih izvora ili otpadne toplote	broj	Gradska uprava / JP „Novi Dom"	2025.	0	2040.	biće definisano nakon studija

Aktivnost	Nosilac aktivnosti	Partneri u sprovođenju	Rok za završetak aktivnosti	Preduslovi za sprovođenje	Procena finansijskih sredstava	Procena izvora finansiranja	Indikator napretka
Akt. 1.3.1: Izrada studije potencijala komponenti otpada pogodnih za energetsko iskorišćenje u sistemima daljinskog grejanja: drvni otpad, zeleni otpad iz održavanja javnih površina, ostaci drvne i poljoprivredne proizvodnje, RDF/SRF,deponijski gas	Gradska uprava	JP „Novi Dom", JKP "Komrad"JKP, stručne institucije, nadležna ministarstva	2029.	Dostupni podaci o količinama i sastavu otpada; analiza tehničkih i ekoloških uslova	2.000.000–5.000.000	Budžet grada, budžet RS, donatorska sredstva	Izrađena studija; procenjen tehnički, ekonomski i ekološki potencijal
Akt. 1.3.2: Izrada studije potencijala korišćenja toplotnih pumpi i hibridnih sistema u SDG	JP „Novi Dom"	Grad Vranje, stručne institucije, energetski menadžer	2028.	Podaci o režimima rada i toplotnim potrebama sistema; identifikovane lokacije	2.000.000–5.000.000	Budžet grada, JP „Novi Dom", donatorska sredstva	Izrađena studija; identifikovane prioritetne lokacije i tehnologije

Akt. 1.3.3: Izrada studije mogućnosti korišćenja geotermalne energije za grejanje na području Vranja	Gradska uprava	Rudarsko-geološki fakultet, JP „Novi Dom", stručne institucije	2030.	Prikupljeni geološki, hidrogeološki i energetski podaci; definisane potencijalne lokacije	3.000.000–7.000.000	Budžet grada, budžet RS, donatorska sredstva, istraživački projekti	Izrađena studija; identifikovane potencijalne lokacije i procenjen potencijal
Akt. 1.3.4: Izrada studije mogućnosti integracije drugih OIE i otpadne toplote u SDG	JP „Novi Dom"	Grad Vranje, stručne institucije, privreda	2030.	Identifikovani izvori OIE i otpadne toplote; dostupni tehnički podaci	2.000.000–5.000.000	Budžet grada, JP „Novi Dom", donatorska sredstva	Izrađena studija; identifikovani izvori i prioritetni projekti
Akt. 1.3.5: Priprema i realizacija pilot-projekata korišćenja alternativnih izvora i/ili otpadne toplote	Gradska uprava / JP „Novi Dom"	Stručne institucije, privatni sektor, nadležna ministarstva	2040.	Rezultati studija; izabrane lokacije; tehnička dokumentacija; obezbeđeno finansiranje	Biće utvrđeno tehničkom dokumentacijom	Budžet grada, budžet RS, donatorska i kreditna sredstva, privatni sektor	Broj realizovanih pilot-projekata; proizvedena/ iskorišćena toplotna energija

Mera 1.4: Smanjenje emisija iz individualnih ložišta i unapređenje kvaliteta vazduha

Period realizacije:	2026–2050.
Tip mere:	Regulatorna / institucionalno-upravljačka / kontrolna mera

Indikator(i) napretka	Jedinica mere	Izvor provere	Bazna godina	Početna vrednost	Ciljana godina	Ciljana vrednost
Godišnja emisija CO iz finalne potrošnje	t CO/god	Energetski model FF GreEN/ proračun na osnovu bilansa	2023.	3190,5 t	2050.	324,3
Godišnja emisija NO_x iz finalne potrošnje	t NO_x/god	Energetski model FF GreEN/ proračun na osnovu bilansa	2023.	64,5 t	2050.	6,5
Godišnja emisija GHG iz finalne potrošnje	t CO_2 eqv/ god	Energetski model FF GreEN/ proračun na osnovu bilansa	2023.	7.142 t	2050.	652,6

Aktivnost	Nosilac aktivnosti	Partneri u sprovođenju	Rok za završetak aktivnosti	Preduslovi za sprovođenje	Procena finansijskih sredstava	Procena izvora finansiranja	Indikator napretka
Akt. 1.4.1: Zoniranje grada i određivanje područja u kojima se ograničava ili zabranjuje loženje čvrstih goriva u individualnim ložištima	Gradska uprava	Nadležne gradske službe, komunalna i inspekcija za zaštitu životne sredine, JP „Novi Dom“	2030.	Analiza kvaliteta vazduha; identifikovane prioritetne zone; usklađenost sa propisima	2.000.000–3.000.000	Budžet grada, donatorska sredstva	Usvojeno zoniranje; površina/broj domaćinstava obuhvaćenih zonama
Akt. 1.4.2: Uspostavljanje sistema monitoringa emisija iz individualnih ložišta u urbanim zonama	Gradska uprava	Komunalna inspekcija, inspekcija za zaštitu životne sredine, stručne institucije	2030.	Definisane prioritetne zone; metodologija monitoringa; obezbeđena oprema i kapaciteti	5.000.000–15.000.000	Budžet grada, budžet RS, donatorska sredstva	Uspostavljen monitoring; broj kontrolisanih ložišta; broj evidentiranih nepravilnosti

Akt. 1.4.3: Zabrana prodaje vlažnog ogrevnog drveta i pojačana kontrola kvaliteta i porekla ogrevnog drveta	Gradska uprava	Komunalna inspekcija, inspekcija za zaštitu životne sredine, nadležni organi	2030.	Definisani kriterijumi kvaliteta; uspostavljena procedura kontrole	Redovna izdvajanja	Budžet grada	Broj kontrola; broj utvrđenih nepravilnosti; smanjenje dostupnosti neodgovarajućeg goriva
Akt. 1.4.4: Suzbijanje nelegalne prodaje ogrevnog drveta i unapređenje kontrole njegovog porekla	Gradska uprava	Komunalna inspekcija, nadležni državni organi, tržišna inspekcija	2030.	Definisane procedure i nadležnosti; međuinstitucionalna saradnja	Redovna izdvajanja	Budžet grada, budžet RS	Broj kontrola i postupaka; broj utvrđenih nepravilnosti
Akt. 1.4.5: Razmatranje povećanja ekoloških taksi i drugih ekonomskih instrumenata za održivo korišćenje biomase	Gradska uprava	Nadležne gradske službe, nadležna ministarstva, stručne institucije	2035.	Analiza pravnog okvira i socio-ekonomskih efekata	1.000.000–3.000.000 za analizu	Budžet grada, donatorska sredstva	Izrađena analiza; uvedeni/izmenjeni ekonomski instrumenti, gde je primenljivo
Akt. 1.4.6: Definisanje perioda i područja u kojima bi, u skladu sa propisima i stanjem šumskih resursa, seča ogrevnog drveta bila ograničena	Gradska uprava	Nadležni državni organi, stručne institucije, lokalne službe	2035.	Stručna procena stanja šumskih resursa i pravnog okvira	1.000.000–3.000.000 za analizu	Budžet grada, budžet RS	Izrađena stručna podloga; definisane preporučene zone/periodi, gde je primenljivo
Akt. 1.4.7: Obavezni redovni pregledi i čišćenje dimnjaka i uspostavljanje registra individualnih ložišta	Gradska uprava	Nadležne gradske službe, udruženja dimničara	kontinualno	Analiza kvaliteta vazduha; identifikovane prioritetne zone; usklađenost sa propisima	1.000.000-2.000.000 godišnje	Budžet grada, budžet RS	Broj pregledanih dimnjaka godišnje, udeo ložišta sa važećom potvrdom o pregledu, broj evidentiranih nepravilnosti, broj otklonjenih nepravilnosti

Mera 1.5: Finansijski podsticaji za domaćinstva

Period realizacije:	2026–2050.
Tip mere:	Podsticajna / finansijska mera

Indikator(i) napretka	Jedinica mere	Izvor provere	Bazna godina	Početna vrednost	Ciljana godina	Ciljana vrednost
Površina renoviranih stambenih jedinica	hiljada m²	Urbanističke službe	2023.	nije direktno utvrđeno	2050.	517,1
Površina stambenih jedinica koje se greju toplotnim pumpama	hiljada m²	Energetski model FF GreEN/ anketa	2023.	nije direktno utvrđeno	2050.	471,0
Površina stambenih jedinica priključenih na SDG	hiljada m²	Gradska uprava / JP „Novi Dom"	2025.	89,3	2050.	911,4

Aktivnost	Nosilac aktivnosti	Partneri u sprovođenju	Rok za završetak aktivnosti	Preduslovi za sprovođenje	Procena finansijskih sredstava	Procena izvora finansiranja	Indikator napretka
Akt. 1.5.1: Uvođenje lokalnih subvencija za nabavku savremenih i ekološki prihvatljivih sistema grejanja, uključujući toplotne pumpe	Gradska uprava	Energetski menadžer, JP „Novi Dom", nadležna ministarstva	Godišnje do 2050.	Usvojen program; definisani kriterijumi i prioritetne ciljne grupe; obezbeđena sredstva	15.000.000–40.000.000 godišnje, prema programu	Budžet grada, budžet RS, donatorska sredstva, sredstva korisnika	Broj podržanih domaćinstava; broj ugrađenih sistema
Akt. 1.5.2: Subvencije za energetsku sanaciju omotača zgrada uz uslov priključenja na SDG gde je to tehnički i ekonomski opravdano	Gradska uprava	Energetski menadžer, JP „Novi Dom", stambene zajednice	Godišnje do 2050.	Definisane zone i kriterijumi; obezbeđena sredstva; usklađen javni poziv	35.000.000–100.000.000 godišnje, prema obimu programa	Budžet grada, budžet RS, donatorska sredstva	Površina energetski saniranih objekata; broj domaćinstava korisnika

Akt. 1.5.3: Obezbeđivanje beskamatnog ili subvencionisanog kreditiranja građana za energetsku efikasnost i zamenu sistema grejanja	Gradska uprava	Banke, nadležna ministarstva, fondovi, energetski menadžer	2030.	Definisan model garancije/ subvencije; partneri finansijske institucije	Biće utvrđeno modelom finansiranja	Budžet grada, banke, fondovi, donatorska sredstva	Broj odobrenih kredita; vrednost investicija domaćinstava
Akt. 1.5.4: Uvođenje poreskih olakšica za domaćinstva koja koriste energetski efikasne i ekološki prihvatljive sisteme grejanja	Gradska uprava	Nadležne gradske službe, poreski organi, nadležna ministarstva	2035.	Pravna analiza mogućnosti i procena fiskalnih efekata	Biće utvrđeno analizom fiskalnih efekata	Budžet grada / poreski instrumenti	Usvojena mera; broj domaćinstava koja koriste olakšicu
Akt. 1.5.5: Razvijanje kombinovanih modela finansiranja lokalnih subvencija, nacionalnih programa, povoljnih kredita i drugih izvora	Gradska uprava	Energetski menadžer, banke, nadležna ministarstva, donatori	2028.	Mapirani izvori finansiranja; definisan model kombinovanja sredstava	Troškovi pripreme prema modelu	Budžet grada, budžet RS, donatori, banke	Broj kombinovanih programa; ukupna mobilisana sredstva

Mera 1.6: Informisanje, promocija i uključivanje građana

Period realizacije:	2026–2050.
Tip mere:	Edukativno-sociološka / komunikaciona mera

Indikator(i) napretka	Jedinica mere	Izvor provere	Bazna godina	Početna vrednost	Ciljana godina	Ciljana vrednost
Broj sprovedenih kampanja i javnih aktivnosti godišnje	broj	Gradska uprava	2025.	biće utvrđeno	2030.	biće definisano godišnjim programom
Broj domaćinstava obuhvaćenih informisanjem o mogućnostima tranzicije	broj	Gradska uprava	2025.	biće utvrđeno	2030.	biće definisano programom

Aktivnost	Nosilac aktivnosti	Partneri u sprovođenju	Rok za završetak aktivnosti	Preduslovi za sprovođenje	Procena finansijskih sredstava	Procena izvora finansiranja	Indikator napretka
Akt. 1.6.1: Promocija održivih sistema grejanja i primera dobre prakse u domaćinstvima	Gradska uprava	JP „Novi Dom", energetski menadžer, stručne institucije, mediji	Kontinuirano	Pripremljeni komunikacioni materijali i primeri dobre prakse	1.000.000–3.000.000 godišnje prema programu	Budžet grada, donatorska sredstva, partneri	Broj kampanja; broj učesnika; broj objavljenih primera dobre prakse
Akt. 1.6.2: Kontinuirano jačanje svesti građana o energetskoj efikasnosti i izboru ekološki prihvatljivih sistema grejanja	Gradska uprava	JP „Novi Dom", energetski menadžer, škole, mediji, OCD	Kontinuirano	Definisane ciljne grupe i kanali komunikacije	800.000–1.500.000 godišnje prema programu	Budžet grada, donatorska sredstva	Broj informisanih građana; broj edukativnih aktivnosti
Akt. 1.6.3: Edukativne kampanje o uticaju zagađenja vazduha na zdravlje, sa fokusom na individualna ložišta	Gradska uprava	Zdravstvene ustanove, stručne institucije, škole, mediji	Kontinuirano	Pripremljeni stručni sadržaji i komunikacioni materijali	800.000–1.500.000 godišnje prema programu	Budžet grada, budžet RS, donatorska sredstva	Broj kampanja; broj učesnika; broj edukativnih materijala

Akt. 1.6.4: Informisanje građana o tehnologijama, mogućnostima priključenja na SDG i dostupnim finansijskim podsticajima	Gradska uprava	JP „Novi Dom", energetski menadžer, banke, nadležna ministarstva	Kontinuirano	Ažurirani podaci o mreži, programima subvencija i dostupnim tehnologijama	1.000.000–3.000.000 godišnje prema programu	Budžet grada, JP „Novi Dom", donatorska sredstva	Broj informativnih događaja; broj korisnika informacija; broj prijava za programe
Akt. 1.6.5: Uključivanje građana i drugih zainteresovanih strana u planiranje i sprovođenje mera energetske tranzicije	Gradska uprava	JP „Novi Dom", stambene zajednice, građani, stručne institucije, OCD	Kontinuirano	Definisani mehanizmi konsultacija i učešća	800.000–1.500.000 godišnje prema programu	Budžet grada, donatorska sredstva	Broj konsultacija/ radionica; broj učesnika; broj predloga ugrađenih u programe

Mera 1.7: Jačanje institucionalnih kapaciteta i međuinstitucionalne saradnje

Period realizacije:	2026–2050.
Tip mere:	Institucionalno-upravljačka / razvoj kapaciteta

Indikator(i) napretka	Jedinica mere	Izvor provere	Bazna godina	Početna vrednost	Ciljana godina	Ciljana vrednost
Uspostavljen sistem praćenja realizacije mera, energetskih pokazatelja i emisija	da/ne	Gradska uprava	2025.	ne	2028.	da
Broj pripremljenih i kandidovanih projekata za spoljne izvore finansiranja godišnje	broj	Gradska uprava	2025.	biće utvrđeno	2030.	biće definisano godišnjim programom
Broj obučenih zaposlenih u lokalnoj samoupravi, javnim ustanovama i JP „Novi Dom“	broj	Gradska uprava	2025.	biće utvrđeno	2030.	biće definisano programom obuka

Aktivnost	Nosilac aktivnosti	Partneri u sprovođenju	Rok za završetak aktivnosti	Preduslovi za sprovođenje	Procena finansijskih sredstava	Procena izvora finansiranja	Indikator napretka
Akt. 1.7.1: Jačanje stručnih i institucionalnih kapaciteta zaposlenih u lokalnoj samoupravi, javnim ustanovama i JP „Novi Dom“	Gradska uprava	JP „Novi Dom“, energetski menadžer, stručne institucije, nadležna ministarstva	Kontinuirano	Identifikovane potrebe za obukama; godišnji plan obuka	1.000.000–3.000.000 godišnje prema programu	Budžet grada, JP „Novi Dom“, donatorska sredstva	Broj obučenih lica; broj realizovanih obuka
Akt. 1.7.2: Razvoj kapaciteta za pripremu projektne dokumentacije i kandidovanje projekata za nacionalne, međunarodne i evropske izvore finansiranja	Gradska uprava	Energetski menadžer, stručne institucije, razvojne agencije, nadležna ministarstva	Kontinuirano	Formiran projektni tim; baza potencijalnih izvora finansiranja	1.000.000–4.000.000 godišnje	Budžet grada, donatorska sredstva, tehnička pomoć	Broj pripremljenih projektnih prijava; broj odobrenih projekata; mobilisana sredstva

Akt. 1.7.3: Uspostavljanje mehanizma kontinuirane saradnje lokalne samouprave, javnih preduzeća, stručnih institucija, građana i drugih zainteresovanih strana	Gradska uprava	JP „Novi Dom", stručne institucije, stambene zajednice, OCD, privreda	2027.	Definisani članovi i način rada; imenovani koordinatori	Redovna izdvajanja	Budžet grada	Broj sastanaka/ radnih sesija; broj zajedničkih inicijativa
Akt. 1.7.4: Obezbeđivanje aktivnog učešća nadležnih ministarstava i institucija na nacionalnom nivou u realizaciji lokalnih inicijativa	Gradska uprava	Ministarstvo rudarstva i energetike, Ministarstvo zaštite životne sredine, druga nadležna ministarstva i institucije	Kontinuirano	Definisane teme i projekti za koje je potrebna nacionalna podrška	Redovna izdvajanja	Budžet grada, budžet RS, donatorska sredstva	Broj zajedničkih inicijativa/ projekata; broj uključenih nacionalnih institucija
Akt. 1.7.5: Uspostavljanje sistema za praćenje realizacije mera, energetskih pokazatelja, emisija i efekata sprovedenih aktivnosti	Gradska uprava	Energetski menadžer, JP „Novi Dom", stručne institucije, IT/GIS podrška	2028.	Definisani indikatori; utvrđena bazna godina; obezbeđeni podaci i odgovorna lica	2.000.000–5.000.000	Budžet grada, donatorska sredstva	Uspostavljen sistem; godišnji izveštaj; ažurirani indikatori Roadmap-a


Zašto
zadruga

PRILOG B: ZADRUGA ZA ODRŽIVI RAZVOJ BELI BREG POPOVCI



LOKALNI KONTEKST

Beli Breg Popovci je zaseok na teritoriji grada Vranja koji čini 14 domaćinstava, pretežno sa starijim stanovništvom. Kao i brojne manje ruralne sredine na jugu Srbije, zajednica se suočava sa međusobno povezanim izazovima koji se ne odnose samo na snabdevanje energijom. Ograničena dostupnost usluga i prevoza, odlazak mlađeg stanovništva, smanjenje ekonomskih aktivnosti i ograničene mogućnosti domaćinstava da samostalno investiraju utiču na kvalitet života i dugoročnu održivost zajednice.



U takvom okruženju energetska tranzicija ne može se posmatrati samo kao tehnološka promena ili zamena jednog izvora energije drugim, već kao pitanje na koji način lokalno dostupni resursi mogu biti iskorišćeni tako da istovremeno doprinesu smanjenju troškova domaćinstava, većoj energetskoj sigurnosti, razvoju novih aktivnosti i kvalitetnijem životu stanovnika.

Upravo iz tog razloga rad u Belom Bregu Popovci nije započet izborom tehnologije, već razgovorima sa stanovnicima i sagledavanjem potreba zajednice. Kućne posete, individualni razgovori i sastanci sa manjim brojem stanovnika pokazali su se kao odgovarajući pristup za sredinu u kojoj su međusobno poverenje i neposredna komunikacija važni za pokretanje zajedničkih aktivnosti.

OD POTREBA DOMAĆINSTAVA DO ZAJEDNIČKOG ORGANIZOVANJA

Tokom rada sa stanovnicima identifikovana je potreba za modelom koji bi omogućio da se pojedini problemi rešavaju zajednički. Pojedinačna domaćinstva imaju ograničene finansijske i administrativne kapacitete za razvoj projekata obnovljivih izvora energije, ali zajedničko organizovanje omogućava objedinjavanje potreba, lakši pristup stručnom znanju i koordinisano planiranje budućih aktivnosti.



Proces je zato postepeno prerastao iz razgovora o pojedinačnim solarnim sistemima u širu diskusiju o tome kako zajednica želi da se razvija i koje resurse može zajednički da koristi.

Kao rezultat ovog procesa u junu 2026. godine formirana je Zadruga za održivi razvoj Beli Breg Popovci. Zadruga je formirana kao lokalni organizacioni okvir koji stanovnicima omogućava da zajednički razvijaju projekte, traže izvore podrške, upravljaju budućim ulaganjima i nastupaju prema institucijama i drugim partnerima.

Važno je da zadruga nije osnovana samo radi realizacije jednog energetskog projekta. Njena razvojna vizija postavljena je kroz četiri strateška pravca. Prvi je

energetika, sa fokusom na korišćenje solarne energije, energetsku efikasnost, smanjenje troškova domaćinstava i razvoj zajedničkih energetskih projekata. Drugi pravac je poljoprivreda, kroz mogućnost zajedničkog korišćenja opreme, unapređenja proizvodnje, prerade i plasmana lokalnih proizvoda. Treći je razvoj turizma zasnovanog na lokalnim proizvodima, prirodnim resursima i potencijalu seoskog turizma. Četvrti pravac je mobilnost, koja obuhvata poboljšanje povezanosti zaseoka sa Vranjem, mogućnosti zajedničkog prevoza i postepeno uvođenje rešenja zasnovanih na elektromobilnosti.

Ovakvo postavljanje zadruge omogućava da se energija poveže sa drugim razvojnim potrebama zajednice, umesto da predstavlja izolovanu temu. Uštede, nova infrastruktura ili budući prihodi koji mogu nastati kroz energetske projekte mogu tako postati osnova za dalje aktivnosti u drugim oblastima.

PRVA PLANIRANA INVESTICIJA

Kao prvi konkretan korak razvijen je model instaliranja fotonaponskih sistema na pet domaćinstava u zaseoku Beli Breg Popovci. Planirano je postavljanje pet sistema pojedinačne snage 4,45 kWp, odnosno ukupne instalisane snage od oko 22,25 kWp.



Izbor više manjih sistema na individualnim objektima omogućava da se rešenje prilagodi tehničkim karakteristikama domaćinstava i njihovim potrebama za električnom energijom. Istovremeno, ovakav pristup omogućava da se prva faza inicijative realizuje u ograničenom obimu, da se steknu praktična iskustva i da se na osnovu rezultata planira dalje uključivanje domaćinstava.

Planirana investicija ima značaj i kao prvi zajednički projekat novoosnovane zadruge. Njena realizacija treba da pokaže na koji način zajedničko organizovanje može da olakša pripremu energetskih projekata, pristup tehničkoj podršci i koordinaciju između domaćinstava, zadruge i drugih relevantnih aktera.

Istovremeno, prvih pet sistema mogu predstavljati osnovu za dalje širenje energetskih aktivnosti. Dugoročan cilj nije da se projekat završi instaliranjem nekoliko solarnih elektrana, već da se kroz praktično iskustvo utvrdi koji modeli najbolje odgovaraju potrebama male ruralne zajednice i na koji način se mogu uključivati nova domaćinstva.

ENERGETSKA TRANZICIJA KAO DEO LOKALNOG RAZVOJA

Iskustvo iz Belog Brega pokazuje da u malim ruralnim sredinama granica između energetske politike i lokalnog razvoja gotovo da ne postoji. Troškovi energije, mogućnost bavljenja poljoprivredom, pristup prevozu, dostupnost usluga i perspektiva ostanka stanovništva međusobno su povezani. Zbog toga je jedan od važnih rezultata dosadašnjeg procesa upravo promena načina na koji se posmatra energetska tranzicija. Umesto da domaćinstva budu samo krajnji korisnici tehnologija ili programa subvencija, ona kroz zadrugu postaju učesnici u definisanju prioriteta i planiranju budućih aktivnosti.

Takav pristup je posebno značajan u zajednicama sa malim brojem stanovnika. Administrativni zahtevi, tehnička priprema projekata, pristup finansiranju i komunikacija sa institucijama mogu predstavljati prepreku koju pojedinačno domaćinstvo teško može da prevaziđe. Udruživanjem se stvaraju uslovi da se deo tih kapaciteta razvija i koristi zajednički.

PERSPEKTIVA DALJEG RAZVOJA

Beli Breg Popovci predstavlja primer kako jedna mala ruralna zajednica može da započne proces tranzicije od sopstvenih potreba i resursa. Formiranje zadruge i priprema prvog zajedničkog energetskog projekta predstavljaju početne korake, dok je dugoročnija ambicija stvaranje lokalnog modela koji istovremeno povezuje energiju, poljoprivredu, turizam i mobilnost.

Za uspeh ovakvog modela će biti posebno važno pitanje da li zadruga može da uključi sve stanovnike u donošenje odluka, olakša pristup novim tehnologijama i

resursima, pokrene nove lokalne aktivnosti i doprinese tome da život u zaseoku postane kvalitetniji i održiviji.

U tom smislu, Beli Breg Popovci može se posmatrati kao mali ogledni primer tranzicije koja se razvija odozdo i kao takav je jedan od prvih primera građanske energije u ruralnim područjima u Srbiji. Energetski projekat predstavlja prvi vidljiv korak, dok je njegova šira vrednost u stvaranju kapaciteta zajednice da zajednički planira i upravlja sopstvenim razvojem.

