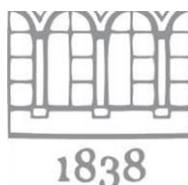
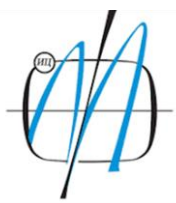




Inovativni okvir za ubrzanje  
zelene energetske tranzicije u domaćinstvima  
Forward-Looking Framework for Accelerating  
Households' Green Energy Transition – FF GreEN

**Smernice za energetsку sanaciju i upotrebu OIE i toplotnih  
pumpi integrisanih u hibridne sisteme za grejanje i hlađenje  
stambenih objekata**

Radni paket 2: Inovativne tehnologije za domaćinstva zasnovane na  
obnovljivim izvorima energije



**NIO:** *Univerzitet u Beogradu – Mašinski Fakultet*

*Univerzitet u Beogradu – Inovacioni Centar Mašinskog Fakulteta u Beogradu*

*Univerzitet u Beogradu – Poljoprivredni Fakultet*

*Univerzitet u Beogradu – Rudarsko Geološki Fakultet*

**Rukovodilac projekta:** *Prof. dr Dejan Ivezić*

**Rukovodilac radnog paketa:** *Dr Dragi Antonijević*

**Dokument pripremili:** *prof. dr Mirko Komatina, dr Dragi Antonijević, dr Dimitrije Manić, prof. dr Olivera Ećim-Đurić, Dušan Danilović*

**Mesto i datum:** *Beograd, 30. jun 2024.*

*Ovo istraživanje je sprovedeno uz podršku Fonda za nauku Republike Srbije, 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.*

## SADRŽAJ

SPISAK SIMBOLA I SKRAĆENICA .....	3
1. UVOD .....	4
1.1. Globalno stanje i perspektive .....	4
1.2. Stanje i perspektive u Republici Srbiji .....	5
1.3. Energetska sanacija .....	5
2. ZAKONSKI OKVIR ZA ENERGETSKU SANACIJU .....	5
2.1. Direktive Evropske Unije.....	5
2.2. Propisi I Direktive Republike Srbije.....	6
2.3. Zelena agenda za Zapadni Balkan.....	6
3. POTROŠNJA ENERGIJE U STAMBENIM OBJEKATIMA U REPUBLICI SRBIJI.....	7
4. MERE POBOLJŠANJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI POSTOJEĆEG STAMBENOG FONDA .....	8
4.1. Energetska sanacija omotača objekta .....	9
5. Uvođenje naprednih energetske sistema u postojeće objekte .....	11
5.1. Toplotne pumpe .....	11
5.2. Ostale komplementarne tehnologije.....	12
5.3. Akumulatori toplotne energije .....	12
5.4. Hibridni Sistemi .....	13
6 MERE U SISTEMIMA DALJINSKOG GREJANJA .....	14
6.1 Decentralizacija postojećih sistema daljinskog grejanja uz korišćenje OIE i ATE.....	15
6.2. Krugovi zagrevanja i mere .....	15
6.3. Modularni sistemi.....	16
7. SMERNICE.....	17
8. REZIME .....	18
9. SPISAK LITERATURE .....	19

## SPISAK SIMBOLA I SKRAĆENICA

%	- Procenat
€	- Evro
ATE	- akumulatori toplotne energije
PV	- Fotonaponski paneli
PVT	- Fotonaponski i termički integrisani paneli
ZAZB	- Zelena Agenda za Zapadni Balkan
GVE	- Granične vrednosti emisije
STV	- Sanitarna topla voda
DG	- Daljinsko grejanje
CO <sub>2</sub>	- Ugljendioksid
kWh	- Kilovat-čas
m <sup>2</sup>	- Kvadratni metar
kWh/m <sup>2</sup>	- specifična potrošnja energije (potrošnja energije po jedinici površine)
EBPD	- Direktiva o energetske performansi zgrada
EED	- Direktiva o energetske efikasnosti
EPC	- Energetski pasoš
EU	- Evropska unija
FIT	- Feed-in tarifa
GHG	- Gasovi sa efektom staklene bašte
GOV	- Uredba o upravljanju energetskom unijom i delovanju u oblasti klime
GVE	- Uredbom definisane granične vrednosti emisije
INEKP	- Integrisani nacionalni energetski i klimatski plan
OIE	- Obnovljivi izvori energije
RED	- Direktiva o obnovljivim izvorima energije

## 1. UVOD

### 1.1. Globalno stanje i perspektive

Svet se suočava sa rekordnim temperaturama. U borbi protiv klimatskih promena posebno je značajno smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte u cilju sprovođenja "Pariskog sporazuma", koji predviđa da se povećanje globalne temperature ograniči na maksimalno 1,5°C do 2050. godine.

Složena geopolitička situacija koja poslednjih godina utiče na promene cena energenata, kao i činjenica da će globalna potrošnja primarne energije značajan porasti do 2030, primoravaju vlade zemalja članica Evropske Unije na donošenje strateških odluka i planova, kako proizvoditi i koristiti energiju u budućem periodu i boriti se za ublažavanje klimatskih promena [1].

Evropska komisija je predstavila akcioni plan REPowerEU [2], za ubrzano smanjenje zavisnosti od fosilnih goriva i ubrzanje zelene tranzicije. Ovaj akcioni plan predviđa značajno pojednostavljenje procedura za izdavanje dozvola za projekte obnovljivih izvora energije. Praćenjem preporuka koji promoterima projekata i investitorima treba da budu zakonska sigurnost, a državama članicama šablon za ubrzanje izdavanja neophodnih dozvola u projektima zelene energije, RepPowerEU igra ključnu ulogu u obezbeđivanju definisanih obaveza [3].

U proizvodnji toplotne energije koja čini više od 40% globalne potrošnje energije, fosilna goriva su glavni izvor snabdevanja. Predlaže se niz mera, koje mogu da odgovore na postavljene ciljeve, poput uštede energije, diversifikacije snabdevanja energijom i ubrzanog uvođenja obnovljivih izvora energije kako bi se zamenila fosilna goriva. Akcenat u implementaciji obnovljivih izvora energije (OIE) stavljen je na solarne sisteme- fotonaonske panele [4].

Paralelno sa EU direktivom o energetske karakteristika zgrada, Direktiva o energetske efikasnosti i Direktiva o OIE sadrže članove kojima se planira energetske visokoefikasno i dekarbonizovano zgradarstvo do 2050. godine. One obavezuju države članice na sveobuhvatnu analizu grejanja i hlađenja u okviru svake od zemalja, kako bi se utvrdio neiskorišćeni potencijal za grejanje i hlađenje korišćenjem OIE.

Neke od članica EU već su veoma aktivno implementirale pojedine mere u svoje akcione planove, a sve u cilju povećanja korišćenja OIE u sektoru zgradarstva, kao i značajnog smanjenja upotrebe fosilnih goriva i ubrzanja dekarbonizacije potrošnje energije [5,6]. Na primer, Nemački klimatski program delovanja do 2030. uključuje zabranu grejanja na fosilna goriva u zgradama od 2026. Još ambiciozniji plan ima holandsko zakonodavstvo - njime je predviđena energetska neutralnost novih zgrada, kao i prestanak korišćenja prirodnog gasa za grejanje. U Austriji se predviđa potpuno ukidanje grejanja na fosilna goriva, kao i supstitucija grejanja na prirodni gas. Korišćenje OIE, kao i korišćenje „otpadne“ energije su osnovni elementi ka cilju dostizanja održivosti.

Cilj je korišćenje OIE u što većem broju energetske sistema, počevši od grejanja prostora, sanitarne tople vode, hlađenja, snabdevanja električnom energijom itd., a da bi se obezbedio pouzdan i održiv energetske sistem sa značajnim smanjenjem emisije zagađujućih materija. Već danas, savremena bioenergija učestvuje sa više od 50%, ali se teži i ka većoj implementaciji PV i energije vetra, a sve u cilju da ograničenje globalnog zagrevanja bude realno i održivo. Treba istaći i značaj sistema za skladištenje i odloženo korišćenje energije, koji će spregnuti sa OIE u narednim decenijama imati ključnu ulogu u sistemima za grejanje i hlađenje u zgradarstvu [7].

## 1.2. Stanje i perspektive u Republici Srbiji

Poslednjih godina u Srbiji je u porastu svest javnosti o važnosti korišćenje čistijih i energetski efikasnijih tehnologija, kao i obnovljivih izvora energije (OIE).

Najveća potrošnja energije u Srbiji je u zgradarstvu, oko 50%, pa samim tim tu leži i najveći potencijal za uštede. Prosečna potrošnja energije u stambenim zgradama u Srbiji je preko 150 kWh/m<sup>2</sup> godišnje, u porodičnim kućama i znatno više, dok je u razvijenim evropskim zemljama ova potrošnja često ispod 50 kWh/m<sup>2</sup> [8,9]. Ova činjenica primorava Srbiju da intenzivira aktivnosti na postizanju standarda koji važe u zemljama EU.

Poslednjih godina je i u Republici Srbiji u toku tranzicija ka čistijim gorivima - uskoro se neće koristiti fosilna goriva poput mazuta i uglja u proizvodnji toplotne energije, jer se država i lokalne samouprave okreću čistijim energentima i širenju mreže daljinskog grejanja.

## 1.3 Energetska sanacija

Da bi se energetski efikasni niskotemperaturni sistemi sa OIE mogli primeniti u objektima starije gradnje, potrebno je najpre smanjiti toplotne gubitke/dobitke tih objekata do nivoa koji omogućava isplativu instalaciju i eksploataciju sistema baziranih na OIE. Dakle nužno je, u prvom redu, izvršiti rekonstrukciju termičkog omotača zgrada. Ovo uključuje sanaciju krova, fasade, podova, kao i zamenu prozora i spoljašnjih vrata. Gde je moguće potrebno je zameniti postojeći sistem grejanja i unutrašnjih instalacija.

Pri rekonstrukciji omotača moguće je primeniti i savremena rešenja sa naprednim termoizolacionim materijalima (na primer korišćenjem bioizolacionih materijala, fazno promenljivih PCM materijala, itd.), koja su nedovoljno poznata i korišćena u našoj zemlji i koja zahtevaju značajne investicione troškove.

## 2. ZAKONSKI OKVIR ZA ENERGETSKU SANACIJU

Energetska politika je od izuzetnog značaja za postavljanje dugoročnih ciljeva, strategija i održivog razvoja energetike. EU poslednjih decenija intenzivno radi na uspostavljanju i unapređivanju zakonskog okvira na evropskom i nacionalnom nivou koji bi regulisao potrošnju energije u sektoru zgradarstva. Značaj pravnih dokumenata za potrošače je veliki, jer treba da promeni navike korisnika stambenog fonda i potrošača energije, da utiče na poboljšanje energetske efikasnosti, obezbeđivanje energetske sigurnosti i postepeni prelazak sa fosilnih goriva na OIE. Takođe, nova Energetska politika otvara put ka otvaranju velikog broja "zelenih" radnih mesta. Detaljan prikaz pravne regulative u EU i u Srbiji dat je u Izveštaju u okviru radnog paketa WP3.

### 2.1. Direktive Evropske Unije

Smatra se da dostizanje ciljeva u domenu energetske politike u zemljama EU može biti ostvareno samo u slučaju sprečavanja unilateralnog delovanja država članica. Mere i akcije koje zemlje članice treba da primenjuju integrisane su zajedničkim okvirima kroz seriju direktiva. U okviru EU zakonodavstva, direktive su osnovni pravni mehanizmi koji se primenjuju u kasnijem uspostavljanju zakona i propisa [10-14].

Direktiva o energetskej efikasnosti zgrada (Energy Performance of Buildings Directive EPBD) ključna je direktiva po pitanju postizanja značajnog smanjenja upotrebe energije u zgradarstvu i za podršku klimatskim ciljevima EU u procesu dekarbonizacije. Direktiva je usvojena 2010. godine i do sada je imala više revizija. Posljednjom revizijom direktive - EU/2024/1275 [15-16], težnja je da se osigura ispunjavanje što strožijih kriterijuma u zgradarstvu u pogledu energetske efikasnosti. Direktiva je usklađena sa višim cijevima evropskog Zelenog dogovora (EU Green Deal) [17], koji podrazumeva smanjenje emisija CO<sub>2eq</sub> iz građevinskog sektora za 60 % do 2030. godine u odnosu na 2015. godinu. Fokus je na sektoru stambenih i poslovnih zgrada, sa glavnim ciljem da se do 2030 osigura da sve nove zgrade imaju nultu emisiju. Glavni elementi za postizanje cilja su uspostavljanje sertifikata o energetskej svojstvima zgrada i integracija naprednih sistema upravljanja energijom za monitoring i kontrolu efikasnosti.

Direktiva o energetskej efikasnosti (Energy Efficiency Directive EED) je osnovni princip energetske politike EU. Zemlje članice EU imaju obavezu da energetskej efikasnost primene u svim velikim investicionim odlukama kako u energetskej i ne-energetskej sektoru. Revizija Direktive iz 2023. godine (EU/2023/1791) je nadograđen REPowerEU plan iz 2022. godine, sa cijem smanjenja zavisnosti uvoza energenata iz Ruske Federacije. Cilj postavljen Direktivom je dodatno smanjenje potrošnje energije od 11,7% do 2030. godine, u odnosu na projektovani scenario iz 2022. godine. Direktiva o obnovljivim izvorima energije (Renewable Energy Directive RED) (2009/28/EC) je ustanovljena kao potreba za sveobuhvatnom politikom proizvodnje i promocije energije iz obnovljivih izvora energije. Dopunjena Direktiva (2018/2001/EU), postavila je novi obavezujući cilj od najmanje 42,5 % učešća OIE u finalnoj potrošnji energije. Države članice, mogu imati i optimističnije ciljeve, u zavisnosti od njihovih akcionih planova u periodu do 2030. godine i planova za primenu OIE posebno u građevinarstvu i u zameni neefikasnih sistema dajinskog grejanja i hlađenja na fosilna goriva.

## 2.2. Propisi I Direktive Republike Srbije

Energetska efikasnost u sektoru zgradarstva u Republici Srbiji regulisana je brojnim zakonima, podzakonskim aktima koji su detaljno opisani u Radnom paketu 3 Projekta (Energetska tranzicija u domaćinstvima: Pregled politika u Evropskoj uniji i Republici Srbiji - Stanje EU/nacionalne/lokalne politike u vezi domaćinstava). Za operativno postupanje najvažniji su: Zakon o efikasnom korišćenju energije, Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada i Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskej svojstvima zgrada [18-19].

Pored toga uspostavljen je Centralni registar energetskej pasoša za zgrade i definisana Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije, koji omogućavaju sagledavanje energetskej karakteristika stambenog fonda i analizu mogućnosti njihovog unapređenja.

## 2.3. Zelena agenda za Zapadni Balkan

Zelena Agenda za Zapadni Balkan (ZAZB) je regionalni dokument koji se sastoji iz sedam tematskih mapa puta: klimatske akcije, održiva energija, održivi transport, kružna ekonomija, uklanjanje zagađenja, održiva poljoprivreda i zaštita prirode i biodiverziteta. Agenda je rezultat primene Evropskog zelenog dogovora za Zapadni Balkan, a osnovni cilj je podrška zemljama Zapadnog Balkana da u procesu pristupanja EU usklade svoju zakonsku regulativu o životnoj sredini sa evropskim standardima i normama, i ujedno da im se omogući pristup zajedničkom tržištu i promociji održivog razvoja.

Srbija je u oblasti svog zakonodavstva ostvarila napredak prema smernicama Zelene agende. Usvojen je 2021. godine Zakon o klimatskim promenama, kao i tri podzakonska akta koja će obezbediti bržu implementaciju Zakona. U dosadašnjem periodu Srbija je nastavila intenzivno da radi na razvoju Nacionalnog plana za energiju i klimu. Primenjena je Uredba o integritetu i transparentnosti tržišta energije na veliko. Usvojen je zakon o energetskej efikasnosti i racionalnom korišćenju energije, kao i Dugoročna strategija o obnovi zgrada do 2030. godine, sa ciljem da se do 2050. godine izvrši renoviranje i dekarbonizacija postojećeg fonda javnih zgrada. Takođe, uspostavljen je okvir za održivo finansiranje energetske efikasnosti i unapređenje energetske efikasnosti kroz dugoročni program subvencija sektoru domaćinstava za energetske sanaciju.

### 3. POTROŠNJA ENERGIJE U STAMBENIM OBJEKATIMA U REPUBLICI SRBIJI

Specifična potrošnja energije u Republici Srbiji je, prema svim dostupnim podacima i statistikama, bar dvostruko je veća u odnosu na prosečnu potrošnju u 35 zemalja OECD-a. Struktura potrošnje energije u Republici Srbiji je takva da se pretežni deo finalne energije troši u sektoru zgradarstva.

Najznačajnija potrošnja energije u stambenim objektima vezana je za održavanje termičkih uslova ugodnosti (grejanje, hlađenje i klimatizacija), a najveći troškovi (investicioni i eksploatacioni) tiču se grejanja i uslovljeni su vrstom energenta koji se koristi, kao i kapacitetom i efikasnošću primenjenog grejnog sistema.

Iz više razloga, uključujući istorijske, kulturološke, ekonomske i tržišne uslove, štednja energije i unapređenje energetske efikasnosti nisu od strane stanovništva prepoznati kao vrednost i cilj, već pre kao opterećenje i dodatni namet. Ipak, situacija se poslednjih godina menja i sve više građana i investitora uviđa značaj i prednosti energetske efikasne objekata i energetske sistema.

U Republici Srbiji u primeni su različiti sistemi grejanja objekata od kojih su najzastupljeniji individualni sistemi grejanja koji koriste kao energente drva, električnu energiju, gas, ugalj i dr. Ovakvi sistemi učestvuju u ukupnoj potrošnji energije za grejanje u Republici Srbiji (svi podaci su bez AP Kosovo i Metohija) sa oko 45% udela; sistemi grejanja višeporodičnih zgrada preko kotlarnice imaju udeo u ukupnoj potrošnji od 28%, a grejanje preko daljinskih sistema grejanja sa 20 do 27%, u zavisnosti od izvora podataka.

U Republici Srbiji u više od 50 opština postoje sistemi daljinskog grejanja, pri čemu je najveća pokrivenost domaćinstava ovim sistemima u Beogradu, Novom Sadu, Nišu, Kragujevcu, Subotici, Pančevu, Čačku, Obrenovcu i Lazarevcu. Stambeni objekti, posebno oni građeni pre stupanja na snagu Pravilnika o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskej svojstvima zgrada i pratećih propisa, najčešće imaju prekomernu potrošnju energije za grejanje, hlađenje i druge potrebe.

Naročito veliki potrošači su objekti građeni pre 1980. godine, kod kojih je zastupljen klasičan sistem gradnje, zidanje opekama ili opekarskim blokovima bez termičke izolacije spoljašnjeg omotača i koji i dalje čine pretežni deo stambenog fonda. Najčešće ovi objekti, bilo da su u pitanju porodične kuće ili stambene zgrade, samo za potrebe grejanja, imaju specifičnu godišnju potrošnju toplotne energije od 130 do 350 kWh/m<sup>2</sup> [20].



## 4. MERE POBOLJŠANJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI POSTOJEĆEG STAMBENOG FONDA

Energetska opterećenja zgrada zavise od brojnih parametara kao što su: spoljašnja temperatura, intenzitet sunčevog zračenja, brzina i pravac vetra (meteorološki parametri), kao i od termofizičkih svojstava omotača, optičkih svojstava, geometrije objekta, itd.

Da bi se postojeći stambeni objekti doveli u stanje koje omogućava povećanje njihove energetske efikasnosti i prihvatljivu ukupnu potrošnju energije, potrebno je sprovesti mere energetske sanacije (*Retrofitting*).

Energetska sanacija objekata u širem smislu predstavlja spektar aktivnosti koje obuhvataju mere i akcije u rasponu od promena ponašanja u pogledu korišćenja energije, do značajnih građevinskih radova. Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada definiše obimniju obnovu zgrade kao izvođenje građevinskih i drugih radova na adaptaciji ili sanaciji na postojećoj zgradi, pri čemu je ukupna predračunska vrednost radova na obnovi veća od 25% vrednosti zgrade, isključujući vrednost zemljišta na kojoj se zgrada nalazi, i pri čemu je više od 25% površine omotača zgrade podvrgnuto energetske sanaciji uz poštovanje oblikovne i funkcionalne celovitosti delova zgrade.

Energetska sanacija može se klasifikovati u pogledu primenjenih postupaka povećanja energetske efikasnosti objekata i sistema, očekivane uštede energije na dnevnom, sezonskom ili godišnjem nivou, troška po stambenoj jedinici ili kvadratnom metru zgrade, vreme povrata investicije i dr. U užem smislu to su postupci koji 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, saobraćaja, ne utiče na zaštitu od požara i zaštitu životne sredine, ali kojima može da menja spoljni izgled uz potrebne saglasnosti, u cilju povećanja energetske efikasnosti objekta.

Prilikom rekonstrukcije omotača zgrade neophodno je izolovati spoljašnje površine, gde god postoji mogućnost, čime se smanjuju toplotni gubici zimi, a takođe i toplotni dobitci leti. Time se eliminišu i toplotni mostovi. Ukoliko izolacija sa spoljašnje strane nije dozvoljena, recimo za zakonom zaštićene zgrade i sl., radi se izolacija sa unutrašnje strane. Potrebno je izolovati i plafone i krovove, kao i podove. Nisko efikasne prozore treba zameniti savremenim, energetski efikasnim sa nisko emisionim staklima.

Korišćenjem određenih premaza, poput bele boje na omotaču, povećava se udeo reflektovanog sunčevog zračenja i samim tim smanjuje toplotno opterećenje. Njihova primena na krovovima, može značajno smanjiti toplotne dobitke u letnjim mesecima.

Primenom pomenutih mera smanjuje se potrebna energija za grejanje i hlađenje objekata, a indirektno i emisija GHG.

Pojednostavljeno gledano, mere poboljšanja energetske efikasnosti postojećeg stambenog fonda su:

- a) Građevinske mere (zamena stolarije, termička izolacija spoljašnjih i unutrašnjih površi objekta, eliminacija toplotnih mostova, primena pasivnih mera zaštite od Sunčevog zračenja i dr.).
- b) Mere koje se tiču unapređenja sistema grejanja, hlađenja, pripreme STV, sistema osvetljenja i drugih sistema (sa ili bez korišćenja toplotnih pumpi, sistema za akumulaciju toplotne energije i obnovljivih izvora energije).

Važno je naglasiti da je pogledu održivosti i uticaja na životnu sredinu energetska sanacija postojećih objekata znatno prihvatljiviji pristup od rušenja i izgradnje novih. Ukupni utrošak energije pri sanaciji objekata znatno je niži od utroška energije za rušenje i izgradnju novog objekata jednakih ili sličnih karakteristika. Na primer, prema nekim autorima [21] potrebno je 65 godina da bi se anulirao/nadoknadio utrošak energije za rušenje postojeće zgrade i izgradnju zelene zgrade jednakih ili sličnih karakteristika).

#### 4.1. Energetska sanacija omotača objekta

Prioriteti energetske sanacije su objekti sa izuzetno visokom potrošnjom energije, što bi u Republici Srbiji bile individualne stambene kuće i stambene zgrade sa specifičnom godišnjom potrošnjom energije za grejanje od preko 200 kWh/m<sup>2</sup> [22].

Primenom osnovnih građevinskih mera i postupaka energetske sanacije, koje obuhvataju: zaptivanje pukotina i drugih otvora na omotaču zgrade, zamenu spoljašnje stolarije novom čije energetske karakteristike odgovaraju važećim pravilnicima, poboljšanje termičkih karakteristika spoljnih zidova, podova i tavanica objekta dodavanjem slojeva termoizolacionog materijala (korišćenjem sistema kontaktnih fasada kao tehnički jednostavnog, u našim uslovima uobičajenog i najekonomičnijeg, sa dodatnim izolacionim slojevima debljine do 10cm), moguće je značajno povećati energetske efikasnosti objekta i umanjiti potrošnju energije. Na ovaj način ostvaruje se smanjenje potrebnog kapaciteta izvora toplote, instalisane snage grejnih tela i ukupnih toplotnih potreba zgrade, smanjuje se potreba za hlađenjem i poboljšava termički komfor.

Uvažavajući faktore koji utiču na potrošnju energije (kao što su klimatski faktori, odnosno lokacija objekta, geometrija zgrade i postojeći termički omotač, karakteristike energetskog izvora i grejnog sistema, nivo i kvalitet automatske regulacije, režim korišćenja i održavanja objekta i dr.) rezultati ovakve jednostavne energetske sanacije kod stambenih objekata građenih pre 1980. godine, sa specifičnom godišnjom potrošnjom energijom za grejanje iznad 200 kWh/m<sup>2</sup>, su očekivane uštede energije za grejanje od 40 do 60%. Naročito velike uštede su moguće kod porodičnih kuća kod kojih smanjenje utroška energije za grejanje na godišnjem nivou, zavisno od tipa i karakteristika objekata, može biti i do 75% [23-26].

Složenije građevinske mere, kao što su:

- dodavanje debljih slojeva termoizolacije (preko 15 cm) na spoljne zidove,
- izolovanje zidova prema hodnicima,
- izolovanje međuspratne konstrukcije (naročito prema negrejanim podrumima i tavanima),
- intervencije na krovnoj konstrukciji,
- ukidanje svih toplotnih mostova unutar objekta,
- visokokvalitetni višekomorni niskoemisioni prozori i ulazna vrata, itd,

donose još veće uštede u potrošnji energije za grejanje i hlađenje, ali iziskuju i veća investiciona ulaganja, pa se period povratka investicije produžava.

U svakom slučaju, tek po dovođenju objekta do nivoa prihvatljive potrošnje energije korišćenjem građevinskih mera energetske sanacije, ima smisla sprovesti postupke koji se tiču unapređenja sistema grejanja, hlađenja, pripreme STV, sistema akumulacije toplote za grejanje i hlađenje, i drugih sistema.

**Stoga će u okviru projekta Prizma: „Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition“ (FF GreEN), uvođenje sistema koji koriste obnovljive izvore energije, naprednih sistema toplotnih pumpi i hibridnih sistema u stambene objekte biti razmatrano tek nakon prethodne energetske sanacije, ukoliko je potrebna, objekata do prihvatljivog energetskeg razreda.**

**Smatra se da taj energetskeg razred ne sme da bude ispod razreda „C“ što znači da specifična godišnja potrošnja energije za grejanje, za postojeće zgrade sa više stanova, mora da bude niža od 70 kWh/m<sup>2</sup>, a ukoliko se radi o novoizgrađenim objektima niža od 60 kWh/m<sup>2</sup>. Za postojeće individualne kuće (jednoporodične stambene zgrade), specifična godišnje potrošnja energije za grejanje mora da bude niža od 75 kWh/m<sup>2</sup>a, a ukoliko se radi o novoizgrađenim objektima, niža od 65 kWh/m<sup>2</sup>a .**

Kod zgrada nestambene i mešovite namene (u koje spadaju: upravne i poslovne zgrade, zgrade namenjene obrazovanju i kulturi, zgrade namenjene zdravstvu i socijalnoj zaštiti, zgrade namenjene turizmu i ugostiteljstvu, zgrade namenjene sportu i rekreaciji i zgrade namenjene trgovini i uslužnim delatnostima), takođe treba ispoštovati preporuku da se supstitucija energetskeg sistema koji koriste fosilna goriva, sistemima koji koriste obnovljive izvore energije, razmatra tek kada predmetni objekat zadovoljava energetskeg razred „C“ u svojoj kategoriji, prema Pravilniku o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskeg svojstvima zgrada.

Sveobuhvatna energetskeg obnova postojećeg građevinskog stambenog fonda i uvođenje obnovljivih izvora energije umesto fosilnih goriva, zahtevaju sistemski i planski pristup i finansijsku podršku države u vidu subvencija i povoljnih kredita za nabavku opreme i realizaciju neophodnih investicionih radova. Prednosti energetske sanacije su višestruke - korisnici stambenih objekata ostvaruju povećanje toplotnog, vazdušnog i zvučnog komfora, produžava se vek trajanja objekta i smanjuju troškovi održavanja, povećava se ekonomska vrednost objekta, smanjuju se troškovi za nabavku energenata, uvodi se mogućnost kontrole i regulacije sopstvene energetske potrošnje i dr. Indirektno se smanjuje emisija GHG i smanjuje potreba za izgradnjom novih toplotnih izvora.

Šira društvena zajednica takođe ima koristi od energetske sanacije stambenih objekata kroz ispunjenje zakonskih obaveza u oblasti energetike, smanjenje ukupnog utroška energije, smanjenje korišćenja fosilnih goriva, smanjenje troškova vezanih za nabavku, transport i korišćenje energenata i održavanje energetskeg sistema, smanjenje emisije zagađujućih materija i gasova staklene bašte iz sistema za individualno i daljinsko grejanje, naplatu grejanja po utrošku, angažovanje domaće/lokalne građevinske industrije i stvaranje preduslova za razvoj funkcionalnog, unapređenog, zdravog i podsticajnog okruženja.

Sprovedene mere građevinske energetske sanacije stambenih objekata i dovođenje njihove specifične potrošnje toplotne energije u prihvatljive granice (energetskeg razred „C“ ili bolje) predstavljaju preduslov i prvi korak nakon kojeg se prelazi se na intervencije i mere povećanja efikasnosti postojećih energetskeg sistema i uređaja i njihovu potpunu ili delimičnu supstituciju grejnim, rashladnim i drugim energetskeg sistemima koji umesto fosilnih goriva koriste obnovljive izvore energije.

## 5. UVOĐENJE NAPREDNIH ENERGETSKIH SISTEMA U POSTOJEĆE OBJEKTE

Prema trenutno raspoloživim podacima iz više izvora, uključujući popis stanovništva iz 2022, izveštaje Agencije za energetiku Republike Srbije i Ministarstva rudarstva i energetike Republike Srbije, Program ostvarivanja Strategije razvoja energetike Republike Srbije, razne ankete, istraživanja tržišta i dr, okvirni procenat korišćenja različitih energenata za grejanje u domaćinstvima je sledeći:

- **Drva:** Oko 40-50%; drva su najčešći energent, posebno u ruralnim područjima.
- **Prirodni gas:** Oko 20-25%; Gas se koristi pretežno u urbanim sredinama gde postoji razvijena gasna infrastruktura.
- **Električna energija:** Oko 20-25%; Električno grejanje je popularno u gradovima, ali se koristi i kao dopunsko grejanje u mnogim domaćinstvima.
- **Ugalj:** Oko 5-10%; Ugalj je manje zastupljen nego ranije, ali je i dalje prisutan, posebno u domaćinstvima sa starijim grejnim sistemima.
- **Pelet:** Oko 5-10%; Pelet postaje sve popularniji zbog svoje efikasnosti i ekoloških prednosti, kao i mogućnosti automatizacije procesa loženja.
- **Mazut i lož ulje:** Oko 2-5%; Mazut i lož ulje su sada manje zastupljeni nego ranije, uglavnom u domaćinstvima koja još nisu prešla na efikasnije sisteme grejanja.

Ovi procenti variraju zavisno od velikog broja parametara kao što su geografska lokacija, dostupnost infrastrukture, ekonomski faktori, trenutni tržišni uslovi i državne politike. Treba naglasiti da brojna domaćinstva imaju pristup višestrukim izvorima energije, te da se za korišćenje pojedinih izvora opredeljuju pre svega na osnovu trenutnih ekonomskih kriterijuma. Takođe, domaćinstva u pojedinim slučajevima uporedo koriste više izvora energije.

Neophodno je izvršiti zamenu starih i neefikasnih energetskih sistema, pre svega sistema grejanja objekata, energetski efikasnijim i ekološki prihvatljivijim tehnologijama baziranim u što većoj meri na obnovljivim izvorima energije, sistemima za skladištenje i odloženo korišćenje energije, toplotnim pumpama i hibridnim energetskim sistemima.

### 5.1. Toplotne pumpe

Toplotne pumpe su uređaji koji koriste kružni termodinamički proces za prenos toplote iz spoljašnjeg okruženja niže temperature (tj. izvora) u unutrašnji prostor (tj. ponor), ili obrnuto. Toplotne pumpe rade na principu kompresije i ekspanzije rashladnog fluida u zatvorenom krugu, koji prolazi kroz isparivač, kompresor, kondenzator ekspanzioni ventil i razmenjivač toplote u kome se vrši pothlađivanje. Njihova primarna funkcija je grejanje prostora, dok reverzibilne toplotne pumpe mogu i da hlade prostor. Toplotne pumpe su efikasne jer koriste manje energije za prenošenje toplote nego što bi bilo potrebno za direktno generisanje toplote iz nekog toplotnog izvora.

Implementacija toplotnih pumpi za grejanje stambenog prostora na način da se kotao na fosilno gorivo zamenjuje toplotnom pumpom predstavlja tip energetske sanacije (retrofita), koji je energetski efikasan

i doprinosi smanjenju emisija polutanata. Ovakva supstitucija primarnog sistema grejanja je i pored značajne investicije isplativa za korisnika u relativno kratkom roku usled ušteta u potrošnji.

Postoji veliki broj različitih toplotnih pumpi na tržištu, koje se međusobno razlikuju u zavisnosti od tipa toplotnog izvora i ponora, konstruktivnih karakteristika i namene (Tabela 1):

Tabela 1. Tipovi toplotnih pumpi

		Ponor	
		Voda	Vazduh
Izvor	Voda	Čileri sa vodenim hlađenjem Reverzibilne voda-voda toplotne pumpe Rekuperacija otpadne toplote	Toplotne pumpe za višespratnice Vodom hlađene krovne jedinice Geotermalne toplotne pumpe
	Vazduh	Toplotne pumpe za grejanje Čileri sa vazдушnim hlađenjem	VRV/Split sistemi Krovne jedinice sa toplotnom pumpom

Korišćenje tehnologije toplotnih pumpi, kao supstitucije za kotlove na fosilno gorivo je od ključnog značaja za smanjene emisije zagađujućih materija i povećanje ukupne energetske efikasnosti stambenog objekta, ali da bi se ostvario pun potencijal ove tehnologije, važno je razmotriti i u adekvatnim slučajevima implementirati komplementarne tehnologije.

## 5.2. Ostale komplementarne tehnologije

Osim toplotnih pumpi druge korisne tehnologije za povećanje ukupne energetske efikasnosti i smanjenje emisija zagađujućih materija, a koje su primenjive na stambene objekte obuhvataju:

- Kotlove na biomasu.
- Solarne PVT sisteme.
- Rekuperaciju i regeneraciju toplote iz otpadnog vazduha iz različitih procesa.
- Akumulatore toplotne energije.
- Centralne sisteme za nadzor i upravljanje.

## 5.3. Akumulatori toplotne energije

Poseban značaj i pažnja, u okviru Projekta, biće posvećena sistemima za akumulaciju toplotne energije. Akumulatori toplotne energije su uređaji koji skladište toplotnu energiju radi njene kasnije upotrebe. Ova vrsta uređaja može biti korisna u raznim sistemima za grejanje i hlađenje, kao i u industrijskim procesima gde je potrebno optimizovati upotrebu energije. Adekvatno dimenzionisani, postavljeni i upravljani akumulatori toplote mogu da smanje potrošnju energije i troškove, kao i da povećaju ukupnu efikasnost sistema za grejanje i hlađenje.

Primeri tipičnih ATE:

- **Termoakumulacione peći:** Ovi uređaji skladište toplotu tokom perioda kada je struja jeftinija (npr. noću), a zatim je oslobađaju tokom dana kada je potrebna.
- **Bafer rezervoari:** U sistemima za centralno grejanje, bafer rezervoari (najčešće vodeni) skladište toplotu koja se generiše kada je potrošnja manja od proizvodnje, i oslobađaju je kada je potrošnja veća.
- **Solarni toplotni akumulatori:** Ovi sistemi skladište solarnu energiju koja je dobijena solarnim kolektorima, omogućavajući da se ta energija koristi u vreme kada nema sunčevog zračenja.
- **Akumulatori toplote sa fazno-promenljivim materijalima (PCM):** Ovi materijali apsorbuju i oslobađaju velike količine toplote tokom promene faze (npr. iz čvrstog u tečno stanje i obratno). Oni se mogu koristiti za regulisanje temperature u raznim aplikacijama.
- **Toplotne pumpe sa skladištenjem toplote:** Ovi sistemi koriste toplotne pumpe za prenos toplote iz jednog medija u drugi i skladište je za kasniju upotrebu.

Akumulatori toplotne energije mogu biti od velikog značaja za povećanje efikasnosti sistema i smanjenje operativnih troškova u različitim aplikacijama, uključujući domaćinstva, komercijalne zgrade i industrijske procese. U okviru Projekta naročita pažnja biće posvećena optimalnom dimenzionisanju i korišćenju vodenih akumulatora toplote, kao relativno jednostavnih uređaja baziranih na poznatim tehnološkim principima, pouzdanih i robustnih, ekonomski isplativih i lakih za instalaciju i rukovanje.

U okviru studija slučaja koje će biti sprovedene planirano je takođe da nadzor i upravljanje energetske tokovima unutar grejnih i rashladnih sistema objekata i studija slučaja najčešće budu rešavani upravo preko vodenih akumulatora toplote.

#### 5.4. Hibridni Sistemi

Hibridni sistemi za grejanje su kombinacija dva ili više različitih izvora energije koji rade zajedno kako bi obezbedili efikasno i pouzdano grejanje / hlađenje. Ovi sistemi koriste prednosti različitih izvora energije kako bi optimizovali potrošnju i smanjili troškove, kao i uticaj na životnu sredinu.

Nekoliko hibridnih sistema za grejanje koji će biti razmatrani u okviru Projekta:

- **Kombinacija toplotne pumpe i konvencionalnog kotla:** U ovom sistemu, toplotna pumpa (koja može biti vazduh-vazduh, vazduh-voda, ili zemlja-voda) se koristi za obezbeđivanje većine potreba za grejanjem, dok konvencionalni kotao (na gas, naftu ili električnu energiju) preuzima ulogu u periodima povećane potrošnje toplote ili kada temperature padnu ispod nivoa na kojem toplotna pumpa može efikasno da radi.
- **Solarni paneli i kotao:** Solarni toplotni paneli se koriste za zagrevanje vode koja se skladišti u rezervoarima, a kotao se aktivira kada solarna energija nije dovoljna da zadovolji potrebe za grejanjem ili STV.
- **Sistemi sa biomasom i toplotnom pumpom:** U ovim sistemima, kotao na biomasu (drveni peleti, drva ili drugi oblici biomase) se koristi za osnovno grejanje, dok toplotna pumpa dopunjuje sistem u periodu kada je biomasa nedostupna ili nije dovoljna.
- **Gasni kotao i električni grejači:** Gasni kotao može obezbeđivati osnovno grejanje, dok električni grejači preuzimaju ulogu u vreme povećane potrošnje toplote ili kao rezervna opcija.

- **Kombinacija hidro i geotermalnih sistema:** U nekim sistemima, voda iz hidroizvora se koristi za grejanje, a kada taj izvor nije dovoljan, geotermalna energija se koristi kao dopuna.

Prednosti hibridnih sistema za grejanje stambenih objekata i zgrada uopšte su:

- **Veća efikasnost:** Kombinacija različitih izvora energije može smanjiti potrošnju goriva i povećati ukupnu energetska efikasnost sistema.
- **Smanjenje troškova:** Korišćenje jeftinijih izvora energije kad su dostupni može značajno smanjiti troškove grejanja.
- **Ekološka prihvatljivost:** Korišćenjem obnovljivih izvora energije, kao što su solarna i geotermalna energija, smanjuje se emisija štetnih i opasnih materija.
- **Fleksibilnost i pouzdanost:** Hibridni sistemi mogu obezbediti pouzdano grejanje čak i kada jedan od izvora energije nije dostupan ili nije dovoljan.

## 6 MERE U SISTEMIMA DALJINSKOG GREJANJA

Procenjuje se da oko 30% domaćinstava u Republici Srbiji ima neku vrstu centralnog grejanja, dok je oko 25% od ukupnog broja domaćinstava priključeno na sisteme daljinskog grejanja. Sistemi daljinskog grejanja (DG) omogućavaju snabdevanje objekata energijom za grejanje u toku zimskih meseci i sanitarnom toplom vodom tokom cele godine. U prošlosti su sistemi daljinskog grejanja bili uglavnom visokotemperaturni, sa temperaturama vrele vode namenjenim za klasično radijatorsko grejanje. Postojeći sistemi DG u Srbiji pripadaju tom tipu. Savremeni sistemi DG su sve više niskotemperaturni sistemi, koji isporučuju toplu vodu niže temperature, i koji su pogodniji za podne ili zidne panelne sisteme grejanja objekata.

U mnogim toplanama, kao i javnim ustanovama, poput škola, bolnica itd, ugrađeni su kotlovi i ložišta koja su kao energent koristili fosilna goriva, poput uglja, mazuta i sl. i u čijoj eksploataciji dolazi do čestih zastoja u radu zbog toga što emisije opasnih i štetnih materija u dimnim gasovima ne zadovoljavaju GVE vrednosti definisane Uredbom o graničnim vrednostima emisija. Stoga je potrebno naći rešenja koja će dovesti do povećanja efikasnosti kotlovske postrojenja i ujedno smanjenja emisije CO<sub>2eq</sub> i omogućiti rad postrojenja u dozvoljenim GVE. Na taj način povećava se energetska efikasnost kotlova, smanjuju se emisije zagađujućih materija u skladu sa GVE vrednostima, i smanjuju se ukupni operativni troškovi. Direktive EU i domaća zakonska regulativa zastupaju stav da se postojeći toplotni izvori (kotlovi) na fosilna goriva, pre svega na ugalj i mazut, rekonstruišu ili zamene novim na prirodni gas ili OIE gde je to moguće.

Energetski gubici u sistemima DG nastaju prilikom transformacije, prenosa, distribucije energije i njenog konačnog korišćenja. Pored mera na mestu samog toplotnog izvora, potrebno je primeniti odgovarajuće mere za povećanje efikasnosti u distributivnoj mreži sistema daljinskog grejanja od mesta toplotnog izvora do podstanice, kao i od podstanice do samog potrošača. Deonice u centralizovanim sistemima daljinskog grejanja su uglavnom dugačke pa su i energetski gubici znatni.

Primena mera modernizacije i automatizacije sistema daljinskog grejanja (Tabela 2) dovodi do pouzdanog, energetska efikasnog i ekološki prihvatljivog upravljanja, sa manjim gubicima toplotne energije i nižim operativnim troškovima.

Tabela 2. Smernice za modernizaciju sistema daljinskog grejanja

Ciljevi	Mera	Rezultat
Osnovni	Visok nivo automatizacije toplane	Pouzdana, jednostavno i energetska efikasno upravljanje toplanom
Dodatni	Visok nivo automatizacije distributivne mreže i podstanica	Sistem daljinskog grejanja orijentisan ka potrošaču
Konačni	Manji operativni i investicioni troškovi	Dalja optimizacija sistema daljinskog grejanja

### 6.1 Decentralizacija postojećih sistema daljinskog grejanja uz korišćenje OIE i ATE

U Srbiji je daljinsko grejanje prisutno u većini većih gradova i opština. Tačan broj opština koje imaju sistem daljinskog grejanja varira u zavisnosti od definicije daljinskog grejanja, ali okvirno, daljinsko grejanje postoji u više od 50 opština i gradova širom zemlje. Najveći sistemi daljinskog grejanja izgrađeni su u Beogradu, Novom Sadu, Nišu, Kragujevcu, Subotici, Pančevu, Čačku, Obrenovcu i Lazarevcu. Osim ovih gradova, daljinsko grejanje je prisutno i u mnogim opštinama i gradovima koji imaju razvijen industrijski i stambeni sektor.

U pitanju su visokotemperaturni, centralizovani sistemi daljinskog grejanja koji uglavnom omogućavaju samo grejanje prostora i koriste skoro isključivo fosilna goriva. To dovodi do značajne emisije štetnih i opasnih materija, prvenstveno na mestu toplotnog izvora. Takođe, u sistemima daljinskog grejanja, tokom transporta toplotne energije od toplotnog izvora do podstanice i do potrošača javljaju se značajni gubici.

Postoji značajan prostor da se smanji neracionalno korišćenje toplotne energije i da sistemi daljinskog grejanja u većoj meri počnu da koriste OIE, čime može da se zameni upotreba fosilnih goriva, uz smanjenje zagađenja životne okoline. Geotermalna energija, solarna, energija vetra, "otpadna toplota", kao i biomasa, kao i korišćenje električne energije proizvedene u vetroparkovima i solarnim elektranama u periodima kada je ova energija višak u elektroenergetskom sistemu, trenutno su najzastupljeniji modeli učešća OIE.

### 6.2. Krugovi zagrevanja i mere

U sistemima daljinskog grejanja postoji više krugova zagrevanja i njihova regulacija je od velikog značaja da bi se dobile i u zavisnosti od spoljne temperature, održavale potrebne temperature vode za grejanje i sanitarne tople vode. Pri tome treba voditi računa da se potrošnja sanitarne tople vode menja u zavisnosti od potreba potrošača, a da pri tome treba održavati stalnu temperaturu.

Toplotni izvor sa razmenjivačem toplote predstavlja zajednički element primarnog kruga. Sekundarni krug, kod modernih sistema daljinskog grejanja, je krug između razmenjivača toplote u kotlovskom postrojenju i podstanica u zgradi. Tercijalni krug je između podstanice i potrošača u stanu, za grejanje i za sanitarnu toplu vodu. Najveći problemi se javljaju upravo u regulaciji tercijalnog kruga, usled čega



dolazi do varijacija temperatura vode tokom dana, što indirektno može dovesti i do povećanja potrošnje električne energije za pogon pumpi. Obzirom da u tercijalnom krugu postoji značajan prostor za uštedu energije, neophodno je obezbediti regulaciju u podstanicama pomoću frekventno regulisanih cirkulacionih pumpi, ugradnjom mešnih elektromotornih ventila, temperaturnih sondi i nepovratnih ventila. Time se mogu ostvariti značajne uštede energije od podstanice do potrošača.

Zbog dugačkih deonica u sekundarnom krugu sistema DG od mesta toplotnog izvora do mesta potrošača, potrebno je gde god je to moguće u cilju smanjenja gubitaka toplotne energije i smanjenja emisije, koristiti dodatne toplotne izvore.

Sistemi za proizvodnju električne energije proizvedene u vetroparkovima i solarnim elektranama u periodima kada je ova energija višak u sistemu, mogu se integrisati u mrežu daljinskog grejanja i koristiti za pokretanje uređaja koji zahtevaju električnu energiju, poput toplotnih pumpi, cirkulacionih pumpi itd. Moguće je u sistem daljinskog grejanja integrisati i kotlove na biomasu integrisane sa solarnim kolektorima, uglavnom za manje ruralne sredine.

### 6.3. Modularni sistemi

Modularni sistemi grejanja i hlađenja sa OIE predstavljaju uglavnom lokalne, nezavisne sisteme za pokrivanje potreba za grejanjem i hlađenjem domaćinstava, manjih lokalnih naselja isl. Neka od mogućih modularnih rešenja koja se mogu integrisati u centralizovani sistem daljinskog grejanja, a takođe primeniti i kod sistema niskotemperaturnog grejanja, kao i za pripremu sanitarne tople vode, i za hlađenje u letnjim mesecima gde god je moguće, opisana su u daljem tekstu.

U objektima namenjenim boravku i radu ljudi, pored sistema grejanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije, često postoje i sistemi za pripremu sanitarne tople vode. U zavisnosti od namene objekta razlikuje se i potreba za potrošnjom STV, što utiče i na izbor samog sistema. Osnovna podela ovih sistema, jeste na lokalne i centralne sisteme. U zavisnosti od načina pripreme STV mogu biti protočni i akumulacioni. U zavisnosti od izvora snabdevanja toplotnom energijom se dele na sisteme koji koriste konvencionalna goriva i sisteme sa obnovljivim izvorima energije (OIE). Za proizvodnju STV i grejanje i hlađenje npr. većih stambenih blokova moguće je koristiti sistem toplotne pumpe sa solarnim kolektorom. Svi pomenuti sistemi mogu biti spregnuti sa akumulatorima toplotne energije.

Toplotnim solarnim sistemima se može pokriti veliki deo potreba za pripremom sanitarne tople vode. Ukoliko se koristi samo za pripremu STV može pokriti i preko 60 % potreba. U slučaju većih sistema solarni toplotni sistemi mogu pokriti i deo potreba za toplotnom energijom za grejanje. U slučaju objekata stare gradnje može se pokriti najmanje 25%, dok novih zgrada i oko 70% potreba za toplotnom energijom (STV i grejanje). Pri dimenzionisanju toplotnog solarnog kolektora treba voditi računa da bi u letnjim mesecima trebalo pokriti skoro celokupnu potrebu za sanitarnom toplom vodom. Dodatni toplotni izvor se koristi za dogrevanje uglavnom u zimskim mesecima. Zbog promenljive dostupnosti sunčeve energije u toku dana, a takođe u dužim vremenskim periodima, ovaj sistem se kada god je moguće spreže sa ATE. Na taj način se pokriva neusklađenost između proizvodnje i potrošnje toplotne energije. Pored toga povećava se efikasnost i pouzdanost sistema.

Korišćenje geotermalnih modularnih sistema spregnutih sa ATE omogućava grejanje prostora i pripremu sanitarne tople vode. Njihovom upotrebom se povećava komfor, omogućava hlađenje u toku letnjih meseci, smanjuje se emisija zagađujućih materija i smanjuje uticaj promenljivih i rastućih cena goriva. Ovaj sistem može biti centralizovan ili se može koristiti umesto toplotnih izvora u samim zgradama. Na taj način korisnici su u mogućnosti da izaberu vrstu niskotemperaturnog sistema koji će koristiti. Kod

većih sistema daljinskog grejanja u cilju obezbeđivanja stalne temperature u razvodnoj mreži se za vršna opterećenja dodaje kotao.

Modularni hibridni sistem u okviru sistema grejanja može se sastojati i od toplotne pumpe, solarnog toplotnog kolektora, fotonaponskog kolektora, a najčešće je u takvom sistemu nalazi ATE. Glavni zadatak sistema za skladištenje toplotne energije je da kompenzuje vršnu potrošnju, kao i smanjenja snage, tako da postrojenje za proizvodnju toplotne energije ima dovoljno vremena da reaguje na promene u potražnji.

## 7. SMERNICE

Hibridni energetske sistemi pre svega sa OIE, spregnuti sa akumulatorima toplotne energije će do 2050. godine imati ključnu ulogu sistemima za grejanje i hlađenje u zgradarstvu. U okviru njih će se direktno ili indirektno koristiti energija i eksergija koje bi se nepovratno gubile njihovim ispuštanjem u okolinu. Ukoliko istovremeno postoji više potrošača, kao što je u slučaju istovremenog grejanja i isporuke sanitarne tople vode, gde se zahteva toplotna energija različitih temperatura, a posebno ako postoje periodi kada radi samo jedan potrošač, potrebno je ceo sistem optimizovati. To se najbolje postiže primenom akumulatora toplote, najčešće vodenih.

Sa stanovišta energetske efikasnosti toplotne pumpe spregnute sa ATE se preporučuju u kombinaciji sa niskotemperaturnim sistemima za distribuciju toplotne energije, kao što su podno, zidno ili grejanje ventilator konvektorima, kao i za plafonsko hlađenje. U skladu sa tim kod objekata stare gradnje u većini slučajeva potrebna je rekonstrukcija unutrašnjih instalacija.

U urbanim sredinama vazdušne toplotne pumpe posebno su prikladne za zgrade s malim potrebama za energijom i obično predstavljaju najbolji odnos cene i performansi. Za zgrade s većom potrošnjom energije, potrebna su drugačija konstruktivna rešenja toplotnih pumpi. U slučaju „neadekvatno“ izolovanih zgrada potrebne su više temperature na izlazu iz toplotnih pumpi, a često i dodatni toplotni izvor, posebno u periodima ekstremno niskih temperatura.

Glavni zadatak sistema za ATE je da kompenzuje vršnu potrošnju, kao i smanjenja snage, tako da postrojenje za proizvodnju toplotne energije ima dovoljno vremena da reaguje na promene u potražnji. U zavisnosti od sistema, korišćenje sistema za ATE nudi značajan potencijal za optimizaciju rada postrojenja u smislu troškova i potrošnje primarne energije.

Postrojenja za proizvodnju toplotne energije sa ATE mogu biti projektovana manjih dimenzija, a ATE čine rezervu toplotne energije za slučajeve kvarova ili kraćih prekida. Pored toga sistem sa ATE dovodi i do smanjenja potrošnje električne energije npr. za rad toplotnih pumpi.

Decentralizovani sistemi za ATE se mogu uspešno implementirati i u okviru postojećih sistema daljinskog grejanja. Naime, oni mogu rasteretiti mrežu na neuralgičnim tačkama u mreži daljinskog grejanja i omogućiti priključenje daljih potrošača na mrežu.

Gde god je moguće potrebno je postojeće instalacije rekonstruisati da bi se koristili niskotemperaturni grejni sistemi. Najveće uštede u sistemu DG mogu se postići snižavanjem radne temperature i korišćenjem više toplotnih izvora. U cilju realizacije niskotemperaturnog sistema DG potrebno je da budu ispunjeni sledeći uslovi:

- Obezbeđivanje snadbevanja toplotnom energijom za grejanje prostora i sanitarnu toplu vodu niskotemperaturnim sistemima u postojećim stambenim objektima, energetske saniranom, kao i kod novih stambenih objekata.
- Obezbeđivanje uslova za distribuciju toplotne energije sa minimalnim gubicima u mreži.
- Korišćenje toplotne energije iz OIE i otpadne toplotne energije iz niskotemperaturnih toplotnih izvora.
- Sposobnost integracije sa drugim energetske sistemima.
- Obezbeđivanje uslova za planiranje, smanjenje troškova i motivacije korisnika.

## 8. REZIME

Korišćenje OIE u zgradarstvu je od velikog značaja, jer se tako povećava energetska održivost i efikasnost, smanjuju emisije CO<sub>2eq</sub> u atmosferu, smanjuje zavisnost od uvoza energetske sirovina i električne energije, smanjuju novčana ulaganja u procesu podizanja postrojenja i proizvodnje električne energije. Očekuje se da će OIE uskoro postati ekonomski konkurentni konvencionalnim izvorima energije.

U cilju smanjenja potrošnje energije u zgradarstvu u Republici Srbiji potrebno je, pre svega, izvršiti zamenu starih i neefikasnih sistema grejanja energetske efikasnijim, ekološki prihvatljivim tehnologijama, baziranim u što većoj meri na korišćenju OIE. Potrebno je uraditi analize i predložiti rešenja sa korišćenjem modularnih sistema grejanja i hlađenja, sa posebnim osvrtom na korišćenje hibridnih sistema grejanja i hlađenja spregnutih sa akumulatorima toplotne energije. Akcenat treba staviti na korišćenje lokalnih nezavisnih sistema, pre svega sa OIE, koji će, u postojećim, energetske saniranom, i novim stambenim objektima, obezbediti energetske i ekonomski efikasno grejanje i hlađenje tokom cele godine.

U okviru projekta Prizma: „Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition“ (FF GreEN), razmatraće se hibridni energetske sistemi bazirani na OIE i savremenim toplotnim pumpama, koji imaju u sebi integrisan ATE, čime će se obezbediti veća fleksibilnost sistema kao i smanjenje potrošnje energije.

Instalacija ovih sistema u posmatrane stambene objekte biće razmatrana tek nakon prethodne energetske sanacije tih objekata, ukoliko je potrebna, do prihvatljivog energetskeg razreda. Smatra se da taj energetske razred ne sme da bude ispod razreda „C“ što znači da specifična godišnja potrošnja energije za grejanje, za postojeće zgrade sa više stanova, mora merama energetske sanacije biti svedena na vrednosti do 70 [kWh/m<sup>2</sup>a)], a ukoliko se radi o novoizgrađenim objektima do 60 kWh/m<sup>2</sup>. Za postojeće jednoporođične stambene zgrade, specifična godišnje potrošnja energije za grejanje mora da bude niža od 75 kWh/m<sup>2</sup>, a ukoliko se radi o novoizgrađenim objektima, niža od 65 kWh/m<sup>2</sup>.

Nakon svođenja toplotnih gubitaka objekata na nivo koji omogućava isplativu instalaciju i eksploataciju sistema baziranih na OIE, pristupiće se energetske modeliranju izabranih karakterističnih slučajeva primenom savremenih softverske paketa za termotehničke proračune. Sveobuhvatna analiza dobijenih rezultata, uz korektivno poređenje sa sopstvenim i literaturnim merenim podacima i rezultatima, biće osnova sa koje će se pristupiti daljoj optimizaciji i prilagođavanju naprednih hibridnih energetske sistema.

## 9. SPISAK LITERATURE

1. Raphael Wittenburg, Conrad Gierow, Rasmus Pötke, Karsten Müller, Dorian Holtz: Transition of district heating from fossil to renewable energies – Pathways analysed by dynamic simulation, *Renewable Energy Focus* 45 (2023) 271–286, <https://doi.org/10.1016/j.ref.2023.04.008>
2. E. Commission, *Energy Roadmap 2050*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2012
3. Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources, Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency, Brussels (2022)
4. Communication From the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic And Social Committee and the Committee of the Regions *EU Solar Energy Strategy*, Brussels, (2022)
5. UNEP, U. (2020). 2020 Global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector. *Renewables global status report*.
6. Soini, M. C., Bürer, M. C., Mendoza, D. P., Patel, M. K., Rigter, J., & Saygin, D. (2017). Renewable energy in district heating and cooling, A sector roadmap for REmap. *IRENA, Mar*.
7. International Energy Agency. (2023). *Renewables 2023 Analysis and forecast to 2028*.
8. H. Li, P. Qiu, T. Wu, The regional disparity of per-capita CO2 emissions in China's building sector: an analysis of macroeconomic drivers and policy implications, *Energy Build.* 244 (2021), 111011, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111011>.
9. *Potrošnja energije u domaćinstvima u Republici Srbiji*, Republički zavod za statistiku,(2021), ISBN 978-86-6161-207-7
10. European Union. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. 2002. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0071:EN:PDF>.
11. European Union. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). 2010. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>.
12. European Union. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency. 2012. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:en:PDF..>
13. European Commission. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings (COM/2016/0765). 2016. Available from: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:4908dc52-b7e5-11e6-9e3c-01aa75ed71a1.0023.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:4908dc52-b7e5-11e6-9e3c-01aa75ed71a1.0023.02/DOC_1&format=PDF).
14. Council of the European Union of 26 June 2017. *Energy efficient buildings: increased energy savings and better living conditions*. 2017. Available from: <http://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2017/06/26-energy-efficient-buildings>.
15. Commission Recommendation (EU) 2024/1590 of 28 May 2024 on transposing Articles 8, 9 and 10 on the energy saving obligation's provisions of the Directive (EU) 2023/1791 of the

- European Parliament and of the Council on energy efficiency, <http://data.europa.eu/eli/reco/2024/1590/oj> ,
16. Pablo Olasolo-Alonso, Luis M. López-Ochoa, Jesús Las-Heras-Casas, Luis M. López-González: Energy Performance of Buildings Directive implementation in Southern European countries: A review, *Energy & Buildings* 281 (2023), <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112751>
  17. Green Agenda for the Western Balkans Action Plan - Implementation Report 2022, Regional Cooperation Council
  18. Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada, (*"Sl. glasnik RS"*, br. 69/2012, 44/2018 - dr. zakon i 111/2022)
  19. Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada , (*"Sl. glasnik RS"*, br. 61/2011)
  20. Jovanović Popović, M., Ignjatović, D., Radivojević, A., Rajčić, A., Đukanović, Lj., Čuković Ignjatović, N., & Nedić, M. (2013). *Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije* (No. 379). Beograd: Arhitektonski fakultet Univerziteta; Belgrade : Faculty of Architecture University.
  21. Jagarajan, R.; Asmonib, M.M.; Lee, J.Y.; Jaafar, M.N. An overview of green retrofitting implementation in non-residential existing buildings. *J. Teknol.* **2015**, *73*, 85–91
  22. Radovanović, P. (2023). Usporedna analiza sistema grejanja stambenih zgrada u Srbiji i zemljama Evropske Unije. *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu*, *38*(03), 319-322.
  23. Solà, M. D. M., de Ayala, A., Galarraga, I., & Escapa, M. (2021). Promoting energy efficiency at household level: a literature review. *Energy Efficiency*, *14*(1), 6.
  24. Aydin, E., Kok, N., & Brounen, D. (2017). Energy efficiency and household behavior: the rebound effect in the residential sector. *The RAND Journal of Economics*, *48*(3), 749-782.
  25. Marijanović, Z. (2023). Energetska sanacija u cilju povećanja energetske efikasnosti na primeru stambenog objekta u Indiji. *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu*, *38*(03), 435-438.
  26. Tojaga, Ž. (2020). Energetska sertifikacija objekata u Srbiji. *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu*, *35*(03), 429-432.