

Prof.dr.sc. Davor Škrlec
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva
davor.skrlec@fer.hr

Laura Lepur
Energetski institut Hrvoje Požar
llepur@eihp.hr

INTERAKCIJA PAMETNIH ZGRADA I DISTRIBUCIJSKE MREŽE: POTENCIJAL EU DIREKTIVE O ENERGETSKIM SVOJSTVIMA ZGRADA

SAŽETAK

Visoka energetska intenzivnost sektora zgradarstva istaknula je potencijal za ostvarenjem ciljeva europskog Zelenog plana. Uz obnovu fonda zgrada, integracija pametnih tehnologija i sustava automatizacije prepoznati su kao alat za dekarbonizaciju. Revidirana Direktiva o energetskim svojstvima zgrada EU 2024/1275 stupila je na snagu u svibnju 2024. godine i važan iskorak koji je u njoj napravljen je usvajanje pokazatelja pripremljenosti zgrade za pametne tehnologije ili kraće SRI (engl. Smart Readiness Indicator). SRI mjeri spremnost zgrade da funkcionira u interakciji s pametnim uređajima i korisnicima zgrada te daje ocjenu sposobnosti zgrade da optimizira energetske učinkovitost i performanse, uzimajući u obzir unutarnje klimatske uvjete i udobnost te signale iz distribucijske mreže. Sama pripremljenost zgrada za pametne tehnologije se mjeri u 3 ključne funkcije: optimizacija energetske učinkovitosti i ukupne učinkovitosti tijekom uporabe, prilagodba rada s obzirom na potrebe stanara i prilagodba na signale iz distribucijske mreže.

Ključne riječi: pametne zgrade, EU Direktiva o energetskim svojstvima zgrada, pokazatelja pripremljenosti zgrade za pametne tehnologije (SRI), fleksibilnost, interakcija s distribucijskom mrežom

THE INTERACTION OF SMART BUILDINGS AND THE DISTRIBUTION NETWORK: THE POTENTIAL OF THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS DIRECTIVE

SUMMARY

The high energy intensity of the building sector has highlighted the potential for achieving the goals of the European Green Deal. Along with the renovation of the building stock, the integration of smart technologies and automation systems are recognized as a tool for decarbonization. The revised EU Energy Performance of Buildings Directive 2024/1275 entered into force in May 2024 and an important step forward made in it is the adoption of the Smart Readiness Indicator (SRI). SRI measures a building's readiness to function in interaction with smart devices and building occupants and provides an assessment of a building's ability to optimize energy efficiency and performance, considering indoor climate conditions and comfort and signals from the distribution network. The readiness of buildings for smart technologies is measured in 3 key functions: optimization of energy efficiency and overall efficiency during use, adaptation of work regarding the needs of tenants and adaptation to signals from the distribution network.

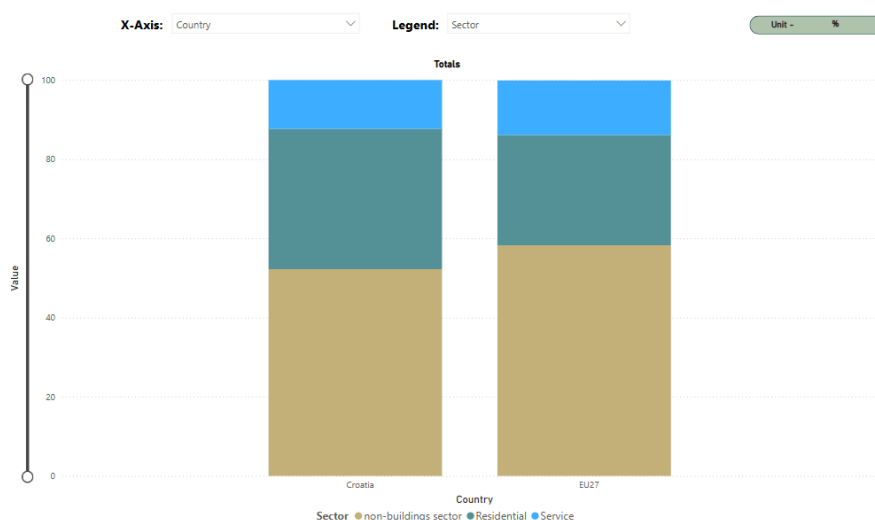
Key words: smart buildings, EU Energy Performance of Buildings Directive, smart readiness indicator, flexibility, interaction with the distribution network

1. UVOD

1.1. Potrošnja energije u zgradama

U svrhu boljeg praćenja postojećih energetske politika i mjera, te oblikovanja budućih politika Europska komisija je 2016. godine kao dio zakonodavnog paketa "Čista energija za sve Europljane" uspostavila [EU Building Stock Observatory](#) (BSO) internetski alat koji pruža transparentne i pouzdane informacije i podatke o fondu zgrada Europske unije i podupire praćenje učinkovitosti zgrada diljem Europske unije. Alat se temelji na bazi podataka koja obuhvaća teme povezane s energijom i ostalim područjima koja su povezana sa zgradama: fond zgrada, potrošnja energije, ugrađeni dijelovi zgrada i tehnički sustavi zgrada, energetske certifikati, zgrade gotovo nulte energije i stope obnove, aspekti energetske siromaštva i financiranja. Svaki skup podataka se može pregledavati po temi, godini i zemlji ili EU u cjelini, a nakon odabira pokazatelja podaci se prikazuju u tablicama i grafikonima s upućivanjem na izvore podataka.

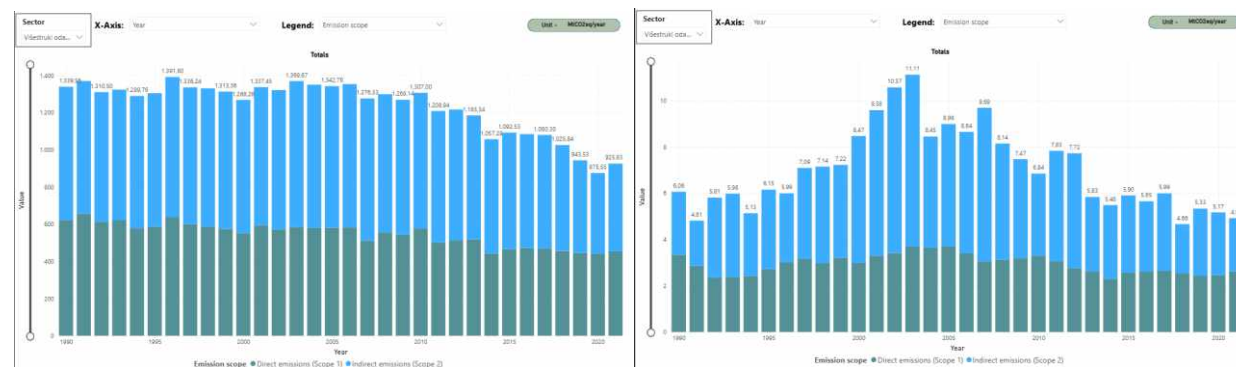
Analiza podataka u BSO bazi pokazuje da je udio energije potrošene u zgradama u ukupnoj potrošnji energije u EU-27 već godinama oko 40%, dok podaci za Hrvatsku pokazuju da je taj udio i veći, odnosno oko 50% [6].



Slika 1. Udio potrošnje energije u zgradama ukupnoj potrošnji energije 2021. godine EU-27 i Hrvatska (izvor: analiza podataka u BSO bazi)

Posljedično je prema [1] udio emisija stakleničkih plinova iz zgrada u 2022. godini 34% ukupnih emisija koje su povezane s potrošnjom energije.

Struktura emisija stakleničkih plinova prema podacima dostupnim u BSO bazi podataka pokazuje da se u EU-27 i Hrvatskoj udio indirektnih emisija iz zgrada (emisije koje nastaju u energetske sektoru u proizvodnji električne i toplinske energije za zgrade) relativno smanjivao od 1990. do 2021. godine dok je istovremeno udio direktnih emisija (emisije koje nastaju potrošnjom energije u zgradama) imao puno blaži pad (EU-27) ili ostao konstantan (Hrvatska).



Slika 2. Udjeli direktnih i indirektnih emisija stakleničkih plinova EU-27(lijevo) i Hrvatska (desno) u periodu 1990.- 2021. godina (izvor: analiza podataka u BSO bazi)

1.2. Digitalizacija energetske sustava zgrada

Kratka analiza koja je prikazana u prethodnom poglavlju pokazuje kako javne politike i mjere koje su u prethodnim razdobljima trebale utjecati na smanjenje potrošnje energije u sektoru zgradarstva nisu polučile rezultate te da je bilo potrebno napraviti njihovu reviziju.

Revidirana Direktiva o [energetskim svojstvima zgrada](#) (EU/2024/1275) stupila je na snagu u svim zemljama EU-a 28. svibnja 2024. i pridonosi povećanju stope obnove u EU-u, posebno za zgrade s najlošijim svojstvima u svakoj zemlji [3]. Direktivom se pridonosi cilju smanjenja emisija stakleničkih plinova za najmanje 60 % u građevinskom sektoru do 2030. u odnosu na 2015. i postizanju dekarboniziranog fonda zgrada s nultim emisijama do 2050. Djeluje usporedno s drugim javnim politikama europskog zelenog plana, kao što su revidirani sustav trgovanja emisijama ETS2 koji sadrži sustav trgovanja [emisijama za goriva koja se upotrebljavaju u zgradama](#), revidirana Direktiva o [energetskoj učinkovitosti](#) (EU/2023/1791), revidirana Direktiva o [energiji iz obnovljivih izvora](#) (EU/2023/2413) i nova Uredba o infrastrukturi za [alternativna goriva](#) (EU/2023/1804).

Ove međusobno povezane javne politike trebaju postići energetske visokoučinkovit i dekarboniziran fond zgrada do 2050. godine. Kako bi ostvarila ta ambicija Direktiva o energetskim svojstvima zgrada postavlja obavezujući cilj povećanja prosječne energetske učinkovitosti nacionalnog fonda stambenih zgrada za 16 % do 2030. u odnosu na 2020. i za 20–22 % do 2035., na temelju nacionalnih projekcija.

Sustav energetske certifikate za zgrade uveden je u Europskoj uniji s Direktivom o energetskim svojstvima zgrada (2010/31/EU), koja je stupila na snagu 2010. godine. Zbog neusklađenosti provedbe i nepostojanja neovisnog verifikacijskog tijela u članicama EU, energetske certifikate nisu polučili željene rezultate. Revizija Direktive o energetskim svojstvima zgrada iz 2018. godine donijela je nekoliko ključnih promjena i poboljšanja, a u kontekstu ovog rada istaknuli bi digitalizaciju energetske sustava zgrade čiji se stupanj primjene određuje novim indikatorom koji je se zove pokazatelj pripremljenosti zgrade za pametne tehnologije (eng. Smart Readiness Indicator – SRI). Namjera zakonodavca je da se pokazatelj pripremljenosti za pametne tehnologije koristi za mjerenje kapaciteta zgrada za upotrebu informacijskih i komunikacijskih tehnologija i elektroničkih sustava s ciljem prilagodbe upravljanja zgradama potrebama stanara i mreže te poboljšanja energetske učinkovitosti i sveukupnih energetske svojstava zgrada. Revizijom Direktive iz 2024. godine uvedeni su još neki novi pojmovi poput: digitalnog blizanca zgrade kao interaktivne i dinamične simulacije koja odražava stanje i ponašanje fizičke zgrade u stvarnom vremenu objedinjavanjem podataka koji se u stvarnom vremenu prikupljaju iz senzora, pametnih brojala i drugih izvora, te digitalnog dnevnika zgrade kao zajedničkog repozitorija svih relevantnih podataka o zgradi, uključujući podatke povezane s energetskim svojstvima kao što su energetske certifikate, putovnice za obnovu i pokazatelji pripremljenosti zgrada za pametne tehnologije. U idućim revizijama zakonodavstva može se pretpostaviti još veća primjena digitalnih tehnologija poput umjetne inteligencije namjenski razvijene za napredno upravljanje energetskim sustavima zgrada.

2. POKAZATELJ PRIPREMLJENOSTI ZGRADA ZA PAMETNE TEHNOLOGIJE

2.1. Svrha uvođenja pokazatelja pripremljenosti zgrada za pametne tehnologije

Digitalizacija energetske sustava zgrada integracijom pametnih tehnologija i sustava automatizacije prepoznata je kao ključni alat za dekarbonizaciju i unaprjeđenje energetske učinkovitosti zgrada te se uz obnovu europskog fonda zgrada predstavlja rješenje za postizanje ciljeva europskog Zelenog plana. Energetska tranzicija je intenzivno započela 2015. godine predstavljanjem zakonodavnog paketa "Čista energija za sve Europljane", a usvajanjem Direktive o energetskim svojstvima zgrada (EU) 2018/844 uvodi se pokazatelj pripremljenosti zgrade za pametne tehnologije [2]. Svrha uvođenja ovog pokazatelja u zakonodavstvo država članica je poticaj implementacije pametnih tehnologija u stambene i nestambene zgrade čime bi se automatizirao rad tehničkih sustava optimizirajući potrebe korisnika i elektroenergetskog sustava. Kako bi se osigurao neobvezni zajednički sustav Unije za ocjenjivanje pripremljenosti zgrada za pametne tehnologije Direktiva obavezuje Komisiju da do kraja 2019. godine donese delegirani akt u kojem bi se utvrdila definicija pokazatelja pripremljenosti za pametne tehnologije i metodologija za njegov izračun.

Provedba digitalizacije zgrada je tehnički kompleksan i financijski zahtjevan postupak. Poučeni iskustvima implementacije sustava energetske certifikate koji nisu ispunili željene rezultate uštede energije u sektoru zgradarstva Komisija je 2020. godine donijela delegiranu Uredbu (EU) 2020/2155 o dopuni Direktive (EU) 2010/31/EU i uspostavi neobveznog zajedničkog sustava Europske unije za ocjenjivanje

pripremljenosti zgrada za pametne tehnologije, u kojoj ističe neobaveznost implementacije pokazatelja za države članice te mogućnost njegova uvođenja za pojedine kategorije zgrada ili za dijelove državnog područja te primjenu na dobrovoljnoj ili obveznoj osnovi [4].

Iako je 35% zgrada u Europskoj uniji starije od 50 godina, a gotovo 75% energetski neučinkovito, Uredbom 2020/2155 i Direktivom 2024/1275 prioritet implementacije za pametne tehnologije i pokazatelja je za zgrade s visokom potrošnjom energije te je u dokumentima naglašeno da se to primarno odnosi na nestambene zgrade s efektivnom nazivnom snagom sustava grijanja, klimatizacije, kombiniranih sustava grijanja i ventilacije ili kombiniranih sustava klimatizacije i ventilacije većom od 290 kW. Međutim uvidom u BSO bazu podataka o fondu zgrada, stambene zgrade imaju većinski udio, a u njemu su dominantne samostalne stambene jedinice. Komisija je zato potaknula države članice da provode pilot projekte kroz nacionalne planove energetske učinkovitosti i kroz program LIFE se financiraju međunarodni projekti [7]. Paralelno ekspertne grupe u Komisiji rade na unapređivanju metodologije, proračuna i razvoju informiranja i obrazovanja svih dionika koji su važni za implementaciju pokazatelja pripremljenosti zgrada za pametne tehnologije (vlasnici, građevinari, arhitekti, agencije za trgovanje nekretninama, stanari, operatori distribucijskih sustava, financijski sektor, itd.) [5].

2.2. Metodologija izračuna razreda pripremljenosti zgrade za pametne tehnologije

Moderna zgrada opremljena digitaliziranim energetske sustavom trebala bi imati sposobnosti:

1. upravljati tehničkim sustavima (grijanje, hlađenje, rasvjeta),
2. prikupljati i obrađivati podatke iz svog okruženja (meteorološka mjerenja, kvaliteta zraka, signali iz distribucijske mreže),
3. odgovarati na promjene u zahtjevima vlasnika/stanara zgrade, i
4. pružati informacije vlasnicima/korisnicima o trenutnoj i povijesnoj potrošnji energije.



Slika 3. Ilustracija očekivanih prednosti koje donose pametne zgrade [5]

Sama pripremljenost zgrada za pametne tehnologije se mjeri u 3 ključne funkcije, a to su:

1. optimizacija energetske učinkovitosti i ukupne učinkovitosti tijekom uporabe,
2. prilagodba rada s obzirom na potrebe stanara,
3. prilagodba na signale iz distribucijske mreže (npr. fleksibilnost).



Slika 4. Tri ključne funkcije s kriterijima za mjerenje pripremljenosti zgrade za pametne tehnologije [5]

Predložena metodologija izračuna referira se na devet tehničkih područja (Slika 5) i sedam kriterija utjecaja sadržanih unutar triju ključnih funkcionalnosti (Slika 4). Devet tehničkih područja obuhvaća 54, odnosno 27 pametnih funkcija, ovisno o odabranoj metodi proračuna.

Sveukupni SRI rezultat (%) + SRI klasa							
%		%				%	
 Optimizacija energetske učinkovitosti i ukupne učinkovitosti tokom uporabe		 Prilagodba rada s obzirom na potrebe stanara				 Prilagodba na signale iz energetske mreže (na primjer energetska fleksibilnost)	
%	%	%	%	%	%	%	
 Energetska efikasnost	 Održavanje i predviđanje kvarova	 Komfor	 Praktičnost	 Zdravije i dobrobit	 Informacije stanarima	 Energetska fleksibilnost i skladištenje	
 Grijanje	%	%	%	%	%	%	
 Hlađenje	%	%	%	%	%	%	
 Potrošna topla voda	%	%	%	%	%	%	
 Ventilacija	%	%	%	%	%	%	
 Osvjetljenje	%	%	%	%	%	%	
 Dinamički omotač zgrade	%	%	%	%	%	%	
 Električna energija	%	%				%	
 Punjenje električnih vozila		%		%		%	
 Praćenje i kontrola	%	%	%	%	%	%	

Slika 5. Pojednostavljeni prikaz tehničkih područja i kriterija za izračun pokazatelja pripremljenosti zgrade za pametne tehnologije

Odluče li se države članice na neki od načina uvesti SRI u svoje zakonodavstvo, isti se zainteresiranim strankama iskazuje putem certifikata koje izdaju akreditirani stručnjaci. Pokazatelj pripremljenosti zgrade za pametne tehnologije izračunava se tako da akreditirani stručnjak prema dostupnim informacijama o zgradi pridružuje razine funkcionalnosti pametnim funkcijama. Pri tome se ne koriste mjerljivi podaci već se radi o subjektivnoj procjeni. Pametne su funkcije definirane katalogom na razini države, a članice imaju mogućnost izdati svoje kataloge ili modificirati postojeće za različite kategorije ili namjene zgrada.

Razred pripremljenosti	SRI rezultat
A	90 – 100 %
B	80 – 89 %
C	65 – 79 %
D	50 – 64 %
E	35 – 49 %
F	20 – 34 %
G	< 20 %

Tablica 1. Razred pripremljenosti zgrade

Metodološki okvir razdijeljen je na više koraka. Najprije je potrebno unijeti informacije o procjenitelju i općenite informacije o zgradi što obuhvaća tip zgrade i njenu namjenu, lokaciju koja određuje klimatsku zonu, neto površinu objekta, godinu izgradnje i trenutno stanje. Prema tipu, zgrada može biti stambena ili nestambena. Dodatno, prema namjeni stambenu zgradu moguće je označiti kao obiteljsku kuću te kao malu ili veliku višestambenu zgradu. Nestambenu je zgradu prema namjeni moguće specificirati kao uredsku, obrazovnu ili zdravstvenu. Stanje zgrade odnosi se na to je li u originalnom stanju ili je renovirana.

Dalje se odabire metoda koja će se koristiti pri proračunu. Pri tome se razlikuju dvije metode, pojednostavljena metoda A koristi listu od 27 pametnih funkcija, te metoda B koja koristi listu od 54 pametne funkcije. Metoda A je lakše primjenjiva i prikladna za postojeće stambene i manje poslovne zgrade dok je

metoda B kompleksnija i predviđena je za upotrebu u novim i većim zgradama. Dodatno, potrebno je odabrati hoće li se u proračunu koristiti zadani težinski faktori ili će procjenitelj definirati vlastite.

Sljedeće je potrebno definirati koja su tehnička područja već prisutna u objektu, koja nisu prisutna, ali su nužna te koja nisu niti prisutna niti nužna. Također, moguće je eliminirati pametne funkcije dodijeljene određenom tehničkom području ako one nisu primjenjive za promatrani objekt. To se vrši tako da se naznači da pametna funkcija ne utječe na najveći rezultat koji je moguće postići. Ako se tehnički sustav smatra ključnim za postizanje visoke energetske učinkovitosti ili drugih ciljeva održivosti, njegov nedostatak rezultirat će nižim rezultatom za zgradu. S druge strane, ako odsutni sustav nije tako kritičan, ukupni SRI rezultat izračunava se kao udio stvarnog rezultata zgrade u odnosu na dostižan maksimum umjesto na teoretski maksimum koji bi se postigao da su sve pametne funkcije uključene u proces procjene. Pametnim funkcijama pridružuje se razina funkcionalnosti u rasponu od 0 do 4 koja označava koliko je pametna funkcija optimizirana ili automatizirana.

Za određivanje težinskih faktora za ključne funkcionalnosti i kriterije utjecaja koristi se metoda jednakog ponderiranja. Prema tome, s obzirom na to da su definirane tri ključne funkcionalnosti, svakoj se pridružuje težinski faktor 1/3, odnosno 33.3 %. Dalje, prva ključna funkcionalnost, energetska učinkovitost, obuhvaća dva kriterija utjecaja pa svaka od njih ima težinski faktor 16.67 %. Težinski faktori ostalih kriterija utjecaja naznačeni su u tablici 4. Bitno je naglasiti da je moguće definirati i proizvoljne težinske faktore.

Ključne funkcionalnosti	Težinski faktor	Kriteriji utjecaja	Težinski faktor
Energetska učinkovitost	33.3 %	Energetska učinkovitost	16.67 %
		Održavanje i predviđanje kvarova	16.67 %
Odgovor na potrebe korisnika	33.3 %	Udobnost	8.33 %
		Praktičnost	8.33 %
		Zdravlje, dobrobit i pristupačnost	8.33 %
		Dostupnost informacija	8.33 %
Energetska fleksibilnost	33.3 %	Energetska fleksibilnost i pohrana	33.3 %

Tablica 2. Težinski faktori ključnih funkcionalnosti i kriteriji utjecaja

Težinski faktori za tehnička područja s obzirom na kriterije utjecaja određuju se prema trima pristupima. Prvi je pristup fiksno ponderiranje. Koristi se za tehnička područja koje imaju konstantan utjecaj na kriterije utjecaja. To su „dinamička ovojnica zgrade“ u odnosu na kriterije utjecaja „energetska učinkovitost“ i „održavanje i predviđanje kvarova“, „punjenje električnih automobila“ u odnosu na „energetsku fleksibilnost i pohranu“ te „nadzor i kontrola“ u odnosu na sve kriterije utjecaja. Procjenitelj sam određuje utjecaj pojedinog tehničkog područja na kriterije utjecaja ako uopće smatra da utjecaj postoji stoga je ovaj pristup subjektivan i različiti procjenitelji mogu odrediti drugačije tzv. fiksne pondere. Drugi pristup, jednako ponderiranje, osigurava da svako tehničko područje ima jednak utjecaj unutar pojedinog kriterija utjecaja. Jednako se ponderiranje standardno koristi za sva tehnička područja, osim za „nadzora i kontrolu“, u odnosu na kriterije utjecaja „udobnost“, „praktičnost“, „zdravlje, dobrobit i pristupačnost“ te „dostupnost informacije“. Treći pristup, ponderiranje energetske bilance, koristi se za procjenu utjecaja tehničkog područja na energetska ravnotežu objekta i to za „grijanje“, „hlađenje“, „pripremu potrošne tople vode“, „ventilaciju“, „rasvjetu“ i „električnu energiju“ u odnosu na kriterije utjecaja „energetsku učinkovitost“, „održavanje i predviđanje kvarova“ te „energetsku fleksibilnost i pohranu“. Poželjno je uzeti u obzir tip zgrade i lokaciju, odnosno klimatsku zonu: sjevernu, zapadnu, južnu, sjeveroistočnu i jugoistočnu Europa.

2.3. Tehnička područja važna za interakciju s distribucijskom mrežom

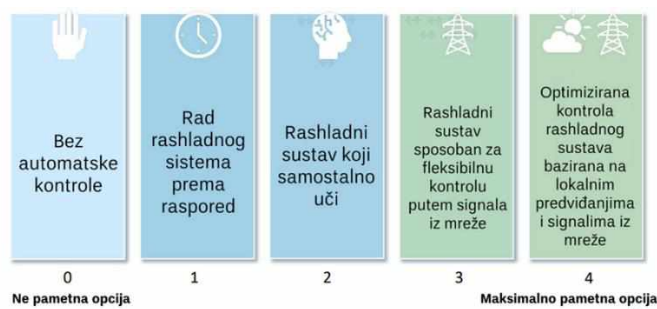
Operator distribucijskog sustava zbog usluga fleksibilnosti pametnih zgrada (upravljanje preuzimanjem energije iz mreže i isporuka viška proizvedene energije) prepoznat je kao zainteresirani dionik kod implementacije pametnih tehnologija u zgrade. Dostupnost digitalnog dnevnika zgrade i postojanje SRI certifikata takve zgrade čini poželjnim partnerom u vođenju naprednih mreža, a vlasnicima zgrada pruža mogućnost pojedinačnog ili kolektivnog sudjelovanja na tržištu električnom energijom. Tehnička područja koja su relevantna za pružanje ovih usluga su:

1. sustav hlađenja zgrade,
2. sustav potrošnje tople vode
3. sustav za punjenje električnih vozila, i
4. sustav praćenja i kontrole.

Direktiva 2024/1275 u okviru metodologije utvrđuje zajednički opći okvir za ocjenjivanje pripremljenosti zgrada za pametne tehnologije i ocjenjuje interoperabilnost među sustavima i uređajima u zgradi, te standardizaciju formata razmjene podataka između subjekata. Već sada je potrebno predvidjeti mogućnosti nadogradnje uređaja i softverske podrške (zadaca proizvođača opreme), i postavlja dodatne uvjete na opremu operatora distribucijskog sustava kako bi se izbjegli troškovi u budućnosti. Također je treba hitno razvijati industrijske standarde kako bi uspostava digitaliziranih energetske sustava zgrada i njihove integracije u distribucijsku mrežu bila troškovno prihvatljiva investitorima i vlasnicima zgrada i operatorima distribucijskih sustava.

2.3.1. Sustav hlađenja zgrade

Kao posljedica klimatskih promjena i porasta prosječnih godišnjih temperatura hlađenje predstavlja najbrže rastuću upotrebu energije u zgradama. Za hlađenje prostora u zgradama koristi se isključivo električna energija pa taj sustav nema utjecaja na direktne emisije stakleničkih plinova, ali je značajan utjecaj indirektnih emisija koje potječu iz proizvodnje električne energije. Ako se ostvare ambicije EU u elektrifikaciji grijanja (hlađenja) korištenjem toplinskih crpki na oba sustava zgrade se postavljaju međusobni uvjeti kod ocjenjivanja i izračuna pripremljenosti zgrade za pametne tehnologije.



Slika 6. Razine funkcionalnosti za hlađenje

	Energetska efikasnost	Održavanje i predviđanje kvarova	Komfor	Praktičnost	Zdravlje i dobrobit	Informacije stanarima	Energetska fleksibilnost i skladištenje
Razina 0	0	0	0	0	0	0	0
Razina 1	1	0	1	1	0	0	0
Razina 2	2	0	2	2	0	0	1
Razina 3	2	0	2	3	0	0	3
Razina 4	2	0	3	3	1	0	3

Slika 7. Korelacija razine funkcionalnosti s kriterijima utjecaja na SRI

Prva razina predstavlja rad rashladnog sistema prema rasporedu. Nudi povećanu energetske učinkovitost, komfor i praktičnost za stanare zgrade.

Druga razina obuhvaća rashladni sustav koji samostalno uči. Time se nudi visoka razina energetske učinkovitosti, komfora i praktičnosti za stanare zgrade, te umjerena energetska fleksibilnost i skladištenje.

Treća razina predstavlja rashladni sustav sposoban za fleksibilnu kontrolu putem signala iz mreže (na primjer upravljanje potražnjom). Nudi visoku energetske učinkovitost i komfor, te maksimalni praktičnost stanare zgrade, ali daje i maksimalnu razinu energetske fleksibilnosti i skladištenja.

Četvrta razina uključuje optimiziranu kontrolu rashladnog sustava baziranu na lokalnim predviđanjima i signalima iz mreže. Nudi visoku razinu energetske učinkovitosti, maksimalnu razinu

komfora, praktičnosti, energetske fleksibilnosti i skladištenja, te poboljšava zdravlje i dobrobit stanara zgrade.

2.3.2. Sustav potrošnje tople vode

U 2020. kućanstva su činila čak 27% od ukupne potrošnje energije u Europskoj uniji. Potrošnja energije za pripremu tople vode se pokazala nakon grijanja/hlađenja prostora kao značajan faktor u ukupnoj potrošnji energije u zgradama s udjelom od 15% ukupne potrošnje energije u kućanstvu. Povećanjem učinkovitosti u potrošnji tople vode s kontrolnim sustavima, rasporedom punjenja i ostalim sredstvima, mogli bi drastično smanjiti udio energije za pripremu tople vode u kućanstvima, te zajedno s time smanjiti račune i ugljični otisak svih stanovnika EU.



Slika 8. Razine funkcionalnosti za pripremu tople vode

	Energetska efikasnost	Održavanje i predviđanje kvarova	Komfort	Praktičnost	Zdravlje i dobrobit	Informacije stanicama	Energetska fleksibilnost i skladištenje
Razina 0	0	0	0	0	0	0	0
Razina 1	1	0	0	1	0	0	1
Razina 2	2	0	0	2	0	0	2
Razina 3	2	0	0	2	0	0	3

Slika 9. Korelacija razine funkcionalnosti sustava za pripremu tople vode s kriterijima utjecaja na SRI

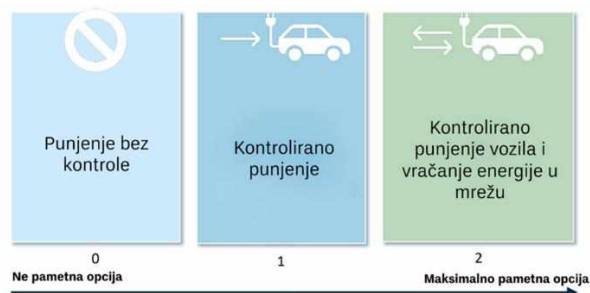
Prva razina kontrolira automatsko uključivanje, isključivanje i omogućava stvaranje rasporeda za punjenje. Ona nudi povećanu energetska učinkovitost, praktičnost te energetska fleksibilnost i spremanje energije.

Druga razina predstavlja automatsko uključivanje, isključivanje, mogućnost stvaranja rasporeda za punjenje te spremište sa većim brojem senzora za efikasnije upravljanje. Nudi visoku energetska učinkovitost, praktičnost te energetska fleksibilnost i spremanje energije.

Treća razina sadrži automatsku kontrolu punjenja s obzirom na dostupnost lokalno proizvedene energije iz obnovljivih izvora ili s obzirom na informacije iz mreže. Nudi visoku razinu energetske učinkovitosti i praktičnosti, te najvišu razinu energetske fleksibilnosti i spremanja energije.

2.3.3. Punjenje električnih vozila

Očekuje se da će električna vozila imati ključnu ulogu u dekarbonizaciji i učinkovitosti elektroenergetskog sustava, posebno pružanjem usluga fleksibilnosti, uravnoteženja i skladištenja, posebno agregiranjem. Punjenje je posebno važno u odnosu na zgrade zbog redovitog i dužeg vremena parkiranja vozila, a sporo punjenje je više ekonomično. Postavljanjem mjesta za punjenje u privatnim prostorima može se osigurati skladištenje energije za povezanu zgradu i integracija usluga pametnog punjenja i dvosmjernog punjenja ovisno o razvoju tehnologije u budućnosti. Direktiva 2024/1275 u članku 14. propisuje minimalni broj mjesta za punjenje s obzirom na ukupni broj parkirnih mjesta za nestambene i stambene zgrade.



Slika 10. Razine funkcionalnosti za punjenje električnih vozila

	Energetska efikasnost	Održavanje i predviđanje kvarova	Komfor	Praktičnost	Zdravlje i dobrobit	Informacije stanařima	Energetska fleksibilnost i skladištenje
Razina 0	0	0	0	0	0	0	-2
Razina 1	0	0	0	2	0	0	1
Razina 2	0	0	0	2	0	0	3

Slika 11. Korelacija razine funkcionalnosti s kriterijima utjecaja na SRI

Nulta razina predstavlja punjenje bez kontrole. Zbog toga dobiva negativan rezultat za energetske fleksibilnost i spremanje energije. Nekontroliranim se punjenjem može dodatno povećati vršna potrošnja, može doći do odstupanja napona, preopterećenja mreže, povećanja gubitka energije i na taj način povećanja vršne cijene energije za stanare.

Prva razina se odražava kao kontrolirano punjenje. Nudi visoku razinu praktičnosti te povećanu razinu energetske fleksibilnosti i spremanja energije.

Druga razina sadrži kontrolirano punjenje vozila i vraćanje energije u mrežu. Praktičnost time ostaje na istoj visokoj razini te nudi maksimalnu energetske fleksibilnost i spremanje energije.

2.3.4. Sustav praćenja i kontrole

Sustav automatizacije zgrada uključuje kontrolu grijanja, hlađenja, ventilacije, rasvjete, kontrolu pristupa, upravljanje energijom, požarnim alarmom i ostalim kontrolama koje omogućuju stanarima da upravljaju sustavima zgrade. Na primjeru vidimo da za sustav hlađenja i ventilacije, kontrola vremena rada i upravljanje načinom rada može dati ključne informacije o karakteristikama rada i tako povećati komfor i sigurnost stanara, ali i povećati energetske učinkovitost.

Direktiva 2024/1275 uzima u obzir elektroničku kontrolu i nadgledanje kao moguću alternativu inspekcijama. Upravo takvi tehnički sustavi nude isplativu i značajnu uštedu energije za stanare zgrade.

U određenim studijama, instaliranjem naprednih sustava za automatizaciju i kontrolu u zgradama kojima su regulirali rad ventilacije i hlađenja preko neinvazivnih instalacija je rezultiralo uštedom energije i do 45% u cijeloj zgradi, bez smanjenja kvalitete usluge.



Slika 12. Razine funkcionalnosti za praćenje i kontrolu

	 Energetska efikasnost	 Održavanje i predviđanje kvarova	 Komfort	 Praktičnost	 Zdravlje i dobrobit	 Informacije stanarima	 Energetska fleksibilnost i skladištenje
Razina 0	0	0	0	0	0	0	0
Razina 1	1	0	1	1	0	0	1
Razina 2	2	0	2	2	1	0	1
Razina 3	3	0	2	3	1	0	2

Slika 13. Razine funkcionalnosti za električnu energiju

Prva razina sadrži postavke vremena rada postrojenja za grijanje i hlađenje prema unaprijed definiranom vremenskom rasporedu. Nudi povećanu razinu energetske učinkovitost, komfora, praktičnosti i energetske fleksibilnosti i skladištenja energije.

Druga razina predstavlja kontrolu uključivanja i isključivanja postrojenja za grijanje i hlađenje s obzirom na opterećenje zgrade. Nudi visoku razinu energetske učinkovitost, komfora, praktičnosti te povećanu razinu energetske fleksibilnosti i skladištenja energije.

Treća razina obuhvaća kontrolu uključivanja i isključivanja postrojenja za grijanje i hlađenje s obzirom na predviđanje uporabe ili signale iz mreže. Nudi maksimalnu energetska učinkovitost i praktičnost te visoku razinu komfora i energetske fleksibilnosti i skladištenja energije.

3. OSVRT NA ISKUSTVA U HRVATSKOJ

Fazu testiranja SRI-a u Hrvatskoj vodi [Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine](#) a podržava ga neprofitna znanstvena institucija [Energetski institut Hrvoje Požar](#) (EIHP). Ispitna faza provodi se zahvaljujući nedavno odabranim projektima u okviru programa LIFE. Ispitna faza ima za cilj istražiti potencijale i mogućnosti za SRI u hrvatskom kontekstu te doprinijeti ukupnom razvoju i usavršavanju metodologije izračuna SRI-a. EIHP je dio konzorcija u LIFE projektu [SRI2MARKET](#) koji ima 6 projektnih ciljeva: Potpora ciljanim državama članicama EU-a (Austrija, Hrvatska, Cipar, Francuska, Portugal, Španjolska) u uvođenju SRI-ja u njihove nacionalne propise, Prijedlog programa javnog financiranja za financiranje nadogradnje SRI-ja u zgradama, Razvoj alata za usmjeravanje procjenitelja SRI-ja i pojednostavniti procjene zgrada, Pružanje obuke osobama ovlaštenih za energetske preglede zgrada o SRI-ju i metodologiji njegova izračuna, Uspostavljanje pilot-projekata SRI-ja na nacionalnoj razini kako bi se utvrdile najbolje prakse za procjene SRI-ja, Pružanje preporuke vlasnicima zgrada i upraviteljima objekata o isplativim nadogradnjama SRI-a. U Hrvatskoj se provode još dva projekta koji su fokusirani na procjenu SRI i nadopunjavanje u kojima su naše institucije partneri u konzorciju: [SRI-ENACT](#) (REGEA) i [tunES](#) (EIHP).

S obzirom na to da smo u Hrvatskoj još uvijek u testnoj fazi te obveza izrade SRI certifikata još nije stupila na snagu ne možemo procijeniti kako se rezultat mijenjao unazad par godina s obzirom na dostupna sredstva za obnovu zgrada. Neki preliminarni podaci s kojima se raspolaže u navedenim LIFE projektima su za Hrvatsku:

Tip zgrade	Broj zgrada	Prosječna ocjena
Nestambene	20	22 %
Stambene	19	14 %
Ukupno	39	18 %

Tablica 3. Preliminarni rezultati procjene SRI za zgrade u Hrvatskoj

EIHP zgrada je s renovacijom povećala SRI ocjenu s 31 % na 60 %. U kontekstu SRI-a, integrirani su senzori temperature i kvalitete zraka te senzori prisutnosti u prostoru prema kojima se uključuju/isključuju grijanje i hlađenje te rasvjeta. Rasvjeta je u potpunosti rekonstruirana. Grijanje/hlađenje gasi se i pri otvaranju prozora te je onemogućeno istovremeno grijanje i hlađenje. Svi tehnički sustavi spojeni su na SAUZ koji uz to prikazuje trenutne vrijednosti mjerenih parametara i pohranjuje iste. SAUZ je zadužen i za dojavu kvarova.

Na krov zgrade stavljena je fotonaponska elektrana ukupne snage 60,30 kWp čiji rad nadzire SAUZ. Podaci (status pretvarača, trenutnu snagu, ukupnu dnevnu proizvodnju, doprinos smanjenju emisija CO₂ te trenutnu i dvodnevnu vremensku prognozu na lokaciji) se bilježe i arhiviraju.

Zgrada ima određenu energetske fleksibilnost, ali radi neovisno o teretu na mreži. Tehnički sustavi, grijanje i hlađenje, rade prema rasporedu, a ventilacija prema kvaliteti zraka u prostoriji.

Istraživanja u Europskoj uniji su pokazala da zgrade koje su opremljene naprednim tehničkim sustavima često ne ostvaruju visoke procjene SRI zbog zastarjelosti primijenjenih informacijsko-komunikacijskih rješenja SAUZ-a.

Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine je nadležna institucija za programe energetske učinkovitosti u zgradama. ISGE - Nacionalni informacijski sustav za gospodarenje energijom uspostavljen je 2008. godine, a nova verzija radi od 2011. godine. [ISGE](#) je računalna aplikacija za praćenje i analizu potrošnje energije u zgradama javnog sektora u koju se putem internetskog portala unose opći, konstrukcijski i energetske podaci te podaci o neposrednoj potrošnji energije i vode za svaku zgradu javnog sektora. U sklopu Nacionalnog plana oporavka i otpornosti (NPOO) pokrenut je pilot projekt „Sustavno gospodarenje energijom u višestambenim zgradama (VSZ)“ koji obuhvaća 64 pilot zgrade smještene u šest odabranih gradova diljem Hrvatske: Vukovar, Zagreb, Veliku Goricu, Karlovac, Rijeku i Split. Rezultat projekta će biti uključivanje višestambenih zgrada u ISGE sa smjernicama za primjenu modela praćenja potrošnje energije i vode u VSZ i smjernicama za primjenu novog modela financiranja energetske obnove VSZ na

4. ZAKLJUČAK

Smanjenje potrošnje energije i dekarbonizacija je prioritet energetske politike Europske unije u svim sektorima. Sektor zgradarstva predstavlja najveći izazov u idućem razdoblju, pogotovo što je postavljen ambiciozni cilj da se do 2050. godine postigne dekarbonizirani ukupni fond zgrada u Uniji. Primjena pametnih tehnologija koje omogućavaju praćenje i upravljanje tehničkim sustavima zgrada stvara preduvjete za povećanje energetske učinkovitosti u zgradama, smanjuje emisije stakleničkih plinova iz zgrada, doprinosi kvaliteti stanovanja i stvara nove prilike za integraciju zgrada u distribucijske mreže i sudjelovanje na tržištu električnom energijom. U radu je pregledno prikazana metodologija izračuna pokazatelja pripremljenosti zgrada za pametne tehnologije koji se koristi za određivanje razreda pripremljenosti. Posebno su izdvojena četiri tehnička područja koja imaju mogućnost interakcije s distribucijskom mrežom. Cijeli proces implementacije je tehnički i financijski zahtjevan, tako da se kroz pilot projekte i ekspertne grupe želi razviti metodologija i uspostaviti neobvezni zajednički sustav Europske unije za ocjenjivanje pripremljenosti zgrada za pametne tehnologije. Paralelno s tim procesima treba se voditi računa o interoperabilnosti uređaja i sustava, standardizaciji formata razmjene podataka, uključivanju operatora distribucijskoj sustava i troškovnoj prihvatljivosti za građane.

4. LITERATURA

- [1] European Environmental Agency, [Greenhouse gas emissions from energy use in buildings in Europe | European Environment Agency's home page](#), mrežne stranice, pristup siječanj 2025..
- [2] Europski parlament, Vijeće EU, Direktiva o energetske svojstvima zgrada (EU) 2018/844, Službeni list Europske unije, 19.6.2018.
- [3] Europski parlament, Vijeće EU, Direktiva o energetske svojstvima zgrada (EU) 2024/1275, Službeni list Europske unije, 8.5.2024.
- [4] Europski parlament, Vijeće EU, Delegirana Uredba Komisije (EU) 2020/2155, Službeni list Europske unije, 21.12.2020.
- [5] Europska komisija, [Smart readiness indicator - European Commission](#), mrežne stranice, pristup siječanj 2025.
- [6] Europska komisija, [EU Building Stock Observatory](#), mrežne stranice, pristup siječanj 2025.
- [7] Europska komisija, [LIFE projects supporting SRI - European Commission](#), mrežne stranice, pristup siječanj 2025.