



SAMO1PLANET
CARE4CLIMATE

Energetska prenova stavb: Učinkovitost in skladnost z zakonodajnimi zahtevami

LIFE IP CARE4CLIMATE (LIFE17 IPC/SI/000007)



SAMO1PLANET
CARE4CLIMATE



Sofinancira
Evropska unija



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE,
PODNEBJE IN ENERGIJO



Institut
"Jožef Stefan"
Ljubljana, Slovenija

Energetska prenova stavb: Učinkovitost in skladnost z zakonodajnimi zahtevami

C4: Trajnostna gradnja in učinkovita raba energije v stavbah in podjetjih

C4.1: Vzpostavitev celovitega sistema za upravljanje kakovosti energetske prenove stavb

Avtorji: dr. Gašper Stegnar, mag. Damir Staničič, Tadeja Janša

Uredniki: mag. Stane Merše, mag. Erik Potočar

Ljubljana, julij 2025

LIFE IP CARE4CLIMATE (LIFE17 IPC/SI/000007) je skupni projekt, sofinanciran s sredstvi evropskega programa LIFE, sklada za podnebne spremembe in partnerjev projekta.

Za več informacij obiščite www.samo1planet.si.

Vsak partner v projektu CARE4CLIMATE je odgovoren za strokovnost vsebin in sporočila v dokumentih in stališčih, ki jih pripravi oziroma izrazi v okviru navedenega projekta.

Energetska prenova stavb: učinkovitost in skladnost z zakonodajnimi zahtevami

V poročilu smo analizirali energetske učinkovitosti stavb na vzorcu 163 prenovitvenih projektov, pri čemer smo primerjali U-vrednosti in tehnične sisteme v skladu s pravilnikoma PURES 2010 in PURES 2022. Cilj analize je bil oceniti skladnost prenovitvenih projektov z aktualnimi zakonodajnimi zahtevami in ugotoviti napredek, ki ga omogočajo posodobljeni standardi. Analiza je pokazala, da številne U-vrednosti še vedno ne dosegajo zdajšnjih zahtev, medtem ko so ogrevalni sistemi pretežno skladni s pričakovanji glede uporabe obnovljivih virov energije (OVE). Ugotovljeno je bilo, da so projekti, ki vključujejo sisteme prezračevanja, redki, sončne elektrarne pa takrat še niso bile obsežno v uporabi.

Posebno pozornost smo posvetili primerjavi pravilnikov PURES 2010 in PURES 2022, pri čemer smo analizirali ne samo strožje zahteve za U-vrednosti, ampak tudi višje ravni energijske učinkovitosti ter naprednejše računske metode. PURES 2022 uvaja dinamične simulacijske metode za energijsko zahtevne stavbe, kar omogoča natančnejše ocenjevanje energetske učinkovitosti in boljše odražanje realnih pogojev.

Za pet izbranih stavb smo izvedli poglobljeno primerjavo rezultatov, pridobljenih z uporabo stacionarne mesečne metode in dinamičnih simulacij. Rezultati so pokazali, da dinamična simulacijska metoda omogoča natančnejše ocene energijske porabe, pri čemer so bila povprečna odstopanja med 15 in 37 %.

Poročilo poudarja potrebo po nadaljnjem izboljšanju energetske učinkovitosti stavb, zlasti pri nadgradnji obojestranskih stavb, vključevanju sodobnih prezračevalnih tehnologij in uporabi obnovljivih virov energije. Čeprav prenovitveni projekti prispevajo k zmanjševanju emisij in večji energijski učinkovitosti, številni še vedno ne dosegajo standardov za skoraj nič-energijske stavbe (sNES) in stavbe brez emisij (ZEB), ki so predvidene do leta 2050. Zaključujemo, da bi celostni pristop k prenovi stavb, širša uporaba naprednih simulacijskih metod in tesnejše usklajevanje zakonodaje, projektnih rešitev in sodobnih tehnologij omogočili učinkovitejši napredek v dobro dolgoročnih energetskih in okoljskih ciljev.

Energy Renovation of Buildings: Efficiency and Compliance with Regulatory Requirements

This report analyzes the energy efficiency of buildings based on a sample of 163 renovation projects, comparing U-values and technical systems according to the regulations PURES 2010 and PURES 2022. The objective of the analysis was to evaluate the compliance of renovation projects with current legislative requirements and to assess the progress enabled by updated standards. The analysis revealed that many U-values still do not meet current requirements, while heating systems largely comply with expectations regarding the use of renewable energy sources (RES). It was found that projects incorporating ventilation systems are rare, and solar photovoltaic installations are almost nonexistent.

Special attention was given to the comparison between PURES 2010 and PURES 2022, focusing not only on stricter U-value requirements but also on higher energy efficiency levels and more advanced calculation methods. PURES 2022 introduces dynamic simulation methods for energy-intensive buildings, enabling more accurate energy efficiency assessments and better reflection of real-world conditions.

For five selected buildings, an in-depth comparison was conducted between results obtained using the stationary monthly calculation method and dynamic simulations. The results demonstrated that dynamic simulation methods provide more precise estimates of energy consumption, with average deviations ranging between 15% and 37%.

The report highlights the need for further improvements in building energy efficiency, particularly in upgrading building envelopes, integrating modern ventilation technologies, and employing renewable energy sources. While renovation projects contribute to reducing emissions and improving energy efficiency, many still fall short of achieving the standards for nearly zero-energy buildings (sNES) and zero-emission buildings (ZEB) envisioned for 2050. In conclusion, a comprehensive approach to building renovation, broader use of advanced simulation methods, and closer alignment between legislation, design solutions, and modern technologies could enable more effective progress toward long-term energy and environmental goals.

Kazalo vsebine

Energetska prenova stavb: Učinkovitost in skladnost z zakonodajnimi zahtevami	3
Energy Renovation of Buildings: Efficiency and Compliance with Regulatory Requirements	3
Kazalo preglednic in slik	7
Uvod	9
1. Pravilnik o učinkoviti rabe energije	10
1.1 Ključne značilnosti PURES 2022	10
1.2 Ključne novosti PURES 2022 v primerjavi s PURES 2010	13
1.2.1 Stroške zahteve glede toplotne izolacije	13
1.2.2 Povečan delež obnovljivih virov energije	14
1.2.3 Sistemi za spremljanje porabe energije	15
1.2.4 Dodatne zahteve za hlajenje in prezračevanje	17
1.2.5 Nizkoogljična gradnja	19
1.3 Uporaba in vpliv PURES 2022	21
1.4 Računske metode	22
1.4.1 Računske metode v PURES	22
1.4.2 Dinamične simulacije v PURES 2022	24
Metodologija dela	29
Tematsko področje 1: Generalne usmeritve	31
1.5 Vzorec stavb	32
1.6 Distribucija U vrednosti za posamezne elemente	34
1.6.1 Rezultati	34
1.6.2 Detajlna analiza neskladnosti s PURES 2022	39
1.7 Zamenjava in nadgradnja tehničnih sistemov	40
Tematsko področje 2: Dinamične simulacije	41
1.8 Metodologija dela	41
1.9 Opis obravnavanih stavb	44
1.10 Vpliv razpoložljivosti podatkov	46
1.11 Opis rezultatov ocene	47
1.12 Primerjava pristopov	56
Zaključek	59
1.13 Zaostritve v PURES	59

1.14	Prenove v sklopu LS-1 in LS-2.....	60
1.15	Primerjava dinamičnih simulacij z mesečno stacionarno metodo – diskusija	62

Kazalo preglednic in slik

Preglednica 1: Primerjava toplotne prehodnosti (U-vrednosti) za ključne elemente stavb. ..	13
Preglednica 2: Primerjava zahtev med PURES 2010 in PURES 2022	14
Preglednica 3: Primerjava med PURES 2010 in PURES 2022 glede sistemov za spremljanje porabe energije.....	15
Preglednica 4: Primerjava med PURES 2010 in PURES 2022 glede hlajenja in prezračevanja.	17
Preglednica 5: Primerjava nizkoogljene gradnje med PURES 2010 in PURES 2022.....	19
Preglednica 6: Glavne metodološke razlike med kvazi-stacionarno in dinamično simulacijsko metodo.....	23
Preglednica 7: Primerjava: Statični izračuni vs. Dinamične simulacije.....	25
Preglednica 8: Izhodiščna primerjalna preglednica med PURES 2010 in 2022	29
Preglednica 9: Statistični povzetek (U-vrednosti za vse kategorije).....	35
Preglednica 10: Število projektov z izvedeno nadgradnjo in zamenjavo tehničnih sistemov projektov LS.....	41
Preglednica 11: Opis obravnavanih petih stavb v sklopu analize dinamičnih simulacij.	44
Preglednica 12: Rezultati ocenjevanja na podlagi dejanskega uporabniškega profila in operativnih podatkov za SI-01.....	50
Preglednica 13: Rezultati ocene na podlagi dejanskega uporabniškega profila in operativnih podatkov za SI-02.	51
Preglednica 14: Rezultati ocene na podlagi dejanskega uporabniškega profila in operativnih podatkov za SI-03.	52
Preglednica 15: Rezultati ocene na podlagi dejanskega uporabniškega profila in operativnih podatkov za SI-05.	54
Preglednica 16: Rezultati ocene na podlagi dejanskega uporabniškega profila in operativnih podatkov za SI-08.	55
Preglednica 17: Primerjalna preglednica pristopov izračunov med stacionarno mesečno metodo in dinamično simulacijsko metodo.	56
 Slika 1: Pregled projektov energetske prenove javnih stavb v okviru OP ROPI (vir: Podnebno pogledalo 2020).	32
Slika 2: Distribucija U-vrednosti sklopa tal proti terenu projektov LS.	35
Slika 3: Distribucija U-vrednosti oken projektov LS.	36

Slika 4: Distribucija U-vrednosti sklopa strehe projektov LS.	36
Slika 5: Distribucija U-vrednosti sklopa fasade projektov LS.	37
Slika 6: Škatelni diagram za toplotne prehodnosti toplotnega ovoja stavbe projektov LS.	38

Uvod

Energetska prenova stavb je ključni korak k doseganju ciljev trajnostnega razvoja in zmanjševanja emisij toplogrednih plinov. Ob zakonodajnih zahtevah, kot sta PURES 2010 in PURES 2022, se odločevalci, projektanti in investitorji soočajo z nenehnimi izzivi pri zagotavljanju skladnosti z vse strožjimi standardi energijske učinkovitosti. PURES 2022 uvaja pomembne spremembe, vključno z dinamičnimi simulacijskimi metodami za energijsko zahtevne stavbe ter višjimi zahtevami glede toplotnih prehodnosti (U-vrednosti) in celotne energijske učinkovitosti stavb.

Namen tega poročila je analizirati rezultate primerjave izračunov med pravilnikom PURES 2010 in PURES 2022 ter predstaviti razlike med stacionarnimi in dinamičnimi metodami simulacij pri ocenjevanju energijske učinkovitosti. Posebna pozornost je namenjena analizi 163 prenovitvenih projektov, kjer so bili ocenjeni konstrukcijski elementi in tehnični sistemi stavb, ter podrobni računski analizi petih izbranih objektov.

Poročilo poudarja pomembnost uporabe naprednih metod in orodij za doseganje skoraj nič-energijskih stavb (sNES) in stavb brez emisij (ZEB), obenem pa opozarja na preostale izzive pri doseganju ciljev trajnostnega razvoja in skladnosti z zakonodajnimi zahtevami.

1. Pravilnik o učinkoviti rabi energije

PURES 2022 je **Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah**, ki velja v Sloveniji in določa minimalne zahteve za energetske učinkovitost novih in prenovljenih stavb. Njegov namen je doseči usklajenost s smernicami EU, zlasti z direktivo o energetske učinkovitosti stavb (EPBD), ter prispevati k trajnostnemu razvoju in zmanjšanju emisij toplogrednih plinov.

1.1 Ključne značilnosti PURES 2022

PURES 2022 je posodobljena različica predhodnega pravilnika (PURES 2010) in vključuje strožje standarde za energetske učinkovitost stavb ter uvedbo obnovljivih virov energije. Velja tako za nove gradnje kot za večje prenove stavb.

Prvi cilj novega pravilnika je, da se za primerno notranje okolje v stavbah, ki se zagotovi z lastnostmi toplotnega ovoja stavbe in tehničnimi stavbnimi sistemi za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, pripravo tople sanitarne vode in razsvetljavo, bistveno zmanjša raba primarne energije, kakor je bilo določeno z obstoječim pravilnikom. To potrebno primarno energijo za delovanje stavbe pa je treba v več kot polovičnem deležu zagotoviti iz obnovljivih virov energije. Podlaga za prenovo pravilnika so nacionalni, mednarodni in cilji EU na področju zmanjšanja izpustov toplogrednih plinov iz stavb do leta 2030 s pogledom na leto 2050, ko naj bi bile stavbe skoraj brez izpustov CO₂. Torej je osnovni cilj pravilnika bistveno zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov iz stavb s povečanjem energijske učinkovitosti in višjim deležem rabe obnovljivih virov energije. Če stavbe dosegajo vsaj minimalne zahteve pravilnika, se šteje, da izpolnjujejo zahteve za skoraj ničenergijsko stavbo.

1. Glavni cilji:

- zmanjšanje porabe energije in emisij CO₂ iz stavbnega fonda,
- uskladitev z dolgoročnimi cilji EU glede **nizkoogljičnih stavb** in doseganja **neto ničelnih emisij** do leta 2050,
- spodbujanje uporabe **obnovljivih virov energije** (sončna energija, biomasa, geotermalna energija).

2. Ključne zahteve:

- prvi in glavni kazalnik je **najvišja dovoljena raba skupne primarne energije** na leto na kvadratni meter kondicionirane površine stavbe (E_{Ptot,an}), ki je potrebna za delovanje tehničnih stavbnih sistemov;
- drugi glavni kazalnik je **najmanjša dovoljena raba obnovljivih virov energije** ROV_{Emin};
- pravilnik določa tudi delne obvezne kazalnike energijske učinkovitosti stavb, kot sta največja dovoljena toplotna prehodnost toplotnega ovoja stavbe (U_{dov}), najvišja dovoljena raba energije za ogrevanje stavbe na kvadratni meter kondicionirane površine stavbe (Q_{NH,an}), nadalje minimalne zahteve za naprave tehničnih stavbnih sistemov in še drugo;
- za opredelitev energijskih lastnosti stavb pravilnik določa razvrstitev stavb glede na velikost kondicionirane površine stavbe na energetske nezahtevne (A_u < 50 m²), energetske manj zahtevne (50 m² ≤ A_u < 500 m²) in energetske zahtevne stavbe (A_u ≥ 500 m²);

- glede na vrsto stavbe z energetskega vidika so določeni tudi kazalniki energijskih lastnosti stavb, metode za njihovo določanje, vsebina izkaza o energijskih lastnostih stavbe in drugo;
- podlaga za določanje energijskih lastnosti stavb so novi in prenovljeni tehnični standardi EPB (nosilni standard je SIST EN ISO 52000-1), ki so skupaj z dodatnimi zahtevami opredeljeni v tehnični smernici TSG-1-004:2022;
- zrakotesnost stavb in omejitev toplotnih mostov;
- pomembna sprememba novega pravilnika je obravnavo stavb z vidika rabe primarne energije, kar je ključnega pomena pri izbiri vrste energentov in naprav za pretvarjanje energij;
- s korekcijskimi in kompenzacijskimi faktorji, ki jih določa pravilnik, se lahko izboljšajo oziroma korigirajo posamezni obvezni kazalniki energijske učinkovitosti stavb, in sicer v odvisnosti od tega, ali gre za nove, rekonstruirane ali obstoječe stavbe, potrebna odstopanja zaradi tehnične neizvedljivosti (izjemoma tudi ekonomske neupravičenosti naložb) in podobno; korekcijski faktor je določen tudi za obstoječe stavbe;
- pravilnik določa tudi izjeme pri sistemih za pretvarjanje obnovljivih virov energije, kot so sistemi daljinskega ogrevanja, upoštevanje obnovljivih virov energije, proizvedene v neposredni bližini in oddaljenosti stavbe in podobno;
- predpisuje uvedbo sistema za energetske izkaznice stavb za zagotavljanje preglednosti energetske učinkovitosti;
- določene so prehodne določbe glede načina izračuna energijskih lastnosti stavb do leta 2023 in možnost predložitve dokumentacije do 31. marca 2023 po starem pravilniku, kakor je razvidno iz 21. in 23. člena pravilnika.

3. Najbolj pomembne zahteve glede na razvrstitev stavb

Energetsko nezahtevne stavbe

Za energetske nezahtevne stavbe veljajo zahteve pravilnika samo v delu, ki se nanaša na minimalne zahteve lastnosti toplotnega ovoja stavbe in minimalne zahtevane energijske učinkovitosti naprav tehničnih stavbnih sistemov.

Energetsko manj zahtevne stavbe

Energetsko manj zahtevne stavbe morajo izpolnjevati zahteve pravilnika v celoti, kar pomeni, da morajo dosegati vsaj mejne vrednosti obeh glavnih kazalnikov kot tudi delne obvezne kazalnike energijske učinkovitosti stavb. Tako stavbe glede dovoljene rabe skupne primarne energije ($E'_{Ptot,an}$) za delovanje tehničnih stavbnih sistemov ne smejo presegati 75 kWh/m^2 na leto. Pravilnik za te stavbe tudi določa, da specifična potrebna toplota za ogrevanje stavbe ($Q'_{H,nd,an}$) ne sme presegati 25 kW/m^2 na leto. Za posamezne vrste stavb so dovoljena odstopanja od teh vrednosti, kakor je opredeljeno v 11. členu pravilnika in preglednici 4 priloge 1 pravilnika. Tako je na primer mejna vrednost dovoljene rabe toplote za ogrevanje obstoječe stavbe lahko višja za 40 % oziroma največ 35 kWh/m^2 na leto, dovoljena raba skupne primarne energije pa višja za 20 % oziroma 90 kWh/m^2 na leto. Energijske lastnosti se lahko za te stavbe še naprej določajo s stacionarno (mesečno) metodo, predvideno v do zdaj veljavnem pravilniku, kar pomeni tudi že znani način določanja energijskih lastnosti stavb. Za

stavbo je treba zagotoviti delež obnovljivih virov energije, višji kot 50 % glede na porabljeno primarno energijo za delovanje tehničnih stavbnih sistemov.

Energetsko zahtevne stavbe

Za energetsko zahtevne stavbe se najvišja dovoljena raba primarne energije ($E'_{Ptot,an}$) določi z metodo referenčne stavbe, ki pomeni uporabo virtualne stavbe, za katero se upošteva enaka arhitekturna zasnova, enako klasifikacijo stavbe, isto lokacijo, orientacijo, osončenje in senčenje stavbe, kakor jo ima obravnavana stavba, za toplotni ovoj stavbe se upoštevajo referenčni gradniki in njihove lastnosti, upoštevajo se tudi enaka notranja bremena in pogoji notranjega okolja, referenčni tehnični stavbni sistemi in podobno. Pod takimi pogoji določena skupna specifična primarna energija za delovanje tehničnih stavbnih sistemov referenčne stavbe ($E'_{Ptot,ref,an}$) pomeni najvišjo dovoljeno rabo primarne energije za obravnavano stavbo. Tudi za te stavbe velja, da mora biti dosežen več kot polovični delež rabe obnovljivih virov energije. Energijske lastnosti stavb se določijo z nestacionarnim modeliranjem, kar je nova zahteva.

4. Učinkovita raba energije v stavbah

PURES 2022 zahteva:

- da morajo biti nove stavbe skoraj **ničenergijske stavbe (sNES)**,
- energetsko učinkovitost stavbe in zmanjšanje rabe energije, kjer je to tehnično in ekonomsko izvedljivo,
- učinkovit sistem prezračevanja z vračanjem toplote.

Zahteve novega pravilnika povečujejo energijsko učinkovitost stavb in zahtevajo bistveno višji delež obnovljivih virov energije. Tako se zagotavljajo tudi bistveno nižji izpusti toplogrednih plinov iz stavb, kar je zahtevano z nacionalnimi, mednarodnimi in dokumenti EU.

Glede na precej višje cene energentov v zadnjem obdobju so naložbe v višjo energijsko učinkovitost stavb v času življenjske dobe teh naložb vse bolj upravičene. Vsekakor je do leta 2030 pričakovati nadaljnje povečevanje energijske učinkovitosti stavb, predvsem pa povečevanje rabe obnovljivih virov energije za delovanje tehničnih stavbnih sistemov. Nacionalni energetski koncept določa, da je treba do leta 2030 izpuste iz stavb zmanjšati za 76 % glede na leto 2005, do leta 2050 pa naj bi bile stavbe (skoraj) brezemisijske.

Vsekakor pravilnik določa le osnovne zahteve za določanje energijskih lastnosti stavb in rabe obnovljivih virov energije. Strokovnjaki s tega področja te zahteve izpolnijo s tehničnega vidika, naloga investitorjev pa je, da te investicije tudi izvedejo tako v svojo kakor tudi v javno korist.

Nove zahteve pravilnika niso ovira za izvedbo tehničnih zahtev, saj se tudi v Sloveniji že zdaj gradijo stavbe, ki dosegajo bistveno višjo energijsko učinkovitost, kakor jo določa pravilnik, oziroma tudi nič energijske stavbe ali celo stavbe, ki lahko dodatno (tako imenovano plus) energijo oddajajo v distribucijske sisteme. Na začetku uporabe pravilnika bo potreben dodaten napor projektantov in izvajalcev del, da bodo tudi v praksi dosežene zahteve novega pravilnika.

1.2 Ključne novosti PURES 2022 v primerjavi s PURES 2010

1.2.1 Strožje zahteve glede toplotne izolacije

Ključna razlika: Strožje minimalne zahteve toplotnih prehodnosti

PURES 2022 uvaja strožje zahteve glede toplotne izolacije stavb v primerjavi s PURES 2010. To je v skladu s cilji zmanjšanja porabe energije in izpustov toplogrednih plinov ter povečanja energetske učinkovitosti stavb.

Zmanjšane mejne vrednosti toplotne prehodnosti (U):

Toplotna prehodnost (U) je ključni parameter, ki izraža količino toplote, ki prehaja skozi gradbeni element. Nižje vrednosti U pomenijo boljšo izolacijo.

Primerjava toplotne prehodnosti (U-vrednosti) za ključne elemente stavb:

Preglednica 1: Primerjava toplotne prehodnosti (U-vrednosti) za ključne elemente stavb

Element ovoja stavbe	PURES 2010 (W/m ² K)	PURES 2022 (W/m ² K)
Zunanje stene	≤ 0,28	≤ 0,18
Okna	≤ 1,30	≤ 1,00
Tla proti terenu	≤ 0,30	≤ 0,35
Streha	≤ 0,20	≤ 0,15

Večji poudarek na zmanjšanju toplotnih mostov:

- **PURES 2010:** Zmanjševanje toplotnih mostov je bilo priporočljivo, vendar brez podrobnih zahtev.
- **PURES 2022:** Strožje zahteve za obravnavo toplotnih mostov, ki jih je treba upoštevati pri projektiranju in gradnji.

Uporaba sodobnejših izolacijskih materialov:

PURES 2022 spodbuja uporabo naprednih izolacijskih materialov z boljšimi izolativnimi lastnostmi (kot so aerogeli, visoko učinkovite izolacije), kar omogoča doseganje zahtevanih standardov tudi pri omejenih debelinah izolacije.

Kombinacija z energijsko učinkovitimi sistemi:

- PURES 2022 ne obravnava le izolacije, temveč tudi njen vpliv na delovanje celotnega stavbnega ovoja in sistemov (ogrevanje, hlajenje, priprava tople vode).

- Zahteva bolj usklajeno delovanje izolacije, prezračevanja in ogrevalnih sistemov, da se zagotovi skupna energetska učinkovitost stavbe.

Glavne spremembe med pravilnikoma:

1. Zmanjšanje mejnih vrednosti toplotne prehodnosti (U): PURES 2022 zahteva boljšo izolacijo, kar neposredno zmanjšuje izgubo toplote in potrebe po ogrevanju.
2. Poudarek na toplotnih mostovih: PURES 2022 uvaja obvezne rešitve za zmanjšanje vpliva toplotnih mostov.
3. Celovit pristop k energijski učinkovitosti: PURES 2022 bolje povezuje zahteve glede izolacije z drugimi elementi stavbe, kot so sistemi za prezračevanje in ogrevanje.
4. Prilagoditev evropskim standardom: Strožje zahteve so v skladu z evropskimi direktivami o energetske učinkovitosti stavb.

PURES 2022 je velik korak naprej v zahtevah za toplotno izolacijo, kar omogoča večjo energijsko učinkovitost stavb, zmanjšanje stroškov ogrevanja in hlajenja ter izpolnjevanje ciljev zmanjšanja emisij toplogrednih plinov. Te spremembe bodo pripomogle k bolj trajnostni in energetsko učinkoviti gradnji, čeprav lahko pomenijo tudi izzive za gradbeno industrijo zaradi povečanih stroškov in tehničnih zahtev.

1.2.2 Povečan delež obnovljivih virov energije

Ključna razlika: Obvezna vgradnja naprav za izkoriščanje obnovljivih virov

Glavne spremembe med PURES 2010 in PURES 2022:

- Uvedba obveznega minimalnega deleža OVE za nove stavbe (50 % potrebne energije za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode mora biti iz OVE).
- Večji poudarek na prenovah stavb, kjer je treba vključiti OVE, če je to tehnično izvedljivo.
- Jasnejša opredelitev toplotnih črpalk in njihovega prispevka k OVE.
- Spodbude za fotonapetostne sisteme in skupne sisteme za večstanovanjske stavbe.
- Priznavanje daljinskega ogrevanja na OVE kot deleža energije iz obnovljivih virov.

Preglednica 2: Primerjava zahtev med PURES 2010 in PURES 2022

Vidik	PURES 2010	PURES 2022	Razlike
Minimalni delež OVE za nove stavbe	Vsaj 25 % energije iz OVE, če ni daljinskega ogrevanja.	Vsaj 50 % energije iz OVE ne glede na vrsto ogrevanja.	Strožja zahteva v PURES 2022 (povečanje s 25 na 50 %).
Prenove stavb	Ni posebne zahteve za OVE.	OVE zahtevani, kadar je to tehnično izvedljivo.	Nova zahteva v PURES 2022.
Toplotne črpalke	Ni izrecno opredeljeno.	Energija iz toplotnih črpalk priznana kot OVE.	Jasnejša definicija v PURES 2022.

Fotonapetostni sistemi (PV)	Spodbude za namestitev, vendar ne obvezno.	Spodbuda za sisteme PV v novih stavbah in prenovah.	Večji poudarek v PURES 2022.
Daljinsko ogrevanje	Ni posebnih opredelitev OVE.	Daljinsko ogrevanje na OVE priznано v kvoto OVE.	Priznavanje daljinskega ogrevanja v PURES 2022.

Ključne ugotovitve:

- PURES 2010** je zahteval **minimalni 25-odstotni delež OVE** v novih stavbah (16. člen), vendar le v primerih, kjer ni na voljo daljinsko ogrevanje.
- PURES 2022** povečuje zahtevo za minimalni delež OVE na **50 %** za vse nove stavbe ne glede na vrsto ogrevanja.
- PURES 2022** uvaja dodatne zahteve za OVE pri prenovah stavb in jasneje opredeljuje različne vire OVE (toplotne črpalke, sistemi PV, daljinsko ogrevanje).

1.2.3 Sistemi za spremljanje porabe energije

Ključna razlika: Povečana vloga avtomatizacije in sistemov za spremljanje energetske rabe v realnem času

PURES 2022 uvaja jasnejše in strožje zahteve glede sistemov za spremljanje porabe energije v primerjavi s PURES 2010. Ključni cilj teh sprememb je izboljšati preglednost in omogočiti natančno spremljanje energijske učinkovitosti stavb.

Preglednica 3: Primerjava med PURES 2010 in PURES 2022 glede sistemov za spremljanje porabe energije

Vidik	PURES 2010	PURES 2022	Razlika
Obveznost sistemov za spremljanje	Sistemi za spremljanje porabe energije niso bili obvezni, temveč le priporočljivi za večje stavbe.	Zahteva po obvezni namestitvi sistemov za spremljanje porabe energije v novih večjih stavbah.	Nova zahteva v PURES 2022, ki nalaga obveznost za specifične stavbe.
Obseg spremljanja	Priporočljivo spremljanje porabe energije za ogrevanje.	Spremljanje porabe za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, razsvetljavo in druge sisteme.	PURES 2022 zahteva širši obseg spremljanja, ki vključuje vse glavne sisteme.

Avtomatizacija in digitalizacija	Ni posebnih zahtev.	Uvedene zahteve po avtomatiziranih in digitalnih sistemih za spremljanje porabe energije.	Poudarek na uporabi naprednih tehnologij za spremljanje in analizo podatkov.
Dostopnost podatkov	Ni opredeljeno.	Podatki morajo biti dostopni uporabnikom za redno spremljanje in analizo porabe.	PURES 2022 uvaja pravila glede dostopnosti podatkov.
Prilagoditev uporabniku	Ni opredeljeno.	Zahteva prilagodljive sisteme, ki uporabnikom omogočajo prilagoditev nastavitev glede na potrebe.	Večja osredotočenost na uporabniško izkušnjo in interaktivnost sistemov.

Glavne novosti v PURES 2022

1. Obvezna namestitvev sistemov za spremljanje:

- Vse **nove nestanovanjske stavbe z uporabno površino nad 500 m²** morajo imeti sisteme za spremljanje rabe energije.
- V stanovanjskih stavbah je ta zahteva priporočljiva, ni pa obvezna.

2. Spremljanje različnih sistemov:

- Zahteva vključuje spremljanje porabe energije za **ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, pripravo tople vode, razsvetljavo** in druge večje porabnike energije.
- To omogoča bolj celovit pregled nad porabo energije in prepoznavo področij, kjer se učinkovitost lahko izboljša.

3. Avtomatizirani sistemi:

- PURES 2022 predpisuje uporabo digitalnih in avtomatiziranih sistemov, ki omogočajo natančno zbiranje, shranjevanje in analizo podatkov.
- Ti sistemi morajo omogočati tudi oddaljeni dostop in sodelovanje v sodobnih platformah (mobilne aplikacije, spletni portali).

4. Analiza in poročanje:

- Uporabniki morajo imeti dostop do podatkov v razumljivi obliki, da lahko sprejemajo odločitve o optimizaciji rabe energije.

- Pri večjih stavbah je zahtevano, da sistemi omogočajo izdelavo analiz in poročil o energetske učinkovitosti.

5. Prispevek k energetske učinkovitosti:

- Cilj teh sistemov je omogočiti uporabnikom, da spremljajo in aktivno zmanjšujejo svojo porabo energije, kar vodi v boljšo energetsko učinkovitost in manjše izpuste toplogrednih plinov.

PURES 2022 jasno prepozna pomen sistemov za spremljanje porabe energije kot ključnega orodja za povečanje energetske učinkovitosti. Medtem ko je bil v PURES 2010 poudarek na osnovnih zahtevah glede energijske učinkovitosti, PURES 2022 prinaša pomemben napredek z uvajanjem avtomatiziranih, digitalnih in dostopnih sistemov za spremljanje. Te zahteve omogočajo boljše upravljanje porabe energije, kar je ključno za doseganje ciljev trajnostnega razvoja in zmanjšanje emisij.

1.2.4 Dodatne zahteve za hlajenje in prezračevanje

Ključna razlika: Novi standardi za energijsko učinkovitost klimatskih naprav in rekuperacije toplote v prezračevalnih sistemih

PURES 2022 uvaja bistveno strožje in bolj podrobne zahteve glede hlajenja in prezračevanja stavb v primerjavi z zahtevami, postavljenimi v PURES 2010. Glavni cilj teh sprememb je izboljšati energijsko učinkovitost sistemov, zmanjšati rabo energije za hlajenje in prezračevanje ter zagotoviti boljše bivalne pogoje.

Preglednica 4: Primerjava med PURES 2010 in PURES 2022 glede hlajenja in prezračevanja

Vidik	PURES 2010	PURES 2022	Razlike
Energetska učinkovitost hlajenja	Ni bilo posebnih zahtev glede učinkovitosti sistemov za hlajenje.	Zahteva se uporaba energetsko učinkovitih sistemov za hlajenje.	Nova zahteva v PURES 2022.
Rekuperacija toplote	Ni bila obvezna.	Zahteva se uporaba rekuperacijskih sistemov v prezračevalnih sistemih.	Strožja zahteva za uporabo rekuperacije.
Naravno prezračevanje	Priporočeno, vendar brez specifikacij.	Spodbujeno, kadar je tehnično izvedljivo, za zmanjšanje mehanskega prezračevanja.	PURES 2022 jasneje opredeljuje prednosti naravnega prezračevanja.

Upravljanje sistemov	Ni posebnih zahtev.	Zahteva avtomatizirane in urejene sisteme za hlajenje in avtomatizirane in avtomatizirane sisteme za digitalizaciji in avtomatizaciji sistemov.
Zahteve za hlajenje	Ni posebej opredeljeno.	Omejitev največje dovoljene specifične moči za hlajenje, da se prepreči čezmerna raba energije.
Notranje okolje (udobje)	Osnovna priporočila za temperaturo in vlažnost zraka.	Zahteve za zagotavljanje kakovosti zraka (CO ₂ , vlaga) in toplotnega udobja.

Glavne zahteve PURES 2022

1. Energetska učinkovitost sistemov za hlajenje:

- PURES 2022 zahteva uporabo energetske učinkovitosti sistemov za hlajenje z nizkimi emisijami in visoko sezonsko učinkovitostjo (SEER).
- Spodbujena je uporaba pasivnih rešitev, kot so senčila, naravno hlajenje in prezračevanje.

2. Rekuperacija toplote:

- Prezračevalni sistemi morajo vključevati naprave za rekuperacijo toplote, ki omogočajo vračanje toplote iz odpadnega zraka in zmanjšujejo toplotne izgube.
- Rekuperacijski sistemi so obvezni v novih stavbah z mehanskim prezračevanjem.

3. Naravno prezračevanje:

- Naravno prezračevanje je spodbujeno, kadar so prostori zasnovani tako, da omogočajo naravno kroženje zraka, pri čemer se zmanjšuje potreba po mehanskih sistemih.
- Kadar naravno prezračevanje ni mogoče, je treba uporabiti energetske optimizirane mehanske prezračevalne sisteme.

4. Regulacija in avtomatizacija:

- Hlajenje in prezračevanje morata biti urejena in avtomatizirana, da se zagotovi optimalno delovanje glede na obremenitve in potrebe uporabnikov.

- Predpisana je uporaba senzorjev za zaznavanje CO₂, temperature in vlage.

5. Omejitev specifične moči za hlajenje:

- PURES 2022 uvaja omejitve glede največje dovoljene specifične moči za hlajenje (v W/m²), kar preprečuje čezmerno rabo energije.

6. Notranje okolje:

- Poudarek je na zagotavljanju zdravega in udobnega notranjega okolja z nadzorom kakovosti zraka (CO₂ pod 1000 ppm, relativna vlaga 40–60 %).
- Zahteva se tudi preprečevanje čezmernega segrevanja prostorov v poletnih mesecih.

PURES 2022 postavlja bolj natančne in strožje zahteve za hlajenje in prezračevanje z jasnim poudarkom na energetski učinkovitosti, rekuperaciji toplote in avtomatizaciji. V primerjavi s PURES 2010 prinaša pomembne spremembe, ki izboljšujejo kakovost notranjega okolja, zmanjšujejo rabo energije in spodbujajo trajnostne prakse. Te zahteve so v skladu z evropskimi cilji za povečanje energijske učinkovitosti in zmanjšanje emisij.

1.2.5 Nizkoogljična gradnja

Ključna razlika: Spodbujanje uporabe trajnostnih gradbenih materialov z nižjim ogljičnim odtisom

PURES 2022 vpeljuje bolj jasne in stroge zahteve za nizkoogljično gradnjo, kar je pomembna nadgradnja v primerjavi s PURES 2010. Glavni cilj teh sprememb je zmanjšanje emisij toplogrednih plinov v celotnem življenjskem ciklu stavb od načrtovanja do gradnje, uporabe in razgradnje.

Preglednica 5: Primerjava nizkoogljične gradnje med PURES 2010 in PURES 2022

Vidik	PURES 2010	PURES 2022	Razlika
Cilj zmanjšanja emisij	Splošna spodbuda energetski učinkovitosti.	Zahteva po dokumentiranju in zmanjšanju izpustov CO ₂ v celotnem življenjskem ciklu stavbe.	Nove zahteve za oceno in dokumentacijo ogljičnega odtisa.
Izbira materialov	Priporočena uporaba trajnostnih materialov.	Zahteva po uporabi nizkoogljičnih materialov, kot so les, recikrirani materiali in materiali z nizkimi emisijami.	Strožje zahteve za izbiro materialov z nizkim ogljičnim odtisom.



Gradbeni proces	Ni opredeljeno.	Spodbujanje gradbenih praks, ki zmanjšujejo emisije (optimizacija transporta, gradbeni odpadki).	Poudarek na trajnostnih gradbenih procesih.
Obnovljivi viri energije (OVE)	Poudarek na energetski učinkovitosti stavb.	Večji poudarek na uvedbi OVE v nizkoogljično gradnjo.	Večja povezava med OVE in nizkoogljično gradnjo v PURES 2022.
Ogljična bilanca	Ni zahtevana.	Zahteva izdelavo ogljične bilance za nove nestanovanjske stavbe.	PURES 2022 uvaja obvezno oceno ogljičnega odtisa za večje stavbe.

Glavne novosti PURES 2022 glede nizkoogljične gradnje:

1. Ogljični odtis skozi življenjski cikel:

- Zahteva po izdelavi ogljične bilance za nove nestanovanjske stavbe z uporabno površino nad 1000 m².
- Ocena ogljičnega odtisa mora zajemati vse faze: proizvodnjo materialov, gradnjo, uporabo in razgradnjo stavbe.

2. Uporaba nizkoogljičnih materialov:

- Spodbujena uporaba trajnostnih materialov z nizkimi emisijami, kot so:
 - les in drugi obnovljivi materiali,
 - reciklirani materiali (na primer recikliran beton, jeklo),
 - lokalne surovine, ki zmanjšujejo emisije iz transporta.
- Materiali morajo imeti okoljske deklaracije o proizvodih (EPD).

3. Trajnostni gradbeni procesi:

- Optimizacija gradbenih procesov za zmanjšanje izpustov (manj gradbenih odpadkov, krajše transportni poti, sodelovanje z lokalnimi izvajalci).
- Uporaba energije iz obnovljivih virov na gradbiščih.

4. Povezanost z OVE:

- Večji poudarek na vključitvi obnovljivih virov energije v zasnovo stavbe za zmanjšanje ogljičnega odtisa.
- Uporaba sistemov za pridobivanje energije iz sonca, vetra ali drugih obnovljivih virov že med gradnjo.

5. Krožno gospodarstvo:

- Spodbuda k zasnovi stavb, ki omogočajo razgradnjo, vnovično uporabo in reciklažo gradbenih materialov.

PURES 2022 prinaša konkretne zahteve za nizkoogljično gradnjo, ki v PURES 2010 niso bile tako jasno opredeljene. Novi pravilnik od projektantov in izvajalcev zahteva:

- natančno dokumentiranje ogljičnega odtisa stavb,
- uporabo trajnostnih in nizkoogljičnih materialov,
- gradbene procese z minimalnimi emisijami,
- večjo uporabo obnovljivih virov energije.

Te spremembe so skladne z evropskimi cilji zmanjšanja izpustov toplogrednih plinov in prehoda na trajnostno gradnjo, hkrati pa postavljajo pomembne izzive za industrijo zaradi višjih začetnih stroškov in potrebne prilagoditve praks.

1.3 Uporaba in vpliv PURES 2022

1. Za nove gradnje:

- Vsaka nova stavba mora biti projektirana kot **skoraj ničenergijska stavba (sNES)**, kar pomeni zelo nizko porabo energije, ki povečini prihaja iz obnovljivih virov.

2. Za prenove:

- Za večje prenove se morajo izvajati ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti, če to ne pomeni nesorazmernih stroškov.
- Na primer: izboljšanje izolacije, vgradnja energijsko učinkovitih oken in prehod na sisteme ogrevanja z obnovljivimi viri energije.

3. Trajnostni vidik:

- Prispeva k izboljšanju kakovosti bivanja, nižjim stroškom ogrevanja in hlajenja ter zmanjšanju okoljskih vplivov.

Kako se PURES 2022 povezuje z dekarbonizacijo?

- **Zmanjšanje emisij iz stavb:** PURES 2022 je ključni instrument Slovenije za zmanjšanje izpustov CO₂ v stavbnem sektorju, ki je eden največjih virov emisij.
- **Spodbujanje energetske prenove stavb:** Pravilnik dopolnjuje nacionalne strategije za energetske prenove stavb, ki so del dolgoročne podnebne politike.

- **Podpora obnovljivim virom energije:** S povečanjem deleža obnovljivih virov v energetske mešanici PURES 2022 podpira cilje EU glede energetske neodvisnosti in zmanjšanja odvisnosti od fosilnih goriv.

1.4 Računske metode

Pri izračunu energetske učinkovitosti stavb se uporabljata dve glavni metodi: kvazi-stacionarna mesečna metoda in dinamična simulacijska metoda. Obe imata svoje prednosti in slabosti, odvisno od kompleksnosti stavbe in zahtev glede natančnosti.

1.4.1 Računske metode v PURES

Kvazistacionarna mesečna metoda

Kvazi-stacionarna metoda temelji na **poenostavljenem statičnem načinu obravnave**, pri katerem se toplotni tokovi, dobitki in izgube obravnavajo na mesečni ravni.

Lastnosti

- **Časovna resolucija:** mesečni časovni presledki (intervali).
- **Vhodni podatki:** povprečne vrednosti temperature, sončnega obsevanja in toplotnih dobitkov.
- **Uporaba:** uporablja se za preproste stavbe, kot so stanovanjske hiše in manjše nestanovanjske stavbe.
- **Prednosti:**
 - enostavna in hitra metoda za osnovne izračune,
 - nizka zahtevnost glede vhodnih podatkov in računske zmogljivosti,
 - primerna za začetno oceno energijskih potreb.
- **Slabosti:**
 - ne upošteva natančno vpliva dinamičnih dejavnikov, kot so dnevna nihanja temperature in sončnih dobitkov,
 - manj natančna za kompleksne stavbe in sisteme, kjer so notranje obremenitve in interakcije bolj zapletene.

Dinamična simulacijska metoda

Dinamična metoda uporablja podrobne časovne simulacije, ki omogočajo analizo delovanja stavbe **ura za uro**. Ta pristop upošteva vse dinamične vplive, kot so notranji dobitki, nihanja zunanjih temperatur in spreminjajoči se vpliv senčenja.

Lastnosti

- **Časovna resolucija:** ura za uro (ali manjši časovni presledki oziroma intervali).
- **Vhodni podatki:** podrobni podatki o podnebnih razmerah, lastnostih ovoja stavbe, notranjih obremenitvah in obratovanju sistemov.
- **Uporaba:** prilagojena za kompleksne stavbe, kjer je potrebna natančna analiza (pisarniške stavbe, šole, bolnišnice, industrijski objekti).
- **Prednosti:**
 - upošteva dinamične učinke (na primer toplotno akumulacijo, senčenje, dnevne nihaje),
 - omogoča natančno optimizacijo energetske učinkovitosti in notranjega udobja,
 - primerno za analizo inovativnih sistemov, kot so rekuperacija toplote in obnovljivi viri energije.
- **Slabosti:**
 - zahteva veliko računsko zmogljivost in podrobne vhodne podatke,
 - zahtevna metoda, ki zahteva več časa in strokovnega znanja za izvedbo.

Preglednica 6: Glavne metodološke razlike med kvazistacionarno in dinamično simulacijsko metodo

Vidik	Kvazistacionarna metoda	Dinamična simulacijska metoda
Časovna obravnava	Mesečne povprečne vrednosti	Ura za uro (ali manjši časovni koraki)
Kompleksnost	Preprosta za izvedbo	Zahteva podrobne podatke in zmogljivo orodje
Natančnost	Manj natančna, zlasti pri kompleksnih stavbah	Zelo natančna in prilagojena realnim razmeram
Podnebni vplivi	Povprečno upoštevani	Natančno upoštevani (vključno s spremembami v dnevu)
Uporaba	Enodružinske hiše, manj kompleksne stavbe	Kompleksne stavbe z zahtevnimi sistemi

Kvazistacionarna metoda je primerna za osnovne ocene in preproste stavbe, kjer dinamični vplivi niso bistveni. Dinamična simulacijska metoda pa omogoča podrobno analizo in optimizacijo energetske učinkovitosti ter notranjega udobja, kar je ključno za kompleksne in inovativne stavbe. Izbira metode je odvisna od kompleksnosti stavbe, razpoložljivosti podatkov in ciljev analize.

1.4.2 Dinamične simulacije v PURES 2022

Dinamične simulacije v okviru PURES 2022 so pomembno orodje za podrobnejšo analizo energijskih lastnosti stavb in oceno učinkov različnih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti. V nasprotju s statičnimi metodami, ki temeljijo na poenostavljenih predvidevanjih, omogočajo dinamične simulacije bolj realistično modeliranje obnašanja stavb in njihovih sistemov v realnem času, pri čemer upoštevajo spremenljive vplive, kot so vremenski pogoji, uporabniške navade in interakcije med gradbenimi elementi.

Kdaj so potrebne simulacije v PURES 2022

1. Kompleksne nestanovanjske stavbe

- Dinamične simulacije so **obvezne** za **nestanovanjske stavbe** z uporabno površino nad **500 m²**, kjer je treba analizirati:
 - vpliv toplotnih dobitkov iz sonca,
 - natančen nadzor temperature (hlajenje, ogrevanje),
 - prezračevanje in notranje obremenitve (na primer šole, bolnišnice, pisarniške stavbe).

2. Uporaba obnovljivih virov energije (OVE)

- Kadar se uporabljajo kompleksni sistemi OVE, kot so fotovoltaični sistemi ali toplotne črpalke, je potrebna simulacija, da se oceni njihov **učinek na energijsko bilanco** stavbe.

3. Natančna ocena toplotnega udobja

- Za stavbe, kjer je pomembno zagotavljanje **udobnih notranjih pogojev** (na primer bolnišnice, stanovanjski kompleksi), simulacije omogočajo analizo dinamičnih vplivov, kot so dnevna nihanja temperature in vlage.

4. Optimizacija stavbne zasnove

- Pri projektiranju stavb, kjer je cilj doseči nizkoenergijsko ali skoraj ničenergijsko stavbo, se simulacije uporabljajo za:
 - analizo sončnih dobitkov,
 - učinkovitost naravnega prezračevanja,
 - vpliv senčenja in orientacije.

5. Ocenjevanje ogljičnega odtisa

- Simulacije se uporabljajo za analizo ogljičnega odtisa stavbe skozi celotni življenjski cikel (LCA), kar vključuje gradbene materiale, delovanje stavbe in njeno razgradnjo.

Kdaj simulacije niso potrebne v PURES 2022

1. Preproste stanovanjske stavbe

- Za **manj zahtevne stanovanjske stavbe** (enodružinske hiše, manjše večstanovanjske stavbe) se še vedno lahko uporabi **poenostavljena statična metoda** za:
 - izračun energijskih potreb za ogrevanje in hlajenje,
 - oceno potreb po energiji za toplo vodo.

2. Standardni gradbeni sistemi

- Kadar so uporabljeni preverjeni gradbeni materiali in sistemi (na primer izolacije, okna s standardnimi certifikati), ki ustrezajo minimalnim zahtevam pravilnika.

3. Stavbe z nizko kompleksnostjo

- Za manj kompleksne objekte, kjer so glavni sistemi ogrevanje in naravno prezračevanje, statični izračuni zagotavljajo dovolj natančne rezultate.

4. Lokalne podnebne razmere brez velikih sprememb

- Za stavbe, ki so v območjih z enakomernimi podnebnimi pogoji (na primer brez močnih temperaturnih nihanj), kjer dinamični vplivi niso bistveni.

Preglednica 7: Primerjava: Statični izračuni vs. dinamične simulacije

Vidik	Statični izračuni (mesečni)	Dinamične simulacije
Tip stavb	Enostavne stanovanjske stavbe	Kompleksne nestanovanjske stavbe
Podnebni podatki	Povprečni mesečni podatki	Ura za uro (lokalni podnebni podatki)
Sistemi	Preprosti sistemi (ogrevanje, naravno prezračevanje)	Kompleksni sistemi (OVE, rekuperacija toplote)
Natančnost	Manj natančna, poenostavljena analiza	Visoka natančnost, prilagojena realnim pogojem
Uporaba	Ocena skladnosti za osnovne zahteve	Optimizacija, analiza udobja, uporaba OVE

Simulacije so v PURES 2022 zahtevane za kompleksne stavbe in sisteme, kjer je natančnost ključna za izpolnjevanje zahtev, zagotavljanje udobja in doseganje trajnostnih ciljev. Statični izračuni ostajajo primerni za preprostejšje stavbe in manj kompleksne energetske sisteme. Prehod na simulacije omogoča bolj realistično načrtovanje in optimizacijo energetske učinkovitosti stavb v skladu z najnovejšimi standardi.

PURES 2022 pomeni pomemben napredek v metodologiji izračunov, saj uvaja:

- natančnejše, **dinamične metode**,
- **lokalno prilagojene podnebne podatke**,
- **povezovanje sistemov**,
- **obvezno vključitev OVE**.

V primerjavi s PURES 2010 so metode v PURES 2022 bolj realistične, kompleksne in usmerjene v trajnostno gradnjo, kar pomaga doseči ambiciozne nacionalne in evropske cilje glede energetske učinkovitosti in nizkoogljične družbe.

Pomen dinamičnih simulacij v okviru PURES 2022

1. Natančnost izračunov

- Dinamične simulacije omogočajo bolj natančno izračunavanje porabe energije, saj upoštevajo časovno spreminjanje notranjih in zunanjih vplivov (na primer dnevne in sezone spreminjanje temperature, sončnega sevanja, hitrosti vetra).
- Rezultati simulacij so prilagojeni realnemu obnašanju stavbe, kar omogoča bolj zanesljivo oceno energijskih potreb in izkoristkov.

2. Ocena naprednih sistemov

- Pri uporabi naprednih tehnologij, kot so toplotne črpalke, prezračevalni sistemi z rekuperacijo in sistemi za energetske upravljanje, dinamične simulacije omogočajo natančno analizo njihove učinkovitosti in interakcij s preostalim delom stavbe.
- Omogočajo tudi simulacijo uvedbe obnovljivih virov energije (OVE), kot so fotovoltaični sistemi ali sezonsko shranjevanje energije.

3. Modeliranje celostnih ocen verjetnosti

- Dinamične simulacije so še posebej uporabne za kompleksne stavbe z večnamensko rabo (na primer šole, bolnišnice, poslovne stavbe), kjer so poraba energije, režimi delovanja in zahteve zelo raznolike.
- Uporabljajo se za analizo različnih napovedi prenove in za oceno dolgoročnih učinkov ukrepov na energijsko bilanco stavbe.

4. Upoštevanje uporabniških vzorcev

- Uporabniške navade, kot so urniki zasedenosti prostorov, vzorci razsvetljave in nastavitve temperature, močno vplivajo na energijsko učinkovitost stavbe.

Dinamične simulacije omogočajo vključevanje teh spremenljivk v izračune, kar zagotavlja bolj realistične rezultate.

5. Izogibanje zaklepu neučinkovitih rešitev

- Pri načrtovanju prenovitvenih ukrepov (na primer zamenjava ogrevalnih sistemov ali izboljšanje izolacije) lahko simulacije pomagajo prepoznati morebitne zaklepne učinke (angl. lock-in effects), kjer zgodnje rešitve omejujejo prihodnje izboljšave.

Vloga dinamičnih simulacij v PURES 2022

- **Prilagajanje zakonodaji:** PURES 2022 vključuje zahteve za skoraj ničenergijske stavbe (sNES), kjer so simulacije ključno orodje za dokazovanje usklajenosti stavb z normativi.
- **Validacija EI (energetske izkaznice):** Dinamične simulacije lahko dopolnjujejo standardne statične metode za izračun energetske učinkovitosti stavb in omogočajo validacijo energetske izkaznice.
- **Načrtovanje tako imenovanih prenovitvenih potnih listov (angl. Renovation Passports):** Pri pripravi načrtov za postopno energetsko prenovo dinamične simulacije pomagajo predvideti dolgoročne učinke in optimizirati časovno zaporedje ukrepov.

Izzivi pri uvedbi dinamičnih simulacij

1. Zahtevnost in stroški

- Razvoj dinamičnega modela zahteva poglobljeno znanje, specializirano programsko opremo (na primer IDA-ICE, EnergyPlus) in podrobne vhodne podatke o stavbi.
- Stroški ustvarjanja in vzdrževanja modela so lahko visoki, kar je ovira za širšo uporabo, predvsem pri manjših projektih ali obstoječih stavbah.

2. Dostopnost podatkov

- Dinamične simulacije zahtevajo podrobne podatke o geometriji stavbe, materialih, tehničnih sistemih in režimih delovanja, ki pa v številnih primerih niso na voljo ali niso dovolj kakovostni.

3. Združljivost z EI-orodji

- Orodja za izračun EI v Sloveniji (na primer Energija 2010, PURES 2022) še niso prilagojena za dinamične simulacije, kar otežuje povezavo med standardno metodologijo in naprednimi simulacijami.

4. Omejena uporaba BIM/BEM

- Pomanjkanje povezanosti BIM (Building Information Modeling) in BEM (Building Energy Modeling) z nacionalnimi zbirkami podatkov in EI-orodji otežuje avtomatizacijo simulacij.

Dinamične simulacije so močno orodje za napredno analizo in načrtovanje energetske učinkovitosti stavb v skladu z zahtevami PURES 2022. Čeprav so izziv z vidika stroškov, zahtevnosti in dostopnosti podatkov, so nepogrešljive za zagotavljanje realističnih in trajnostnih rešitev, zlasti pri energijsko zahtevnih stavbah in projektih celovite prenove. Za širšo uporabo bi bilo treba izboljšati dostopnost vhodnih podatkov, razviti povezave z nacionalnimi EI-orodji ter zagotoviti dodatno usposabljanje in podporo za projektante in inženirje.

Metodologija dela

Koraki za primerjavo skladnosti s PURES 2010 in PURES 2022

1. Nabor podatkov o stavbah, prenovljenih v obdobju 2014–2022

- Nabor tehnične dokumentacije o prenovljenih stavbah, kot so:
 - projektne rešitve (PZI, PGD),
 - energetske izkaznice (če so bile izdelane),
 - specifikacije uporabljenih materialov (na primer izolacija, okna),
 - vrsta ogrevalnih in prezračevalnih sistemov.

2. Ugotavljanje ključnih tehničnih parametrov za primerjavo

Prijava tehničnih zahtev med **PURES 2010** in **PURES 2022**. Spodnja preglednica prikazuje pregled obravnavanih vidikov, zahteve znotraj posameznega PURES ter opis primerjave.

Preglednica 8: Izhodiščna primerjalna preglednica med PURES 2010 in 2022

Vidik	PURES 2010	PURES 2022	Kaj primerjati?
Toplotna prehodnost (U-vrednosti)	Strožje zahteve od PURES 2008, a manj stroge od PURES 2022.	Znižane U-vrednosti za zunanje stene, okna, tla in strehe.	Primerjava projektirane U-vrednosti stavbe z današnjimi mejami.
Zrakotesnost stavbe	Ni bilo tako strogo določeno.	Strožje zahteve za zmanjšanje toplotnih izgub in prepihov.	Primerjava zrakotesnosti (če je bila merjena).
Toplotni mostovi	Prepoznavanje in zmanjšanje obvezno, a manj natančno.	Zahteva bolj občutno zmanjšanje vseh toplotnih mostov.	Preveritev rešitev za odpravo toplotnih mostov.
Ogrevanje in prezračevanje	Manjši poudarek na izkoristku sistemov.	Višje zahteve za učinkovitost kotlov, toplotnih črpalk, rekuperacije.	Preveritev izkoristkov nameščenih sistemov v prenovljenih stavbah.
Obnovljivi viri energije (OVE)	Niso bili obvezni, le priporočeni.	Zahteva za delež obnovljive energije v celotni porabi.	Preveritev, ali so bili vključeni sistemi za OVE (na primer sončne celice, kolektorji).
Skupna raba energije (EI)	Nižje zahteve za največjo dovoljeno porabo.	Višje zahteve za nizko rabo energije (bližje sNES).	Preveritev projektirane in dejanske vrednosti letne rabe energije.
Prezračevanje z vračanjem toplote	Ni obvezno za vse stavbe.	Obvezno za vse nove in prenovljene stavbe, kjer je izvedljivo.	Preveritev, ali je nameščen rekuperator toplote v prezračevalnem sistemu.

3. Primerjava energijskih kazalnikov

1. Letna specifična raba energije (kWh/m² na leto):

- Preveritev vrednosti iz energetskih izkaznic ali ocen energetske učinkovitosti.
- **PURES 2022 – cilji:** Zahteve za skoraj ničenergijske stavbe (sNES) so bistveno strožje.

2. Primarna energija (kWh/m² na leto):

- PURES 2022 vključuje strožje zahteve za zmanjšanje primarne energije z optimizacijo sistemov in rabo OVE.

6. Ocena skladnosti na način krožnosti in trajnosti

- PURES 2022 daje večji poudarek trajnostni gradnji in nizkoogljičnim materialom.
- Če so prenove v obdobju 2014–2020 uporabljale standardne materiale (na primer beton z visoko intenzivnostjo CO₂), so lahko manj skladne z današnjimi smernicami za trajnostno gradnjo.

7. Priprava končne primerjalne analize

1. Združitev ugotovitev po kategorijah

- Izdelajte preglednico, ki prikazuje skladnost posameznih vidikov stavb z zahtevami PURES 2010 in PURES 2022.

2. Ugotavljanje odstopanj

- Opišite glavne razlike in možne ukrepe za usklajitev z današnjimi zahtevami.

3. Predlog izboljšave:

- Predlog ukrepov za nadgradnjo prenovljenih stavb, kjer je to tehnično in finančno izvedljivo (na primer dodajanje izolacije, zamenjava sistemov).

Tematsko področje 1: temeljne usmeritve

Za energetske prenovne javnih stavb so nepovratna sredstva na razpolago od leta 2010. Najprej so bila to kohezijska sredstva v okviru Operativnega programa razvoja okoljske in prometne infrastrukture 2007–2013 (OP ROPI),¹ s katerimi so bili podprti projekti za naslednje ciljne skupine:

- bolnišnice (Javni razpis za energetske sanacije stavb pravnih oseb javnega prava s področja zdravstva, katerih ustanovitelj je Republika Slovenija in so v pristojnosti ministrstva za zdravje; 2010, ministrstvo za zdravje, 52,6 milijona evrov);
- domove za starejše občane (Javni razpis za energetske sanacije domov za starejše, 2011, ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve, 20 milijonov evrov);
- šole (Javni razpis za energetske sanacije stavb javnih zavodov na področju vzgoje in izobraževanja, katerih ustanovitelj je Republika Slovenija in so v pristojnosti Ministrstva za šolstvo in šport; 2012, ministrstvo za šolstvo in šport, 16 milijonov evrov);
- visoko šolstvo in znanost (Javni razpis za energetske sanacije stavb javnih zavodov na področju visokega šolstva in znanosti, ministrstvo za izobraževanje, znanost, kulturo in šport, 2012, 7 milijonov evrov);
- lokalne skupnosti (Javni razpis za energetske sanacije stavb v lasti lokalnih skupnosti (LS1), ministrstvo za infrastrukturo in prostor, 2012, 52 milijonov evrov; Javni razpis za sofinanciranje operacij za energetske sanacije osnovnih šol, vrtcev, zdravstvenih domov in knjižnic v lasti lokalnih skupnosti (LS2), ministrstvo za infrastrukturo in prostor, 2013, 57,5 milijona evrov).

Prvi projekti energetske prenovne so bili končani leta 2012, zadnji pa leta 2015. Skupaj je bila s skoraj 154 milijoni nepovratnih sredstev podprta prenova 1,24 milijona m² površine stavb, s katero je bilo doseženo zmanjšanje rabe energije za 148,2 GWh, izpusti CO₂ pa za 40,4 kt na leto (preglednica 1). Na kvadratni meter tlorisne površine je bilo doseženo zmanjšanje rabe energije za 119 kWh. Finančni vzvod projektov je bil visok, za en evro investicije je bilo treba v povprečju nameniti 74 centov nepovratnih sredstev. Z enim evrom nepovratnih sredstev je bilo doseženo zmanjšanje rabe energije za nekoliko manj kot 1 kWh in zmanjšanje izpusta CO₂ za 0,26 kg.

V obdobju 2014–2020 so za energetske prenovne javnih stavb na razpolago kohezijska sredstva v okviru Operativnega programa za izvajanje Evropske kohezijske politike v obdobju 2014–2020 (OP EKP)⁹. V tem okviru naj bi bilo najpozneje do leta 2023 skupno energetske prenovljenih 1,27 milijona m² uporabne površine stavb celotnega javnega sektorja oziroma v povprečju 181.600 m² letno. Do konca februarja 2020 je bilo v okviru OP EKP objavljenih skupaj že petnajst razpisov oziroma povabil, prvi od njih leta 2016. Razpisi so namenjeni trem ciljnim skupinam:

- občinam (javni razpisi za sofinanciranje energetske prenovne stavb v lasti in rabi občin (JOB), ministrstvo za infrastrukturo (MzI); JOB-2016, 10,6 milijona evrov; JOB-2017,

¹http://www.eu-skladi.si/kohezija-do-2013/predpisi/operativni-programi/2007-2013/operativni-program-razvoja-okoljske-in-prometne-infrastrukture/OPROPIcistopis_9_9_2015.pdf

17,6 milijona evrov; JOB-2018, 26,5 milijona evrov; JOB-2019, 17,6 milijona evrov; JOB-2020, 25 milijonov evrov);

- širšemu javnemu sektorju v lasti države (povabila k oddaji vloge prijavitelja za predložitev predlogov operacij energetske prenove stavb v lasti in uporabi oseb širšega javnega sektorja v lasti države (ŠJS), MzI; ŠJS 2016, 9,9 milijona evrov; ŠJS 2017, 14,1 milijona evrov; ŠJS 2018, 14,1 milijona evrov; ŠJS 2019, 14,1 milijona evrov; ŠJS 2020, 14,1 milijona evrov);
- ožjemu javnemu sektorju (povabila k oddaji vloge prijavitelja za predložitev predlogov operacij energetske prenove stavb v lasti in uporabi oseb ožjega javnega sektorja (OJS), MzI; OJS 2016, 4,6 milijona evrov; OJS 2017, 7,6 milijona evrov; OJS 2018, 7,6 milijona evrov; OJS 2019, 7,6 milijona evrov; OJS 2020, 7,6 milijona evrov).

Postavka	Enota	Bolnišnice	Domovi za starejše	Šole	Visoko šole, znanost	Občine (LS1)	Občine (LS2)	Skupaj ¹²
Število sklenjenih pogodb	-	15	20	17	7	107	196	362
Realizirana nepovratna sredstva	mio €	35,7	17,7	14,7	6,5	46,0	33,4	153,9
Upravičeni stroški	mio €	41,9	25,3	16,3	10,9	53,0	60,3	207,8
Neto tlorisna površina	m ²	180.095	140.081	126.289	66.983	314.876	413.402	1.241.727
Prihranek energije	MWh	64.504	12.422	9.663	5.873	27.439	28.264	148.166
Zmanjšanje emisije CO ₂	kt CO ₂	21,3	4,2	3,0	1,4	6,2	4,3	40,4
Prihranek energije na površino	kWh/m ²	358,2	88,7	76,5	87,7	87,1	68,4	119,3
Finančni vzvod	€/€	0,85	0,70	0,90	0,60	0,87	0,55	0,74
Prihranek na evro spodbude	kWh/€	1,81	0,70	0,66	0,90	0,60	0,85	0,96
Zmanjšanje emisije CO ₂ na evro spodbude	kg CO ₂ /€	0,60	0,24	0,21	0,21	0,14	0,13	0,26

Slika 1: Pregled projektov energetske prenove javnih stavb v okviru OP ROPI (vir: Podnebno pogledalo 2020)

V okviru energetskih prenov javnih stavb je bilo izvedenih skupno **362 projektov**, od tega jih je **303** namenjenih lokalnim skupnostim, kar je pomemben delež. V poročilu je podrobneje analiziranih **163 projektov**, ki zajemajo različne kategorije stavb, kot so osnovne šole, vrtci, zdravstveni domovi, športne dvorane, kulturni domovi in drugi objekti. Analiza teh projektov je osredotočena na doseganje standardov PURES 2022 in vključuje ukrepe, kot so izboljšave toplotne izolacije, optimizacija sistemov ogrevanja in hlajenja ter spremljanje porabe energije.

1.5 Vzorec stavb

V analizi **smo obravnavali širok nabor 163 stavb**, ki jih je bilo mogoče razvrstiti v več kategorij glede na njihov namen uporabe. Klasifikacija je vključevala naslednje glavne tipe stavb:

Osnovne šole (50 stavb)

- Največji delež obravnavanih stavb so osnovne šole. To odraža prednostni položaj energetske prenove javnih stavb, namenjenih izobraževanju.
- Prenove so vključevale izboljšave energetske učinkovitosti fasad, oken in ogrevalnih sistemov, kar prispeva k udobnejšim učnim pogojem.

Vrtci (30 stavb)

- Vrtci so prav tako pomembna kategorija, saj gre za objekte, kjer energetska učinkovitost neposredno vpliva na otroke in zaposlene.

- Ukrepi so se osredotočali na ogrevalne sisteme in razsvetljavo, kar prinaša znatne prihranke.

Zdravstveni domovi (20 stavb)

- Prenove zdravstvenih ustanov so ključne za zagotavljanje prijetnega okolja za paciente in medicinsko osebje.
- V tej kategoriji so bile izvedene predvsem izboljšave v prezračevalnih in ogrevalnih sistemih.

Kulturni domovi (10 stavb)

- Kulturni objekti so pogosto zgodovinskega pomena, zato energetske prenove posebno pozornost namenjajo ohranjanju arhitekturnih značilnosti.
- Prenove so se osredotočale na razsvetljavo in izolacijske izboljšave.

Občinske stavbe (5 stavb)

- Te stavbe služijo administrativnim namenom, kjer energetske prenove zagotavljajo zmanjšanje stroškov delovanja in izboljšanje pogojev dela.

Športne dvorane (15 stavb)

- V športnih objektih so ključni ukrepi vgrajevanje sistemov za hlajenje, ogrevanje in prezračevanje, saj so te stavbe pogosto energetske intenzivne zaradi velikih površin in uporabniških zahtev.

Drugi objekti (33 stavb)

- Ta kategorija vključuje različne druge stavbe, kot so gasilski domovi, policijske postaje, telovadnice, knjižnice in stavbe posebnega namena (na primer nastanitveni objekti in pralnice).
- Raznolike prenove segajo od izboljšav izolacij do posodobitve mehanskih sistemov.

V analizi energetske učinkovitosti smo obravnavali številne stavbe, ki so ključnega pomena za javni sektor in lokalne skupnosti. Stavbe so bile razdeljene v glavne kategorije, kot so osnovne šole, vrtci, zdravstveni domovi, kulturni domovi, občinske stavbe in športne dvorane. Poleg tega smo obravnavali tudi posebne objekte, kot so gasilski domovi, policijske postaje in nastanitveni objekti.

Največji delež obravnavanih objektov zavzemajo osnovne šole (50 stavb) in vrtci (30 stavb), kar poudarja pomembnost energetske prenove izobraževalnih ustanov. Prenove v teh kategorijah so bile usmerjene v izboljšanje izolacije, zamenjavo ogrevalnih sistemov in uvedbo energetske učinkovitih sistemov razsvetljave.

Zdravstveni domovi so bili tretja največja kategorija z 20 objekti. Poseben poudarek je bil namenjen izboljšanju prezračevanja in ogrevanja, kar zagotavlja boljše pogoje za paciente in osebje. Kulturni domovi in športne dvorane so vključeni predvsem zaradi svoje velike

energetske porabe, pri čemer prenove vključujejo sistemske posodobitve za hlajenje, ogrevanje in prezračevanje.

Obravnava tako širokega nabora objektov omogoča celovit vpogled v energetske potrebe in priložnosti za izboljšave v javnih stavbah, pri čemer so ukrepi prilagojeni funkcionalnosti in značilnim potrebam posameznih kategorij.

1.6 Distribucija U-vrednosti za posamezne elemente

1.6.1 Rezultati

Analiza U-vrednosti za fasado, okna, streho in tla proti terenu je pokazala te ključne ugotovitve glede porazdelitve:

Fasada

- Povprečna U-vrednost za fasado je **0,205 W/m²K**, kar kaže na dokaj dobro skladnost s standardi **PURES 2010** ($\leq 0,28$ W/m²K).
- Večina projektov ima U-vrednosti med **0,17** in **0,24 W/m²K**, kar pomeni, da manjši delež projektov dosegla strožje zahteve **PURES 2022** ($\leq 0,18$ W/m²K).
- Porazdelitev U-vrednosti za fasado je sorazmerno ozka, z nekaj projekti, ki nekoliko presegajo zgornje meje standardov.

Okna

- Povprečna U-vrednost za okna je **1,087 W/m²K**, kar pomeni skladnost z zahtevami **PURES 2010** ($\leq 1,30$ W/m²K) pri večini projektov.
- Kljub temu so zahteve **PURES 2022** ($\leq 1,00$ W/m²K) strožje in jih dosegla manj projektov.
- Razpon vrednosti sega od **0,15** do **1,50 W/m²K**, kar kaže na večjo spremenljivost pri kakovosti in izolativnosti oken.

Streha

- Povprečna U-vrednost za streho je **0,136 W/m²K**, kar pomeni, da velika večina projektov izpolnjuje zahteve **PURES 2010** ($\leq 0,20$ W/m²K) in **PURES 2022** ($\leq 0,15$ W/m²K).
- Večina U-vrednosti je med **0,12** in **0,15 W/m²K**, kar kaže na dobro optimizacijo strešnih elementov glede toplotne izolacije.

Tla proti terenu

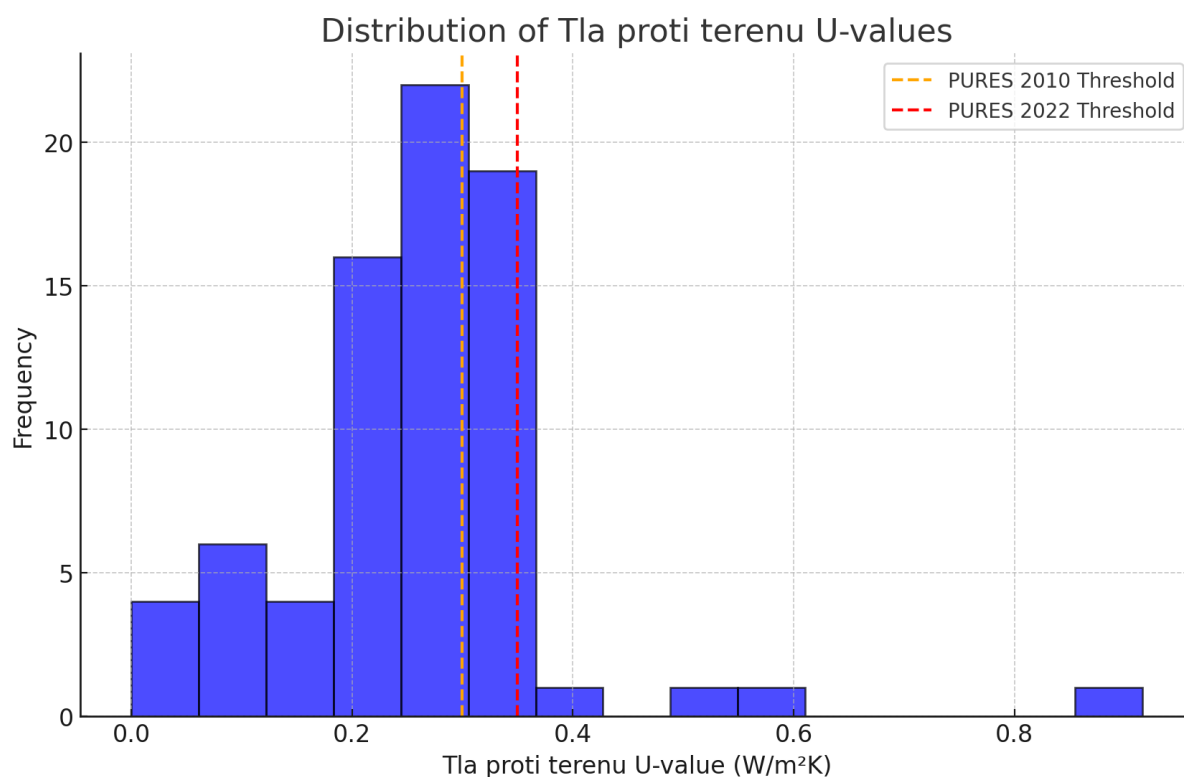
- Povprečna U-vrednost za tla je **0,259 W/m²K**. Večina projektov ustreza zahtevam **PURES 2022** ($\leq 0,35$ W/m²K), kar je nekoliko sproščeno glede na **PURES 2010** ($\leq 0,30$ W/m²K).

- Ugotovljene vrednosti imajo širši razpon, pri čemer nekateri projekti dosegajo zelo nizke vrednosti (dobro izolirana tla), medtem ko imajo nekateri vrednosti blizu zgornjih mej standardov.

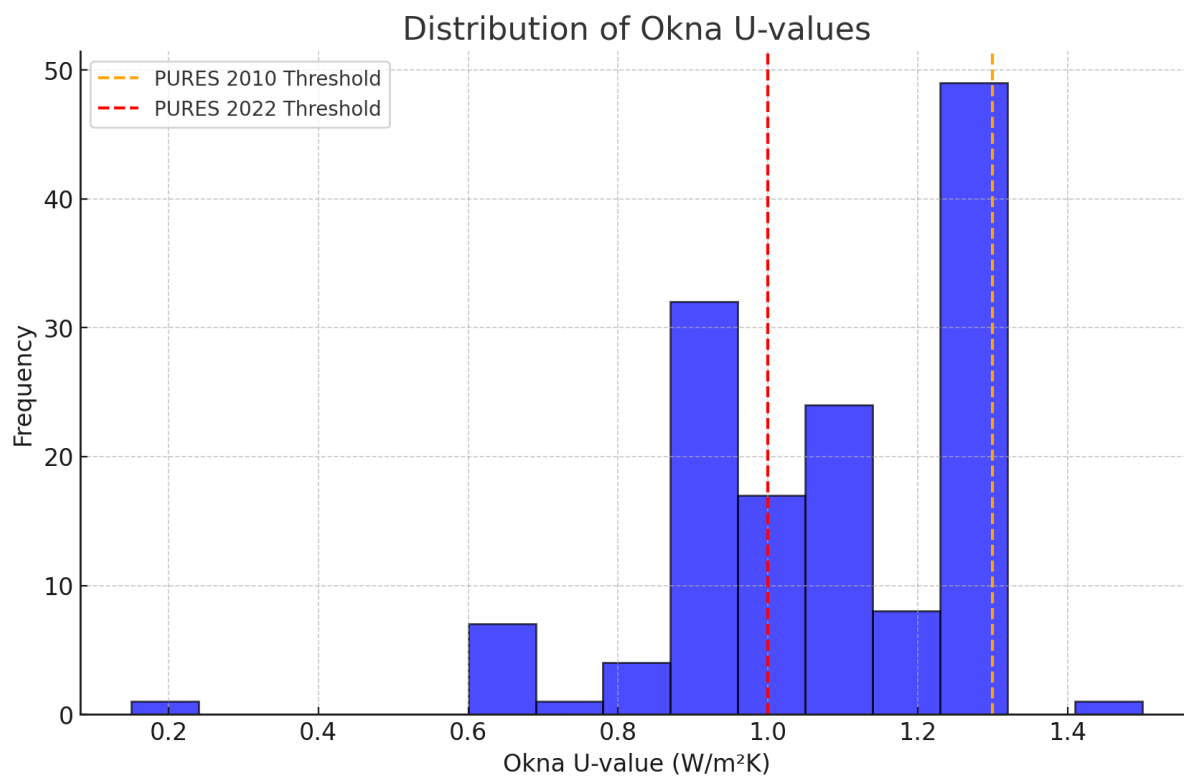
Preglednica 9: Statistični povzetek (U-vrednosti za vse kategorije)

Element	Povprečje	Std. odklon	Min.	25 %	50 % (mediana)	75 %	Maks.
Fasada	0,205	0,041	0,100	0,17	0,20	0,24	0,280
Okna	1,087	0,203	0,150	0,96	1,10	1,30	1,500
Streha	0,136	0,029	0,080	0,12	0,13	0,15	0,219
Tla proti terenu	0,259	0,129	0,000	0,20	0,25	0,33	0,916

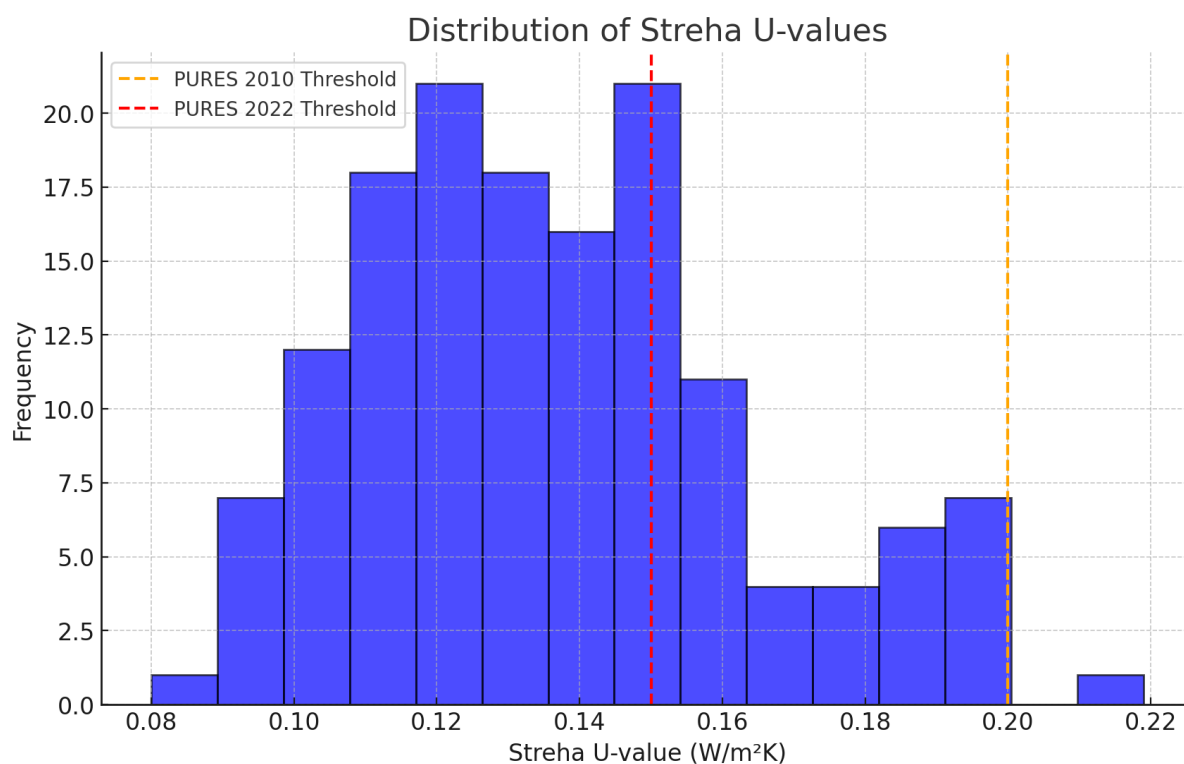
Distribucija U-vrednosti za posamezne elemente jasno kaže na različne stopnje skladnosti s standardi PURES 2010 in PURES 2022. Medtem ko fasade in strehe večinoma ustrezajo zahtevam, so okna in tla proti terenu področja, kjer so potrebne dodatne optimizacije za doseganje strožjih standardov PURES 2022. Vizualna analiza (histogrami in škatelni diagrami) dodatno potrjuje porazdelitve in izstopajoče vrednosti.



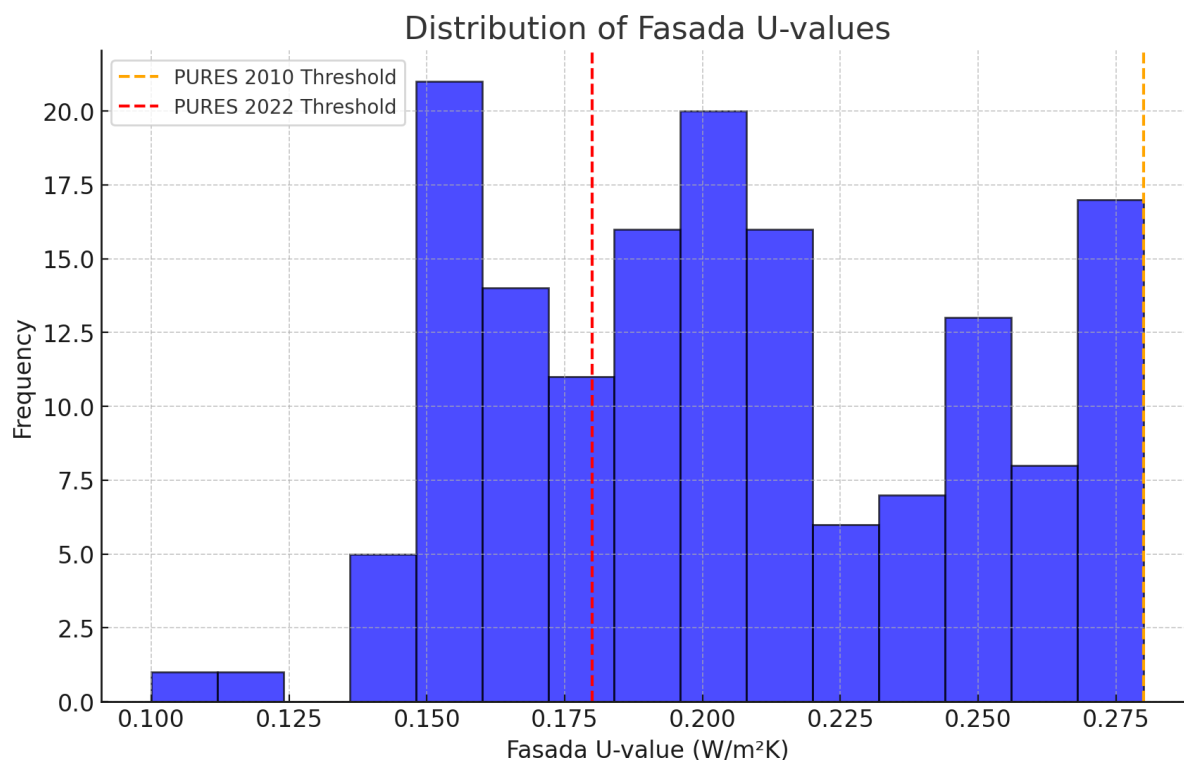
Slika 2: Distribucija U-vrednosti sklopa tal proti terenu projektov LS



Slika 3: Distribucija U-vrednosti oken projektov LS



Slika 4: Distribucija U-vrednosti sklopa strehe projektov LS



Slika 5: Distribucija U-vrednosti sklopa fasade projektov LS

Škatelni diagrami (boxplots) so vizualno orodje za prikaz porazdelitve podatkov in ugotovitev morebitnih odstopanj (outlierjev). V analizi U-vrednosti za fasado, okna, streho in tla proti terenu so bili škatelni diagrami uporabljeni za pregled širine porazdelitve in določitev ključnih statistik, kot so mediana, kvartili in izstopajoče vrednosti.

1. Fasada

- Večina U-vrednosti za fasade je med **0,17** in **0,24 W/m²K**, kar je znotraj standarda PURES 2010, vendar bližje zgornji meji PURES 2022.
- Nekaj projektov presega mejo **0,28 W/m²K**, kar kaže na potrebo po izboljšavi toplotne izolacije.

2. Okna

- Porazdelitev U-vrednosti za okna je širša, kar kaže na večjo spremenljivost v energetski učinkovitosti.
- Večina projektov se uvršča blizu meje PURES 2022 (**1,00 W/m²K**), vendar so tudi projekti, ki bistveno presegajo to vrednost, kar nakazuje potrebo po boljši izolaciji oken.

3. Streha

- U-vrednosti za streho so tesno porazdeljene med **0,12** in **0,15 W/m²K**, kar je znotraj standardov PURES 2010 in 2022.

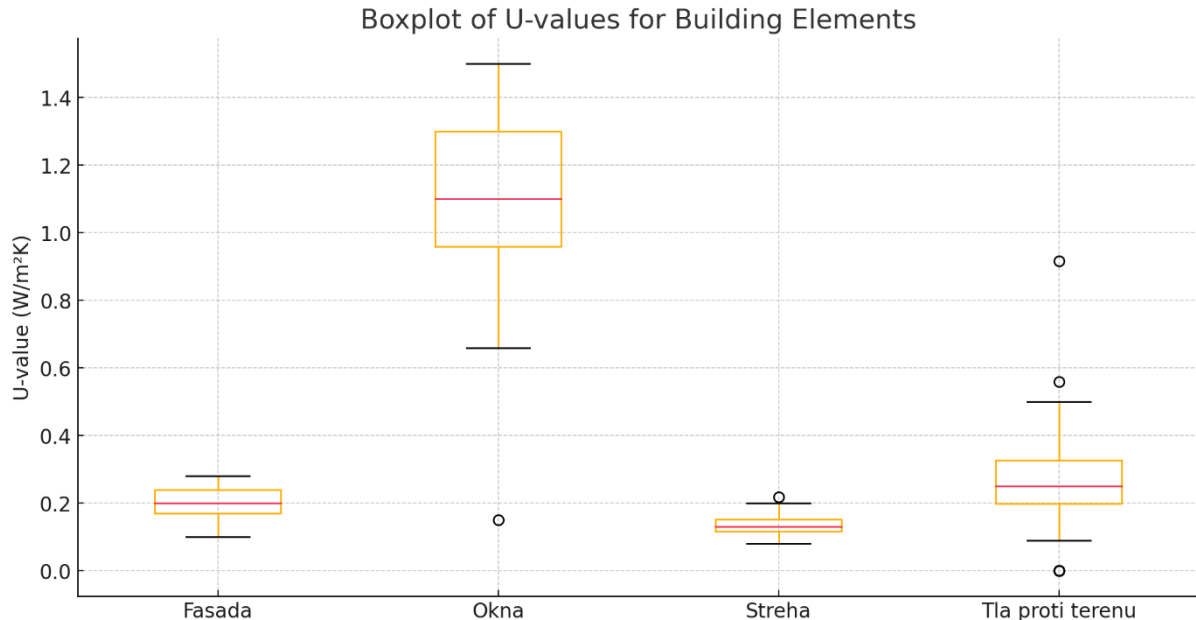
- Odstopanja so redka, kar kaže na dobro standardizacijo izolativnih materialov za streho.

4. Tla proti terenu

- Porazdelitev za tla proti terenu je nekoliko širša, s sredino med **0,20** in **0,33 W/m²K**.
- Nekateri projekti presežejo mejo PURES 2010 (**0,30 W/m²K**), kar kaže na potrebo po dodatni optimizaciji izolacije tal.

Zaključki iz škatelnih diagramov

- **Mediana:** Večina median U-vrednosti za elemente se približuje strožjim standardom PURES 2022, kar kaže na napredek v izolacijskih rešitvah.
- **Razpon:** Najširši razpon je pri oknih in tleh proti terenu, kar kaže na področja z največjo potrebo po izboljšavah.
- **Odstopanja:** Nekaj projektov ima bistveno višje vrednosti, kar označuje morebitno uporabo zastarelih materialov ali slabšo izvedbo. Lahko pa nakazuje tudi na zadostitev ukrepu v skladu z zahtevami varovanja kulturne dediščine.



Slika 6: Škatelni diagram za toplotne prehodnosti toplotnega ovoja stavbe projektov LS

1.6.2 Podrobna analiza neskladnosti s PURES 2022

Analiza skladnosti z zahtevami standardov **PURES 2022** je pokazala, da nekateri projekti ne ustrezajo strožjim mejam U-vrednosti za fasado, okna, streho ali tla proti terenu. V nadaljevanju je podan podrobnejši pregled.

Merila skladnosti

- **Fasada:** $\leq 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
- **Okna:** $\leq 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$
- **Streha:** $\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- **Tla proti terenu:** $\leq 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fasada

- **Skupno število projektov:** 163
- **Projekti, ki ne ustrezajo PURES 2022 (U-vrednost $> 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$):** 89
- **Odstotek neskladnosti:** 54,6 %
- Projekti z neskladnimi fasadami imajo U-vrednosti med **0,19** in **0,28 $\text{W/m}^2\text{K}$** .

Okna

- **Skupno število projektov:** 163
- **Projekti, ki ne ustrezajo PURES 2022 (U-vrednost $> 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$):** 67
- **Odstotek neskladnosti:** 41,1 %
- Največ neskladnosti je pri projektih z U-vrednostmi oken med **1,10** in **1,50 $\text{W/m}^2\text{K}$** .

Streha

- **Skupno število projektov:** 163
- **Projekti, ki ne ustrezajo PURES 2022 (U-vrednost $> 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$):** 34
- **Odstotek neskladnosti:** 20,9 %
- Neskladni projekti so redki, U-vrednosti so med **0,16 $\text{W/m}^2\text{K}$** in **0,19 $\text{W/m}^2\text{K}$** .

Tla proti terenu

- **Skupno število projektov:** 163

Projekti, ki ne ustrezajo PURES 2022 (U-vrednost > 0,35 W/m²K): 10

- Odstotek neskladnosti: 6,1 %
- Neskladnosti so redke, U-vrednosti pa segajo do **0,56 W/m²K**.

Skupno število projektov z vsaj eno neskladnostjo:

- Projekti: 122
- Odstotek: 74,8 %
- Projekti z neskladnostjo v več sklopih so pogosti, predvsem pri fasadah in oknih.

Rezultati kažejo, da je največ neskladnosti pri **fasadah** in **oknih**, kjer so zahteve PURES 2022 strožje. **Streha** in **tla proti terenu** sta običajno skladna, razen pri nekaj izjemah. Za izboljšanje skladnosti so ključne investicije v napredne izolacijske materiale in tehnologije.

1.7 Zamenjava in nadgradnja tehničnih sistemov

Razprava in ugotovitve:

1. Razporeditev investicij

- Največ investicij je bilo namenjenih **ogrevalnim sistemom** in **monitoringu**, kar odraža potrebo po dolgoročnih in trajnostnih rešitvah.
- **Razsvetljava** ima največ izvedenih ukrepov, vendar zahteva najmanj investicij, kar jo uvršča med zelo donosne ukrepe.

2. Manjši poudarek namenjen hlajenju

- Le štiri izvedeni ukrepi na področju hlajenja kažejo na manjši pomen tega sistema. To bi lahko bilo posledica dejstva, da so projekti večinoma usmerjeni v izboljšave za ogrevanje.

3. Potreba po dodatnih vlaganjih

- **Optimizacija ogrevalnih sistemov** ima razmeroma nizko število izvedenih ukrepov (23), kar kaže na prostor za izboljšave, zlasti pri starejših sistemih.
- **AHU z rekuperacijo** ima velik vpliv na energetske učinkovitost, vendar zahteva višje začetne stroške.

Preglednica 10: Število projektov z izvedeno nadgradnjo in zamenjavo tehničnih sistemov projektov LS.

Kategorija	Število ukrepov	Delež
Razsvetljava	155	95 %
Optimizacija ogrevalnih sistemov	23	14 %
AHU z rekuperacijo	60	37 %
Hlajenje	4	2 %
Monitoring	111	68 %
Ogrevalni sistemi	120	74 %

Tematsko področje 2: Dinamične simulacije

Dinamične simulacije v okviru PURES 2022 so pomembno orodje za podrobnejšo analizo energijskih lastnosti stavb in oceno učinkov različnih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti. V nasprotju s statičnimi metodami, ki temeljijo na poenostavljenih predvidevanjih, omogočajo dinamične simulacije bolj realistično modeliranje obnašanja stavb in njihovih sistemov v realnem času, pri čemer upoštevajo spremenljive vplive, kot so vremenski pogoji, uporabniške navade in interakcije med gradbenimi elementi.

Simulacije so v PURES 2022 zahtevane za kompleksne stavbe in sisteme, kjer je natančnost ključna za izpolnjevanje zahtev, zagotavljanje udobja in doseganje trajnostnih ciljev. Statični izračuni ostajajo primerni za preprostejše stavbe in manj kompleksne energetske sisteme. Prehod na simulacije omogoča bolj realistično načrtovanje in optimizacijo energetske učinkovitosti stavb v skladu z najnovejšimi standardi.

Naloga v okviru analize je bila obdelava določenega števila prenovitvenih projektov z uporabo različnih virov podatkov in orodij z osredotočenostjo na **dinamičnih simulacijah** za energijsko zahtevne stavbe. Simulacije so zasnovane kot ključno orodje za načrtovanje energetske prenove stavb s poudarkom na doseganju standardov **PURES 2022**, ciljev **skoraj ničenergijskih stavb (sNES)** ter **stavb brez emisij (ZEB)**. Poleg tega je bil eden od pomembnih ciljev naloge primerjati rezultate, pridobljene z dinamičnimi simulacijami, z izračuni, narejenimi v času projektiranja stavb z uporabo mesečne stacionarne metode, kot jo zahteva zakonodaja. Ugotovitve in pridobljene izkušnje so bile dokumentirane po posameznih temah, podrobneje obravnavane v nadaljevanju poročila.

1.8 Metodologija dela

Obravnavanih je bilo pet stavb različnih tipov. Pri tem so bila uporabljena orodja za energetsko modeliranje in certificiranje, prilagojena lokalnim razmeram. Osnovno vodilo je bilo narediti oziroma predstaviti postopno celovito prenovo stavbe z namenom doseganja ciljev

ZEB. Tako je bila za vse stavbe narejena časovnica, ki vključuje zaporedje prenovitvenih ukrepov za pomoč lastnikom in upravnikom pri načrtovanju prihodnjih investicij ter prikaz razvoja energetske učinkovitosti stavbe.

Cilji ocene projektov za celovito energijsko prenovo so vključevali:

- analizo možnosti uporabe podatkovnih zbirk za oblikovanje časovnice za postopno celovito prenovo, ki upošteva ukrepe za doseganje standardov sNES in ZEB,
- oblikovanje posebnih prenovitvenih ukrepov, ki jih je mogoče spremljati glede na izvedbo,
- ugotavljanje mehanizmov za spremljanje izvedbe prenovitvenih ukrepov, na primer z razširitvijo zbirke podatkov o energetskih izkaznicah (EI) ali z uporabo podatkovnih zbirk BIM.

Struktura analize

V analizi so obravnavane te vsebine:

1. **Opis obravnavanih stavb:** koda stavbe, tip stavbe, lastnik, lokacija, kratek opis stavbe, uporabljeni podatki.
2. **Opis postopka ocenjevanja:**
 - a. vzpostavitev časovnice prenovitvenih ukrepov in analiza možnosti spremljanja njihove izvedbe, na primer v podatkovni zbirki EI ali BIM,
 - b. vizualni prikaz rezultatov, informacije o uporabljenih orodjih in virih podatkov.
3. **Rezultati ocenjevanja:**
 - a. prenovitvena časovnica s pravilnim zaporedjem ukrepov, vključno s časovnim načrtovanjem,
 - b. kazalniki, kakor jih predvideva predlog Komisije (10. člen, tretji odstavek), in komentarji glede doseganja ciljev sNES/ZEB,
 - c. možnosti za spremljanje izvedbe ukrepov skozi čas.
4. **Zaključki:** ugotovitve glede poteka dela, podatkov in postopkov spremljanja prenov ter možnosti povezave modelov EI in BIM.

Analiza temelji na energetskih pregledih, orodjih za energetske izkaznice Energija 2010 in PURES 2022 ter dodatno razvitih energetskih modelih stavb (BEM), ustvarjenih z uporabo programske opreme IDA-ICE. Rezultati, pridobljeni iz BEM, orodij za energetske izkaznice Energija 2010 in PURES 2022 ter energetskih pregledov, so združeni in prikazani. Postopek, ki je bil izveden, je podrobno opisan v nadaljevanju:

- Energetski kazalniki in energetska učinkovitost za obstoječe stanje so bili pridobljeni iz energetskih izkaznic in energetskih pregledov za vse stavbe. Za vse stavbe so bili v orodjih Energija 2010 in PURES 2022 razviti standardizirani modeli stavb. Prav tako so bili razviti modeli BEM za vse obravnavane stavbe.
- Med organiziranimi ogledi na kraju samem in razpravami z upravniki energije in objekta so bili dodatno pregledani in vnovič ovrednoteni sezname ukrepov za energetska učinkovitost, predlagani v energetskih pregledih. Posebna pozornost je bila namenjena vključevanju obnovljivih virov energije (OVE) ter nadgradnji sistemov za spremljanje in upravljanje energije.

- Na podlagi podatkov iz energetske pregledov in rezultatov razprav z upravniki energije ter objekta je bil pripravljen akcijski načrt izvedbe. Ukrepi za energetske učinkovitost so bili združeni v logične korake prenove in vnovič izračunani glede na dosegljive prihranke in investicije. Pri tem so bili za izračun energetske prihrankov uporabljeni modeli BEM. Stroški investicij so bili ocenjeni na podlagi prejšnjih izkušenj s podobnimi projekti celovite prenove, podatkov iz slovenskega Eko sklada in informativnih ponudb potencialnih dobaviteljev tehnologij.

Vrsta uporabljenih podatkov	Vir informacij	Komentar
Podatki o energiji stavbe	EI pridobljen iz uradne zbirke podatkov.	Popolni podatki EI so dostopni le izdajatelju EI in ministrstvu.
Razporeditev stavbe	DWG pridobljen od lastnikov.	DWG je dostopen le lastnikom, projektantom in občini.
Podrobni podatki stavbe, povezani z energijo	Poročila o energetske pregledih, pridobljena od lastnikov.	Poročila o energetske pregledih so dostopna le lastnikom, pregledovalcem in občini.
Arhitekturni model	Ustvarjen za ta projekt.	Le ena od obravnavanih stavb je imela model BIM. Za ustvarjanje modelov BIM je bila uporabljena programska oprema IDA ICE. Ustvarjanje modelov BIM za prenovo stavb še ni običajen postopek v Sloveniji.
Model energetskega delovanja stavbe	Ustvarjen za ta projekt.	Za vse obravnavane stavbe so bili ustvarjeni dinamični modeli BEM. Zbirka podatkov BEM ne obstaja, modeli pa so dostopni le lastnikom in projektantom.
Podatki o potencialu obnovljivih virov energije, potencialu daljinskega ogrevanja/hlajenja	Intervjuji z upravniki energije in objekta, GIS, prostorski/urbanistični načrt, lokalni trajnostni energetski in podnebni načrti, nacionalni energetski in podnebni načrt.	Ni povezave med prostorskimi načrti, trajnostnimi energetske in podnebnimi načrti ter zbirko podatkov EI.
Poraba energije (operativni podatki)	Podatki o porabi energije, pridobljeni od lastnika in energetske upravljavcev (v sistemu za spremljanje energije (SI-01, SI-05, SI-08) ali sistemu za	Podatki o porabi energije so dostopni le lastnikom in distributerjem/trgovcem z energijo.

	upravljanje energije (SI-02 in SI-03)).	
Stroški izvedbe (materiali, oprema, namestitve in vzdrževanje)	Podatki iz podatkovne zbirke Eko sklada o že izvedenih projektih celovite prenove v Sloveniji. Komunikacija in informativne ponudbe izbranih dobaviteljev tehnologij (sistemi za upravljanje energije, toplotne črpalke in še drugo).	Zbirka podatkov Eko sklada vsebuje informacije o vseh že izvedenih projektih celovite prenove v Sloveniji, vendar so ti podatki dostopni le zaposlenim v Eko skladu.

1.9 Opis obravnavanih stavb

Spodnja preglednica prikazuje opise obravnavanih petih javnih stavb z informacijami o:

- letu gradnje,
- ogrevani tlorisni površni,
- izvedenih ukrepih za povečanje URE in OVE ter
- uporabljenih podatkih in modelih v sklopu analize.

Preglednica 11: Opis obravnavanih petih stavb v sklopu analize dinamičnih simulacij

Koda	Tip stavbe	Lokacija	Kratek opis stavbe	Uporabljeni podatki v sklopu analize
SI-01	Nestanovanjska (osnovna šola)	Komen	Zgrajena leta 1976, delna prenova leta 1994; ogrevana površina 3.174 m ² ; nameščeni sistemi so zastareli in energetske neučinkoviti; ni prezračevalnih in hladilnih sistemov; v stavbi je nameščena novejša LED-osvetlitev (hodniki), preostali deli pa imajo energetske neučinkovito razsvetljavo; uveden je sistem za spremljanje porabe energije, vendar ni dodatnih meritev porabe energije poleg uradnih; energenti: električna energija in utekočinjeni naftni plin.	Energetska izkaznica, model BIM, model BEM, energetski pregled, podatki o rabi energije, informacije lastnika

SI-02	Nestanovanjska (zdravstveni dom)	Idrija	Zgrajena leta 1980; leta 2019 je bila stavba celovito energetska prenovljena; ogrevana površina 3.630 m ² ; večina energije se porabi za ogrevanje stavbe, manjši del pa za razsvetljavo, pripravo tople vode in hlajenje; nameščen sistem za upravljanje energije; energenti: električna energija in daljinska toplota.	Energetska izkaznica, model BIM, energetski pregled, podatki o porabi energije, informacije lastnika
SI-03	Nestanovanjska (pisarne)	Dobrovo	Zgrajena leta 1956, popolnoma prenovljena leta 2013; ogrevana površina 605 m ² ; za prenovo stavbe je bil uporabljen model ESCO; nameščen sistem za upravljanje energije; energent: električna energija.	Energetska izkaznica, model BIM, model BEM, energetski pregled, podatki o rabi energije, informacije lastnika
SI-05	Nestanovanjska (osnovna in srednja šola)	Koper	Zgrajena leta 1675; fasada delno prenovljena leta 1970, streha prenovljena leta 1994; ogrevana površina 2.527 m ² ; stavba je pod zaščito kulturne dediščine; nameščeni sistemi so zastareli in energetska neučinkoviti; v stavbi ni prezračevalnih in hladilnih sistemov; nameščena je zastarela in energetska neučinkovita razsvetljava brez aktivacije glede na prisotnost; stavba nima sistema za spremljanje in poročanje porabe energije; energenti: električna energija in ekstra lahko kurilno olje.	Energetska izkaznica, model BIM, energetski pregled, podatki o rabi energije, informacije lastnika
SI-08	Nestanovanjska (osnovna šola)	Nova Gorica	Zgrajena leta 1960; leta 2022 je stavba doživela celovito energetska prenovo; ogrevana površina 3.977 m ² ; nameščen je sistem za spremljanje porabe energije; energenti: električna energija, daljinsko ogrevanje in zemeljski plin (kuhanje).	Energetska izkaznica, model, energetski pregled BIM, podatki o rabi energije, informacije lastnika

1.10 Vpliv razpoložljivosti podatkov

Razpoložljivost in vrsta podatkov imata ključno vlogo pri izvedbi **dinamičnih simulacij**, saj te zahtevajo bistveno večjo količino in podrobnost podatkov kot tradicionalna **stacionarna mesečna metoda izračuna**. Medtem ko je za stacionarno metodo dovolj povprečna vrednost vhodnih podatkov, kot so letne temperature, povprečna raba energije in osnovni podatki o sestavi stavbe, dinamične simulacije potrebujejo časovno odvisne in bolj natančne informacije.

Ključni dejavniki razpoložljivosti podatkov:

1. Podrobni konstrukcijski podatki stavbe

- Dinamične simulacije zahtevajo informacije o **geometriji stavbe**, lastnostih materialov (toplotna prevodnost, toplotna kapaciteta, gostota) ter toplotnih mostovih. Brez teh podatkov je natančno modeliranje težavno.
- **Modeli BIM** se izkazujejo kot dragoceni vir podatkov, saj vključujejo geometrijske in tehnične lastnosti stavbe. Vendar njihova razpoložljivost za obstoječe stavbe pogosto manjka.

2. Časovno odvisni vhodni podatki

- Potrebni so podatki o **mikroklimatskih pogojih**, kot so zunanje temperature, vlaga, hitrost vetra, sončno sevanje, in njihova časovna sprememba.
- Upoštevati je treba tudi **dinamične profile uporabe stavbe**, ki vključujejo urnike zasedenosti, notranje toplotne dobitke (osvetlitev, naprave, ljudje), in rabo energije v posameznem dnevu ter v sezoni.

3. Podatki o tehničnih sistemih

- Natančni podatki o sistemih ogrevanja, hlajenja, prezračevanja in razsvetljave so bistveni za oceno njihovega dinamičnega odziva na spreminjajoče se pogoje, kar vključuje informacije o učinkovitosti, zmogljivosti in načinih upravljanja teh sistemov.
- **Meritve obratovalnih podatkov** (na primer iz sistemov za energetske upravljanje) omogočajo preverbo oziroma validacijo modelov in bolj realistično simulacijo.

4. Dostopnost podatkov v obstoječih bazah

- Obstoječe podatkovne zbirke, kot so **energetske izkaznice (EI)** ali podatki iz energetskih revizij, običajno ne vsebujejo vseh podrobnosti, potrebnih za dinamične simulacije. Pogosto so potrebne dodatne meritve in zbiranje podatkov na terenu.

5. Izzivi z razdrobljenostjo podatkov

- Različni podatki so pogosto shranjeni pri različnih deležnikih (lastniki stavb, projektanti, upravljavci). **Sistematična centralizacija podatkov** bi bistveno izboljšala dostopnost za potrebe simulacij.

Posledice pomanjkanja podatkov

- **Manjša natančnost simulacij:** Če podatki niso na voljo, je treba uporabljati privzete vrednosti ali približke, kar lahko povzroči odstopanja od realnih rezultatov.
- **Podaljšan čas izvedbe:** Iskanje in pridobivanje podatkov lahko bistveno podaljšata proces modeliranja in analize.
- **Višji stroški:** Pridobivanje dodatnih podatkov, na primer ob meritvah ali pri tehničnih pregledih, poveča stroške izvedbe simulacij.

Prednosti izboljšane razpoložljivosti podatkov

- **Natančnejše modeliranje:** Boljši podatki omogočajo simulacije, ki bolj realistično odražajo obnašanje stavbe v različnih napovedih.
- **Izboljšana odločitev o prenovi:** Dinamične simulacije s kakovostnimi podatki omogočajo optimizacijo ukrepov energetske prenove in zmanjšujejo tveganje za **učinke zaklepanja** (lock-in effects).
- **Celovito načrtovanje:** Podrobni podatki omogočajo uvedbo naprednih rešitev, kot so **obnovljivi viri energije** in **sistemi za shranjevanje energije**, v simulacijske modele.

Razpoložljivost podatkov je osrednjega pomena za uspešno izvedbo dinamičnih simulacij. S povečanjem dostopa do kakovostnih in celovitih podatkov lahko izboljšamo natančnost simulacij, kar vodi do bolj informiranega načrtovanja energetske učinkovitih stavb, skladnih s standardi PURES 2022 in cilji trajnostnega razvoja.

Za namen te naloge smo poleg obstoječih izračunov pridobili vpogled v dokumentacijo PZI projektov arhitekture in strojnih inštalacij, na podlagi česar smo poizkušali izluščiti čim več podatkov za namen izvedbe dinamičnih simulacij.

1.11 Opis rezultatov ocene

Spodnja preglednica prikazuje rezultate ocene v obliki načrta prenove kot povzetek za vseh pet analiziranih stavb.

Koda STA	Načrt prenove: predlagani ukrepi so v pravilnem zaporedju izvedbe; podroben načrt je odvisen od načrta vzdrževanja in popravil upravljanja objektov	Časovni razpored ukrepov za preprečevanje morebitnih zaklepanj; upoštevanje medsebojnih interakcij
SI-01	Na ravni stavbe: 1. Paket ukrepov:	Vsi ukrepi iz paketov 1 in 2 se izvedejo pred paketom 3.



	• Namestitev naprednega sistema upravljanja energije • Prenova sistema razsvetljave z LED-svetili in naprednimi krmilnimi sistemi v vseh učilnicah • Namestitev fotovoltaičnega sistema na streho 2. Paket ukrepov: • Toplotna izolacija zunanjih sten • Toplotna izolacija stropa proti podstrešju • Toplotna izolacija proti kleti • Zamenjava oken 3. Paket ukrepov: Rekonstrukcija sistema HVAC z novo toplotno črpalko za ogrevanje in hlajenje, nove VSD-črpalke in napredno upravljanje sistemov ogrevanja in hlajenja Na ravni območja: Dekarbonizacija elektroenergetskega sistema do leta 2050.	Pri razvoju podrobnega načrta je treba upoštevati: • Zmogljivosti za upravljanje vršne porabe sistema za upravljanje energije • Standardi za prenovo razsvetljave • Preverjanje statične zmogljivosti strehe pred namestitvijo fotovoltaičnega sistema
SI-02	Na ravni stavbe: 1. Paket ukrepov: i • Nadgradnja sistema za upravljanje energije • Namestitev fotovoltaičnega sistema na streho 2. Paket ukrepov: • Prenova razsvetljave z LED-svetili in naprednimi krmilnimi sistemi 3. Paket ukrepov: • Namestitev baterijskega sistema za upravljanje vršne porabe, zagotavljanje zasilne energije in optimizacijo PV-proizvodnje Na ravni območja: Dekarbonizacija elektroenergetskega sistema in lokalnega sistema daljinskega ogrevanja do leta 2050.	Vsi ukrepi iz paketov 1 in 2 se izvedejo pred paketom 3. Pri razvoju podrobnega načrta je treba upoštevati: • Preverjanje standardov za prenovo razsvetljave • Preverjanje nosilnosti strehe pred namestitvijo sistema PV
SI-03	Na ravni stavbe:	Vsi ukrepi iz paketov 1 in 2 se izvedejo pred paketom 3.

	1. Paket ukrepov: - Nadgradnja obstoječega sistema za upravljanje energije - Namestitev fotovoltaičnega sistema na streho 2. Paket ukrepov: - Prenova razsvetljave z LED-svetili in naprednimi krmilnimi sistemi 3. Paket ukrepov: - Rekonstrukcija sistema HVAC z naprednim upravljanjem prezračevanja, ogrevanja in hlajenja Na ravni območja: Dekarbonizacija elektroenergetskega sistema do leta 2050.	Pri razvoju podrobnega načrta je treba upoštevati: - Upravljanje vršne porabe sistema za upravljanje energije - Preverjanje nosilnosti strehe pred namestitvijo sistema PV
SI-05	Na ravni stavbe: 1. Paket ukrepov: - Namestitev naprednega sistema za upravljanje energije - Prenova razsvetljave z LED-svetili in naprednimi krmilnimi sistemi v vseh učilnicah 2. Paket ukrepov: - Namestitev fotovoltaičnega sistema na streho - Toplotna izolacija zunanjih sten - Zamenjava oken 3. Paket ukrepov: - Rekonstrukcija sistema HVAC z napredno kontrolo sistema prezračevanja, ogrevanja in hlajenja Na ravni območja: Dekarbonizacija elektroenergetskega sistema do leta 2050.	Vsi ukrepi iz paketov 1 in 2 se izvedejo pred paketom 3. Pri razvoju podrobnega načrta je treba upoštevati: - Preverjanje PV-kompatibilnosti na zaščitnih območjih - Preverjanje zahtev požarne varnosti in nosilnosti strehe
SI-08	Na ravni stavbe: 1. Paket ukrepov: - Namestitev naprednega sistema za upravljanje energije - Namestitev sistema PV na streho	Vsi ukrepi iz paketov 1 in 2 se izvedejo pred paketom 3. Pri razvoju podrobnega načrta je treba upoštevati:

	2. paket ukrepov: - Namestitev baterijskega sistema za optimizacijo proizvodnje PV-energije in zagotavljanje zasilne energije Na ravni območja: Dekarbonizacija elektroenergetskega sistema do leta 2050.	• Upravljanje vršne porabe sistema za upravljanje energije • Preverjanje nosilnosti strehe pred namestitvijo sistema PV
--	---	--

Preglednica 12: Rezultati ocenjevanja na podlagi dejanskega uporabniškega profila in operativnih podatkov za SI-01.

Stavba pred prenovo	1. korak prenove	2. korak prenove	3. korak prenove
Izvedeni ukrepi	-	Namestitev sistema za upravljanje energije Prenova razsvetljave Namestitev sistema PV	Toplotna izolacija zunanjih sten Toplotna izolacija stropa proti podstrešju in kleti Zamenjava oken
Skupna poraba energije (končna energija) [kWh/m²]	Utekočinjeni naftni plin: 83 Elektrika: 29	Utekočinjeni naftni plin: 75 Elektrika: 29	Utekočinjeni naftni plin: 28 Elektrika: 29
Poraba energije za ogrevanje/hlajenje [kWh/m²]	Utekočinjeni naftni plin: 83	Utekočinjeni naftni plin: 75	Utekočinjeni naftni plin: 28
Poraba primarne energije (skupno) [kWh/m²]	163,8	116,7	63,3
Emisije CO₂ [kg/m²]	36,3	21,8	8,1
Stroški naložbe [EUR/m²]	-	120	330
Dodatne koristi (kvalitativno)	-	Boljše upravljanje energije, upravljanje vršne porabe, večja prilagodljivost omrežja, izboljšana osvetlitev za zaposlene in učence,	Boljše toplotno udobje

proizvodnja energije iz
obnovljivih virov na lokaciji

Komentariji glede doseganja ciljev skoraj ničenergijske stavbe / celovite prenove in stavbe z ničelnimi emisijami:

Predvidene prenove upoštevajo pravilo, da je najprej treba zmanjšati potrebe po energiji za ogrevanje, šele nato zamenjati star sistem ogrevanja. Nazivna moč sončne elektrarne je načrtovana večja od zdajšnjih potreb, saj je namestitev toplotne črpalke predvidena za pozneje, elektrarna pa mora pokriti tudi potrebe toplotne črpalke.

Z izvedbo vseh predlaganih ukrepov bosta dosežena oba cilja: skoraj ničenergijska stavba (v okviru celovite prenove) in stavba z ničelnimi emisijami, pri čemer so upoštevane standardizirane metode izračuna. Ob upoštevanju nacionalnih ciljev (popolna dekarbonizacija elektroenergetskega sistema do leta 2050) in dejanskega uporabniškega profila porabe električne energije bo prav tako dosežen cilj stavbe z ničelnimi emisijami.

Razpoložljivost dokumentacije (dvodimenzionalne risbe v dwg-formatu), energetskih pregledov, računov za energijo in podatkov iz energetske izkaznice je bila ključnega pomena za izdelavo realističnega potnega lista za prenovo. Na novo razviti model BIM se lahko uporablja za spremljanje napredka glede na zastavljene cilje.

Preglednica 13: Rezultati ocene na podlagi dejanskega uporabniškega profila in operativnih podatkov za SI-02

Pred prenovo stavbe	1. korak prenove	2. korak prenove	3. korak prenove
Izvedeni ukrepi	Energetska prenova leta 2019 (posodobljen HVAC, energetsko upravljanje, toplotna izolacija zunanjih sten in še drugo)	Nadgradnja sistema energetsko upravljanje Namestitev sistema PV	Prenova sistema za razsvetljave Namestitev baterijskega sistema
Skupna poraba energije (končna energija) [kWh/m²]	Daljinsko ogrevanje: 77 Elektrika: 73	Daljinsko ogrevanje: 71 Elektrika: 21	Daljinsko ogrevanje: 71 Elektrika: 18

Poraba energije za ogrevanje/hlajenje [kWh/m²]		Daljinsko ogrevanje: 77	Daljinsko ogrevanje: 71	Daljinsko ogrevanje: 71
Poraba primarne energije (skupno) [kWh/m²]		274,9	87,5	80,0
Emisije CO₂ [kg/m²]		57,6	12,8	11,6
Investicijski stroški [EUR/m²]		-	74	43
Širši koristi (kvalitativno)	-	Boljše energetske upravljanje, upravljanje konične porabe, prilagodljivost omrežja, proizvodnja energije iz OVE na lokaciji Boljša osvetlitev za zaposlene in obiskovalce/uporabnike		

Komentarji glede doseganja ciljev skoraj ničenergijske stavbe, celovite prenove in stavbe z ničelnimi emisijami:

Z izvedbo vseh predlaganih ukrepov bosta dosežena oba cilja: skoraj ničenergijska stavba (v okviru celovite prenove) in stavba z ničelnimi emisijami, pri čemer so upoštevane standardizirane metode izračuna. Ob upoštevanju nacionalnih ciljev (popolna dekarbonizacija elektroenergetskega sistema in vseh lokalnih sistemov daljinskega ogrevanja do leta 2050) ter dejanskega uporabniškega profila porabe električne energije bo cilj stavbe z ničelnimi emisijami prav tako dosežen.

Razpoložljivost dokumentacije (dvodimenzionalne risbe v dwg-formatu), energetskih pregledov, računov za energijo in podatkov iz energetske izkaznice je bila ključnega pomena za izdelavo realističnega načrta prenove. Na novo razvit model BIM se lahko uporablja za spremljanje napredka glede na zastavljene cilje. Baterijski sistem lahko prav tako služi kot sredstvo, ki se ponudi na trgu pomožnih storitev.

Možnost analize energetskega ravnovesja z uporabo programske opreme BEM omogoča dodatno izkoriščanje potenciala baterijskega shranjevanja, saj bodo presežki električne energije shranjeni poleti, medtem ko je poraba običajno v poznejših mesecih.

Preglednica 14: Rezultati ocene na podlagi dejanskega uporabniškega profila in operativnih podatkov za SI-03

Pred prenovo stavbe	1. korak prenove	2. korak prenove	3. korak prenove
----------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

Izvedeni ukrepi	Energetski sistem, prenovljen leta 2013 (nameščena sodobna toplotna črpalka, energetska upravljanje, toplotna izolacija zunanjih sten in še drugo)	Nadgradnja sistema za energetska upravljanje Namestitev sistema PV	Prenova sistema razsvetljave
Skupna poraba energije (končna energija) [kWh/m²]	Elektrika: 38	Elektrika: 35	Elektrika: 32
Poraba energije za ogrevanje/hlajenje [kWh/m²]	Elektrika: 26	Elektrika: 24	Elektrika: 24
Poraba primarne energije (skupno) [kWh/m²]	95,0	31,3	23,8
Emisije CO₂ [kg/m²]	15,9	14,7	13,4
Investicijski stroški [EUR/m²]	-	91	41
Širše koristi (kvalitativno)	-	Boljše energetska upravljanje, upravljanje konične porabe, prilagodljivost omrežja, proizvodnja energije iz OVE na lokaciji	Boljša osvetlitev za zaposlene in obiskovalce

Komentarji glede doseganja ciljev skoraj ničenergijske stavbe, celovite prenove in stavbe z ničelnimi emisijami:

Z izvedbo vseh predlaganih ukrepov bosta dosežena oba cilja: skoraj ničenergijska stavba (v okviru celovite prenove) in stavba z ničelnimi emisijami, pri čemer so upoštevane standardizirane metode izračuna. Ob upoštevanju nacionalnih ciljev (popolna dekarbonizacija elektroenergetskega sistema do leta 2050) ter dejanskega uporabniškega profila porabe električne energije bo cilj stavbe z ničelnimi emisijami prav tako dosežen.

Razpoložljivost dokumentacije (dvodimenzionalne risbe v dwg-formatu), energetskih pregledov, računov za energijo in podatkov iz energetske izkaznice je bila ključnega pomena za izdelavo realističnega načrta prenove. Na novo razviti model BIM se lahko uporablja za spremljanje napredka glede zastavljenih ciljev. Baterijski sistem je prav tako lahko sredstvo, ki se ponudi na trgu pomožnih storitev.

Možnost analize energetskega ravnovesja z uporabo programske opreme BEM omogoča dodatno izkoriščanje potenciala baterijskega shranjevanja, saj bodo presežki električne energije shranjeni poleti, medtem ko je poraba običajno v poznejših mesecih.

Preglednica 15: Rezultati ocene na podlagi dejanskega uporabniškega profila in operativnih podatkov za SI-05

Pred prenovo stavbe	1. korak prenove	2. korak prenove	3. korak prenove
Izvedeni ukrepi	-	Namestitev sistema za energetske upravljanje Prenova razsvetljave Namestitev sistema PV	Toplotna izolacija zunanjih sten Toplotna izolacija stropa proti podstrešju in kleti Zamenjava oken
Skupna poraba energije (končna energija) [kWh/m²]	Lahko kurilno olje: 87 Elektrika: 21	Lahko kurilno olje: 79 Elektrika: 17	Lahko kurilno olje: 31 Elektrika: 17
Poraba energije za ogrevanje/hlajenje [kWh/m²]	Lahko kurilno olje: 87	Lahko kurilno olje: 79	Lahko kurilno olje: 31
Poraba primarne energije (skupno) [kWh/m²]	148,2	117,4	64,6
Emisije CO₂ [kg/m²]	34,1	31,7	16,1
Investicijski stroški [EUR/m²]	-	130	350
Širše koristi (kvalitativno)	-	Boljše energetske upravljanje, upravljane konične porabe, prilagodljivost omrežja, boljše osvetlitev za zaposlene in učence, proizvodnja energije iz OVE na lokaciji	Boljše toplotno udobje

Komentarji glede doseganja ciljev skoraj ničenergijske stavbe, celovite prenove in stavbe z ničelnimi emisijami:

Prenovitvene napovedi upoštevajo načelo, da je treba najprej zmanjšati potrebe po energiji za ogrevanje in nato zamenjati stari ogrevalni sistem. Predvidena nazivna moč sončne elektrarne je večja od zdajšnjih potreb, saj bo namestitev toplotne črpalke izvedena pozneje, sistem pa mora pokrivati tudi potrebe toplotne črpalke.

Z izvedbo vseh predlaganih ukrepov bosta dosežena oba cilja: skoraj ničenergijska stavba (v okviru celovite prenove) in stavba z ničelnimi emisijami, pri čemer so upoštevane standardizirane metode izračuna. Ob upoštevanju nacionalnih ciljev (popolna dekarbonizacija elektroenergetskega sistema do leta 2050) ter dejanskega uporabniškega profila porabe električne energije bo cilj stavbe z ničelnimi emisijami prav tako dosežen.

Razpoložljivost dokumentacije (dvodimenzionalne risbe v dwg-formatu), energetski pregled, računi za energijo in podatki iz energetske izkaznice so bili ključnega pomena za izdelavo realističnega načrta prenove. Na novo razviti model BIM se lahko uporablja za spremljanje napredka glede na zastavljene cilje.

Namestitev sistema PV na zaščitenih stavbah je zahtevna zaradi prisotnosti dediščinskih vrednot in razlik v videzu med sistemi PV ter tradicionalnimi značilnostmi in materiali. Ocena združljivosti PV na zaščitenih območjih in stavbah zahteva multidisciplinarno ekipo konservatorjev, arhitektov, inženirjev, krajinskih načrtovalcev, strokovnjakov za dediščino in javnih organov.

Baterijski sistem se lahko uporablja tudi kot sredstvo, ki se ponudi na trgu pomožnih storitev.

Preglednica 16: Rezultati ocene na podlagi dejanskega uporabniškega profila in operativnih podatkov za SI-08

Pred prenovo stavbe	1. korak prenove	2. korak prenove
Izvedeni ukrepi	Energijska prenova izvedena leta 2022 (posodobljen HVAC, razsvetljava, toplotna izolacija zunanjih sten in še drugo)	Namestitev sistema za energetsko upravljanje Namestitev sistema PV
Skupna poraba energije (končna energija) [kWh/m²]	Daljinsko ogrevanje: 42 Elektrika: 18	Daljinsko ogrevanje: 38 Elektrika: 18
Poraba energije za ogrevanje/hlajenje [kWh/m²]	Daljinsko ogrevanje: 42	Daljinsko ogrevanje: 38
Poraba energije primarne (skupno) [kWh/m²]	95,4	86,1

Emisije CO₂ [kg/m²]	22,3	20,9
Investicijski stroški [EUR/m²]	-	70
Širše (kvalitativno) koristi	-	Boljše energetske upravljanje, upravljanje konične porabe, prilagodljivost omrežja, proizvodnja energije iz OVE na lokaciji

Komentarji glede doseganja ciljev skoraj ničenergijske stavbe, celovite prenove in stavbe z ničelnimi emisijami:

Z izvedbo vseh predlaganih ukrepov bosta dosežena oba cilja: skoraj ničenergijska stavba (v okviru celovite prenove) in stavba z ničelnimi emisijami, pri čemer so upoštevane standardizirane metode izračuna. Ob upoštevanju nacionalnih ciljev (popolna dekarbonizacija elektroenergetskega sistema do leta 2050) ter dejanskega uporabniškega profila porabe električne energije bo cilj stavbe z ničelnimi emisijami prav tako dosežen.

Razpoložljivost dokumentacije (dvodimenzionalne risbe v dwg-formatu), energetski pregled, računi za energijo in podatki iz energetske izkaznice so bili ključnega pomena za izdelavo realističnega načrta prenove. Na novo razviti model BIM se lahko uporablja za spremljanje napredka glede na zastavljene cilje.

Baterijski sistem se lahko uporablja tudi kot sredstvo, ki se ponudi na trgu pomožnih storitev. Vendar so skupni investicijski stroški ob zdajšnjih cenah (2023) lahko precej visoki.

Možnost analize energijskega ravnovesja z uporabo programske opreme BEM omogoča nadaljnjo izrabo baterijskega shranjevanja, saj bodo konice proizvodnje električne energije poleti shranjene, poraba pa je običajno v poznejših mesecih.

1.12 Primerjava različnih metod

V okviru analize smo primerjali rezultate stacionarne mesečne metode in dinamične simulacijske metode za pet analiziranih stavb. Cilj je bil oceniti razlike v izračunih primarne energije in prepoznati morebitne prednosti ter pomanjkljivosti obeh metod. V nadaljevanju je prikazana primerjalna preglednica za primerjavo izračunov primarne energije med stacionarno mesečno metodo in dinamično simulacijsko metodo za pet analiziranih stavb:

Preglednica 17: Primerjalna preglednica pristopov izračunov med stacionarno mesečno metodo in dinamično simulacijsko metodo

Koda stavbe	Tip stavbe	Primarna energija (kWh/m ²)		Razlika (%)
		Stacionarna mesečna metoda	Dinamična simulacijska metoda	



SI-01	Nestanovanjska (osnovna šola)	75,0	63,3	15,6
SI-02	Nestanovanjska (zdravstveni dom)	95,6	80,0	16,3
SI-03	Nestanovanjska (pisarne)	32,3	23,8	26,3
SI-05	Nestanovanjska (osnovna in srednja šola)	102,2	64,6	36,8
SI-08	Nestanovanjska (osnovna šola)	115,2	86,1	25,3

Ključne ugotovitve

1. Razlika v rezultatih

- Pri vseh stavbah stacionarna mesečna metoda precenjuje porabo primarne energije v primerjavi z dinamično simulacijsko metodo.
- Razlika v izračunih je od **15,6 % (SI-01)** do **36,8 % (SI-05)**, odvisno od kompleksnosti stavbe, uporabljenih sistemov in dinamike rabe energije.

2. Največje razlike

- Stavba SI-05 (osnovna in srednja šola) kaže največjo razliko (**36,8 %**), kar je verjetno posledica kompleksnosti sistemov ter velike ogrevane površine.
- Stavbe z enostavnejšimi sistemi, kot je SI-03 (pisarne), izkazujejo manjše absolutne razlike, vendar višje odstotne razlike (**26,3 %**).

3. Vpliv dinamike rabe energije

- Dinamična simulacijska metoda omogoča bolj natančen zajem vplivov sprememb temperature, osvetlitve in uporabniških vzorcev, kar vodi do realnejših rezultatov.
- Stacionarna metoda temelji na povprečnih mesečnih podatkih, zaradi česar ne zajame vseh podrobnosti, kot so nihanja v obremenitvah in interakcije med sistemi.

4. Pomembnost za projektiranje

- Za stavbe, kjer je dinamika rabe energije bolj zahtevna (na primer šole, zdravstveni domovi), je dinamična metoda ključna za optimizacijo prenove in doseg energijskih ciljev.
- Stacionarna metoda je uporabna za hitre ocene, vendar lahko privede do čezmerne specifikacije ukrepov, kar poveča stroške.

Analiza rezultatov primerjave stacionarne mesečne metode in dinamične simulacijske metode pri izračunu primarne energije za pet analiziranih stavb razkriva pomembne razlike med obema. Pri vseh stavbah so rezultati stacionarne metode višji od tistih, pridobljenih z dinamično simulacijo, kar kaže na njeno težnjo po precenjevanju porabe primarne energije. Razlike segajo od 15,6 % pri osnovni šoli SI-01 do 36,8 % pri osnovni in srednji šoli SI-05, kar odraža kompleksnost posameznih stavb ter dinamiko uporabe njihovih sistemov.

Največja odstopanja so zaznana pri stavbah z bolj kompleksnimi sistemi, kot je SI-05, kjer dinamična metoda natančneje zajame interakcije med sistemi in spremembe v rabi energije po poteku časa. Pri stavbah, kot so pisarne SI-03, kjer so energetske sistemi preprostejši in raba energije bolj enakomerna, so razlike manjše, a še vedno izrazite.

Dinamična simulacijska metoda se je izkazala za bistveno bolj natančno pri ocenjevanju vplivov sezonskih nihanj, sprememb v rabi energije in interakcij med različnimi sistemi. Nasprotno pa stacionarna metoda, ki temelji na povprečnih mesečnih podatkih, teh učinkov ne more ustrezno zajeti, kar pogosto vodi do prenapihnenih ocen energijskih potreb. Ta omejitev je še posebej izrazita pri stavbah, kjer so energetske zahteve sezonsko spremenljive ali kjer uporabniki ustvarjajo nepredvidljive obremenitve.

Rezultati analize potrjujejo, da je uporaba dinamične metode ključnega pomena za natančno načrtovanje prenove stavb in doseganje zahtev PURES 2022 ter standardov za skoraj nič-energijske stavbe (sNES). Čeprav je stacionarna metoda hitrejša in manj zahtevna za izvedbo, lahko njena uporaba pri zahtevnejših projektih povzroči neustrezne načrtovalske odločitve, previsoko določanje potrebnih ukrepov in zaradi tega višje stroške investicij. Dinamična metoda, čeprav bolj zahtevna, omogoča realnejše ocene in natančnejše načrtovanje, kar je ključno za dolgoročno energetske učinkovitost in stroškovno optimizacijo projektov.

Prihodnje načrtovanje energetske prenove bi zato moralo temeljiti predvsem na dinamičnih simulacijah, medtem ko je lahko stacionarna metoda dopolnilno orodje za predhodne, pripravljalne ocene. Takšna kombinacija metod bi omogočila boljšo usklajenost med načrtovanjem in dejanskimi potrebami stavb ter učinkovitejše doseganje trajnostnih ciljev v gradbeništvu.

Zaključek

Poročilo podaja celovito analizo energetske učinkovitosti stavb in sistemov v okviru 163 prenovitvenih projektov s poudarkom na primerjavi toplotnih prehodnosti (U-vrednosti) ter tehničnih sistemov v skladu s PURES 2010 in PURES 2022. Poleg tega vključuje poglobljeno računsko analizo za pet izbranih stavb, kjer sta bili primerjani stacionarna mesečna metoda in dinamična simulacijska metoda za oceno primarne energije. Namen analize je bil ne le oceniti skladnosti prenovitvenih projektov z aktualnimi predpisi, temveč tudi osvetliti vpliv sprememb v zakonodaji na energetske prenove stavb in prepoznati področja za nadaljnje izboljšave.

V zaključku so povzete ključne ugotovitve analize, pri čemer so posebej obravnavani doseženi standardi energetske učinkovitosti, skladnost s cilji skoraj ničenergijskih stavb (sNES) ter izboljšave, potrebne za doseganje ciljev brezogljičnih stavb (ZEB). Poleg tega se zaključek osredotoča na pomen uporabe sodobnih metod, kot je dinamična simulacija, pri načrtovanju energetske učinkovitih prenov ter na izzive in priložnosti, povezane z izvajanjem teh načinov dela v praksi.

1.13 Zaostritve v PURES

Ključne spremembe v PURES 2022

1. Zaostritev zahtev glede toplotne izolacije

- Znižane so dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti (U) za različne gradbene elemente, kar pomeni potrebo po boljši izolaciji stavb.

2. Povečanje deleža obnovljivih virov energije (OVE)

- Nove stavbe morajo zagotavljati večji delež energije iz OVE, kar spodbuja uporabo sončnih kolektorjev, toplotnih črpalk in drugih obnovljivih virov.

3. Uvedba sistemov za spremljanje porabe energije

- Obvezna je namestitev sistemov, ki omogočajo natančno spremljanje in analizo porabe energije v stavbah, kar pripomore k učinkovitejšemu upravljanju.

4. Dodatne zahteve za hlajenje in prezračevanje

- Poudarek je na energetske učinkovitih sistemih za hlajenje in prezračevanje, vključno z rekuperacijo toplote in uporabo naravnega prezračevanja, kjer je to mogoče.

5. Spodbujanje nizkoogljične gradnje

- PURES 2022 spodbuja uporabo materialov in tehnologij z nizkim ogljičnim odtisom ter celovito prizadevanje za zmanjševanje emisij CO₂ v celotnem življenjskem ciklu stavbe.

Praktične posledice za gradbeni sektor

- **Povečani stroški gradnje**
 - Zaradi strožjih zahtev se lahko začetni stroški gradnje povečajo, vendar se ti lahko povrnejo skozi nižje obratovalne stroške in večjo energetske učinkovitost.
- **Potreba po dodatnem usposabljanju**
 - Strokovnjaki v gradbeništvu bodo morali pridobiti nova znanja in usposobljenosti za izpolnjevanje novih zahtev.
- **Spodbujanje inovacij**
 - Nove zahteve bodo spodbudile razvoj in uporabo naprednih materialov ter tehnologij v gradbeništvu.

PURES 2022 prinaša pomembne spremembe, ki bodo vplivale na načrtovanje, gradnjo in obratovanje stavb v Sloveniji. Cilj teh sprememb je povečati energetske učinkovitost, zmanjšati emisije toplogrednih plinov in spodbujati trajnostno gradnjo. Za uspešno izvedbo bosta ključna sodelovanje med zakonodajalci, strokovnjaki in investitorji ter prilagoditev novim standardom in praksam v gradbeništvu.

1.14 Prenove v sklopu LS-1 in LS-2

Na podlagi analize vzorca **163 stavb**, ki so bile prenovljene v okviru obravnavanih projektov, smo ocenili njihovo skladnost z današnjimi standardi in prihodnjimi cilji trajnostne gradnje. Osredotočili smo se na primerjavo toplotne izolacije (U-vrednosti) ter uvedbo tehničnih sistemov. V nadaljevanju podajamo ključne ugotovitve oziroma vidike.

Ugotovitve

U-vrednosti ne dosegajo današnjih zahtev

- Kljub izvedeni prenovi velik delež analiziranih stavb še vedno ne dosega današnjih zahtev PURES 2022, kar pomeni, da njihova toplotna ovojnica ne ustreza zdajšnjim standardom energetske učinkovitosti.
- To kaže na potrebo po nadaljnjih ukrepih za izboljšanje izolacijskih lastnosti stavb, zlasti pri fasadah, strešnih konstrukcijah in oknih.

Tehnični sistemi za ogrevanje so skladni

- Večina analiziranih projektov vključuje posodobljene ogrevalne sisteme, ki temeljijo na obnovljivih virih energije (OVE), kot so toplotne črpalke ali kotli na biomaso.
- Ti sistemi prispevajo k zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov in izboljšujejo energetske učinkovitost stavb.

Pomanjkljivo prezračevanje

- Sistemi za prezračevanje so vključeni v zanemarljivo malo projektov, kar kaže na podcenjeni pomen zagotavljanja kakovosti zraka in energetske učinkovitosti z rekuperacijo toplote.
- Pomanjkanje sodobnih prezračevalnih sistemov omejuje potencial za nadaljnje izboljšave energetske učinkovitosti.

Pomanjkanje sončnih elektrarn

- Na obravnavanih stavbah ni bilo izvedenih projektov, povezanih z uvedbo sončnih elektrarn, kar je zamujena priložnost za izkoriščanje razpoložljivega potenciala OVE.
- Brez lastne proizvodnje energije iz obnovljivih virov se energetski odtis stavb ne zmanjšuje na želeno raven.

Analiza je pokazala, da obravnavani projekti, kljub izvedenim prenovam, ne dosegajo cilja **skoraj ničenergijskih stavb (sNES)**, še manj pa standarda **stavb brez emisij (ZEB)**, ki je predviden kot cilj za leto 2050 v okviru strategije Evropske unije za dekarbonizacijo stavbnega sektorja.

Glavne pomanjkljivosti vključujejo:

- nezadostno toplotno izolacijo, ki povečuje porabo energije za ogrevanje in hlajenje,
- pomanjkanje sistemov za prezračevanje in uvedbe obnovljivih virov energije, zlasti sončnih elektrarn.

Za dosego cilja **dekarbonizirane stavbe do leta 2050** bodo potrebni dodatni ukrepi, kot so:

- **izboljšave ovoja stavb (zmanjšanje U-vrednosti)** na ravni, skladni z najnovejšimi standardi,
- **razširitev uporabe obnovljivih virov energije**, vključno z večjo uporabo sončnih elektrarn in drugih virov, kot so geotermalni sistemi,
- **namestitev sistemov za prezračevanje z rekuperacijo toplote**, ki ne samo izboljšujejo energetsko učinkovitost, ampak tudi zagotavljajo višjo kakovost bivanja.

Čeprav so izvedeni projekti pomemben korak k večji energetski učinkovitosti javnih stavb, jih je treba obravnavati kot **vmesno fazo**. Za dosego dolgoročnih ciljev bo treba dodatno vlagati v **nizkoogljične tehnologije**, povečati delež **obnovljivih virov energije** in zagotoviti skladnost z načeli trajnostne gradnje, ki vključujejo zmanjšanje izpustov CO₂ in energetske odvisnosti.

Sistemski način obravnave, ki združuje izboljšave ovoja stavb in uvajanje naprednih tehničnih sistemov, je nujen za prehod k **popolnoma dekarboniziranemu stavbnemu sektorju**.

1.15 Primerjava dinamičnih simulacij z mesečno stacionarno metodo – razprava

Pri analizi slovenskih stavb in ustvarjanju načrtov za postopno celovito energijsko prenovu je jasno, da so dinamične simulacije ključne za zagotavljanje natančnih informacij o možnostih optimizacije porabe energije, zmanjšanja stroškov, blaženja vpliva na okolje, izboljšanja udobja uporabnikov, zagotavljanja skladnosti ter podpore dolgoročnim strategijam upravljanja energije v stavbah. Dinamične simulacije so za stavbe ključnega pomena zaradi več razlogov.

Pomagajo pri prepoznavanju območij energetske potratnosti in neučinkovitosti znotraj stavbe. Uresničevanje priporočil, pridobljenih iz energetskega pregleda, lahko vodi do znatnega zmanjšanja porabe energije in povezanih stroškov, hkrati pa izboljša udobje in zadovoljstvo uporabnikov, kar prispeva k bolj zdravemu in produktivnemu notranjemu okolju. Razumevanje rabe energije in možnih področij za izboljšave omogoča lastnikom stavb, da sprejemajo informirane odločitve o prihodnjih naložbah v energetske učinkovite tehnologije in sisteme.

Pri sledenju evoluciji prenove stavb, upoštevanju delovnih tokov in podatkov ter povezavi z razvojem modelov BIM in BEM so bile opredeljene te možnosti za prihodnost:

- Energetski pregledi: zagotavljajo dragocene vpoglede v energetske učinkovitost stavbe in lahko služijo kot osnova za dolgoročne strategije upravljanja energije.
- Uporaba zbirke podatkov energetske izkaznice (EI): sledenje napredku prenove v že vzpostavljeni zbirki podatkov EI.
- Različice v zbirki podatkov EI: spremljanje sprememb indikatorjev z vzdrževanjem različnih različic v zbirki podatkov EI.
- Sledenje spremembam priporočil EI: spremljanje sprememb priporočil, podanih v EI, v povezavi z rezultati oziroma priporočili iz energetskega pregleda.
- Izraba katastra: uporaba katastra za sledenje spremembam, povezanih s prenovo stavb.
- Povezovanje RPs z EI: sledenje spremembam v prenovitvenem potnem listu v povezavi z EI.
- Evidentiranje sprememb v BIM ali BEM: oblikovanje posodobljenega EI ob spremembah v modelu BIM ali BEM.
- Uporaba sistema za energetske upravljanje (EMS): uporaba EMS za sledenje prenovam stavb in preverjanje doseženih ciljev.

Povezovanje razvoja EI z modeli BIM

Oblikovanje bolj zanesljivih EI na podlagi modelov BIM/BEM je logičen korak naprej. Vendar pa bi to zahtevalo pomembne spremembe v že vzpostavljeni shemi EI, kar pri deležnikih morda ne bo dobro sprejeto. Poleg tega se porajajo vprašanja v zvezi z lastništvom modelov BIM/BEM in dodatnimi stroški, povezanimi z razvojem teh modelov.

Glavni izziv je, kako vključiti pozitivne prvine vseh opredeljenih načinov obravnave, ne da bi proces oblikovanja EI postal preveč zapleten in drag za končne uporabnike. Treba je objektivno oceniti razmerje med dodatnimi stroški in pridobljenimi koristmi.

V primerih globoke prenove bi razvoj modela BIM/BEM lahko prinesel dodatne koristi za končne uporabnike, kakršni sta boljša kakovost podatkov in natančnejša energijska simulacija.

1. Razlike v načinu obravnave

- **Mesečna stacionarna metoda** temelji na poenostavljenih izračunih, ki povprečijo vplive zunanjih dejavnikov (kot so temperatura, sončno sevanje in zasedenost stavbe) na mesečni ravni. Ta metoda je primerna za osnovno oceno energetske učinkovitosti, vendar ne zajema kratkoročnih nihanj in dinamičnih interakcij med sistemi.
- **Dinamične simulacije** vključujejo podrobno modeliranje časovno spremenljivih parametrov, kot so dnevne in sezonske spremembe, uporabniški režimi ter medsebojni vplivi tehničnih sistemov. Rezultati so bolj prilagojeni realnim razmeram, kar omogoča natančnejšo oceno energijske bilance stavbe.

2. Rezultati primerjav

- V analizi je bilo ugotovljeno, da stacionarna metoda pogosto **podcenjuje ali precenjuje porabo energije** za ogrevanje in hlajenje, zlasti pri stavbah z dinamičnimi obremenitvami, kot so šole, poslovne stavbe in bolnišnice.
- Dinamične simulacije so pokazale **višjo stopnjo natančnosti** pri oceni energijskih potreb, saj upoštevajo časovno nelinearnost, kot je na primer hitro nihanje temperature v prehodnih obdobjih ali vpliv zasedenosti prostora.
- Simulacije so razkrile tudi **možnosti optimizacije** pri vpeljavi obnovljivih virov energije (OVE), kot so sončne elektrarne in sistemi za toplotno shranjevanje, česar stacionarna metoda ne obravnava dovolj natančno.

3. Ugotavljanje ključnih razlik

- Dinamične simulacije so poudarile potrebo po **natančnejšem načrtovanju toplotne izolacije in zračnosti** stavbe, saj stacionarna metoda ne upošteva kratkotrajnih toplotnih mostov ali izgub zaradi prezračevanja.
- Pri načrtovanju sistemov ogrevanja, hlajenja in prezračevanja so dinamične simulacije omogočile **optimizacijo delovanja sistemov** v realnem času, česar mesečna metoda ne predvideva.

Ugotovitve in priporočila za prakso

1. Povezovanje obeh metod

- Mesečna stacionarna metoda ostaja uporabna za osnovno usklajenost z zakonodajo in hitro oceno energetske učinkovitosti stavb. Vendar je treba za **natančno načrtovanje energetske zahtevnih stavb** vključiti dinamične simulacije, ki lahko dopolnijo stacionarne izračune in ponudijo bolj realistične napovedi.

2. Podpora pri prenovah

- Pri energetske prenovi stavb, zlasti za doseganje standardov PURES 2022 in ciljev sNES/ZEB, je dinamična simulacija ključna za izdelavo **renovacijskih načrtov (Renovation Roadmaps)**. Simulacije omogočajo prepoznavanje najbolj smiselnega zaporedja ukrepov za zmanjšanje energijskih potreb in hkratno optimizacijo stroškov.

3. Izboljšave zakonodaje

- Vključenost dinamičnih simulacij v postopke certificiranja EI (energetske izkaznice) in načrtovanja renovacij bi povečala natančnost rezultatov in omogočila boljše prilagajanje ukrepov posebnim pogojem stavb.

4. Izobraževanje in usposabljanje

- Uporaba dinamičnih simulacij zahteva poglobljeno tehnično znanje in dostop do naprednih orodij (na primer IDA-ICE, EnergyPlus). Zato je treba okrepiti usposabljanje projektantov, inženirjev in energetskih svetovalcev, da bodo učinkovito uporabljali to metodologijo.

5. Dolgoročne koristi

- Primerjava rezultatov dinamičnih simulacij in stacionarne metode potrjuje, da uporaba simulacij ne le povečuje natančnost izračunov, ampak tudi omogoča boljše **trajno upravljanje energetske učinkovitosti stavb**. To je ključnega pomena za doseganje dolgoročnih ciljev dekarbonizacije.

Dinamične simulacije dopolnjujejo mesečno stacionarno metodo in so nujne za doseganje visokih standardov energetske učinkovitosti, ki jih zahteva PURES 2022. Njihova uporaba omogoča bolj realistično in prilagodljivo načrtovanje, predvsem za energetske zahtevne stavbe in zahtevne prenovitvene projekte. Čeprav so te simulacije bolj zahtevne, njihova uporaba prinaša pomembne prednosti, zlasti pri dolgoročnem upravljanju stavb in doseganju ciljev trajnostne gradnje.