

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**ENERGETSKA SANACIJA FASADE
VEČSTANOVANJSKE STAVBE**

Kandidat: Jure Neudauer

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: Vladimir Dragorajac, univ. dipl. inž.

Mentor v podjetju: Aleksander Eržen, dipl. inž. grad.

Lektor: Darja Plajnšek, prof. slov. jez.

Maribor, 2025

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Jure Neudauer sem avtor diplomskega dela z naslovom Energetska sanacija fasade večstanovanjske stavbe, ki sem ga napisal pod mentorstvom Vladimirja Dragorajaca, univ. dipl. inž.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Ptuj, september 2025

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zame predstavlja to diplomsko delo zaključek pomembne življenjske poti, ki je bila polna izzivov in priložnosti. Iskrena zahvala gre mentorju g. Vladimirju Dragorajcu za nasvete, strokovno vodstvo in usmerjanje pri nastajanju dela. Prav tako se zahvaljujem mentorju v podjetju g. Aleksandru Erženu za strokovno znanje in izkušnje, s katerimi me je spodbujal pri delu, ter g. Danilu Radeju, ki mi je kot delodajalec z razumevanjem in nasveti olajšal študij.

Posebna zahvala gre moji partnerki Nevi ter sinovoma, ki so me s svojo ljubeznijo in podporo vsak dan znova navdihovali. Hvaležen sem tudi mami Heleni in sestri Mojci za spodbudo in pomoč na študijski poti. Najbolj iskrena zahvala pa gre očetu Matjažu, ki je v času nastajanja dela žal preminil. S svojim zgledom in vrednotami je odločilno oblikoval, kakšen človek sem danes, zato to diplomsko delo posvečam njemu.

Zahvaljujem se tudi vsem ostalim, ki so mi na kakršenkoli način pomagali, me spodbujali ali mi stali ob strani na tej poti.

POVZETEK

Diplomsko delo obravnava energetska sanacijo fasad večstanovanjskih stavb kot enega ključnih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti, zmanjšanja stroškov ogrevanja in za doseganje višje kakovosti bivanja. Sanacija neposredno vpliva na toplotne izgube in trajnost stavbnega ovoja, zato je bil namen raziskave celovito oceniti vpliv izbire izolacijskega materiala in fasadnega sistema na stroške, izvedljivost, časovno učinkovitost in dolgoročne koristi.

Poseben poudarek je bil na primerjavi med ekspanziranim polistirenom (EPS) z vgrajenimi požarnimi barierami ter kameno volno. Rezultati so pokazali, da je fasada z mineralno volno v povprečju 30–46 % dražja od sistema EPS, a prinaša večjo požarno varnost, boljše paroprepustnost in daljšo trajnost. Kljub višjim začetnim stroškom se investicija dolgoročno izkaže kot utemeljena. Prav tako je bilo ugotovljeno, da je izvedba z mineralno volno hitrejša in organizacijsko manj zahtevna kot pri sistemu EPS.

V raziskavi je bila posebej izpostavljena tudi uporaba novih tehnologij, predvsem kombinacija brezpilotnih letalnih sistemov (dronov) in umetne inteligence za pregledovanje fasad. Ta pristop se je izkazal kot bistveno hitrejši, natančnejši in varnejši od tradicionalnih metod ter predstavlja pomemben korak k digitalizaciji gradbeništva in preventivnemu vzdrževanju stavb.

Glavne ugotovitve potrjujejo, da energetska sanacija fasad ni zgolj tehnični ukrep, ampak kompleksen proces, ki vključuje ekonomske, okoljske in organizacijske vidike. Pri odločanju o investiciji je treba poleg stroškov upoštevati zakonodajne zahteve, možnosti subvencij ter dolgoročne trajnostne učinke, kot sta manjši ogljični odtis in izboljšana kakovost urbanega prostora.

Diplomsko delo tako potrjuje postavljene hipoteze in hkrati ponuja smernice za prakso: premišljena izbira materialov, celostno načrtovanje sanacij ter vključevanje naprednih tehnologij. Energetska sanacija zahteva interdisciplinaren pristop, ki združuje tehnično znanje, ekonomsko presojo in sodobne digitalne rešitve, hkrati pa odpira priložnosti za nadaljnje raziskave na področju umetne inteligence in novih izolacijskih materialov.

Ključne besede: *energetska sanacija, fasada, večstanovanjske stavbe, toplotna izolacija, digitalizacija.*

ABSTRACT

ENERGY RENOVATION OF THE FACADE OF A MULTI-APARTMENT BUILDING

The thesis examines the energy renovation of facades in multi-apartment buildings as a key measure for improving energy efficiency, reducing heating costs and enhancing living comfort. Renovation directly influences heat losses and the durability of the building envelope. The research aimed to evaluate the impact of insulation material and facade system choice on costs, feasibility, time efficiency and long-term benefits.

The study focused on comparing expanded polystyrene (EPS) with fire barriers and mineral wool. Results showed that mineral wool facades are on average 30–46% more expensive than EPS systems, yet they provide higher fire safety, better vapor permeability and greater durability. Despite higher initial costs, mineral wool proves a sound long-term investment. Moreover, installation is faster and less demanding than with EPS, which requires additional fire protection.

New technologies were also addressed, particularly the use of drones combined with artificial intelligence for facade inspections. This method has proven faster, more accurate, and safer than traditional approaches, supporting the digitalization of construction and preventive maintenance.

Overall findings confirm that energy renovation of facades is not only a technical measure but a complex process involving economic, environmental and organizational aspects. Investment decisions must consider not only costs but also legislation, subsidies and sustainability benefits such as reduced carbon footprint and improved urban quality.

The thesis confirms the initial hypotheses and offers practical guidelines: careful material selection, integrated renovation planning and the use of advanced technologies. Energy renovation requires an interdisciplinary approach combining technical expertise, economic assessment and digital solutions, while opening opportunities for future research in artificial intelligence and innovative insulation materials.

Keywords: *energy renovation, facade, multi-apartment buildings, thermal insulation, digitalization*

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	8
1.1	Opis področja in opredelitev problema.....	8
1.2	Namen, cilji in osnovne trditve.....	9
1.3	Predpostavke in omejitve	10
1.4	Uporabljene raziskovalne metode	10
2	DELO V PROJEKTNi SKUPINI.....	11
2.1	Varnost pri delu kot sestavni del energetske sanacije	13
2.1.1	Opis in načrt ureditve gradbišča.....	16
2.1.2	Gradbeni oder	19
2.1.3	Osebna varovalna oprema	21
3	TEORETIČNO OZADJE.....	23
3.1	Osnove energetske sanacije fasade večstanovanjskih stavb	23
3.2	Zakonodajni okvir energetske učinkovitosti stavb v Sloveniji in EU.....	25
3.3	Vpliv fasade in ovoja stavbe na energetsko učinkovitost	25
3.4	Toplotnoizolacijski materiali in sistemi za energetsko sanacijo	26
3.4.1.	Izolacijski materiali	26
3.4.2.	Izolacijski sistemi	27
3.5.	Okoljski vidiki in subvencije za večstanovanjske stavbe	28
4	PRAKTIČNI PRIMER ENERGETSKE SANACIJE STAVBE	30
4.1	Predstavitev stavbe	30
4.2	Izvedeni ukrepi sanacije.....	32
4.3	Ekonomika energetske sanacije fasade.....	39
4.4	Rezultati in analiza prihrankov	43
5	VPLIV NA BIVALNO OKOLJE	44
5.1	Toplotno udobje.....	44
5.2	Kakovost zraka in uravnavanje vlage.....	45
6	PREVERJANJE HIPOTEZ.....	46
6.1	Hipoteza 1	46
6.2	Hipoteza 2:.....	52
6.3	Hipoteza 3.....	55
6.4	Hipoteza 4.....	57
7	SKLEP.....	61
8	LITERATURA	63

KAZALO SLIK

SLIKA 1 FAZE PRIPRAVE PROJEKTA.....	12
SLIKA 2 IZOLACIJSKI MATERIALI ZA FASADE	12
SLIKA 3 VARNOSTNI NAČRT PROJEKTA	14
SLIKA 4 EVIDENČNI LIST IZVAJALCA	15
SLIKA 5 NAČRT UREDITVE GRADBIŠČA	16
SLIKA 6 SKICA ZAŠČITE VHODOV V BLOK.....	18
SLIKA 7 ZAVAROVANJE VHODOV V BLOK.....	18
SLIKA 8 GRADBENI ODER.....	20
SLIKA 9 GRADBENI ODER NA OBRAVNAVANEM OBJEKTU	21
SLIKA 10 OBRAVNAVAN OBJEKT.....	30
SLIKA 11 OBSTOJEČA IZOLACIJA NA OBRAVNAVANEM OBJEKTU	33
SLIKA 12 POŠKODBE NA BALKONSKEM STROPU	34
SLIKA 13 PRAVILEN NANOS LEPILA NA IZOLACIJSKO PLOŠČO	35
SLIKA 14 NANOS LEPILA NA OBRAVNAVANEM OBJEKTU	36
SLIKA 15 PRAVILNO POLAGANJE IZOLACIJSKIH PLOŠČ	36

KAZALO TABEL

TABELA 1 LASTNOSTI IZOLACIJSKIH MATERIALOV.....	26
TABELA 2 CENA MATERIALA ZA JUB/KNAUF FASADNI SISTEM S POŽARNIMI BARIERAMI	47
TABELA 3 CENA MATERIALA ZA JUB/KNAUF FASADNI SISTEM Z MINERALNO VOLNO	48
TABELA 4 CENA MATERIALA ZA WEBER FASADNI SISTEM S POŽARNIMI BARIERAMI	49
TABELA 5 CENA MATERIALA ZA WEBER FASADNI SISTEM Z MINERALNO VOLNO.....	50
TABELA 6 POVPREČNI NAPREDEK MONTAŽE	53
TABELA 7 LASTNOSTI ZAKLJUČNIH SLOJEV	55
TABELA 8 PRIMERJALNA ANALIZA METOD PREGLEDOVANJA FASAD	60

KAZALO GRAFIKONOV

GRAFIKON 1 LASTNOSTI POSAMEZNIH ZAKLJUČNIH SLOJEV	56
---	----

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

V zadnjih desetletjih se energetska učinkovitost stavb vse bolj uveljavlja kot ključni dejavnik pri zmanjševanju porabe energije in emisij toplogrednih plinov. Večstanovanjske stavbe, zgrajene pred letom 1990, pogosto ne izpolnjujejo sodobnih energetskih standardov, saj imajo dotrajane fasadne sisteme, neustrezno toplotno izolacijo in posledično visoke toplotne izgube. Zaradi tega stanovalci plačujejo višje stroške ogrevanja, kakovost bivalnega okolja pa je nižja, saj so notranji prostori bolj izpostavljeni temperaturnim nihanjem, vlagi in plesni.

Energetska sanacija fasade večstanovanjske stavbe je eden izmed ključnih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti. Obnova fasade vključuje namestitev nove toplotne izolacije, uporabo sodobnih materialov in upoštevanje zakonodajnih zahtev, kot jih določajo nacionalni in evropski standardi. Pri načrtovanju energetske sanacije je treba upoštevati več dejavnikov, med drugim izbiro ustrezne debeline izolacije, vpliv na toplotne mostove, vrsto zaključnega sloja ter financiranje projekta, ki pogosto vključuje subvencije, kot so nepovratna sredstva Eko sklada.

Problem, ki ga obravnava ta naloga, izhaja iz dejstva, da mnoge večstanovanjske stavbe še vedno nimajo ustrezno sanirane fasade, kar vodi v velike energetske izgube. Kljub razpoložljivim finančnim spodbudam in tehničnim rešitvam se številni investitorji in lastniki stanovanj srečujejo z izzivi, kot so visoki začetni stroški, organizacija sanacijskih del in usklajevanje med etažnimi lastniki. Poleg tega je pri izvedbi sanacije pomembno zagotoviti pravilno izbiro materialov, ki bodo dolgoročno zagotavljali najboljše razmerje med stroški, energetsko učinkovitostjo in trajnostjo fasadnega sistema.

S temi izhodišči naloga analizira ključne vidike energetske sanacije fasade večstanovanjske stavbe, od tehnoloških rešitev do finančnih vidikov, s ciljem oceniti optimalne pristope za zmanjšanje toplotnih izgub, izboljšanje bivalnih pogojev in povečanje vrednosti nepremičnin.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je raziskati vpliv energetske sanacije fasade večstanovanjskih stavb na energetske učinkovitost, bivalno udobje in trajnostne koristi. Sanacija fasade igra ključno vlogo pri zmanjševanju toplotnih izgub in stroškov ogrevanja, hkrati pa vpliva na življenjsko dobo objekta in kakovost bivanja. Pri načrtovanju je treba upoštevati različne materiale, metode izvedbe in napredne tehnologije, ki lahko optimizirajo postopek ter dolgoročne učinke sanacije.

Cilj raziskave je analizirati ključne dejavnike, ki vplivajo na uspešnost sanacije, ter preučiti razlike med posameznimi izolacijskimi sistemi in zaključnimi sloji. Poseben poudarek bo namenjen tudi sodobnim pristopom, kot sta uporaba dronov in umetne inteligence pri pregledu fasad, ki omogočajo učinkovitejše in natančnejše odkrivanje poškodb.

Diplomsko delo temelji na naslednjih hipotezah:

H1: Izdelava fasade na večstanovanjskih stavbah s kameno volno poveča skupne stroške gradnje fasade za 20 % v primerjavi z drugimi izolacijskimi materiali ob upoštevanju enakih tehničnih lastnosti in kakovosti izolacije.

H2: Izdelava fasade s kameno volno je hitrejša od izdelave fasade s stiroporjem in požarnimi barierami ob upoštevanju enakih tehničnih zahtev in delovnih pogojev.

H3: Silikonsko-silikatni zaključni sloji fasad imajo daljšo življenjsko dobo kot akrilni in mineralni zaključni sloji zaradi boljše odpornosti na vremenske vplive, UV-sevanje in onesnaženje.

H4: Uporaba dronov v kombinaciji z umetno inteligenco omogoča hitrejše in bolj natančno odkrivanje poškodb in težav na fasadah večstanovanjskih stavb v primerjavi s tradicionalnimi metodami pregledovanja.

Raziskava bo prispevala k boljšemu razumevanju izzivov in prednosti energetske sanacije fasad ter omogočila objektivno primerjavo različnih pristopov tako z vidika stroškov kot dolgoročne učinkovitosti.

1.3 Predpostavke in omejitve

Pri izdelavi diplomskega dela o energetske sanaciji fasad večstanovanjskih stavb se lahko pojavijo omejitve, kot sta otežen dostop do podatkov zaradi poslovnih skrivnosti in omejena dostopnost strokovnih analiz življenjske dobe materialov. Prav tako je možno, da se zaradi specifičnosti posameznih projektov ugotovitve raziskave ne bodo v enaki meri nanašale na vse stavbe in sanacijske rešitve. Poleg tega se zakonodajni in energetski standardi nenehno spreminjajo, kar lahko vpliva na dolgoročno veljavnost ugotovitev. Kljub tem omejitvam bo raziskava temeljila na dostopnih virih, tehničnih podatkih in primerih iz prakse ter tako zagotovila relevantne in uporabne zaključke.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Pri izdelavi diplomskega dela bom uporabil kombiniran raziskovalni pristop, ki bo združeval teoretična izhodišča in analizo praktičnih primerov. V teoretičnem delu bom preučil ključne koncepte, modele in metode, ki se uporabljajo pri energetske sanaciji fasad večstanovanjskih stavb, ter analiziral obstoječo literaturo in raziskave na tem področju.

Raziskovalni del bo temeljil na kvantitativni analizi stroškov energetske sanacije in prihrankov pri energiji ter tehnični primerjavi različnih izolacijskih materialov. Dokumentarna analiza bo vključevala pregled zakonodajnih zahtev, standardov in možnosti financiranja projektov. S pomočjo študij primerov bom ocenil vpliv energetske sanacije na dolgoročno učinkovitost stavb. Takšen pristop bo omogočil celovito razumevanje ključnih dejavnikov, ki vplivajo na sanacijo fasad, ter prispeval k oblikovanju praktičnih priporočil za optimizacijo teh procesov.

2 DELO V PROJEKTNi SKUPINI

V okviru priprav na diplomsko delo na Visoki šoli Academia v Mariboru sem sodeloval v sklopu več delavnic, ki so bile namenjene razvoju strokovnih in osebnostnih kompetenc ter so ključne za učinkovito delo v skupinskem ter projektno naravnanim okolju. Med temi delavnicami sta imeli še posebej pomembno vlogo dve obliki osebnostne diagnostike – Belbinov test timskih vlog in Myers-Briggsov indikator tipov osebnosti (MBTI). Gre za orodji, ki omogočata globlji vpogled v posameznikove vedenjske vzorce, preferenčne načine delovanja in naravne prednosti pri sodelovanju z drugimi. Oba testa sta predstavljala pomembni izhodišči za oblikovanje projektnih skupin ter razdelitev vlog in odgovornosti znotraj njih.

Rezultati testiranja so razkrili, da imam močno izražene značilnosti Belbinove vloge izvajalca. Ta vloga opisuje posameznike, ki se zanašajo na red, strukturo in učinkovitost. So praktični, usmerjeni v realizacijo in znajo dobre ideje pretvoriti v izvedljive akcijske načrte. Dopolnjujejo jih posamezniki z bolj domiselnimi, raziskovalnimi in idejnimi vlogami, kar omogoča dobro sinergijo v timu. Hkrati je MBTI test pokazal, da sodim v osebnostni tip razpravljalca (ENTP), kar pomeni, da sem po naravi ekstrovertiran, nagnjen k intuitivnemu dojetanju informacij, analitičnemu razmišljanju in odprtosti za nove možnosti. Ta kombinacija mi omogoča, da sem hkrati usmerjen k ciljem, a tudi kritičen do obstoječih rešitev, vedno pripravljen postaviti vprašanja, iskati izboljšave in razmišljati o alternativah.

Razumevanje lastnega profila sem v veliki meri uporabil pri sodelovanju v projektni skupini, kjer smo obravnavali kompleksno temo energetske sanacije fasade večstanovanjske stavbe. Gre za tehnično in zakonodajno zahtevno področje, ki zahteva poznavanje različnih strok, od gradbeništva in materialov do prava in varstva okolja. V skupini sem se naravno pozicioniral kot nekdo, ki povezuje ideje z izvedbo, pri čemer pa nisem prevzemal le vloge organizatorja, temveč tudi analitika in spodbujevalca diskusije. Tako sem skrbel, da so bile naloge jasno opredeljene, terminski načrt realen in naloge razdeljene v skladu z zmožnostmi članov skupine. Pogosto sem odpiral nova vprašanja, izzival predpostavke in predlagal inovativne rešitve.



Slika 1 Faze priprave projekta

Vir: (Gradbeni inštitut ZRMK, d.o.o., 2025)

Pri analizi metod energetske sanacije smo obravnavali številne ključne izzive. Eden prvih je bila izbira ustreznega izolacijskega materiala. Primerjali smo toplotne lastnosti, požarno varnost, trajnostne značilnosti in stroškovno učinkovitost različnih možnosti, kot so kamena volna, ekspandirani polistiren (EPS) in grafitni EPS. Medtem ko je kamena volna prednjačila z vidika požarne odpornosti in difuzijske odprtosti, je EPS, zlasti grafitni, nudil boljšo toplotno izolacijo pri manjši debelini in nižji ceni. Moja vloga je bila, da sem skupino usmerjal v tehtanje vseh dejavnikov, ne le izolativnosti, temveč tudi dolgoročnih posledic za vzdrževanje, morebitnih vplivov na zdravje, estetskih rešitev in skladnosti z zakonodajo.



Slika 2 Izolacijski materiali za fasade

Vir: (Atraktiv, d.o.o., 2023)

Prav zakonodaja je bila eno izmed osrednjih področij našega dela. Temeljito smo preučili Energetski zakon (EZ-1), Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES-3), Gradbeni zakon (GZ-1), Pravilnik o požarni varnosti v stavbah ter Pravilnik o dodeljevanju spodbud za energetske prenove. Vsak izmed teh predpisov prinaša nabor pogojev, ki jih mora projekt energetske sanacije izpolnjevati – od minimalne toplotne prehodnosti ovoja do zahtev po uporabi negorljivih materialov v večetažnih stavbah. Dodatno je pomemben tudi postopek pridobivanja subvencij preko Eko sklada, kjer mora investitor dokazati izboljšanje energijskega razreda stavbe in izpolnjevanje tehničnih meril. Na tem področju sem pripravil zbirno analizo zahtev in uskladih tehnične rešitve z normativnimi okviri.

S projektno skupino smo se srečali tudi z vprašanjem, kako vključiti nove tehnologije v tradicionalne gradbene postopke. Predlagal sem uporabo dronov za vizualni in termografski pregled fasad, kar se je izkazalo za zelo učinkovito pri dostopanju do težko dostopnih delov objekta, pri zmanjševanju tveganj za delavce in hitrejšem zajemanju podatkov. Nadalje smo raziskali možnost uporabe umetne inteligence pri analizi poškodb ovoja stavbe, kar bi dolgoročno lahko predstavljalo pomemben prispevek k preventivnemu vzdrževanju in načrtovanju sanacij.

Eden od izzivov, s katerim smo se morali soočiti, je bila različna naravnost članov skupine. Nekateri so prisegali na preverjene metode in rešitve, drugi pa smo bili bolj naklonjeni inovacijam. Kljub začetnim nesoglasjem smo s pomočjo argumentirane razprave, podprte s podatki in primeri dobrih praks, uspeli doseči konsenz. Zame osebno je bila to dragocena izkušnja, saj sem se naučil, kako pomembno je poslušati različna mnenja, kako graditi soglasje in kako prepoznati trenutek, ko je bolje umakniti svojo idejo v prid boljše skupinske rešitve.

2.1 Varnost pri delu kot sestavni del energetske sanacije

Izdelava varnostnega načrta za obnovo fasade večstanovanjske stavbe na Ulici 25. maja 12 na Ptujju temelji na Zakonu o varnosti in zdravju pri delu (Uradni list RS, št. 43/11) ter Uredbi o zagotavljanju varnosti in zdravja na začasnih in premičnih gradbiščih (Uradni list RS, št. 83/05). Pri načrtovanju so bili upoštevani vplivi izvajanja vzdrževalnih del na varnost delavcev, stanovalcev ter prometnih poti v neposredni bližini objekta. V načrtu so opredeljene vse znane nevarnosti, povezane z delom na fasadi, skupaj z ukrepi za njihovo odpravo ter postopki, s katerimi se zagotavlja varno izvajanje vseh faz del. Ključno vlogo ima koordinator za varnost in zdravje pri delu, ki beleži nepredvidene okoliščine v knjigo ukrepov za varno delo ter lahko

po pooblastilu investitorja tudi začasno ustavi dela ob zaznani nevarnosti. Varnostni načrt tako predstavlja obvezen del dokumentacije pred začetkom gradbenih del in se med izvajanjem po potrebi sproti dopolnjuje.


Nepremičninske storitve

PODATKI O PROJEKTU

Naročnik/ investitor oz. upravnik :
**V IMENU ETAŽNIH LASTNIKOV VEČSTANOVANJSKE
STAVBE ULICA 25. MAJA 12, PTUJ**

**PSS PTUJ D.O.O.,
VOŠNJAKOVA ULICA 6, 2250 PTUJ**

Projektna naloga:
**VARNOSTNI NAČRT ZA OBNOVO FASADE NA STAVBI,
ULICA 25. MAJA 12, PTUJ**

Vrsta projektne dokumentacije :
VARNOSTNI NAČRT

Številka varnostnega načrta :
4_2024

Načrt izdelalo podjetje:
**NESTING, nepremičninske storitve, Tomaž Šoštarčič s.p., Ulica 25.
Maja 12, Ptuj**

Odgovorna oseba za izdelavo varnostnega načrta :
ŠOŠTARIČ TOMAŽ, mag. gosp. inž.

Številka dovoljenja za delo :
4501-25/2020

Kraj in datum :
Ptuj, februar 2024


(podpis)

Slika 3 Varnostni načrt projekta

Vir: (Nesting, nepremičninske storitve, Tomaž Šoštarčič, s.p., 2024)

Vodja del na gradbišču ima ključno odgovornost za zagotavljanje varnega in nemotenega poteka del. Pred začetkom del mora preveriti, ali so izpolnjeni vsi osnovni pogoji za delo: tehnična dokumentacija, ustrezna faza objekta, potrebna sredstva in materiali ter varnostni ukrepi, kot jih predvideva varnostni načrt. Če ti pogoji niso izpolnjeni, je dolžan delo zaustaviti. Poleg tega mora imeti določenega namestnika za primer odsotnosti.

Neposredni vodja del mora svoje delavce seznaniti z varnim načinom izvajanja del, zagotoviti vso potrebno dokumentacijo (o zdravstveni sposobnosti, usposobljenosti, brezhibnosti opreme), ustrezno osebno varovalno opremo (OVO) ter brezhibno delovno opremo. Delavcem mora preprečiti delo v primeru nespoštovanja varnostnih ukrepov, uporabe škodljivih substanc ali nepravilne uporabe OVO. Dolžan je izvajati dodatne ukrepe na zahtevo investitorja ali

varnostnega strokovnjaka, ustaviti delo ob ogroženosti zdravja ali življenja ter o vseh nevarnostih sproti obveščati nadrejene in naročnika. Poleg tega mora stalno spremljati potek del in zagotoviti prisotnost koordinatorja varnosti pri vseh pomembnih delovnih fazah.

Ta celovit pristop k varnosti na gradbišču je v skladu z Uredbo o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih (2005), ki poudarja pomen sprotnega nadzora, odgovornega vodenja in dokumentiranega nadzora nad pogoji za varno delo.

Pred začetkom del na gradbišču mora izvajalec izpolniti evidenčni list delavcev, ki bodo dostopali na gradbišče. Vanj se vpišejo podatki o delavcih, zdravniških pregledih, usposabljanjih iz varnosti pri delu in veljavnosti izpitov. Z izpolnjeno izjavo izvajalec jamči, da imajo delavci urejeno zaposlitev, zavarovanje, brezhibno opremo in osebno varovalno opremo ter da so seznanjeni z varnostnim načrtom in vsemi potrebnimi ukrepi za varno delo.

Evidenčni list izvajalca:
DELODAJALEC: _____

SEZNAM DELAVCEV, KI BODO VSTOPALI/DOSTOPALI NA
GRADBIŠČE

Zap. št.	Ime in priimek delavca	Delovno mesto	Datum zad. Zdr.preg.	Zdr. preg.velja do:	Datum zad. Usposa. iz VZD in VPP	Izpit iz VZD velja do
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Izjavljamo, da imajo vsi delavci, ki delajo na gradbišču:
SANACIJA FASADE, ULICA 25. MAJA 12, PTUJ

- veljavno in uspešno opravljeno teoretično in praktično usposabljanje iz VZD,
 - veljavna zdravniška spričevala (skladno z Izjavo o varnosti z ocenami tveganja),
 - veljavne pogodbe o delu,
 - veljavna delovna dovoljena,
 - opravljena predpisana dodatna usposabljanja (izpit za dvigalo, izpit za upravljanje strojev TGM itd.)
 - ustrezno urejeno zdravstveno in invalidsko zavarovanje.
- Izjavljamo, da imamo:**
- pregledano in preizkušeno delovno opremo, ki imajo veljavna poročila o brezhibnem delovanju,
 - delavce seznanjene z vsemi navodili za varno delo
 - zagotovljeno predpisano osebno varovalno opremo (skladno z veljavnimi predpisi in standardi), ki jo delavci uporabljajo pri svojem delu.
- Obvezujemo se, da bomo z vsebino varnostnega načrta in njihovimi prilogami seznanili vse zgoraj navedene delavce.

Kraj in datum _____
Odgovorna oseba delodajalca _____
(Ime /Priimek/Žig/Podpis)

Slika 4 Evidenčni list izvajalca

Vir: (Nesting, nepremičninske storitve, Tomaž Šoštarič, s.p., 2024)

2.1.1 Opis in načrt ureditve gradbišča

Opis in načrt ureditve gradbišča predstavljata konkreten način izpolnitve zahtev iz Priloge IV Uredbe o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih deloviščih (2005). Vsa dela na gradbišču se morajo izvajati skladno z določili varnostnega načrta in uredbe, pri čemer je ključnega pomena dosledno spoštovanje določb Priloge IV. V primeru sprememb v času gradnje je potrebno obvezno ustrezno dopolniti varnostni načrt. Dela na gradbišču niso dovoljena brez predhodne vzpostavitve varovanega območja z varnostno ograjo, postavitve predpisanih gradbiščnih objektov, opozorilnih znakov in priklopa gradbiščne elektrike. Pred začetkom del je potrebno zagotoviti fizično zaščito gradbišča, ustrezno označiti delovišče, postaviti elektro omare ter zagotoviti ustrezno osvetlitev delovišča. Poleg tega je treba skleniti pisni sporazum o skupnih varnostnih ukrepih z vsemi izvajalci, voditi evidence o usposobljenosti in zdravstveni sposobnosti vseh delavcev ter seznam delovne opreme z ustreznimi dovoljenji. Vsa dokumentacija, vključno z varnostnim načrtom, kontrolnimi seznamami in knjigo ukrepov, mora biti stalno dostopna na gradbišču in redno posodobljena za potrebe nadzora.

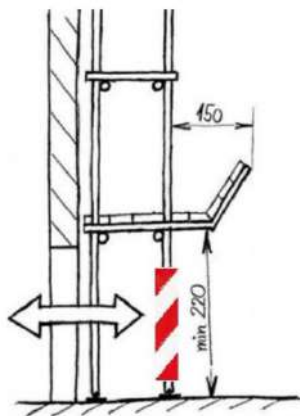


Slika 5 Načrt ureditve gradbišča

Vir: (Nesting, nepremičninske storitve, Tomaž Šoštarich, s.p., 2024)

Na našem gradbišču smo varnostno ureditev in označitev delovišča izvedli v skladu z veljavno zakonodajo in dobrimi praksami gradbeništva, kot prikazuje priložena skica. Celotno območje je bilo ograjeno z gradbiščno varnostno ograjo, visoko 2 metra, ki je preprečevala nepooblaščen dostop ter omogočala varno izvajanje del, skladno z določili Pravilnika o varnostnih znakih (1999). Ograja je bila stabilna, brez nevarnih štrlečih delov in ni služila kot opora gradbenemu materialu, kar je pomembno za preprečevanje poškodb in zagotavljanje reda. Vhod na gradbišče je bil jasno označen, preko nadzorovane točke, ob kateri je bil tudi vhod v objekt. Vhodi so bili ustrezno opremljeni z opozorilnimi znaki, vhodna vrata dimenzij 4 x 2 m pa zaklenjena izven delovnega časa, s ključi pri odgovorni osebi. Na zadnji etaži objekta je bil postavljen fasadni oder z zaščitno mrežo, kar ustreza zahtevam glede zavarovanja višinskih del. Znotraj ograjenega območja so bili premišljeno razporejeni gradbiščni objekti: gradbiščna tabla, kontejner – pisarna, deponija odpadkov in materiala, elektrorazdelilna omarica, kemični WC ter omarica prve pomoči in gasilni aparat. Poleg tega so bila vsa delovna mesta in nevarna območja jasno označena z opozorilnimi tablami, s čimer smo zagotovili varno gibanje oseb in preprečili dostop nepooblaščenim. Takšna ureditev je bila skladna s predpisi in je omogočala varen ter organiziran potek gradbenih del.

Na podlagi lastnega opažanja na gradbišču med energetske sanacije večstanovanjske stavbe smo zaščito vhodnega območja uredili skladno z varnostnimi smernicami. Nad vhodom je bil nameščen zaščitni nadstrešek iz masivne leseno-kovinske konstrukcije, ki je učinkovito prestrezal morebitne padajoče predmete. Nadstrešek je bil postavljen na višini med 220 in 600 cm od tal, njegova nosilnost pa dodatno ojačana z jeklenimi povezavami in dvema pravokotno položenima slojema desk. Spodnji del konstrukcije je bil dodatno zavarovan z vertikalnim zaščitnim robom višine več kot 50 cm, kar je povečalo varnost pešcev in preprečevalo raztros materiala. Celotno vhodno območje je bilo dodatno omejeno z varovalno mrežo in opozorilno ograjo. Redno smo izvajali preglede konstrukcije – ob montaži, vsak mesec ter po vsaki spremembi – kar je bilo ustrezno dokumentirano v kontrolnem listu. V primerjavi z zapisom iz predpisov smo nekatere minimalne zahteve celo presegli, saj smo uporabili širši zaščitni pas in dodatno ogradili vhodno pot, kar je še dodatno prispevalo k varnosti na gradbišču.



Slika 6 Skica zaščite vhodov v blok

Vir: (Nesting, nepremičninske storitve, Tomaž Šoštarč, s.p., 2024)



Slika 7 Zavarovanje vhodov v blok

Vir: (Lastni vir)

Dela zunaj ograjenih in ustrezno označenih območij niso dovoljena in bodo ob zaznavi takoj zaustavljena. Vsak izvajalec oziroma njegova pooblaščen oseba, določena v pisnem sporazumu o varnostnih ukrepih, je odgovorna za dosledno spoštovanje tega pravila. V času odsotnosti delavcev mora biti onemogočen dostop nepooblaščenim osebam do gradbenega odra

ali avtodvigala, kar vključuje obvezno zaklepanje dostopov. Gradbiščni red mora biti izobešen na vidnih mestih, kot so vhod na gradbišče, prostor vodstva in garderobe delavcev. Prav tako mora biti na vidnem mestu objavljena prijava delovišča inšpektoratu ter informacijska tabla z vsemi ključnimi podatki o gradbišču (naziv, projektant, investitor, izvajalec, nadzornik, koordinator varstva pri delu (VPD)). Vhod iz ulične strani mora biti označen z opozorilnimi tablam, ki opozarjajo na prepovedan dostop, nevarnost padanja in padca z višine, viseče breme ter obveznost uporabe osebne varovalne opreme.

2.1.2 Gradbeni oder

Gradbeni oder predstavlja enega najpomembnejših varnostnih elementov na gradbišču, saj omogoča varno izvajanje del na višini. Njegova zasnova, postavitve in uporaba morajo biti v celoti skladni z veljavno zakonodajo in tehničnimi standardi. Varnostne zahteve začasne konstrukcije, kot so delovni in fasadni odri, urejata predvsem standarda SIST HD 1000 (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2020) in SIST EN 12811 (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2020), ki opredeljujeta zahteve glede stabilnosti, nosilnosti, zaščite pred padci in varnosti delavcev.

Standarda določata, da mora biti delovni oder izdelan na podlagi tehnične dokumentacije, ki vključuje podatke o dimenzijah, uporabljenih materialih, načinu sidranja in pritrdjevanja, podatke o statičnem izračunu ter navodila za varno montažo in demontažo. V našem podjetju smo to dosledno upoštevali pri postavitvi odra za fasaderska dela, kjer smo oder zasnovali v skladu z višinskimi zahtevami objekta ter ga stabilno zasidrali tako v tla kot tudi ob konstrukcijo stavbe, kar je zagotovilo ustrezno bočno stabilnost.

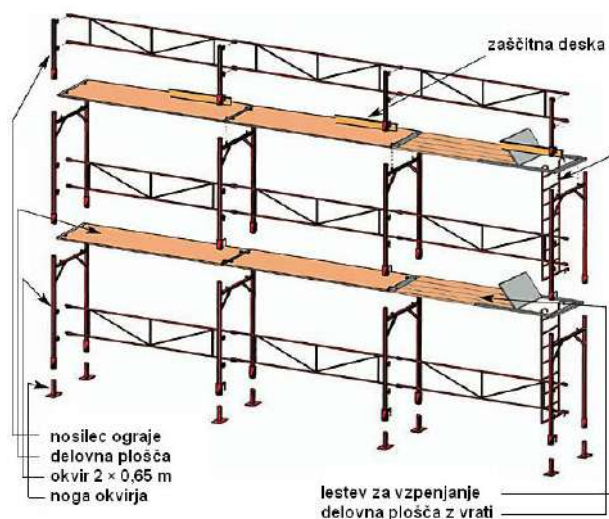
Fasadni oder je bil sestavljen iz trdno povezanih kovinskih elementov z delovno površino širine 100 cm, zaščitno ograjo višine najmanj 1 meter in stranskimi robovi višine 15 cm, kot predpisujejo standardi. Uporabili smo tudi notranje lestve za varen dostop, električni vitel za transport materiala in zagotovili uporabo varnostnega pasu med montažo. Celotna površina odra je bila dodatno zaščitena z napeto varnostno gradbeno mrežo, ki je preprečevala padanje materiala ali orodja z višjih etaž, kar je bilo še posebej pomembno zaradi bližine javnih površin.

Zakonodaja, natančneje Uredba o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih (2005), določa, da smejo odre postavljati, prilagajati ali odstranjevati izključno zdravstveno sposobni in ustrezno usposobljeni delavci pod nadzorom odgovorne

osebe. Naše podjetje je to upoštevalo z imenovanjem pooblaščenega osebe za nadzor ter izvajanjem usposabljanj za osebje, ki je sodelovalo pri montaži. Dodatno smo v vseh nevarnih območjih, predvsem v času postavljanja odra, zagotovili ustrezno označitev z opozorilnimi znaki in fizičnimi zapori, vključno z oranžno zaščitno ograjo na dostopnih točkah, s čimer smo omejili gibanje nepooblaščenim osebam.

Pravilnik tudi predpisuje redne preglede odrov: pred prvo uporabo, najmanj enkrat mesečno, po daljši neuporabi, izpostavljenosti vremenskim vplivom ali po morebitnih poškodbah. V primeru, ko oder uporablja več izvajalcev, mora koordinator za varnost oceniti ustreznost in varnost konstrukcije. V našem primeru smo ob vsakem ključnem koraku izvajali vizualne in dokumentirane preglede, vodili kontrolni list odra in skrbno arhivirali načrt postavitve ter vse morebitne prilagoditve med fazami gradnje.

Na ta način smo zagotovili, da je bila postavitve in uporaba gradbenega odra v celoti skladna z zahtevami standardov in zakonodaje, hkrati pa smo s premišljenim izvajanjem zaščitnih ukrepov aktivno prispevali k varnemu delovnemu okolju za vse udeležence na gradbišču in učinkovitemu varovanju okolice.



Slika 8 Gradbeni oder

Vir: (PTS Vauda, d.o.o., brez datuma)



Slika 9 Gradbeni oder na obravnavanem objektu

Vir: (Lastni vir)

2.1.3 Osebna varovalna oprema

Na našem gradbišču smo dosledno upoštevali zakonske in strokovne zahteve glede uporabe OVO, pri čemer smo opremo vedno prilagodili vrsti del in ocenjenim tveganjem na posameznih deloviščih. V skladu z določili Uredbe o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih (2005) je bila uporaba OVO obvezna za vse prisotne na gradbišču, ne glede na vrsto ali trajanje opravila.

Direktiva določa, da mora delodajalec zagotoviti ustrezno osebno varovalno opremo za vse delavce, pri čemer mora ta oprema ustrezati tveganjem, biti pravilno prilagojena posamezniku, redno pregledovana in vzdrževana ter uporabljena v skladu z navodili. Pravilnik tudi dodatno določa, da mora biti uporaba OVO zagotovljena ves čas prisotnosti na gradbišču, še posebej pri delih na višini, v nevarnih okoljih ali ob uporabi delovne opreme.

Naš pristop k zagotavljanju varnosti je vključeval obvezno nošnjo zaščitne opreme že ob vstopu na gradbišče. Vsak delavec je moral uporabljati:

- zaščitno čelado, ki je preprečevala poškodbe glave pred padajočimi predmeti,
- zaščitna očala ali ščitnike za oči, kjer so obstajala tveganja zaradi delcev in prahu,
- signalizacijska oblačila z odsevnimi trakovi za boljšo vidnost v vseh svetlobnih pogojih,

- varnostni pas z varovalnim sistemom, zlasti pri montaži gradbenih odrov ali drugih delih na višini,
- delovne rokavice, ki so ščitile roke pred mehanskimi poškodbami,
- zaščitno obutev z ojačano kapico in protizdrsnim podplatom,
- ter pri fasadnih delih, kjer je bilo prisotno več prahu in morebitnih škodljivih snovi, tudi zaščito dihal z ustreznimi filtri.

Poleg obvezne uporabe smo vso varovalno opremo redno pregledovali, ustrezno hranili ter zagotovili, da je bila pravilno prilagojena vsakemu uporabniku. Njena uporaba je bila tudi sistematično evidentirana v gradbiščni dokumentaciji, kar je omogočilo sledljivost in nadzor nad varnostnimi praksami. Naša prizadevanja so bila usmerjena v aktivno zmanjševanje tveganj ter v ustvarjanje varnega delovnega okolja.

Različne študije potrjujejo, da namestitev in dosledna uporaba varovalne opreme ter izvajanje intervencij za varnost pri delu bistveno prispevajo k zmanjšanju nezgod in poškodb na delovnih mestih (Vitrano & Micheli, 2024). Kot odgovoren izvajalec smo te ugotovitve upoštevali pri vsakdanjem delu in jih dosledno vgrajevali v organizacijo gradbišča in kulturo varnosti.

Na našem gradbišču smo varnosti namenili posebno pozornost in dosledno izvajali vse potrebne ukrepe za zaščito delavcev, obiskovalcev ter mimoidočih. Vsak dan smo pred začetkom del izvajali kratka varnostna usklajevanja in opozorili na morebitna tveganja, vsa nevarna območja pa so bila ustrezno označena z opozorilnimi tablam. Gradbišče je bilo ograjeno in nadzorovano, dostop so imele le pooblaščen osebe, osebna varovalna oprema (čelade, zaščitna obutev, odsevni jopiči) pa je bila obvezna za vse prisotne. Na vidnih mestih so bili nameščeni gasilni aparat, omarica prve pomoči in informacijska tabla z varnostnimi navodili. Posebno pozornost smo namenili tudi rednemu vzdrževanju reda in čistoče, kar je zmanjšalo nevarnost poškodb in omogočilo nemoten potek del.

3 TEORETIČNO OZADJE

3.1 *Osnove energetske sanacije fasade večstanovanjskih stavb*

Energetska sanacija fasade večstanovanjskih stavb predstavlja enega najpomembnejših ukrepov za doseganje energetske učinkovitosti stavb in zmanjšanje porabe energije. Fasada kot del stavbnega ovoja neposredno vpliva na toplotne izgube, zato je njena obnova ključna za izboljšanje bivalnega ugodja, znižanje stroškov ogrevanja ter zmanjšanje vplivov na okolje. Med najpogostejše uporabljenimi tehničnimi rešitvami prenove je kontaktni fasadni sistem (ETICS), ki vključuje nanos toplotne izolacije na zunanjo steno, ojačitveno mrežico, lepilni sloj in zaključni omet. Ta sistem omogoča učinkovito izboljšanje toplotne zaščite ob hkratni estetski prenovi zunanosti objekta.

V večstanovanjskih stavbah pa prenova fasade ne pomeni le izboljšanja energijske bilance, temveč tudi spoštovanje strogih varnostnih zahtev, zlasti požarnih predpisov, saj večja višina objekta in število uporabnikov pomenita večjo odgovornost pri načrtovanju, izbiri materialov in izvedbi del. Energetska sanacija tako presega zgolj tehnično prenovo, saj gre za celovit in kompleksen postopek, ki vključuje tehnične, upravne in izvedbene korake, pri katerih je potrebno upoštevati tako zakonodajo kot strokovne smernice.

V nadaljevanju so sistematično predstavljeni ključni koraki, ki jih je treba upoštevati za kakovostno izvedbo energetske sanacije fasade, pri čemer je poseben poudarek namenjen analizi obstoječega stanja, izbiri ustreznega izolacijskega sistema, zakonodajnim zahtevam, tehničnemu načrtovanju, pridobivanju spodbud ter izvedbi in vzdrževanju prenovljenega fasadnega ovoja.

Koraki energetske sanacije fasade vključujejo:

1. Analiza obstoječega stanja

V začetni fazi se izvede pregled toplotne učinkovitosti stavbe, pogosto na podlagi energetske izkaznice, ki poda podatke o porabi energije, toplotnih mostovih in učinkovitosti toplotnega ovoja. Po informacijah iz Priročnika upravičenih stroškov Ministrstva za okolje, podnebje in energijo (2024) se za energetske prenove stavb pripravlja gradbeni ali energetski elaborat, ki

vključuje analizo obstoječe fasade, debelino in stanje izolacije, morebitne poškodbe ter oceno toplotnih izgub.

2. Izbira ustreznega materiala in sistema

Na podlagi analize se izbere ustrezna izolacijska rešitev (npr. EPS, mineralna volna, lesna vlakna) in fasadni sistem (lepljeni sistem, prezračevana fasada). Pomembno je, da materiali ustrezajo zahtevam glede toplotne prevodnosti (λ), negorljivosti in paroprepustnosti, hkrati pa morajo biti prilagojeni arhitekturi stavbe in morebitnim omejitvam spomeniškega varstva. Pravilna izbira vpliva na dolgoročno učinkovitost in vzdrževanje fasade (International Energy Agency, 2019).

3. Projektno načrtovanje

V tej fazi se pripravi projektna dokumentacija, ki vključuje tehnične rešitve, popis del in terminski plan. Usklajevanje z upraviteljem stavbe in pridobitev soglasij etažnih lastnikov (v primeru večstanovanjske stavbe) je nujno, saj Zakon o vzpostavitvi etažne lastnine na določenih stavbah in o ugotavljanju pripadajočega zemljišča (ZVEtL-1) (2017) določa, da je za večja vzdrževalna dela (npr. fasada) potrebno 75-odstotno soglasje lastnikov.

4. Pridobivanje dovoljenj in subvencij

Za posege na fasadi, zlasti v primeru spremembe zunanje videza objekta ali pri objektih pod spomeniškim varstvom, je potrebno pridobiti gradbeno dovoljenje ali soglasje pristojnih organov. Poleg tega se lahko zaprosi za subvencijo pri Eko skladu, ki nudi finančno podporo za energetske prenove v obliki nepovratnih sredstev ali ugodnih kreditov (Eko sklad, j.s., 2024).

5. Izvedba in nadzor sanacije

Sanacijo fasade mora izvajati usposobljen izvajalec, ki pri delu dosledno upošteva navodila proizvajalcev materialov, projektno dokumentacijo in veljavne standarde gradbene stroke. Ključno vlogo ima gradbeni nadzor, ki je v Sloveniji zakonsko predpisan z Gradbenim zakonom GZ-1 (2022) in skrbi za zagotavljanje kakovosti izvedbe, preverjanje skladnosti z načrti ter pravočasno zaznavanje morebitnih napak ali odstopanj. Pomen gradbenega nadzora ter njegova odgovornost pri zagotavljanju tehnične pravilnosti izvedbe dodatno poudarja Priročnik za

nadzor pri gradnji (Šajna, 2012), ki izpostavlja, da se le z doslednim spremljanjem del zagotovi dolgoročna trajnost in varnost objekta.

6. Končna kontrola in vzdrževanje fasade

Po končani sanaciji se izvede zaključna kontrola, ki vključuje pregled vgrajenih materialov, zaključnih slojev in spojev. Priporočljivo je izdelati načrt rednega vzdrževanja, saj lahko zanemarljivo vzdrževanje vodi do poškodb fasadnega sistema in zmanjšanja toplotne učinkovitosti skozi čas. Periodični pregledi in pravočasno odpravljanje napak so ključni za dolgo življenjsko dobo fasade.

3.2 Zakonodajni okvir energetske učinkovitosti stavb v Sloveniji in EU

Evropska unija že vrsto let spodbuja energetske sanacije stavb s pomočjo zakonodajnih dokumentov, kot so Direktiva o energetske učinkovitosti stavb (EPBD), Uredba o gradbenih proizvodih in dolgoročna strategija EU za prenovo stavb do leta 2050. Direktiva EPBD določa minimalne zahteve za energijsko učinkovitost novogradenj in obsežnih prenov ter uvaja koncept skoraj nič-energijskih stavb (nZEB) kot standard za novo gradnjo.

Slovenija to zakonodajo implementira preko Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES-3), ki določa minimalne toplotne karakteristike ovoja in tehničnih sistemov, ter Zakona o učinkoviti rabi energije (ZURE), ki predpisuje ukrepe za izboljšanje energetske učinkovitosti v različnih sektorjih, vključno s stavbnim fondom. Poleg tega Slovenija sledi nacionalni dolgoročni strategiji za spodbujanje naložb v energetske prenove stavb, s poudarkom na večstanovanjskih zgradbah, ki predstavljajo pomemben delež porabe energije (Dolgoročna strategija energetske prenove stavb do leta 2050, 2021).

3.3 Vpliv fasade in ovoja stavbe na energijsko učinkovitost

Fasada je zunanji ovoj stavbe, ki predstavlja mejo med notranjim in zunanjim okoljem. Njena vloga ni zgolj estetska, temveč tudi termična, zvočna in zaščitna. Kakovost fasade neposredno vpliva na energijsko učinkovitost stavbe, saj lahko pri neizoliranih ali slabo izoliranih objektih pride do znatnih izgub toplote.

Učinkovit stavbni ovoj, ki vključuje kakovostno izolirano fasado, energijsko učinkovita okna ter ustrezno izolirano streho, lahko zmanjša rabo energije tudi do 60 %. Optimalna sestava ovoja

– razmerje med fasado, okni in streho – je ključnega pomena za doseganje pričakovanih energetskih prihrankov in udobja bivanja. V analizi večstanovanjskih stavb v različnih evropskih ekonomskih okoljih so raziskovalci ugotovili, da dobro izoliran stavbni ovoij prispeva več kot polovico skupnega učinka energetske sanacije, kar potrjuje njegov osrednji pomen v prenovah (Končalović, Nikolic, Vukasinovic, Gordić & Živković, 2022).

3.4 Toplotnoizolacijski materiali in sistemi za energetske sanacije

3.4.1. Izolacijski materiali

Lastnosti materialov so v spodnji tabeli povzete na podlagi tehničnih listov proizvajalcev Fibran, d. o. o., (2023), KANSAI HELIOS Slovenija, tovarna premazov in umetnih smol, d. o. o., (2022) ter Saint-Gobain Gradbeni izdelki, d. o. o. (2020):

Tabela 1 Lastnosti izolacijskih materialov

Material	Toplotna prevodnost (W/mK)	Gostota (kg/m ³)	Požarna odpornost	Paroprepustnost (μ)
EPS	0.035	15	E	30
Mineralna volna	0.038	100	A1	1
PIR	0.022	35	B	60
Plutovina	0.040	120	B	10

- EPS (ekspandirani polistiren) je lahкотen izolacijski material z nizko toplotno prevodnostjo, zaradi česar je pogosto uporabljen v ekonomičnih rešitvah sistemov ETICS. Njegova slabost je nizka požarna odpornost, kar omejuje njegovo uporabo v višjih objektih ali na mestih z višjimi varnostnimi zahtevami (KANSAI HELIOS Slovenija, tovarna premazov in umetnih smol, d.o.o., 2022).

- Mineralna volna se pogosto uporablja v objektih z višjimi požarnimi zahtevami, saj sodi v razred negorljivosti A1, hkrati pa nudi dobro zvočno izolacijo in je paroprepustna, kar omogoča difuzijsko odprtost fasadnega sistema (Fibran, d.o.o., 2023).
- Plošče PIR (poliizocianurat) imajo najnižjo toplotno prevodnost med običajnimi toplotnimi izolacijami, kar pomeni, da za enako toplotno zaščito potrebujemo tanjši sloj. Zaradi svoje visoke učinkovitosti in dimenzijske stabilnosti so primerne tudi za zahtevnejše prenove (Saint-Gobain Gradbeni izdelki, d.o.o., 2020).
- Plutovina je naraven, trajnosten material, ki je zaradi svojih ekoloških lastnosti in dobre toplotne zaščite priljubljena izbira pri okolju prijaznih sanacijah (Sever, 2016).

3.4.2. Izolacijski sistemi

Pri energetskih sanacijah stavb so najpogostejše uporabljeni trije tipi fasadnih izolacijskih sistemov: kontaktni fasadni sistemi (ETICS), prezračevane fasade in sendvič paneli. Vsak sistem ima specifične lastnosti in prednosti glede na tip objekta, klimatske pogoje in želene toplotnoizolacijske učinke.

Kontaktni fasadni sistemi (ETICS) so v Sloveniji najpogostejše uporabljen način toplotne izolacije stavb. Gre za večslojno zasnovo, ki jo sestavljajo lepilni sloj, izolacijski material (najpogostejše ekspanzirani polistiren ali kamena volna), armirna plast z mrežico ter zaključni omet. Takšna sestava omogoča preprosto izvedbo in zaradi nizke mase bistveno ne obremenjuje konstrukcije. Sistem je hkrati prilagodljiv različnim arhitekturnim zasnovam ter predstavlja ugodno razmerje med stroški in doseženo energetsko učinkovitostjo. Zaradi neposrednega nanosa izolacije na obodno konstrukcijo so toplotne izgube minimalne, sistem pa nudi tudi osnovno zaščito pred vremenskimi vplivi.

Prezračevane fasade so sestavljene iz nosilne konstrukcije, izolacije, zračnega sloja in fasadne obloge (npr. vlaknocementne plošče, kompozitne plošče, kamen ali pločevina). Ključna prednost tega sistema je zračni sloj, ki omogoča naravno kroženje zraka za odvod kondenzirane vlage iz konstrukcije, kar povečuje trajnost izolacije in same fasadne obloge (Saint-Gobain Gradbeni izdelki, d.o.o., 2020). Uporabljajo se predvsem pri objektih z večjo obremenitvijo fasad ali kjer je estetski vidik ključnega pomena.

Sendvič paneli združujejo lastnosti toplotne in zvočne izolativnosti ter so zaradi svoje sestave primerni za gradnjo objektov, kjer sta pomembni hitrost izvedbe in standardizacija elementov. Zaradi industrijske proizvodnje je kakovost panelov stalno nadzorovana, kar zagotavlja zanesljive mehanske in izolacijske lastnosti. Poleg tega uporaba takšnih sistemov zmanjšuje pojav toplotnih mostov in prispeva k večji energijski učinkovitosti ter trajnostni zasnovi stavb (Rivera, Escobar, Arrietta, Merlano & Calabokis, 2025).

Razumevanje prednosti in omejitev posameznih izolacijskih sistemov omogoča pravilno izbiro glede na potrebe objekta, pričakovano energetska učinkovitost in trajnost celotne gradbene rešitve.

3.5. Okoljski vidiki in subvencije za večstanovanjske stavbe

Energetska sanacija fasad igra ključno vlogo pri zmanjševanju porabe primarne energije in emisij toplogrednih plinov. Prenovljene obojnice stavb ne prispevajo le k večji energetski učinkovitosti, temveč pomembno vplivajo tudi na bivalno udobje in trajnost objektov. Zmanjšanje toplotnih izgub in učinkovita raba materialov sta osnovna cilja sodobnih pristopov k sanaciji stavb, pri čemer je posebno pozornost treba nameniti celotnemu življenjskemu ciklu uporabljenih materialov. Trajnostni materiali z nizkim ogljičnim odtisom in možnostjo reciklaže prispevajo k razogljičenju stavb (Kamel & Memari, 2022).

V tem okviru ima pomembno vlogo tudi sistem javnih spodbud, ki lastnikom večstanovanjskih stavb omogoča lažji dostop do sredstev za izvedbo energetske prenove. V Sloveniji Eko sklad ponuja različne sheme nepovratnih finančnih spodbud in ugodne kredite, namenjene izboljšanju energetske učinkovitosti stavb. Eko sklad omogoča sofinanciranje naslednjih ukrepov:

- toplotna izolacija fasade,
- sanacija strehe in stropa proti neogrevanemu prostoru,
- zamenjava zunanjega stavbnega pohištva,
- drugi ukrepi, ki prispevajo k energetski učinkovitosti objekta.

Za pridobitev sredstev mora imeti stavba najmanj tri posamezne dele (npr. stanovanja ali poslovne prostore). Upravičenci so etažni lastniki, ki vlogo oddajo preko pooblaščenega upravnika ali upravnega odbora. Poleg izpolnjene vloge predstavljajo obvezno priložno tehnično dokumentacijo (npr. elaborat energetske sanacije), fotografije pred in po izvedbi ter računi in

dokazila o plačilih. Spodbuda znaša med 20 in 40 % priznanih stroškov, višina pa je odvisna od lokacije, doseženih prihrankov in obsega posega (Eko sklad, j.s., 2024).

Poleg nepovratnih sredstev Eko sklad ponuja tudi ugodne kredite z nizko obrestno mero za daljše obdobje, kar je še posebej relevantno za večje objekte z višjo investicijsko vrednostjo. Tovrstne sheme pomembno dopolnjujejo dolgoročne cilje države v smeri trajnostne in nizkoogljične prenove stavb, skladno s strategijo do leta 2050 (Končalović, Nikolic, Vukasinovic, Gordić & Živković, 2022).

4 PRAKTIČNI PRIMER ENERGETSKE SANACIJE STAVBE

4.1 Predstavitev stavbe

Obravnavani objekt v Ulici 25. maja 12 se nahaja na parceli št. 592/6, k.o. 392 Krčevina pri Ptuj, v četrti skupnosti Ljudski vrt. Gre za večstanovanjsko stavbo, znano kot prvi izmed treh objektov v nizu, imenovan »Rdeči blok«. Objekt je bil zgrajen leta 2004 in ima etažnost K+P+3N+2M.



Slika 10 Obravnavan objekt

Vir: (Nesting, nepremičninske storitve, Tomaž Šoštarčič, s.p., 2024)

Tlorisni gabarit stavbe znaša približno $23,4 \text{ m} \times 15,5 \text{ m}$. Na vzhodni fasadi v osrednjem delu izstopa izzidek dimenzij $1,2 \text{ m} \times 3,3 \text{ m}$, v katerem se nahaja notranje stopnišče. Na obeh straneh tega izzidka so rahlo pomaknjeni balkoni. Na zahodni fasadi iz osnovnega gabarita nekoliko izstopajo le balkoni, medtem ko so vhodi pomaknjeni v notranjost objekta. Objekt ima dvokapno streho z naklonom 45° , ki je oblikovno členjena s strešnimi izzidki na vzhodni in zahodni strani. Skupna višina objekta, merjena od kota pritličja, znaša 20,60 m.

V skladu z zasnovo je obravnavani objekt skrajni v nizu treh stavb, zaradi česar ima tri fasade v celoti izpostavljene zunanjim vplivom.

Kletni prostori niso namenjeni bivanju in služijo kot garaže, shrambe, kolesarnica ter drugi pomožni prostori. V pritličju se nahajata dve stanovanji in trije poslovni prostori (lokali). Prvo,

drugo in tretje nadstropje vsebujejo po pet stanovanj, v prvi mansardi je prav tako pet stanovanj, v drugi mansardi pa dve stanovanji. V stavbo se dostopa preko centralnega vhoda, ki je dostopen z dveh strani, nato pa preko stopnišča in medetažnih podestov do posameznih stanovanj.

Nosilna konstrukcija objekta je masivna. Stene so zidane iz opeke, debeline 25 do 38 cm. Medetažne plošče so armiranobetonske, debeline 18 cm. Temelji in kletni zidovi so izvedeni kot pasovni armiranobetonski temelji. Ostrešje je klasične lesene izvedbe, pokrito z opečno kritino. Nadzemni deli objekta so toplotno izolirani z obstoječo izolacijo debeline 3 cm, razen stopnišča, ki ni toplotno izolirano.

Predvidena je izvedba dodatne toplotne izolacije zunanjega ovoja stavbe, in sicer na naslednjih sestavah sten:

- omet 1,5 cm,
- opečna stena 30 cm,
- obstoječi EPS ($\lambda=0,045$ W/mK) 3 cm,
- zaključni sloj 1 cm.

Stavba se nahaja znotraj območja stavbnih zemljišč s podrobno namensko rabo SS – stanovanjske površine, znotraj enote urejanja prostora LV04, ki je opredeljena kot območje za večstanovanjsko gradnjo. Ureditveno območje določa Občinski prostorski načrt Mestne občine Ptuj (OPN), objavljen v Uradnem vestniku MOP v različnih spremembah in dopolnitvah med letoma 2015 in 2021.

Glede oblikovanja fasad OPN navaja, da mora biti oblikovanje fasad poenoteno na celotni fasadi, nizu oziroma kareju. To vključuje horizontalno in vertikalno členitev, strukturiranje odprt in drugih elementov. Dovoljeno je tudi sodobno oblikovanje in uporaba sodobnih materialov.

Poleg tega se objekt nahaja znotraj varovanega območja kulturne dediščine »Ptuj – Arheološko najdišče Levi breg« (EŠD 9155). Predvideni posegi ne posegajo v arheološke plasti ali objekte in zato niso v nasprotju z varstvenim režimom.

4.2 Izvedeni ukrepi sanacije

V okviru celovite sanacije fasade na objektu na naslovu Ulica 25. maja 12, Ptuj so bili izvedeni naslednji tehnični in varnostni ukrepi:

Postavitev gradbišča in varnostne zaščite

Za potrebe izvedbe sanacijskih del na fasadi večstanovanjskega objekta je bilo območje gradbišča ustrezno zavarovano in organizirano v skladu z veljavnimi varnostnimi predpisi. Gradbišče je bilo ograjeno z zaščitno varnostno ograjo višine 2 metra, s čimer je bilo preprečeno nenadzorovano gibanje oseb izven in znotraj delovnega območja.

Na vstopno-izstopnih točkah so bili vzpostavljeni jasno določeni koridorji za delavce in dostavna vozila, ki so omogočali nemoten in varen pretok ljudi ter materiala. Poleg tega so bili vzpostavljeni varni prehodi, namenjeni predvsem zaščiti stanovalcev in obiskovalcev objekta med izvajanjem del. Na vidnih mestih je bila nameščena ustrezna opozorilna signalizacija za obveščanje o nevarnostih in usmerjanje gibanja.

Fasadni odri so bili postavljeni po vseh pravilih stroke in v skladu z varnostno zakonodajo. V višjih etažah so bili zaščiteni z varnostnimi mrežami, ki so učinkovito preprečevale padanje materialov ter s tem povečale varnost tako izvajalcev del kot tudi mimoidočih.

Podrobnejša razlaga postavitve gradbišča, tehničnih rešitev ter ukrepov za zagotavljanje varnosti pri delu je predstavljena v poglavju 2 tega diplomskega dela, kjer so dodatno analizirani tudi posamezni elementi zaščitnih sistemov in njihova skladnost s predpisi.

Pregled in priprava obstoječe fasade

V okviru začetne faze energetske sanacije smo izvedli temeljit pregled stanja obstoječega ometa in izolacije na fasadi. Na posameznih delih so bile že vidne poškodbe v obliki razpok, mehurjev in odstopanj zaključnega sloja, kar je kazalo na obrabo materiala, morebitno zamakanje ter pomanjkljivo zračno in vodno zaščito. Fasado smo najprej oprali z visokotlačnim čistilcem (vapom), nato pa nanесли algicidni premaz, ki uniči prisotne mikroorganizme (plesni, alge) in preprečuje njihovo ponovitev.

Po čiščenju smo odstranili vse poškodovane in slabo vezane dele zaključnega sloja ter razslojene površine izolacije. Površine, kjer je bil omet mehansko poškodovan, smo sanirali z ustreznim vezivnim materialom, da smo ustvarili stabilno podlago za nadaljnjo izvedbo kontaktnega fasadnega sistema. Med pregledom smo ugotovili, da je bila obstoječa toplotna izolacija v debelini približno 4 cm, kar je bilo potrjeno z dejanskim merjenjem, kot prikazuje slika.



Slika 11 Obstoječa izolacija na obravnavanem objektu

Vir: (Lastni vir)

Takšna debelina izolacije je po sodobnih standardih nezadostna, saj ne izpolnjuje minimalnih zahtev za energetske učinkovite stavbe.

Posebno pozornost smo namenili tudi balkonskim stropom, kjer je zaradi dolgotrajnega zamakanja prišlo do obsežnega odstopanja zaključnega sloja in poškodbe mrežice, kot je razvidno na spodnji sliki. Stropne površine smo morali v celoti odstraniti, saj obstoječi materiali niso več zagotavljali ustrezne nosilnosti in adhezije. V nadaljevanju smo izvedli sanacijo z obnovo sistema, ustrezno vgradnjo nove izolacije ter zaključnim slojem, odpornim na vremenske vplive.



Slika 12 Poškodbe na balkonskem stropu

Vir: (Lastni vir)

S tem posegom smo zagotovili, da bo nov fasadni sistem pravilno opravljal svojo funkcijo tako z vidika toplotne zaščite kot tudi estetske in konstrukcijske celovitosti. Ti opaženi detajli potrjujejo pomembnost natančne začetne analize stanja, saj le-ta omogoča pravilno tehnično odločitev in kakovostno izvedbo.

Toplotna izolacija in nova fasadna obloga

Pomembno je bilo upoštevati aktualne zahteve za pridobitev subvencij Eko sklada. Od februarja 2023 dalje Eko sklad upošteva zahteve Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah Pures 3 (2022), ki določajo, da mora biti razmerje med toplotno prevodnostjo (λ) in debelino (d) toplotne izolacije manjše ali enako $0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$. Za preverjanje ustreznosti toplotne zaščite fasade smo izračunali skupno toplotno upornost dveh slojev izolacije (obstoječe in dodatne) ter jo primerjali z minimalno zahtevano vrednostjo, ki izhaja iz predpisane največje dovoljene toplotne prehodnosti ($U \leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Zahtevana minimalna toplotna upornost za EPS je:

$$R_{min} = \frac{1}{U_{max}} = 1/0,20 = 5,00 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (4.1)$$

Toplotna upornost obstoječe izolacije:

$$R_{obst} = \frac{d_{obst}}{\lambda_{obst}} = 0,05 / 0,045 = 1,11 (\text{m}^2\text{K})/\text{W} \quad (4.2)$$

Toplotna upornost nove izolacije:

$$R_{novo} = \frac{d_{novo}}{\lambda_{novo}} = 0,17 / 0,039 = 4,36 \text{ (m}^2\text{K)/W} \quad (4.3)$$

Skupna toplotna upornost:

$$R_{skupaj} = R_{obst} + R_{novo} = 1,11 + 4,36 = 5,47 \text{ (m}^2\text{K)/W} \quad (4.4)$$

Skupna toplotna upornost za EPS znaša 5,47 (m²K)/W, kar presega zahtevano minimalno vrednost 5,00 (m²K)/W. S tem je bila zagotovljena skladnost s predpisano toplotno zaščito zunanjega ovoja stavbe.

Kot izvajalec sanacijskih del smo celoten postopek dodatne toplotne zaščite fasade izvedli v skladu z načrtom in tehničnimi zahtevami. Najprej smo obstoječo fasadno površino temeljito očistili, popravili poškodbe ter jo impregnirali z mešanico akrilne emulzije in vode v razmerju 1 : 1, s čimer smo zagotovili dober oprijem za nadaljnje sloje.

Nato smo z lepilom za fasade na obstoječo podlago pritrdili izolacijske plošče iz ekspandiranega polistirena (EPS) debeline 17 cm toplotne prevodnosti $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$ ter kameno volno debeline 17cm toplotne prevodnosti $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$. Pri lepljenju izolacijskih plošč smo lepilo nanašali enostransko na hrbtno stran plošč z zidarsko žlico – ob robu v neprekinjenem pasu in dodatno točkovno na 4 do 6 mestih ali v dveh sredinskih pasovih.



Slika 13 Pravilen nanos lepila na izolacijsko ploščo

Vir: (Umarh, d.o.o., 2023)

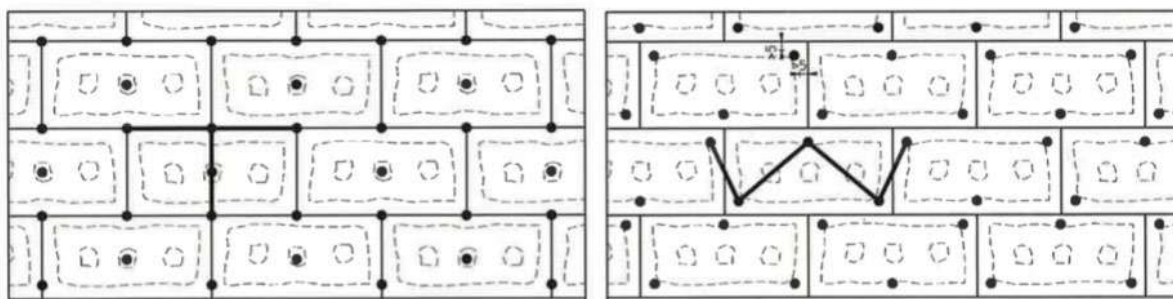


Slika 14 Nanos lepila na obravnavanem objektu

Vir: (Lastni vir)

Na sliki 13 je predviden nanos lepila na izolacijsko ploščo, na sliki 14 pa je prikazano, kako smo izvedli nanos lepila na obravnavanem objektu.

Plošče smo polagali zamaknjeno po sistemu opečne vezi, z vsaj 15 cm zamika med vertikalnimi stiki. Na vogalih smo izvedli križno vez, presežne dele pa prirezali po 2 do 3 dneh, ko je bilo lepilo utrjeno. Glede na izbran sistem sidranja ("W" ali "T") smo pazili, da je bilo lepilo naneseno tudi na mestih sider, s čimer smo preprečili deformacije plošč pri mehanski pritrditvi.



Slika 15 Pravilno polaganje izolacijskih plošč

Vir: (Umarh, d.o.o., 2023)

Po lepljenju smo izvedli brušenje morebitnih neravnin z grobim brusnim papirjem, zatem pa izvedli poglobljeno sidranje izolacije. Sidrali smo z vijaki v gostoti 6 kom/m², skozi obstoječo izolacijo in omet, dodatno pa še 50 mm globoko v zid, pri čemer smo uporabili pokrivne pokrovčke in opravili rezkanje na mestih sidranja za čim bolj ravno končno površino. Dobavili in vgradili smo odkapne profile nad okni ter na vseh horizontalnih zaključkih fasade, prav tako smo vgradili špaletne profile ob vseh okenskih odprtinah. Ob tem smo upoštevali tudi obstoječo

toplotno izolacijo iz EPS z zaključnim slojem, debeline približno 3–4 cm, ki smo jo vključili v skupni sestav toplotnega ovoja stavbe.

Sledila je izvedba armirnega sloja. V dveh slojih smo nanесли osnovni omet skupne debeline približno 3–4 mm, v katerega smo med nanosom vtisnili armirno mrežico, s čimer smo zagotovili mehansko stabilnost in zmanjšali možnosti za nastanek razpok. Površino smo nato premazali z osnovnim premazom v barvi, čim bližji končnemu odtenku fasade, in zaključili z nanosom silikonskega glajenega ometa zrnivosti 1,5 mm izbranega cenovnega razreda (I.–IV.).

Obnova detajlov in zaključkov

Pri obnovi fasade na objektu smo posebno pozornost namenili tudi detajlom obdelave špalet oken in okenskih polic. Ker so bila vsa okna v dobrem stanju, smo jih ohranili, medtem ko smo zunanja drsna senčila začasno demontirali in jih po zaključenih delih ponovno namestili. Zaradi dodatne debeline nove fasadne obloge smo zamenjali obstoječe pritrdilne elemente senčil z daljšimi, ustreznimi novim razmeram. Na vseh stikih med špaletno in okenskim okvirjem – tako vertikalno kot tudi na zgornjem horizontalnem stiku – smo vgradili špaletne profile z vgrajeno armirno mrežico, s čimer smo zagotovili čiste linije in trajno stabilnost zaključkov.

Na območjih, kjer fasada prehaja v stik s terenom, smo izvedli podzidek oziroma cokel, ki smo ga ustrezno poglobili v teren za zaščito pred vlago. Tam, kjer je objekt po obodu obdan z asfaltom ali betonskimi pohodnimi ploščami, smo obdelavo zaključili z elastičnim stikom, kar omogoča boljšo prilagodljivost materialov in preprečuje razpoke.

Na stičnih točkah z že izoliranimi sosednjima objektoma smo izvedli elastične dilatacijske stike, ki zagotavljajo neodvisno delovanje konstrukcij in preprečujejo napetosti v fasadni oblogi. Zaradi tehničnih zahtev smo začasno demontirali odtočne cevi in peskolove ter jih po izvedbi nove fasade ustrezno prestavili in ponovno pritrdili.

Dodatno smo izvedli demontažo in ponovno montažo vetrnih ter zidnih obrob na stikih med novo fasado in čelnimi zaključki strehe. Prav tako smo odstranili in nato ponovno pritrdili elemente strelovoda. Zaključno smo sanirali tudi poškodovan omet in barvo na balkonih, kar je objektu povrnilo estetski videz in zagotovilo trajnost fasadne prenove.

Zamenjava ali zaščita obstoječih elementov

V sklopu energetske sanacije fasade smo posebno pozornost namenili tudi detajlom, ki bistveno prispevajo k celostni podobi objekta ter njegovi funkcionalni in estetski vrednosti. Obstoječe pločevinaste okenske police smo zamenjali z novimi, kamnitimi, saj so odpornejše na vremenske vplive in hkrati estetsko usklajene z novim zaključnim slojem fasade. Menjava polic ni bila le vizualna izboljšava, temveč tudi funkcionalna nadgradnja, saj preprečuje zatekanje vode v stikih med oknom in fasado.

Ker se je z novo toplotno izolacijo povečala debelina fasade, je bilo nujno potrebno prilagoditi tudi vsa obstoječa vodila za lesena polkna. Ta smo natančno predelali, da so ponovno omogočala nemoteno odpiranje in zapiranje, hkrati pa smo vsa lesena polkna zaščitili in prebarvali z vremensko obstojnimi premazi. S tem smo zagotovili njihovo dolgotrajno obstojnost in usklajen izgled s prenovljeno fasado.

Posegli smo tudi v sistem odvodnjavanja: žlebove smo po potrebi zamenjali, pri nepoškodovanih pa izvedli zaščito in čiščenje. To je bilo ključno za preprečevanje poškodb nove izolacije in ometa zaradi kapljanja ali zatekanja vode. Poleg tega smo obnovili oziroma očistili vse površine, ki sicer niso bile neposreden predmet toplotne izolacije (npr. stiki z balkoni, podzidki, betonski robovi), a pomembno vplivajo na vizualno in funkcionalno celovitost fasadnega ovoja.

Takšen celovit pristop k obnovi – ne le izolacija, temveč tudi detajlna obdelava vseh vizualnih in uporabnih elementov fasade – se je izkazal za ključnega pri zagotavljanju dolgoročne kakovosti izvedbe, preprečevanju poškodb ter pri doseganju estetsko dovršenega končnega rezultata.

Končna obdelava in čiščenje

Po zaključku vseh sanacijskih del smo pristopili k čiščenju gradbišča, kjer smo odstranili zaščitne folije z oken, vrat in drugih zaščitnih površin ter poskrbeli za odvoz odvečnega materiala in gradbenih odpadkov. Sledila je zaključna kontrola kakovosti, pri kateri smo preverili natančnost izvedbe, skladnost z načrti ter vizualni videz fasade. V okviru tehničnega pregleda smo evidentirali morebitne pomanjkljivosti in jih sproti odpravili. Pripravili smo tudi ustrezno dokumentacijo o izvedenih delih, ki vključuje popis materialov, fotografije

posameznih faz in zapisnik pregleda, s čimer smo zagotovili sledljivost celotnega postopka in zaključenost projekta v skladu s strokovnimi zahtevami.

4.3 Ekonomika energetske sanacije fasade

Energetska sanacija fasade na večstanovanjskem objektu Ulica 25. maja 12, Ptuj je predstavljala pomembno naložbo v izboljšanje energetske učinkovitosti in dolgoročno znižanje obratovalnih stroškov. Analiza ekonomske upravičenosti temelji na primerjavi investicijskih stroškov ter ocenjenih energetskih prihrankov.

Investicijski stroški

Skupni stroški sanacije fasade vključujejo material, delo, postavitve odra ter zaključne obdelave. Izračun je bil opravljen na osnovi razlikovanja med poslovnim in stanovanjskim delom objekta, saj se zanj uporablja različna stopnja DDV.

Skupaj brez DDV: 116.554,20 €

Poslovni del (7,23 % površin) → obračunan DDV 22 %:

$$7,23 \% \times 116.554,20 \text{ €} = 8.426,87 \quad (4.5)$$

$$8.426,87 \text{ €} \times 0,22 = 1.853,91 \text{ €} \quad (4.6)$$

Stanovanjski del (92,77 % površin) → obračunan DDV 9,5 %:

$$92,77 \% \times 116.554,20 \text{ €} = 108.127,33 \text{ €} \quad (4.7)$$

$$108.127,33 \text{ €} \times 0,095 = 10.272,10 \text{ €} \quad (4.8)$$

Skupni obračunani DDV tako znaša:

$$1.853,91 \text{ €} + 10.272,10 \text{ €} = 12.126,01 \text{ €} \quad (4.9)$$

Končna vrednost z DDV:

$$116.554,20 \text{ €} + 12.126,01 \text{ €} = 128.680,21 \text{ €} \quad (4.10)$$

Cena na m² z DDV:

$$c = C / A = 128.680,21 / 1319 = 97,56 \text{ €/m}^2 \quad (4.11)$$

kjer je:

c – cena na kvadratni meter (€/m²)

C – skupni strošek investicije (EUR)

A – neto fasadna površina (m²)

Letni energetski prihranki

Na podlagi izboljšane toplotne izolativnosti fasade je bil izveden izračun okvirnega letnega prihranka energije za ogrevanje objekta. Izračun temelji na zmanjšanju toplotne prehodnosti fasadnega ovoja, na upoštevanju celotne fasadne površine, povprečne temperaturne razlike v ogrevalni sezoni ter letnega števila ogrevalnih ur.

Toplotna prehodnost pred sanacijo: $U_{\text{obst}} = 0,90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Toplotna prehodnost po sanaciji: $U_{\text{sanirano}} = 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Celotna fasadna površina: $A = 1319 \text{ m}^2$

Povprečna temperaturna razlika v ogrevalni sezoni: $\Delta T = 18 \text{ K}$

Letno število ogrevalnih ur: $t = 4500 \text{ h}$

Cena zemeljskega plina: $0,06 \text{ €/kWh}$

Letni prihranek energije:

$$\begin{aligned} Q_{\text{prihranek}} &= (U_{\text{obst}} - U_{\text{sanirano}}) \times A \times \Delta T \times t \\ &= (0,90 - 0,18) \times 1319 \times 18 \times 4500 \\ &= 76.924 \text{ kWh/leto} \end{aligned} \quad (4.12)$$

Letni denarni prihranek:

$$Prihranek = 76.924 \text{ kWh} \times 0,06 \text{ €/kWh} = 4.615 \text{ €} \quad (4.13)$$

Z izvedbo dodatne toplotne izolacije fasade se bo skupna toplotna prehodnost objekta bistveno zmanjšala, kar omogoča ocenjeni letni prihranek pri stroških ogrevanja v višini približno 4.615 €. Prihranek se lahko v prihodnosti zaradi rasti cen energentov in spremembe podnebnih pogojev še poveča.

Vračilna doba

Pri energetske sanaciji večstanovanjske stavbe, v kateri so sodelovali etažni lastniki, lastniki poslovnih prostorov ter upravnik PSS, d. o. o., je bila predvidena možnost pridobitve subvencije pri Eko skladu. V skladu z veljavnimi pogoji Eko sklada znaša višina subvencije za toplotno izolacijo fasade do 20 % priznanih stroškov naložbe oziroma največ 16 €/m² toplotne izolacije.

Ker je bila pri sanaciji vključena celotna fasadna površina v obsegu $A = 1319 \text{ m}^2$, znaša maksimalna višina subvencije po tem kriteriju:

$$A \times 16 \text{ €/m}^2 = 1319 \times 16 = 21.104 \text{ €} \quad (4.14)$$

Če predpostavimo, da je skupna vrednost izvedenih del znašala $C_{\text{skupaj}} = 128.680,21 \text{ €}$, potem strošek po upoštevanju maksimalne subvencije znaša:

$$C_{\text{skupaj}} - \text{Subvencija} = 128.680,21 - 21.104 = 107.576,21 \text{ €} \quad (4.15)$$

Ob upoštevanju, da ima posamezni lastnik stanovanja povprečen lastniški delež $\alpha = 3,57 \%$, bi vsak izmed njih prispeval približno:

$$107.576,21 \times 0,0357 = 3.840,47 \text{ €} \quad (4.16)$$

Na podlagi predhodno izračunanega letnega prihranka pri ogrevanju v višini $Q_{\text{prihranek}} = 4.615 \text{ €}$ za celoten objekt (upoštevana celotna fasadna površina in cena zemeljskega plina 0,06 €/kWh) lahko ocenimo vračilno dobo investicije.

Izračun vračilne dobe:

$$(\text{Investicija} - \text{Subvencija}) / \text{Letni prihranek} = \text{Vračilna doba (leta)}$$

Glede na lastniški delež (pri čemer 164,82 € predstavlja delež letnega prihranka posameznega lastnika):

$$3.840,47 / 164,82 = 23,30 \text{ let} \quad (4.17)$$

Glede na celotno površino stavbe:

$$107.576,21 / 4.615 = 23,31 \text{ let} \quad (4.18)$$

Ti podatki ponujajo realistično oceno ekonomske upravičenosti investicije. Ob upoštevanju morebitnega nadaljnjega dviga cen energentov se lahko vračilna doba še dodatno skrajša, kar dodatno upravičuje izvedbo energetske sanacije.

Dodatne koristi in tveganja

Energetska sanacija fasade prinaša poleg prihrankov pri ogrevanju še številne dodatne koristi, ki dolgoročno vplivajo na kakovost bivanja in vrednost nepremičnine. Ena najpomembnejših prednosti je zvišanje tržne vrednosti objekta, saj je energetske učinkovita stavba privlačnejša tako za kupce kot za najemnike. Sanacija ovoja stavbe z dodatno izolacijo pomeni tudi podaljšano življenjsko dobo fasadnega sistema, saj nova toplotna zaščita ščiti konstrukcijo pred vremenskimi vplivi, vlago in poškodbami.

Zmanjšanje toplotnih izgub in izboljšana zrakotesnost prispevata k večjemu bivalnemu udobju, saj so stanovanja toplejša, temperaturne razlike med prostori manjše, občutki prepihov pa močno zmanjšani. Ob tem obstaja tudi možnost pridobitve nepovratnih sredstev ali subvencij, kot je subvencija Eko sklada, ki pomembno zmanjša začetni finančni vložek v prenovo.

Kljub vsem prednostim pa je potrebno upoštevati tudi določena tveganja in omejitve. Ena glavnih negotovosti je nihanje cen energentov, kar lahko vpliva na natančnost izračunane vračilne dobe. Vendar je pomembno poudariti, da se investicija povrne hitreje v obdobjih višjih cen energentov in če se energetska sanacija izvede celovito, kar pomeni, da vključuje tudi druge dele stavbe, kot so okna, streha ali ogrevalni sistem.

4.4 Rezultati in analiza prihrankov

Sanacija fasade na objektu Ulica 25. maja 12 v Ptujju je zajemala površino 1319 m², skupni strošek izvedbe z DDV pa je znašal 128.680,21 €. Ob upoštevanju subvencije Eko sklada v višini 21.104 € se je neto investicija znižala na 107.576,21 €, s čimer se je cena na kvadratni meter za etažne lastnike znižala s 97,56 € na 81,56 €/m².

Po izvedeni sanaciji se je toplotna prehodnost ovoja zmanjšala z 0,90 W/(m²K) na 0,18 W/(m²K), kar pomeni ocenjeni letni prihranek pri porabi energije za ogrevanje v višini 76.924 kWh oziroma 4.615 € (pri ceni plina 0,06 €/kWh). Povprečen etažni lastnik s 3,57-odstotnim deležem v stavbi bi prispeval približno 3.840 €, njegov letni prihranek pa znaša 164,82 €. Na tej osnovi je vračilna doba investicije ocenjena na 23,3 leta.

Rezultati kažejo, da sanacija ni prinesla le znižanja energetskih stroškov, temveč tudi dolgoročne koristi, kot so višja vrednost nepremičnin, izboljšano bivalno udobje in podaljšana življenjska doba ovoja stavbe.

5 VPLIV NA BIVALNO OKOLJE

5.1 Toplotno udobje

Eden ključnih ciljev energetske sanacije fasade je izboljšanje toplotnega udobja v notranjih prostorih, kar pomembno vpliva na kakovost bivanja. Ustrezna toplotna izolacija prispeva k stabilizaciji notranje temperature, zmanjša toplotne izgube skozi stavbni ovoj ter ublaži temperaturna nihanja. Mednarodna agencija za energijo (International Energy Agency, 2025) poudarja, da učinkovito izboljšanje stavbnega ovoja ne prispeva zgolj k večjemu energetskemu prihranku, temveč tudi k zmanjšanju občutka hladnih sten in prepiha, kar se neposredno odraža v višji ravni subjektivnega ugodja uporabnikov.

Toplotno udobje je kompleksen pojav, ki ga določa več dejavnikov: temperatura zraka, temperatura notranjih površin, relativna vlažnost in hitrost zraka. Po standardu SIST EN ISO 7730 (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2006) se za objektivno oceno udobja uporabljata kazalnika PMV (predicted mean vote oz. predvidena srednja ocena ugodja) in PPD (predicted percentage of dissatisfied oz. predvideni odstotek nezadovoljnih oseb). Ustrezna izolacija fasade ima neposreden vpliv na temperaturo notranjih površin, kot so stene in okenske špalete. Ko se njihova temperatura približa temperaturi zraka v prostoru, se bistveno zmanjšajo toplotne izgube z obsevanjem, kar pomembno prispeva k izboljšanemu toplotnemu udobju uporabnikov, še posebej v zimskih mesecih. Poleg tega izboljšana izolacija zmanjšuje občutek hladnih sten in neudobja zaradi temperaturnih razlik v prostoru. Izbira ustreznega materiala zunanjih sten in kakovostna toplotna zaščita ovoja stavbe pomembno vplivata na toplotno stabilnost notranjih površin ter s tem na višjo raven bivalnega ugodja (Adamus & Pomada, 2023).

V pogovoru z etažnimi lastniki večstanovanjske stavbe, kjer je bila pred kratkim izvedena celovita energetska sanacija fasade, so številni izpostavili opazno izboljšanje bivalnih pogojev. Med najpogostejšimi opažanji so bila: bolj enakomerna temperatura med prostori, izboljšano počutje v jutranjih urah ter manjša potreba po dodatnem ogrevanju v prehodnih obdobjih. Ti neposredni odzivi potrjujejo, da ustrezna izolacija poleg prihrankov energije pomembno vpliva tudi na kvalitativne vidike bivanja.

5.2 Kakovost zraka in uravnavanje vlage

Ustrezna izolacija fasade, še posebej z uporabo paroprepustnih izolacijskih materialov, kot je mineralna volna, bistveno pripomore k izboljšanju notranje klime objekta. Ko materiali omogočajo difuzijo vlage skozi konstrukcijo, se zmanjša tveganje za kondenzacijo in razvoj plesni, ker vlaga ne ostaja ujeta v ovoju stavbe. To ne le izboljša subjektivno toplotno udobje, ampak tudi prispeva k dolgoročni trajnosti objekta. Podobne ugotovitve sta v študiji predstavila Künzel in Dewsbury (2022), kjer poudarjata pomen analiz vlage in primernih materialov ovoja stavbe za preprečevanje poškodb in izboljšanje kakovosti notranjega okolja. Nasprotno pa lahko neparoprepustni materiali povzročijo zapiranje vlage v konstrukciji, kar vodi v lokalno prekomerno vlažnost in razvoj mikroorganizmov. Učinkovitost sanacije je zato močno odvisna od celostnega načrtovanja in usklajenosti med sloji ovoja stavbe.

Zaključni sloji, kot so silikonski in silikatni ometi, imajo pomembno funkcijo zaščite pred zunanjimi vplivi, saj omogočajo hitro sušenje površin po padavinah in preprečujejo zadrževanje vode. S tem zmanjšujejo pogoje za rast alg in plesni na fasadi, kar prispeva tako k trajnosti konstrukcije kot tudi k estetskemu in higienskemu stanju objekta (Fibran, d.o.o., 2023).

Skupni učinek pravilno izvedene energetske sanacije fasade se torej kaže v izboljšani toplotni stabilnosti, manjši relativni vlažnosti in višji kakovosti notranjega zraka, kar bistveno prispeva k zdravju, udobju in dobremu počutju stanovalcev.

6 PREVERJANJE HIPOTEZ

6.1 *Hipoteza 1*

Pri načrtovanju in izvedbi energetske sanacije fasad na večstanovanjskih stavbah se pogosto pojavi vprašanje, kateri izolacijski material izbrati, saj ta bistveno vpliva tako na toplotne lastnosti, požarno varnost, paroprepustnost kot tudi na končni strošek investicije. V praksi opazujemo, da se izvajalci in investitorji pogosto odločajo med dvema najpogostejšima rešitvama – ekspanziranym polistirenom (EPS) in kameno volno, pri čemer slednja velja za kakovostnejšo in bolj požarno varno, a tudi dražjo izbiro.

Na podlagi lastnih izkušenj in strokovnih opažanj v sklopu energetske sanacije večstanovanjske stavbe na naslovu Ulica 25. maja 12 v Ptujju je bila oblikovana hipoteza: »Izdelava fasade na večstanovanjskih stavbah s kameno volno poveča skupne stroške gradnje fasade za 20 % v primerjavi z drugimi izolacijskimi materiali, ob upoštevanju enakih tehničnih lastnosti in kakovosti izolacije.«

Hipoteza temelji na predpostavki, da so v analizi primerjani sistemi enakih toplotnoizolacijskih lastnosti (npr. toplotna prevodnost λ , debelina izolacije za dosego istega koeficienta U), podobne trajnosti in funkcionalne kakovosti. V stroškovno analizo so vključeni cena materiala, stroški vgradnje, priprava podlage, sidranja, cena ojačitvene plasti in zaključnega ometa. Pomembno je tudi upoštevati aktualne zahteve za pridobitev subvencij Eko sklada. Od februarja 2023 dalje Eko sklad upošteva zahteve PURES-3, ki določajo, da mora biti razmerje med toplotno prevodnostjo (λ) in debelino (d) toplotne izolacije manjše ali enako $0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$. Za kameno volno z $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$ to pomeni minimalno debelino približno 17 cm, kar je bilo v času izvedbe projekta tudi pogoj za pridobitev subvencije.

Z nadaljnjo analizo na podlagi konkretnih količin, popisov materiala in tržnih cen je bilo preverjeno, ali se hipoteza potrdi ali ovrže v praksi. Takšna primerjava je pomembna tako za projektante kot za upravnike večstanovanjskih objektov, saj omogoča premišljeno odločitev med varnostjo, kakovostjo in ekonomiko naložbe. V analizo so bili vključeni podatki dveh proizvajalcev, in sicer JUB, d. o. o., z Knauf mineralno volno in Saint-Gobain Gradbeni izdelki, d. o. o. (Weber).

Tabela 2 Cena materiala za JUB/Knauf fasadni sistem s požarnimi barierami

Material	EM	Količina	Cena/EM	Skupaj
Jubizol EPS F-W0 beli d=17 cm	m2	893,00	8,64 €	7.715,52 €
Plošče iz mineralne volne FKD- N d=17 cm (dim. 1200 x 400)	m2	200,70	19,11 €	3.835,38 €
Knauf plošče FKD deb. 2 cm (dim. 1000 x 600)	m2	107,20	3,41 €	365,55 €
JUBIZOL EPS F-G0 (grafitni EPS brez preklopa) d=2 cm	m2	92,40	1,55 €	143,22 €
EPS strong F S0 graphite (strong grafitni) d=16 cm	m2	26,00	19,47 €	506,22 €
Jubizol UNIWOOL FIX, vreča 25 kg	kg	11871,00	0,37 €	4.392,27 €
JUBIZOL armaturna mrežica 145 g	m2	1319,00	1,10 €	1.450,90 €
JUBIZOL Unigrund nianse C, D, E, F 18-kilogramsko vedro PASTEL, MEDIUM	kom	11,00	49,30 €	542,30 €
JUBIZOL Unixil finish S 1,5 mm C, D, E, F poraba 3,1 kg/m2, vedro 25 kg	kom	163,00	55,60 €	9.062,80 €
pokrivni čep EPS W	kom	6000,00	0,10 €	600,00 €
pokrivni čep MW	kom	1200,00	0,17 €	204,00 €
JUBIZOL sidro PPV 220 mm – zavitek 100 kosov	kom	7200,00	0,55 €	3.960,00 €
JUBIZOL PVC vogalnik z mrežico – palica 2,5 tm	kom	136,00	2,10 €	285,60 €
JUBIZOL odkapni profil – palica 2,5 tm	kom	28,00	5,85 €	163,80 €
JUBIZOL špaletni profil – palica 2,4 tm	kom	119,00	2,75 €	327,25 €
Skupaj brez DDV				33.554,81 €
DDV (22 %)				7.382,06 €
Skupaj z DDV				40.936,87 €

Vir: (Lastni vir)

Tabela 3 Cena materiala za JUB/Knauf fasadni sistem z mineralno volno

Material	EM	Količina	Cena/EM	Škupaj
Plošče iz mineralne volne FKD- N d=17cm (dim. 1200 x 400)	m2	1093,70	19,11 €	20.900,61 €
Knauf plošče FKD deb. 2 cm (dim. 1000 x 600)	m2	199,60	3,41 €	680,64 €
EPS strong F S0 graphite (strong grafitni) d=16 cm	m2	26,00	19,47 €	506,22 €
Jubizol UNIWOOL FIX, vreča 25 kg	kg	13122,78	0,37 €	4.855,43 €
JUBIZOL armaturna mrežica 145 g	m2	1319,00	1,10 €	1.450,90 €
JUBIZOL Unigrund nianse C, D, E, F- 18-kilogramsko vedro PASTEL, MEDIUM	kom	11,00	49,30 €	542,30 €
JUBIZOL Unixil finish S 2,0 mm C, D, E, F poraba 3,1 kg/m2, vedro 25 kg	kom	163,00	55,60 €	9.062,80 €
pokrivni čep MW	kom	7200,00	0,17 €	1.224,00 €
JUBIZOL sidro PPV 220 mm – zavitek 100 kosov	kom	7200,00	0,55 €	3.960,00 €
JUBIZOL PVC vogalnik z mrežico – palica 2,5 tm	kom	136,00	2,10 €	285,60 €
JUBIZOL odkapni profil – palica 2,5 tm	kom	28,00	5,85 €	163,80 €
JUBIZOL špaletni profil – palica 2,4 tm	kom	119,00	2,75 €	327,25 €
Skupaj brez DDV				43.959,54 €
DDV (22 %)				9.671,10 €
Skupaj z DDV				53.630,64 €

Vir: (Lastni vir)

Tabela 4 Cena materiala za Weber fasadni sistem s požarnimi barierami

Material	EM	Količina	Cena/E M	Škupaj
Webertherm EPS-F 039 beli, 17 cm	m2	893,00	7,68 €	6.858,24 €
Weber volna 17 cm	m2	200,70	20,33 €	4.080,23 €
Weber volna 2 cm	m2	107,20	2,26 €	242,27 €
Weber EPS 031 2 cm	m2	92,40	1,23 €	113,65 €
Weber cokl STIRO16 d=16 cm	m2	26,00	19,47 €	506,22 €
Weber Family fasadno lepilo	kg	11871,00	0,35 €	4.154,85 €
Weber 9901 fasadna mrežica	m2	1319,00	0,90 €	1.187,10 €
Weber Trend 1,5 W001 zaključni sloj 25 kg	kom	156,00	27,91 €	4.353,96 €
pokrivni čep EPS W	kom	6000,00	0,14 €	840,00 €
pokrivni čep MW	kom	1200,00	0,20 €	240,00 €
Weber SD522 fasadno sidro	kom	7200,00	0,43 €	3.096,00 €
Weber PVC vogalnik z mrežo	kom	136,00	1,90 €	258,40 €
Weber odkapni profil	kom	28,00	5,28 €	147,84 €
Weber MINI okenski profil	kom	119,00	3,15 €	374,85 €
Skupaj brez DDV				26.453,62 €
DDV (22 %)				5.819,80 €
Skupaj z DDV				32.273,41 €

Vir: (Lastni vir)

Tabela 5 Cena materiala za Weber fasadni sistem z mineralno volno

Material	EM	Količina	Cena/EM	Škupaj
Weber volna 17 cm	m2	1093,70	20,33 €	22.234,92 €
Weber volna 2 cm	m2	199,60	2,26 €	451,10 €
Weber cokl STIRO16 d=16 cm	m2	26,00	19,47 €	506,22 €
Weber Family fasadno lepilo	kg	13122,78	0,35 €	4.592,97 €
Weber 9901 fasadna mrežica	m2	1319,00	0,90 €	1.187,10 €
Weber Trend 1,5 W001 zaključni sloj	kom	163,00	27,91 €	4.353,96 €
pokrivni čep MW	kom	7200,00	0,20 €	1.440,00 €
Weber SD522 fasadno sidro	kom	7200,00	0,43 €	3.096,00 €
Weber PVC vogalnik z mrežo	kom	136,00	1,90 €	258,40 €
Weber odkapni profil	kom	28,00	5,28 €	147,84 €
Weber MINI okenski profil	kom	119,00	3,15 €	374,85 €
Skupaj brez DDV				38.643,36 €
DDV (22 %)				8.501,54 €
Skupaj z DDV				47.144,90 €

Vir: (Lastni vir)

Za kvantitativno primerjavo je bil uporabljen izračun odstotne razlike med obema sistemoma, ki ga lahko zapišemo z naslednjo enačbo:

$$\Delta \% = \frac{C_{volna} - C_{EPS}}{C_{EPS}} \times 100 \quad (6.1)$$

kjer je C_{volna} skupni strošek fasadnega sistema z mineralno volno, C_{EPS} pa skupni strošek sistema z EPS in požarnimi barierami.

Rezultati izračuna so pokazali naslednje vrednosti:

- Pri sistemih JUB/Knauf znaša skupni strošek z EPS 40.936,87 €, z mineralno volno pa 53.630,64 €. Izračun podaja razliko v višini:

$$\Delta \% = \frac{53.630,64 - 40.936,87}{40.936,87} \times 100 = 30,9 \% \quad (6.2)$$

- Pri sistemih Weber znaša skupni strošek z EPS 32.273,41 €, z mineralno volno pa 47.144,90 €, kar pomeni razliko:

$$\Delta \% = \frac{47.144,90 - 32.273,41}{32.273,41} \times 100 = 46,0 \% \quad (6.3)$$

Iz obeh primerov je razvidno, da uporaba mineralne volne povzroči občutno povečanje stroškov, pri čemer se razlike gibljejo med 30,9 in 46,0 %. Povprečno povečanje stroškov v obeh analiziranih primerih znaša približno 39 %. Razlike med proizvajalcema je mogoče pojasniti z različnimi sistemskimi rešitvami in komponentami, kot so količina potrebnih sider, vrste lepil, zaključni sloji ter cenovna politika materialov. Kljub tem razlikam pa je trend enoten – fasadni sistemi z mineralno volno so znatno dražji od sistemov z EPS ob upoštevanju enakih tehničnih lastnosti in zahtev. Na podlagi ugotovitev lahko sklenemo, da se hipoteza v osnovi potrdi, saj izvedba z mineralno volno dejansko pomeni višje stroške. Vendar pa je začetna ocena o 20-odstotnem povečanju podcenjena, saj rezultati kažejo na bistveno večje odstopanje, ki se v analiziranih primerih giblje med 30 in 46 odstotki. To potrjuje, da izbira izolacijskega materiala predstavlja ključen dejavnik pri končnih stroških izvedbe fasade na večstanovanjskih stavbah.

6.2 *Hipoteza 2:*

Hipoteza 2 predpostavlja, da je izvedba fasade na večstanovanjskih stavbah s kameno volno hitrejša kot izvedba fasade s stiroporjem, kjer je potrebno dodatno vgrajevanje požarnih barier. Pri tem se upoštevajo enaki tehnični pogoji in delovni pogoji, s čimer se omogoča objektivna primerjava obeh sistemov. Namen preverjanja je ugotoviti, ali uporaba kamene volne dejansko skrajša čas izvedbe in s tem vpliva na učinkovitost gradbenih del.

V okviru energetske sanacije večstanovanjskih stavb izbira izolacijskega materiala pomembno vpliva na kakovost in hitrost izvedbe fasade. Hipoteza, da je izvedba fasade s kameno (mineralno) volno hitrejša kot izvedba s stiroporjem (EPS) in požarnimi barierami, je v strokovni praksi pogosto prisotna. Njen temelj temelji na tehničnih predpisih, normativih in empiričnih podatkih, ki vplivajo na organizacijo dela na gradbišču.

V skladu z evropskimi smernicami (ETAG 004 oziroma EAD 040083-00-0404) ter slovenskimi predpisi (PURES) je pri uporabi toplotnoizolacijskih sistemov na osnovi ekspandiranega polistirena (EPS) pri večstanovanjskih stavbah z višino nad 11 metrov obvezna vgradnja požarnih prekinitev iz negorljivih materialov, kot je mineralna volna. Namen teh horizontalnih in vertikalnih prekinitev je omejiti širjenje ognja po fasadni površini. Mineralna volna, ki je po standardu EN 13501-1 uvrščena v razred A1 kot negorljiv material, omogoča izvedbo fasad brez dodatnih požarnih barier, kar poenostavi montažo in zmanjša kompleksnost izvedbe. Niziurska, Wieczorek in Borkowicz (2022) ugotavljajo, da horizontalne mineralno-volnene prekinitve v sistemih EPS sicer pomembno prispevajo k požarni varnosti, vendar njihova izvedba povečuje zahtevnost sistema. V primerjavi s tem fasadni sistemi, ki so v celoti izvedeni z mineralno volno, zagotavljajo visoko stopnjo požarne varnosti brez potrebe po dodatnih konstrukcijskih elementih, kar dolgoročno vpliva tako na varnost kot tudi na ekonomiko izvedbe.

Hitrost vgradnje ni odvisna le od materiala samega, temveč tudi od zahtevnosti vgradnje, števila postopkov, potrebnih za izpolnjevanje predpisov, ter učinkovitosti ekipe izvajalcev. Čeprav je EPS lažji in hitreje razrezljiv, je pri višjih objektih potrebna izvedba protipožarnih prekinitev, kar pomeni dodatne faze rezanja, nameščanja in dodatnega sidranja, kar upočasni gradbeni proces. Kamena volna se vgrajuje neprekinjeno in omogoča tekoč potek del brez tehničnih zastojev, kar potrjujejo tudi podatki iz evropskih analiz izvedenih objektov (Cardile, 2024).

V analizi časovne učinkovitosti izvedbe fasadnih sistemov so bili uporabljeni podatki, ki temeljijo na Referenčnih stroškovnih elementih Slovenije (RS-CES) ter empiričnih opažanjih izvajalcev v praksi. RS-CES predstavljajo standardizirano podlago pri pripravi projektantskih ocen, popisov del in investicijskih analiz, saj vključujejo časovne normative za izvedbo posameznih gradbenih del (izražene v človek-urah), porabo materiala ter stroške dela in opreme. Gre za profesionalno orodje, ki se uporablja znotraj licencirane programske opreme, kot so GlePRO, GALA in BUILDsoft, zato ni javno dostopno širši strokovni javnosti. V nalogi so zato podatki povzeti po razpoložljivih popisih del in strokovnih priporočilih izvajalcev, skladno z veljavnimi smernicami slovenske gradbene stroke. Takšen pristop omogoča realistično oceno povprečnega dnevnega napredka montaže izolacijskih materialov ter primerljivo vrednotenje različnih fasadnih rešitev.

Tabela 6 Povprečni napredek montaže

Sistem izolacije	Povprečni napredek montaže (m ² /dan)	Opombe
EPS brez barier	40–50	Dovoljeno samo v objektih <11 m
EPS z barierami	25–35	Zahteva vmesne pasove, zamude
Mineralna volna (MW)	35–45	Ni prekinitev, manj zamud

Vir: (Lastni vir)

Če se število delavcev poveča, se hitrost proporcionalno zviša, vendar ostajajo tehnične ovire, kot so dodatni detajli pri sistemih EPS in so pomemben dejavnik upočasnjevanja. Pri večjih objektih se vsaka dodatna vgradna faza (npr. prekinitev protipožarne cone) multiplicira in dodatno obremenjuje logistiko izvedbe.

Za orientacijski izračun časa izvedbe lahko uporabimo naslednjo enačbo:

$$T = \frac{A}{R \times D} \quad (6.4)$$

T je predviden čas izvedbe (v delovnih dneh), A neto površina fasade (v m²), R povprečni dnevni napredek montaže na delavca (m²/dan) in D število delavcev.

Če za naš primer vgradimo: $A = 1331 \text{ m}^2$ fasade z mineralno volno, ekipa štirih delavcev in povprečni napredek $R = 20 \text{ m}^2/\text{dan}$ na delavca, je skupni čas izvedbe:

$$T = \frac{1331}{20 \times 4} = 16,65 \text{ dni} \quad (6.5)$$

Pri sistemu z EPS in požarnimi barierami ter povprečnim napredkom $R = 15 \text{ m}^2/\text{dan}$ na delavca pa:

$$T = \frac{1331}{15 \times 4} = 22,20 \text{ dni} \quad (6.6)$$

To potrjuje, da lahko kompleksnost detajlov in dodatna zaščita v sistemih z EPS bistveno podaljšata trajanje izvedbe. Mineralna volna torej predstavlja racionalnejšo izbiro pri projektih, kjer je hitrost izvedbe kritičen dejavnik, zlasti v višjih večstanovanjskih stavbah. Na podlagi kombinacije normativov, empiričnih podatkov in tehničnih zahtev lahko hipotezo potrdimo: izvedba fasade z mineralno volno je v povprečju hitrejša in tehnično manj zahtevna kot izvedba s stiroporjem z integriranimi požarnimi barierami, če so ostali pogoji enaki.

6.3 Hipoteza 3

V okviru diplomske naloge obravnavam hipotezo H3, ki predpostavlja, da imajo silikonsko-silikatni zaključni sloji fasad daljšo življenjsko dobo v primerjavi z akrilnimi in mineralnimi zaključnimi sloji, predvsem zaradi boljše odpornosti na vremenske vplive, UV-sevanje in onesnaženje. Hipoteza bo ovrednotena na podlagi primerjalne analize lastnosti različnih vrst fasadnih zaključnih slojev, rezultatov iz tehničnih listov vodilnih proizvajalcev (Baumit, JUB, Weber) ter podprta z mednarodnimi raziskavami o dolgotrajni obstojnosti materialov.

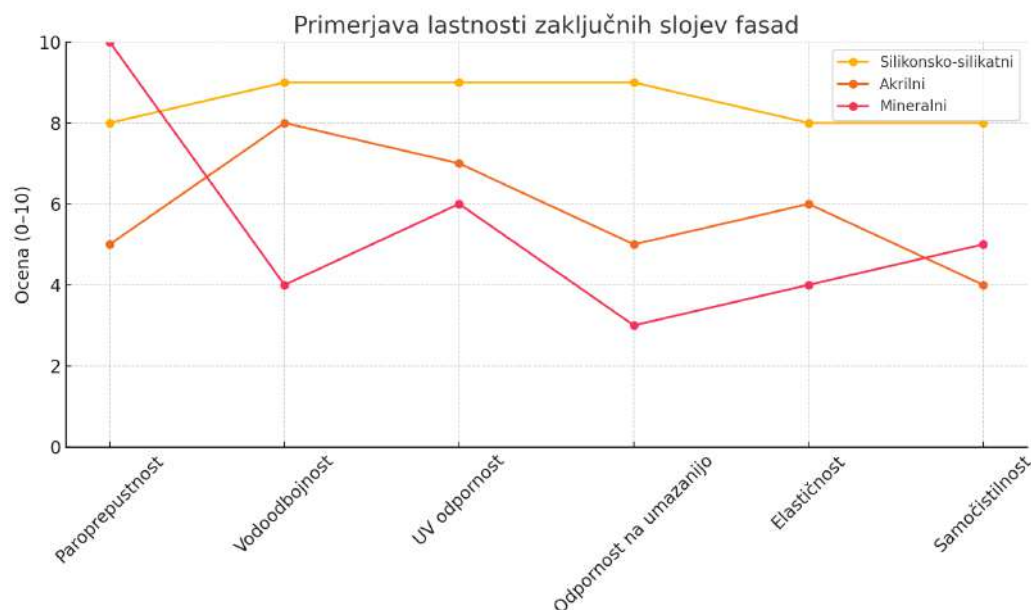
Spodnja tabela prikazuje ključne lastnosti treh vrst zaključnih slojev na podlagi tehničnih podatkov iz tehničnih listov proizvajalcev, JUB, d. o. o., (2023), Saint-Gobain Gradbeni izdelki, d. o. o., (2020) in Baumit, d. o. o., (2023):

Tabela 7 Lastnosti zaključnih slojev

Lastnost	Silikonsko-silikatni	Akrilni	Mineralni
Paroprepustnost	Visoka	Nizka	Zelo visoka
Vodoodbojnost	Zelo visoka	Visoka	Nizka
UV-odpornost	Zelo visoka	Visoka	Srednja
Odpornost na umazanijo	Zelo visoka	Srednja	Nizka
Elastičnost	Visoka	Srednja	Nizka
Samočistilnost	Da	Ne	Delno
Življenjska doba (ocena)	25–30 let	15–20 let	10–15 let

Vir: (Povzeto s tehničnih listov proizvajalcev JUB (2023), Weber (2022) in Baumit (2023))

Na spodnjem grafu, ki je povzet in prirejen po tehničnih listih Baumit (2023), JUB (2023), Weber (2020), pa je prikazana ocena šestih ključnih lastnosti posameznih slojev na lestvici od 0 do 10. Silikonsko-silikatni ometi izkazujejo najbolj uravnotežene vrednosti, predvsem pri UV-odpornosti, samočistilnosti in elastičnosti, kar potrjuje njihovo visoko obstojnost v realnih vremenskih pogojih. Ocene temeljijo na interni primerjavi ključnih lastnosti, izraženih v številčni obliki za namene vizualne interpretacije.



Grafikon 1 Lastnosti posameznih zaključnih slojev

Vir: (Tehnični listi Baumit (2023), JUB (2023), Weber (2022))

Na podlagi zbranih podatkov lahko hipotezo H3 potrdimo. Silikonsko-silikatni zaključni sloji so v primerjavi z akrilnimi in mineralnimi tehnično naprednejši, predvsem zaradi kombinacije visoke paroprepustnosti in odpornosti na vremenske in mehanske vplive. Analize, ki so jih izvedli proizvajalci (Baumit, JUB, Weber), potrjujejo, da je pričakovana življenjska doba silikonsko-silikatnih slojev do 30 let, medtem ko mineralni in akrilni sloji v povprečju dosežejo 10 do 20 let. Rezultati so skladni tudi z ugotovitvami tujih raziskav. Urbanemu onesnaženju so posebej izpostavljeni zaključni sloji fasad, kar pomembno vpliva na njihovo vizualno in funkcionalno trajnost. Parracha in drugi (2022) ugotavljajo, da silikatni in mineralni zaključki v urbanem okolju hitreje izgubljajo estetske lastnosti zaradi vpliva onesnaženja in biološke rasti, kar posledično skrajša njihovo funkcionalno življenjsko dobo v primerjavi z drugimi rešitvami zaključnih slojev.

6.4 Hipoteza 4

Hipoteza H4 v okviru raziskave BTEC 2024 obravnava vlogo sodobnih digitalnih tehnologij pri pregledovanju fasad večstanovanjskih stavb. Pregledovanje fasad je bistvenega pomena za zagotavljanje varnosti, energetske učinkovitosti in estetske vrednosti objektov, zato je kakovost teh pregledov ključna za dolgoročno trajnost stavb. Prepozno zaznane poškodbe lahko povzročijo resne strukturne težave, povečano porabo energije in stroške ter poslabšanje videza stavbe. Tradicionalne metode pregledovanja so pogosto drage, zamudne in tvegane za izvajalce, zato so se v zadnjem desetletju začele uveljavljati nove tehnologije, kot so brezpilotni letalni sistemi (UAV – droni) v kombinaciji z umetno inteligenco (UI).

Hipoteza H4 predpostavlja, da uporaba dronov v kombinaciji z umetno inteligenco omogoča hitrejšo in bolj natančno odkrivanje poškodb fasad v primerjavi s tradicionalnimi metodami. Namen tega poglavja je analizirati tradicionalne in sodobne pristope pregledovanja, predstaviti njihove prednosti in slabosti, opisati praktični postopek uporabe dronov z UI ter na koncu opraviti primerjalno analizo. Avtorski pogled je usmerjen v oceno dolgoročnega potenciala UAV in UI pri vzdrževanju večstanovanjskih stavb ter njihov vpliv na prihodnji razvoj gradbeništva v Sloveniji in drugod po svetu.

Tradicionalne metode pregledovanja fasad

Ročni vizualni pregledi fasad so še vedno najpogostejša metoda. Pri tem inšpektorji uporabljajo odre, dvigala ali plezalne tehnike, da lahko vizualno ocenijo stanje objekta. Takšen pristop omogoča podrobne preglede, vendar je izrazito drag, časovno potraten in predstavlja tveganje za delavce. Poleg tega so rezultati pogosto subjektivni in odvisni od izkušenj pregledovalca. McGinley in Ernest (2004) ugotavljata, da so lahko poškodbe, ki jih človeško oko ne zazna, dolgoročno kritične za stabilnost fasade.

Termografsko slikanje je metoda, ki se je začela intenzivneje uporabljati z razvojem infrardeče tehnologije. Omogoča odkrivanje toplotnih izgub in vlage pod površino fasade, kar je uporabno predvsem za identifikacijo toplotnih mostov in področij z zadrževanjem vlage. Kljub temu ta metoda ne omogoča natančne določitve vrste in obsega poškodb ter jo je treba kombinirati z drugimi postopki (Teslim, 2024).

V zadnjih letih se je pregledovanje z droni brez umetne inteligence uveljavilo kot hitrejši način zbiranja podatkov brez uporabe odrov ali dvigal. Kljub temu operaterji zbrane slike in posnetke še vedno analizirajo ročno, kar podaljša čas obdelave in poveča možnost napak. To zahteva dodatne vire in izkušene analitike, kar lahko povzroči zamude in netočnosti (Chua in drugi, 2021).

Uporaba dronov in umetne inteligence

Uporaba dronov v kombinaciji z umetno inteligenco bistveno izboljšuje učinkovitost pregledovanja fasad. Algoritmi strojnega učenja omogočajo hitro obdelavo podatkov v realnem času in avtomatizirano prepoznavanje poškodb. Tradicionalni pregledi trajajo več dni ali tednov, medtem ko UAV z vgrajenimi sistemi UI omogočajo zajem podatkov v nekaj urah, analizo pa v istem dnevu (Kurucu & Seyis, 2024).

Poleg hitrosti je bistvena tudi povečana natančnost. Konvolucijske nevronske mreže (CNN) so sposobne zaznati razpoke, odstopanja materialov in druge deformacije z natančnostjo, ki presega 95 % (Idris, bin Sarif, Kaamin, & Mokhtar, 2023). Pomembna prednost je tudi možnost razlikovanja med različnimi vrstami poškodb, na primer razpokami zaradi vlage ali temperaturnih obremenitev, kar zmanjša potrebo po subjektivni interpretaciji (Hammer Flights Ltd., 2023).

Zmanjšanje potrebe po fizičnih pregledih izboljša varnost delavcev, saj UAV omogoča pregled tudi najzahtevnejših lokacij, kot so visoke stavbe ali nevarne konstrukcije (McGinley & Ernest, 2004). Stroški so nižji, saj odpade potreba po odrih in dvigalih, samodejna analiza pa zmanjša potrebo po delovni sili. Raziskave kažejo, da se stroški vzdrževanja z uporabo UAV in UI zmanjšajo za 30–50 % v primerjavi s tradicionalnimi metodami (Chua in drugi, 2021). Poleg tega imata UAV+UI pozitiven vpliv na okolje, saj zmanjšujeta potrebo po težki mehanizaciji in posledično zmanjšujeta tudi ogljični odtis (Hammer Flights Ltd., 2023).

Kljub številnim prednostim metoda UAV+UI ni brez omejitev. Eden ključnih dejavnikov so vremenske razmere – močan veter, dež ali slaba vidljivost lahko zmanjšajo kakovost zajetih slik. Dodatno omejitev predstavljajo pravni in regulativni okviri, ki v urbanih okoljih omejujejo uporabo dronov. Tehnologija zahteva tudi usposobljene operaterje, ki morajo obvladati upravljanje UAV in hkrati razumeti postopke analize podatkov. V prihodnosti bo zato nujno potrebno dodatno izobraževanje kadrov in prilagoditev zakonodaje.

Postopek pregledovanja z umetno inteligenco in droni

Pregledovanje visokih stavb s pomočjo brezpilotnih letalnih sistemov (UAV – dronov) in umetne inteligence (UI) je sodobna metoda, ki omogoča podrobno oceno stanja fasade z minimalnim človeškim posredovanjem in povečano natančnostjo analize. Idris idr. (2023) so izvedli študijo, v kateri so testirali uporabo dronov za pregled fasad visokih stavb v Maleziji. Kot študijski primer so izbrali Urban Transformation Centre (UTC) Malacca, kjer so analizirali poškodbe in strukturno stanje stavbe. Uporabljena je bila metoda vizualnega pregledovanja s pomočjo UAV in analiza podatkov z uporabo Condition Survey Protocol (CSP1) Matrix, ki omogoča objektivno oceno stanja objekta. Koraki postopka pregledovanja so naslednji:

1. **Obisk lokacije in analiza pogojev za letenje:** Pred izvedbo pregleda ekipa UAV analizira fizične in varnostne pogoje okolja, kot so vremenske razmere, konfiguracija stavbe, prisotnost motečih dejavnikov (drevje, kabli), omejitve letenja in zakonodajni okvir. Določijo se tudi potrebni varnostni ukrepi, kot so določitev varnih con, rezervni scenariji za izgubo signala in komunikacija z morebitnimi lokalnimi oblastmi.
2. **Načrtovanje leta:** Na podlagi analize okolja se načrtuje optimalna letalska pot, običajno v vertikalnem vzorcu, ki omogoča sistematičen zajem celotne površine fasade. Načrtovanje vključuje nastavitve hitrosti letenja, višine, razdalje od objekta in prekrivanja zajetih slik.
3. **Zbiranje podatkov z UAV:** UAV leti po vnaprej določeni poti in sistematično zajema visoko ločljive slike, vključno s termalnimi podatki, če so potrebni. Kamere običajno zajemajo slike z razdalje okoli 2 metra od fasade, da se zagotovi podrobna vizualna informacija brez nevarnosti trkov.
4. **Obdelava slik in analiza podatkov z UI:** Zbrane slike se prenesejo v programsko okolje, ki uporablja umetno inteligenco za avtomatizirano analizo. Algoritmi analizirajo slike in kategorizirajo poškodbe glede na vrsto, obseg in lokacijo. Sistem samodejno prepozna razpoke, poškodbe tesnil, toplotne mostove, deformacije površin ipd.
5. **Priprava končnega poročila:** Na podlagi rezultatov UI-analize se pripravi strukturirano poročilo, ki vključuje vizualizacijo poškodb, priporočila za vzdrževanje ter oceno stanja objekta po CSP1 Matrix metodologiji. Poročilo je prilagojeno potrebam lastnikov stavb, projektantov ali nadzornikov.

Primerjalna analiza metod pregledovanja

Za lažjo primerjavo tradicionalnih metod in uporabe UAV z umetno inteligenco je bila pripravljena tabela, ki povzema ključne značilnosti posameznih pristopov.

Tabela 8 Primerjalna analiza metod pregledovanja fasad

Metoda	Čas trajanja	Stroški	Natančnost	Varnost
Tradicionalni pregled (odri, dvigala)	Več dni do tednov	Visoki	Subjektivna	Nizka
Termografsko slikanje	1–2 dni	Srednji	Omejena (vlaga, toplotni mostovi)	Srednja
Droni brez UI	Ure	Srednji	Odkvisna od operaterja	Višja kot tradicionalno
Droni z UI	Ure do en dan	30–50 % nižji	Zelo visoka (>95 %)	Zelo visoka

Vir: (Povzeto po McGinley & Ernest, 2004; Ong idr., 2021; Kurucu & Seyis, 2024; Idris idr., 2023)

Tabela prikazuje primerjavo časa trajanja, stroškov, natančnosti in varnosti različnih metod pregledovanja fasad. Podatki so povzeti po izbranih raziskavah in dopolnjeni z analizo, kar omogoča celostno oceno prednosti in slabosti posameznih metod.

Analiza metod pregledovanja fasad potrjuje hipotezo H4, in sicer da uporaba UAV v kombinaciji z umetno inteligenco omogoča hitrejše, natančnejše in stroškovno učinkovitejše odkrivanje poškodb kot tradicionalne metode. Umetna inteligenca izboljšuje prepoznavanje poškodb, zmanjšuje možnost človeških napak ter bistveno povečuje varnost pregledov (Kurucu & Seyis, 2024). Menim, da bo razvoj UAV+UI tehnologij v prihodnje močno zaznamoval področje gradbeništva in vzdrževanja objektov. V Sloveniji bi lahko bila njihova uporaba še posebej pomembna pri energetske sanaciji večstanovanjskih stavb, kjer so stroški in varnost ključni dejavniki odločanja. Pomemben izziv bo prilagoditev zakonodaje, ki trenutno omejuje uporabo dronov v urbanih okoljih, ter izobraževanje strokovnjakov za delo z naprednimi sistemi UI. Na ravni Evropske unije sta UAV in UI že prepoznana kot ključna elementa digitalizacije gradbeništva, zato pričakujem, da bo njuna uporaba v naslednjem desetletju postala standardni del inšpekcijskih pregledov in preventivnega vzdrževanja stavb.

7 SKLEP

V diplomskem delu sem se osredotočil na problematiko energetske sanacije fasad večstanovanjskih stavb, pri čemer sem želel preveriti različne tehnične in ekonomske vidike, ki vplivajo na končno odločitev investitorjev in upravnikov. Osrednji namen je bil pokazati, kako izbira izolacijskega materiala in fasadnega sistema vpliva na stroške, izvedljivost, čas trajanja del in dolgoročno energetsko učinkovitost objekta. V raziskovalnem delu sem obravnaval štiri hipoteze, s katerimi sem želel potrditi oziroma ovreči izhodiščne trditve, ki se pogosto pojavljajo v praksi pri načrtovanju sanacij. Poleg tega sem želel tudi ponuditi predloge, ki bodo v pomoč pri prihodnjih odločitvah o energetski prenovi večstanovanjskih stavb.

Analiza je pokazala, da sem zastavljene cilje v celoti dosegel. Raziskava je omogočila vpogled v tehnične, ekonomske in organizacijske vidike izvedbe sanacije fasad. S tem sem pridobil podlago za sistematično presojo posameznih hipotez in celostno vrednotenje sanacijskih ukrepov. Na podlagi primerjave stroškov, analiz toplotnih izgub in vračilnih dob sem lahko jasno dokazal, kakšne so razlike med posameznimi materiali in sistemi, ter poudaril pomen celostnega pristopa, ki presega zgolj stroškovni vidik.

Prva hipoteza, ki je trdila, da uporaba mineralne volne poveča stroške gradnje fasade za približno 20 % v primerjavi z EPS in požarnimi barierami, se je v praksi izkazala za podcenjeno. Izračuni so pokazali, da so dejanske razlike v stroških med 30 in 46 %, kar pomeni, da je vpliv izbire materiala na skupno ceno sanacije bistveno večji od pričakovanega. Kljub temu pa je bila hipoteza v svojem bistvu potrjena, saj je mineralna volna resnično dražja izbira, vendar je njena prednost v boljši požarni varnosti in trajnosti, kar dolgoročno lahko upraviči višji začetni vložek.

Druga in tretja hipoteza, ki sta se nanašali na tehnične vidike izvedbe in na primerjavo različnih fasadnih sistemov, sta bili prav tako potrjeni. Pokazalo se je, da lahko izvedba z mineralno volno poteka hitreje in manj zahtevno kot izvedba s sistemom EPS z dodatnimi požarnimi barierami. Prav tako je bilo potrjeno, da pravilna debelina izolacije zagotavlja ustrezno toplotno zaščito v skladu z zahtevami PURES-3 ter omogoča pridobitev subvencij Eko sklada. To dokazuje, da izbira izolacijskega materiala ni le vprašanje cene, ampak tudi tehnične ustreznosti in skladnosti z veljavnimi predpisi.

Četrta hipoteza, ki je preučevala uporabo dronov in umetne inteligence pri pregledovanju fasad, je bila potrjena v celoti. Analiza je pokazala, da kombinacija UAV in UI omogoča hitrejšo, varnejšo in bolj natančno odkrivanje poškodb v primerjavi s tradicionalnimi metodami. Uporaba te tehnologije pomeni velik potencial za prihodnji razvoj gradbeništva, saj omogoča nižje stroške, večjo varnost delavcev in bolj objektivne rezultate pregledov. Gre za pomembno dopolnitev celostnega pristopa k sanacijam, ki presega klasične metode in odpira nove možnosti digitalizacije v gradbeni praksi.

Ključne ugotovitve diplomskega dela kažejo, da je pri odločanju o energetske sanaciji treba upoštevati tako finančne kot tehnične in okoljske vidike. Višji stroški mineralne volne so upravičeni z vidika požarne varnosti in trajnosti. Čas izvedbe in organizacija del sta pomembna dejavnika, ki lahko vplivata na izbiro sistema. Prav tako je jasno, da bo digitalizacija, zlasti uporaba UAV in UI, v prihodnosti postala standardni del pregledov in načrtovanja prenov. Diplomsko delo tako potrjuje pomen celostnega razmišljanja, kjer se prepletajo ekonomika, tehnika in trajnostni razvoj.

Na podlagi raziskave lahko oblikujem tudi nekaj ključnih predlogov. Investitorjem in upravnikom priporočam, da pri odločitvah ne gledajo zgolj na začetne stroške, ampak upoštevajo celotno življenjsko dobo materialov in dolgoročne prihranke pri energiji. Projektantom svetujem, da pri pripravi projektne dokumentacije vedno preverijo skladnost z aktualnimi predpisi in pogoji za subvencije, saj to lahko bistveno vpliva na izvedljivost projekta. Nenazadnje pa menim, da bi bilo smiselno v Sloveniji pospešiti digitalizacijo gradbeništva ter vpeljati UAV in UI v prakso, saj bi to zmanjšalo stroške in omogočilo boljše spremljanje stanja stavb.

Sklepno lahko povem, da so cilji diplomskega dela doseženi, hipoteze pa potrjene oziroma ustrezno ovrednotene. Rezultati potrjujejo, da je energetska sanacija večstanovanjskih stavb kompleksen proces, ki ga je treba obravnavati celostno. Pomeni ne le tehnični izziv, ampak tudi priložnost za povečanje kakovosti bivanja, zmanjšanje porabe energije in prispevek k trajnostnemu razvoju. Diplomsko delo s tem predstavlja prispevek k strokovni praksi in odpira prostor za nadaljnje raziskave ter izboljšave na področju energetske učinkovitosti in digitalizacije gradbeništva.

8 LITERATURA

- Adamus, J. & Pomada, M. (2023). Analysis of the Influence of External Wall Material Type on the Thermal Bridge at the Window-to-Wall Interface. *Materials* 2023, 16, 6585. Pridobljeno iz <https://doi.org/10.3390/ma16196585>
- Atraktiv, d.o.o. (2023). *Izolacija – kateri izolacijski material izbrati?* Pridobljeno iz <https://atraktiv.si/2023/09/01/izolacija-kateri-izolacijski-material-izbrati/>
- Baumit, d.o.o. (2023). *Tehnični listi: Zaključni sloji Baumit*. Pridobljeno iz <https://baumit.si/storitve/tehnichni-dokumenti>
- Cardile, G. (2024). *Building envelope design in adaptive reuse: a comparative method proposal as support for designer's technological choices*. Politecnico di Torino. Pridobljeno iz <https://webthesis.biblio.polito.it/secure/31486/1/tesi.pdf>
- Chua, D., Wong, L., Yeoh, J., Lee, W., Ang, M., Chew, M. & Man, D. (November 2021). Smart technology with drones and artificial intelligence for building facade inspections. *The Singapore engineer*. Pridobljeno iz https://www.researchgate.net/publication/379154582_Smart_technology_with_drones_and_artificial_intelligence_for_building_facade_inspection
- Dolgoročna strategija energetske prenove stavb do leta 2050. (2021). www.vlada.si. Pridobljeno iz Vlada Republike Slovenije: https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/dseps/dseps_2050_final.pdf
- Eko sklad, j.s. (2024). *Pogoji za subvencije energetske prenove*. Pridobljeno iz <https://www.ekosklad.si/>
- Fibran, d.o.o. (2023). *ETICS sistemi in fasadna izolacija*. Pridobljeno iz <https://fibran.si/tehnichni-listi/>
- Gradbeni inštitut ZRMK, d.o.o. (2025). *Projekt energetske prenove za večstanovanjske in individualne stavbe*. Pridobljeno iz https://gi-zrmk.si/projekti/slovenski_projekti/projekt_celovite_energetske_prenove_stavbe/
- Gradbeni zakon (GZ-1). (2022). *Uradni list RS, št. 199/21*. Pridobljeno iz Uradni list Republike Slovenije: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2021-01-3972>
- Hammer Flights Ltd. (2023). *Drones in Construction*. Pridobljeno iz Hammer Missions: <https://www.hammermissions.com/>
- Idris, N. A., bin Sarif, A., Kaamin, M. & Mokhtar, M. (Marec 2023). High-Rise Building Inspection by Using Unmanned Aerial Vehicles. *Construction Technologies and Architecture*. Pridobljeno iz https://www.researchgate.net/publication/369719887_High-Rise_Building_Inspection_by_Using_Unmanned_Aerial_Vehicles

- International Energy Agency. (2019). *Energy efficiency 2019*. Pridobljeno iz https://iea.blob.core.windows.net/assets/8441ab46-9d86-47eb-b1fc-cb36fc3e7143/Energy_Efficiency_2019.pdf
- International Energy Agency. (2025). *Staying cool without overheating the energy system*. Pridobljeno iz <https://www.iea.org/commentaries/staying-cool-without-overheating-the-energy-system>
- JUB, d.o.o. (2023). *Tehnični listi: Zaključni sloji fasadnih sistemov*. Pridobljeno iz <https://www.jub.si/>
- Kamel, E. & Memari, A. (2022). Residential building envelope energy retrofit methods, simulation tools, and example projects: A review of the literature. *Buildings* 2022, 12(7), 954. Pridobljeno iz <https://doi.org/10.3390/buildings12070954>
- KANSAI HELIOS Slovenija, tovarna premazov in umetnih smol, d.o.o. (2022). *Izbira fasade in razlike med materiali za toplotno izolacijo*. Pridobljeno iz <https://www.helios-deco.com/sl/>
- Končalović, D., Nikolic, J., Vukasinovic, V., Gordić, D. & Živković, D. (2022). Possibilities for Deep Renovation in Multi-Apartment Buildings in Different Economic Conditions in Europe. *Energies* 2022, 15, 2788. Pridobljeno iz <https://doi.org/10.3390/en15082788>
- Künzel, H. & Dewsbury, M. (2022). Moisture control design has to respond to all relevant hygrothermal loads. *Environment*. 2022;(4):08. Pridobljeno iz <https://doi.org/10.14324/111.444/ucloe.000037>
- Kurucu, E. T. & Seyis, S. (2024). Enhancement of Building Façade Inspection Through AI and UAV Technology. *Proceedings of the 41st International Conference of CIB W78*. Marrakech, Morocco. Pridobljeno iz <https://itc.scix.net/paper/w78-2024-31>
- McGinley, W. M. & Ernest, C. (2004). Facade Inspections a Must for Both New and Old Buildings—A Case Study of Two High Rise Structures. *Journal of ASTM International*. Pridobljeno iz <https://doi.org/10.1520/JAI11165>
- Nesting, nepremičninske storitve, Tomaž Šoštarčič, s.p. (2024). *Varnostni načrt za obnovo fasade na stavbi Ul. 25 maja 12, Ptuj*.
- Niziurska, M., Wiczorek, M. & Borkowicz, K. (2022). Fire Safety of External Thermal Insulation Systems (ETICS) in the Aspect of Sustainable Use of Natural Resources. *Sustainability* 2022, 14, 1224. Pridobljeno iz <https://doi.org/10.3390/su14031224>
- Parracha, J., Borsoi, G., Veiga, R., Flores-Colen, I., Nunes, L., Viegas, C. & Faria, P. (2022). Durability assessment of external thermal insulation composite systems in urban and maritime environments. *Science of The Total Environment*. Pridobljeno iz <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157828>
- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Pures 3). (2022). *Uradni list RS, št. 70/22*. Pridobljeno iz Uradni list Republike Slovenije: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2022-01-1635>

- Pravilnik o varnostnih znakih. (19. november 1999). *Uradni list RS*, št. 89/99. Pridobljeno iz Uradni list Republike Slovenije: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/1999-01-4281>
- Priročnik upravičenih stroškov Ministrstva za okolje, podnebje in energijo. (2024). *Priročnik upravičenih stroškov pri ukrepu energetske prenove stavb javnega sektorja*. Pridobljeno iz https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOPE/UZP/JR-_EKP_JOB_2024_pp/Prirocnik-upravicenih-stroskov-pri-ukrepu-energetske-prenove-stavb-javnega-sektorja.pdf
- PTS Vauda, d.o.o. (brez datuma). *Oddaja opreme - Gradbeni oder*. Pridobljeno iz https://www.vauda.si/oddaja_opreme.htm
- Rivera, M. D., Escobar, N. J., Arrietta, A., Merlano, A. S. & Calabokis, O. P. (2025). Sandwich composite panels with thermal and acoustic insulation properties for sustainable buildings. *Environments*. Pridobljeno iz <https://doi.org/10.3390/environments12030095>
- Saint-Gobain Gradbeni izdelki, d.o.o. (2020). *Tehnična dokumentacija fasadnih sistemov*. Pridobljeno iz <https://www.saint-gobain.si/prenosi>
- Sever, M. (2016). *Primerjalna analiza investicije klasične in skoraj nič energijske zidane stanovanjske stavbe*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Slovenski inštitut za standardizacijo. (2006). *SIST EN ISO 7730: Ergonomija toplotnega okolja – Analitična določitev in interpretacija toplotnega ugodja s pomočjo izračuna kazalnikov PMV in PPD ter kriterijev lokalnega toplotnega ugodja*. Slovenski inštitut za standardizacijo.
- Slovenski inštitut za standardizacijo. (2020). *SIST EN 12811: Oprema začasne gradnje – 1. del: Zahtevane lastnosti in projektiranje*. Slovenski inštitut za standardizacijo.
- Slovenski inštitut za standardizacijo. (2020). *SIST HD 1000: Delovni odri iz predizdelanih tipskih elementov (sistemski odri) - Materiali, mere, obtežbe in varnostne zahteve*. Slovenski inštitut za standardizacijo.
- Šajna, A. (2012). *Priročnik za nadzor pri gradnji*. Inženirska zbornica Slovenije. Pridobljeno iz http://arhiv.izs.si/fileadmin/dokumenti/publikacije-IZS/Prirocniki_IZS/IZS_Prirocnik_za_nadzor_pri_gradnji-koncna.pdf
- Teslim, B. (2024). Comparing Manual and Automated Auditing Techniques in Building. Pridobljeno iz https://www.researchgate.net/publication/386372774_Comparing_Manual_and_Automated_Auditing_Techniques_in_Building_Assessments
- Umarh, d.o.o. (2023). *Projekt za izvedbo (PZI): Energetska sanacija objekta Ulica 25 maja 12, Ptuj*.
- Uredba o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih. (27. september 2005). *Uradni list RS*, št. 83/05. Pridobljeno iz Uradni list Republike Slovenije: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2005-01-3626>

- Vitrano, G. & Micheli, G. J. (2024). Effectiveness of Occupational Safety and Health interventions: a long way to go. *Frontiers in Public Health*, 12. Pridobljeno iz <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1292692>
- Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1). (1. junij 2011). *Uradni list RS*, št. 43/11. Pridobljeno iz Uradni list Republike Slovenije: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2011-01-2039>
- Zakon o vzpostavitvi etažne lastnine na določenih stavbah in o ugotavljanju pripadajočega zemljišča (ZVEtL-1). (2017). *Uradni list RS*, št. 34/17. Pridobljeno iz Uradni list Republike Slovenije: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2017-01-1841>