VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

PRIMERJAVA KONTAKTNE FASADE IN FASADNIH PANELOV

Kandidat: Jasmir Tuholjkić

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

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

Mentor v podjetju: Nejc Hrastnik, dipl. inž. grad. (UN)

Lektor: Melita Cvikl Delopst, prof. slov. jez. in soc.

Maribor, 2026

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Jasmir Tuholjkić, avtor diplomskega dela z naslovom Primerjava kontaktne fasade in fasadnih panelov, ki sem ga napisal pod mentorstvom gospoda Vladimirja Dragorajca, univ. dipl. inž. grad.

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.

Maribor, julij 2026 Podpis študenta:

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem svojemu mentorju gospodu Vladimirju Dragorajcu, univ. dipl. inž. grad., za strokovno vodenje, podporo in dragocene nasvete pri pripravi tega diplomskega dela. Zahvaljujem se tudi mentorju v podjetju gospodu Nejcu Hrastniku, dipl. inž. grad. (UN), za strokovno pomoč, praktične usmeritve in podporo med študijem ter pripravo diplomskega dela.

Posebna zahvala gre mojim staršem za podporo, spodbudo in vrednote, ki so mi omogočile uspešno pot skozi izobraževanje in življenje.

Iskrena hvala moji ženi Maidi za potrpežljivost, razumevanje in neomajno podporo skozi celoten čas študija.

Največja zahvala pa pripada mojemu sinu Davudu, ki mi je bil največja motivacija pri doseganju tega cilja.

Hvala vsem, ki ste kakorkoli prispevali k nastanku tega diplomskega dela.

POVZETEK

Diplomsko delo obravnava primerjavo kontaktne fasade in fasadnih panelov z vidika tehničnih, izvedbenih in ekonomskih značilnosti. Sistema se uporabljata pri različnih vrstah objektov, pri industrijskih in poslovnih objektih pa lahko predstavljata alternativni rešitvi, kadar projektne zahteve dopuščajo oba načina izvedbe. Razlikujeta se predvsem po tehnološkem postopku, organizaciji del, porabi delovnega časa, strukturi stroškov ter načinu vzdrževanja.

Namen diplomskega dela je analizirati prednosti in omejitve obeh fasadnih sistemov ter ugotoviti, v katerih pogojih posamezna rešitev predstavlja primernejšo izbiro z vidika investitorja, izvajalca in uporabnika objekta. Poseben poudarek je namenjen tehničnim lastnostim, času izvedbe, stroškom, zahtevnosti montaže in vzdrževanja ter povezavi fasadnega ovoja z dobrobitjo uporabnikov.

V diplomskem delu so bile uporabljene metoda analize strokovne literature, pregled tehnične dokumentacije proizvajalcev ter primerjalna metoda. Na podlagi zbranih podatkov so bile primerjane tehnične lastnosti, toplotna zaščita, požarne lastnosti in odziv na ogenj, zahtevnost vzdrževanja ter ocenjena poraba delovnega časa in stroški obeh sistemov. Za stroškovno primerjavo sta bili določeni toplotno primerljivi sestavi: kontaktna fasada z 80 mm mineralne volne ($U \approx 0{,}41$ W/(m²K)) in fasadni panel Trimoterm FTV100 z jedrom iz mineralne volne ($U = 0{,}40$ W/(m²K)).

Časovna analiza na enoto 1 m² je pokazala, da je bila ocenjena poraba delovnega časa pri fasadnih panelih za približno 55 % nižja kot pri kontaktni fasadi. V uporabljenem stroškovnem modelu toplotno primerljivih sestav so bili fasadni paneli približno 20,80 % stroškovno ugodnejši. Montaža panelov se je izkazala za organizacijsko enostavnejšo, pri večjih mehanskih poškodbah pa je lahko njihova sanacija zahtevnejša, zato je bila tretja hipoteza le delno potrjena. Končna izbira sistema je odvisna od namembnosti objekta, projektnih zahtev, rokov izvedbe, stroškov in pričakovane kakovosti uporabe.

Ključne besede: *kontaktna fasada, fasadni paneli, gradbeništvo, čas izvedbe, stroški izvedbe, dobro počutje*

ABSTRACT

COMPARISON OF CONTACT FACADES AND FACADE PANELS

This diploma thesis compares contact facade systems and facade panels from technical, construction and economic perspectives. The systems are used for different types of buildings and, in industrial and commercial projects, may represent alternative solutions when project requirements allow both methods. Their main differences concern the construction process, work organisation, labour time, cost structure and maintenance approach.

The purpose of the thesis is to analyse the advantages and limitations of both facade systems and determine the conditions under which each solution is more suitable from the perspectives of the investor, contractor and building user. Particular attention is paid to technical properties, construction time, costs, installation and maintenance requirements, and the relationship between the facade envelope and users' well-being.

The research combines an analysis of professional literature, a review of manufacturers' technical documentation and a comparative method. Based on the collected data, the systems are compared in terms of technical properties, thermal protection, fire performance and reaction to fire, maintenance requirements, estimated labour time and costs. The cost model uses thermally comparable configurations: a contact facade with 80 mm of mineral wool ($U \approx 0.41$ W/(m²K)) and a Trimoterm FTV100 facade panel with a mineral-wool core ($U = 0.40$ W/(m²K)).

The time analysis per 1 m² showed that the estimated labour time for facade panels was approximately 55% lower than for the contact facade. In the applied cost model of thermally comparable configurations, the facade panel solution was approximately 20.80% less expensive. Panel installation proved to be organisationally simpler, while major mechanical damage may require more demanding repairs; therefore, the third hypothesis was only partially confirmed. The final choice depends on the building use, project requirements, construction schedule, costs and expected quality of use.

Keywords: *contact facade, facade panels, construction industry, construction time, construction costs, well-being*

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 12

2.1 Varstvo pri delu in organizacija gradbišča 16

3 SPREMEMBA KONTAKTNE FASADE V FASADNE PANELE 22

3.1 Predstavitev problema 22
3.2 Kontaktna fasada 23
3.2.1 Sestava kontaktne fasade 24
3.3 Fasadni paneli 26
3.3.1 Sestava fasadnega panela 27
3.4 Razlogi za spremembo fasadnega sistema 29

4 PRIMERJAVA FASADNIH SISTEMOV 32

4.1 Tehnične lastnosti 32
4.2 Toplotna zaščita 33
4.3 Požarna odpornost 35
4.4 Prednosti in slabosti 38

5 VZDRŽEVANJE IN SANACIJE 41

6 ČASOVNA ANALIZA 43

7 STROŠKOVNA ANALIZA 47

8 OBLIKOVANJE VPLIVA NA DOBRO POČUTJE 54

9 PREVERJANJE HIPOTEZ 56

10 SKLEP 59

11 LITERATURA IN VIRI 61

KAZALO SLIK

Slika 1: Potek skupnega dela pri primerjavi fasadnih sistemov....14
Slika 2: Načrt kontaktne fasade....14
Slika 3: Shematski prikaz organizacije gradbišča....17
Slika 4: Primer fasadnega odra....18
Slika 5: Varnostni ukrepi pri izvedbi fasade....20
Slika 6: Načrt izvedbe fasadnih panelov....23
Slika 7: Načrt izvedbe kontaktne fasade....24
Slika 8: Sestava kontaktne fasade (ETICS sistem)....26
Slika 9: Primer izvedbe fasadnih panelov....27
Slika 10: Sestava fasadnega panela....29
Slika 11: Požarna klasifikacija kontaktnega fasadnega sistema Baumit Star Mineral....36
Slika 12: Požarna klasifikacija sistema Trimoterm FTV....37

KAZALO TABEL

Tabela 1: Normativna poraba časa za izvedbo kontaktne fasade....44
Tabela 2: Normativna poraba časa za izvedbo fasadnih panelov....45
Tabela 3: Primerjava porabe časa med kontaktno fasado in fasadnimi paneli....46
Tabela 4: Elementi stroškovne primerjave fasadnih sistemov....48
Tabela 5: Ocenjeni strošek izvedbe kontaktne fasade na 1 m²....48
Tabela 6: Ocenjeni strošek izvedbe fasadnih panelov na 1 m2....50
Tabela 7: Primerjava stroškov med kontaktno fasado in fasadnimi paneli....52
Tabela 8: Povzetek preverjanja hipotez....58

1 UVOD

Fasadni sistemi predstavljajo pomemben del vsakega objekta, saj vplivajo na njegovo energetsko učinkovitost, zaščito pred vremenskimi vplivi, estetski videz in dolgoročno vzdrževanje. Razvoj gradbenih materialov in tehnologij je v zadnjih letih omogočil uporabo različnih fasadnih sistemov, ki investitorjem ponujajo številne možnosti glede izvedbe, stroškov in funkcionalnosti objekta.

Med najpogosteje uporabljenimi sistemi sta kontaktna fasada in fasadni paneli. Kontaktna fasada je tradicionalna rešitev, ki se uporablja predvsem pri stanovanjskih, poslovnih in javnih objektih, medtem ko se fasadni paneli zaradi hitre montaže in dobrih tehničnih lastnosti vse pogosteje uporabljajo predvsem pri industrijskih in skladiščnih objektih. Oba sistema omogočata doseganje ustreznih zahtev glede toplotne zaščite in trajnosti, vendar se med seboj razlikujeta glede načina izvedbe, časa montaže, stroškov in zahtevnosti vzdrževanja.

Pri načrtovanju in izvedbi objektov se investitorji pogosto soočajo z vprašanjem, kateri fasadni sistem izbrati. Odločitev je odvisna od številnih dejavnikov, kot so namen objekta, finančne zmožnosti investitorja, zahtevani rok izvedbe, energetske lastnosti ter dolgoročni stroški vzdrževanja. Zaradi tega je smiselno primerjati različne fasadne sisteme ter ugotoviti njihove prednosti in pomanjkljivosti.

Diplomsko delo obravnava primerjavo kontaktne fasade in fasadnih panelov z vidika tehničnih lastnosti, časa izvedbe, stroškov, vzdrževanja in vpliva na kakovost grajenega okolja. Na podlagi pregleda strokovne literature, tehnične dokumentacije proizvajalcev in primerjalne analize bodo predstavljene ključne značilnosti obeh sistemov ter preverjene postavljene hipoteze.

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Diplomsko delo obravnava področje fasadnih sistemov v gradbeništvu, s poudarkom na primerjavi kontaktne fasade in fasadnih panelov. Fasada predstavlja pomemben del ovoja stavbe, saj vpliva na energetsko učinkovitost, zaščito objekta pred vremenskimi vplivi, estetski videz ter dolgoročne stroške vzdrževanja. Zaradi razvoja gradbenih materialov in tehnologij se investitorji pri načrtovanju objektov vse pogosteje odločajo med različnimi fasadnimi sistemi, pri čemer imajo pomembno vlogo tako tehnične kot tudi ekonomske lastnosti posamezne rešitve.

Za raziskavo te tematike sem se odločil zaradi vse pogostejše uporabe fasadnih panelov pri izvedbi industrijskih in poslovnih objektov ter njihovega vpliva na hitrost gradnje in stroške izvedbe. V praksi se investitorji pogosto soočajo z vprašanjem, ali izbrati kontaktno fasado ali fasadne panele, saj obe rešitvi ponujata določene prednosti in slabosti.

Raziskovalni problem diplomskega dela izhaja iz potrebe po primerjavi obeh sistemov z vidika časa izvedbe, stroškov, tehničnih lastnosti in zahtevnosti vzdrževanja. Namen raziskave je ugotoviti, kateri sistem predstavlja primernejšo rešitev za posamezne vrste objektov ter kakšen vpliv ima izbira fasadnega sistema na kakovost grajenega okolja in dobro počutje uporabnikov. Rezultati primerjave lahko predstavljajo koristne informacije za investitorje, projektante in izvajalce pri sprejemanju odločitev v procesu načrtovanja in izvedbe objektov.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je primerjati kontaktno fasado in fasadne panele ter ugotoviti njune prednosti in slabosti z vidika tehničnih lastnosti, časa izvedbe, stroškov in vzdrževanja. Diplomsko delo je usmerjeno v ugotavljanje, kateri fasadni sistem predstavlja učinkovitejšo rešitev za izvedbo industrijskih in poslovnih objektov.

Glavni cilji diplomskega dela so:

- predstaviti značilnosti kontaktne fasade in fasadnih panelov,
- primerjati tehnične lastnosti obeh sistemov,
- analizirati čas izvedbe posameznega sistema,
- primerjati stroške izvedbe kontaktne fasade in fasadnih panelov,
- analizirati zahtevnost vzdrževanja obeh sistemov,
- ugotoviti vpliv fasadnega sistema na kakovost grajenega okolja in dobro počutje uporabnikov,
- preveriti postavljene hipoteze.

V diplomskem delu bodo preverjene naslednje hipoteze:

H1: Uporaba fasadnih panelov skrajša čas izvedbe fasade za najmanj 50 % v primerjavi s kontaktno fasado.

H2: Uporaba fasadnih panelov je za 20 % bolj ekonomična od kontaktne fasade.

H3: Montaža in vzdrževanje fasadnih panelov sta enostavnejša v primerjavi s kontaktno fasado.

H4: Oblikovanje vpliva na dobro počutje.

1.3 Predpostavke in omejitve

Pri izdelavi diplomskega dela izhajam iz predpostavke, da sta kontaktna fasada in fasadni paneli primerljiva predvsem v okviru industrijskih in poslovnih objektov, kadar konstrukcijska zasnova in projektne zahteve dopuščajo obe rešitvi. Primerjava zato ni namenjena univerzalni razvrstitvi fasadnih sistemov, temveč presoji dveh izbranih rešitev glede na čas, stroške, tehnične lastnosti, vzdrževanje in pogoje izvedbe.

Diplomsko delo temelji predvsem na analizi strokovne literature, tehnične dokumentacije proizvajalcev fasadnih sistemov ter javno dostopnih podatkov. Zaradi omejenega dostopa do poslovnih podatkov podjetij analiza ne vključuje vseh dejanskih stroškov konkretnih projektov. Raziskava prav tako ne vključuje laboratorijskih preizkusov materialov ali meritev na izvedenih objektih.

Časovna analiza primerja normativno oziroma ocenjeno porabo delovnega časa na 1 m² fasadne površine in ne koledarskega trajanja celotne izvedbe, saj na to vplivajo tudi velikost delovne ekipe, logistika in organizacija gradbišča. Stroškovna analiza temelji na izbranih sistemih in informativnih cenah, zato dobljeni rezultati veljajo za obravnavani primerjalni model in jih ni mogoče neposredno posplošiti na vse objekte, debeline izolacije ali proizvajalce.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Pri izdelavi diplomskega dela so bile uporabljene raziskovalne metode, ki omogočajo primerjavo kontaktne fasade in fasadnih panelov z vidika tehničnih lastnosti, časa izvedbe, stroškov in vzdrževanja.

V teoretičnem delu je bila uporabljena metoda analize strokovne literature, člankov, tehnične dokumentacije proizvajalcev ter drugih dostopnih virov s področja fasadnih sistemov. Namen

teoretičnega dela je bil predstaviti osnovne značilnosti kontaktne fasade in fasadnih panelov ter pregledati obstoječa znanja in rešitve na obravnavanem področju.

V raziskovalno-aplikativnem delu je bila uporabljena primerjalna metoda, s katero so bile analizirane tehnične lastnosti obeh fasadnih sistemov. Izvedene so bile analiza porabe delovnega časa, stroškovna analiza ter analiza prednosti in omejitev posameznega sistema. Na podlagi pridobljenih podatkov je bila opravljena primerjava kontaktne fasade in fasadnih panelov ter preverjanje postavljenih hipotez.

Pri pripravi diplomskega dela so bile uporabljene tudi metode opisovanja, primerjanja, analiziranja in sintetiziranja podatkov. Na podlagi ugotovitev so bili oblikovani zaključki in praktične usmeritve glede uporabe posameznega fasadnega sistema.

2 DELO V PROJEKTNI SKUPINI

Pred začetkom izdelave diplomskega dela smo imeli vodeno srečanje v prostorih Academie, kjer smo bodoči diplomanti opravili Belbinov test timskih vlog in Myers-Briggsov test osebnosti. Rezultati testov so bili izhodišče za oblikovanje projektnih skupin in za razdelitev nalog med člane. Namen skupinskega dela ni bil, da bi vsak član pripravljal enako vsebino, temveč da bi se pri obravnavi posamezne teme povezali različni pogledi ter praktična in strokovna znanja.

Našo projektno skupino smo sestavljali vodja projekta, projektant in vodja gradbišča. Takšna sestava je bila primerna za obravnavano temo, ker je izbira fasadnega sistema hkrati projektantska, izvedbena in organizacijska odločitev. Projektant mora preveriti tehnične lastnosti ter pravilnost sestave in detajlov, vodja gradbišča presoja izvedljivost, potrebne delovne faze, logistiko in varnost, vodja projekta pa povezuje ugotovitve z roki, stroški in cilji projekta.

V skupini sem opravljal vlogo vodje gradbišča. Rezultati Belbinovega testa so kot mojo primarno vlogo pokazali izvajalca, kot sekundarno pa koordinatorja. Vloga izvajalca se je pokazala v sistematičnem razvrščanju nalog, pretvarjanju predlogov v izvedljive korake in preverjanju, ali je določena rešitev smiselna tudi v dejanskih razmerah na gradbišču. Koordinatorska vloga pa je bila pomembna pri povezovanju različnih mnenj ter pri usmerjanju pogovora k skupnim ugotovitvam.

Na prvem srečanju sem skupini predstavil temo primerjave kontaktne fasade in fasadnih panelov. Pojasnil sem, da ne želim primerjati samo materialov, ampak celoten način izvedbe: sestavo sistema, tehnične lastnosti, čas, stroške, vzdrževanje in vpliv na kakovost uporabe objekta. Skupina je kot ključno vprašanje prepoznala, v katerih pogojih je smiselno prvotno predvideno kontaktno fasado nadomestiti s panelnim sistemom in kakšne posledice ima takšna sprememba za projektiranje ter izvedbo.

Dogovorili smo se, da bo delo potekalo po vnaprej določenih sklopih. Najprej smo opredelili skupna merila primerjave, nato zbrali tehnično dokumentacijo in strokovne vire, v naslednji fazi pa smo obravnavali izvedbeni potek obeh sistemov. Na tej podlagi smo pripravili časovno in stroškovno analizo ter skupaj presodili prednosti, omejitve in tveganja. Tak način dela je

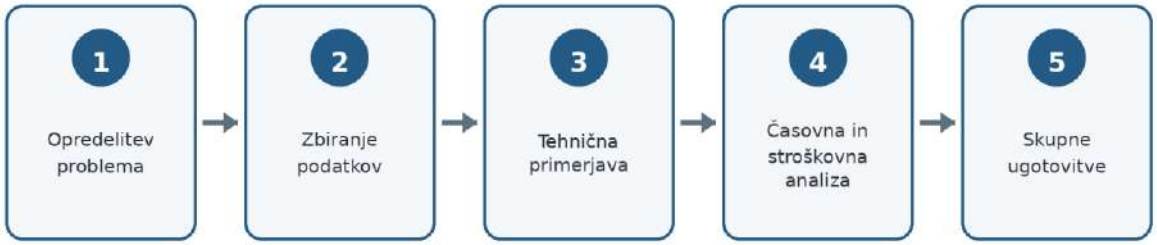
omogočil, da ugotovitve niso temeljile le na enem vidiku ali na splošnem vtisu o posameznem sistemu.

Vodja projekta je skrbel, da so bile naloge vsebinsko povezane s cilji diplomskega dela. Pri skupnem delu je usmerjal razpravo, spremljal izvedbo dogovorjenih korakov in opozarjal na povezavo med tehničnimi rešitvami, terminskim planom ter finančnimi omejitvami. Njegov prispevek je bil pomemben predvsem pri oblikovanju skupnih meril in pri presoji, katere ugotovitve so odločilne za investitorja oziroma naročnika.

Projektant je obravnaval sestavo obeh fasadnih sistemov, njihove tehnične zahteve ter povezavo med fasado in nosilno konstrukcijo. Pri panelnem sistemu je izpostavil pomen natančne podkonstrukcije, pravilno zasnovanih stikov, priključkov in zaključnih obrob. Pri kontaktni fasadi je poudaril medsebojno združljivost slojev, pripravo podlage ter pravilno reševanje kritičnih detajlov. S tem smo zagotovili, da primerjava ni temeljila le na hitrosti ali ceni, temveč tudi na tehnični ustreznosti rešitve.

Kot vodja gradbišča sem se osredotočil na zaporedje del, razpoložljivo delovno silo, dostopnost mehanizacije, organizacijo dobave, skladiščenje materiala in pogoje za varno delo. Pri kontaktni fasadi sem razčlenil pripravo podlage, lepljenje in pritrjevanje izolacije, izvedbo armirnega ter zaključnega sloja. Pri fasadnih panelih sem obravnaval kontrolo podkonstrukcije, razkladanje, začasno skladiščenje, dvigovanje, pozicioniranje, pritrjevanje in izvedbo stikov. Takšna razčlenitev je bila podlaga za realnejšo časovno analizo.

Razdelitev nalog ni pomenila, da je vsak član obravnaval samo svoje področje. Posamezne ugotovitve smo predstavili skupini in jih skupaj preverili. Če je bila rešitev projektantsko ustrezna, vendar bi bila na gradbišču težko izvedljiva, smo iskali drugačen detajl ali zaporedje del. Kadar je bila izvedbena rešitev hitra, smo preverili, ali izpolnjuje zahtevane tehnične in kakovostne pogoje. S tem smo zmanjšali nevarnost, da bi bila končna primerjava enostranska.



Slika 1: Potek skupnega dela pri primerjavi fasadnih sistemov

Vir: (Lastni prikaz)

V okviru projektne skupine smo pregledali fasadni načrt obravnavanega objekta. Risba prikazuje celotno fasadno ploskev z obodom rekonstrukcije, podzidkom, predvidenimi polnimi in prosojnimi deli fasadnega ovoja ter razporeditvijo odprtin. Na zgornjem delu objekta je označeno tudi območje možne demontaže. Takšen načrt je pri načrtovanju kontaktne fasade podlaga za izmero površin, razdelitev fasade na delovne odseke in določitev mest, kjer so potrebne posebne obdelave priključkov.



Slika 2: Načrt kontaktne fasade

Vir: (PZI dokumentacija objekta Stara Elektrarna Velenje)

Načrt smo v projektni skupini uporabili za uskladitev nalog med projektantom, vodjo projekta in vodjo gradbišča. Projektant je preveril razmejitev posameznih fasadnih površin, odprtine, podzidek in stike z drugimi deli ovoja. Vodja gradbišča je na podlagi načrta določil zaporedje fasaderskih del, postavitev in prestavljanje odra, dostop do posameznih delov fasade ter zaščito oken, vrat in obstoječih elementov. Posebno pozornost je treba nameniti vogalom, špaletam, stikom s streho in podzidkom, dilatacijam ter površinam različnih višin, saj ti detajli vplivajo na neprekinjenost toplotnega ovoja, kakovost izvedbe in končni videz fasade.

Pri zbiranju podatkov smo uporabili strokovno literaturo, gradbene normative, tehnične liste in navodila proizvajalcev ter lastne izkušnje z gradbišča. Za oba sistema smo določili primerljiva merila: sestavo, toplotno zaščito, odziv na ogenj, število izvedbenih faz, odvisnost od vremenskih razmer, potrebno mehanizacijo, zahtevnost nadzora in način vzdrževanja. Posebej smo pazili, da se podatki nanašajo na primerljive sestave in na enako enoto površine.

Za časovno analizo smo posamezni sistem razdelili na delovne operacije. Pri kontaktni fasadi smo uporabili razpoložljive gradbene normative za primerljiv sistem in upoštevali zaporedje mokrih faz. Pri panelih smo ocenili čas za pripravo, dvigovanje, pozicioniranje in pritrditev elementov. Skupina je pri interpretaciji rezultatov opozorila, da normativna poraba delovnega časa na kvadratni meter ni enaka koledarskemu trajanju gradnje, ker na termin vplivajo velikost ekipe, logistika, vreme in organizacija del.

Stroškovno primerjavo smo pripravili na osnovi materiala, dela, pritrdilnega materiala, podkonstrukcije in potrebne mehanizacije. Pri kontaktni fasadi smo obravnavali izolacijo, lepilo, sidra, armirni in zaključni sloj ter delo po posameznih fazah. Pri panelih smo upoštevali panel, podkonstrukcijo, pritrdila, obrobe in uporabo dvižne mehanizacije. Skupni sklep je bil, da cena osnovnega materiala ne zadostuje za odločitev, saj lahko razlike v času in organizaciji bistveno vplivajo na končni strošek.

Rezultati osebnostnih testov so se pri delu pokazali kot koristni. Kot izvajalec sem skrbel, da so bile naloge konkretne in zaključene, kot koordinator pa sem povezoval prispevke projektanta in vodje projekta z izvedbenimi izkušnjami. Hkrati sem ugotovil, da je za dobro vodenje gradbišča pomembno poslušati tudi argumente drugih strok, saj izvedbeno najhitrejša rešitev ni nujno tehnično ali dolgoročno najprimernejša.

Delo v projektni skupini je zato predstavljalo pomemben del priprave diplomskega dela. Omogočilo je strukturiranje raziskovalnega problema, preverjanje predpostavk in povezovanje projektantskega, organizacijskega ter ekonomskega vidika. Najpomembnejša ugotovitev skupine je bila, da je treba fasadni sistem presojati kot del celotnega gradbenega procesa in ne le kot končni sloj objekta.

2.1 Varstvo pri delu in organizacija gradbišča

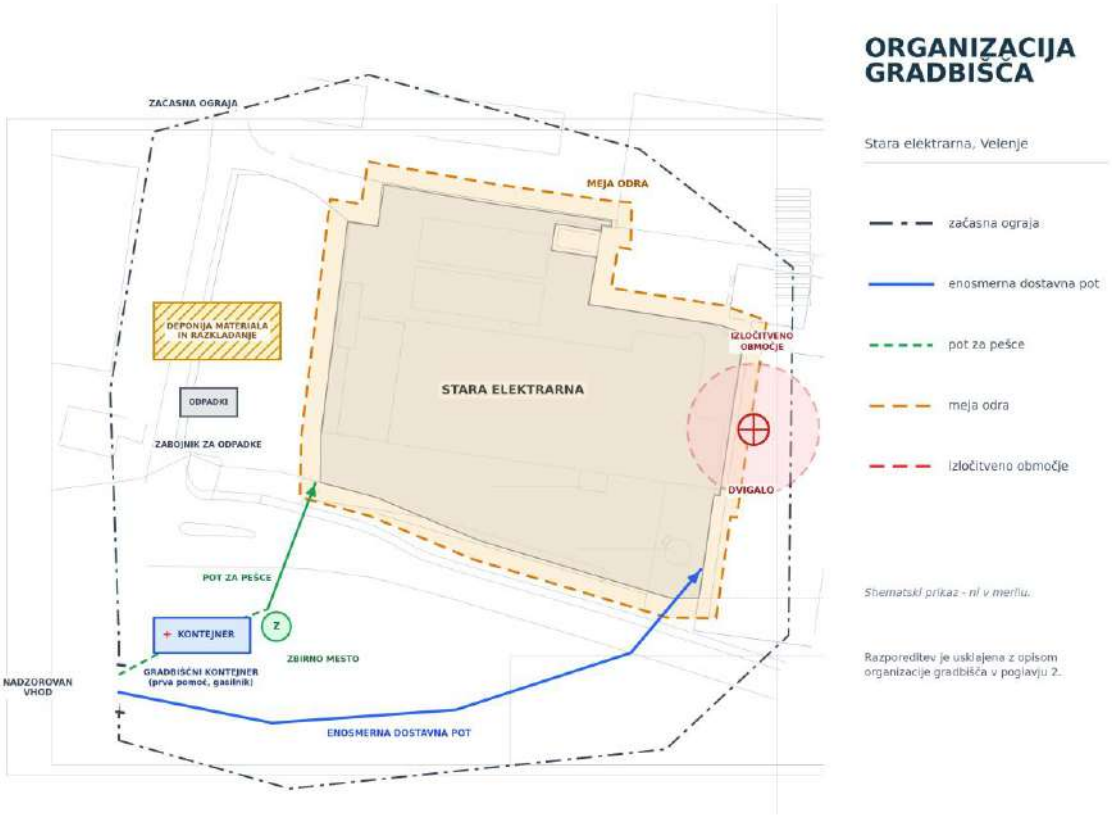
Varnost pri delu in organizacija gradbišča sta neposredno povezani z izbiro fasadnega sistema. Temeljni okvir predstavlja Zakon o varnosti in zdravju pri delu, ki določa obveznost zagotavljanja varnega in zdravega dela ter izvajanja ukrepov za preprečevanje in obvladovanje tveganj. Za gradbišča so pomembne tudi zahteve Uredbe o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih, ki poudarja načrtovanje, usklajevanje izvajalcev, varne poti, ravnanje z materiali in upoštevanje navodil koordinatorja za varnost.

Projektna skupina je varnost obravnavala že pri primerjavi izvedbenega poteka. To je pomembno, ker preventivnih ukrepov ni smiselno dodajati šele po izbiri sistema. Način dostave, delovna višina, uporabljena mehanizacija, masa elementov in zaporedje del vplivajo na ureditev gradbišča ter na potrebne kolektivne in osebne varovalne ukrepe. Izbira fasade zato vpliva tudi na vsebino priprave dela in na dnevno koordinacijo izvajalcev.

Pred začetkom del je treba pregledati projektno dokumentacijo, varnostni načrt, izjavo o varnosti z oceno tveganja ter navodila proizvajalcev uporabljene opreme in materialov. Vodja gradbišča mora preveriti, ali so delavci usposobljeni, ali so delovna oprema, oder in dvižne naprave pregledani ter ali so določene odgovorne osebe za posamezne postopke. Pri spremembi fasadnega sistema je treba preveriti tudi, ali se s tem spremenijo tveganja in organizacijski ukrepi.

Osnovna ureditev gradbišča je pri obeh sistemih podobna. Zagotoviti je treba varen dostop, ločene poti za pešce in vozila, prostor za razkladanje, urejeno skladiščenje, osvetlitev, označitev nevarnih območij ter prost prehod do delovnih mest. Dostavne in manipulativne poti morajo biti nosilne, dovolj široke in brez ovir. Material se skladišči tako, da se ne prevrne, zdrsne ali poškoduje in da ne ovira evakuacijskih oziroma intervencijskih poti.

Organizacija gradbišča je bila zasnovana tako, da so območja dela, dostave in gibanja oseb med seboj jasno ločena. Načrt prikazuje začasno ograjo in nadzorovan vhod, enosmerno dostavno pot, ločeno pot za pešce, gradbiščni kontejner s prvo pomočjo in gasilnikom, zbirno mesto, zabojnik za odpadke ter območji za razkladanje in skladiščenje fasadnega materiala. Ob objektu je označeno fasadno delovno območje z odrom, pri montaži panelov pa tudi položaj dvižne mehanizacije in izločitveno območje.



Slika 3: Shematski prikaz organizacije gradbišča

Vir: (Lastni prikaz)

Predlagana ureditev zmanjšuje križanje pešcev z vozili ter preprečuje odlaganje materiala na intervencijskih in evakuacijskih poteh. Dobava fasadnega materiala poteka v vnaprej določenih terminih, razkladanje pa le na označenem območju. Skladiščna površina mora biti ravna, utrjena in zaščitena pred vremenskimi vplivi. Med dvigovanjem panelov mora biti izločitveno območje fizično označeno in nadzorovano, vsi dostopi do odra, opreme za prvo pomoč, gasilnika in zbirnega mesta pa morajo ostati prosti.

Pri kontaktni fasadi organizacijo določa predvsem oder ter zaporedje več mokrih delovnih faz. Oder mora biti postavljen na stabilno podlago, pravilno sidran, opremljen z varnimi dostopi, delovnimi podi, ograjami in robnimi deskami. Pred uporabo in med delom je treba preverjati njegovo stanje, zlasti po spremembah, močnem vetru ali drugih dogodkih, ki bi lahko vplivali na stabilnost. Območje pod odrom je treba zaščititi pred padajočim materialom in nekontroliranim dostopom.



Slika 4: Primer fasadnega odra

Vir: (https://www.veda.si/za-delo-na-visini-je-gradbeni-oder-zasluzen-za-varnost-delavcev/)

Pri fasadnih panelih je težišče organizacije na logistiki, dvižni mehanizaciji in usklajenem poteku montaže. Dobava mora biti časovno prilagojena zaporedju vgradnje, da se zmanjša nepotrebno prelaganje elementov. Paketi panelov morajo biti odloženi na pripravljeno ravno površino, zaščiteni pred poškodbami in postavljeni tako, da je mogoč varen dostop za dvigovanje. Pred razkladanjem se preverijo masa, dolžina elementov, nosilnost podlage in doseg dvigala.

Dvigovanje panelov mora potekati z ustreznimi in pregledanimi prijemali, vakumskimi napravami ali trakovi, ki so izbrani glede na element in navodila proizvajalca. Pred dvigom se

določijo način pripenjanja, pot bremena, mesto montaže in sporazumevanje med upravljavcem dvigala ter signalistom. Pod visečim bremenom in v območju možnega nihanja ne sme biti oseb. Izločitveno območje mora biti jasno označeno in nadzorovano.

Posebno tveganje predstavlja veter, saj imajo fasadni paneli veliko površino in se lahko med dvigovanjem obnašajo kot jadro. Dopustne pogoje je treba določiti glede na navodila proizvajalca dvigala, dvižne opreme in elementov ter glede na lokalne razmere. Panel se usmerja z varne razdalje in z dogovorjenimi pripomočki, ne z zadrževanjem delavcev neposredno pod ali med elementom in konstrukcijo. Ob nenadnih sunkih vetra se dvig prekine.

Po namestitvi mora biti panel varno pritrjen, preden se sprosti dvižna oprema. Predhodno je treba preveriti geometrijo in nosilnost podkonstrukcije, vrsto pritrdil ter zahtevano število vijakov. Začasno pritrjen element ne sme ostati v stanju, v katerem bi ga lahko premaknil veter ali nadaljnja montaža. Zaporedje vgradnje se določi tako, da sta ves čas zagotovljeni stabilnost elementov in varen dostop do pritrdilnih mest.

Osebna varovalna oprema se izbere na podlagi ocene tveganja. Osnovno opremo praviloma sestavljajo varnostna čelada, zaščitna obutev, delovne rokavice in opozorilna oblačila. Pri rezanju, vrtanju in pripravi materialov je glede na postopek potrebna tudi zaščita oči, sluha in dihal. Osebna oprema ne nadomešča kolektivne zaščite, kot so pravilno postavljen oder, ograje, varne delovne ploščadi in izločitvena območja.

Delo na višini se načrtuje tako, da se prednostno uporabi kolektivna zaščita. Kadar to zaradi narave montaže ni mogoče, se določijo ustrezna sidrišča in sistem za varovanje pred padcem. Delavci morajo biti usposobljeni za uporabo opreme, načrtovan pa mora biti tudi način reševanja v primeru padca ali drugega izrednega dogodka. Obstoj varnostnega pasu brez ustreznega sidrišča in organiziranega reševanja ne predstavlja zadostnega ukrepa.

Najpomembnejše ukrepe za obravnavani primer prikazuje naslednja slika. Pri kontaktni fasadi so poudarjeni pravilno postavljen in sidran oder, popolne ograje z robnimi deskami, varen dostop ter zaščiteno območje pod odrom. Pri fasadnih panelih so ključni pregledana dvižna oprema, vnaprej določena pot bremena, komunikacija med upravljavcem dvigala in signalistom, usmerjanje elementa z vrvjo z varne razdalje ter dosledna prepoved zadrževanja pod visečim bremenom.



Slika 5: Varnostni ukrepi pri izvedbi fasade

Vir: (https://www.merkur.si/svetovalnica/kaj-je-potrebno-upostevati-pri-izdelavi-fasade)

Osebna varovalna oprema samo dopolnjuje, ne more nadomestiti kolektivnih ukrepov. Pri kontaktni fasadi je prvi ukrep varen in pregledan oder, pri panelih pa nadzorovano izločitveno območje. Delo se prekine ob poškodovani opremi, neurejenem dostopu, neustrezni komunikaciji ali vremenskih pogojih, ki presegajo navodila za varno uporabo odra, dvigala, prijemal oziroma vgrajevanih elementov.

Pri obeh fasadnih sistemih je treba preprečiti nevarno prekrivanje del. Montaža panelov z dvigalom ni združljiva z nenadzorovanim prehodom drugih izvajalcev pod območjem dviga. Podobno pri kontaktni fasadi ni varno, da se pod delovnim odrom istočasno izvajajo dela brez zaščite pred padajočimi predmeti. Terminski plan mora zato poleg trajanja upoštevati prostorsko razporeditev ekip in potrebne varnostne odmike.

Za varno izvedbo je ključna vsakodnevna koordinacija. Pred začetkom izmene se preverijo predvidena dela, vremenska napoved, dostopi, mehanizacija in spremembe na gradbišču. Navodila delavcem in morebitne spremembe se sproti uskladijo z vodjem del ter koordinatorjem za varnost.

Varnostni načrt za izvedbo fasaderskih del mora pred začetkom del opredeliti zaporedje aktivnosti, odgovorne osebe, dostopne in transportne poti, postavitev odra oziroma dvigala, način razkladanja in skladiščenja ter izločitvena območja. V njem se evidentirajo glavna tveganja: padec z višine, padajoči predmeti, ročno premeščanje bremen, rezanje in vrtanje materialov, stik z gradbenimi mešanicami, dvigovanje panelov ter vpliv vetra.

Za vsako tveganje se določijo kolektivni ukrepi, zahtevana osebna varovalna oprema, pogoji za prekinitev dela in postopek ukrepanja v sili. Načrt mora vsebovati tudi način dnevne koordinacije izvajalcev, preverjanje odra in dvižne opreme, komunikacijo med upravljavcem dvigala in signalistom, lokacijo prve pomoči, gasilnikov in zbirnega mesta ter postopek reševanja pri delu na višini. Ob spremembi tehnologije iz kontaktne fasade v panelni sistem je treba varnostni načrt pred začetkom montaže dopolniti, ker se spremenijo logistika, vrsta mehanizacije, pot bremena in območja prepovedanega gibanja.

3 SPREMEMBA KONTAKTNE FASADE V FASADNE PANELE

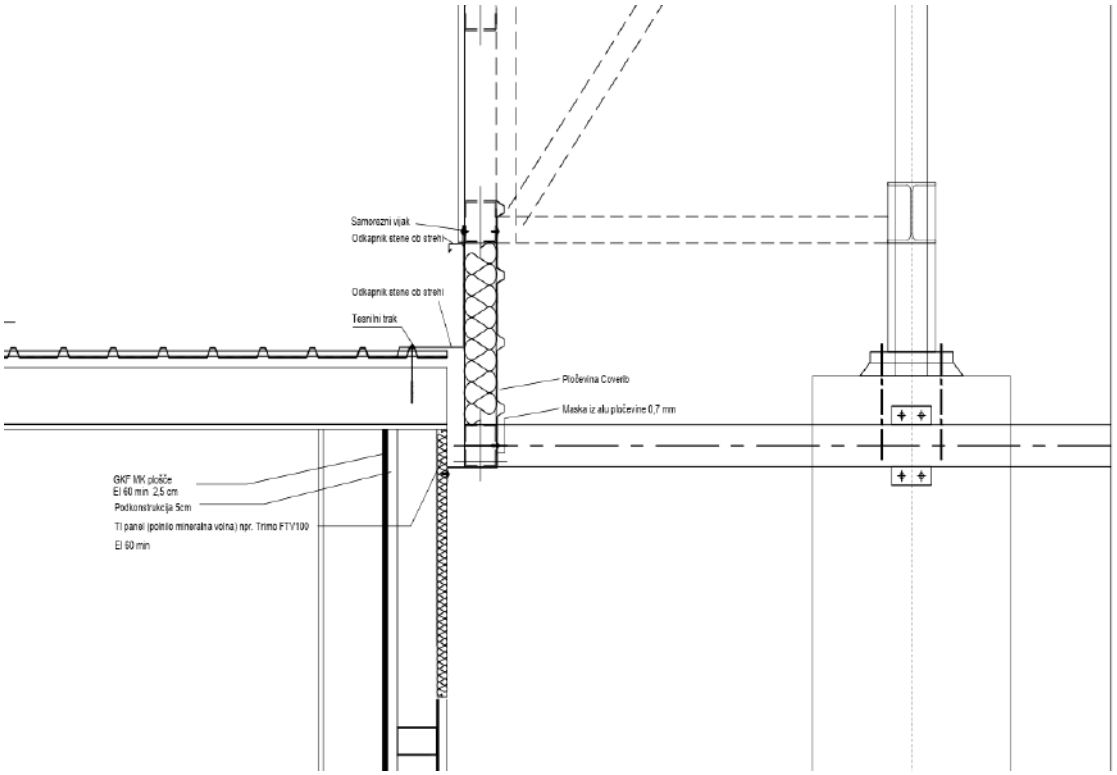
3.1 Predstavitev problema

Odločitev o fasadnem sistemu ni le izbira materiala, temveč del širše organizacije gradbenega projekta. Že v fazi priprave izvedbe je treba preveriti razpoložljivost izvajalcev, dobavne roke, predvideni termin del, dostopnost mehanizacije, zahteve podkonstrukcije ter način izvedbe priključkov in zaključnih detajlov.

Kontaktna fasada temelji na več zaporednih delovnih fazah, ki se večinoma izvajajo na objektu, zato je pomembno usklajevanje izvajalcev, tehnoloških premorov in vremenskih pogojev. Njena prednost je predvsem velika oblikovna prilagodljivost in možnost prilagajanja različnim geometrijam objekta.

Pri fasadnih panelih je večji del kakovosti elementa zagotovljen v proizvodnji, uspešna montaža na gradbišču pa zahteva natančno pripravljeno podkonstrukcijo, pravočasno dobavo, ustrezno skladiščenje ter načrt dvigovanja in zaporedja montaže. Razlika med sistemoma je zato tudi razlika v načinu organizacije proizvodnega in gradbiščnega procesa.

V nadaljevanju sta najprej predstavljena sestava in način izvedbe obeh sistemov, nato pa so pojasnjeni praktični razlogi, zaradi katerih je bila v obravnavanem primeru preučena sprememba prvotno predvidene rešitve. Podrobna primerjava je izvedena v naslednjih poglavjih po enakih tehničnih, časovnih, stroškovnih in vzdrževalnih merilih.



Slika 6: Načrt izvedbe fasadnih panelov

Vir: (Lastni vir)

3.2 Kontaktna fasada

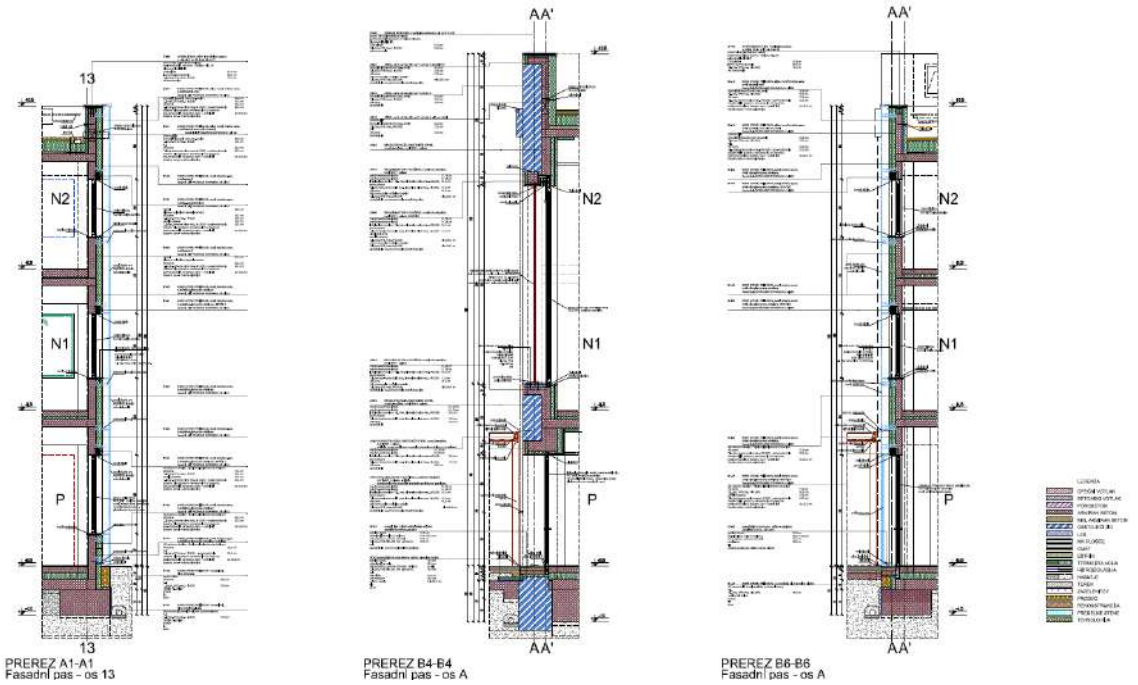
Kontaktna fasada oziroma ETICS (External Thermal Insulation Composite System) predstavlja enega najpogosteje uporabljenih fasadnih sistemov pri gradnji stanovanjskih, poslovnih in javnih objektov. Osnovni namen sistema je izboljšanje toplotne zaščite stavbe, zmanjšanje toplotnih izgub ter povečanje energijske učinkovitosti objekta. Sistem je sestavljen iz več slojev, ki skupaj tvorijo funkcionalno in estetsko zaključeno fasadno površino.

Glavna prednost kontaktne fasade je dobra toplotna izolativnost, ki prispeva k zmanjšanju porabe energije za ogrevanje in hlajenje objekta. Poleg tega sistem omogoča različne arhitekturne rešitve, saj je na voljo širok izbor zaključnih ometov, barv in tekstur. Zaradi razmeroma ugodne začetne investicije je kontaktna fasada še vedno ena izmed pogosto uporabljenih rešitev pri novogradnjah in energetskih sanacijah objektov.

Kljub številnim prednostim ima kontaktna fasada tudi določene pomanjkljivosti. Izvedba sistema je sestavljena iz več delovnih faz, ki zahtevajo ustrezne vremenske pogoje in daljši čas izvedbe. Kakovost končnega izdelka je v veliki meri odvisna od pravilne izvedbe posameznih slojev, zato je potrebno zagotoviti ustrezno strokovno izvedbo vseh del. Pri mehanskih

poškodbah je pogosto potrebno lokalno saniranje zaključnega sloja, kar lahko vpliva na enoten videz fasade.

Za uspešno izvedbo kontaktne fasade je potrebno natančno načrtovanje del, ustrezna organizacija gradbišča ter upoštevanje predpisanih tehnoloških postopkov. Pri normiranju fasaderskih del se v gradbeni praksi pogosto uporabljajo Gradbene norme GIPOSS (GNG), ki predstavljajo osnovo za določanje potrebnega časa dela.



Slika 7: Načrt izvedbe kontaktne fasade

Vir: (PZI dokumentacija Stara Elektrarna Velenje)

3.2.1 Sestava kontaktne fasade

Kontaktna fasada je sestavljena iz več medsebojno povezanih slojev, ki skupaj zagotavljajo ustrezno toplotno zaščito, mehansko odpornost in estetski videz objekta. Posamezni sloji imajo različne funkcije, vendar je za pravilno delovanje sistema pomembna njihova medsebojna usklajenost in kakovostna izvedba.

Osnovo sistema predstavlja nosilna stena objekta, ki prevzema obremenitve konstrukcije. Na nosilno podlago se nanese lepilna malta, s katero se pritrjuje toplotna izolacija. Kot izolacijski

material se najpogosteje uporabljata ekspandirani polistiren (EPS) in mineralna volna, odvisno od zahtev glede toplotne zaščite, požarne odpornosti in zvočne izolacije.

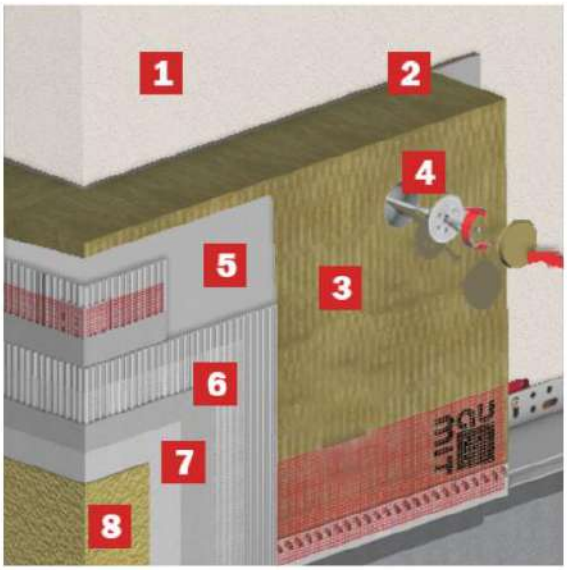
Za potrebe primerjalne analize je upoštevana kontaktna fasada Baumit Star Mineral z 80 mm debelo fasadno ploščo iz mineralne volne Baumit MineralTherm 035 (λD = 0,035 W/(mK)). Ob upoštevanju približno 5 mm lepilnega sloja, 5 mm armirnega sloja in 2 mm zaključnega ometa znaša skupna debelina kontaktnega fasadnega sistema brez nosilne stene približno 92 mm.

Po vgradnji izolacijskih plošč se izvede mehanska pritrditev s fasadnimi sidri, ki dodatno zagotavljajo stabilnost sistema. Na izolacijo se nato nanese armirni sloj, v katerega se vgradi steklena mrežica. Namen armirnega sloja je povečanje odpornosti proti mehanskim poškodbam ter preprečevanje nastanka razpok na fasadni površini.

Zaključni sloj predstavlja dekorativni fasadni omet, ki daje objektu končni videz in hkrati zagotavlja zaščito pred atmosferskimi vplivi. Na voljo so različne vrste zaključnih ometov, kot so akrilni, silikatni, silikonski in mineralni ometi, ki se med seboj razlikujejo glede paroprepustnosti, vodoodbojnosti in trajnosti.

Pravilna izbira posameznih slojev in kakovostna izvedba vseh del sta ključnega pomena za dolgo življenjsko dobo kontaktne fasade ter njeno učinkovito delovanje skozi celotno obdobje uporabe objekta.

Komponente fasadnega sistema z mineralno volno



1. **Podlaga:** nova pozidava ali obstoječa podlaga
2. **Lepilo:** Fasadno lepilo Baumit ProContact ali PaneloFix
3. **Fasadna plošča:** fasadna plošča iz mineralne volne ali lamele iz mineralne volne
4. **Fasadna pritrdila:** fasadna pritrdila z jeklenim žebljem, min. 6 kos/m2
5. **Izravnalni sloj:** Baumit ProContact
6. **Armirni sloj:** Baumit ProContact z armirno mrežico Baumit StarTex
7. **Osnovni premaz:** Baumit UniPrimer ali PremiumPrimer
8. **Zaključni sloj** - Baumit NanoporTop, StarTop, SilikonTop, SilikatTop, PuraTop, CreativTop



Slika 8: Sestava kontaktne fasade (ETICS sistem)

Vir: (https://fragment.si/baumit-pro-fasadni-sistem/)

Podobno sestavo kontaktnega toplotnoizolacijskega sistema prikazuje tudi tehnična dokumentacija proizvajalca RÖFIX. V sistemski sestavi so navedeni lepilno-armirna malta, izolacijski sloj, sistemsko pritrdilo, armirni sloj z armirno mrežico ter zaključni fasadni premaz. To potrjuje, da je kontaktna fasada sestavljena iz več medsebojno povezanih slojev, katerih pravilna izvedba je ključna za funkcionalnost in trajnost sistema (RÖFIX AG, brez datuma).

3.3 Fasadni paneli

Fasadni paneli predstavljajo sodoben prefabriciran fasadni sistem, ki se pogosto uporablja pri gradnji industrijskih, skladiščnih, poslovnih in športnih objektov. Sistem je sestavljen iz dveh zunanjih kovinskih pločevin in vmesnega izolacijskega jedra, ki skupaj tvorijo konstrukcijsko in toplotno funkcionalen element.

Tudi proizvajalec Kingspan fasadne izolacijske panele opisuje kot enokomponentne panele, pri katerih je izolacijsko jedro vezano med kovinski oblogi. Takšna sestava omogoča enostavnejšo montažo, dobro toplotno in požarno učinkovitost ter visoko stopnjo zrakotesnosti sistema (Kingspan Insulated Panels, brez datuma).

Osnovna značilnost fasadnih panelov je združevanje več funkcij v enem izdelku. Panel v okviru fasadnega ovoja zagotavlja mehansko stabilnost elementa in prenos obtežb na podkonstrukcijo, toplotno izolativnost, zaščito pred vremenskimi vplivi ter estetsko zaključen videz objekta.

Zaradi industrijske proizvodnje so posamezni elementi izdelani pod nadzorovanimi pogoji, kar zagotavlja enotno kakovost in natančnost izdelave.

Zaradi hitre montaže in visoke stopnje prefabriciranosti se fasadni paneli vse pogosteje uporabljajo kot alternativa klasičnim kontaktnim fasadam. Njihova uporaba omogoča krajši čas izvedbe, manjšo porabo delovne sile ter boljšo organizacijo gradbenega procesa.



Slika 9: Primer izvedbe fasadnih panelov

Vir: (Lastni vir)

3.3.1 Sestava fasadnega panela

Fasadni panel je sestavljen iz medsebojno povezanih slojev, ki skupaj zagotavljajo mehansko stabilnost elementa, toplotno izolativnost, zaščito pred vremenskimi vplivi ter estetski videz objekta. Zaradi industrijske proizvodnje posameznih elementov je zagotovljena visoka ponovljivost kakovosti in natančnost sestavnih delov.

Osnovo fasadnega panela predstavljata zunanja in notranja jeklena pločevina, ki zagotavljata mehansko odpornost in stabilnost sistema. Pločevina je zaščitena s posebnimi protikorozijskimi premazi, ki povečujejo odpornost proti vremenskim vplivom in podaljšujejo življenjsko dobo fasadnega sistema.

Med obema pločevinama se nahaja izolacijsko jedro, ki z vidika toplotne zaščite predstavlja najpomembnejši del. Kot izolacijski material se najpogosteje uporabljajo poliuretanska pena (PUR), poliizocianuratna pena (PIR) ali mineralna volna. Izbira izolacijskega jedra je odvisna od zahtev glede toplotne izolativnosti, požarne varnosti in zvočne zaščite objekta.

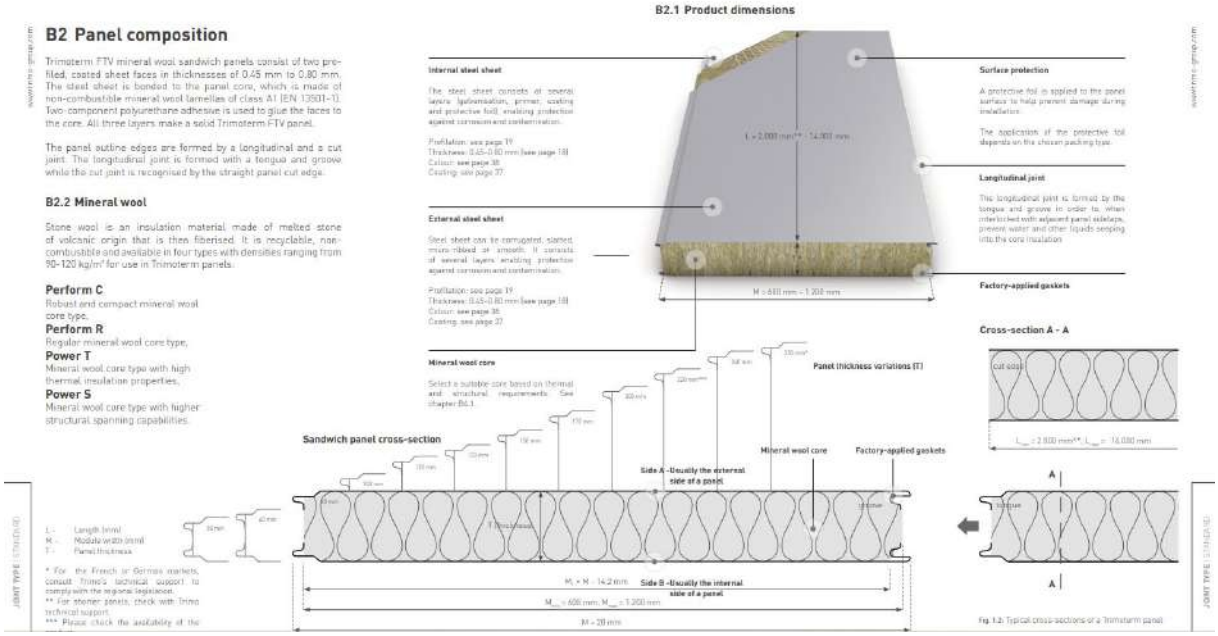
Pomemben sestavni del sistema predstavljajo tudi spojni elementi, ki omogočajo hitro in natančno montažo posameznih panelov. Sodobni sistemi spajanja zagotavljajo dobro tesnjenje spojev ter zmanjšujejo možnost nastanka toplotnih mostov in vdora vlage v konstrukcijo.

Navodila proizvajalca Ruukki navajajo, da se fasadni paneli lahko vgrajujejo horizontalno, vertikalno ali diagonalno. Paneli se lahko pritrjujejo z vijaki ali pritrdilnimi ploščicami, najpogostejši način pritrjevanja pa je vijačenje skozi panel neposredno v nosilno konstrukcijo objekta (Ruukki Construction Oy, 2025) .

To potrjuje, da je pravilna izbira pritrdil in način montaže pomemben del izvedbe fasadnih panelov.

Pravilna izbira debeline panela, vrste izolacijskega jedra in kakovosti zaščitnih slojev pomembno vpliva na energetsko učinkovitost objekta, trajnost sistema ter stroške vzdrževanja v celotnem obdobju uporabe objekta.

V primerjalnem modelu je upoštevan fasadni panel Trimoterm FTV100 Perform C z jedrom iz mineralne volne, nominalne debeline 100 mm. V skladu s tehnično specifikacijo proizvajalca znaša njegova toplotna prehodnost $U = 0{,}40\ W/(m^2K)$. Izbrana debelina je usklajena tudi z načrtom na Sliki 1, kjer je naveden panel FTV100.



Slika 10: Sestava fasadnega panela

Vir: (https://www.trimo-group.com/en/downloads/technical-documents)

3.4 Razlogi za spremembo fasadnega sistema

Izbira fasadnega sistema predstavlja pomembno odločitev pri načrtovanju in izvedbi gradbenega projekta. Poleg estetskega videza objekta vpliva fasadni sistem tudi na energetsko učinkovitost, trajnost objekta, čas izvedbe gradnje in stroške vzdrževanja. Zaradi različnih zahtev investitorjev in namembnosti objektov se v praksi uporabljajo različne fasadne rešitve.

Kontaktna fasada že vrsto let predstavlja eno izmed najpogosteje uporabljenih rešitev pri izvedbi zunanjega ovoja stavb. Sistem zagotavlja dobro toplotno zaščito in omogoča različne arhitekturne izvedbe. Kljub temu njegova izvedba zahteva več delovnih faz, med katerimi so lepljenje izolacije, mehansko pritrjevanje, izvedba armirnega sloja in nanos zaključnega ometa.

Pri izvedbi enega izmed objektov, pri katerem je bila prvotno predvidena kontaktna fasada, sem se v praksi srečal z več izzivi. Eden izmed prvih problemov je bilo iskanje ustreznega izvajalca fasaderskih del. Zaradi velike zasedenosti izvajalcev in razmer na trgu številna podjetja za določen objekt sploh niso oddala ponudbe. To je predstavljalo dodaten organizacijski problem pri načrtovanju gradnje.

Dodatno težavo je predstavljal predviden termin izvedbe, ki je sovpadal z jesenskim obdobjem, ko so vremenske razmere manj ugodne za izvedbo kontaktne fasade. Zaradi pogostejših padavin in nižjih temperatur obstaja večja možnost zamud pri izvedbi posameznih delovnih faz, saj je kakovost izvedbe močno odvisna od ustreznih vremenskih pogojev.

Pri izvedbi kontaktne fasade je bilo potrebno predvideti tudi postavitev fasadnega odra, njegovo sidranje ter prilagoditve glede na geometrijo objekta. Poleg tega je bilo potrebno usklajevanje različnih slojev fasadnega sistema in debelin posameznih materialov, kar dodatno vpliva na organizacijo del in čas izvedbe.

Pri odločanju o morebitni spremembi sistema je bilo treba poleg neposredne cene fasade preveriti tudi vpliv na celoten potek gradnje. Fasada je povezana z izvedbo stavbnega pohištva, podzidka, strešnih zaključkov, požarnih prekinitev, zunanjih instalacij in številnih prebojev. Sprememba tehnologije zato zahteva pravočasno uskladitev projektanta, dobavitelja, izvajalca montaže in drugih izvajalcev, ki se priključujejo na fasadni ovoj. Brez takšne koordinacije bi lahko čas, pridobljen s hitrejšo montažo, izgubili zaradi naknadnih predelav in čakanja na neusklajene detajle.

Panelna rešitev zahteva zgodnejšo dokončnost nekaterih projektnih odločitev. Pred naročilom je treba potrditi modulacijo panelov, položaje odprtin, način pritrjevanja, vrsto in debelino jedra, barvo ter oblike zaključnih obrob. Ko je element izdelan, je prilagajanje na gradbišču omejeno in lahko povzroči dodatne stroške ali zamude. Prednost prefabriciranosti se zato v celoti pokaže šele, ko so projektna dokumentacija, izmere in logistika montaže pravočasno pripravljene.

Kontaktna fasada dopušča več prilagajanja neposredno med izvedbo, zlasti pri členjeni geometriji, neravnih podlagah in lokalnih obdelavah detajlov. Ta prilagodljivost je pomembna pri sanacijah in objektih z veliko različnimi zaključki, hkrati pa pomeni več dela na gradbišču in več medsebojno odvisnih faz. V obravnavanem primeru je bila zato ključna dilema, ali večja prilagodljivost kontaktnega sistema odtehta organizacijske prednosti hitrejšega panelnega zapiranja objekta.

Z razvojem gradbenih materialov in tehnologij se vse pogosteje uporabljajo tudi fasadni paneli. Kovinski oblogi, izolacijsko jedro in sistemski spoji so združeni v tovarniško izdelani element. Na podlagi praktičnih izkušenj ocenjujem, da bi bila uporaba fasadnih panelov v podobnem primeru organizacijsko enostavnejša, saj montaža poteka hitreje, klasični fasadni oder

praviloma ni potreben, objekt pa je mogoče v krajšem času zapreti in zaščititi pred vremenskimi vplivi.

V nadaljevanju sta sistema podrobno primerjana po tehničnih, časovnih, stroškovnih in vzdrževalnih merilih.

4 PRIMERJAVA FASADNIH SISTEMOV

Pri izbiri fasadnega sistema je potrebno upoštevati številne tehnične, ekonomske in izvedbene dejavnike. Kontaktna fasada in fasadni paneli predstavljajo dve različni rešitvi za izvedbo zunanjega ovoja objekta, pri čemer ima vsak sistem svoje prednosti in omejitve.

V prejšnjih poglavjih sta bila predstavljena oba fasadna sistema ter razlogi, zaradi katerih se investitorji v posameznih primerih odločajo za spremembo fasadne rešitve. Za objektivno oceno ustreznosti posameznega sistema je potrebno izvesti podrobnejšo primerjavo njihovih tehničnih lastnosti, toplotne zaščite, požarnih lastnosti in odziva na ogenj, vzdrževanja ter vpliva na čas in stroške izvedbe.

Namen tega poglavja je primerjati kontaktno fasado in fasadne panele z vidika najpomembnejših lastnosti, ki vplivajo na izbiro fasadnega sistema pri sodobnih gradbenih projektih. Posebna pozornost je namenjena lastnostim, pomembnim pri izvedbi industrijskih, skladiščnih in poslovnih objektov.

4.1 Tehnične lastnosti

Kontaktna fasada in fasadni paneli predstavljajo dva različna tehnološka pristopa izvedbe zunanjega ovoja. Kontaktni sistem se sestavlja po posameznih slojih neposredno na objektu, panelni sistem pa temelji na prefabriciranih elementih, ki se pritrdijo na pripravljeno podkonstrukcijo. Ta razlika vpliva na nadzor kakovosti, tolerance izvedbe, logistiko in zaporedje del.

Pri kontaktni fasadi se kakovost sistema oblikuje skozi več povezanih faz na gradbišču: pripravo podlage, lepljenje in sidranje izolacije, izvedbo armirnega sloja ter zaključnega ometa. Napaka v eni fazi lahko vpliva na naslednje sloje, zato so pomembni priprava podlage, upoštevanje tehnoloških časov in nadzor izvedbe detajlov.

Pri fasadnih panelih se osnovni element izdela v tovarni, na gradbišču pa so ključni natančnost podkonstrukcije, pravilna izbira pritrdil, zaporedje montaže ter izvedba tesnjenja in obrob. Tovarniška izdelava poveča ponovljivost elementov, vendar ne odpravi potrebe po kakovostni pripravi in nadzoru spojev na objektu.

Bistvena razlika med sistemoma je torej tudi mesto, kjer nastaja večina končne kakovosti. Pri kontaktni fasadi je ta v večji meri odvisna od zaporednih operacij na gradbišču, pri panelih pa od kombinacije industrijske izdelave in natančne montaže stikov ter priključkov. Zaradi tega imata sistema različna izvedbena tveganja in različne potrebe po organizaciji dela.

S praktičnega vidika kontaktna fasada omogoča lažje prilagajanje nepravilnim geometrijam in večjo svobodo pri obdelavi površine. Panelni sistem zahteva natančnejšo geometrijo nosilne konstrukcije, pravočasno logistično pripravo in ustrezno mehanizacijo, v zameno pa omogoča hitro zapiranje večjih fasadnih površin.

S tehničnega vidika lahko oba sistema ob pravilnem projektiranju in izvedbi izpolnita zahteve zunanjega ovoja. Njuna primernost je zato odvisna predvsem od namembnosti objekta, projektiranih sestav, kakovosti detajlov, razpoložljivega časa in načina organizacije gradbišča.

4.2 Toplotna zaščita

Toplotna zaščita predstavlja enega najpomembnejših kriterijev pri izbiri fasadnega sistema. Namen toplotne izolacije je zmanjšanje toplotnih izgub skozi zunanji ovoj stavbe, izboljšanje energetske učinkovitosti objekta ter zagotavljanje ustreznega bivalnega in delovnega ugodja v notranjih prostorih.

Pri kontaktni fasadi toplotno zaščito zagotavlja predvsem izolacijski sloj na zunanji strani nosilne konstrukcije. Najpogosteje se uporabljata EPS in mineralna volna, medtem ko se XPS uporablja predvsem na podzidkih in drugih bolj izpostavljenih delih, kjer so pomembne večja odpornost proti vlagi in mehanskim obremenitvam.

Pri fasadnih panelih je toplotna izolacija že sestavni del elementa. Izolacijsko jedro je nameščeno med dvema kovinskima oblogama, kar omogoča hitro izvedbo in enakomerno kakovost sistema. Glede na zahteve projekta se lahko uporabljajo različni izolacijski materiali, kot so mineralna volna, poliuretan (PUR) ali poliizocianurat (PIR).

Toplotna prevodnost λ je lastnost posameznega izolacijskega materiala in se med EPS, mineralno volno, PUR in PIR razlikuje. Zato neposredna primerjava sistemov samo na podlagi ene splošne vrednosti λ ni ustrezna; pri projektiranju je treba upoštevati vrsto in debelino izolacije, sestavo celotnega ovoja ter zahtevano toplotno prehodnost U posameznega gradbenega elementa.

Za preverjanje primerljivosti je bil za kontaktni sistem izveden poenostavljen kontrolni izračun po SIST EN ISO 6946. Upoštevani sta standardni površinski toplotni upornosti Rsi = 0,13 m²K/W in Rse = 0,04 m²K/W. Toplotna upornost tankih lepilnih in ometnih slojev je zaradi majhnega vpliva zanemarjena, zato je izračun na strani kontaktne fasade konservativen:

UETICS = 1 / (Rsi + d/λD + Rse) = 1 / (0,13 + 0,080/0,035 + 0,04) = 0,41 W/(m²K)

Primerjalni kontaktni sistem z 80 mm mineralne volne ima tako izračunano toplotno prehodnost približno 0,41 W/(m²K), panel Trimoterm FTV100 Perform C debeline 100 mm pa deklarirano toplotno prehodnost 0,40 W/(m²K). Razlika znaša približno 0,01 W/(m²K) oziroma 2,4 %, zato sta sistema za namen časovne in stroškovne analize toplotno primerljiva. Razlika v nominalni debelini izolacije izhaja iz različne sestave in lastnosti obeh sistemov.

Kontrolni izračun je namenjen preverjanju primerljivosti fasadnih sistemov in ne nadomešča projektnega izračuna celotnega zunanjega zidu. Pri slednjem je treba upoštevati tudi nosilno steno, podkonstrukcijo, pritrdila, spoje in druge lokalne toplotne mostove.

Pri izbiri debeline izolacije je potrebno upoštevati zahteve projekta, klimatske pogoje in veljavne predpise s področja učinkovite rabe energije. Ustrezna kombinacija izolacijskega materiala in njegove debeline omogoča doseganje zahtevanih vrednosti toplotne prehodnosti ter dolgoročno zmanjšanje obratovalnih stroškov objekta.

Oba sistema omogočata doseganje sodobnih zahtev glede energetske učinkovitosti stavb. Končna toplotna učinkovitost je odvisna predvsem od debeline izolacije, kakovosti izvedbe ter pravilne obdelave vseh detajlov, kjer lahko nastanejo toplotni mostovi.

Pri obeh sistemih so z vidika toplotne zaščite posebej pomembni detajli podzidka, priključki ob stavbnem pohištvu, stiki z robom strehe, preboji ter spoji med posameznimi elementi. Na teh mestih lahko zaradi neustreznega načrtovanja ali izvedbe nastanejo povečane toplotne izgube in lokalni toplotni mostovi.

Razlike med sistemoma se zato v praksi ne kažejo samo v lastnostih izolacijskega materiala, temveč tudi v načinu izvedbe detajlov. Pri kontaktni fasadi je pomembna neprekinjenost izolacijskega sloja in kakovostna obdelava priključkov, pri panelih pa pravilna geometrija podkonstrukcije, tesnost spojev, izvedba prebojev in kontinuiteta izolacijskega jedra. V obeh primerih je kakovost izvedbe enako pomembna kot izbira materiala.

Z vidika toplotne zaščite lahko tako kontaktna fasada kot fasadni paneli zagotavljajo zelo dobre rezultate. Izbira sistema je zato pogosto odvisna tudi od drugih dejavnikov, kot so hitrost izvedbe, stroški investicije, požarna odpornost in zahteve investitorja.

4.3 Požarna odpornost

Pri primerjavi fasadnih sistemov je treba razlikovati med odzivom materialov oziroma sistema na ogenj in požarno odpornostjo konstrukcijskega sklopa. Razred A2-s1,d0, ki je prikazan v nadaljevanju, opisuje odziv na ogenj, medtem ko se požarna odpornost praviloma izraža z razredi R, E in I ter časom v minutah. V tem poglavju je primerjava osredotočena predvsem na podatke o odzivu na ogenj iz tehnične dokumentacije izbranih sistemov.

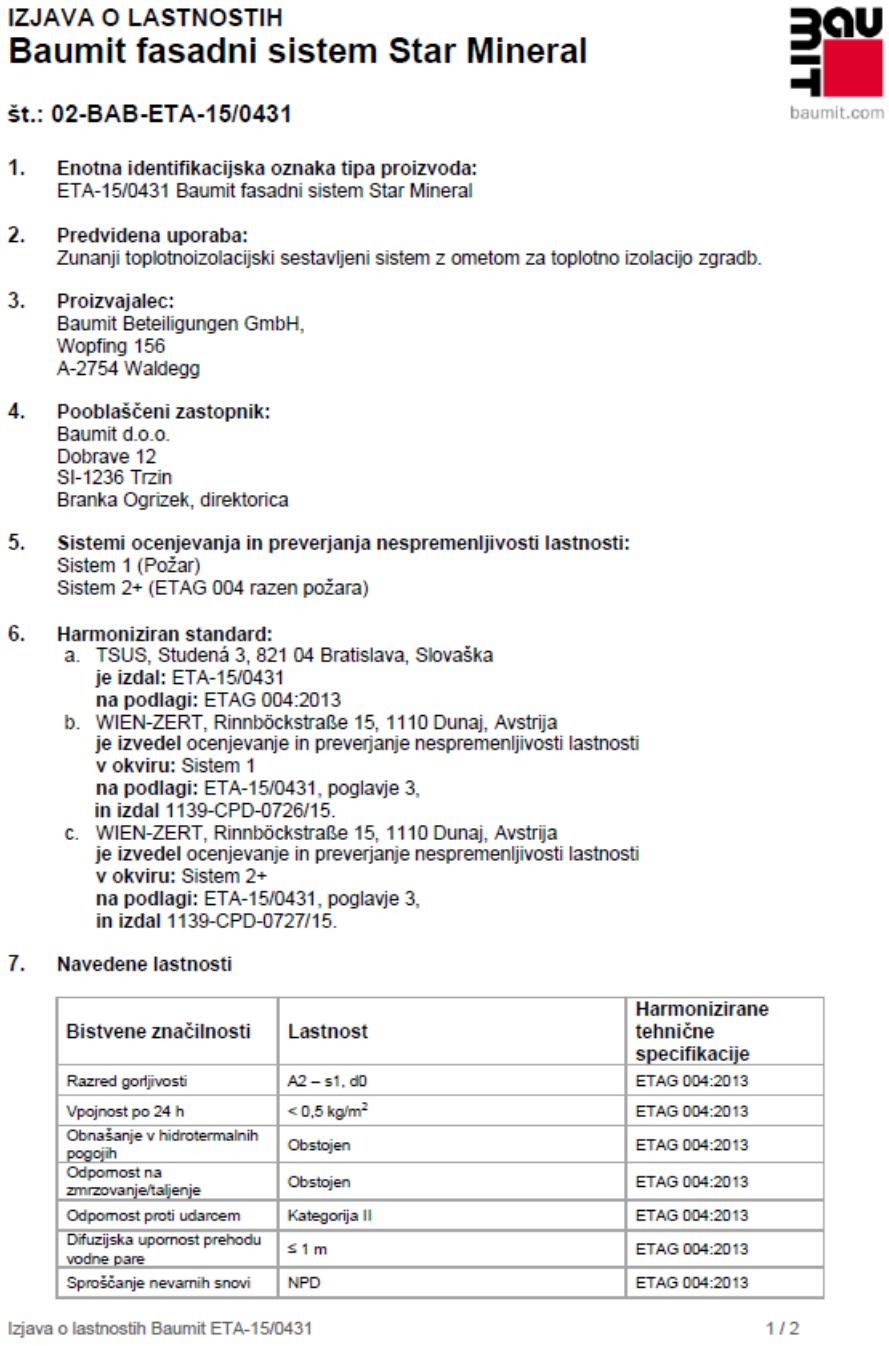
Pri kontaktnih fasadah so požarne lastnosti odvisne od celotne sistemske sestave, zlasti od vrste izolacije, armirnega in zaključnega sloja ter načina izvedbe požarnih prekinitev, kadar so te zahtevane s projektom. Sistemi z mineralno volno lahko dosegajo visoke razrede odziva na ogenj, vendar je treba pri presoji vedno upoštevati klasifikacijo konkretnega certificiranega sistema in ne le posameznega izolacijskega materiala.

Tudi pri fasadnih panelih na požarne lastnosti pomembno vplivajo vrsta izolacijskega jedra, debelina elementa, način spajanja in izvedba priključkov. Paneli z jedrom iz mineralne volne se uporabljajo pri objektih z zahtevnejšimi požarnimi pogoji. Požarno odpornost celotne stene ali predelne konstrukcije je treba presojati po ločenih klasifikacijah za konkretno sestavo in način vgradnje.

Izbira fasadnega sistema mora biti usklajena s požarnim konceptom objekta, projektno dokumentacijo, klasifikacijami proizvoda in navodili proizvajalca. Oznaka materiala ali vrsta fasade zato ni zadostna podlaga za oceno požarne varnosti celotnega objekta.

V diplomskem delu sta za izbrana sistema prikazana razreda odziva na ogenj iz razpoložljive tehnične dokumentacije. Namen prikaza je pokazati, da lahko tako kontaktni sistem z mineralno volno kot panelni sistem z jedrom iz mineralne volne dosegata razred A2-s1,d0, pri čemer ta podatek ne predstavlja neposredne primerjave požarne odpornosti v minutah.

Na podlagi primerjave je mogoče ugotoviti, da požarna varnost ni odvisna zgolj od izbire med kontaktno fasado in fasadnimi paneli, temveč predvsem od konkretne sistemske sestave, certificirane namenske uporabe in kakovosti izvedbe. Pri objektih z višjimi zahtevami je zato treba sistem izbrati in preveriti v skladu s projektom požarne varnosti.



IZJAVA O LASTNOSTIH

Baumit fasadni sistem Star Mineral

baumit.com

št.: 02-BAB-ETA-15/0431

1. **Enotna identifikacijska oznaka tipa proizvoda:**
   ETA-15/0431 Baumit fasadni sistem Star Mineral

2. **Predvidena uporaba:**
   Zunanji toplotnoizolacijski sestavljeni sistem z ometom za toplotno izolacijo zgradb.

3. **Proizvajalec:**
   Baumit Beteiligungen GmbH,
   Wopfing 156
   A-2754 Waldegg

4. **Pooblaščeni zastopnik:**
   Baumit d.o.o.
   Dobrave 12
   SI-1236 Trzin
   Branka Ogrizek, direktorica

5. **Sistemi ocenjevanja in preverjanja nespremenljivosti lastnosti:**
   Sistem 1 (Požar)
   Sistem 2+ (ETAG 004 razen požara)

6. **Harmoniziran standard:**
   a. TSUS, Studená 3, 821 04 Bratislava, Slovaška
      je izdal: ETA-15/0431
      na podlagi: ETAG 004:2013
   b. WIEN-ZERT, Rinnböckstraße 15, 1110 Dunaj, Avstrija
      je izvedel ocenjevanje in preverjanje nespremenljivosti lastnosti
      v okviru: Sistem 1
      na podlagi: ETA-15/0431, poglavje 3,
      in izdal 1139-CPD-0726/15.
   c. WIEN-ZERT, Rinnböckstraße 15, 1110 Dunaj, Avstrija
      je izvedel ocenjevanje in preverjanje nespremenljivosti lastnosti
      v okviru: Sistem 2+
      na podlagi: ETA-15/0431, poglavje 3,
      in izdal 1139-CPD-0727/15.

7. **Navedene lastnosti**

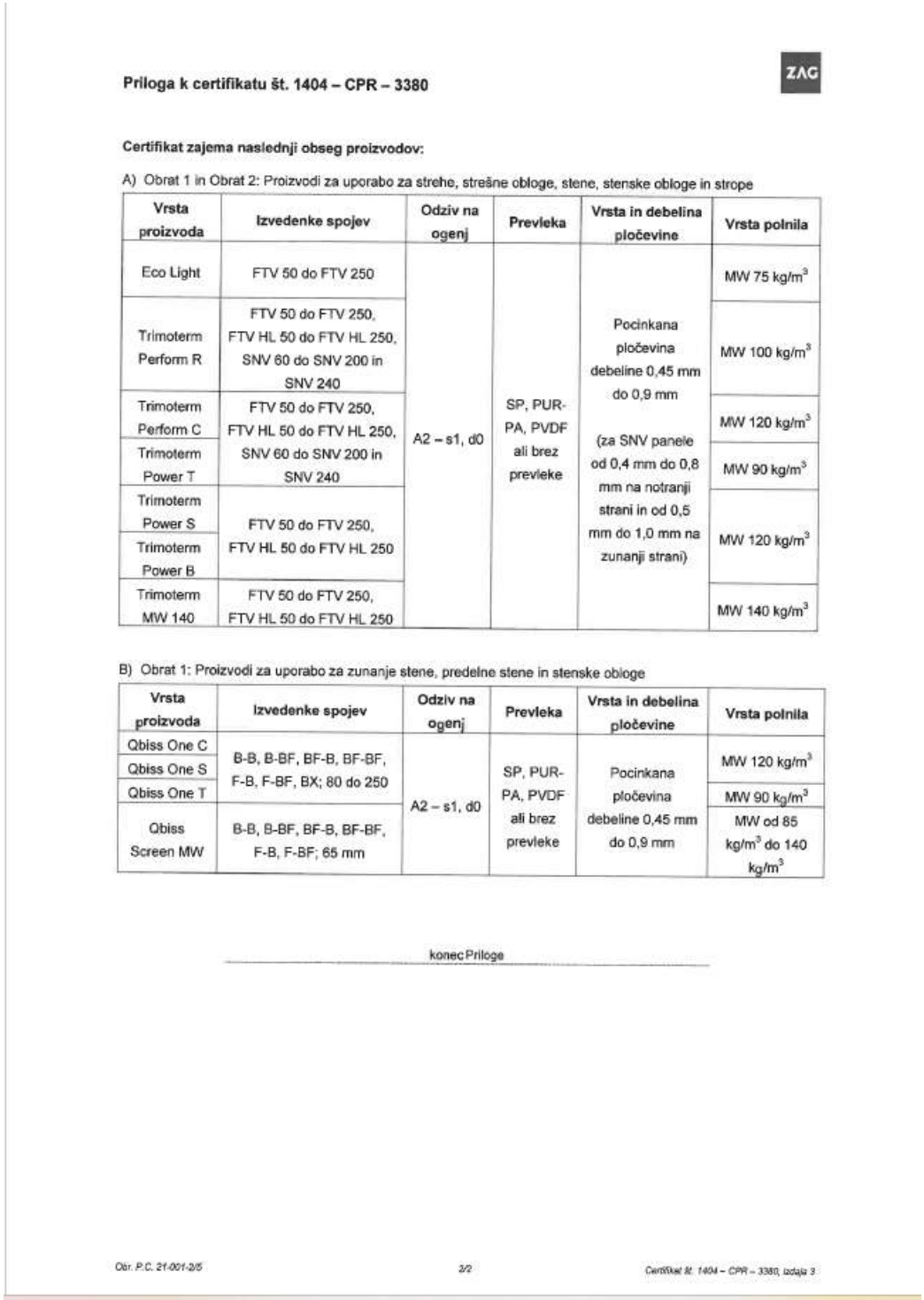
Bistvene značilnosti	Lastnost	Harmonizirane tehnične specifikacije
Razred gorljivosti	A2 – s1, d0	ETAG 004:2013
Vpojnost po 24 h	< 0,5 kg/m^2	ETAG 004:2013
Obnašanje v hidrotermalnih pogojih	Obstojen	ETAG 004:2013
Odpornost na zmrzovanje/taljenje	Obstojen	ETAG 004:2013
Odpornost proti udarcem	Kategorija II	ETAG 004:2013
Difuzijska upornost prehodu vodne pare	≤ 1 m	ETAG 004:2013
Sproščanje nevarnih snovi	NPD	ETAG 004:2013

Izjava o lastnostih Baumit ETA-15/0431 1 / 2

Slika 11: Požarna klasifikacija kontaktnega fasadnega sistema Baumit Star Mineral

Vir: (https://baumit.si/tehnicni-dokumenti)

Iz prikazanih podatkov je razvidno, da kontaktni fasadni sistem Baumit Star Mineral dosega razred odziva na ogenj A2-s1,d0. V izjavi o lastnostih je sistem opredeljen kot zunanji toplotnoizolacijski sestavljeni sistem z ometom za toplotno izolacijo zgradb, pri navedenih lastnostih pa je podan razred gorljivosti A2-s1,d0 (Baumit Beteiligungen GmbH, 2023).



Priloga k certifikatu št. 1404 – CPR – 3380

ZAG

Certifikat zajema naslednji obseg proizvodov:

A) Obrat 1 in Obrat 2: Proizvodi za uporabo za strehe, strešne obloge, stene, stenske obloge in strope

Vrsta proizvoda	Izvedenke spojev	Odziv na ogenj	Prevleka	Vrsta in debelina pločevine	Vrsta polnila
Eco Light	FTV 50 do FTV 250	A2 – s1, d0	SP, PUR-PA, PVDF ali brez prevleke	Pocinkana pločevina debeline 0,45 mm do 0,9 mm (za SNV panele od 0,4 mm do 0,8 mm na notranji strani in od 0,5 mm do 1,0 mm na zunanji strani)	MW 75 kg/m³
Trimoterm Perform R	FTV 50 do FTV 250, FTV HL 50 do FTV HL 250, SNV 60 do SNV 200 in SNV 240				MW 100 kg/m³
Trimoterm Perform C	FTV 50 do FTV 250, FTV HL 50 do FTV HL 250, SNV 60 do SNV 200 in SNV 240				MW 120 kg/m³
Trimoterm Power T					MW 90 kg/m³
Trimoterm Power S	FTV 50 do FTV 250, FTV HL 50 do FTV HL 250				MW 120 kg/m³
Trimoterm Power B					
Trimoterm MW 140	FTV 50 do FTV 250, FTV HL 50 do FTV HL 250				MW 140 kg/m³

B) Obrat 1: Proizvodi za uporabo za zunanje stene, predelne stene in stenske obloge

Vrsta proizvoda	Izvedenke spojev	Odziv na ogenj	Prevleka	Vrsta in debelina pločevine	Vrsta polnila
Qbiss One C	B-B, B-BF, BF-B, BF-BF, F-B, F-BF, BX; 80 do 250	A2 – s1, d0	SP, PUR-PA, PVDF ali brez prevleke	Pocinkana pločevina debeline 0,45 mm do 0,9 mm	MW 120 kg/m³
Qbiss One S					
Qbiss One T					MW 90 kg/m³
Qbiss Screen MW	B-B, B-BF, BF-B, BF-BF, F-B, F-BF; 65 mm				MW od 85 kg/m³ do 140 kg/m³

konec Priloge

Obr. P.C. 21-001-2/5 2/2 Certifikat št. 1404 – CPR – 3380, izdaja 3

Slika 12: Požarna klasifikacija sistema Trimoterm FTV

Vir: (https://www.trimo-group.com/si/literatura/certifikati-in-podatkovni-listi/certifikati)

Tudi sistem Trimoterm FTV z jedrom iz mineralne volne dosega razred odziva na ogenj A2-s1,d0. Prikazani podatek se nanaša na odziv na ogenj in ga je treba razlikovati od klasifikacije

požarne odpornosti celotne konstrukcije. Zaradi jedra iz mineralne volne se takšni paneli pogosto uporabljajo pri objektih z višjimi zahtevami glede požarne varnosti.

4.4 Prednosti in slabosti

Poglavje povzema praktične prednosti in omejitve obeh sistemov. Pri fasadnih panelih se prednosti najbolj pokažejo na velikih, ponavljajočih se fasadnih površinah, kjer je mogoče dobro načrtovati logistiko, zaporedje montaže in uporabo dvižne mehanizacije.

Po pripravi nosilne konstrukcije in podkonstrukcije poteka montaža sistematično po vnaprej določenem zaporedju. Tovarniško izdelani elementi imajo ponovljive dimenzije, zato lahko usklajena montažna ekipa hitro napreduje. Po montaži panelov so ključni še izvedba tesnjenja stikov, zaključnih obrob in priključkov na druge dele ovoja.

Prednost panelnega sistema je manjša odvisnost od mokrih postopkov in časa sušenja. Kljub temu montaža ni popolnoma neodvisna od vremena, saj lahko močan veter, padavine ali neugodni pogoji za uporabo dvižne mehanizacije omejijo varno delo. Prednost je predvsem v tem, da ni več zaporednih mokrih faz, na katere bi bilo treba čakati.

Na podlagi praktičnih izkušenj ocenjujem, da so fasadni paneli posebej učinkoviti pri industrijskih, skladiščnih in večjih poslovnih objektih, kjer so pomembni hitro zapiranje objekta, ponovljivost detajlov in predvidljiva organizacija gradbišča. Pri manjših ali bolj členjenih objektih je treba njihovo prednost oceniti skupaj z zahtevnostjo geometrije in logistike.

Kljub številnim prednostim imajo fasadni paneli tudi določene pomanjkljivosti, ki jih je potrebno upoštevati pri načrtovanju in izvedbi objekta. Izbira fasadnega sistema mora biti vedno prilagojena namembnosti objekta, arhitekturnim zahtevam ter ekonomskim in tehničnim pogojem projekta.

Ena izmed pomanjkljivosti fasadnih panelov je manjša prilagodljivost pri arhitekturnem oblikovanju objektov. V primerjavi s kontaktnimi fasadami je izbira zaključnega videza bolj omejena, saj je končni izgled objekta odvisen predvsem od oblike, barve in profilacije panelov.

Posebno pozornost je potrebno nameniti tudi transportu in montaži panelov. Zaradi velikih dimenzij posameznih elementov je za izvedbo pogosto potrebna uporaba dvigal in druge mehanizacije. Prav tako je treba zagotoviti ustrezno skladiščenje materiala na gradbišču, da ne pride do poškodb zaščitnih slojev ali deformacij panelov.

Pri izvedbi je pomembna tudi kakovost montaže posameznih spojev. Nepravilno izvedeni spoji lahko povzročijo pojav toplotnih mostov, zmanjšanje tesnosti ovoja objekta ali možnost vdora vlage v konstrukcijo. Zato je za kakovostno izvedbo potrebno zagotoviti ustrezno usposobljeno montažno ekipo in natančno upoštevanje navodil proizvajalca.

Pri morebitnih mehanskih poškodbah je sanacija fasadnih panelov pogosto zahtevnejša kot pri kontaktni fasadi. Med delom na gradbišču sem opazil, da je pri zamenjavi poškodovanega panela pogosto potrebno odstraniti tudi več sosednjih panelov, saj so posamezni elementi med seboj povezani s sistemom spojev. Zaradi tega je dostop do poškodovanega elementa otežen, postopek zamenjave pa lahko zahteva več časa in dodatna montažna dela. Posledično se lahko povečajo stroški vzdrževanja in popravil fasadnega sistema.

Kontaktna fasada je zaradi svojih lastnosti ena najpogosteje uporabljenih rešitev pri novogradnjah in energetskih sanacijah objektov. Njena največja prednost je učinkovita toplotna zaščita stavbe, saj zmanjšuje toplotne izgube skozi zunanji ovoj objekta in posledično prispeva k nižji porabi energije za ogrevanje in hlajenje prostorov.

Pomembna prednost kontaktne fasade je tudi razmeroma ugodna investicijska vrednost v primerjavi z nekaterimi drugimi fasadnimi sistemi. Zaradi široke ponudbe izolacijskih materialov in zaključnih ometov je mogoče sistem prilagoditi različnim zahtevam investitorjev ter arhitekturnim rešitvam objektov.

Kontaktna fasada omogoča veliko svobodo pri oblikovanju zunanjega videza stavbe. Na voljo so različne barve, strukture in vrste zaključnih ometov, kar omogoča prilagajanje videza objekta željam investitorja in zahtevam projektne dokumentacije.

Dodatna prednost sistema je možnost izvedbe tako pri novogradnjah kot tudi pri sanaciji obstoječih objektov. Zaradi izboljšanja toplotne zaščite se pogosto uporablja pri energetskih prenovah stavb, kjer je cilj zmanjšanje stroškov obratovanja in izboljšanje bivalnega ugodja uporabnikov.

Glavne omejitve kontaktne fasade so povezane z večfazno izvedbo in večjim deležem ročnega dela na objektu. Sistem zahteva dobro pripravljeno podlago, zaporedno izvedbo posameznih slojev in upoštevanje tehnoloških premorov, zato je časovno načrtovanje zahtevnejše kot pri prefabriciranem panelnem sistemu.

Na kakovost in terminski plan lahko vplivajo vremenske razmere, zlasti padavine, močan veter in neustrezne temperature. Potrebna je tudi zaščita sveže izvedenih slojev ter prilagajanje posameznih faz razmeram na gradbišču.

Zaključni omet je občutljiv na lokalne mehanske poškodbe in umazanijo, vendar je manjše poškodbe praviloma mogoče sanirati lokalno. Pri tem je treba upoštevati, da lahko po popravilu ostanejo vidne razlike v barvi ali strukturi površine.

Primerjava prednosti in slabosti zato ne pokaže univerzalnega zmagovalca. Paneli imajo prednost pri hitrosti, prefabriciranosti in organizaciji velikih površin, kontaktna fasada pa pri oblikovni prilagodljivosti, širokem izboru zaključnih obdelav in uporabi pri sanacijah ter bolj členjenih fasadah.

5 VZDRŽEVANJE IN SANACIJE

Vzdrževanje fasadnega sistema predstavlja pomemben dejavnik pri zagotavljanju dolge življenjske dobe objekta. Ne glede na vrsto uporabljenega sistema lahko vremenski vplivi, mehanske poškodbe, temperaturne spremembe in staranje materialov sčasoma vplivajo na videz ter funkcionalnost fasade. Zato je za ohranjanje tehničnih in estetskih lastnosti objekta potrebno redno vzdrževanje ter pravočasno izvajanje sanacijskih ukrepov.

Pri kontaktni fasadi se najpogosteje pojavljajo poškodbe zaključnega sloja, razpoke, mehanske poškodbe ter pojav alg in drugih nečistoč na površini fasade. Takšne poškodbe je običajno mogoče lokalno sanirati, vendar je za kakovostno izvedbo potrebno uporabiti ustrezne materiale in postopke, ki so skladni z navodili proizvajalca. Nepravilno izvedena sanacija lahko vpliva na videz fasade, njeno vodoodpornost in dolgoročno trajnost sistema.

Pri fasadnih panelih so najpogostejše mehanske poškodbe kovinskih oblog, zaščitnih premazov ter posameznih elementov zaradi udarcev ali neustreznega ravnanja med gradnjo. Zaradi konstrukcijske zasnove sistema je sanacija posameznih poškodb pogosto zahtevnejša kot pri kontaktni fasadi, saj je v določenih primerih potrebno zamenjati celoten panel ali več med seboj povezanih elementov.

Na enem izmed gradbišč sem se srečal s primerom, ko smo med betoniranjem plošče z brizganjem betona poškodovali sosednjo fasado iz fasadnih panelov. Ker nismo bili dovolj seznanjeni s pravilnim postopkom čiščenja in sanacije, smo odstranjevanje betonskih madežev izvedli prepozno. Medtem so se delci betona že strdili in pri odstranjevanju je prišlo do poškodb zaščitnega sloja panelov. Posledično je bilo potrebno poškodovane elemente zamenjati.

Ugotovil sem, da pri fasadnih panelih ni pomembna samo pravilna montaža, temveč tudi pravilno ravnanje z že vgrajenimi elementi med nadaljnjimi gradbenimi deli. Poškodbe lahko nastanejo tudi zaradi drugih del na objektu, zato je treba panele med gradnjo ustrezno zaščititi in pravočasno ukrepati, če pride do umazanije ali mehanskih poškodb.

Na podlagi izkušenj iz prakse lahko ugotovim, da je pri obeh sistemih ključnega pomena strokovni pristop pri vzdrževanju in sanaciji. Pravočasno odkrivanje poškodb, redni pregledi fasade ter upoštevanje navodil proizvajalca lahko bistveno podaljšajo življenjsko dobo fasadnega sistema in zmanjšajo stroške kasnejših popravil.

Za oba sistema je smiselno vzpostaviti načrt periodičnih vizualnih pregledov. Pri kontaktni fasadi je treba spremljati predvsem nastanek razpok, odstopanje zaključnega sloja, poškodbe na podzidku, stanje stikov ob oknih in vratih ter mesta, kjer se dlje časa zadržuje voda. Pri panelih je treba preverjati stanje zaščitnega premaza, praske in udarnine, tesnila na stikih, zaključne obrobe ter vidne znake korozije. Dodatni pregled je priporočljiv po večjih posegih ob fasadi ali dogodkih, ki bi lahko povzročili mehanske poškodbe.

Pomemben del vzdrževanja je tudi dokumentiranje ugotovljenega stanja. Fotografije, datum pregleda, opis poškodbe in zapis izvedene sanacije omogočajo spremljanje razvoja napake ter lažjo odločitev, ali zadošča lokalno popravilo ali je potreben večji poseg. Takšen pristop je posebej koristen pri večjih poslovnih in industrijskih objektih, kjer je fasadna površina velika, poškodbe pa so lahko razpršene po različnih delih objekta.

Iz praktičnega vidika je najcenejša sanacija pogosto tista, ki jo preprečimo z ustrezno zaščito. Med gradnjo je treba že vgrajene fasadne površine zaščititi pred brizganjem betona, varjenjem, rezanjem kovin, udarci dvižne mehanizacije in neustreznim skladiščenjem materiala ob fasadi. Pred primopredajo objekta je zato smiselno opraviti skupen pregled ovoja, evidentirati morebitne poškodbe in jih sanirati po navodilih proizvajalca še pred začetkom redne uporabe objekta.

Tehnična navodila proizvajalca priporočajo, da se najprej oceni obseg poškodbe. Manjše poškodbe zaščitnega premaza je mogoče sanirati z ustreznim reparaturnim postopkom, pri večjih poškodbah pa je lahko potrebna zamenjava panela. Pomembno je hitro ukrepanje, saj odlašanje poveča možnost korozije, vidnih razlik v površini in zahtevnejšega popravila (Trimo d. o. o., 2025).

Z vidika dolgoročnega vzdrževanja imata oba sistema določene prednosti in omejitve. Kontaktna fasada omogoča lažjo lokalno sanacijo posameznih poškodb, medtem ko fasadni paneli pogosto zahtevajo manj rednega vzdrževanja, vendar so lahko sanacijski posegi ob večjih poškodbah zahtevnejši in dražji.

6 ČASOVNA ANALIZA

Pri načrtovanju in izvedbi gradbenih objektov predstavlja čas izvedbe enega ključnih dejavnikov pri izbiri gradbenih tehnologij in materialov. Hitrejša izvedba lahko investitorju omogoči hitrejšo uporabo objekta, zmanjša stroške organizacije gradbišča ter zmanjša vpliv vremenskih razmer na potek del. Zaradi tega se v sodobnem gradbeništvu vse pogosteje iščejo rešitve, ki poleg ustreznih tehničnih lastnosti omogočajo tudi učinkovitejšo organizacijo izvedbe.

Pri primerjavi kontaktne fasade in fasadnih panelov je mogoče opaziti bistvene razlike v tehnološkem procesu izvedbe. Kontaktna fasada zahteva izvedbo več zaporednih delovnih faz, med katere sodijo priprava podlage, lepljenje izolacije, mehansko pritrjevanje izolacijskih plošč, izvedba armirnega sloja ter nanos zaključnega sloja. Poleg tega je izvedba posameznih faz pogosto odvisna od ustreznih vremenskih pogojev in potrebnega časa sušenja posameznih slojev.

Pri fasadnih panelih je postopek izvedbe praviloma enostavnejši in hitrejši. Zaradi visoke stopnje prefabriciranosti se večina del izvede že v proizvodnem procesu, na gradbišču pa potekata predvsem montaža podkonstrukcije in pritrditev fasadnih panelov. Posledično je število delovnih faz manjše, prav tako pa je manjša odvisnost od vremenskih vplivov.

Za potrebe primerjave bo časovna analiza izvedena na podlagi gradbenih normativov GNG GIPOSS. Pri izračunih bodo upoštevani normativi za posamezne delovne operacije, potrebna delovna sila ter predvidene količine del. Na podlagi pridobljenih rezultatov bo mogoče oceniti časovno učinkovitost posameznega fasadnega sistema in ugotoviti, kateri sistem omogoča hitrejšo izvedbo objekta.

V nadaljevanju so predstavljeni normativi porabe delovnega časa za posamezne faze izvedbe kontaktne fasade, ki predstavljajo osnovo za nadaljnjo časovno primerjavo s fasadnimi paneli.

Tabela 1: Normativna poraba časa za izvedbo kontaktne fasade

ŠT.	OPIS DELA	EM (enota mere)	NORMA DELA (ur/m2)
1.	Lepljenje in sidranje plošč iz mineralne volne debeline 8 cm	m2	0,35
2.	Nanašanje prvega in drugega armiranega sloja z mrežico	m2	0,35
3.	Izdelava zaključnega sloja	m2	0,30
		SKUPAJ:	**1,00 ur/m2**

Vir**:** (GNG – Gradbene norme GIPOSS, poglavje 5.330 Omet fasade – sistem DEMIT)

Iz normativov GNG za sistem DEMIT izhaja, da je za izvedbo 1 m² kontaktne fasade potrebna skupna poraba 1,00 delovne ure. Največji delež predstavljata lepljenje toplotne izolacije in izvedba armirnega sloja z mrežico, za katera je predvidenih po 0,35 ure na m². Za izvedbo zaključnega sloja je predvidenih 0,30 ure na m². Ker v gradbenih normativih GNG ni posebej obravnavan sodobni sistem ETICS, so bili za časovno analizo uporabljeni normativi za sistem DEMIT, ki po tehnologiji izvedbe predstavlja primerljivo kontaktno fasado. (GIPOSS, 1979)

Tabela 2: Normativna poraba časa za izvedbo fasadnih panelov

ŠT.	OPIS DELA	EM (enota mere)	NORMA DELA (ur/m2)
1.	Priprava in razporeditev panelov na gradbišču	m2	0,05
2.	Montaža podkonstrukcije in L-kotnikov	m2	0,10
3.	Montaža fasadnih panelov na podkonstrukcijo	m2	0,22
4.	Izvedba zaključnih obrob in tesnjenje stikov	m2	0,08
		SKUPAJ:	**0,45 ur/m2**

Vir: (Lastna ocena na podlagi tehnološkega postopka montaže in praktičnih izkušenj z gradbišča)

Ocenjena poraba časa za izvedbo fasadnih panelov temelji na praktičnih izkušnjah z gradbišča in na tehnološkem postopku montaže panelov. Pri oceni je upoštevano, da je pred montažo panelov potrebno izvesti pripravo podkonstrukcije, vključno z montažo L-kotnikov in preverjanjem pravilne geometrije. Po pripravi podkonstrukcije se paneli montirajo kot prefabricirani elementi, kar omogoča hitrejšo izvedbo v primerjavi s kontaktno fasado. Zaradi manjšega števila delovnih faz in odsotnosti mokrih postopkov je skupna ocenjena poraba časa za izvedbo fasadnih panelov 0,45 ur/m².

Tabela 3: Primerjava porabe časa med kontaktno fasado in fasadnimi paneli

FASADNI SISTEM	PORABA ČASA (ur/m2)	PORABA ČASA (min/m2)	RAZLIKA V PRIMERJAVI
KONTAKTNA FASADA	1,00	60	/
FASADNI PANELI	0,45	27	55 % manj

Vir: (Lastni izračun na podlagi gradbenih normativov GNG in ocene iz prakse.)

Iz primerjave je razvidno, da znaša poraba časa za izvedbo kontaktne fasade 1,00 ur/m² oziroma 60 minut/m². Ocenjena poraba časa za izvedbo fasadnih panelov znaša 0,45 ur/m² oziroma 27 minut/m². Razlika med obema sistemoma znaša 0,55 ur/m², kar pomeni, da je izvedba fasadnih panelov za približno 55 % hitrejša od izvedbe kontaktne fasade.

Na podlagi časovne analize je mogoče ugotoviti, da fasadni paneli omogočajo hitrejšo izvedbo predvsem zaradi prefabriciranosti, manjšega števila delovnih faz in odsotnosti mokrih postopkov. Pri kontaktni fasadi je izvedba časovno bolj zahtevna, saj poteka v več zaporednih fazah, pri katerih je treba upoštevati tudi vremenske pogoje in čas sušenja posameznih slojev. Pri fasadnih panelih je sicer potrebna uporaba ustrezne mehanizacije za dvigovanje in manipulacijo panelov, vendar je sama montaža na gradbišču hitrejša in organizacijsko enostavnejša.

Rezultati časovne analize kažejo, da je po uporabljenem primerjalnem modelu mogoče s fasadnimi paneli bistveno zmanjšati porabo delovnega časa na 1 m² fasadne površine. Ugotovitev je uporabljena pri preverjanju prve hipoteze.

7 STROŠKOVNA ANALIZA

Stroškovna analiza predstavlja pomemben del primerjave kontaktne fasade in fasadnih panelov, saj izbira fasadnega sistema ne vpliva samo na tehnične lastnosti in čas izvedbe, temveč tudi na skupne stroške gradnje. Pri fasadnih sistemih je treba poleg osnovnega materiala upoštevati tudi stroške dela, pomožnega materiala, gradbene mehanizacije, delovnega odra in organizacije gradbišča.

Pri kontaktni fasadi strošek ne predstavlja samo toplotna izolacija, temveč tudi lepilo, pritrdilni elementi, armirna mrežica, armirni sloj, zaključni sloj in delo izvajalcev. Pomemben strošek pri izvedbi kontaktne fasade predstavlja tudi delovni oder.

»Za izvedbo fasaderskih del na višini štirih metrov in več je treba postaviti oder, ki se obračuna v posebni postavki« (Stefan Žemva, 2010)

To pomeni, da je treba pri stroškovni analizi kontaktne fasade strošek delovnega odra obravnavati ločeno od same izvedbe fasadnega sistema.

Pri fasadnih panelih so stroški razporejeni nekoliko drugače. Večji delež stroška običajno predstavlja fasadni panel kot prefabricirani element, poleg tega pa je treba upoštevati še podkonstrukcijo, L-kotnike, pritrdilni material, zaključne obrobe, tesnjenje stikov in strošek montaže. Pri montaži fasadnih panelov je pomembna tudi uporaba ustrezne mehanizacije za transport, dvigovanje in manipulacijo panelov na gradbišču, kot je na primer vozilo z dvigalom oziroma HIAB.

V nadaljevanju so prikazani osnovni elementi stroškovne primerjave obeh fasadnih sistemov. Na podlagi teh elementov je izdelana ocena stroškov na enoto površine, kar omogoča neposredno primerjavo izbranih rešitev.

Tabela 4: Elementi stroškovne primerjave fasadnih sistemov

STROŠKOVNI ELEMENT	KONTAKTNA FASADA	FASADNI PANELI
Osnovni material	Toplotna izolacija, lepilo, armirni sloj, zaključni sloj	Fasadni paneli
Pritrdilni material	Sidra, mrežica, ojačitve vogalniki	Vijaki, L kotniki, pritrdilni elementi
Delo	Več zaporednih faz izvedbe	Montaža podkonstrukcije in panelov
Mehanizacija	Delovni oder	Hiab, dvižna košara
Zaključna dela	Zaključni sloj, obdelava detajlov	Obrobe, tesnjenje stikov
Vpliv časa izvedbe	Daljša izvedba	Hitrejša izvedba

Vir: (Lastna analiza na podlagi Žemva (2010) in praktičnih izkušenj z gradbišča)

Pri stroškovni analizi so uporabljene informativne ponudbene cene izvajalcev in dobaviteljev, normativna poraba časa ter lastna ocena na podlagi praktičnih izkušenj z gradbišča. Cene so v primerjalnem modelu vezane na natančno določeni sestavi: kontaktno fasado Baumit Star Mineral z 80 mm mineralne volne in fasadni panel Trimoterm FTV100 Perform C z jedrom iz mineralne volne debeline 100 mm. Uporabljene cene služijo izključno za potrebe primerjalne analize diplomskega dela in ne predstavljajo zavezujočih ponudb izvajalcev. Dejanske cene izvedbe se lahko v praksi razlikujejo glede na lokacijo objekta, količino del, zahtevnost izvedbe, dostopnost gradbišča, izbrane materiale, čas izvedbe ter razmere na trgu.

Za lažjo primerjavo sta oba fasadna sistema obravnavana na enoto 1 m² fasadne površine. Pri izračunu so upoštevani glavni stroškovni elementi, ki vplivajo na končno ceno izvedbe fasade. Pri kontaktni fasadi so upoštevani stroški fasadnega sistema, dela izvajalcev, pomožnega materiala, delovnega odra, pripravljalnih del in obdelave detajlov. Pri fasadnih panelih so upoštevani stroški panelov, podkonstrukcije, L-kotnikov, pritrdilnega materiala, zaključnih obrob, tesnjenja stikov, montaže ter potrebne gradbene mehanizacije za dvigovanje in manipulacijo panelov.

Namen stroškovne analize ni izdelava natančnega ponudbenega predračuna, temveč prikaz okvirne razlike med izbranima rešitvama. Primerjani sestavi imata praktično enako toplotno prehodnost: kontaktni sistem U ≈ 0,41 W/(m²K) in panelni sistem U = 0,40 W/(m²K). Stroškovna razlika zato ne izhaja iz različne ravni toplotne zaščite, temveč predvsem iz različne tehnologije, organizacije in hitrosti izvedbe. Primerjava ne predstavlja vseh možnih debelin izolacije, razredov materialov ali tržnih ponudb.

Rezultat stroškovne primerjave je občutljiv na več vhodnih podatkov. Pri kontaktni fasadi lahko na končno vrednost pomembno vplivajo višina in geometrija objekta, trajanje najema odra, zahtevnost špalet ter število prekinitev fasadne površine. Pri panelnem sistemu so pomembni cena izbranega panela, količina in zahtevnost podkonstrukcije, dolžine in razporeditev elementov, število obrob ter učinkovitost uporabe dvižne mehanizacije. Zato razlike 20,80 % ni primerno razumeti kot stalno razmerje za vse projekte, temveč kot rezultat konkretno postavljenega primerjalnega modela.

Analiza obravnava predvsem začetni strošek izvedbe in ne vključuje celotnih stroškov življenjskega cikla. Za celovitejšo investicijsko odločitev bi bilo smiselno upoštevati tudi pogostost pregledov, čiščenje, obnovo zaključnih slojev ali premazov, pričakovane lokalne sanacije ter morebitno zamenjavo poškodovanih elementov. Pri takšni analizi bi bilo treba določiti enako časovno obdobje in primerljive pogoje uporabe, saj se vzdrževalni režimi obeh sistemov razlikujejo.

Hitrejša izvedba lahko vpliva tudi na posredne stroške projekta, na primer na krajše trajanje organizacije gradbišča, manj časa uporabe začasnih ureditev in možnost zgodnejšega začetka notranjih del po zaprtju ovoja. Ti učinki so lahko pomembni za investitorja, vendar v tej stroškovni analizi niso denarno ovrednoteni, ker bi zahtevali podatke o celotnem terminskem planu in stroških konkretnega projekta. Zaradi preglednosti so v izračunu zato ohranjeni le neposredno primerljivi stroškovni elementi na 1 m² fasadne površine.

V izračunu je pri strošku dela upoštevana ocenjena vrednost delovne ure v višini 30,00 EUR/h. Za kontaktno fasado je uporabljena normativna poraba časa 1,00 ur/m², ki izhaja iz časovne analize na podlagi normativov GNG. Pri fasadnih panelih je uporabljena ocenjena poraba časa 0,45 ur/m², določena na podlagi tehnološkega postopka izvedbe in praktičnih izkušenj z gradbišča. Na ta način je mogoče primerjati ne samo materialne stroške, temveč tudi vpliv časa izvedbe in organizacije gradbišča na končno ceno posameznega fasadnega sistema.

Tabela 5: Ocenjeni strošek izvedbe kontaktne fasade na 1 m²

ŠT.	STROŠKOVNI ELEMENT	ENOTA	KOLIČINA	CENA NA ENOTO (EUR)	SKUPAJ (EUR/m2)
1.	Izvedba kontaktne fasade Baumit Star Mineral z mineralno volno debeline 8 cm, materialom in delom	m²	1,00	81,00	81,00
2.	Delovni oder	m²	1,00	6,00	6,00
3.	Obdelava detajlov, špalet in priključkov	m²	1,00	6,00	6,00
4.	Zaščita delovnega območja in čiščenje po zaključku del	m²	1,00	3,00	3,00
				SKUPAJ	**96,00 EUR/m2**

Vir: (Lastni izračun na podlagi informativnih ponudbenih cen izvajalcev in dobaviteljev)

Iz ocenjenega izračuna je razvidno, da znaša skupni strošek izvedbe kontaktne fasade 96,00 EUR/m². Pri izračunu je upoštevana informativna ponudbena cena izvedbe sistema Baumit Star Mineral z mineralno volno debeline 8 cm, materialom in delom, strošek delovnega odra, obdelava detajlov ter organizacija gradbišča. Delovni oder je pri kontaktni fasadi pomemben

stroškovni element, saj se pri izvedbi fasaderskih del na višini običajno obračuna kot posebna postavka.

Tabela 6: Ocenjeni strošek izvedbe fasadnih panelov na 1 m2

ŠT.	STROŠKOVNI ELEMENT	ENOTA	KOLIČINA	CENA NA ENOTO (EUR)	SKUPAJ (EUR/m2)
1.	Fasadni panel Trimoterm FTV100 Perform C z jedrom iz mineralne volne debeline 10 cm	m²	1,00	39,50	39,50
2.	Podkonstrukcija, L-kotniki in pritrdilni material	m²	1,00	10,00	10,00
3.	Montaža fasadnih panelov	m²	1,00	13,50	13,50
4.	HIAB oziroma mehanizacija za dvigovanje panelov	m²	1,00	4,00	4,00
5.	Zaključne obrobe in tesnjenje stikov	m²	1,00	6,00	6,00
6.	Pripravljalna in zaključna dela	m²	1,00	3,00	3,00
				SKUPAJ:	**76,00 EUR/m2**

Vir: (Lastni izračun na podlagi informativnih ponudbenih cen dobaviteljev, cen najema mehanizacije in praktičnih izkušenj z gradbišča)

Iz ocenjenega izračuna je razvidno, da znaša skupni strošek izvedbe fasadnih panelov 76,00 EUR/m². Največji delež stroška predstavlja panel Trimoterm FTV100 Perform C z jedrom iz mineralne volne debeline 10 cm. Poleg tega so v izračunu upoštevani še stroški podkonstrukcije, L-kotnikov, pritrdilnega materiala, montaže, zaključnih obrob, tesnjenja stikov ter uporabe mehanizacije za dvigovanje in manipulacijo panelov.

Pri izračunu stroška montaže je upoštevana ocenjena poraba časa 0,45 ur/m² in vrednost delovne ure 30,00 EUR/h. Strošek mehanizacije je za potrebe primerjave preračunan na enoto 1 m² fasadne površine. Ker se uporaba vozila z dvigalom oziroma HIAB-a običajno obračunava po urni postavki, je bil strošek preračunan glede na ocenjeno količino izvedene fasadne površine v eni uri. Pri izračunu je upoštevana urna postavka 60,00 EUR/h in ocenjena izvedba 15 m² panelov na uro, kar znaša 4,00 EUR/m².

V izračunu so upoštevane informativne cene, zato rezultat ne predstavlja zavezujoče ponudbe izvajalca, temveč okvirno oceno za potrebe primerjalne analize. Dejanski stroški izvedbe se lahko razlikujejo glede na količino del, dostopnost gradbišča, zahtevnost montaže, izbrane materiale, dolžino transporta in razmere na trgu.

Tabela 7: Primerjava stroškov med kontaktno fasado in fasadnimi paneli

FASADNI SISTEM	OCENJENI STROŠEK (EUR/m2)	RAZLIKA V PRIMERJAVI
KONTAKTNA FASADA	96,00	/
FASADNI PANELI	76,00	20,80 % manj

Vir: (Lastni izračun na podlagi informativnih ponudbenih cen izvajalcev in dobaviteljev ter praktičnih izkušenj z gradbišča)

Iz primerjave toplotno primerljivih sestav je razvidno, da ocenjeni strošek izvedbe kontaktne fasade znaša 96,00 EUR/m², medtem ko ocenjeni strošek izvedbe fasadnih panelov znaša 76,00 EUR/m². Razlika med obema sistemoma znaša 20,00 EUR/m² v korist fasadnih panelov.

Odstotna razlika je izračunana glede na strošek kontaktne fasade:

20,00 EUR/m² / 96,00 EUR/m² × 100 = 20,80 %

Na podlagi izračuna je mogoče ugotoviti, da so fasadni paneli v obravnavanem primeru približno 20,80 % stroškovno ugodnejši od kontaktne fasade. Razlika izhaja predvsem iz krajšega časa montaže, manjšega števila delovnih faz in manjše potrebe po klasičnem delovnem odru. Pri fasadnih panelih je sicer treba upoštevati strošek podkonstrukcije, pritrdilnega materiala in mehanizacije za dvigovanje panelov, vendar se zaradi hitrejše izvedbe in prefabriciranosti skupni ocenjeni strošek zmanjša.

Rezultati stroškovne analize kažejo, da lahko uporaba fasadnih panelov v primerjavi s kontaktno fasado predstavlja ekonomsko ugodnejšo rešitev. Ugotovitev bo uporabljena tudi pri preverjanju druge hipoteze, ki se nanaša na stroškovno učinkovitost fasadnih panelov.

8 OBLIKOVANJE VPLIVA NA DOBRO POČUTJE

V sodobnem gradbeništvu postaja dobro počutje uporabnikov vedno pomembnejši dejavnik pri načrtovanju in izvedbi objektov. Oblikovanje vpliva na dobro počutje poudarja, da na kakovost bivanja in dela vplivajo različni dejavniki, kot so svetloba, prezračevanje, izbira materialov, energetska učinkovitost ter splošno udobje uporabnikov.

Fasada vpliva na pogoje v notranjosti stavbe, ker sodeluje pri omejevanju toplotnih izgub, poletnega pregrevanja in vdora vlage. Dobro zasnovan ovoj pomaga ohranjati stabilnejše notranje razmere, zaradi česar je uporaba prostorov prijetnejša in energetsko manj zahtevna.

Tako kontaktna fasada kot fasadni paneli lahko ob pravilni izbiri sestave dosežeta zahtevano raven toplotne zaščite. Za dobro počutje uporabnikov zato ni odločilno samo ime sistema, temveč kontinuiteta izolacijskega sloja, kakovost stikov in priključkov ter preprečevanje lokalnih toplotnih mostov.

Na uporabniško izkušnjo vplivata tudi materialna in arhitekturna zasnova fasade. Kontaktna fasada omogoča večjo svobodo pri barvah, teksturah in obdelavi členjenih površin, panelni sistem pa zagotavlja ponovljivost tovarniško izdelanih elementov in hiter nastanek zaščitenega ovoja. Različni objekti zato zahtevajo različno ravnovesje med videzom, tehničnimi zahtevami in načinom uporabe.

Pomemben dejavnik je kakovost izvedbe. Nepravilno izvedeni stiki, preboji ali zaključki lahko pri obeh sistemih povzročijo lokalne toplotne mostove, vdor vlage in hitrejše propadanje materialov. Takšne napake zmanjšujejo kakovost notranjega okolja ter povečujejo potrebo po vzdrževanju in sanacijah.

Iz praktičnih izkušenj na gradbiščih ugotavljam, da tudi kakovosten material ne more nadomestiti slabo izvedenega detajla. Pri kontaktni fasadi je treba nadzorovati zaporedje in izvedbo slojev, pri panelih pa geometrijo podkonstrukcije, pritrditev, tesnjenje stikov in zaščito elementov med nadaljnjimi deli.

Z vidika dobrega počutja je pomembna tudi dolgoročna zanesljivost sistema. Manj poškodb, manj nepredvidenih sanacij in stabilno delovanje ovoja prispevajo k bolj predvidljivi in kakovostni uporabi prostora skozi življenjsko dobo objekta. Zato izbira fasade ne sme temeljiti samo na začetni ceni ali hitrosti izvedbe.

Na podlagi primerjave lahko ugotovimo, da oba sistema ob pravilnem projektiranju, izbiri ustreznih materialov in kakovostni izvedbi lahko prispevata k dobremu notranjemu okolju. Vpliv oblikovanja na dobro počutje se zato kaže predvsem v tem, kako uspešno fasadni ovoj poveže tehnične zahteve, arhitekturni videz, trajnost in potrebe uporabnikov.

9 PREVERJANJE HIPOTEZ

V diplomskem delu sem primerjal kontaktno fasado in fasadne panele z vidika časa izvedbe, stroškov, zahtevnosti montaže in vzdrževanja ter vpliva na dobro počutje uporabnikov. Na podlagi teoretičnih izhodišč, pregleda strokovne literature, gradbenih normativov ter izvedenih časovnih in stroškovnih analiz je mogoče preveriti zastavljene hipoteze in ugotoviti, ali so bile potrjene, delno potrjene ali ovržene.

Na začetku diplomskega dela so bile postavljene štiri hipoteze. V nadaljevanju so predstavljeni rezultati preverjanja posameznih hipotez, ki temeljijo na primerjavi kontaktne fasade in fasadnih panelov, izvedenih analizah ter ugotovitvah iz predhodnih poglavij.

Hipoteza 1: Uporaba fasadnih panelov skrajša čas izvedbe fasade za najmanj 50 % v primerjavi s kontaktno fasado.

Na podlagi časovne analize je bilo ugotovljeno, da znaša poraba časa za izvedbo kontaktne fasade 1,00 ur/m² oziroma 60 minut/m². Ocenjena poraba časa za izvedbo fasadnih panelov znaša 0,45 ur/m² oziroma 27 minut/m². Razlika med obema sistemoma znaša 0,55 ur/m².

Odstotno zmanjšanje časa izvedbe znaša:

0,55 ur/m² / 1,00 ur/m² × 100 = 55 %

Izračun pokaže, da je izvedba fasadnih panelov približno 55 % hitrejša od izvedbe kontaktne fasade. Razlog za krajši čas izvedbe je predvsem v prefabriciranosti fasadnih panelov, manjšem številu delovnih faz, odsotnosti mokrih postopkov in manjšem vplivu vremenskih razmer na potek montaže.

Na podlagi ugotovitev se prva hipoteza potrdi.

Hipoteza 2: Uporaba fasadnih panelov je za 20 % ekonomičnejša od kontaktne fasade.

Na podlagi stroškovne analize je bilo ugotovljeno, da ocenjeni strošek izvedbe kontaktne fasade znaša 96,00 EUR/m², medtem ko ocenjeni strošek izvedbe fasadnih panelov znaša 76,00 EUR/m². Razlika med obema sistemoma znaša 20,00 EUR/m² v korist fasadnih panelov.

Odstotna razlika znaša:

20,00 EUR/m² / 96,00 EUR/m² × 100 = 20,80 %

Iz izračuna izhaja, da so fasadni paneli v obravnavanem primeru približno 20,80 % stroškovno ugodnejši od kontaktne fasade. Kljub temu, da je pri fasadnih panelih treba upoštevati stroške

podkonstrukcije, L-kotnikov, pritrdilnega materiala, zaključnih obrob in mehanizacije za dvigovanje panelov, se skupni strošek zmanjša predvsem zaradi hitrejše izvedbe in manjšega števila delovnih faz.

Na podlagi ugotovitev se druga hipoteza potrdi.

Hipoteza 3: Montaža in vzdrževanje fasadnih panelov je enostavnejša v primerjavi s kontaktno fasado.

Primerjava izvedbe je pokazala, da je montaža fasadnih panelov organizacijsko enostavnejša, saj gre za prefabricirane elemente, ki se na gradbišču pritrdijo na pripravljeno podkonstrukcijo. Pri kontaktni fasadi je izvedba sestavljena iz več zaporednih faz, kot so priprava podlage, lepljenje izolacije, mehansko pritrjevanje, izvedba armirnega sloja in nanos zaključnega sloja. Pri tem je treba upoštevati tudi vremenske pogoje in čas sušenja posameznih slojev.

Pri vzdrževanju imata oba sistema določene prednosti in omejitve. Kontaktna fasada omogoča lokalna popravila manjših poškodb, vendar je občutljiva na razpoke, mehanske poškodbe, umazanijo in pojav alg. Fasadni paneli so zaradi tovarniško izdelane površine enostavni za redno vzdrževanje in čiščenje, vendar je pri večjih mehanskih poškodbah sanacija lahko zahtevnejša, saj je v določenih primerih potrebna tudi zamenjava poškodovanega panela.

Na podlagi primerjave je mogoče ugotoviti, da je montaža fasadnih panelov enostavnejša in hitrejša od izvedbe kontaktne fasade. Pri vzdrževanju pa so fasadni paneli enostavnejši predvsem pri rednem vzdrževanju, medtem ko so večje sanacije lahko zahtevnejše.

Na podlagi ugotovitev se tretja hipoteza delno potrdi.

Hipoteza 4: Oblikovanje vpliva na dobro počutje.

V diplomskem delu je bilo ugotovljeno, da izbira fasadnega sistema ne vpliva samo na tehnične in ekonomske lastnosti objekta, temveč tudi na kakovost bivanja oziroma uporabe prostora. Fasada kot del ovoja stavbe vpliva na toplotno zaščito, zaščito pred vremenskimi vplivi, trajnost objekta, videz objekta in posredno tudi na notranje bivalne oziroma delovne pogoje.

Ustrezno zasnovan fasadni sistem prispeva k stabilnejšim notranjim razmeram, manjšim toplotnim izgubam, trajnosti ovoja in kakovostni uporabi prostora. Poleg tehničnih lastnosti imajo pomembno vlogo izbira materialov, kakovost izvedbe, vzdrževanje in arhitekturni videz. Slabo načrtovani ali izvedeni detajli lahko povzročijo toplotne mostove, vdor vlage in poškodbe, zato je mogoče ugotoviti, da oblikovanje fasadnega ovoja posredno vpliva tudi na dobro počutje uporabnikov.

Na podlagi ugotovitev se četrta hipoteza potrdi.

Tabela 8: Povzetek preverjanja hipotez

HIPOTEZA	UGOTOVITEV	STATUS
H1: Uporaba fasadnih panelov skrajša čas izvedbe fasade za najmanj 50 % v primerjavi s kontaktno fasado.	Čas izvedbe fasadnih panelov je za približno 55 % krajši.	Potrjena
H2: Uporaba fasadnih panelov je za 20 % ekonomičnejša od kontaktne fasade.	Pri primerljivi toplotni prehodnosti je ocenjeni strošek izvedbe fasadnih panelov za približno 20,80 % nižji.	Potrjena
H3: Montaža in vzdrževanje fasadnih panelov je enostavnejša v primerjavi s kontaktno fasado.	Montaža je enostavnejša in hitrejša, pri večjih poškodbah pa je sanacija lahko zahtevnejša.	Delno potrjena
H4: Oblikovanje vpliva na dobro počutje.	Izbira fasadnega sistema vpliva na toplotno zaščito, videz objekta, trajnost in kakovost uporabe prostora.	Potrjena

Vir: (Lastna analiza)

10 SKLEP

Diplomsko delo je primerjalo kontaktno fasado in fasadne panele v okviru izbranega primera industrijskega oziroma poslovnega objekta. Primerjava je povezala pregled strokovne literature in tehnične dokumentacije z gradbenimi normativi, informativnimi cenami ter praktičnimi izkušnjami z gradbišča. Namen ni bil določiti univerzalno najboljšega fasadnega sistema, temveč ugotoviti, kako se odločitev spremeni, ko se hkrati upoštevajo tehnične zahteve, organizacija del, poraba časa, stroški in vzdrževanje.

Primerjava je pokazala, da imata sistema različna izvedbena profila. Kontaktna fasada omogoča veliko oblikovno prilagodljivost, širok izbor zaključnih obdelav in uporabo pri novogradnjah ter sanacijah. Fasadni paneli pa imajo prednost pri ponovljivih velikih površinah, hitrem zapiranju objekta in organizaciji montaže. Pri panelih je večji poudarek na natančnosti podkonstrukcije, logistiki in kakovosti stikov, pri kontaktni fasadi pa na zaporedju mokrih faz, pripravi podlage in izvedbi posameznih slojev.

Kvantitativni del analize je v uporabljenem modelu pokazal 1,00 h/m² porabe delovnega časa za kontaktno fasado in 0,45 h/m² za fasadne panele, kar predstavlja približno 55 % manjšo ocenjeno porabo delovnega časa. Stroškovni model toplotno primerljivih sestav je pokazal 96,00 EUR/m² za kontaktno fasado in 76,00 EUR/m² za fasadne panele oziroma približno 20,80 % nižji ocenjeni strošek panelne rešitve. Ti rezultati podpirajo prvi dve hipotezi, vendar jih je treba razumeti v okviru uporabljenih normativov, informativnih cen in predpostavk izbranega primera.

Pri montaži in vzdrževanju rezultat ni enostranski. Paneli so se pokazali kot organizacijsko enostavnejši in hitrejši za montažo ter pregledni pri rednem čiščenju, večje mehanske poškodbe pa lahko zahtevajo zahtevnejšo zamenjavo elementov. Kontaktna fasada je bolj občutljiva na lokalne poškodbe zaključnega sloja in okoljske vplive, vendar so manjše sanacije praviloma lokalne. Zaradi tega je bila tretja hipoteza le delno potrjena.

Povezava z oblikovanjem za dobro počutje je pokazala, da na kakovost uporabe prostora ne vpliva samo izbira materiala, temveč celotna zasnova in izvedba ovoja. Toplotna zaščita, kontinuiteta izolacije, kakovost stikov, zaščita pred vlago, trajnost in videz fasade skupaj vplivajo na stabilnost notranjih pogojev in dolgoročno uporabniško izkušnjo. Četrta hipoteza je zato potrjena kot sklepna sinteza tehničnega in uporabniškega vidika.

Za obravnavani tip večjega industrijskega ali poslovnega objekta se fasadni paneli pokažejo kot smiselna rešitev, kadar so ključni kratek rok, hitra zaščita objekta, ponovljivost fasade in dobro organizirana montaža. Kontaktna fasada ostaja primernejša tam, kjer so v ospredju oblikovna prilagodljivost, členjena geometrija, široka izbira zaključnih površin ali sanacija obstoječega objekta.

Najpomembnejša ugotovitev diplomskega dela je, da odločitev ne sme temeljiti na eni sami lastnosti. Nižja cena materiala lahko izgubi pomen, če izvedba zahteva daljši čas ali več organizacijskih ukrepov, hitrejši sistem pa ni samodejno boljši, če ni prilagojen arhitekturi, požarnim zahtevam, detajlom in načinu vzdrževanja.

V praksi je zato najbolj utemeljena rešitev tista, ki je preverjena na ravni konkretnega objekta. Investitor, projektant in izvajalec morajo primerjati zahtevano funkcijo fasade, sestavo ovoja, požarne in toplotne zahteve, razpoložljive izvajalce, mehanizacijo, terminski plan ter stroške skozi izvedbo in uporabo.

Rezultati tega dela imajo omejitve, saj časovna analiza temelji na normativni oziroma ocenjeni porabi delovnega časa, stroškovna analiza pa na informativnih cenah. Nadaljnje raziskave bi lahko primerjavo razširile z meritvami dejanskega časa na več projektih, ponudbami več izvajalcev, analizo stroškov življenjskega cikla ter s primerjavo celotnih zunanjih stenskih sklopov pri enaki ciljni U-vrednosti, vključno z nosilnimi sloji, pritrdili in toplotnimi mostovi.

Kljub omejitvam analiza jasno pokaže, da je pri večjih industrijskih in skladiščnih objektih smiselno resno preveriti panelno rešitev, kadar so rok, organizacija in hitro zapiranje objekta med ključnimi projektnimi cilji. Kontaktna fasada pa ostaja utemeljena izbira v projektih, kjer imajo večjo težo arhitekturna prilagodljivost, način sanacije in raznolikost zaključnih obdelav.

11 LITERATURA IN VIRI

Baumit Beteiligungen GmbH. (2023). *Izjava o lastnostih: Baumit fasadni sistem Star Mineral.* Pridobljeno iz https://baumit.si/tehnicni-dokumenti

GIPOSS. (1979). *Gradbene norme GIPOSS.* Ljubljana: GIPOSS.

Kingspan Insulated Panels. (brez datuma). *Insulated Wall Panels*. Pridobljeno iz Kingspan: https://www.kingspan.com/gb/en/products/insulated-panels/wall-panels/

RÖFIX AG. (brez datuma). *RÖFIX toplotnoizolacijski sistemi – priročnik za izvedbo*. Pridobljeno iz RÖFIX: https://cdn.dam.fixit-holding.com/assets/api/8b3ce214-9523-4419-a43c-6f481f244e62/original/R%C3%96FIX-toplotnoizolacijski-sistemi---priro%C4%8Dnik-za-izvedbo.pdf

Ruukki Construction Oy. (2025). *Sandwich panel SPA installation and maintenance instruction.* Pridobljeno iz Ruukki: https://www.ruukki.com/docs/default-source/b2b-documents/sandwich-panels/en_sandwich_panel_spa_installation_instr_03_2025.pdf?sfvrsn=11638923297477830000

Stefan Žemva. (2010). *Gradbene kalkulacije z osnovami operativnega planiranja in obračunom gradnje objektov.* Ljubljana: CPU – Center za poslovno usposabljanje, Gospodarska zbornica Slovenije.

Trimo d. o. o. (april 2025). *Tehnična navodila za uporabo in vzdrževanje Trimo produktov.* Pridobljeno iz Trimo: https://www.trimo-group.com/si/literatura/tehnicna-dokumentacija