

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR

PROBLEMATIKA TOPLOTNIH MOSTOV ZA POSLOVNI OBJEKT

Kandidat: Mihael Hartman

Vrsta študija: izredni študij

Študijski program: Gradbeništvo

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

Mentor v podjetju: Mitja Krajnc inž. grad.

Lektor: Drago Meglič, prof. slov.

Maribor, 2022

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Mihael Hartman sem avtor diplomskega dela z naslovom Problematika toplotnih mostov za poslovni objekt, ki sem ga napisal pod mentorstvom Vladimirja Dragorajca, univ. dipl. inž. grad.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel/a, 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, februar 2022

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorjema Vladimirju Dragorajcu, univ. dipl. inž. grad., in mentorju s podjetja Mitji Kranjcu, inž. grad., za vso strokovno pomoč pri pisanju diplomskega dela.

Posebno zahvalo pa namenjam tudi vsem domačim za spodbudo in podporo med študijem.

POVZETEK

Toplotni mostovi se pojavljajo v vsakem izmed objektov, saj se jim je v celoti nemogoče izogniti, lahko pa jih zelo omejimo in njihov vpliv zmanjšamo na minimum. Glede na vzrok nastanka toplotne mostove delimo na geometrijske, konvekcijske, konstrukcijske ter kombinirane. Delimo pa še jih glede na obliko, in sicer na točkovni in linijski toplotni most. Te vrste in oblike toplotnih mostov se v praksi najpogosteje pojavljajo na mestih, kot so balkon, okna, vrata, stropne stene, strehe, vogali fasad in na nepravilno izvedenih detajlih in stikih. V uvodu smo si zadali cilje in hipoteze ter jih na koncu diplomskega dela potrdili ali zavrgli.

V teoretičnem delu diplomske naloge smo na začetku opisali skupno sodelovanje študentov v projektni skupini, ki je potekalo na sedežu Višje strokovne šole Academia v Mariboru. V nadaljevanju smo podrobneje opisali vrste nastanka in oblike toplotnih mostov, nato pa smo se osredotočili na temo toplotne zaščite objektov, posledice toplotnih mostov ter njihovo sanacijo. Toplotna zaščita zgradb je kot nek ščit objekta, ki ščiti pred neugodnimi vremenskimi razmerami in ohranja našo stavbo energetske učinkovito. V tem delu opisujemo več vrst toplotnih izolacij in hidroizolacij. Pri posledici toplotnih mostov je opisano, kakšne težave nastanejo, ko se pojavijo toplotni mostovi, ki slabo vplivajo tako na gradbeno konstrukcijo kot tudi na človekovo zdravje in počutje. Če se našteje težave pojavijo, je nujna v nadaljevanju opisana sanacija toplotnih mostov – za sanacijo je potreben velik gradbeni poseg, ta pa lahko povzroči velike stroške. Na koncu teoretičnega dela je opisano načrtovanje gradnje brez toplotnih mostov, in sicer kako se mora projektant lotiti samega načrtovanja gradnje, da se kasneje ne pojavijo problemi in nepotrebne sanacije. Toplotno zaščito je treba načrtovati brez prekinitve in z ustrezno debelino, saj se prav na teh mestih pojavi toplotni most.

V praktičnem delu smo opisali predstavljeni objekt, za katerega smo si zadali hipoteze ter cilje in opisali problematiko toplotnih mostov. Izbrali smo si pet detajlov in navedli, kako so bili izvedeni, katera vrsto izolacije se je uporabila, opisali karakteristike vgrajenih materialov in priložili slike izvedbe izolacije. V programu Htflux smo za posamezni detajl narisali konstrukcijo in vrisali uporabljene materiale. Vsak detajl je bil narisani brez izolacije in z njo, rezultate toplotne prehodnosti na določeni točki detajla pa smo medsebojno primerjali.

Ključne besede: toplotni most, toplotna izolacija, hidroizolacija, objekt, načrtovanje

ABSTRACT

Thermal bridging problem in office buildings

Thermal bridges occur in all buildings and are impossible to avoid completely, but they can be greatly reduced and their impact minimised. They are further subdivided according to their shape into point and line thermal bridges. In practice, these types and shapes of thermal bridges occur most frequently in places such as balconies, windows, doors, ceiling walls, roofs, facade corners and incorrectly executed details and joints. In the introduction I set myself objectives and hypotheses, which I confirmed or rejected at the end of the thesis.

In the theoretical part of my thesis, I started by describing the students' joint participation in the project group, which took place at the headquarters of the Academia University of Applied Sciences in Maribor. In the following, I described in more detail the types of thermal bridges and their forms, and then I focused on the topic of thermal protection of buildings, the consequences of thermal bridges and their remediation. The thermal insulation of buildings is like a shield that protects the building from adverse weather conditions and keeps our building energy efficient. This section describes several types of thermal insulation and waterproofing. The consequence of thermal bridges describes the problems that arise when thermal bridges occur, which have a bad effect on the building structure as well as on human health and well-being. If all of these problems occur, thermal bridges require remediation, which is described below. It is described there that major construction intervention is needed for the rehabilitation, which can lead to high costs. At the very end of the theoretical part, the design of a building without thermal bridges is described, in which it is described how the designer should approach the actual design of the building to avoid problems and unnecessary remediation later on. Thermal protection should be designed without interruption with the appropriate thickness, as this is where thermal bridging occurs.

In the practical part I have described the building for which I have set hypotheses and objectives and described the problem of thermal bridges. I have chosen five details for which I have indicated how they were carried out, what type of insulation was used, described the characteristics of the materials used and attached pictures of the insulation. In Htflux, I drew the construction for each detail and plotted the materials used. Each detail was drawn without and with insulation, and the thermal transmittance results at a particular point on the detail were compared with each other.

Keywords: *thermal bridge, thermal insulation, waterproofing, building, design*

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2	NAMEN, CILJI IN OPREDELITEV PROBLEMA.....	1
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	2
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	2
2	DELO V PROJEKTNI SKUPINI.....	3
3	SPLOŠNO O TOPLOTNIH MOSTOVIH.....	5
3.1	VRSTE IN OBLIKE TOPLOTNIH MOSTOV	6
3.2	TOPLOTNA ZAŠČITA ZGRADB.....	10
3.3	POSLEDICE TOPLOTNIH MOSTOV	20
3.3.1	<i>Vplivi toplotnih mostov na gradbeno konstrukcijo</i>	<i>20</i>
3.4	SANACIJA TOPLOTNIH MOSTOV	21
3.5	ODKRIVANJE TOPLOTNIH MOSTOV	21
3.5.1	<i>Termo kamera.....</i>	<i>23</i>
4	NAČRTOVANJE GRADNJE BREZ TOPLOTNIH MOSTOV	25
5	OPIS DETAJLOV IN MATERIALOV, KI PREPREČUJEJO POJAV TOPLOTNIH MOSTOV NA POSLOVNEM OBJEKTU	27
5.1	PODATKI O OBJEKTU	27
5.2	PREDSTAVITEV PROGRAMA HTFLUX.....	28
5.3	POTEK DELA	29
5.3.1	<i>Detajl A.....</i>	<i>30</i>
5.3.2	<i>Detajl B.....</i>	<i>34</i>
5.3.3	<i>Detajl C</i>	<i>37</i>
5.3.4	<i>Detajl D.....</i>	<i>39</i>
6	SKLEP	42
	LITERATURA IN VIRI	44

SLIKA 1: PRIMER GEOMETRIJSKEGA TOPLOTNEGA MOSTU	7
SLIKA 2: PRIMER KONSTRUKCIJSKEGA TOPLOTNEGA MOSTU	7
SLIKA 3: PRIMER KONVEKCIJSKEGA TOPLOTNEGA MOSTU	8
SLIKA 4: PRIMER KOMBINIRANEGA TOPLOTNEGA MOSTU	9
SLIKA 5: PRIMER TOČKOVNEGA TOPLOTNEGA MOSTU V KONSTRUKCIJI	9
SLIKA 6: PRIMER LINIJSKEGA TOPLOTNEGA MOSTU V KONSTRUKCIJI	10
SLIKA 7: PROCENTUALNE TOPLOTNE IZGUBE SKOZI STANOVANJSKO HIŠO	12
SLIKA 8: PRIMER STEKLENE VOLNE	13
SLIKA 9: PRIMER KAMENE VOLNE	14
SLIKA 10: PRIMER PENJENEGA STEKLA	14
SLIKA 11: PRIMER CELULOZNIH KOSMIČEV	15
SLIKA 12: PRIMER STIROPORA	15
SLIKA 13: PRIMER PLOŠČE IZ LESNIH VLAKEN	16
SLIKA 14: PRIMER BOMBAŽA	17
SLIKA 15: PRIMER OVČJE VOLNE	17
SLIKA 16: PRIMER EKSTRUDIRANEGA POLISTIRENA	18
SLIKA 17: PRIMER HIDROIZOLACIJSKEGA PREMAZA IBITOL	19
SLIKA 18: PRIMER ODKRIVANJA TOPLOTNIH MOSTOV S TERMO KAMERO	23
SLIKA 19: TERMO KAMERA	24
SLIKA 20: DETAJL TEMELJA IN AB-TALNE PLOŠČE	30
SLIKA 21: HIDROIZOLACIJA TEMELJA IN AB-TALNE PLOŠČE	31
SLIKA 22: PRENOS TOPLOTE S TOPLOTNO IZOLACIJO	33
SLIKA 23: PRENOS TOPLOTE BREZ TOPLOTNE IZOLACIJE	33
SLIKA 24: RAVNA NEPOHODNA STREHA	35
SLIKA 25: PRENOS TOPLOTE S TOPLOTNO IZOLACIJO	36
SLIKA 26: PRENOS TOPLOTE BREZ TOPLOTNE IZOLACIJE	36
SLIKA 27: DETAJL KONTAKTNE FASADE	37
SLIKA 28: IZRAČUN TOPLOTNE PREHODNOSTI S TOPLOTNO IZOLACIJO	38
SLIKA 29: IZRAČUN TOPLOTNE PREHODNOSTI BREZ TOPLOTNE IZOLACIJE	38
SLIKA 30: DETAJL BALKONA	39
SLIKA 31: VGRADNJA SCHÖCK® ELEMENTA V ARMATURO	40
SLIKA 32: DETALJ BALKONA S SCHÖCK® ELEMENTOM	41
SLIKA 33: DETALJ BALKONA BREZ SCHÖCK® ELEMENTA	41

UPORABLJENI SIMBOLI:

Ψ – linijska toplotna prehodnost

U – prenos toplote

UPORABLJENE KRATICE:

AB – armirani beton

XPS – ekstrudirani polistiren

EPS – ekspandirani polistiren

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

V diplomskem delu bomo opisali problematiko toplotnih mostov za poslovni objekt, ki bo namenjen za pisarniška dela in ostale poslovne dejavnosti. Predstavljeno bo, kje se toplotni mostovi lahko pojavijo, na katerih mestih se lahko pojavijo toplotne izgube energije in kakšne so rešitve za preprečitev toplotnih mostov, kako se toplotne mostove odkriva in tako izboljša energijska učinkovitost objekta ter ohranja konstrukcijske elemente v prvotnem stanju.

V diplomskem delu bodo predstavljeni posamezni detajli objekta, na katerih obstaja verjetnost nastanka toplotnega mostu, in vgrajeni materiali s pripisano toplotno prevodnostjo. Opisane so rešitve, ki bodo pripomogle k zmanjšanju nastanka toplotnih mostov in zmanjšanju posledic zaradi toplotnih mostov, ki lahko zelo slabo vplivajo tako na celotno konstrukcijo objekta kot tudi na človekovo zdravje. Pomembno vlogo pri dobro izvedenem projektu pa ima tudi projektant, od katerega je od začetka odvisno, kako se projektiranja zunanega ovoja stavbe loti in tako prepreči nevarnost nastanka toplotnih mostov.

Tematika je predvsem privlačna, ker s pametnimi rešitvami pripomoremo k nižjim stroškom ogrevanja objektov, izognemo se sanacijam in dodatnim stroškom na objektu in predvsem ohranjamo zdravo bivalno okolje zase in za ostale udeležence v objektu.

1.2 Namen, cilji in opredelitev problema

Namen diplomskega dela je predstaviti problematiko toplotnih mostov na primeru poslovnega objekta in težave, ki nastanejo, ko se mostovi pojavijo. Zadali smo si naslednje cilje:

- predstaviti teoretični del toplotnih mostov, katere vrste toplotnih mostov poznamo, kakšne so njihove posledice, kakšna je toplotna zaščita zgradbe in kako toplotne mostove odpravimo;
- opisati, kakšne mehanske vplive toplotni mostovi na objekt lahko imajo;
- prikazati, na katerih mestih je pojav toplotnih mostov največji;
- na kakšen način ugotoviti, kje se toplotni mostovi nahajajo, in
- opisati materiale, ki preprečujejo nastanek toplotnih mostov.

Pred pisanjem diplomskega dela smo si zadali določene hipoteze, jih nato razdelali in jih na koncu potrdili ali zavrnili. Hipoteze so:

- H1** Zaradi pojava toplotnih mostov v konstrukciji nastanejo poškodbe.
- H2** Toplotni mostovi nastajajo pri prehodu hladnejšega zraka proti toplejšemu.
- H3** Zaradi toplotnih mostov nastaja kondenzacija.
- H4** Pri projektiranju stavbe mora projektant biti pazljiv in natančen, da na zunanjem ovoju nariše neprekinjeno toplotno zaščito in se tako toplotnemu mostu v celoti izogne.

1.3 Predpostavke in omejitve

Diplomsko delo se nanaša na poslovni objekt, ki je trenutno še v fazi gradnje. Podatki, uporabljeni pri novonastalem objektu, so poslovna skrivnost organizacije, vendar smo od podjetja dobili potrditev, da podatke, ki niso javno dostopni za širšo javnost, pri pisanju diplomskega dela lahko uporabimo. V diplomskem delu bomo imeli pogled v projekt za izvedbo (PZI), v katerem bomo našli tehnično poročilo in skice posameznih konstrukcijskih elementov ter detajlov, te pa smo uporabili za izris in izračun linearne toplotne prehodnosti in prenosa toplote.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

V diplomskem delu smo uporabili naslednje raziskovalne metode:

- opazovanje,
- analiza podatkov,
- uporaba osebnih zapiskov,
- spletni viri in
- knjige.

2 DELO V PROJEKTNi SKUPINI

Na sedežu Višje strokovne šole Academia Maribor smo se skupaj z mentorji sestali na uvodnem srečanju za pripravo diplomskega dela. Seznanjeni smo bili, da je del naše diplomske naloge tudi delo v projektni skupini, v kateri se bomo študentje po skupinah razdelili glede na vloge po osebnostnih testih. Vsak izmed nas je najprej opravil Belbinov test, nato pa še test po Myers-Briggs. Po prejetih rezultatih je mentor določil skupine, v njej pa je vsak izmed nas imel drugačno vlogo.

Mentor je po pregledu testa po Myers-Briggsu ugotovil, da sem tip konzula in moja vloga je stražar. Po Belbinovem testu pa mi je rezultat pokazal, da sem skupinski delavec, kar pomeni, da sem družbeno usmerjen in podpirajoč član ekipe. Druge vrline po testu so, da sem prilagodljiv glede na položaj, skrb za druge ter da preprečujem trenja znotraj ekipe zaradi osebnih težav in da imam povezovalni učinek. Po testu sodeč imam sposobnost odzivanja na ljudi in položaje, ne leži pa mi področje odločevanja v kriznih momentih.

Člani projektne skupine smo se na srečanju seznanili s tematiko diplomskega dela in hipotezo: zanima nas trditev, ali se izolacija na enem mestu zunanjšega ovoja objekta prekine ali na tem mestu nastane toplotni most. V teoretičnem delu smo najprej govorili splošno o toplotnih mostovih in njegovih posledicah ter vzrokih, da se sploh pojavijo. Skupini smo predstavili, da obstaja možnost velikih zapletov, če se pojavijo na katerem koli delu zunanjšega ovoja oz. v sami notranjosti objekta, in da lahko povzročijo tudi zdravstvene zaplete. Predstavili smo jim tudi temo sanacije toplotnih mostov, še posebej pa poudarili, da se je treba pri izbiri toplotnih izolacij vsakega projekta lotiti previdno, saj zaradi tega na objektu lahko nastane zelo velika škoda in tudi velik finančni zalogaj. Na koncu splošnega dela pa smo jim pojasnili, kako se toplotni mostovi odkrivajo, in sicer s termo kamero, s katero posnamemo del zgradbe in potem naredimo analizo posnetka slike ter tako ugotovimo, kje so temperaturne razlike največje, in tako odkrijemo toplotne mostove.

Ko smo jim predstavili splošne podatke toplotnih mostov, smo se osredotočili na trditev, kako se pravilno lotiti načrtovanja objekta, da je učinek toplotnih mostov minimalen. Ostalim članom skupine smo razložili, da se vse skupaj začne že pri načrtovanju samega ovoja zgradbe, zanj pa je odgovoren projektant. Ta se mora osredotočiti, da bo toplotni ovoj zgradbe neprekinjen, da bo toplotna zaščita objekta dovolj debela. Potem smo z ostalimi člani skupine ugotovili, da je poleg načrtovanja toplotnega ovoja pomembna tudi izvedba izolacije, saj ne pomeni, da če projektant toplotni ovoj zgradbe dobro načrtuje, da jo bo izvajalec fasade tudi dobro izvedel.

Izvajalec mora biti še posebej previden pri izvedbi stikov v vogalih in med stiki različnih materialov ter paziti, da ne pride do prekinitve toplotnega ovoja, saj bi sicer na tistih mestih izhajala velika količina energije. Pomembna je tudi dobra hidroizolacija objekta, predvsem strešnih del, v katere lahko vdre vlage; če se to zgodi, se uniči notranje toplotno izolacijske materiale in ti začnejo propadati v notranjosti zgradbe, tako pa nastajajo toplotni mostovi.

S člani skupine smo ugotovili, da je pomembna izvedba toplotnega ovoja od samega načrtovanja do končne izvedbe. Če se toplotni ovoj pravilno načrtuje in izvede, pride do minimalnega toplotnega učinka toplotnih mostov, če pa se to stori nepravilno, se stroški ogrevanja naročnika povečajo, saj na tistih mestih izhaja velika količina energije. Trditev smo soglasno z ostalimi člani zavrnili, saj objekti brez toplotnih mostov ne obstajajo, lahko pa njihov učinek zmanjšamo na minimum.

Sodelovanje z ostalimi člani je potekalo nemoteno, saj so bile vloge dobro porazdeljene. Probleme, na katere smo naleteli, smo rešili skupaj in tako ni bilo težav. Na koncu smo ugotovili, da z dobro komunikacijo in sodelovanjem lahko lažje uresničimo zastavljene cilje.

3 SPLOŠNO O TOPLOTNIH MOSTOVIH

V sodobnem času se je pri gradnji še posebej treba osredotočiti na možnost problematike toplotnih mostov, s pravilnim načrtovanjem in izvedbo pa toplotne izgube stavbe lahko zmanjšamo (večje stroški ogrevanja pozimi in večji stroški hlajenja poleti), varujemo človekovo zdravje in ohranjamo zdravo konstrukcijo stavbe.

Toplotni most je lokalno omejena površina v konstrukciji toplotnega ovoja zgradbe, kjer je povečan prehod toplote. Pri takem delu konstrukcije lahko prihaja tudi do zelo velikih toplotnih izgub. Prehajanje toplote je odvisno od prevodnosti materiala in temperaturne razlike med zunanjo in notranjo stranjo zgradbe. (prof. dr. Martina Zbašnik-Senegačnik, 2010)

Pojavljajo se na zunanjem ovoju zgradbe, in sicer zaradi napak in pomanjkljivosti pri načrtovanju in izvedbi. Pri zgradbah, ki so dobro izolirane, je delež toplotnih izgub skozi toplotne mostove še precej večji kot pri manjših zgradbah. Toplotne mostove delimo na glede na vrsto in obliko. (prof. dr. Martina Zbašnik-Senegačnik, 2010)

Glede na vzrok nastanka se delijo na:

- geometrijske,
- konvekcijske,
- konstrukcijske in
- kombinirane.

Glede na obliko se delijo na:

- linijske in
- točkovne.

Najpogostejše mesta, kjer lahko nastanejo toplotni mostovi, so:

- stropne stene,
- balkoni,
- vogali fasad,
- strehe,
- okna in vrata,

- temelji in stebri, ki so vgrajeni na zunanji strani stene, stropa ali strešne konstrukcije,
- neizolirani dimniki in
- ostala mesta, kjer je debelina izolacije premajhna ali nepravilno vgrajena.

Če na teh mestih pride do prekomernega prehajanja zraka v času velikih temperaturnih razlik, je velika verjetnost, da pride do absorpcije vlage v steno. Velikost toplotnega mostu je odvisna od vrste materialov, ki so vgrajeni, ter njihove kakovosti. (Toplotni mostovi: kje so, kaj so, kaj pomenijo in kaj jih povzroča, 2016)

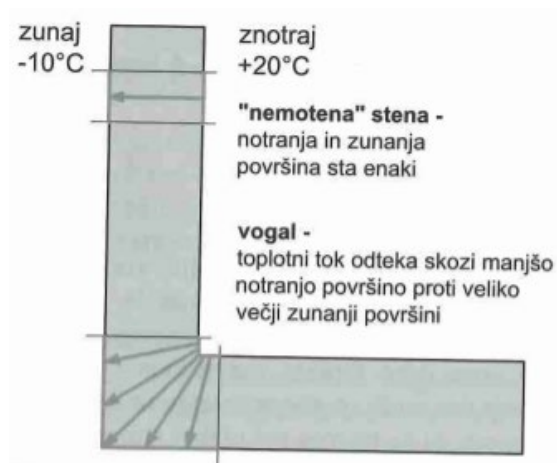
3.1 Vrste in oblike toplotnih mostov

V gradbeništvu poznamo več različnih mest, na katerih lahko pride do toplotnih mostov. Pojavljajo se v več različnih oblikah, zato jih delimo na več različnih vrst in oblik.

Glede na vzrok nastanka jih delimo na:

Geometrijski toplotni most

Ta vrsta toplotnega mostu nastane, ko je zunanja površina veliko večja od notranje, pri čemer toplota iz notranje (ogrevane) strani prehaja v zunanost. Nastanejo tudi na vseh stikih sten pod kotom in so linijski, točkovni, konkavni in konveksni. Geometrijskemu toplotnemu mostu se ne moremo popolnoma izogniti, lahko pa ga zelo omejimo. Stikom se lahko izognemo, če so pod kotom, manjšim kot 90° , ukrivljeni elementi pa morajo imeti največji možni radij, ki mu ga konstrukcija omogoča. Kot najboljši primer te vrste lahko navedemo zunanji vogal stavbe, kar je neizoliran stik dveh zunanjih sten. V vogalih stavbe lahko pride do nevarnosti površinske kondenzacije v notranjosti, zato je treba na zunanjem ovoju stavbe povečati toplotno zaščito, da dobimo večjo temperaturo v notranjih prostorih, vlažnost in kroženje zraka, ki preprečuje nastanek površinske kondenzacije. Torej za geometrijski mostove velja, da se manjšajo z debelino toplotne izolacije ter da je sama toplotna izolacija skrbno načrtovana in neprekinjena v ovoju stavbe. (Toplotni mostovi in pravilno projektiranje stavb, 2020)

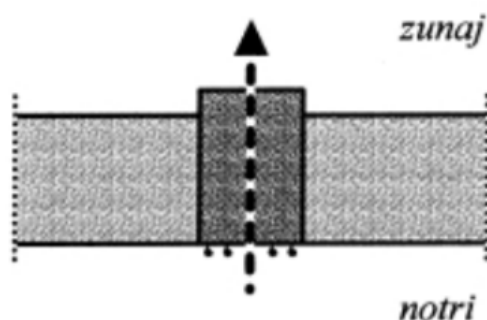


Slika 1: Primer geometrijskega toplotnega mostu

Vir: (prof. dr. Martina Zbašnik-Senegačnik, 2010)

Konstruktivski toplotni most

Kot nam že samo ime pove, se konstruktivski toplotni mostovi nahajajo znotraj same konstrukcije. Ko govorimo o konstruktivskih toplotnih mostovih, govorimo o enakomerni spremembi toplotnega upora na ovojju stavbe. Primer, ki ga lahko navedemo, je stik dveh različnih gradbenih materialov (beton – opeka) brez toplotne zaščite in napačno izvedeni oz. neprekinjeni toplotni izolaciji. Deli stavbe, kjer pride do takšnega primera, so navlaženi deli in s tem se zaradi vlage v konstrukciji poveča toplotna prevodnost. Takim toplotnim mostovom se je treba v celoti izogniti, še posebej pri večjih zgradbah, kot je poslovni objekt, saj se ta vrsta lahko pojavi na več različnih mestih. Do njih pride, ko se stikata dva različna materiala brez vmesne toplotne izolacije, zato se jim je treba izogniti tako, da ne prekinemo zunanjskega ovoja toplotne izolacije. (Malovrh M., b.d.)



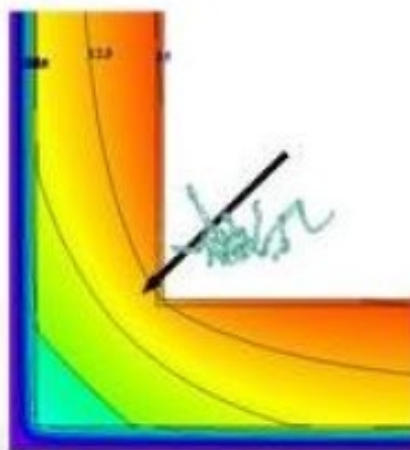
Slika 2: Primer konstruktivskega toplotnega mostu

Vir: http://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/arhiv_aure/il_2-11.pdf

Konvekcijski toplotni mostovi

Ko govorimo o konvekcijskem toplotnem mostu, lahko povemo, da se ta vrsta toplotnih mostov pojavi v konstrukcijskem sklopu (ovoju stavbe), ker je zaradi prekinitev in netesnosti omogočen pretok navlaženega zraka v konstrukcijski sklop. Največja nevarnost nastane zaradi vpliva kondenzacije vodne pare iz notranje strani konstrukcijskega sklopa zaradi slabe zrakotesnosti stikov, kar predstavlja veliko večjo nevarnost kot kondenzacija zaradi ovirane difuzije vodne pare, saj je difuzija vodne pare zelo dolgotrajen in počasen proces. (Durini, 2012)

Največje težave pri sodobni gradnji nastanejo pri toplotni izolaciji streh (ravnih in poševnih) nad ogrevanimi prostori. Rešitev, s katero bi se lahko izognili takšnim težavam oz. jih zmanjšali, je dobro zatesnjenost stikov parne zapore iz notranje strani konstrukcijskega sklopa. Pri zidovih je rešitev enaka kot pri poševnih in ravnih strehah, vendar lahko nastane težava, če se med obema slojema toplotne zaščite in zidom zaradi neprilagodljivosti obeh naštetih slojev ustvari zračni žep. (Toplotni mostovi in pravilno projektiranje stavb, 2020)

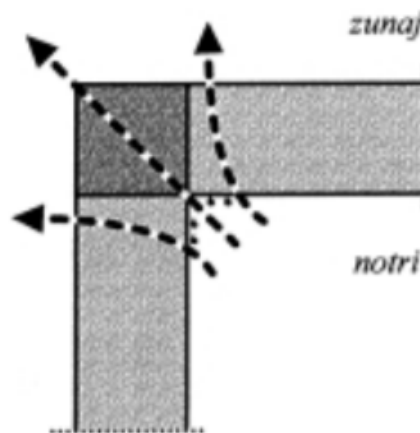


Slika 3: Primer konvekcijskega toplotnega mostu

Vir: <https://blog.passivehouse-international.org/what-is-a-thermal-bridge/>

Kombinirani toplotni mostovi

Kombinirani mostovi se pojavljajo zelo pogosto in so kombinacija med geometrijskim in konstrukcijskih toplotnih mostov. Kot zelo dober primer kombiniranega toplotnega mostu lahko izpostavimo AB-protipotresno vogalno vez, ki je slabo izolirana. (Toplotni mostovi v stavbnem ovoju, b.d.)



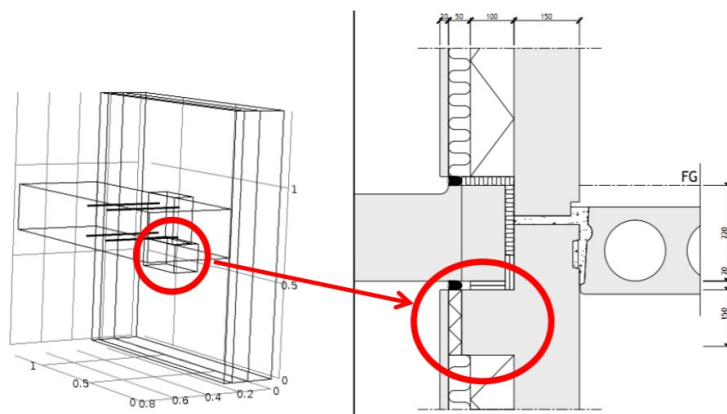
Slika 4: Primer kombiniranega toplotnega mostu

Vir: http://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/arhiv_aure/il_2-11.pdf

Glede na obliko toplotne mostove delimo:

Točkovni toplotni most

Ta oblika toplotnih mostov se največkrat pojavi na mestih, kot so balkoni. Zanje obstajajo rešitve, zato se ji lahko uspešno izognemo. Njena dimenzija je majhna in ni odvisna od debeline gradbenega materiala. (Toplotni most (konvekcijski, točkovni) – kaj so toplotni mostovi?, b.d.)

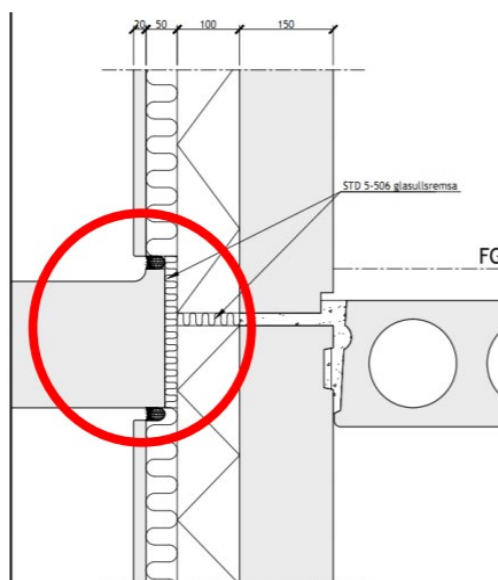


Slika 5: Primer točkovnega toplotnega mostu v konstrukciji

Vir: https://rootsing.weebly.com/uploads/1/6/0/2/16026966/enef_peter_roots_thermal_bridges_powerpoint__15-09_1.pdf

Linijski (linearni) toplotni most

Linijski toplotni mostovi so glede na širino gradbenih delov ozki in se raztezajo po celotni dolžini gradbenega dela. Ta oblika se pojavlja v vseh vrstah toplotnih mostov – geometrijskem, konvekcijskem in konstrukcijskem. (Durini, 2012)



Slika 6: Primer linijskega toplotnega mostu v konstrukciji

Vir: https://rootsing.weebly.com/uploads/1/6/0/2/16026966/enef_peter_roots_thermal_bridges_powerpoint__15-09_1.pdf

3.2 Toplotna zaščita zgradb

Toplotna zaščita zgradbe ali toplotni ovoj zgradbe je najpomembnejši del objekta, ko govorimo o energijski varčnosti in stroških ogrevanja, zato ni najpametneje varčevati pri kakovosti izolacijskih materialov, saj lahko čez leta slabše kakovostni materiali povzročijo veliko nevšečnosti, če pride do najmanjšega stika z vlago, tudi mesečni stroški ogrevanja so lahko zato znatno višji.

Toplotni mostovi zaradi nepravilnega načrtovanja ali izvedbe lahko povzročijo veliko nevšečnosti. Najpogostejši razlogi so slaba izolacija, premajhna debelina izolacija, slabi stiki ali manjkajoča izolacija. (Toplotni most (konvekcijski, točkovni) – kaj so toplotni mostovi?, b.d.)

Da bi se nevšečnostim izognili, je treba stavbo tudi primerno toplotno zaščititi. Poznamo več vrst toplotnih izolacij, in sicer:

- toplotno izolacijo in
- hidroizolacijo.

Toplotna izolacija

V današnjih časih je energetska učinkovitost stavb veliko boljša in pomembnejša, kot je bila nekoč. Odvisna je od pravilnosti, debeline in vrste toplotne izolacije, ki jo vgradimo v stavbe. Z ustrezno vgradnjo in ob upoštevanju vseh dejavnikov lahko stroške ogrevanja in hlajenja precej zmanjšamo. Ti so odvisni tudi od veliko drugih dejavnikov, kot so kvadratura ogrevalnih prostorov, podnebje, enakomernost temperatur v prostorih in tudi od toplotnih izgub skozi stene, strehe in tla. Toplotna izolacija se na zunanji strani stavbe vgradi s pritrdjevanjem plošč, tako pa je učinek toplotnih mostov zmanjšan na minimum; mostovi nastanejo zaradi stebrov in nosilcev, ti pa povzročajo nastanek plesni zaradi kondenzacije vlage na hladnejših zunanjih stenah.

Do prehajanje toplote v stavbah prihaja zaradi temperaturnih razlik med toplim notranjim in hladnim zunanjim zrakom in se giblje v smeri nižje temperature. Toplotne izgube v stavbah so stalne, saj prehajanja toplote ne moremo preprečiti v celoti, lahko pa ga omejimo tako, da stavbo izoliramo s toplotno izolacijo. Odvisnost izgub je odvisna od vgrajene izolacije, debeline in pravilnosti vgradnje. Ob izbiri materiala za toplotno zaščito stavbe je eden izmed najpomembnejših podatkov, ki ga je treba upoštevati, toplotna prevodnost materiala (čim manjša je prevodnost materiala, tem funkcionalnejši in varčnejši je izolacijski material). Za pravilno vgradnjo je treba biti pazljiv, kam točno se bo izolacija vgradila, saj drugače lahko pride do navlaženja izolacije in tako do resnih poškodb konstrukcije in nastanka plesni. (Kako privarčevati, b.d.)



Slika 7: Procentualne toplotne izgube skozi stanovanjsko hišo

Vir: <http://www.trajnostnaenergija.si/Trajnostna-energija/Varcujte/Kako-privarcevati/toplotna-izolacija-stavb>

Toplotnoizolacijske materiale delimo glede na strukturo in sestavo:

Kemijska sestava in struktura

- organski (penjen material, kot sta ekspandirani in ekstrudirani polistiren in penjeni poliuretan)
- anorganski (iz mineralnih vlaken, kot sta to steklena in kamena volna)

Fizikalno-kemijska sestava in struktura

- vlaknati (iz umetnih materialov, rastlinskih in živalskih vlaken)
- porozni (anorganske, naravno organske in sintetične organske snovi)

Uporabniški vidik

- tradicionalni
- ekološki ali alternativni

Primeri klasičnih toplotno izolacijskih materialov za zaščito zunanega ovoja stavbe so:

STEKLENA VOLNA

Eden izmed najpogostejših toplotnoizolacijskih materialov, uporabljenih v gradbeništvu, je steklena volna. Uporablja se tam, kjer sta potrebni kakovostna toplotna in zvočna zaščita (npr. stanovanjska, poslovna, industrijska stavba, cevovodi, zbiralniki).

Kot omenjeno, je zelo dober toplotni in zvočni izolator, ima pa še tudi druge lastnosti, kot so odpornost proti vlagi, staranju in tresljajem, paropropustnost in negorljivost, majhna prostorninska teža, odpornost proti delovanju mikroorganizmov in mrčesa.

Uporablja se za izolacijo vseh vrst sten, talnih konstrukcij, fasadno izolacijo ravnih streh, cevovode in rezervoarje. (Vrtič, 2006)



Slika 8: Primer steklene volne

Vir: <https://energetskaizkaznica.si/nasveti/toplotno-izolacijski-materiali-za-zascito-stavbnega-ovoja/>

KAMENA VOLNA

Tako kot steklena je tudi kamena volna ena izmed pogostejših izbir za izolacijo, saj ima lastnosti toplotne, zvočne in požarne zaščite v stavbah. Uporabljena je lahko v celotni stavbi, tudi če se lotimo prenove hiše. Z njo zmanjšamo stroške porabe energije v hiši in tako privarčujemo pri stroških ogrevanja ter ohranjamo daljšo življenjsko dobo stavbe. (Virtič, 2006)



Slika 9: Primer kamene volne

Vir: <https://energetskaizkaznica.si/nasveti/toplotno-izolacijski-materiali-za-zascito-stavbnega-ovoja/>

PENJENO STEKLO

Penjeno steklo je zelo dober toplotni izolator, ki je paroprepusten in negorljiv. Primeren je za vgradnjo, kjer vladajo posebne razmere. Uporablja se za izolacijo stranskih sten pri temeljih in delov pod njimi, za stene kleti ter ravne strehe. Njegove karakteristike so, da se dobro sooči z zelo nizkimi temperaturami in velikimi obremenitvami. (Kralj, 2009)



Slika 10: Primer penjenega stekla

Vir: <https://energetskaizkaznica.si/nasveti/toplotno-izolacijski-materiali-za-zascito-stavbnega-ovoja/>

CELULOZNI KOSMIČI

Celulozni kosmiči so izdelani iz starega papirja, ki se najprej grobo razreže, nato pa se mu s posebnim postopkom razvlaknjenja doda borova sol. S tem procesom se na njih naredi

impregnacijski sloj, ki ščiti pred plesnijo in insekti. Primerni so za izolacijo streh, stropov in suhomontažnih podov. Vgrajevanje lahko poteka na način vpihovanja s posebnim strojem, pri čemer se kosmiči enakomerno razporedijo po površini in zapolnijo vse dele, tudi tiste težko dostopne. Vgrajuje se lahko tudi na steno s tehniko mokrega pršenja. Toplotna prevodnost je od 0,040 do 0,045 W/mK. (Kralj, 2009)



Slika 11: Primer celuloznih kosmičev

Vir: <https://energetskaizkaznica.si/nasveti/toplotno-izolacijski-materiali-za-zascito-stavbnega-ovoja/>

EKSPANDIRANI POLISTIREN (STIROPOR)

Ekspandirani polistiren oz. stiropor je najpogostejši izolacijski material, ki se uporablja v gradbeništvu. Najpogosteje se uporablja na zunanjem ovoju stavb in je dober toplotni ter zvočni izolator. Njegove lastnosti so odpornost pred vlago, paropropustnost, je zelo obstojen in prilagodljiv.

Če gledamo njegove tehnične lastnosti, lahko povemo, da ima dobro tlačno, upogibno in natezno trdnost ter je dimenzijsko stabilen in ima dobro toplotno prevodnost. (Splošno o stiroporu, 2018)



Slika 12: Primer stiropora

Vir: <https://stireks.si/splosno-o-stiroporu/>

LESNA VLAKNENA PLOŠČA

Lesno vlakneno ploščo bi lahko opisali kot sekundarno kritino, toplotno izolacijo ali fasadno ploščo. Njena primarna vloga je, da služi kot toplotni izolator in podlaga za fasadne omete. Lesene vlaknene plošče imajo dobre gradbeno fizikalne lastnosti, in sicer:

- so dobro difuzijsko odporne, kar pomeni, da sušijo kondenz;
- zaradi visoke toplotne kapacitete lesa pozimi zadržujejo topel zrak v stavbah, poleti pa nas ščitijo pred prekomerno vročino in
- so dober zvočni izolator kljub majhni debelini samih plošč. (Toplotni mostovi in pravilno projektiranje stavb, 2020)



Slika 13: Primer plošče iz lesnih vlaken

Vir: <https://arting.si/sekundarne-kritine/steico-duodry/>

BOMBAŽNI KOSMIČI

Splošno znano je, da je bombaž toplotni izolator, saj ga pogosto najdemo v svojih oblačilih, kjer tam nas ščiti pred hladnim zrakom. Zelo uporaben pa je tudi v gradbeništvu, saj se uporablja kot toplotni izolator sten, streh, za tesnjenje vrat ter oken in konec koncev je tudi dober zvočni izolator.

Z njim lahko natančno zapolnimo vsa mesta, špranje, kjer bi izolacije lahko primanjkovalo, in se tako izognemo nevšečnostim. Ima zelo dobro toplotno prevodnost, in sicer okoli $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, in se tako lahko primerja s sodobnejšimi materiali. Pri požarni zaščiti je vlaknom treba dodati dodatek – borovo sol, z njo preprečimo gorljivost materiala. (Bombaž, b.d.)



Slika 14: Primer bombaža

Vir: <https://energetskaizkaznica.si/nasveti/toplotno-izolacijski-materiali-za-zascito-stavbnega-ovoja/>

OVČJA VOLNA

Ovčja volna se največkrat uporablja za izolacijo vodovodnih cevi, drugih cevi v napeljavah po objektih, za izolacijo podov, podstrešij in votlih lesenih konstrukcij. K osnovni sestavi se za zmanjšanje vnetljivosti in proti zajedavcem dodaja borova sol. Velja za zelo dober toplotni izolator, saj je njegova toplotna prehodnost $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ima lastnost paropropustnosti, kar omogoča kakovostno bivalno okolje. (Kralj, 2009)



Slika 15: Primer ovčje volne

Vir: <https://www.zelena-gradnja.si/izdelek/ovcja-volna/klemmfilc-toplotna-izolacija-iz-ovcje-volne>

PLOŠČA IZ EKSTRUDIRANEGA POLISTIRENA – XPS

Ekstrudirani polistiren ali XPS-izolacija se izdeluje iz granul polistirena. Material je zelo majhen in ima popolnoma zaprto strukturo. Ima veliko tlačno trdnost in je vodoodporen. V sodobnem času je nepogrešljiv člen pri izolaciji vseh vrst objektov, saj ima zelo dobro toplotno prevodnost, in sicer od $0,030$ do $0,035 \text{ W/mK}$. Največkrat se uporablja za toplotno izolacijo ravnih streh, tal proti terenu, sten, pri katerih pride do stika s terenom, in kot toplotna izolacija notranjih sten. (Kralj, 2009)



Slika 16: Primer ekstrudiranega polistirena

Vir: <https://topdom.si/izdelek/ekstrudirani-polistiren-fibranxps-300-l/>

Hidroizolacija

Pri zaščiti stavb pred zunanjimi dejavniki je zelo pomembna hidroizolacija, to naj bi v praksi delali enkrat. Če pride do slabe izvedbe, slabega načrtovanja ali do neustrezne izbire materiala, je škoda zelo velika, saj se stroški sanacije zelo povečajo, poleg tega pa lahko nastanejo tudi poškodbe na temelju, pride do vlažnih zidov, poškodb na ometih in opleskih.

Hidroizolacija je v gradbeništvo najpomembnejša zaščita objekta pred vodo oz. vlago. Z drugimi besedami – stavba postane za vodo neprepustna, ko se hidroizolacija pravilno vgradi na del stavbe, kjer je potrebna. Največkrat se uporabljajo hidroizolacijski premaz ibitol in bitumenski trakovi (črni varilni trakovi), obstajajo pa še tudi drugi materiali, kot so sintetične folije, bitumenski in poliuretanski premazi. Pri vgradnji hidroizolacije je treba biti pozoren tudi na podlago, na katero se hidroizolacija vgrajuje. O dveh najpogostejših podlagah, na katerih se hidroizolacija vgrajuje (betonska in lesena), lahko povemo, da je pri betonski podlagi treba biti pozoren, da je dovolj trdna, površinsko suha, brez prahu, ravna in zaprta (brez segregacijskih mest). Za podlago iz masivnega lesa pa je nujno, da je zračno suha in da so deske medsebojno spojene. Vgradnja na leseno podlago je odvisna od vrste hidroizolacije, in sicer je za mehansko pritrdjevanje trakov potrebna debelina desk 24 mm in širina 16 cm. Treba je biti previden z varjenjem hidroizolacije na les, saj je les gorljiv material, in zato se na podlago najprej zalepi samolepilna hidroizolacija, šele nato se lahko vari po celotni površini. (Hidroizolacije, b.d.)

IBITOL

Ibitol je bitumenski osnovni premaz, ki je narejen na osnovi za pripravo površin, na katere se bo vgrajevala bitumenska hidroizolacija. Lastnosti izdelka so, da zaradi svoje nizke viskoznosti

lahko prodre v pore betona in tako omogoči visokokakovostno podlago za vgradnjo ostalih slojev hidroizolacije.

Ibitol se lahko uporablja na vseh površinah, vendar morajo biti tla pred tem očiščena in osušena. Premaz se lahko uporablja tudi v notranjih prostorih, vendar je treba zagotoviti zadostno prezračevanje. Izdelek je skladiščen v kovinskih ročkah, v vedrih s pokrovom ali v kovinskih sodih in ga je treba pred uporabo hraniti na toplem. (Ibitol, b.d.)



Slika 17: Primer hidroizolacijskega premaza Ibitol

Vir: <https://www.fragmat.si/kategorija/hidroizolacije/premazi-in-paste/ibitol>

BITUMENSKI TRAKOVI (črni varilni trakovi)

Obstaja več različnih vrst bitumenskih trakov, delijo pa se glede na mesto uporabe. Najprepoznavnejši oz. največkrat uporabljeni so bitumenski trakovi za poševne strehe, samolepilni bitumenski trakovi, bitumenski trakovi za vkopane dele stavb in ravne strehe, bitumenski trakovi za zaščito pred vdorom talne vlage in bitumenski trakovi pred vdorom vodne pare ter radona.

Bitumenski trakovi za poševne strehe ščitijo pred vdorom vlage in se nahajajo pod korci na betonski podlagi. Vgrajujejo se na način lepljenja ali z varjenjem. (Bitumenski trakovi za primorske poševne strehe, b.d.)

Samolepilni bitumenski trakovi so namenjeni za dvoslojni sistem ravne strehe in se jih polaga na toplotno izolacijo EPS. Uporablja se jih lahko tudi za zaščito podzemnih delov stavb, in sicer proti vlagi in pritiskajoči se vodi. (Samolepilni bitumenski trakovi, b.d.)

Bitumenski trakovi za vkopane dele stavb in ravne strehe so armirani s poliestrskim filcem in se uporabljajo za podzemne stene in talne plošče na zahtevnih terenih ter obtežene ravne strehe.

Vgrajuje se na način varjenja v večslojni izvedbi. (Bitumenski trakovi za vkopane dele stavb in ravne strehe, b.d.)

Bitumenske trakove za zaščito pred vdorom talne vlage in bitumenski trak proti prehajanju vodne pare in radona smo uporabili tudi na svojem objektu, zato sta ti vrsti opisani v detajlih.

3.3 Posledice toplotnih mostov

Kot že nekajkrat omenjeno, nam toplotni mostovi lahko povzročijo zelo veliko preglavic v stavbi in na njej. Pri vgradnji toplotne izolacije je treba paziti na vse detajle in stike, sicer se posledice lahko odražajo tako na konstrukciji kot tudi v samem objektu.

3.3.1 Vplivi toplotnih mostov na gradbeno konstrukcijo

Ko gre za gradbene konstrukcije, bi se vsak investitor rad izognil toplotnim mostovom, saj ti lahko povzročijo velike preglavice. Toplotni mostovi vplivajo na toplotno prehodnost, in sicer v razmerju večji je toplotni most, večja je toplotna prehodnost, kar pomeni, da toplotni tok iz notranjih ogrevanih prostorov izhaja v zunanost. Najboljši pokazatelj tega je toplotna bilanca objekta. Kot že nekajkrat povedano, se s toplotnimi mostovi konstrukcija slabša, saj se med stenami pojavi vlaga, ki uničuje materiale v ovoju stavbe.

Posledice toplotnih mostov:

- večji stroški ogrevanja,
- propadanje materialov znotraj ovoja stavbe,
- kondenzacija vode na stenah in
- nastanek črnih madežev na stenah v notranjosti objekta (plesen).

Na mestih toplotnih mostov je temperatura površine konstrukcije pod temperaturo rosišča, kar privede do površinske kondenzacije vodne pare, in tako nastane zdravju škodljiva plesen, ki neposredno vpliva na zdravje ter počutje uporabnikov. (Toplotni mostovi v stavbnem ovoju, b.d.)

3.4 Sanacija toplotnih mostov

S povečanjem toplotne izolacije zunanjih sten se v stavbah delež toplotnih izgub, ki jih toplotni mostovi povzročijo, zmanjša, zlasti pri stavbah s samoizolacijsko steno. Če pa izolacija ni primerna ali je vgrajena nepravilno, nastane tako imenovani toplotni most in tega je treba sanirati.

Toplotne mostove najlažje odkrijemo s termo kamero, ki nam pokaže mesta, na katerih naj bi se toplotni mostovi nahajali. Prikazani so tako, da kamera prepozna infrardečo sevanje in deli sten se obarvajo z različno barvo. Mesta z velikimi toplotnimi izgubami (ogrevana) se obarvajo s svetlo barvo, dobro izolirana mesta (hladna) pa se obarvajo modrikasto. Najboljši čas za odkrivanje toplotnih mostov je zimski čas, saj so notranji prostori pozimi ogrevani, zunanja temperatura pa je precej nižja. (Pečarič, 2021)

Saniranje toplotnih mostov je zahtevno, saj je treba najprej priti do mesta v ovoju stavbe, kje se toplotni most pojavi, in zato je potreben velik gradbeni poseg v konstrukcijo. Poleg zahtevnosti je to tudi velik finančni zalogaj, zato je zelo pomembno, kako se lotimo načrtovanja stavb, da učinek toplotnih mostov zmanjšamo na minimum. S pravilnim načrtovanjem se izognemo tudi vlagi v objektu, ki nastane na mestih toplotnih mostov kot posledica kondenzacije zračne vlage na podhlajenem mestu, ta pa nastane, če se topel navlažen zrak dotakne hladne površine. Objekt ima minimalen toplotni most, kadar je linijska toplotna prehodnost $\psi \leq 0,01 \text{ W/(mK)}$ in kadar so notranje površinske temperature (pri najnižji temperaturi zunanjega zraka -10 °C in zemlje $+10 \text{ °C}$) vedno nad 13 °C .

3.5 Odkrivanje toplotnih mostov

V sodobnem času je odkrivanje toplotnih mostov precej preprostejše, kot je bilo nekoč, ko tehnologija še ni bila razvita in na trgu še ni bilo pripomočkov, s katerimi bi toplotne mostove odkrili, še preden dosežejo svojo največjo razvitost in tako objektu povzročijo večjo škodo.

Kot že povedano, je toplotne mostove pred vidnimi znaki na stavbi težko odkriti; za to je treba opraviti termografsko analizo (izvede se s termo kamero), ki nam na koncu pokaže kritične točke in nepravilnosti pri izvedbi toplotnega ovoja stavbe. Da bi bila analiza čim natančnejša, je tak pregled najbolje opraviti v kurilni sezoni, saj je takrat razlika med notranjo in zunanjo temperaturo največja, in zato so toplotni mostovi na kameri najbolj vidni. Pregled je najbolje

zaupati strokovnjakom, saj nam na koncu analize lahko podajo strokovno mnenje, kako sanirati toplotne mostove in se jim v prihodnosti tudi izogniti.

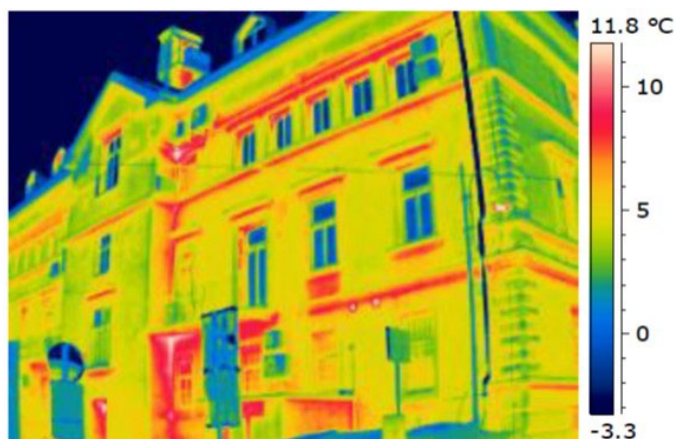
(Toplotni most - kaj je in zakaj se pojavi, b.d.)

Termografija je metoda infrardečega snemanja, s katerim izvajamo meritve temperature in prikaz porazdelitve toplote po objektu. S termografsko analizo objekta torej pridobimo gradbeno-fizikalno oceno in energetske stanje objekta. Termografijo pa delimo na več vrst.

- Termografija ovoja stavbe: je najpogostejša oblika, ki se izvaja. S to analizo se lahko ugotovijo največje toplotne izgube, saj je toplotni ovoj največja površina objekta, skozi katero lahko toplota izhaja v zunanost. Velikokrat se dogaja tudi, da zaradi neustrezne horizontalne ali vertikalne hidroizolacije v talnih prostorih pride do vdora vlage, kar povzroči nastanek plesni. Z analizo se pregledajo tudi stiki oken in vrat z ostalimi materiali in slabe karakteristike oken ter vrat, pri katerih so, kot že omenjeno, pri posledicah toplotnih mostov toplotne izgube velike.
- Termografija inštalacij v stavbi: je pregled inštalacij – obsega detekcijo vdora vlage pri talnem in radiatorskem ogrevanju ter pregled elektroinštalacij.
- Termografija kot osnova za energetski pregled stavbe: je pregled, pri katerem s termokamero ugotovimo energetske potrebe stavbe, da bi morebitne poškodbe in nepravilnosti na ovoju stavbe lahko odpravili in tako objekt naredili energetsko učinkovit.

S termografskim pregledom, merilnikom zračne vlage in merilnikom vsebnosti vlage v gradbeni konstrukciji v stavbi ugotavljamo vzroke za nastanek vlažne stene, ki povzroča zdravju škodljivo plesen. Z analizo ugotovimo mesta na ovoju stavbe, kjer je prehod toplote največji, in tista mesta saniramo oz. če so to okna, zamenjamo ter tako izboljšamo zrakotesnost, kar pripomore k manjšemu prehodu zraka med notranjostjo stavbe in zunanostjo.

(Termografija stavb, b.d.)



Slika 18: Primer odkrivanja toplotnih mostov s termo kamero

Vir: <https://www.ceresol.com/termografija-stavb/>

3.5.1 Termo kamera

Kot rečeno, nam kamera služi za odkrivanje točk na ovoju stavbe, kjer je prehod energije največji. Termo kamere delujejo tako, da zaznajo IR-površinsko sevanje, ki ga oddajajo vsi objekti. V zimskem času, ko so temperaturne razlike največje, se v stavbah ustvari konstantna temperatura in tako zrak v zunanost izhaja tudi skozi netesna mesta. Ko zrak izhaja, to pomeni toplotne izgube, ki se skozi kamero vidijo, če pogledamo iz zunanje strani stavbe, kot rumeno oz. rdeče (toplo), na notranji strani pa modro (hladno). Na koncu dobimo posnetek stavbe v barvah, ki nam prikazuje temperaturno sliko objekta.

Termo kamera se lahko uporablja povsod, kjer ima uporabnik opravka s temperaturo. Z njo dobimo realen rezultat stanja in lahko dobro analiziramo narejeni posnetek. V gradbeništvu se uporablja za ugotavljanje stanja objekta oz. iskanje napak na ovoju stavbe, ki jih odkrivamo z zunanje ali notranje strani. Pod to rubriko lahko štejemo:

- netesnost ovoja zgradbe,
- slabo vgrajeno stavbno pohištvo (okna in vrata na zunanji strani),
- vlago v objektu,
- nepravilno izvedene stike različnih materialov,
- vlažno oz. manjkajočo izolacijo in
- pomanjkljivo izvedene stenske obloge z izolacijo.

(Termo kamera, 2015)

S tehnologijami, ki so nam v sodobnem času na voljo, si lahko naredimo stavbo energetske učinkovito in prijetno za bivanje, saj lahko, če seveda pride do napak pri izvedbi na stavbnem ovoju, odkrijemo vse pomanjkljivosti, ki se skrivajo v njem, in se tako lotimo čimprejšnje sanacije toplotnih mostov.



Slika 19: Termo kamera

Vir: <https://www.ceresol.com/termografija-stavb/>

4 NAČRTOVANJE GRADNJE BREZ TOPLOTNIH MOSTOV

Ko se odločimo za načrtovanje zgradbe, pridemo do faze, ko je treba izdelati projekt. Vsak projekt je po svoje poseben in je zamisel ali predvidevanje nečesa, kar še ne obstaja. Za to je treba vključiti vse znanje, ki smo ga prejeli v šoli, izkušnje ali nov dotok informacij. Izhodišče projekta se začne z naročilom in z njim tudi projektna naloga, v kateri dobimo podatke o namenu zgradbe, velikosti in ostale pomembne informacije.

Pri načrtovanju objektov brez toplotnih mostov, ki ga zahteva standard, je treba upoštevati načelo toplotno izolacijske plasti (pri masivnih stenah najmanj 25 cm, pri lahkih konstrukcijah 35–40 cm), ki mora biti načrtovana brez prekinitve toplotnega ovoja zgradbe. (prof. dr. Martina Zbašnik-Senegačnik, 2010)

Pred načrtovanjem objekta se je treba zavedati, da se toplotnim mostom v celoti ne moremo izogniti, lahko pa zmanjšamo njihov vpliv na minimalno vrednost. Za pravilno načrtovanje celotne zgradbe potrebujemo kar nekaj znanja in poznati moramo vsa področja, ki se pri projektu pojavijo in so med seboj povezana. Področja, na katera je treba biti pozoren, so:

- orientacija zgradbe,
- tip in oblika zgradbe,
- ohranjanje sončne energije,
- vgradnja oken in vrat,
- poznavanje materialov,
- način ogrevanja, prezračevanja in zrakotesnosti,
- potresno varna gradnja,
- problemi temeljenja in
- konstruiranje brez toplotnih mostov.

Projektantski del je torej iztočnica za natančno izvedbo projekta, zato je njegova naloga, da se osredotoči na vsako izmed naštetih iztočnic. V današnjem času gradnja poteka hitro in se lahko zelo hitro kje kaj pozabi ali napačno vgradi; mišljeno je predvsem izoliranje kritičnih mest, kjer lahko pride do toplotnih mostov in z njimi tudi do vseh težav, povezanih z njimi, zato jih je treba v fazi načrtovanja preveriti. V sodobnem času projektantom pomagajo številni programi, s katerimi strokovnjaki na področju gradbene fizike ugotovijo šibka mesta v konstrukciji oz.

možnost večjih ali manjših toplotnih mostov, kar jim pomaga pri načrtovanju njihove optimizacije. (PROJEKT – Neizogibna in nujna osnova pri gradnji vsake varne, varčne in zanesljive pasivne hiše, b.d.)

Sodobne smernice za nizkoenergijske stavbe nas usmerjajo v varovanje okolja, tako da se stavba načrtuje z veliko količino toplotne izolacije. Prav tako je pomembna zrakotesnost, še posebej pri vgradnji oken in vrat, da tako ne izgubljammo preveč toplega zraka. Pri dobro načrtovanih in izvedenih stenah, strehi ali tleh je faktor prehodnosti toplote zelo nizek, in sicer $U \approx 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, medtem ko je pri slabo načrtovanih in izvedenih točkah $U \approx 2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Na mestih s slabo načrtovanimi ter izvedenimi detajli se čez leta pojavijo težave v ovojju zgradbe (posedanje materialov) ter nastanek plesni. (Projektantska napaka, ki bo v nekaj letih povzročila madeže na steni, 2018)

V našem primeru ni prišlo do nobenih težav glede hidroizolacij in toplotnih izolacij, saj se je toplotni ovoj zgradbe vgradil pravilno. Usklajevanje je potrebno tudi pri materialih, ki jih izberejo projektanti, sicer lahko pride do težav, saj mogoče kateri izmed materialov ni dobavljiv. Pri svojem projektu smo imeli problem z nabavo toplotne izolacije za dvigalni jašek, saj pri naših dobaviteljih izolacije ni bilo mogoče pravočasno dobaviti, a je na našo srečo za to poskrbel izvajalec toplotne izolacije na objektu, ki je imel zalogo potrebnega toplotno izolacijskega materiala, in tako ni bilo treba iskati ustrezne rešitve in spreminjati načrtov dvigalnega jaška.

5 OPIS DETAJLOV IN MATERIALOV, KI PREPREČUJEJO POJAV TOPLOTNIH MOSTOV NA POSLOVNEM OBJEKTU

5.1 Podatki o objektu

Predvidena je bila gradnja poslovnih prostorov etažnosti P+2 in z maksimalnimi tlorisnimi gabariti cca. 32,31 m x 24,13 m (779,64 m²). Zaprti prostori pritličja so predvideni v manjšem obsegu kot prostori nadstropij in so zamaknjeni na severni rob objekta. Fasada je deloma kontaktna v beli ter sivi barvi in deloma prezračevana s fasadnimi ploščami temno sive barve. Dovoz do objekta ostane obstoječi preko občinske ceste na vzhodnem delu objekta. Priključek je izveden na parcelni št. 3001/3, k. o. Ljutomer in poteka preko sosednje parcelne št. 1552/4, k. o. Ljutomer. Za potrebe novega objekta je predvidena izgradnja novih parkirnih površin, in sicer 12 parkirnih mest pod previsom nadstropij, ki nastane zaradi manjšega pritličja, in 8 parkirnih mest na vzhodni strani objekta izven njegovih gabaritov. Dodatnih 28 parkirnih mest se nahaja zahodno od že obstoječega objekta, kar skupno znes 48 parkirnih mest. Glavni vhod je predviden v pritličju z južne strani, kjer je tudi del predvidenih parkirnih prostorov. V pritličju je predviden sprejem z vertikalnimi komunikacijami, večjo predavalnico, sanitarijami in tehničnim prostorom, v obeh nadstropjih pa pisarniški prostori. Neto uporabna površina stavbe $A_u = 1445,3 \text{ m}^2$, površina toplotnega ovoja stavbe pa je $A = 2853 \text{ m}^2$.

Objekt bo med gradnjo in med uporabo mehansko odporen in stabilen, saj bo zanj izdelana vsa potrebna dokumentacija, izvajal pa jo bo za izvedbo usposobljen izvajalec. Za vertikalne konstrukcijske elemente se uporabita armirani beton debeline 20 in 25 cm. Vsi horizontalni konstrukcijski elementi so iz armiranega betona debeline 20, 25, 30 cm.

Z vidika varčevanja z energijo in ohranjanja toplote so bile v načrtih projektne dokumentacije za izvedbo gradnje izpolnjene vse zahteve, kar je razvidno iz tehničnih prikazov, elaborata o učinkoviti rabi energije v stavbah ter iz izkaza energijskih lastnosti stavbe. U-faktorji vseh zunanjih konstrukcijskih elementov so nižji od maksimalno dovoljenih.

Za ogrevanje in pripravo sanitarne vode se bo uporabljala toplotna črpalka zrak – voda, kar predstavlja učinkovito rabo energije in rabo obnovljivih virov energije. Toplotna zaščita stavbe bo v glavnem iz kamene volne, deloma pa iz XPS- oz. EPS-toplotne izolacije (streha, cokel in tla). Za ustrezno zagotavljanje notranjega ugodja se izvede sistem ogrevanja preko stropnih elementov. Prekomerno sončno obsevanje je preprečeno z zunanjimi aluminijastimi žaluzijami

na zahodni fasadi oz. fiksnimi senčili na južni in vzhodni fasadi. Prostore se bo po potrebi lahko hladilo. Vsi prostori pa so osvetljeni z naravno svetlobo. V nočnem času je za razsvetljavo predvidena elektrika, vse z energetske učinkovitimi svetili in regulacijo.

Objekt bo deloma izoliran po klasičnem principu kontaktne neprezračevane fasade s toplotno izolacijo iz kamene volne debeline 16 in 24 cm in deloma po principu prezračevane fasade s toplotno izolacijo iz kamene volne debeline 16 cm. Nad temeljno ploščo je predvidena izvedba EPS-toplotne izolacije debeline 17 cm, v 1. nadstropju 13 cm, v 2. nadstropju 8 cm. V območju cokla je predvidena izvedba toplotne izolacije XPS debeline 16 cm. Streha bo izolirana z XPS-toplotno izolacijo debeline 2 x 12 cm in dodatnim slojem XPS-toplotne izolacije v naklonu z minimalno debelino 1 cm. Medetažna plošča nad zunanjim površinami (območje parkirnih površin) je s spodnje strani dodatno izolirana s toplotno izolacijo iz kamene volne debeline 20 cm. Fasadni poudarki na južni in zahodni fasadi so izdelani iz XPS-toplotne izolacije debeline 5 cm pod konstrukcijo iz kovinskih profilov in OSB-plošč.

5.2 Predstavitev programa HTflux

Program, ki ga bomo uporabili za računanje linijske toplotne prepustnosti Ψ toplotnih mostov, se imenuje HTflux. To je inovativna programska oprema za dvodimenzionalno simulacijo prenosa toplote in vodne pare. HTflux je razvil svojo metodo (GLASER 2D), ki se uporablja za dobro znano in preverjeno Glaserjevo metodo za dvodimenzionalne geometrije. Ta nam omogoča izračun območij rosišča, vključno s količino kondenzacije, izhlapevanja za dvodimenzionalne konfiguracije, izračun, kakšen toplotni tok preide skozi gradbene konstrukcije, linijske toplotne prepustnosti toplotnih mostov itn. Program nam omogoča, da konstrukcijo izrišemo v samem programu ali pa jo uvozimo iz programov CAD, metoda DIRECT MAPPING pa nam omogoča, da v najkrajšem možnem času ustvarimo natančne simulacije. V programu se nahaja katalog materialov, ki nam prikaže, kakšno toplotne prevodnosti imajo materiali, njihovo gostoto, difuzijsko odpornost ter specifično toploto. Uporabnik programa lahko torej sam obdeluje posamezno konstrukcijo iz predvsem izolacijskih materialov, ki nam jih program ponuja. Računanje poteka po veljavnih standardih EN ISO 10077-2: 2007 in EN ISO 10211-2: 2012. (HTflux – the smart building physics software, b.d.) (Šebok, 2020)

V programu bomo narisali vsak detajl posebej; povzeli ga bomo iz PZ-dokumentacije objekta, prikazali, kakšne toplotne izgube ima stavba na mestih, kjer je največja možnost nastanka toplotnih mostov, in sicer z izolacijo in brez nje, ter rezultate primerjali med seboj.

5.3 Potek dela

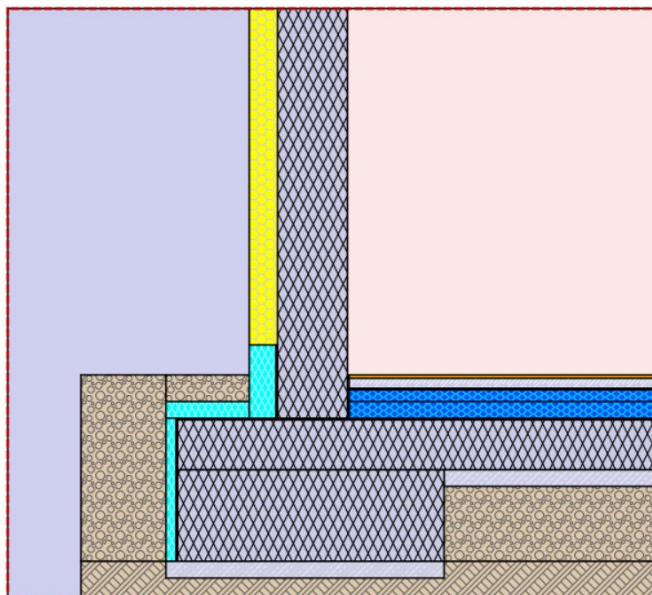
Detajli so povzeti iz poslovnega objekta, ki je še v fazi izgradnje. Detajle smo izbrali na podlagi kritičnih mest, na katerih se lahko pojavijo vplivi toplotnih mostov. Uporabljeni materiali so dostopni na slovenskem tržišču, in sicer smo nekaj materialov našli v samem programu, nekatere pa je bilo treba dodati in vpisati njegove lastnosti. Detajle smo opremili z besedilom in na koncu še z računskim delom v programu HTflux. Detajli bodo zajemali naslednje točke:

- predstavitev detajla,
- opis uporabljenih izolacijskih materialov in
- izračun toplotne prehodnosti oz. prenosa toplote s toplotno izolacijo in brez nje.

5.3.1 Detajl A

Ta detajl prikazuje izvedbo temelja in AB-talne plošče. Temeljenje je prvi gradbeni poseg oziroma je prvo gradbeno telo na pripravljalnem terenu. Je najgloblja konstrukcija, katere namen je vso lastno in koristno težo zgradbe prenašati na podlago. Poznamo več oblik in konstrukcij temeljev, te so pa odvisne od vrste tal in oblike konstrukcije zgradbe.

Tla na poslovnem objektu so slabo nosilna, zato so se na objektu izvedli piloti, podložni beton in na koncu še pasovni temelji. Globina temeljev je odvisna predvsem od zunanjih faktorjev (globina zmrzovanja, globina humusa nad nosilnim terenom, globina talne vode), kar znaša 80 cm v notranjem delu objekta, 102 cm v območju zunanje pohodne plošče ter 92 cm v območju parkirnih površin.



Slika 20: Detajl temelja in AB-talne plošče

Vir: (Lastni vir)

5.3.1.1 Sistem hidroizolacije in toplotne izolacije AB-talne plošče in temelja

Vodi oziroma vlagi, ki lahko prodre v objekt ali kakorkoli vpliva na zgradbo od zunaj, je treba preprečiti vdor (prehod). To se izvede z vodo neprepustnimi materiali, in sicer hidroizolacijo tal ter temelja. Pred površinsko in talno vodo je objekt treba zaščiti z vertikalno in horizontalno hidroizolacijo temelja in tal ter z drenažo.

Podlaga za polaganje hidroizolacije mora biti trdna, gladka, čista, brezprašna ter brez slabo oprijetih delcev. Podlaga talne plošče in temeljev mora biti ravna in brez vmesnih luknjic; te po potrebi zakrpamo s cementno malto.

Na AB-talno ploščo se je hidroizolacija položila na vertikalno in horizontalno, na temelj pa le vertikalno. Vgrajena je bila hidroizolacija FRAGMAT Izotekt V4, ki je izdelana iz steklenega voala, obloženega s kakovostno bitumensko maso, ki je spremenjena z dodatkom plastomernih polimerov. Uporablja se za manj izpostavljene podzemne dele objekta. Trak je možno vgrajevati na obe strani, vendar je energetsko varčnejša vgradnja na spodnji strani, na kateri je vtisnjen relief. Vgrajuje se lahko na način varjenja in lepljenje z 10 cm preklopom, ki mora biti vodo neprepusten. (IZOTEKT V4, 2016)



Slika 21: Hidroizolacija temelja in AB-talne plošče

Vir: (Lastni vir)

Na temelj in AB-talno ploščo se je vgradilo več vrst toplotne izolacije, pri čemer ima vsaka izmed njih svojo funkcijo in svoje lastnosti. Na zunanji strani objekta se je na temelj in AB-talno ploščo vertikalno vgradila toplotna izolacija FIBRAN XPS 300-L v debelini 5 cm, za katero je značilno, da je sestavljena iz ekstrudiranega polistirena, ki ima gladko površino in rob, obdelan v obliki črke »L«, ki preprečuje nastanke toplotnih mostov. Izolacijska plošča ščiti pred vlažnim okoljem ter pred velikimi mehanskimi obremenitvami. Uporablja se za toplotno zaščito ravnih streh, zelenih streh, ravnih streh, temeljnih plošč, bazenov itn. Polaganje plošč poteka z lepljenjem in vgrajujejo se večinoma v enem sloju, razen na področjih, kjer se stikata dve plošči (plošče z ravnim robom) med sabo, saj tam lahko pride do toplotnih mostov. Na tistih mestih se izolacija vgradi v dveh slojih. (FIBRANxps 300-L, 2019)

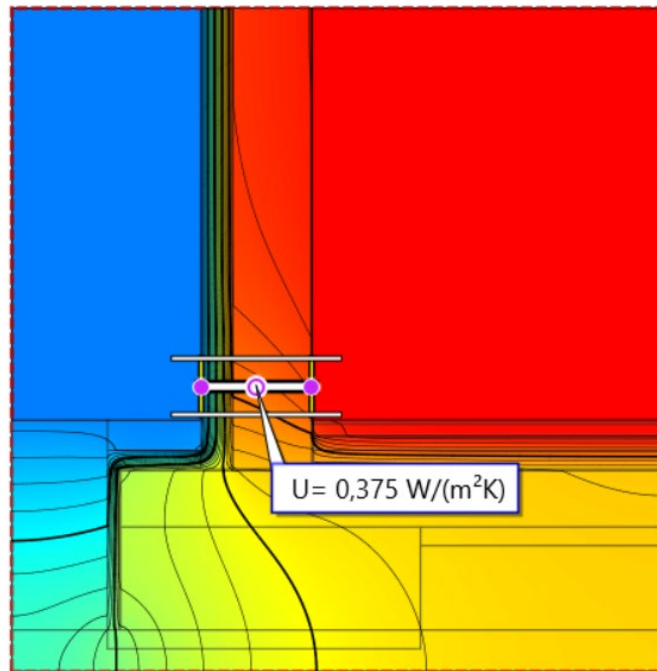
Takšna vrsta toplotne izolacije se je vgradila tudi horizontalno na AB-talno ploščo v debelini 10 cm, vendar se je zaključila pred stikom med AB-talno ploščo in stebrom, kjer se je vertikalno

vgradila toplotna izolacija FIBRAN XPS ETICS GF v debelini 16 cm. Sestavljena je iz ekstrudiranega polistirena s posebno površino (reliefna napolitanka), ki daje prednost za dober oprijem malte ali lepila. Kot pri prejšnji opisani izolaciji je tudi za to značilno, da ima robove v obliki »L«, kar preprečuje nastanke toplotnih mostov. Uporablja se za toplotno zaščito cokla, notranjih stenskih površin, strešnih napuščev, zunanjih stenskih površin itn. Vgradnja poteka enako kot pri prej opisani izolaciji, in sicer se na očiščeno podlago nanese lepilo in se plošče položijo v enem sloju. (FIBRANxps ETICS GF, 2019)

V notranjosti objekta se je pod estrihi horizontalno v dveh slojih vgradila toplotna izolacija iz ekspandiranega polistirena FRAGMAT EPS 100. Prvi sloj se je vgradil nad hidroizolacijo, in sicer v debelini 10 cm, drugi sloj pa v debelini 7 cm. Vgradnja lahko poteka na več načinov, in sicer z lepljenjem, pritrdjevanjem ali s prostim polaganjem. Na našem projektu se je uporabilo slednje. Uporablja se še za sisteme talnega ogrevanja, nepohodne ravne strehe, podstrešja, balkone, terase itn. (FRAGMAT EPS 100, b.d.)

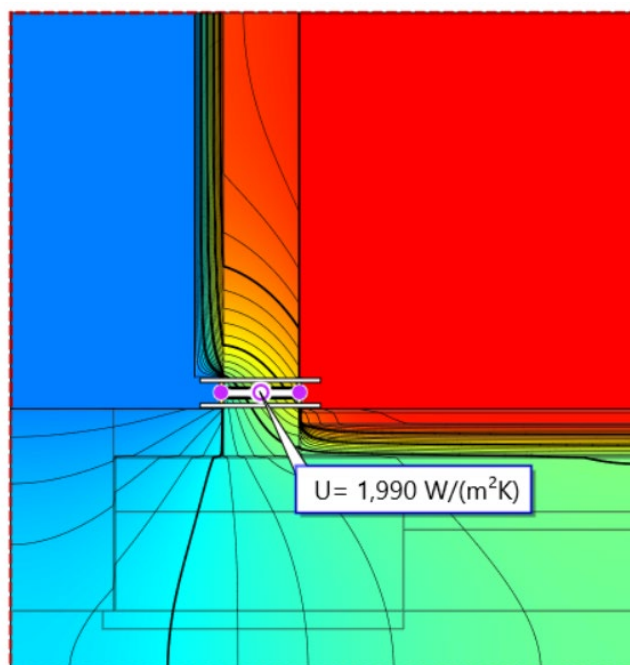
5.3.1.2 Izračun prenosa toplote s programom HTflux za detajl temelja in talne plošče

Pri tem detajlu smo izračunali vrednost U (W/m^2K) skozi steno nad talno ploščo in nad temeljem. Rezultat izračuna prenosa toplote je pokazal, da bi bile izgube toplote brez izolacije za 5,3-krat večje na kvadratni meter kot z izolacijo.



Slika 22: Prenos toplote s toplotno izolacijo

Vir: (Lastni vir)

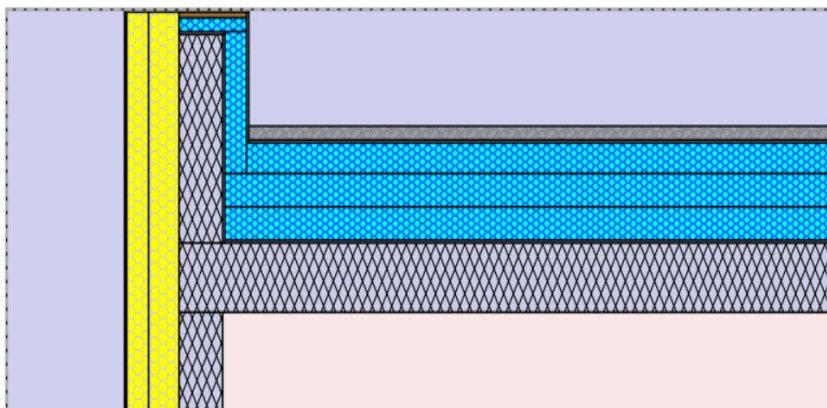


Slika 23: Prenos toplote brez toplotne izolacije

Vir: (Lastni vir)

5.3.2 Detajl B

Streha je zgodnji zaključni del objekta. Podobno kot fasada oz. še bolj mora varovati objekt pred zunanjimi vplivi atmosfere in predvsem padavin, zato je njena najpomembnejša vloga, da vodo čimprej odvede z objekta in da prevzame vse škodljive vplive. Odvodnjavanje s strehe je predvideno s sistemom podtlaka (GEBERIT Pluvia), ki ima prednost, da je manjše oblike, in zato je izraba prostora majhna in ni treba veliko strešnih vtočnikov, ker ima sistem zmožnost odtekanja.



Slika 19: Detajl ravne nepohodne strehe

Vir: (Lastni vir)

5.3.2.1 Izolacija nepohodne ravne strehe v naklonu

Na našem objektu se nahaja nepohodna streha, ki bo ravna, z minimalnim naklonom. Na AB-strešni plošči se je izvedla parna zapora FRAGMAT BitalbitAL V4, ki se uporablja za parno zaporo streh, lahko pa se uporabi tudi kot hidroizolacijski material kletnih prostorov. Vgrajevanje parne zapore poteka na način varjenja in vgrajena mora biti vsaj ena tretjina površine. Ko pridemo do preklapov, se morajo ti popolnoma zvariti. (BitalbitAL V4, b.d.) Po parni zapori se je vgradila toplotna izolacija EPS 150 v debelini 2 x 12 cm in EPS 150 v naklonu debeline 10 cm. Za takšno vrsto toplotne izolacije je značilno, da ima zelo dobro toplotno prevodnost ($\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$) in da se uporablja tudi za izolacijo tlakov itn. Plošča se je vgradila z lepljenjem, omogoča pa možnost, da se vgradi še z mehanskim pritrdjevanjem ali pa jo prosto položimo horizontalno. Pri našem projektu se je ta vrsta toplotne izolacije vgradila še v območju atike, in sicer pod atično kapo ter vertikalno na steno. (FRAGMAT EPS 150, b.d.) Kot zaključni sloj se je izvedla večplastna sintetična folija (Sarnafil TG 66-18) v debelini 0,20 m in se uporablja predvsem za obtežene strehe in odkrite strehe. Njene lastnosti so, da je zelo vzdržljiva

in da je ni treba zamenjati desetletje, da je odporna na mikroorganizme, UV-vplive, na preboj korenin, na udarne obremenitve, kot sta toča ter sneg, in je odporna na različne mehanske vplive. Pritrjevanje poteka neposredno na obstoječo, očiščeno, izravnano bitumensko streho. (Sarnafil TG 66-18, b.d.)

Na sintetično folijo se je vgradila še zadnja plast v debelini 5 cm gramoznega nasutja.

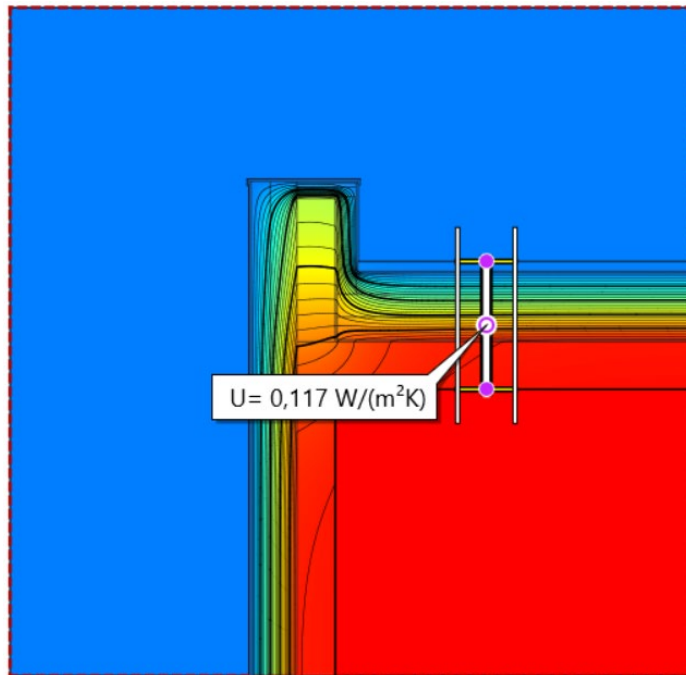


Slika 24: Ravna nepohodna streha

Vir: (Lastni vir)

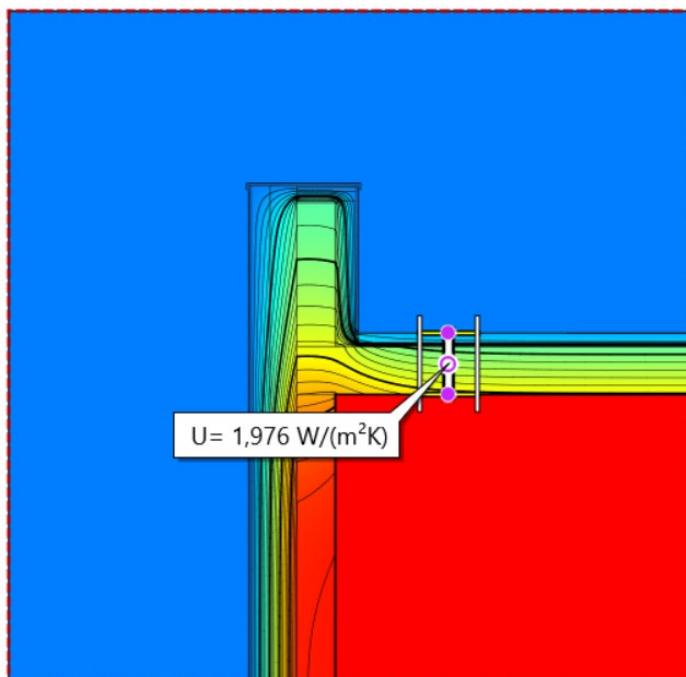
5.3.2.2 Izračun prenosa toplote s programom HTflux za ravno nepohodno streho

Kot pri detajlu A smo tudi za ravno nepohodno streho izračunali prenos toplote z izolacije ter brez nje. Rezultat izračuna je pokazal, da bi bile toplotne izgube brez izolacije za 16,9-krat večje na kvadratni meter kot z izolacijo.



Slika 25: Prenos toplote s toplotno izolacijo

Vir: (Lastni vir)

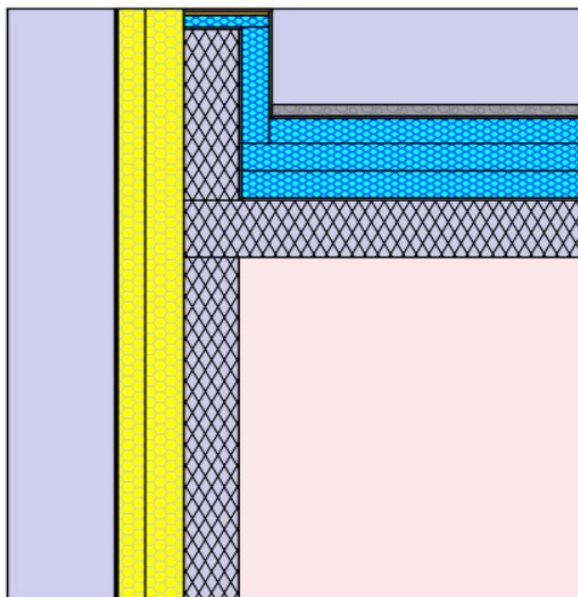


Slika 26: Prenos toplote brez toplotne izolacije

Vir: (Lastni vir)

5.3.3 Detajl C

V tem detajlu sta opisani fasada in atika kontaktne fasade. Fasada je toplotni ovoj vsake stavbe in jo ščiti pred najrazličnejšimi vremenskimi vplivi iz zunanosti. Na tem objektu poteka do vrha zgradbe v območje atike. Fasada objekta je izvedena iz kontaktne neprezračevane fasade s toplotno izolacijo iz kamene volne.



Slika 27: Detajl kontaktne fasade

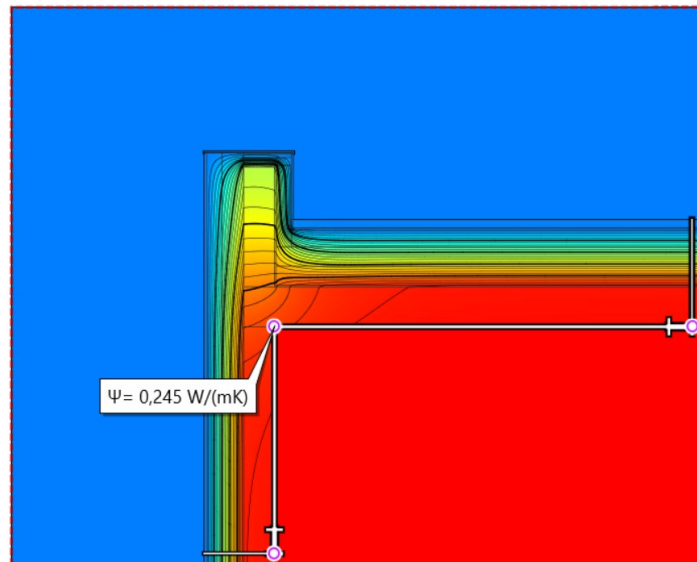
Vir: (Lastni vir)

Za kontaktno neprezračevano fasado se je uporabila toplotna izolacija iz kamene volne Knaufinsulation Smartwall N C1, ki se je vgradila v dveh slojih (12/12) v skupni debelini 24 cm. Za te fasadne plošče je značilno, da imajo zelo dobro toplotno prevodnost ($\lambda = 0,034$ W/mK), visoko požarno zaščito, zelo dobro zvočno izolativnost, visoko paropropustnost ter dobre mehanske lastnosti. (Kamena mineralna volna – Smartwall N C1, 2021)

Na koncu se je naredil še zaključni fasadni sloj iz bele barve. Sama izolacija fasade poteka do vrha objekta, do atike. Na notranji strani atike so se vgradile parna zapora FRAGMAT BitalbitAL V4, toplotna izolacija EPS 150 (opisani že v detajlu B) ter kot zaključek še strešna folija. Toplotna izolacija EPS 150 se je vgradila še na vrhu atike strehe, in sicer nad parno zaporo, pod OSB-ploščami, strešno folijo in atično kapo.

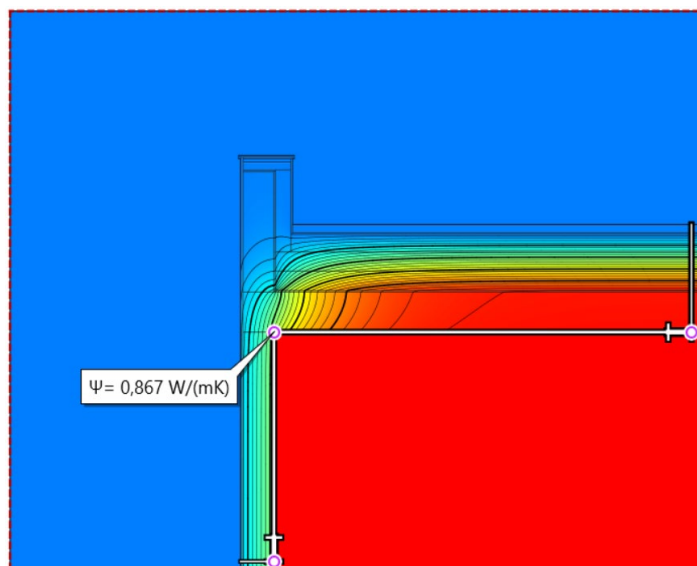
5.3.3.1 Izračun toplotne prehodnosti s pomočjo programa HTflux za detajl fasade

Za ta detajl smo v programu uporabili orodje PSI (ψ), saj lahko le tako dokažemo izkoristek izolacije na fasadi. Izračun je pokazal, da je z izolacijo fasade toplotna prehodnost za 2,8-krat manjša na tekoči meter kot brez nje.



Slika 28: Izračun toplotne prehodnosti s toplotno izolacijo

Vir: (Lastni vir)

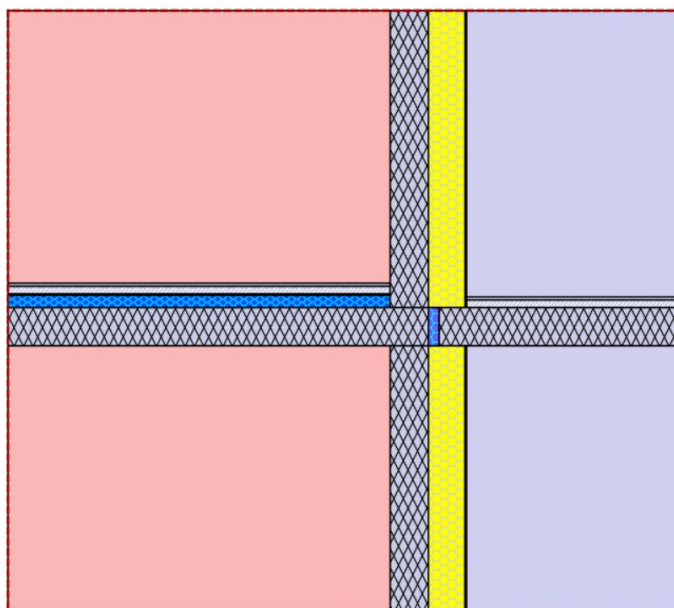


Slika 29: Izračun toplotne prehodnosti brez toplotne izolacije

Vir: (Lastni vir)

5.3.4 Detajl D

V tem detajlu bo prikazana izolacija balkona, ki se bo kot posebnost nahajal v atriju objekta in bo na nosilno konstrukciji pritrjen z elementi za preprečitev linijskega toplotnega mostu. Kot je že splošno znano, se preko balkonske konstrukcije lahko izgubi največ toplote, zato lahko povemo, da se je izolacije balkona treba lotiti zelo dobro. Prvi, najpomembnejši del pravilne izvedbe je načrtovanje balkona brez toplotnega mostu, kar se je na našem objektu predvidelo z elementom za prekinitev toplotnega mostu, ter pravilna izvedba detajla s pravilno vgraditvijo (tesnjenje stikov) in postavitvijo.



Slika 30: Detajl balkona

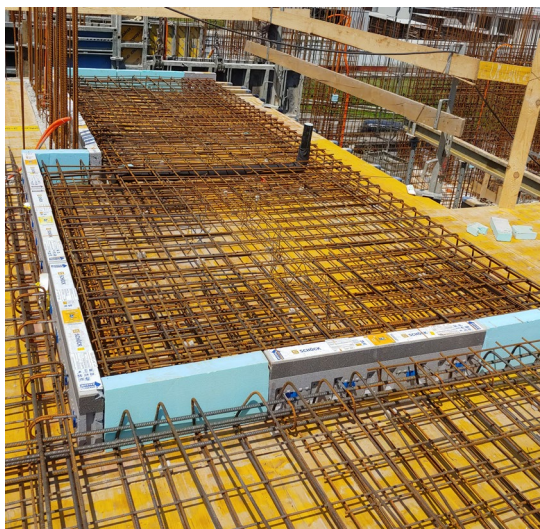
Vir: (Lastni vir)

5.3.4.1 Sistem izolacije balkona

Element Schöck® Isokorb se vgrajuje tako, da se najprej naredi opaz ter zariše pozicija elementa. Nato se je element vgradil po projektirani smeri, se vmes položila še armatura in na koncu še sam element priključil na ostalo armaturo. Ker element ni bil projektiran po celotni površini, se je na vmesnih delih položil stirodur.

Kot rečeno, se je med etažno ploščo ter balkonskim elementom vgradil visokokakovostni izolacijski element, ki ima kot posebnost že vgrajeno armaturo. Vgrajeni element se imenuje Schöck® Isokorb. Najprepoznavnejši je po tem, da s svojimi fizikalnimi sposobnostmi prekinja toplotni most pri konzolnih betonskih konstrukcijah. Sam izolacijski element je sestavljen iz nateznih palic, protipožarne plošče na zgornjem in spodnjem delu, protipožarnega traku,

slikovnega navodila za vgradnjo, prečnih palic ter glavnega izolacijskega dela Neopor, ki predstavlja novo generacijo ekspandiranega polistirena, ki lahko s svojimi fizikalnimi lastnosti pripomore k večjemu prihranku energije v stavbi. Ta vrsta izolacije se uporablja tudi pri izolaciji streh, obodnih sten, tal ter za medetažne konstrukcije. Uporaben je tudi zaradi svoje velikosti, saj lahko s to vrsto izolacije pridobimo tlorisno površino ob enaki meri kakovostne izolacije. (Neopor, b.d.)

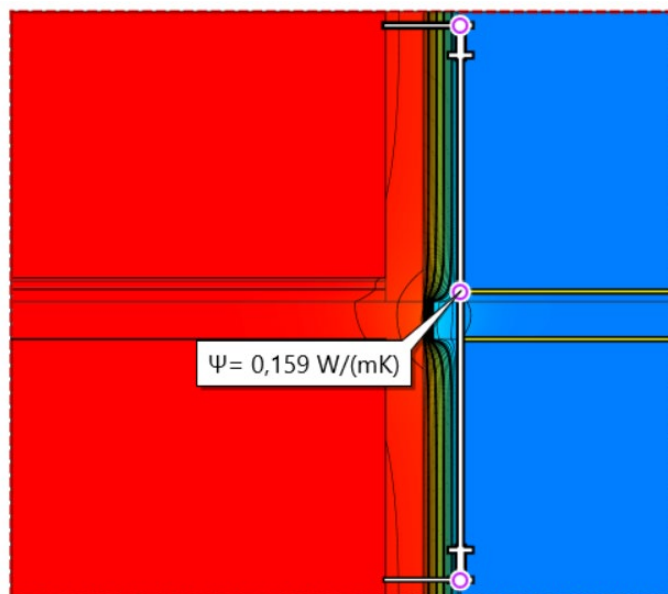


Slika 31: Vgradnja Schöck® elementa v armaturo

Vir: (Lastni vir)

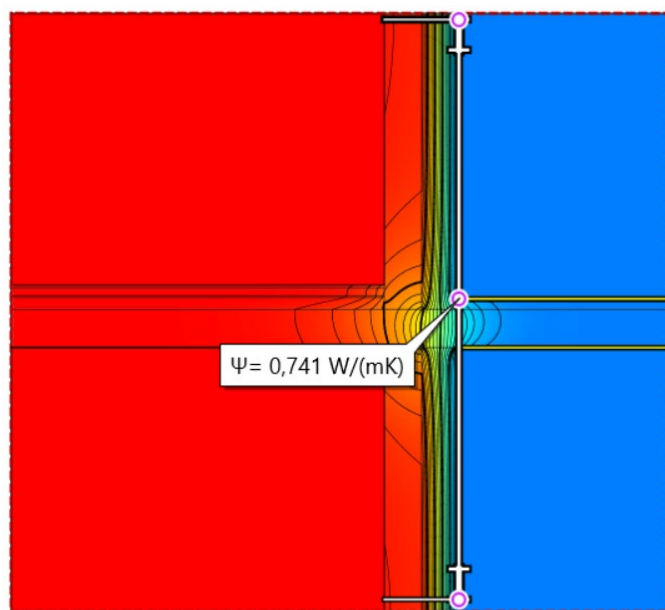
5.3.4.2 Izračun toplotne prehodnosti s pomočjo programa HTflux za detajl balkona

Za ta detajl smo v programu uporabili orodje PSI (ψ), saj lahko le tako dokažemo izkoristek Schöck® elementa v balkonu. Izračun je pokazal pričakovan rezultat, in sicer da bi bile izgube brez Schöck® elementa za 4,7-krat večje na tekoči meter kot z njim.



Slika 32: Detalj balkona s Schöck® elementom

Vir: (Lastni vir)



Slika 33: Detalj balkona brez Schöck® elementa

Vir: (Lastni vir)

6 SKLEP

V poslovnih objektih se preživlja zelo veliko časa, zato je pomembno, kako se bomo v tej stavbi počutili, kako bo delovno okolje vplivalo na naše zdravje in kakšna bo naša delovna uspešnost. V sodobnem času se gradijo objekti, ki so energetske učinkoviti, saj to zelo vpliva na že prej omenjene dejavnike in tudi na same stroške ogrevanja.

V diplomskem delu smo opisovali problematiko toplotnih mostov, ki nastanejo zaradi slabo načrtovane vgradnje izolacije (prekinitev izolacije), nepravilne vgradnje izolacijskih materialov ali napačne izbire materialov. Kot posledice toplotnih mostov lahko navedemo, da se povečajo toplotne potrebe objekta, toplotni mostovi pa vplivajo na našo bivalno ugodje, lahko počasi uničujejo gradbene materiale znotraj same konstrukcije ter lahko zelo slabo vplivajo na naše zdravje. Kot lahko ugotovimo, se posledicam toplotnih mostov lahko izognemo s pravilno vgradnjo materiala, pravilno izbiro materialov in pravilnim načrtovanjem, tako pa se tudi izognemo posledicam toplotnih mostov ali nekoliko zmanjšamo njihov vpliv. V diplomski nalogi smo ugotovili, katere vrste toplotnih mostov poznamo, katere vrste toplotne izolacije in hidroizolacije poznamo ter njihovo vlogo pri varovanju gradbene konstrukcije. O toplotni izolaciji lahko na kratko povemo, da objekte varuje pred velikimi energetskimi izgubami in toplotnim udobjem v samem objektu, hidroizolacija pa ščiti pred vdorom vlage in pred nastankom bolezni, kot so srbenje oči, kašljanje, težavno dihanje, celo kronična obolenja itn. O sanaciji toplotnih mostov lahko povemo, da zna biti zelo zapletena, saj je najprej treba najti izvor toplotnih izgub, potem odstraniti fasado ali se celo prebiti do temeljev, kamor bi lahko prodirala vlaga. To zahteva velik gradbeni poseg, kar povzroči velike stroške, zato je zelo pomembno, v katerem trenutku ugotovimo, da se je pojavil toplotni most, pri tem pa nam lahko pomaga termo kamera, ki se uporablja za pregled toplotnega ovoja stavbe in nam v kurilnem delu sezone lahko pokaže največje prehode toplote. Iz prakse lahko povemo, da so najbolj kritična mesta najpogostejše na preklonih med izolacijo, pri tesnjenju oken in vrat, balkonih, neogrevanih podstrešnih delih in stikih različnih materialov. Zato še je posebej pomembno načrtovanje. Vsak lastnik objektov bi si želel, da bi bili stroški ogrevanja in hlajenja objekta cenejši, zato je potreben poudarek pri izbiri kakovostnih materialov.

Pred pisanjem diplomskega dela smo si zadali štiri hipoteze. Hipotezo H1, da toplotni mostovi povzročijo mehanske poškodbe na konstrukciji, lahko potrdimo, saj kot je razvidno iz točke 3.3.1 – Vplivi toplotnih mostov na gradbeno konstrukcijo, toplotni mostovi povzročajo

slabšanje karakteristik materiala, propadanja materiala v ovoju zgradbe, kar povzroči izgubo energije ter večje stroške ogrevanja in vidne poškodbe na konstrukciji.

Hipoteza H2 se je nanašala na nastanek toplotnih mostov, in sicer da toplotni mostovi nastajajo pri prehodu hladnejšega zraka proti toplejšemu. To hipotezo lahko zavržemo, saj toplotni most nastane tam, kjer je tok toplejšega zraka iz notranje (toplejše) strani proti hladnejšemu (zunanje) povečan. To je razvidno iz točke 3.3.1 – Vplivi toplotnih mostov na gradbeno konstrukcijo, zaradi toplotnih mostov topel zrak izhaja v zunanost.

Hipoteza H3 se je nanašala na kondenzacijo zaradi toplotnih mostov. Ta hipoteza se lahko potrdi, saj na mestih toplotnih mostov tok toplejšega zraka prehaja proti hladnejšemu in tako hladen zrak ohladi notranje stene. Nato se navlažen topel zrak dotakne hladne površine, kjer kondenzira in navlaži površino. To je razvidno iz točke 3.4 – Sanacija toplotnih mostov.

Hipotezo H4 smo v projektni skupini z ostalimi člani soglasno zavrnil, saj toplotni most lahko nastane kljub pravilnemu načrtovanju in pravilni izvedbi, vendar je njegov učinek minimalen. To je opisano v točki 4 – Načrtovanje gradnje brez toplotnih mostov.

Pod besedno zvezo ključne ugotovitve diplomskega dela bi lahko navedli, da se pri gradnji premalo osredotočimo na posledice toplotnih mostov, saj nam lahko prinesejo zelo veliko nevšečnosti, kot so dražje ogrevanje, različne bolezni itn. Prav tako si nobeden od lastnikov na svojih objektih ne želi nepotrebnih sanacij. Mišljene so predvsem sanacije zaradi vdorov vlage in hladnega zraka, kajti zanje je potreben velik gradbeni poseg in tako tudi zelo draga investicija v prenovo.

Predlagamo, da se treba poudarjati že vse od faze načrtovanja izolacij do izbire materialov in pravilne izvedbe, kar omogoči, da ima toplotni most minimalen učinek na vse vrste objektov. To še posebej velja za tako velike stavbe, kot je poslovni objekt, saj je po površini do 3-krat večja od navadnih stanovanjskih hiš in se v njem nahaja veliko ljudi, vsak izmed uporabnikov objekta pa bi si želel ugodno bivalno ugodje. Obstajajo pa tudi različni programi, kot je HTflux, s pomočjo katerega lahko izračunamo toplotne izgube na določenih točkah na objektih z različnimi debelinami izolacije in drugih materialov.

LITERATURA IN VIRI

- Bitumenski trakovi za primorske poševne strehe. (b.d.). Pridobljeno s <https://www.fragmat.si/kategorija/hidroizolacije/bitumenski-trakovi-za-primorske-posevne-strehe>
- Bitumenski trakovi za vkopane dele stavb in ravne strehe. (b.d.). Pridobljeno s <https://www.fragmat.si/kategorija/hidroizolacije/bitumenski-trakovi-za-vkopane-dele-stavb-in-ravne-strehe>
- Bombaž. (b.d.). Pridobljeno s <https://www.slonep.net/eko-bivanje/sonaravna-gradnja/bombaz>
- Durini, P. (2012). Toplotni mostovi. Pridobljeno s <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=84739&lang=slv>
- FIBRANxps 300-L. (2019). Pridobljeno s https://fibran.si/wp-content/uploads/sites/7/2019/06/SI_TDS_FIBRANxps_300-L.pdf
- FIBRANxps ETICS GF. (2019). Pridobljeno s https://fibran.si/wpcontent/uploads/sites/7/2019/06/SI_TDS_FIBRANxps_ETICS_GF.pdf
- FRAGMAT EPS 100. (b.d.). Pridobljeno s <https://www.fragmat.si/si/gradbeni-program/izdelki/termoizolacije-eps/gradbene-eps-plosce/416-fragmat-eps-100>
- FRAGMAT EPS 150. (b.d.). Pridobljeno s <https://www.fragmat.si/si/gradbeni-program/izdelki/termoizolacije-eps/gradbene-eps-plosce/417-fragmat-eps-150>
- Hidroizolacije. (b.d.). Pridobljeno s <https://www.fragmat.si/si/gradbeni-program/pogosta-vprasanja/hidroizolacije>
- Ibitol. (b.d.). Pridobljeno s <https://www.fragmat.si/kategorija/hidroizolacije/premazi-in-paste/ibitol>
- IZOTEKT V4. (2016). Pridobljeno s <https://www.fragmat.si/si/gradbeni-program/izdelki/hidroizolacija/1803/563-izotekt-v4>
- Kako privarčevati. (b.d.). Pridobljeno s <http://www.trajnostnaenergija.si/Trajnostna-energija/Varcujte/Kako-privarcevat/toplotna-izolacija-stavb>
- Kamena mineralna volna – Smartwall N C1. (2021). Pridobljeno s <https://www.knaufinsulation.si/proizvodi/smartwall-n-c1#downloads>

- Kralj, D. (2009). *Predelava izolativnih materialov*. Maribor: Založba Pivec.
- Malovrh M., O. D. (b.d.). Za učinkovito rabo energije. Pridobljeno s http://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/arhiv_aure/il_2-11.pdf
- Neopor. (b.d.). Pridobljeno iz <http://www.peg-online.net/novopor>
- Pečarič, A. (2021). Toplotni most – kako ga odkrijemo in saniramo? Pridobljeno s <https://www.varcevanje-energije.si/primeri-dobre-prakse-gradnja/iskanje-izgubljene-toplote.html>
- prof. dr. Martina Zbašnik-Senegačnik, u. (2010). *Kako odpraviti toplotne mostove v pasivni in nizkoenergijski hiši?* Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo.
- PROJEKT – Neizogibna in nujna osnova pri gradnji vsake varne, varčne in zanesljive pasivne hiše. (b.d.). Pridobljeno s <https://xn--pasivnahia-89b.si/projekt/>
- Projektantska napaka, ki bo v nekaj letih povzročila madeže na steni. (2018). Pridobljeno s <https://energijskiscit.si/projektiranje/projektantska-napaka-ki-bo-v-nekaj-letih-povzrocila-madeze-na-steni/>
- Samolepilni bitumeski trakovi. (b.d.). Pridobljeno s <https://www.fragmat.si/kategorija/hidroizolacije/samolepilni-trakovi>
- Sarnafil TG 66-18. (b.d.). Pridobljeno s <https://svn.sika.com/sl/gradbenistvo/za-ita/ravne-strehe/membrane-na-osnovifpo/sarnafil-tg-66-18.html>
- Splošno o stiroporu. (2018). Pridobljeno s <https://stireks.si/splosno-o-stiroporu/>
- Šebok, G. (2020). Energijska učinkovitost stanovanjske hiše. Pridobljeno s <https://dk.um.si/Dokument.php?id=143446>
- Termo kamera. (2015). Pridobljeno s http://nep.vitra.si/datoteke/clanki/TermoKamera_Februar_2015.pdf
- Termografija stavb. (b.d.). Pridobljeno s <https://www.ceresol.com/termografija-stavb/>
- Toplotni most – kaj je in zakaj se pojavi. (b.d.). Pridobljeno s <https://fibran.si/toplotni-most-kaj-je-in-zakaj-se-pojavi/>
- Toplotni most (konvekcijski, točkovni) – kaj so toplotni mostovi? (b.d.). Pridobljeno s <https://www.vsi.si/margop/kaj-so-toplotni-mostovi>

- Toplotni mostovi in pravilno projektiranje stavb. (2020). Pridobljeno s https://arting.si/2020/08/01/toplotni-mostovi-in-pravilno-projektiranje-stavb/?gclid=Cj0KCQjwh_eFBhDZARIsALHjIKfDGNyAsV8AWbZVPTaFn-EnHwPYq3uQ0ZFNK11h-8LxTrgadZLihQaAgNxEALw_wcB
- Toplotni mostovi v stavbnem ovoju. (b.d.). Pridobljeno s https://www.mojmojster.net/clanek/719/Toplotni_mostovi_v_stavbnem_ovoju
- Toplotni mostovi: kje so, kaj so, kaj pomenijo in kaj jih povzroča. (2016). Pridobljeno s <https://www.toplotni-mostovi.si/kaj-so-toplotni-mostovi>
- Vrtič, M. (2006). Toplotni mostovi. Pridobljeno s <https://www.knjiznica-celje.si/raziskovalne/4200607466.pdf>