

# Usporedna analiza koristi i troškova prirodnih i konvencionalnih termoizolacijskih materijala

---

**Višak, Melita**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:056421>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-11**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

*Završni rad br. 279/GR/2017*

**Usporedna analiza koristi i troškova prirodnih i  
konvencionalnih termoizolacijskih materijala**

**Melita Višak, 5136/601**

Varaždin, lipanj 2017. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo	
PRISTUPNIK	Melita Višak	MATIČNI BROJ 5136/601
DATUM	KOLEGIJ Završni radovi i instalacije u graditeljstvu	
NASLOV RADA	Usporedna analiza koristi i troškova prirodnih i konvencionalnih termoizolacijskih materijala	
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Natural and artificial insulation materials: comparative cost-benefit analysis	
MENTOR	Antonija Bogadi	ZVANJE predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof.dr.sc. Božo Soldo 2. mr.sc. Vladimir Jakopec, predavač 3. Antonija Bogadi, predavač 4. Aleksej Aniskin, viši predavač 5.	

## Zadatak završnog rada

BROJ	279/GR/2017
OPIS	<p>Pristupnica u radu treba provesti pregled literature o fizikalnim svojstvima toplinskoizolacijskih materijala, o njihovom utjecaju na okoliš kroz životni vijek te o troškovima nabave, izvedbe i održavanja. Pristupnica nadalje treba provesti analizu jednih i drugih materijala, na način da usporedi korištena količina materijala (debljina sloja), troškovi izvedbe i troškovi nabave te procijenjen životni vijek materijala. Iz analize je potrebno izvesti stav o odnosu uložene i dobivenog, tj. isplativosti korištenja konvencionalnih i prirodnih toplinskoizolacijskih materijala sa ekonomskog i ekološkog aspekta.</p> <p>Navedene teme potrebno je obraditi po sljedećim cjelinama:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Fizikalna svojstva, proizvodni procesi i utjecaj na okoliš konvencionalnih toplinskoizolacijskih materijala.</li><li>2. Fizikalna svojstva, proizvodni procesi i utjecaj na okoliš prirodnih toplinskoizolacijskih materijala.</li><li>2. Isplativost korištenja konvencionalnih i prirodnih toplinskoizolacijskih materijala sa ekonomskog i ekološkog aspekta.</li></ol>

ZADATAK URUČEN

08.06.2017.





**Sveučilište  
Sjever**  
Odjel za graditeljstvo

*Završni rad br. 279/GR/2017*

## **Usporedna analiza koristi i troškova prirodnih i konvencionalnih termoizolacijskih materijala**

**Student**

Melita Višak, 5136/601

**Mentor**

Dipl. ing. Antonija Bogadi, predavač

Varaždin, lipanj 2017. godine

## **Predgovor**

Tema mog završnog rada je Usporedna analiza koristi i troškova prirodnih i konvencionalnih termoizolacijskih materijala. Na odabir ove teme utjecalo je nekoliko faktora, između ostalog razmišljanje o tome da bi jedna ovakva usporedna analiza polučila znanje koje bi kasnije mogla primijeniti u praksi kao građevinski inženjer. Prikupljajući informacije iz različitih izvora, proučavajući članke, literaturu i ostale dostupne izvore i baze podataka došla sam do saznanja da se u Republici Hrvatskoj u najvećoj mjeri koriste dvije vrste materijala i oba su umjetna. To me navelo da napravim analizu kako bih saznala što je sa prirodnim materijalima, zašto se prirodni materijali uistinu tako malo koriste, da li je razlog tome njihova nekvaliteta ili njihov potencijal jednostavno nije adekvatno iskorišten. Ovo istraživanje je pokazalo poražavajuće rezultate koji upućuju na to da je tržište potpuno neinformirano o mogućem izboru termoizolacijskog materijala. Zbog toga prirodni materijali su potpuno zanemareni, bez obzira na bolja fizikalna svojstva, manje troškove proizvodnje i ekološku prihvatljivost.

## **Zahvala**

Zahvaljujem se svojoj mentorici dipl. ing. Antoniji Bogadi, predavač na uloženom trudu i vremenu tokom pisanja ovog mog rada. Također, zahvaljujem se svim svojim kolegama koji su mi pomogli kod pisanja istog. A najveću zahvalu dugujem svojoj obitelji koja mi je pružila bezuvjetnu podršku tokom mog cjelokupnom studiranja.

## Sažetak

Ovim radom se na temelju analize vrši usporedba umjetno proizvedenih materijala za toplinsko izoliranje sa prirodnima.

Analizirani umjetni materijali su stiropor, mineralna vuna i poliuretan, a uspoređivani su sa slamom, ovčjom vunom, plutom i papirom.

Na temelju analize i usporedbe donesen je zaključak da su prirodni materijali dugotrajniji, neštetni za ljudsko zdravlje, jednostavnija je njihova proizvodnja i ugradnja, koeficijenti toplinske vodljivosti i koeficijenti prolaska topline zadovoljavaju uvijete kao i umjetni, te ono najvažnije u cjelokupnom životnom vijeku ne štete okolišu i nikad ne postaju smeće. No, unatoč svemu tome gotovo da se i ne koriste u RH, jer su nedostupni kao finalni proizvod spreman za ugradnju, nego ih moramo sami proizvesti.

## Summary

In this work is an analysis based on comparison of artificially produced materials for thermal insulation with the natural. The analyzed artificial materials are styrofoam, mineral wool and polyurethane, and they are compared with straw, sheep wool, plum and paper. Based on the analysis and comparison, the conclusion is that natural materials are longer-lasting, harmless to human health, their production and installation is simpler, heat conductivity coefficients and heat transfer coefficients meet the conditions as well as artificial, and the most important is that they in their overall life-cycle does not harm the environment and They never become garbage. But despite this, they are almost unused in Croatia because they are unavailable as the final product ready for installation, but we have to produce them ourselves.

Ključne riječi: toplinska izolacija, koeficijent toplinske vodljivosti, koeficijent prolaska topline, stiropor, mineralna vuna, poliuretanske ploče, ovčja vuna, slama, papir, pluto

Key words: thermal insulation, thermal conductivity coefficient, heat transfer coefficient, styrofoam, mineral wool, polyurethane plates, sheep wool, straw, paper, pluto

## **Popis korištenih kratica**

<b>TI</b>	Toplinska izolacija
<b>cm</b>	centimetar
<b>m<sup>2</sup></b>	metar kvadratni
<b>PUR</b>	poliuretanska pjena
<b>λ</b>	koeficijent toplinske vodljivosti
<b>U</b>	koeficijent prolaska topline

## **List of used abbreviations**

<b>TI</b>	thermal insulation
<b>cm</b>	centimeter
<b>m<sup>2</sup></b>	square meter
<b>PUR</b>	polyurethane foam
<b>λ</b>	coefficient of thermal conductivity
<b>U</b>	heat transfer coefficient

# Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Toplinska izolacija .....	3
3.	Analiza termoizolacijskih materijala .....	5
3.1.	Umjetni termoizolacijski materijali.....	5
3.1.1.	Stiropor.....	5
3.1.2.	Mineralna vuna.....	11
3.1.3.	Poliuretanske ploče.....	14
3.2.	Prirodni termoizolacijski materijali.....	16
3.2.1.	Ovčja vuna .....	17
3.2.2.	Slama.....	19
3.2.3.	Papir.....	21
3.2.4.	Pluto.....	23
4.	Usporedba koristi i troškova prirodnih i umjetnih termoizolacijskih materijala .....	24
4.1.	Usporedba koeficijenta prolaska topline i toplinske vodljivosti termoizolacijskih materijala.....	24
4.2.	Usporedba cijene termoizolacijskih materijala.....	25
4.3.	Usporedba troška ugradnje termoizolacijskih materijala.....	26
4.4.	Usporedba dostupnosti i korištenja termoizolacijskih materijala u Republici Hrvatskoj.....	27
4.5.	Usporedba utjecaja na okoliš i na ljudsko zdravlje prirodnih i umjetnih termoizolacijskih materijala.....	28
5.	Zaključak.....	24
6.	Literatura.....	30
7.	Popis slika.....	31
8.	Popis tablica.....	33
9.	Popis grafikona.....	34





# 1. Uvod

Toplinska izolacija u kući jedna je od stvari na koju se treba posebno obratiti pažnja, jer najveći troškovi koje ima svako kućanstvo su oni na grijanje i hlađenje životnog prostora. Kod izvođenja toplinske izolacije pravilna izvedba ima iznimnu važnost, jer ona sprječava prekomjerni prijenos topline iz grijanog dijela zgrade u negrijani dio.

U ovaj rad ukomponirani su svi podaci prikupljeni sa internetskih stranica, sa prezentacija održanih predavanja, iz knjige *Green from the Ground Up*, te ono što je od najveće pomoći razgovor o iskustvima ljudi koji se bave toplinskim izoliranjem.

Toplinska izolacija u Republici Hrvatskoj gotovo uvijek se izvodi sa umjetnim materijalima, jer su ljudi u većini slučajeva potpuno nezainteresirani za prirodne materijale. Nezainteresiranost proizlazi iz činjenice da su ljudi neinformirani o mogućnostima izoliranja prirodnim materijalom.

Svrha ovog rada je upoznavanje sa i jednim i drugim materijalima, te na temelju njihove usporedbe doći do zaključaka koji su kvalitetniji, isplativiji, dugotrajniji, koji zadovoljavaju bolje uvijete, kod kojih je lakša i jednostavnija proizvodnja i ugradnja, te koji su ekološki i ekonomski prihvatljiviji.

Rad je podijeljen u nekoliko cjelina. U jednoj analiziraju se sva svojstva i konvencionalnih i prirodnih materijala, dok se u drugoj sva ta svojstva uspoređuju, da bi se na kraju na temelju analize i usporedbe donio zaključak.

Materijal koji se najviše koristi u svrhu toplinskog izoliranja je stiropor. Najdostupniji je, cijena mu je prihvatljiva, kao i koeficijent toplinske vodljivosti.

Još jedan vrlo popularan materijal je mineralna vuna, koja može biti kamena i staklena. Koeficijent toplinske vodljivosti je nešto manji nego kod stiropora, ali je time i nešto skuplja. Nedostatak mineralne vune je taj što nije pogodna za korištenje u podrumima i može izazvati iritacije na ljudskoj koži.

Među umjetnim proizvodima poliuretan ima najmanji koeficijent toplinske vodljivosti i najdugotrajniji je, te ga to čini najboljim među njima. Bez obzira na sve svoje prednosti rijetko se koristi, a razlog tome je vrlo visoka cijena.

Materijal koji daje iste rezultate kao i mineralna vuna je ovčja vuna, no usprkos tome u RH se gotovo opće ne koristi, već se većina ovčje vune baca po divljim odlagalištima. Da bi ovčju vunu mogli koristiti u svrhu izoliranja potrebno ju je tretirati kemikalijom koja ju čini otpornom na glodavce i dobro osušiti. Tako tretiranu vunu moguće je koristiti u rastresitom stanju kao i prešati u ploče, što je čini po svojstvima jednaku mineralnoj vuni.

Još jedan prirodni materijal koji daje izvrsne rezultate je slama. Moguće ju je koristiti u balama, koje se na našim poljima mogu naći po vrlo niskim cijenama, ili pak u rastresitom stanju. Bez obzira na dostupnost i nisku cijenu u RH nemoguće ju je legalno koristiti, jer ne postoji certifikat za nju, a uvoz je preskup.

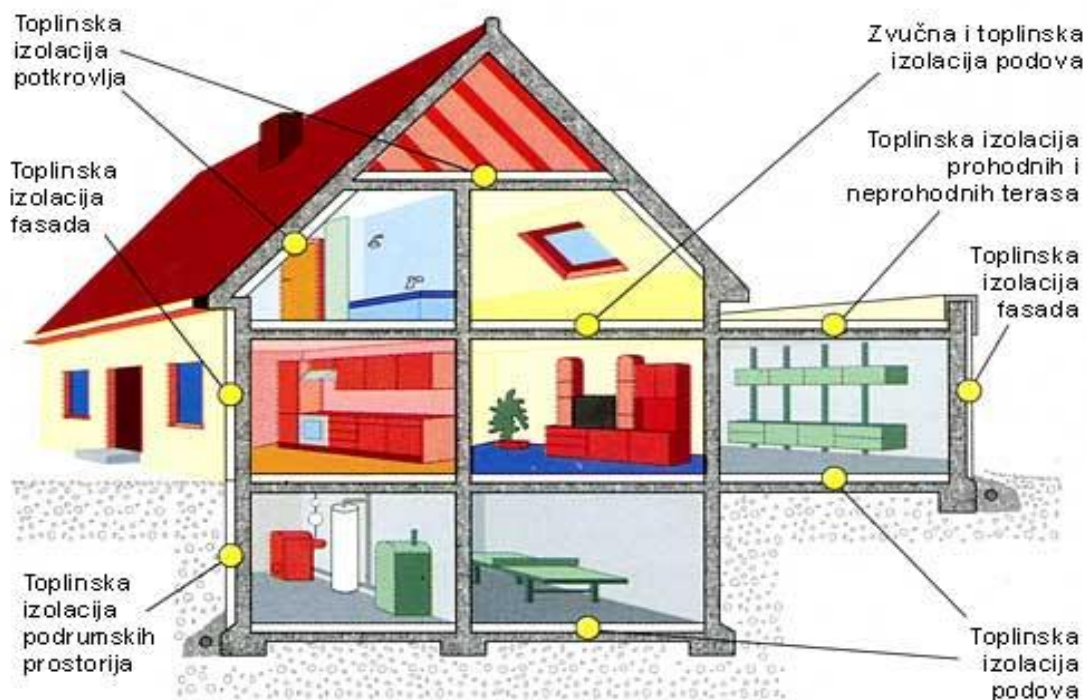
Svi mi u našim kućama imamo još jedan vrlo dobar toplinski izolator, a većinom ga bacamo, to je papir. Za izolaciju odličan je običan novinski papir, najsličniji je vuni, a da bi se koristio kao izolacija potrebno ga je samo samljeti i tretirati kemikalijom protiv glodavaca. Najveća mu je prednost ta da nikad nije zabilježen ni jedan slučaj štetnog djelovanja na ljudsko zdravlje.

Kao zadnji u radu opisan prirodni materijal je pluto, koji je vrlo lagan, dugotrajan i iznimno lijepog izgleda, stoga se vrlo često koristi kao završni sloj u međukatnim konstrukcijama.

## 2. Toplinska izolacija

Toplinska izolacija je jedna od najvažnijih stavki u izgradnji zgrada u kojima borave ljudi, a posljedica loše i nekvalitetno izvedene izolacije je neudobno i nezdravo stanovanje, te mogućnost oštećenja zgrade. Važnost toplinske zaštite je zimi je ista kao i ljeti. Ljeti sprječava zagrijavanje unutrašnjosti zgrade zbog sunčevog zračenja. Osim važnosti kod grijanja i hlađenja, TI važna je i za reguliranje kondenzacije vlage u prostoru. [1]

Obzirom na lošu ekonomsku situaciju stanovništva i tu veliku važnost ima TI, jer što nam je zgrada energetski učinkovitija (velika povezanost sa toplinskom izolacijom) to su financijski izdaci za grijanja i hlađenja manji, a od ukupne energije potrošene u kućanstvu 90% otpada na energiju utrošenu na zagrijavanje prostora i vode. Neki statistički podaci ukazuju na to da je uz dobru toplinsku izolaciju moguće smanjiti troškove za 30%. Ali osim toplinske izolacije veći učinak na gubljenje toplinske energije imaju prozori, čak do 50%.



Slika 1. Kompletna toplinska izolacija kuće

Za toplinsku izolaciju koriste se toplinsko izolacijski građevinski proizvodi, a njihovo najvažnije svojstvo je mala vrijednost koeficijenta toplinske vodljivosti:  $\lambda(W/(m \cdot K))$ . [2] Koeficijent toplinske vodljivosti je količina topline koja prođe u jedinici vremena kroz sloj materijala površine  $1m^2$ , debljine  $1m$  kroz razliku temperature od  $1K$ . Koeficijent toplinske provodljivosti razlikuje se od materijala do materijala. [3]

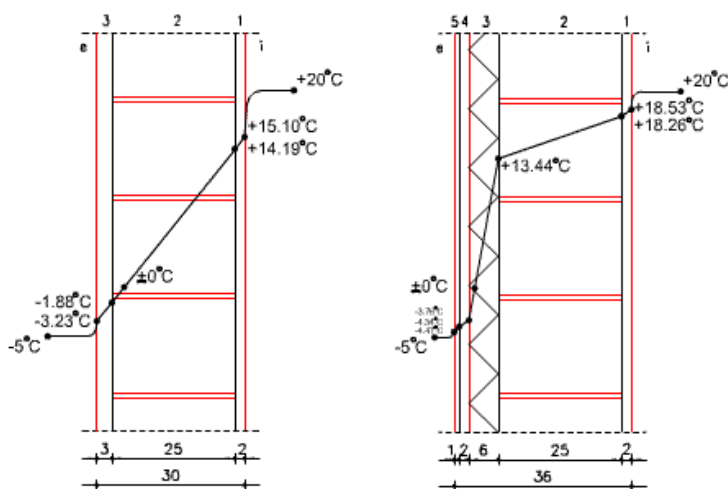
Još jedna bitna karakteristika elemenata zgrade je koeficijent prolaska topline  $U$  ( $U=1/R_i+R_t+R_e$ ).  $U$  je količina topline koju zgrada gubi u  $1$  sekundu po  $1m^2$  kod razlike temperature od  $1K$ . Što je koeficijent prolaska topline manji to je prolazak topline manji, a izolacija bolja.

Toplinska zaštita dio je i projektne dokumentacije i to kao dio Projekta uštede energije i toplinske zaštite. [2]

Da bismo izbjegli rasipanje energije toplinska izolacija mora biti pravilno izvedena na svim vanjskim zidovima, koji mogu biti izolirani sa vanjske kao i sa unutarnje strane, te svim površinama koje graniče sa negrijanim prostorom, primjerice strop između negrijanog podruma i prizemlja.

Za vanjsku toplinsku izolaciju koriste se povezani sustavi na bazi ekspaniranog polisterina, te mineralne vune. Taj se sustav sastoji od tvornički proizvedenog sklopa koji sadrži: toplinsko izolacijski proizvod, ljepilo i armirajući sloj, impregnacijski sloj i završni sloj.

Zahtjevi za takve povezane sustave su sljedeći: toplinski otpor, mehanička otpornost i stabilnost sustava, reakcija na požar, ploče EPS-a (izolacija), vlačna čvrstoća armature, vodopropusnost površine sustava, otpornost na udarce, otpornost na prodor, paropropusnost, trajnost i adhezija završnog materijala na temeljni premaz. [2]



Slika 2. Koeficijent prolaska topline na zidu bez izolacije i sa izolacijom od stiropora

### 3. Analiza termoizolacijskih materijala

#### 3.1. Umjetni termoizolacijski materijali

##### 3.1.1. Stiropor

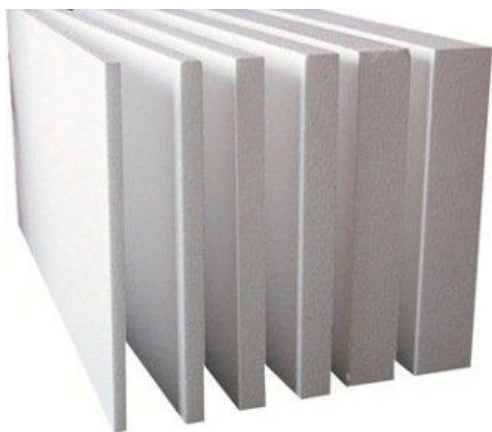
Stiropor jedan je on najpopularnijih i najčešće korišten materijal u svrhu izvođenja toplinske izolacije, dokaz tome je da ga se u Europi svake godine proizvede oko 35 milijuna m<sup>3</sup>. Koeficijent toplinske vodljivosti kreće mu se između 0,035 i 0,040 W/mK. [4]

Proizvodi se u raznim oblicima, debljinama, te dimenzijama, a o tim karakteristikama ovisi i cijena.

Prednosti stiropora pred drugim materijalima su niska cijena i jednostavna ugradnja.

Nedostatak mu je to što nije otporan na temperature veće od 80°C. [5]

Koristi se skoro u svim vanjskim fasadnim konstrukcijama, a može biti sa preklopom (falcem), dimenzija 100x50cm, debljine 5cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm i 15 cm, te mu je cijena ovisna o debljini i kreće se od 25,00 kn do 50,00 kn, ili stiropor bez preklopa (falca), ali osim gore navedenih debljina postoje još i 6 cm, te 14 cm. U cijeni postoji razlika (20,00-60,00 kn), dok su im dimenzije iste. Od svih navedenih debljina kod obje vrste najčešće se koristi od 8 ili 10 cm.



Slika 3. Stiropor u različitim dimenzijama



Slika 4. Struktura stiropora

Proizvodi se još i posebni fasadni grafitni (sivi) stiropor, te fasadni sivi stiropor sa prorezima, a koristi se za izradu fasadnih-izolacijskih sustava, sadrži grafit što mu daje sivu boju i još bolja izolacijska svojstva, a koeficijent toplinske vodljivosti mu iznosi 0,031 W/mK. Na tržištu ga nalazimo u dimenzijama 100x50cm, debljina od 3cm, 5 cm, 8 cm,(bez proreza) 10 cm, 12cm, 14 cm, te 16 cm,(sa prorezom) a cijena mu je od 20,00 pa do 100, 00kn/m<sup>2</sup>. [6]



Slika 5. Ugradnja sivog stiropora

Osim kod fasada stiropor koristimo kod izvođenja toplinske izolacije na vanjskim i unutarnjim zidovima, stropovima, ravnim i kosim krovovima, te podovima s raznim opterećenjima. Stiropor koji se koristi u takve svrhe debljine je 1cm, 2cm, 3 cm, 4cm ili 5 cm, a cijena mu je od 5,00 do 20,00 kn/m<sup>2</sup>.

U graditeljstvu još se koristi jedan proizvod vrlo sličan stiroporu, a to je ekstrudirani polisterin (XPS) ili popularnijeg naziva stirodur. Od stiropora razlikuje se po dimenzijama (125x60cm), te je u raznim bojama. Debljina je 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, 8 cm, te 10 cm, a cijena mu je od 20,00 do 100,00 kn/m<sup>2</sup>. Koeficijent toplinske provodljivosti mu iznosi od 0,030 do 0,040 W/mK. Prednosti pred ekspaniranim polisterinom (EPS) su bolja toplinska izolacija, visoka tlačna čvrstoća, te se može koristiti i u vrlo vlažnim prostorima pa čak i u vodi kao hidroizolacija. Koristimo ga i kod zaštite podova, kao i krovova, te fasadnih sokli i balkona. [7]



Slika 6. Polaganje stirodur ploča



## Izvedba fasade sa stiropor pločama

Za izvedbu toplinske izolacije na vanjskim zidovima sa vanjske strane koriste se ploče stiropora dimenzija 100x50cm, debljina ne manjih od 5cm.

Ploče se postavljaju na visini 30 cm od tla (sokl), prvo se postave na uglovima zgrade, a onda se počinju postavljati odozdo prema gore s izmaknutim fugama za jednu polovinu ploče. Treba voditi računa da se na rubovima kao i kod otvora ne koriste ploče uže od 50 cm, a nebi se trebale opće koristiti uže od 20 cm.

Ploče se lijepe na betonski ili zid od opeke sa građevinskim ljepilom, koje se kupuje u vrećama ili već pripremljeno u ambalažnim posudama, a paropropusno je i vodootporno.

U prosjeku na jedan metar kvadratni nanosi se 4,5-5,5 kg ljepila, tj. ljepilo mora pokrivati 40% ploče. Ljepilo se nanosi na rubove u širini od 5cm, a u sredini najmanje tri mrlje promjera 10cm, debljine najviše 2cm.



Slika 7. Nanošenje ljepila na stiropor ploču

Ploče se moraju tijesno priljubiti jedna uz drugu, i zbog toga koristimo ploče sa prorezima, ali vještii izvođači to mogu izvesti i sa običnim pločama, ali u slučaju da su nam fuge šire od 2 mm u njih utiskujemo PUR pjenu.

Ploče se nakon lijepljenja ne smiju dirati najmanje 24 sata, a nakon toga se bruse sve neravnine brusnim daskama.

Špalete se izoliraju na način da se iz stiropora izrežu trake nešto manjih debljina i lijepe se ljepilom na njih, a punoplošne ploče moraju pokrivati čelo ploče špalete, a nakon 24 sata se režu i ravna se kut špalete. Na spojevima sa dovratnicima i doprozornicima izvode se nepropusne trake za brtvljenje ili rešetke koje se ispune kitom-akrilnim.

Nakon toga slijedi mehaničko privrščivanje ploča plastičnim tiplama i čeličnim vijcima, broj pričvršnica određuje projektant i izvođač prema normi, ali ovisi i o visini, položaju i namjeni zgrade, te utjecaju vjetra, a za neke zgrade nije ni potrebno mehaničko učvrščivanje, pogotovo ako se ploče lijepe sa kvalitetnim ljepilom, no preporuča se učvrščivanje u na svim zgradama na uglovima zgrada, te kod otvora za prozore i vrata. Dubina bušotine u punoj opeci i betonu mora biti minimalno 50 mm, a u šupljoj opeci i betonskim blokovima mora prolaziti kroz dvije unutarnje stijenke, a pričvršnice bi bilo najbolje postavljati na mjesta gdje ima ljepila

Zatim slijedi armirajući sloj koji se sastoji od građevinskog ljepila i staklene mrežice. Ljepilo se nanese na cijelu površinu zida, a zatim se u njega utisne alkalno otporna staklena mrežica, a nakon 24 sata nanosi se još jedan sloj ljepila kako bi se mrežica utisnula u sredini.

Zadnji sloj je fasadna završna zaštitna dekorativna žbuka, koja može biti ribana, prskana, zaglađena itd., a na armirajući sloj mogu se lijepiti i ukrasni kameni na uglove zgrade, ili oko prozora i vrata. [8]

## **Izvedba sokla sa stirodurom (ekspandirani polisterin XPS)**

Sokl se izvodi sa stirodurom hrapave površine, visine najmanje 30cm, mora biti najmanje 2cm tanji od ukupne debljine toplinske izolacije zida.

Stirodur ploče dimenzija su 125x60cm, za zid se učvršćuju na isti način kao i stiropor ploče, a na njih se nanose dva sloja ljepila, a u sredini armirano alkalna postojana staklena ili žičana mrežica.

Završni sloj može biti vodootporna žbuka, mozaik žbuka, posebna sokl žbuka, kamen ili keramička opločenja. [8]



Slika 8. Sokl sa mozaik žbukom

### 3.1.2. Mineralna vuna

Mineralna vuna sa koeficijentom toplinske provodljivosti od 0,035 do 0,045 W/mK se smatra jednim od najboljih toplinskih izolatora. Koeficijent prolaska topline je  $0,32\text{W/m}^2\text{K}$ . Mineralnog je porijekla, a osim za toplinsku koristimo ju i za zaštitu od požara te od buke.

Razlikujemo kamenu i staklenu vunu, a razlika je u dodacima sirovini, te tehnološkom postupku dobivanja vune. Staklena vuna dobiva se od kvarcnog pijeska uz dodatak recikliranog stakla, a kamena od kamenih minerala (dolomita, balzata i diabaza s dodatkom koksa).

Prednosti mineralne vune su te što ne mijenja svojstva ni pri niskim ni kod iznimno visokih temperatura (i do  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ ), otporna je na požar, paropropusna je (omogućava zidovima da „dišu“, izdržljiva je na starenje, elastična je (pruža otpornost na udar), te je otporna na mikroorganizme i insekte koji se mogu nastaniti u nekim materijalima za toplinsku izolaciju.

Nedostatak mineralne vune naspram stiropora je taj što je malo skuplja, a i ne preporuča se za izolaciju u podrumskim zidovima pod zemljom.

Mineralna vuna koristi se u fasadnim sustavima, u izoliranju unutarnjih zidova, kosih i ravnih krovova, te na podovima. Proizvodi se u različitim dimenzijama i debljinama, što ovisi i dijelu zgrade u kojem se koristi. [1]

Cijena ovisi o debljini, svojstvima, i proizvođaču.

Na hrvatskom tržištu nalazimo proizvode tvrtke Knauf Insulation s pogonom u Novom Marofu, Varaždinska 140 i tvrtke Rockwool.



Slika 9. Rezanje vune na željene dimenzije

## Izvedba fasade sa pločama kamene vune

Fasade sa izolacijom od kamene vune izvode se tvrdo prešanom vunom pločama 100x50cm, debljine 8-10 cm ili više, a postupak izvođenja vrlo je sličan onome sa pločama od stiropora, a razlikuje se samo u sitnicama. Ploče se premazivaju na način kao i ploče stiropora, samo je potrebno ljepilo utrljati radi bolje prionjivosti. Postavljaju se također s pomakom za pol ploče i ostavlja se ispod njih rubni profil najmanje 30cm, te se nakon 24 sata mehanički pričvršćuju sa tiplama po sistemu slova „W“ ili slova „T“, a na rubovima zgrada tipli se postavljaju duplo gušći.

Na ploče vune, kao i na stiropor dolaze dva sloja ljepila, a u sredini tekstilno – staklena alkalno otporna mrežica. Prije nanošenja završnog sloja i po završetku sušenja (10 do 15 dana) površina se premazuje sa impregnacijom u boji završnog sloja.

Završni sloj stavlja se po želji investitora, kao i kod stiropor fasade. [9]



Slika 10. Postavljanje kamene vune oko prozora

## Izvedba kosog krova sa kamenom vunom

Kosi krovovi sa izolacijom od vune izvode se na način da se izmjere udaljenosti između greda, te se prema tim mjerama režu trake od vune, sa dodatkom 5 do 10 cm, te se te trake uguraju između greda. Za trake koriste se ploče iste debljine koje su debljine i grede.

Na vunu se sa vijcima pričvršćuju letvice, okomito na grede, te se po istom principu „pune“ vunom, samo se postavlja okomito na prvi sloj.

Vuna se prekrije plastičnom folijom koja štiti od vlage, te se pričvrsti spojnica.

Unutarnji završni sloj izvodi se po želji investitora (gips-kartonske ploče koje se mogu bojati, knauf...). [10]



Slika 11. Izvedba kosog krova sa mineralnom vunom



### 3.1.3. Poliuretanske ploče

Poliuretanske ploče se dobivaju na bazi sirove nafte, ekspanzivanjem poliuretana. Toplinska vodljivost iznosi između 0,020 i 0,035 W/mK. Ima najbolje toplinske vrijednost od svih poznatih izolacijskih materijala. Primjenjuje se najviše u sanaciji krovova (ravnih i kosih), te za ventilirane fasade i temeljne zidove. Ploče se proizvode u raznim dimenzijama od 100x50cm, pa sve do 250x125cm (kod kosih krovova). Osim što se proizvode u raznim dimenzijama, proizvode se i u različitim debljinama, od 2 do 16 cm.

U usporedbi sa prethodno navedenim materijalima poliuretanska ploča sa upola manjom debljinom zadovoljava iste uvijete, (npr. 5cm poliuretana isto je kao 10cm stiropora).

Prednosti poliuretanskih ploča su te što istovremeno pružaju toplinsku, hidro i zvučnu izolaciju, otporne su na vrijeme (50 godina ne mijenjaju svojstva ni oblik), otporne na temperaturu (do 250°C), te samogasive, primjenjuju se na sve materijale (željezo, beton), jednostavan je popravak u slučaju oštećenja, otporne su na pritisak (nije bitno koliko ih opterećujemo), te su otporne na gljivice, insekte, glodavce, pljesni. [11]

Jedini nedostatak ovih ploče je vrlo visoka cijena, i zbog toga se jako rijetko koriste. Cijena jednog centimetra debljine ove ploče kreće se između 15,00 i 18,00 kn.

Osim poliuretanskih ploča na tržištu nalazimo i poliuretanske pjene često korištene u praksi, koje se mogu štrcati na površine ili u šupljine.



Slika 12. Izvedba termoizolacije krova sa poliuretanskom pjenom

## Izvedba termoizolacije kosog krova sa poliuretanskim pločama

Poliuretanske ploče na tržištu nalazimo obložene sa tri folije i koristimo ih kod izvođenja toplinske izolacije postavljene na rogove.

Ploče se mogu postaviti na rogove, ili na glatku oplatu (lamperiju, gips-kartonske ploče, brodski pod).

Takvi sustavi sa poliuretanom dolaze u tri sloja, prvi može biti PE-folija, paropropusna, ili bitumenska folija koja ima samoljepljive trake kojima se ploče pričvršćuju, zatim slijedi sloj alufolije koji ljeti štiti od sunčevih zraka, potom ploča poliuretana, i zadnji sloj je alufolija koja štiti zimi od velikog gubitka topline.

Na ploče koje smo zalijepili samoljepljivim trakama polažemo kontra letve, te ih pričvršćujemo vijcima.

Na letve stavljamo pokrov po želji. [12]



Slika 13. PUR sustav za TI ( 1 PE folija, 2 alu folija, 3 ploča poliueretana, 4 alu folija)



### **3.2. Prirodni termoizolacijski materijali**

U današnje vrijeme sve se više ponovo pridodaje važnost korištenju prirodnih materijala, ne samo zbog njihovog neštetnog djelovanja na okoliš i na ljudsko zdravlje, već i zbog ekonomičnosti. Prirodni materijali jeftiniji su, jeftinija je njihova proizvodnja, a poneke možemo i sami kod kuće pripremiti za ugradnju, „proizvesti“, nisu nam potrebni školovani izvođači za njihovu ugradnju, dugotrajniji su i u svakom pogledu jeftiniji i isplativiji od umjetnih. Velika prednost prirodnih materijala pred umjetno proizvedenim je ta što nakon njihovog uklanjanja ne čine hrpu smeća, već se većina njih može ponovo reciklirati.

Osim što prirodni materijali nisu štetni za prirodu i ljude, ako su pravilno izvedeni, puno su dugotrajniji od umjetnih. Rukovanje njima vrlo je jednostavno, a nije potrebna posebna zaštita poput rukavica ili maski kod ugradnje.

Prirodni materijali nisu podložni koroziji, ne emitiraju štetna djelovanja u unutarnji prostor, a kod njihove proizvodnje nema štetnih dodataka.

Pravilno ugrađeni prirodni materijali za izolaciju kuća omogućuju kući da „diše“, što je najveća prednost pred svim ostalim termoizolacijskim materijalima.

Najčešći prirodni materijali za TI su slama, ovčja vuna, papir, a nešto manje piljevina, pluto i konoplja, te zemlja ili kombinacije više materijala.

### 3.2.1. Ovčja vuna

Ovčari najčešće bacaju ili spaljuju ovčju vunu (potrebno je polijevanje sredstvima koje pospješuju gorenje da bi gorjela, te je taj postupak štetan za okoliš), niti ne sluteći da bacaju pravo prirodno bogatstvo, toplinska vodljivost ovčje vune je  $0,039 \text{ W/mK}$ , a 25cm vune postavljene na podu potkrovlja imat će koeficijent prolaska topline  $U= 0,16 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$ . Ovčja vuna pogodna je za izolaciju tavana, drvenih zidova ili drvenih podova.

Prednosti ovčje vune su te što ako se pravilno ugradi dugotrajna je, čak i više od 50 godina, potrošnja energija za proizvodnju vrlo je mala (za jednu ploču ovčje vune potrebno je samo 14% energije od one koja je potrebna za proizvodnju iste ploče mineralne vune), te je vatrootporna.

Nedostatak joj je taj što iako ju u Europi možemo kupiti u specijalnim prodavaonicama za ekološki materijal, u Republici Hrvatskoj još uvijek ju nije nemoguće kupiti, a uvoz je iznimno skup, ali zbog tog problema postoji alternativa u proizvodnji, koja će nešto kasnije biti opisana. [13]



Slika 14. Odlagalište ovčje vune

### **Proces proizvodnje bala ili ploča ovčje vune**

Vuna se prikuplja kod ovčara, pere se, te se tretira sa kemikalijama koje su za ljude neopasne, time postaje otporna na kukce, te joj se još više povećava otpornost na požar, iako je samo po sebi vatrootporna. Nakon tretiranja vunu je potrebno osušiti, a nakon toga se preša u bale ili ploče. Oprana vuna miješa se sa poliesterom da bi zadržala oblik, u omjeru 85% vune i 15% poliestera. Dostupna je u smotuljcima u širini 40 ili 60cm, a debljine 5, 7.5 ili 10cm. Koristi se isto kao i mineralna vuna, i izolacijske vrijednosti su joj iste, te ovčja prirodno proizvedena vuna može u potpunosti zamijeniti mineralnu. [14]



Slika 15. Ploče ovčje vune

### **Alternativna proizvodnja ovčje vune u HR**

Vuna prikupljena od ovčara pere se hladnom vodom, i bez deterđentata, jer u vrućoj vodi i uz korištenje kemikalija gubi svoja bitna svojstva. Nakon pranja vuna se suši, te tretira boraksom, koji je lako dostupan u RH, a vunu čini otpornom na kukce. Ako nismo u mogućnosti vunu prešati, možemo ju koristiti i u rastresitom stanju, na način da ju uguramo ručno između lamperije i gredica. [14]



Slika 16. Sušenje ovčje vune

### 3.2.2. Slama

Slama je nusproizvod kod proizvodnje žitarica, koja je za graditeljstvo vrlo važan proizvod. Slama je u prošlosti bila jedan od glavnih materijala za gradnju, a koristila se najčešće u kombinaciji sa glinom. Tipičan zid od slame debljine 45cm ima  $U \approx 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ , što je tri puta niže od modernih umjetnih materijala, a mnogo niže od trenutno propisanih građevinskih propisa.

Prednosti slame su te što je vrlo jeftina, cijena se kreće oko 5,00 kn po bali, ne stvara smeće nakon uklanjanja, jer se ponovo može iskoristiti primjerice u povrtlarstvu (malčiranje), slama u balama ne gori, jer je vrlo stisnuta i nema u njoj dovoljno kisika da se zapali. Još jedna prednost slame ispred svih drugih termoizolacijskih materijala je taj što slama ima najduži vijek trajanja. Neki graditelji kažu da joj je vijek trajanja do 9 tisuća godina, a dokaz tome je to što je slama nađena u unutrašnjosti egipatskih grobnica još uvijek u savršenom stanju. Stoga, ugradimo li pravilno slamu i održavamo li ju vijek trajanja joj je neizmjereno dug. [15] Slama ima samo jedan jedini i veliki nedostatak a to je taj što u RH nije moguće dobiti građevinsku dozvolu za zgradu koja je izolirana slamom. Moguće je samo u slučaju uvezene certificirane slame, koje je iznimno skupa. [1]



Slika 17. Bale slame na polju

## Primjena slame

Bale slame možemo primijeniti na različite načine, može kao osnovni građevinski materijal (čitavi zidovi od slame) ili pak kao izolacija gotovih zidova. Osim slame u balama, mogu se naći gotovi proizvodi od slame, to su EKOPANELI od slame, obloženi recikliranim kartonom, ali su uvezeni iz inozemstva, pa samim tim i skupi. Najjednostavnija i najjeftinija je ugradnja balirane slame.



Slika 18. EKOPANELI od slame

Ako ju postavljamo kao izolaciju na gotove zidove, treba ju postaviti s vanjske strane zida, jer s unutarnje zauzima previše prostora. Bale se slažu jedna na drugu, pomaknute za polovicu bale, na taj se način vežu jedna za drugu, zatim se vežu za zid, a može se napraviti i lagana drvena konstrukcija koja će pridržati slamu. Slama se zatim žbuka, ali samo tradicionalnim žbukama na bazi vapna ili gline, ni slučajno današnjim modernim žbukama, umjetno proizvedenim jer sadrže nepovoljne kemijske dodatke.

Ako slamu koristimo za izolaciju u unutrašnjim zidovima ili u potkrovlju ne koristimo ju baliranu, već ju u rastresitom stanju ubacujemo u konstrukciju i ne žbuka se, ali se mora miješati sa vapnom, koje svojim specifičnim mirisom odbija glodavce i ostale štetnike. [15]



Slika 18. Izrada kuće od slame



### 3.2.3. Papir

Papir za izolaciju dobiva se mljevenjem časopisnog papira s dodatkom borove soli koja mu daje otpornost na plijesan i insekte, te mu daje otpornost na požar. Koeficijent toplinske vodljivost kreće se između 0,033 i 0,040 W/mK. Papir je najsličniji mineralnoj vuni, po karakteristikama, ali je za proizvodnju papira iste količine kao i vune potrebno 20-40% posto manje energije.

Prednosti papira su te što najmanje onečišćuje, energetski je najučinkovitiji, najmanje zagađuje tijekom proizvodnje, rušenja i odlaganja otpada i još nikada do sada nisu zabilježene nikakve posljedice po zdravlje ljudi kod korištenja papira. Jedini je materijal koji podnosi i preuzima vodenu paru, preuzima čak i 40% svoje težine, a tu sposobnost imaju samo organski, prirodni materijali. Ne gori. Jednostavno i brzo se ugrađuje.

Nedostatak papira je taj što kada se ugrađuje upuhivanjem u rastresitom stanju može doći do slijeganja. [16]



Slika 19. Celulozne pahuljice

### **Priprema papira za korištenje u izolacijske svrhe**

Papir se melje pomoću stroja, a potom se tretira kemikalijama koje ga čine otpornim na požar, te na insekte, i glodavce. Ako želimo, možemo takav papir i sami proizvesti kod kuće, možemo izraditi mikser od neke bačve, i noževa od kosilice. Naš mikser napunimo papirrom i vodom, te miksamo i potom dodamo aditive (vapno, cement). Papir koji se proizvodi u tvornicama, ne kućnoj izradi, lijeva se u kalupe, koji mogu biti kvadratni, ili pak u obliku opeke ili neki drugi pogodan oblik. [3]

### **Ugradnja papira**

Papirom možemo izolirati krovove ili unutarnje zidove.

Ako je u rastresitom stanju ubacuje se pomoću posebnih strojeva na plohe predviđene za izolaciju. Debljina sloja izolacije određuje se kod postavljanja drvene konstrukcije, jer se papirom kasnije samo ispune prazne plohe. Upuhivanjem se postiže jednakomjerno raspoređivanje materijala po cijeloj površini, time izolacija bolje prijanja, te postaje kompaktna. Zbog svoje sposobnosti preuzimanja vodene pare sprječava propadanje drvene konstrukcije, jer kod primjerice izolacija od mineralne vune, svu vlagu preuzima drvena konstrukcija. Izolacija teško gori, zbog dodatka borove soli koja u doticaju s vatrom stvara ugljen koji sprečava dotok kisika. Borova sol dodaje se i zbog toga da se u papiru nebi nastanile životinjice, a i papir isušuje krzno glodavaca, te oni uginu, no bez obzira ipak je potrebno fizički spriječiti ulazak životinjama. [17]



Slika 20. Ugradnja papira u konstrukciju (upuhivanje)

### 3.2.4. Pluto

Pluto se dobiva od kore hrasta plutnjaka, gustoća mu je  $200-250 \text{ kg/m}^3$ , a težina 100-130 kg. Koeficijent toplinske vodljivosti pluta se kreće  $0,045-0,055 \text{ W/mK}$ .

Prednosti pluta su to što je vrlo lagan, i može se ugrađivati na puno mjesta, dugotrajan je i rezistentan na kiseline i truljenje.

Nedostataka pluta nema, jedino je skuplji od ostalih materijala, ali u usporedbi sa prednostima i kvalitetom koji on ima, cijena se ne može smatrati nedostatkom. [1]

#### Proizvodnja pluta

Mljevenje kore i ekspaniranjem čestica pluta u autokotlovima dobivaju se ploče u raznim debljinama, koje se kasnije režu po potrebi. Melje se do određenog oblika granula i zatim se preša pod pritiskom vodene pare. Prvo se prešaju veliki blokovi koje kasnije režemo u ploče, ili druge pogodne oblike. Rezanje može biti malo otežano iz razloga što je ovaj materijal dosta elastičan. Smola pluta služi kao vezivno sredstvo, pa nije potrebno ni dodavati sredstva protiv zapaljivosti.

Drugi način proizvodnje plutene ploče je da se plutene čestice pomiješaju sa bitumenom ili nekim drugim ljepilom, i potom se prešaju.

Pluto se na tržištu može naći u pločama, česticama, ekspaniranim granulama, u rastresitom stanju ili zalijepljene za neku traku. [18]

Ploče su vrlo lijepog izgleda pa se mogu koristiti za završno oblaganje zidova i podova. A osim zidova i podova, koriste se u izolaciji krovova, fasada i plafona.



Slika 21. Ploče pluta



## 4. Usporedba koristi i troškova prirodnih i umjetnih termoizolacijskih materijala

Usporedba prirodno proizvedenih i umjetnih materijala napravljena je uz pomoć oglasa sa internetskih stranica i iz tiskanih medija, kontaktiranjem trgovima građevinskim materijalima, te spoznajama iz svakodnevnog života. Uspoređivani su koeficijenti toplinske vodljivosti, potrebne debljine kojima se zadovoljava određeni koeficijenti prolaska topline, kao i cijena, trošak ugradnje, te dostupnost u RH i utjecaj na okoliš.

### 4.1. Usporedba koeficijenata prolaska topline i toplinske vodljivosti termoizolacijskih materijala

Materijal	Potrebna debljina u cm da bi zadovoljili $U=0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$	Koeficijent toplinske vodljivosti $\lambda$ za navedene debljine
Stiropor	9 – 10	0,035 – 0,040
Mineralna vuna	9 – 11	0,035 – 0,045
Poliuretan	7 – 9	0,020 – 0,035
Ovčja vuna	10 – 11	0,039
Slama	20 – 35	0,045
Papir	40	0,033 – 0,040
Pluto	11 - 14	0,045 – 0,050

**Tablica 1.** Usporedba koeficijenata prolaska topline i toplinske vodljivosti

U tablici nalaze se potrebne debljine pojedinih materijala koje je potrebno ugraditi za zadovoljavanje uvjeta  $U=0,35\text{W/m}^2\text{K}$ . Kao što se vidi za prirodne materijale potrebne su veće debljine da bi se zadovoljili isti koeficijenti, no to na kraju ne utječe na cijenu jer cijena jednog centimetra tog materijala je zanemarivo mala.

Što se tiče koeficijenta toplinske vodljivosti, prirodni materijali imaju slične koeficijente kao i umjetni. [11]

## 4.2. Usporedba cijena termoizolacijskih materijala

Da bi se usporedili cijene poslužit ćemo se spoznajama iz prethodne usporedbe. Cijene usporedit će se na način da će se iskazati koliko je potrebno izdvojiti za pojedini materijal da se zadovolji uvjet  $U=0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$  iz usporedbe koeficijenta prolaska topline.

Na temelju proučavanja došlo se da spoznaje da je poliuretani najskuplji umjetni materijal koji možemo koristiti u svrhu toplinske izolacije sa cijenom od 16,00 kn za ploču 100x50cm debljine 1cm. Činjenica je da za jedan metar kvadratni poliuretanske ploče moramo izdvojiti 256,00 kn.

Cijena mineralne vune je 80,00 kn/  $\text{m}^2$  za debljinu od 10cm.

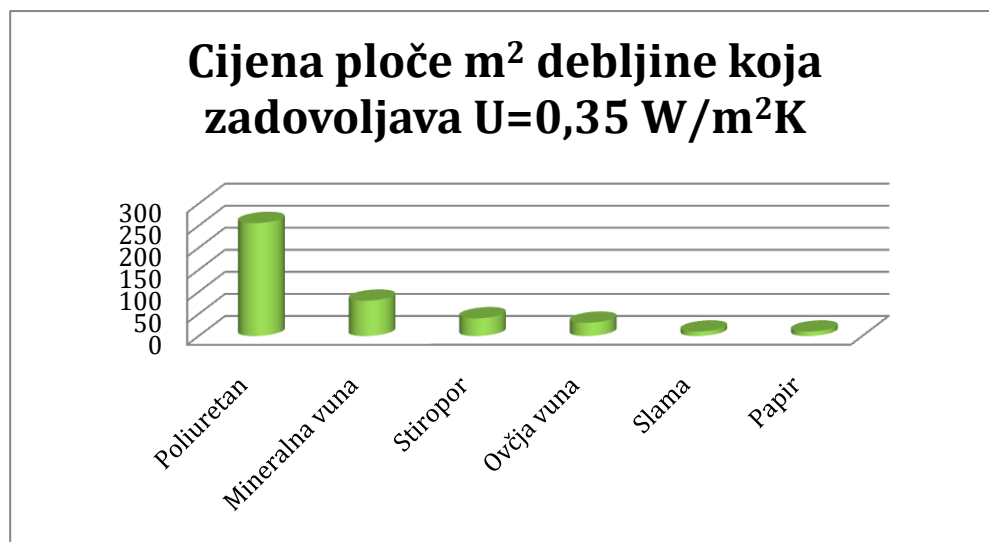
Najjeftiniji među umjetnim materijalima je stiropor sa cijenom od 40,00 kn/  $\text{m}^2$  za ploču od 10 cm debljine koju je potrebno ugraditi da bi zadovoljili zadovoljavajuće koeficijente.

Ovčja vuna proizvod je koji kod uvoza ima cijenu od 100,00 kn/  $\text{m}^2$ , ali kada bi ju sami proizvodili i obračunali cijenu otkupa, potrošeno vrijeme, vodu i kemikalije, cijena jedne ploče površine jednog metra kvadratnog debljine 10 cm iznosila bi 30,00 kn/  $\text{m}^2$ .

Proizvod koji je po svojoj cijeni kod uvoza sličan ovčjoj vuni je slama. Njezin uvoz preskup je, a u obliku za ugradnju u RH je nema, pa ju također moramo samo proizvesti, a cijena jedne male iznosi 3,00-5,00 kn. Da bi izolirali površinu od jednog metra kvadratnog potrebne su nam dvije i pol bale, (dimenzije jedne bale su 100x40x40cm), a to je 10,00 kn.

Najjeftiniji materijal za termoizolaciju je papir, sa otkupnom cijenom 0,50 kn za jedan kilogram. Za jedan metar kubni potrebno je u prosjeku 50 kg papira, a nama je potrebno 0,4  $\text{m}^3$ , tj. 20 kg koje će nas koštati 10,00 kn.

Kod ove usporedbe izostavljen je pluto iz razloga što se ne koristi za toplinsku izolaciju na način da se ugrađuje potrebnih 11-14 cm kojih je potrebno za zadovoljavanje  $U=0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Najčešće ugrađivana debljine pluta je 3,00mm, a cijena metra kvadratnog takve ploče iznosi 120,00 kn.



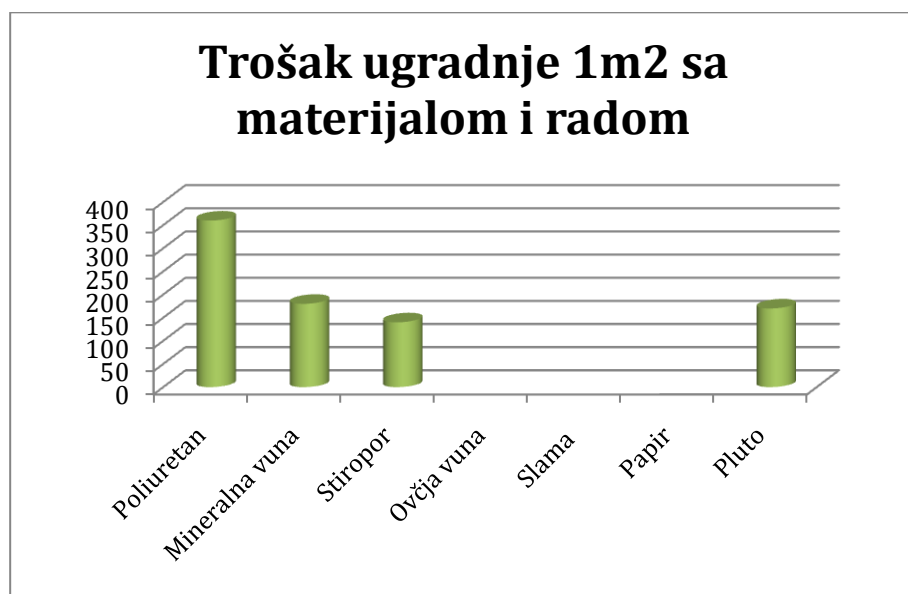
**Grafikon 1.** Prikaz ploča od jednog metra kvadratnog, debljine koja zadovoljava  $U=0,35 \text{ W/m}^2$

### 4.3. Usporedba troška ugradnje termoizolacijskih materijala

Kao i kod većine usporedbi tako i u ovoj je poliuretana najskuplji, njegova ugradnje iznosi 360,00 kn/m<sup>2</sup>. Iza poliuretana slijedi mineralna vuna sa 180,00 kn/m<sup>2</sup>, a potom stiropor čija ugradnja stoji 140,00 kn/m<sup>2</sup>. Sve navedene cijene uključuju materijal i rad.

Ostali analizirani proizvodi, slama, ovčja vuna i papir, nemaju konkretnu cijenu zbog svoje nekorisćenosti. Nemoguće je od građevinara dobiti cijenu za m<sup>2</sup> izoliranog prostora prirodnim materijalom, jer se nitko ne bavi time. Tako da oni ljudi koji ih ugrađuju, ugrađuju ih sami ili ako plaćaju, plaćaju samo sate rada koji su potrebni za ugradnju. Jedini prirodni materijal koji ima poznatu cijenu za ugradnju je pluto, a cijena mu je jednaka kao i kod postavljanja keramičkih pločica, 170,00 kn/m<sup>2</sup>.

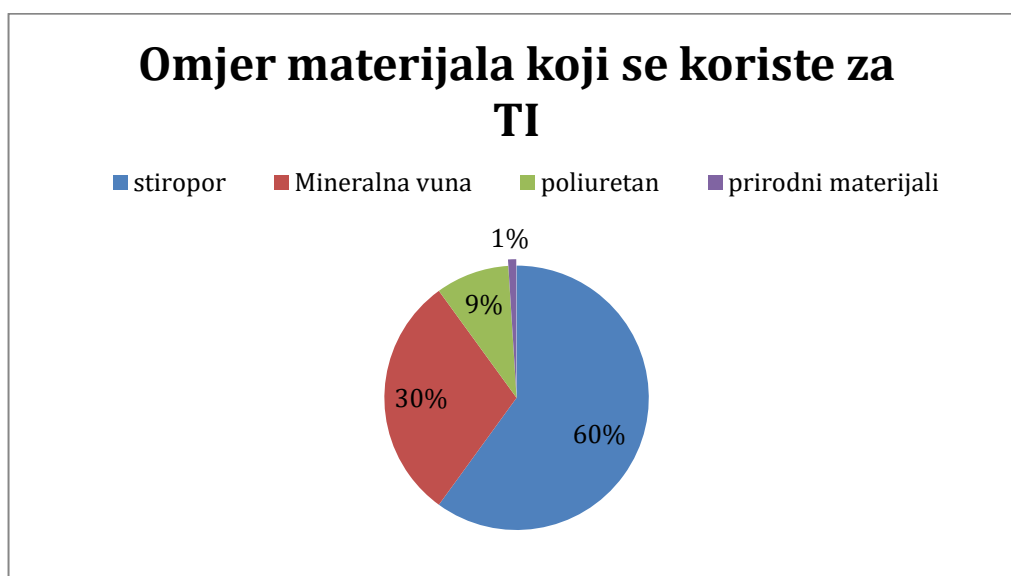
Sve navedene cijene uključuju materijal i rad.



**Grafikon 2.** Trošak ugradnje 1 m<sup>2</sup> sa materijalom i radom

#### 4.4. Usporedba dostupnosti i korištenja termoizolacijskih materijala u Republici Hrvatskoj

U svrhu pisanja ovog rada obavljen je razgovor sa gospodinom Mariom Biljanom dip.ing.građ., koji je dugogodišnji zaposlenik tvrtke Radnik d.d. Križevci, i u tom svojem dugogodišnjem radu radio je na preko 20 gradilišta. S obzirom na veličinu tvrtke i broj gradilišta na kojima se radi, dobiveni podaci uzeti su kao relevantni na području cijele Republike Hrvatske. Da bi se napravila usporedba korištenja TI materijala razgovaralo se o zadnjih 10 godina. U tim godinama neke su se stvari promijenile, te se počelo koristiti sve više raznovrsnih materijala, no prirodni se i dalje ne koriste, a tvrtka Radnik d.d. radila je samo jedan projekt djelomično izoliran prirodnim materijalom. Na temelju razgovora napravljen je ovaj graf sa postocima:



**Grafikon 3.** Omjer materijala koji se koriste za toplinsku izolaciju

Materijal koji se najviše koristi, te je najdostupniji i možemo ga kupiti u svim prodavaonicama građevinskim materijalom je stiropor. Mineralna vuna lako je dostupna, ali koristi se nešto manje. Poliuretan je materijal koji se najmanje koristi, a i teže se nalazi na tržištu zbog svoje visoke cijene.

Nažalost prirodni materijali nisu opće dostupni u obliku da su spremni za ugradnju, a koriste se u vrlo mali količinama, gotovo nikad. Ponekad ih ljudi ugrađuju samo u kuće za odmor, ili kućice koje se cijele izgrađuju od prirodnih materijala, kao na primjer u naseljima koja su cijela izvedena prirodnim materijalima.

#### **4.5. Usporedba utjecaja na okoliš i na ljudsko zdravlje prirodnih i umjetnih termoizolacijskih materijala**

Kao zadnja usporedba uzeta je usporedba utjecaja na okoliš i na ljudsko zdravlje, jer se ona smatra i najvažnijom.

Na temelju analiziranja i poučavanja došlo se do spoznaje da su konvencionalni materijali štetniji od prirodnih u jako velikim količinama. Naime njihova štetno djelovanje nije samo indirektno na ljudsko zdravlje preko okoliša već i direktno.

Umjetni proizvod mineralna vuna kod svoje proizvodnje iziskuje veliku količinu energije, primjerice za proizvodnju jednog kubičnog metra potrebni je 460kW, a za poliuretani dvostruko više, pa čak i do 1000kW.

Što se tiče mineralne vune, osim što je potrebno iznimno puno energije kod proizvodnje njena razgradivost je jako slaba, što je čini vrlo štetnom za okoliš, a sićušna vlakanca od kojih se sastoji štetno utječu na ljudsko zdravlje.

Osim što je za proizvodnju poliuretana potrebno puno energije, sirovine koje se koriste u proizvodnji dolaze iz naftoprerađivačke industrije, pri čemu kao nusproizvod nastaju otrovni plinovi. Donedavno su se u proizvodnji koristili i plinovi koji su štetni za ozonski plašt, no u novije vrijeme upotrebljavaju se manje štetni plinovi. Iako je proizvodnja poliuretana štetna, nema velikih štetnih djelovanja nakon ugradnje, no uklanjanje je vrlo problematično, zbog spajanja sa drugim materijalima.

Što se pak tiče prirodnih materijala njihova proizvodnja potpuno je neštetna za okoliš. Papir kao izolator dobiva se od starih novina, a kemikalija kojima se tiskaju slova zanemariva je i nije ni vrijedna spomena. Jedina mana papira je ta što ga nije dobro kompostirati iako neki to preporučaju, zbog borovih spojeva koje sadrži.

Materijal koji je najzdraviji po ljudsko zdravlje je slama. Kod proizvodnje slame jedina energija koja je potrebna je energija sunca. Kod izolacije kuće sa slamom kući je omogućeno da diše, a time se poboljšava i kvaliteta životnog prostora. Osim što omogućava disanje zgrade, slama ne ispušta apsolutno nikakva isparavanja. A ono najvažnije je da se slama i nakon uklanjanja može kompostirati i nikada ne postaje otpad.

## 5. Zaključak

Svijest o važnosti odabira materijala za toplinsku izolaciju i o toplinskoj izolaciji općenito još uvijek nije dovoljno razvijena. Naime pravilan odabir materijala od ključnog je značaja za očuvanje okoliša, očuvanje ljudskog zdravlja kao i za količinu utrošenog novca i vremena za ugradnju. Upravo u tu svrhu analiziranjem umjetnih i prirodnih materijala za toplinsku izolaciju dobili smo bolju predodžbu o prednostima i nedostacima kako jednih tako i drugih. Analizirani su umjetni materijali koji su najzastupljeniji kod ugradnje a to su: stiropor, mineralna vuna i poliuretan, te prirodni materijali: slama, ovčja vuna, papir i pluto.

Usporedna analiza je pokazala da su umjetni materijali skuplji u odnosu na prirodne. Također prirodni materijali su kvalitetniji i dugotrajniji. Koeficijente prolaska topline i koeficijente toplinske provodljivosti zadovoljavaju i prirodni i umjetni materijali podjednako. Proizvodnja prirodnih materijala puno je jednostavnija kao i njihova ugradnja. Prirodni materijali su ekonomski i ekološki prihvatljiviji a to je u današnje vrijeme jedna od najvećih prednosti.

Umjetni materijali se ne mogu reciklirati pa samim time stvaraju otpad dok se prirodni materijali i nakon što se iskoriste u svrhu toplinske izolacije mogu iskoristiti u različite svrhe.

Povećana potrošnja energije krajem 20. i početkom 21. stoljeća potaknula je najrazvijenije svjetske sile da posvete više pažnje očuvanju i zaštiti okoliša. Europska Unija želi sufinanciranjem potaknuti više investitora na korištenje prirodnih termoizolacijskih materijala.

Ovim radom ne temelju činjenica željelo se svakoga čitatelja potaknuti da prije ugradnje toplinske izolacije razmisli kojim će materijalom izolirati vlastiti životni prostor.

## 6. Literatura

- [1] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Toplinska\\_izolacija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Toplinska_izolacija); preuzeto: 25.01.2017.
- [2] <http://moodle.vz.unin.hr/moodle/mod/resource/view.php?id=16637>; preuzeto: 25.01.2017.
- [3] <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-58-2006-05-09.pdf>;  
preuzeto: 25.01.2017.
- [4] [http://www.promoizlog.net/index.php?id=13&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=70&cHash=5ec26db3172eb539340b78de1ea6c1c0](http://www.promoizlog.net/index.php?id=13&tx_ttnews%5Btt_news%5D=70&cHash=5ec26db3172eb539340b78de1ea6c1c0); preuzeto: 25.01.2017.
- [5] <http://www.poslovni.hr/blog/toplinska-izolacija-1217>; preuzeto: 26.01.2017.
- [6] <http://www.termo-toplinska-fasada.hr/grafitni-fasadni-stiropor.html>;  
preuzeto: 26.01.2017.
- [7] <http://www.ikoma.hr/hr/fasade-stiropor-kamena-vuna-ljepila/stirodur-xps/stirodur-xps-3-cm-60-x-125-cm-10-5-m2-paket-s-falcom-2938/>; preuzeto: 27.01.2017.
- [8] [http://www.ig-gradnja.com/dokumenti/upute\\_za\\_postavljanje\\_toplinske\\_fasade\\_stiropor.docx](http://www.ig-gradnja.com/dokumenti/upute_za_postavljanje_toplinske_fasade_stiropor.docx);  
preuzeto: 27.01.2017.
- [9] <http://www.webgradnja.hr/specifikacije/834/izolacija-vanjskih-zidova-kontaktne-fasade-kamenom-vunom-knauf-insulation/>; preuzeto: 30.01.2017.
- [10] <http://www.rockwool.hr/savjeti+i+bro%C5%A1lure/uradi+sam/izolacija+kosog+krova>;  
preuzeto: 02.02.2017.
- [11] [http://www.ig-gradnja.com/toplinska\\_izolacija.html](http://www.ig-gradnja.com/toplinska_izolacija.html); preuzeto: 02.02.2017.
- [12] <http://www.gradimo.hr/clanak/optimalna-izolacija-krova/45015>; preuzeto: 04.02.2017.
- [13] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Izolacija\\_od\\_ov%C4%8Dje\\_vune](https://hr.wikipedia.org/wiki/Izolacija_od_ov%C4%8Dje_vune); preuzeto: 04.02.2017.
- [14] <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-63-2011-05-12.pdf>;  
preuzeto: 07.02.2017.
- [15] <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-63-2011-05-12.pdf>;  
preuzeto: 07.02.2017.
- [16] <http://www.ekosense.hr/wp-content/uploads/2013/11/PrirucnikTehnologijeZaOdrziviSvijet4WEB.pdf>;  
preuzeto: 10.02.2017.
- [17] [http://www.arhiteko.hr/menu.html?http://www.arhiteko.hr/\\_celuloza.html](http://www.arhiteko.hr/menu.html?http://www.arhiteko.hr/_celuloza.html);  
preuzeto: 12.02.2017.
- [18] <http://www.gradnja.org/zanatski-radovi/toplinske-izolacije/268-materijali-za-izvedbu-toplinske-izolacije.html>; preuzeto: 15.02.2017.

## Popis slika

Slika 1. Kompletna toplinska izolacija kuće	
Izvor: Skripta: "Završni radovi i instalacije u zgradama", prof. A.Bogadi.....	3
Slika 2. Koeficijent prolaska topline na zidu bez izolacije i sa izolacijom od stiropora	
Izvor: <a href="http://viking.hr/grijanje-hrvatska/centralno/centralno%20grijanje">http://viking.hr/grijanje-hrvatska/centralno/centralno%20grijanje</a> .....	4
Slika 3. Stiropor u različitim dimenzijama	
Izvor: <a href="http://www.izolirka.hr/katalogproizvoda/boje-zbuke/termoizolacija/stiropor-eps-70-3-cm-176/">http://www.izolirka.hr/katalogproizvoda/boje-zbuke/termoizolacija/stiropor-eps-70-3-cm-176/</a> .....	5
Slika 4. Struktura stiropora	
Izvor: <a href="http://fasade.biz/205/06/23/608/">http://fasade.biz/205/06/23/608/</a> .....	5
Slika 5. Ugradnja stiropora	
Izvor: <a href="http://www.austrotherm.rs/primena/izolacija-zida/izolacija-fasadnih-zidova.html">http://www.austrotherm.rs/primena/izolacija-zida/izolacija-fasadnih-zidova.html</a> ..	6
Slika 6. Polaganje stirodur ploča	
Izvor: <a href="http://www.podsvojestreho.net/forum/viewtopic.php?t=362">http://www.podsvojestreho.net/forum/viewtopic.php?t=362</a> .....	7
Slika 7. Nanošenje ljepila na stiropor ploču	
Izvor: <a href="http://bitpromet.hr/2013/12/stiropor-fasade/">http://bitpromet.hr/2013/12/stiropor-fasade/</a> .....	8
Slika 8. Sokl sa mozaik žbukom	
Izvor: <a href="http://www.jihlavsko.biz/clanky/fasada/dodelavka-soklu.html">http://www.jihlavsko.biz/clanky/fasada/dodelavka-soklu.html</a> .....	10
Slika 9. Rezanje vune na željene dimenzije	
Izvor: <a href="http://www.knaufinsulation.rs/sr/%C5%A1ta-je-kamena-mineralna-vuna-i-kako-nastaje-0">http://www.knaufinsulation.rs/sr/%C5%A1ta-je-kamena-mineralna-vuna-i-kako-nastaje-0</a> .....	11
Slika 10. Postavljanje kamene vune oko prozora	
Izvor: <a href="http://www.kamenavuna.com/izvodjenje-fasade-u-10-koraka/">http://www.kamenavuna.com/izvodjenje-fasade-u-10-koraka/</a> .....	12
Slika 11. Izvedba kosog krova sa mineralnom vuna	
Izvor: <a href="http://www.knaufinsulation.hr/arhiva-pitanja-i-odgovora-travanj-2013-srpanj-2013">http://www.knaufinsulation.hr/arhiva-pitanja-i-odgovora-travanj-2013-srpanj-2013</a> .....	13
Slika 12. Izvedba termoizolacije krova sa poliuretanskom pjenom	
Izvor <a href="http://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/1152/820/poliuretanska-pu-pena-u-spreju-%E2%80%93kompletna-termoizolacija-objekta-i-mnogo-vise">http://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/1152/820/poliuretanska-pu-pena-u-spreju-%E2%80%93kompletna-termoizolacija-objekta-i-mnogo-vise</a> .....	14
Slika 13. PUR sustav za TI	
Izvor: <a href="http://www.gradimo.hr/clanak/optimalna-izolacija-krova/45015">http://www.gradimo.hr/clanak/optimalna-izolacija-krova/45015</a> .....	15
Slika 14. Odlagalište ovčje vune	
Izvor: <a href="http://www.ekopoduzetnik.com/tekstovi/vuna-kao-ekolosko-gnojivo-18978/">http://www.ekopoduzetnik.com/tekstovi/vuna-kao-ekolosko-gnojivo-18978/</a> .....	17



Slika 15. Ploče ovčje vune	
Izvor: <a href="http://www.arhiteko.hr/menu.html?http://www.arhiteko.hr/_ovcjavuna.html">http://www.arhiteko.hr/menu.html?http://www.arhiteko.hr/_ovcjavuna.html</a> .....	18
Slika 16. Sušenje ovčje vune Izvor: <a href="http://www.keystone-bih.com/vuna">http://www.keystone-bih.com/vuna</a> .....	18
Slika 17. Bale slame na polju	
Izvor: <a href="https://www.agroklub.ba/poljoprivredni-oglasnik/oglas/balirana-slama-big-pak/7510">https://www.agroklub.ba/poljoprivredni-oglasnik/oglas/balirana-slama-big-pak/7510</a> .....	19
Slika 18. Izrada kuće od slame	
Izvor: <a href="https://www.agroklub.ba/poljoprivredni-oglasnik/oglas/balirana-slama-big-pak/7510/">https://www.agroklub.ba/poljoprivredni-oglasnik/oglas/balirana-slama-big-pak/7510/</a> .....	20
Slika 19. Celulozne pahuljice Izvor: <a href="http://www.constructa-promet.hr/trendisol">http://www.constructa-promet.hr/trendisol</a> .....	21
Slika 20. Ugradnja papira u konstrukciju (upuhivanje)	
Izvor: <a href="http://www.zelena-gradnja.hr/proizvodi/termoizolacija-krova/izolacija-za-upuhivanje">http://www.zelena-gradnja.hr/proizvodi/termoizolacija-krova/izolacija-za-upuhivanje</a> .....	22
Slika 21. Ploče pluta	
Izvor: <a href="http://www.hardwoodandcarpetflooring.net/recommended-hardwood-flooring-underlayment/">http://www.hardwoodandcarpetflooring.net/recommended-hardwood-flooring-underlayment/</a> .....	23

## **Popis tablica**

Tablica 1. Usporedba koeficijenata prolaska topline i toplinske vodljivosti.....	24
--	----

## Popis grafikona

Grafikon 1. Prikaz cijene ploča od jednog metra kvadratnog, debljine koja zadovoljava $U=0,35\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ .....	25
Grafikon 2. Trošak ugradnje $1\text{ m}^2$ sa materijalom i radom.....	26
Grafikon 3. Omjer materijala koji se koristi za toplinsku izolaciju.....	27

IZJAVA O AUTORSTVU

I

SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, HELITA VIŠAK (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ISTOREDNA ANALIZA KORISTI I PROSKOVA PRIRODNIH I KONVENCIONALNIH TERMOIZOLACIJSKIH MATERIJALA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

HELITA VIŠAK

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, HELITA VIŠAK (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ISTOREDNA ANALIZA KORISTI I PROSKOVA PRIRODNIH I KONVENCIONALNIH TERMOIZOLACIJSKIH MATERIJALA (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

HELITA VIŠAK

(vlastoručni potpis)