

# Toplinska izolacija zgrada

---

**Franjić, Lorena**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:067573>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-15**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAGREB**

# **ZAVRŠNI RAD**

Lorena Franjić

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAGREB**

Smjer: Građevinarstvo

**ZAVRŠNI RAD**  
**TOPLINSKA IZOLACIJA ZGRADA**

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Nikolina Vezilić Strmo

Student:

Lorena Franjić

Zagreb, 2023.

## SAŽETAK

Ovaj rad, uporabom primjera i teorije, nastoji prikazati važnost uporabe toplinske izolacije, odnosno otpora prolaska topline, pomoću kojeg se može postići značajna ušteda energije. U radu se opisuje povijesni razvoj toplinske izolacije od samih početaka, kada se za izolaciju koristila zemlja, pa sve do danas. Rad opisuje najčešće korištene materijale prirodnog i umjetnog podrijetla, a navedeni su i materijali koji se razvijaju. Poblje su pojašnjene prednosti i mane svakog materijala te način izvedbe izolacije tim materijalima. Pri izvedbi izolacije od velike je važnosti poznavanje svojstava i kompatibilnosti materijala kako bi se izolacija što kvalitetnije izvela. Kvalitetno izvedena izolacija smanjuje gubitke energije, smanjuje trošak održavanja i povećava ugodu boravka.

Rad je podijeljen u više cjelina. Uvod, kao prva cjelina, pojašnjava važnost toplinske izolacije. Druga cjelina povijesno vodi kroz razvoj materijala i izvedbe izolacija. Treća cjelina posvećena je upoznavanju s nekima od materijala i njihovim karakteristikama. Kraj rada posvećen je pojašnjavanju mogućih problema do kojih može doći pri izvedbi ili eksploataciji toplinske izolacije. Rad kroz tri česta primjera iznosi probleme i moguća rješenja.

**Ključne riječi:** toplinska izolacija, energija, toplina, zaštita, gubici

## **ABSTRACT**

This paper, by using examples and theory, is trying to show the importance of using thermal insulation, i.e. resistance to the passage of heat, which can be used to achieve significant energy savings. The paper describes the historical development of thermal insulation from the very beginning, when earth was used for insulation, until today. The paper describes the most commonly used materials of natural and artificial origin. The materials that are being developed are also listed. The advantages and disadvantages of each material and the method of performing insulation with these materials are explained in more detail. When performing insulation, it is very important to know the properties and compatibility of materials in order to perform the insulation as well as possible. High-quality insulation reduces energy losses, lowers maintenance costs and increases the comfort of the stay.

The paper is divided into several parts. The introduction, as the first unit, explains the importance of thermal insulation. The second unit leads historically through the development of materials and performance of insulation. The third unit is dedicated to getting to know some of the materials and their characteristics. The end of the paper is dedicated to clarifying possible problems that may arise during the performance of exploitation of thermal insulation. The paper presents problems and possible solutions through three frequent examples.

**Keywords:** thermal insulation, energy, heat, protection, losses

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. POVIJESNI RAZVOJ TOPLINSKE IZOLACIJE.....	2
3. MATERIJALI KOJI SE KORISTE ZA TOPLINSKU IZOLACIJU.....	4
3.1. Toplinska izolacija od materijala prirodnog podrijetla .....	4
3.1.1. Ovcja vuna.....	5
3.1.2. Slama .....	7
3.1.3. Celuloza.....	9
3.2. Toplinska izolacija od umjetnih materijala .....	11
3.2.1. Kamena i staklena mineralna vuna.....	12
3.2.2. Stiropor.....	15
3.2.3. Poliuretanska pjena.....	17
3.3. Toplinska izolacija budućnosti.....	19
3.3.1. Aerogel .....	19
3.3.2. 3D printana izolacija.....	20
4. IZVEDBA TOPLINSKE IZOLACIJE – PROBLEMI I RJEŠENJA U PRAKSI.....	21
4.1. Sanacija nepravilno izvedene izolacije stiroporom.....	21
4.2. Toplinska izolacija slamom.....	23
4.3. Unutarnja toplinska izolacija.....	24
5. ZAKLJUČAK.....	25
6. POPIS LITERATURE.....	26
7. POPIS SLIKA.....	28

# 1. UVOD

Živim bićima je u prirodi boraviti u prostoru u kojem im je ugodno. Još od samih početaka ugodan boravak povezan je sa zaštitom od vanjskih utjecaja. Kako bi se ta potreba ispunila postavlja se ovojnica zgrade koja filtrira poželjne i nepoželjne utjecaje okoliša. [1]

Toplinska izolacija jedna je od vrsta izolacija koja štiti građevine, omogućava ugodan boravak te produkuje životni vijek građevine. Toplinska izolacija se definira kao minimiziranje topline koja se prenosi s predmeta na predmet ili prostorom. [2]

Sve su veći zahtjevi za kvalitetnijom toplinskom izolacijom zbog klimatskih promjena i zakonodavstva, no ponajviše zbog sve skuplje energije potrebne za zagrijavanje i hlađenje prostora. Nekvalitetna toplinska izolacija dovodi do pregrijavanja, gubitaka topline i oštećenja. Pri izvedbi toplinske ovojnice fokus se postavlja na lake i izdržljive materijale koji su ujedno i financijski pogodni. [3]

Cilj je ovog završnog rada opisati pravilnu izvedbu toplinske izolacije, te prikazati tradicionalne i inovativne materijale koji se koriste.

## 2. POVIJESNI RAZVOJ TOPLINSKE IZOLACIJE

Pojam gradnje započinje s namjerom zaštite od grabežljivaca i vremenskih uvjeta. Na samim počecima gradnje toplinska izolacija nije formirala zasebnu ovojnicu nego je bila dio osnovnog građevnog materijala. Zaključuje se da je toplinska izolacija nastala istovremeno s gradnjom.

Sjedilački način života primorao je ljude na korištenje trajnijih i čvršćih materijala. Često bi svoje nastambe štitili zemljom, koja je vezana uz pojavu termičkog kašnjenja, odnosno spore promjene temperature uslijed velike gustoće materijala. Primjer takvih nastambi nalazi se u neolitskom selu Skara Brae.



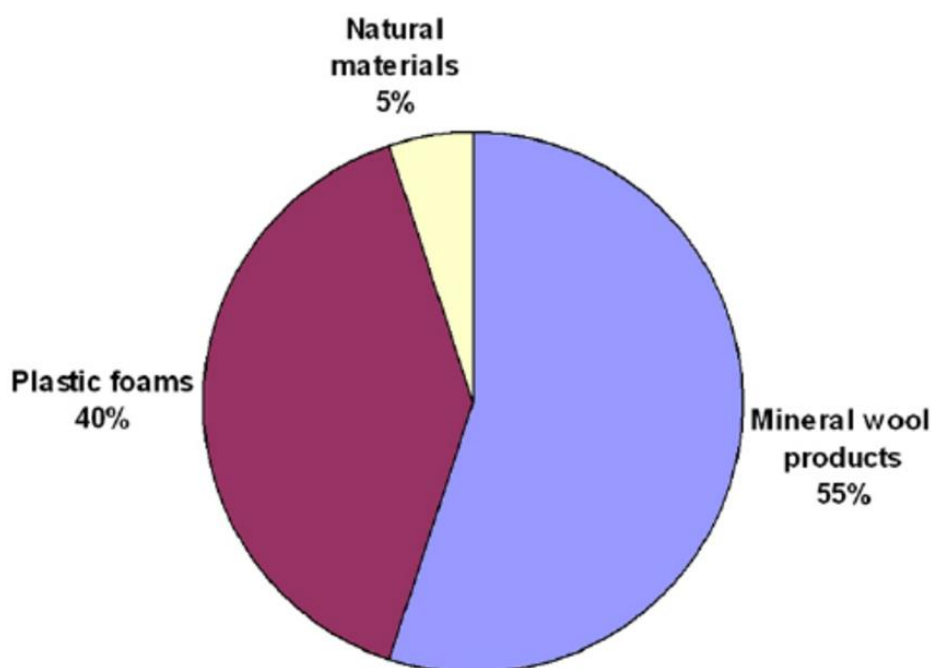
Slika 1. Neolitsko selo Skara Brae

Kako su se s vremenom javljali novi materijali poput čelika i betona, javila se potreba proučavanja tih materijala pri visokim temperaturama te izolacija od oštećenja u takvim situacijama. Zbog toga se toplinska izolacija promatra i izvodi kao zaseban sloj od kraja 19. stoljeća.



Konstantan rast potrošnje energije, uz što se vežu i visoki troškovi, doveo je do pojave proračuna toplinskih gubitaka i sve češćeg korištenja toplinske izolacije. Prvotno se toplinska izolacija izvodila od materijala koji se mogu pronaći u prirodi, poput slame ili trske. Takvi materijali imali su mane poput slamine higroskopnosti ili trskine zapaljivosti. Upravo zbog toga za vrijeme industrijske revolucije proizvode se umjetni materijali koji imaju brojne prednosti poput požarne otpornosti i izdržljivosti. Primjerice to su mineralna vuna, pjenasto staklo ili elementi za zidanje.

Proizvodnja umjetnih materijala za toplinsku izolaciju koristi značajne količine fosilnih goriva kojih ponestaje. Shodno tome nastoji se povećati svijest o uporabi prirodnih materijala. Nažalost ljudi više ističu mane prirodnih materijala u odnosu na njihove vrline te je zbog toga danas najčešći oblik toplinskih izolacija onaj od umjetnih materijala. [4]



Slika 2. Uporaba materijala za toplinsku izolaciju

### 3. MATERIJALI KOJI SE KORISTE ZA TOPLINSKU IZOLACIJU

#### 3.1. Toplinska izolacija od materijala prirodnog podrijetla

Razvojem industrije i tehnologija proizvodnje napredovali su i materijali za toplinsku izolaciju. Proizvodnja takvih materijala troši veliku količinu energije te je i veća količina otpada. Kako bi se reducirale takve pojave neke zemlje njeguju ekološko graditeljstvo koje se temelji na povijesnim tehnikama toplinskog izoliranja – korištenju proizvoda iz prirode koji se preradom pretvaraju u materijale uporabljive u graditeljstvu. Takvi materijali su primjerice ovčja vuna, slama i celuloza. [5]



Slika 3. Ovčja vuna



Slika 4. Slama



Slika 5. Celuloza

### 3.1.1. Ovčja vuna

Ovčja vuna je izolacija životinjskog podrijetla koja sadrži tvar lanolin. Većom koncentracijom lanolina poboljšavaju se izolacijska svojstva. Sama vuna je teško goriva što čini veliku prednost pri toplinskoj izolaciji.

Nakon što se skupi vuna prolazi kroz proces pranja i obrade kemikalijama kako bi bila otporna na nametnike. Pri obradi uklanja se dio lanolina i zamjenjuje poliestrom radi zadržavanja oblika. Vuna se ne smije tretirati vapnom jer on smanjuje kvalitetu – ispravnije je koristiti kemikaliju boraks. Nakon obrade vuna se preša. Prešanje nije uvijek nužno potrebno jer se vuna može rukom ugurati između slojeva materijala. Postoji i mogućnost žbukanja no u tom slučaju potrebno je koristiti i letvice.

Ovčja vuna je izolacijski ekvivalentna mineralnoj vuni, odnosno zamjenom mineralne vune ovčjom izolacijska svojstva su nepromijenjena. Također, ovčja vuna je higroskopna, odnosno upijati će vodu i vodenu paru bez da se naruši toplinsko izoliranje.



Slika 6. Ovčja vuna

Izolacija ovčjom vunom funkcionira tako da pri nižim temperaturama i hladnijem vremenu vuna upija i zadržava toplinu iz zraka. Takvo ponašanje omogućava zadržavanje topline unutar zgrade. Suprotno tome, pri visokim temperaturama i toplijem vremenu vlaga iz zraka hladi vlakna i reducira prolazak topline.

Ovčja vuna formira se u zamotuljke, a može se pronaći u tri debljine: 50 mm, 75 mm i 100 mm. Najčešće se koristi pri izoliranju tavana i potkrovlja, a posebno je pogodna kod drvenih konstrukcija. Oblik joj se lako prilagođava, jednostavno se postavlja zbog lakog rezanja, a ako se ispravno postavi traje i preko 50 godina. [6]



Slika 7. Izvedba izolacije ovčjom vunom

### 3.1.2. Slama

Slama je prirodni izolacijski materijal koji može imati višestruku uporabu. Može služiti kao osnovni materijal, pri čemu se koristi žbukana balirana slama, ili može služiti samo kao izolacija gotovih elemenata. Princip izoliranja temelji se na slaminom difuzijskoj otvorenosti. [7]



Slika 8. Slama

Slama koja se koristi za izradu toplinskih izolacija nastaje od raži, pšenice, ječma ili zobi. Pri izoliranju koriste se prešane bale slame. Bolja opcija je postavljati bale s vanjske strane kuće zbog zauzimanja prostora.

Nakon postavljanja bala slijedi žbukanje. Žbukanje bi trebalo izvoditi tradicionalnim žbukama, kako bi se što manje oštetila slama uslijed interakcije s kemikalijama u modernim žbukama. Slama koja se postavlja unutar građevine ne zahtijeva žbukanje, nego se slama ubacuje između slojeva elemenata.

Prednosti slame očituju se u dobroj toplinskoj, ali i zvučnoj izolaciji. Cijena slame je niska, a obrada i odlaganje jednostavni. Najveći nedostaci uporabe slame su gorivost, ograničena otpornost na vlagu i potreba zaštite od štetočina.

Slama se najčešće upotrebljava za vanjsko ili unutrašnje izoliranje fasade te za vanjsku izolaciju krova. [8]



Slika 9. Primjena slame za izolaciju

### 3.1.3. Celuloza

Celuloza je sastavni dio drva. Povezano s tim nalazi se u svim oblicima papira. Otpadni papir koristi se kao sirovina za izradu toplinske izolacije. Izrada samog materijala za izolaciju temelji se na usitnjavanju otpadnog papira u mlinovima, nakon kojeg se tretira kemikalijama i pretvara u izolaciju. Najčešće se nanosi prskanjem u šupljine u konstrukciji. Izolacija u obliku ploča je rjeđa.



Slika 10. Celuloza

Prednosti celuloze očituju se u obnovljivosti materijala i niskoj potrošnji energije pri proizvodnji. Može se vrlo jednostavno napraviti celulozna izolacija i samostalno, bez potrebe naručivanja. Takav postupak zahtjeva stari papir, improvizirani mikser i vodu, a po potrebi se mogu koristiti i aditivi za postizanje stabilnosti. Smjesa se lije u kalupe željenog oblika. Nadalje, zbog svoje velike gustoće celuloza je pogodan izolacijski materijal koji omogućuje sporije hlađenje i zagrijavanje.

Nedostatak celuloze je njena zapaljivost. Problem zapaljivosti smanjuje se miješanjem celuloznih vlakana s kemijskim aditivima, što pretvara materijal u normalno zapaljiv. Celulozna izolacija može postati pljesniva jer je organski materijal koji može apsorbirati vlagu, no dodavanjem aditiva za sprječavanje požara smanjuje se mogućnost pojave pljesni. Velika gustoća može ujedno biti i nedostatak – može biti teret starim krovnim nosačima. Nedostaci izvedbe očituju se u neopreznosti pri postavljanju rasutog materijala i potrebom za specijaliziranim tvrtkama koje bi izvele upuhivanje.

Izolacija od celuloze primjenjiva je svugdje gdje nema vode – izolacija krovova, podova i zidova. Izolacija fasada celulozom primjenjuje se u slučajevima drvenih konstrukcija. [9]



Slika 11. Izvedba toplinske izolacije celulozom



### 3.2. Toplinska izolacija od umjetnih materijala

Početak dvadesetog stoljeća sve veći značaj dobivaju umjetni materijali za toplinsku izolaciju. Takav napredak omogućila im je velika trajnost, vatrootpornost i vodootpornost. Umjetni materijali najčešće su korišteni materijali za toplinsku izolaciju. Neki od umjetnih materijala su azbest, kamena vuna i pjenasti proizvodi (npr. stiropor).

Azbest se istaknuo kao izolacijski proizvod zbog svoje otpornosti na visoke temperature i velike čvrstoće. Kasnije zbog otkrića njegovog kancerogenog utjecaja na ljudsko zdravlje postaje zabranjen izolacijski materijal u velikom broju država.



Slika 12. Kamena vuna



Slika 13. Stiropor



Slika 14. Azbest

### 3.2.1. Kamena i staklena mineralna vuna

Mineralna vuna izuzetan je materijal koji služi ne samo toplinskoj već i zvučnoj i protupožarnoj izolaciji. Vuna je paropropusna, a otporna je na raspadanje i nametnike. Dobre karakteristike ovog materijala iskazane su otpornošću na kemikalije te postojanošću. Razlikujemo kamenu i staklenu mineralnu vunu, čija se razlika očituje po sirovinama od kojih se izrađuju i u samom postupku izrade. [10]

#### 3.2.1.1. Kamena vuna

Proizvodnja kamene vune odvija se u peći na 1600 °C gdje se pomiješaju bazalt i dijabaz uz dodatak koksa. Talina se obradi i dodaje joj se vezivo za tvrdoću te nastaju vlakna, koja se oblikuju u ploče.



Slika 15. Kamena vuna

Kamena vuna veće je gustoće od staklene, što rezultira većom čvrstoćom i većom vatrootpornosti. Povezano s tim, povećanjem gustoće snižava se toplinska provodljivost. Kako bi postigli vodootpornost potrebno je dodati dodatak za zaštitu od vlage jer kamena vuna sama po sebi nije otporna na vlagu. Potrebno je izbjegavati izvedbu ove toplinske izolacije na konstantno vlažnim mjestima. Kamena vuna pripada razredu negorivosti A1 jer joj se vlakna tale iznad 500 °C. Točka pri kojoj se vuna tali veća je kod kamene nego kod staklene vune.

Struktura materijala očituje se kratkim vlaknima i niskom elastičnosti, što otežava prilagođavanje pri izvedbi i povećava vjerojatnost nastanka toplotnih mostova. Visoka joj je čvrstoća na tlak kao i otpornost na mehanička oštećenja, a prodaje se u obliku tabli.



Slika 16. Postavljanje kamene vune



Slika 17. Postavljanje kamene vune oko otvora

### 3.2.1.2. Staklena vuna

Proizvodnja staklene vune odvija se u peći pri čemu se kvarcni pijesak i reciklirano staklo tale i smjesa se lije u rotore. Dobivena vlakna se učvršćuju vezivom. Dobiveni proizvod reže se i mota u role.



Slika 18. Staklena vuna

Staklena vuna, za razliku od kamene, s porastom gustoće bolje provodi toplinu. Isto kao i kod kamene vune, vodootpornost se postiže dodavanjem dodatka za zaštitu od vlage. Također, svrstana je u razred negorivosti A1 i opisana kao negoriva.

Vlakna kod staklene vune su elastičnija i tanja zbog čega je ugradnja povoljnija. Naime, elastična vlakna omogućavaju smanjenje volumena pri stiskanju i prilagodljivost oblicima pri ugradnji. Zaključuje se da je struktura staklene vune povoljna zbog manje vjerojatnosti nastanka toplinskih mostova. [11]



Slika 19. Postavljanje staklene vune

### 3.2.2. Stiropor

Toplinska izolacija stiroporom najčešće je rješenje. Stiropor je toplinske provodljivosti poput kamene vune što se postiže samim sastavom – sadrži 2% polistirena u obliku granula koji se dobije iz nafte i 98% zraka koji je zarobljen.



Slika 20. Stiropor

Stiropor nastaje povećanjem volumena granula polistirena pomoću pare, zatim se uzorci drže u silosima 6-24 h iz kojih idu na formiranje. Skladište se 7-45 dana kako bi se mogli rezati bez savijanja. Postoji više vrsta stiropora gledano po tlačnoj čvrstoći zbog različitih namjena. Tako je primjerice EPS 70 za izolaciju zidova. Veća gustoća stiropora ne znači bolja izolacijska svojstva. Naime, bolja izolacija se postiže većom debljinom stiropora. Najčešće korištena debljina je 10 cm.



Slika 21. Različite debljine stiropora

Stiropor je popularno izolacijsko sredstvo zbog niske cijene i lakog postavljanja. Odličan je toplinski izolator, ali ima lošu požarnu otpornost jer popušta na temperaturi iznad 80°C. Prednosti stiropora su njegova paropropusnost, dobro povezivanje s ljepilima i neškodivost pri radu. Postojan je materijal čija trajnost prelazi period od 20 godina. Uslijed dugotrajnog kontakta s vodom kvaliteta stiropora opada. [12]

Često se može čuti za ekstrudirani i ekspanzirani polistiren. Razlika se očituje u izradi - izrađujemo li stiropor od čvrstih zrna polistirena, kao kod ekspanziranog, ili od čvrstih polistirenskih kristala, kao kod ekstrudiranog. Izolacija ekspanziranom polistirenom češća je kod fasadnih zidova, plafona, unutarnjih zidova i potkrovlja dok se ekstrudirani primjenjuje u vlažnim sredinama. [13]



Slika 22. Lijepljenje stiropora

### 3.2.3. Poliuretanska pjena

Poliuretanska pjena je izolacijski materijal temeljen na komponentama poliola, koje određuju karakteristike pjene i izocijanata, koje omogućavaju pjenjenje. Sastojci pjene su sami za sebe otrovni no njihova mješavina čini neutralnu smjesu koja ne reagira. Nastanak pjene povezan je s oslobađanjem ugljičnog dioksida koji slabo provodi toplinu. Zbog te činjenice je pjena odličan izolator. [14]



Slika 23. Poliuretanska pjena

Poliuretanska pjena je pjenasta što omogućava izoliranje bez prekida i praznina te odlično prijanjanje na podlogu, a omogućava i jednostavnu izolaciju teško dostupnih područja. Zbog toga također ima malu masu. Lako i brzo se ugrađuje, štedi energiju i odbojna je za štetočine što sve skupa rezultira duljim životnim vijekom građevine. Vijek poliuretanske pjene je minimalno 25 godina, ali tada se tek samo neznatno smanje svojstva pjene, što znači da je ona i dalje djelotvorna.

Pjena ima raznoliku uporabu primjerice za izoliranje novih krovova, ali i za obnavljanje krovova. Može se koristiti i za vanjske i unutarnje izolacije šupljina zidova i stropova, temelje, podove itd. [15]



Slika 24. Izvedba izolacije poliuretanskom pjenom



Slika 25. Izvedba izolacije poliuretanskom pjenom



### 3.3. Toplinska izolacija budućnosti

#### 3.3.1. Aerogel

Aerogel je materijal izveden iz gela u kojem je tekući dio gela zamijenjen plinom. Materijal je ultralak, porozan i čvrst. Osnovni materijal za izradu je silicij no mogu se koristiti mnogobrojni kemijski spojevi. Gustoća mu je vrlo niska, najniža poznata do sada, kao i toplinska vodljivost. Funkcionira po principu usporavanja prijenosa topline jer je ispunjen plinom. Aerogel je higroskopan i ponaša se kao sredstvo za sušenje, ako upije vodu trpi promjene u strukturi što se može spriječiti obradom. [16]

Aerogel je nov materijal te je poprilično skup pa se za sada koristi pri sanacijama. Može se pronaći u obliku rola, vune ili ploča. [17]

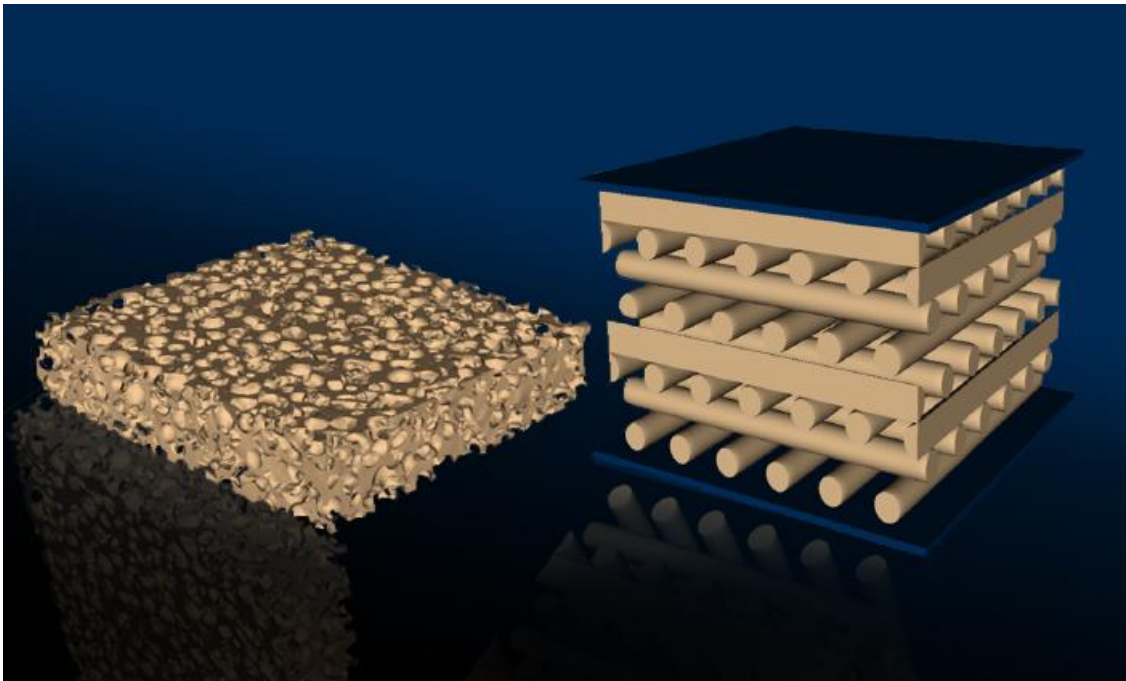


Slika 26. Aerogel

### 3.3.2. 3D printana izolacija

Razvoj 3D printera doveo je i do ideje stvaranja printane toplinske izolacije. Na tu temu znanstvenici iz Nacionalnog Laboratorija „Lawrence Livermore“ objavili su članak u kojemu pojašnjavaju otkriće djelovanja 3D tiskane pjene bolje od standardnih materijala.

Pokazali su kako pri izvedbi 3D ispisa pjenaste strukture budu ujednačene zbog procesa izravnog pisanja tinte. Suprotno tome, pri izvedbi uobičajenim izolacijskim materijalima pjene se stvaraju neujednačeno, to dovodi do razlika u dimenzijama i povezanosti. Također su proučavali stabilnost uzoraka i došli do zaključka da 3D tiskani materijali polako stare. Osim toga zaključili su kako je 3D pjena prilagodljiva i fleksibilna. [18]



Slika 27. 3D printana izolacija

## 4. IZVEDBA TOPLINSKE IZOLACIJE – PROBLEMI I RJEŠENJA U PRAKSI

### 4.1. Sanacija nepravilno izvedene izolacije stiroporom

Za vrijeme nevremena u srpnju 2023. na obiteljskoj kući u Slavonskom Brodu došlo je do odljepljivanja dijela toplinske izolacije stiroporom uslijed nepravilne izvedbe. Sanacija je u fazi planiranja. [19]



Slika 28. Nepravilno izvedena izolacija stiroporom

Naime, proces postavljanja stiropora započinje miješanjem ljepila i postavljanjem početnih aluminijskih profila, koji kasnije služe zaštiti od glodavaca. Ljepilo se obavezno nanosi na rubove ploča od stiropora i po sredini u obliku točaka. Upravo je nepravilno nanošenje ljepila uzrokovalo je štetu na obiteljskoj kući u ovom primjeru. Ljepilo nije nanoseno na rubove ploča te se omogućilo odizanje stiroporne ploče uzrokovano vjetrom. Navedeni problem se može riješiti na dva načina: privremenim rješenjem i trajnim rješenjem. Privremeno rješenje provelo bi se zamjenom i pravilnim postavljanjem oštećenog dijela.

Trajno i poželjno rješenje je izvesti izolaciju cijele kuće iznova jer se može pretpostaviti nekvalitetna izvedba i na ostatku kuće. Izvedba trajnog rješenja započela bi, kako je ranije navedeno, postavljanjem profila i ljepila. Zatim bi se stiropor postavljao na zidove pazeći da se fuge ne poklapaju. Sljedeći dan bi se postavljale tiple za dodatno pričvršćenje. Nakon čega bi uslijedilo nanošenje tankog sloja ljepila u kojeg bi se utopile mrežice te još dva puta učvrstile ljepilom.



Slika 29. Nanošenje ljepila



Slika 30. Postavljanje mrežice

## 4.2. Toplinska izolacija slamom

Obiteljska kuća u blizini Vinkovaca primjer je ekološke gradnje u kojoj su kao materijali korišteni drvo i slama. Slama koja je korištena dobivena je s vlastitih polja vlasnika. Kuću je staklom otvorena prema jugu za primanje topline koju bi slama zadržavala.

Kuća ima betonske temelje na kojima je postavljena drvena konstrukcija povezana drvenim tiplama i čeličnim vijcima. Konstrukcija je ispunjena slamom sklapanom u panele. Vapnenom žbukom je slama obostrano ožbukana zbog zaštite od glodavaca i požara. Na unutrašnju stranu izvedenog zida postavljena je parna brana i gips kartonske ploče kao oblogu, dok je na vanjsku žbuku postavljena paropropusna folija te izvedena ventilirajuća fasada. Za izvedbu fasade korišteno je tisuću bala slame, a sloj slame u zidovima je debljine 45 cm dok ukupna je debljina zida 65 cm. Kuća ima ravan krov koji je također izoliran slamom. [20]



Slika 31. Južna strana kuće



Slika 32. Kuća izolirana slamom

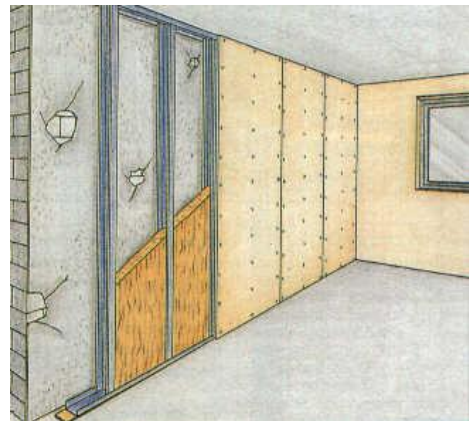
### 4.3. Unutarnja toplinska izolacija

Iako je najbolje izvesti toplinsku izolaciju s vanjske strane u nekim slučajevima to nije moguće. Primjer takve situacije je stan u Zagrebu čiji vlasnici žele postavljanje toplinske izolacije, no nije ju moguće izvršiti s vanjske strane zbog nesuglasnosti stanara. Ponuđena su dva rješenja.

Prvo rješenje navodi izolaciju stiroporom. Ploče stiropora lijepe se ljepilom, a na njih se nanosi mort i mrežica. Izvodi se sloj poravnanja te žbuka. Drugo rješenje predlaže izvedbu gips kartonskih ploča, gdje se kao izolacija koristi mineralna vuna. Mora se uzeti u obzir oprez pri ugradnji membrane za regulaciju vodene pare. Na kraju se ugrađuju gips kartonske ploče.



Slika 33. Prvo rješenje



Slika 34. Drugo rješenje

Općenito pri izvođenju unutarnje toplinske izolacije mora se paziti na pojavu toplinskih mostova npr. kod prozorskog okna. Također, potrebno je provjeriti vlažnost zidova na koje se izolacija ugrađuje. [21]

## 5. ZAKLJUČAK

Zbog sve veće cijene i potrošnje energije na grijanje i hlađenje životnih prostora često je izvođenje toplinskih izolacija. Toplinske izolacije smanjuju gubitke topline zimi, odnosno sprječavaju zagrijavanje prostora ljeti. Otpor prolasku topline stvaraju toplinske izolacije koje se izvedu od prirodnih ili umjetnih materijala.

Zbog povoljnijeg odnosa s okolišem nastoje se koristiti prirodni izolacijski materijali, po uzoru na povijesne tehnike izoliranja. Unatoč tome umjetni materijali prednjače u korištenju. Kamena vuna pokazala se najboljim izolatorom, no stiropor je najčešće izolacijsko sredstvo zbog svoje dostupnosti i cijene. U budućnosti se može očekivati razvoj novih materijala boljih izolacijskih svojstava te veća upotreba recikliranog materijala.

Toplinska izolacija najveći je čimbenik koji utječe na energetske učinkovitost objekata. Potrebno se posvetiti kvalitetnoj izvedbi toplinske izolacije, kako bi se smanjili troškovi i povećala udobnost života u objektu. Osim financijskog aspekta pravilnim izoliranjem i odabirom materijala može se riješiti i problem s ekološkim aspekta.

## 6. POPIS LITERATURE

- [1] <http://casopis-gradjevinar.hr/archive/article/1565>, 31.08.2019.
- [2] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Toplinska\\_izolacija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Toplinska_izolacija), 02.12.2022.
- [3] <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-58-2006-05-09.pdf> , 09.05.2006.
- [4] <https://inspectapedia.com/insulation/History-of-Thermal-Insuation-Materials-Bozasky.pdf> , 07.04.2011.
- [5] <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-63-2011-05-12.pdf>, 12.05.2011.
- [6] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Izolacija\\_od\\_ov%C4%8Dje\\_vune](https://hr.wikipedia.org/wiki/Izolacija_od_ov%C4%8Dje_vune), 06.10.2022.
- [7] <https://hr.home-diary.net/7377351-straw-insulation-the-natural-insulation-solution-for-lightweight-construction>, 2021.
- [8] <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-62-2010-03-09.pdf>, 09.03.2010.
- [9] <https://hr.your-best-home.net/7344541-cellulose-insulation-costs-advantages-and-disadvantages-at-a-glance>, 2021.
- [10] [https://www.emajstor.hr/clanak/25/Kamena\\_ili\\_staklena\\_vuna](https://www.emajstor.hr/clanak/25/Kamena_ili_staklena_vuna), 16.05.2016.
- [11] <https://www.gradnja.me/clanak/19/Razlika-izme%C4%91u-kamene-i-staklene-mineralne-vune>, 21.01.2019.
- [12] <https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/9692/820/stiropor-kao-izolacija-odgovori-na-najcesca-pitanja#>, 23.02.2022.
- [13] <https://hr.strephonsays.com/expanded-and-extruded-polystyrene-14900>, 21.06.2021.
- [14] <http://pjena.hr/>, 13.03.2021.
- [15] <https://ibuilder-hr.techinfus.com/utepljenje/materialy/penopoliuretan/>
- [16] <https://www.thermal-engineering.org/what-is-aerogel-definition/>, 22.05.2019.
- [17] <https://en.wikipedia.org/wiki/Aerogel>, 10.07.2023.



[18] <https://www.llnl.gov/news/3d-printed-foam-outperforms-standard-materials>, 27.04.2016.

[19] <https://www.sbonline.net/velika-fotogalerija-pogledajte-kako-je-grad-izgledao-nakon-velikog-nevremena-153>, 19.07.2023.

[20] <https://www.jutarnji.hr/domidizajn/interijeri/kuca-od-slame-kod-vinkovaca-mocna-izgledom-a-njezna-prema-prirodi-4115175>, 15.11.2019.

[21] [https://www.emajstor.hr/clanak/42/Izolacija\\_na\\_unutarnjoj\\_strani\\_objekta](https://www.emajstor.hr/clanak/42/Izolacija_na_unutarnjoj_strani_objekta), 01.06.2016.

## 7. POPIS SLIKA

Slika 1. Neolitsko selo Skara Brae.....	2
( <a href="https://inspectapedia.com/insulation/History-of-Thermal-Insuation-Materials-Bozasky.pdf">https://inspectapedia.com/insulation/History-of-Thermal-Insuation-Materials-Bozasky.pdf</a> , 26.07.2023.)	
Slika 2. Uporaba materijala za toplinsku izolaciju .....	3
( <a href="https://inspectapedia.com/insulation/History-of-Thermal-Insuation-Materials-Bozasky.pdf">https://inspectapedia.com/insulation/History-of-Thermal-Insuation-Materials-Bozasky.pdf</a> , 26.07.2023.)	
Slika 3. Ovcja vuna.....	4
( <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> , 26.07.2023.)	
Slika 4. Slama .....	4
( <a href="https://www.pinterest.es/pin/132082201555028815/">https://www.pinterest.es/pin/132082201555028815/</a> , 26.07.07.2023.)	
Slika 5. Celuloza .....	4
( <a href="https://bighorninsulation.com/services/cellulose/">https://bighorninsulation.com/services/cellulose/</a> , 26.07.2023.)	
Slika 6. Ovcja vuna .....	5
( <a href="https://www.insulation-online.com/buy-glass-rock-natural-wool-slabs.html">https://www.insulation-online.com/buy-glass-rock-natural-wool-slabs.html</a> , 26.07.2023.)	
Slika 7. Izvedba izolacije ovčjom vunom .....	6
( <a href="https://www.sheepwoolinsulation.com/product/comfort-rolls/">https://www.sheepwoolinsulation.com/product/comfort-rolls/</a> , 26.07.2023.)	
Slika 8. Slama .....	7
(Hay Bale - Straw Bale Prop ( <a href="http://sydneyprops.com.au">sydneyprops.com.au</a> ), 26.07.2023.)	
Slika 9. Primjena slame za izolaciju .....	8
( <a href="https://www.familyhandyman.com/article/straw-bale-construction/">https://www.familyhandyman.com/article/straw-bale-construction/</a> , 26.07.2023.)	
Slika 10. Celuloza .....	9
( <a href="https://www.familyhandyman.com/article/straw-bale-construction/">https://www.familyhandyman.com/article/straw-bale-construction/</a> , 26.07.2023.)	
Slika 11. Izvedba toplinske izolacije celulozom.....	10
( <a href="https://atlashomeenergy.com/services/attic-insulation">https://atlashomeenergy.com/services/attic-insulation</a> , 26.07.2023.)	

Slika 12. Kamena vuna.....	11
( <a href="https://www.encon.co.uk/kemwell-soffit-liner!pd-88-4885">https://www.encon.co.uk/kemwell-soffit-liner!pd-88-4885</a> , 26.07.2023.)	
Slika 13. Stiropor .....	11
( <a href="https://www.blumat.cl/product/plancha-poliestireno-expandido-1000-x-500mm/">https://www.blumat.cl/product/plancha-poliestireno-expandido-1000-x-500mm/</a> , 26.07.2023.)	
Slika 14. Azbest .....	11
( <a href="https://global-geography.org/af/Geography/Europe/Cyprus/Pictures/Troodos/Asbestos">https://global-geography.org/af/Geography/Europe/Cyprus/Pictures/Troodos/Asbestos</a> , 26.07.2023.)	
Slika 15. Kamena vuna .....	12
( <a href="https://termodom.rs/Proizvod/kamena-vuna-fasadna-10cm">https://termodom.rs/Proizvod/kamena-vuna-fasadna-10cm</a> , 26.07.2023.)	
Slika 16. Postavljanje kamene vune .....	13
( <a href="https://potkrovlje.ba/2021/02/odgovaramo-na-vasa-pitanja-moze-li-kamena-vuna-da-se-lijepi-na-neravnoj-povrsini/">https://potkrovlje.ba/2021/02/odgovaramo-na-vasa-pitanja-moze-li-kamena-vuna-da-se-lijepi-na-neravnoj-povrsini/</a> , 26.07.2023.)	
Slika 17. Postavljanje kamene vune oko otvora .....	13
( <a href="http://www.kamenavuna.com/izvodjenje-fasade-u-10-koraka/">http://www.kamenavuna.com/izvodjenje-fasade-u-10-koraka/</a> , 26.07.2023)	
Slika 18. Staklena vuna.....	14
( <a href="https://www.ikoma.hr/hr/suha-gradnja-553/staklena-mineralna-i-kamena-vuna-731/staklena-vuna-10-cm-x-1-2-x-9-1-m-knauf-naturoll-10-92m2-7407/">https://www.ikoma.hr/hr/suha-gradnja-553/staklena-mineralna-i-kamena-vuna-731/staklena-vuna-10-cm-x-1-2-x-9-1-m-knauf-naturoll-10-92m2-7407/</a> , 26.07.2023.)	
Slika 19. Postavljanje staklene vune.....	14
( <a href="https://olx.ba/artikal/41786433/knauf-staklena-vuna-5-cm-ekoroll/">https://olx.ba/artikal/41786433/knauf-staklena-vuna-5-cm-ekoroll/</a> , 26.07.2023.)	
Slika 20. Stiropor .....	15
( <a href="https://www.emajstor.hr/clanak/299/fasadni_stiropor_ili_stirodur_izolacija">https://www.emajstor.hr/clanak/299/fasadni_stiropor_ili_stirodur_izolacija</a> , 26.07.2023.)	
Slika 21. Različite debljine stiropora.....	15
( <a href="https://www.maras.eu/hr/aktualno/fasadni-stiropor-akcija/5">https://www.maras.eu/hr/aktualno/fasadni-stiropor-akcija/5</a> , 26.07.2023.)	
Slika 22. Lijepljenje stiropora.....	16
( <a href="https://obiekty mieszkalne.muratorplus.pl/budowa/ocieplanie-budynku-najczesciej-popelniane-bledy-przy-ociepleniu-budynku-lekcja-6-aa-dQjo-AVAv-J1t2.html">https://obiekty mieszkalne.muratorplus.pl/budowa/ocieplanie-budynku-najczesciej-popelniane-bledy-przy-ociepleniu-budynku-lekcja-6-aa-dQjo-AVAv-J1t2.html</a> , 26.07.2023)	
Slika 23. Poliuretanska pjena.....	17
( <a href="https://purios.com/en/blog/spray-insulation-with-polyurethane-foam-what-is-worth-knowing">https://purios.com/en/blog/spray-insulation-with-polyurethane-foam-what-is-worth-knowing</a> , 26.07.2023.)	
Slika 24. Izvedba izolacije poliuretanskom pjennom .....	18
( <a href="https://www.bobvila.com/articles/spray-foam-insulation-cost/">https://www.bobvila.com/articles/spray-foam-insulation-cost/</a> , 26.07.2023.)	

Slika 25. Izvedba izolacije poliuretanskom pjenom .....	18
( <a href="https://www.jutarnji.hr/domidizajn/savjeti/saznali-smo-zasto-je-izolacija-pjenom-u-spreju-losa-vijest-za-vlasnike-kuca-15292741">https://www.jutarnji.hr/domidizajn/savjeti/saznali-smo-zasto-je-izolacija-pjenom-u-spreju-losa-vijest-za-vlasnike-kuca-15292741</a> , 26.07.2023.)	
Slika 26. Aerogel.....	19
( <a href="https://search.muz.li/N2M2NDUyOThm">https://search.muz.li/N2M2NDUyOThm</a> , 26.07.2023.)	
Slika 27. 3D printana izolacija.....	20
( <a href="https://www.makepartsfast.com/3d-printed-foam-outperforms-standard-materials/">https://www.makepartsfast.com/3d-printed-foam-outperforms-standard-materials/</a> , 26.07.2023.)	
Slika 28. Nepravilno izvedena izolacija stiroporom .....	21
( <a href="https://www.sbonline.net/foto.php?foto=190082&amp;z=60435">https://www.sbonline.net/foto.php?foto=190082&amp;z=60435</a> , 26.07.2023.)	
Slika 29. Nanošenje ljepila .....	22
( <a href="https://www.energie-fachberater.de/daemmung/fassadendaemmung/waermedaemm-verbundsystem-wdvs/wdvs-schlanke-daemmung-fuer-die-fassade.php">https://www.energie-fachberater.de/daemmung/fassadendaemmung/waermedaemm-verbundsystem-wdvs/wdvs-schlanke-daemmung-fuer-die-fassade.php</a> , 26.07.2023.)	
Slika 30. Postavljanje mrežice .....	22
( <a href="https://www.canstockphoto.fr/mur-mortier-styrofoam-maille-27839213.html">https://www.canstockphoto.fr/mur-mortier-styrofoam-maille-27839213.html</a> , 26.07.2023.)	
Slika 31. Južna strana kuće .....	23
( <a href="https://www.jutarnji.hr/domidizajn/interijeri/kuca-od-slame-kod-vinkovaca-mocna-izgledom-a-njezna-prema-prirodi-4115175">https://www.jutarnji.hr/domidizajn/interijeri/kuca-od-slame-kod-vinkovaca-mocna-izgledom-a-njezna-prema-prirodi-4115175</a> , 26.07.2023.)	
Slika 32. Kuća izolirana slamom .....	23
<a href="https://www.jutarnji.hr/domidizajn/interijeri/kuca-od-slame-kod-vinkovaca-mocna-izgledom-a-njezna-prema-prirodi-4115175">https://www.jutarnji.hr/domidizajn/interijeri/kuca-od-slame-kod-vinkovaca-mocna-izgledom-a-njezna-prema-prirodi-4115175</a> , 26.07.2023.)	
Slika 33. Prvo rješenje.....	24
( <a href="https://www.selbst.de/innendaemmung-10064.html?image=1">https://www.selbst.de/innendaemmung-10064.html?image=1</a> , 26.07.2023.)	
Slika 34. Drugo rješenje.....	24
( <a href="https://www.janinadesign.ro/finisarea-peretilor-cu-panouri-gips-carton-rigips/">https://www.janinadesign.ro/finisarea-peretilor-cu-panouri-gips-carton-rigips/</a> , 26.07.2023.)	