



Mladi raziskovalci Slovenije 2024

58. srečanje

Raziskovalna naloga

SKRIVNOSTI PODZEMNIH ARHITEKTOV: SKRIVNOSTNA VLOGA GLIV V TRAJNOSTNI GRADNJI

Raziskovalno področje: **TEHNIKA IN TEHNOLOGIJA**

Avtorici: Pika Bogataj, Luna Vrhunec

Mentorica: Diana Trifunović

Somentorja: Jernej Kotnik, dr. Gregor Kravanja

Osnovna šola: Angela Besednjaka Maribor

Maribor, april 2024

KAZALO

KAZALO VSEBIN

KAZALO SLIK	3
KAZALO TABEL	3
POVZETEK.....	4
ZAHVALA	5
1 UVOD	6
1.1 Problematika proizvodnje in uporabe umetnih gradbenih materialov	6
1.2 Pomen razvoja trajnostne gradnje	6
1.3 Cilj raziskovalne naloge.....	7
1.4 Hipoteze	7
2 METODOLOGIJA DELA	7
3 TEORETIČNE OSNOVE.....	8
3.1 O miceliju	8
3.2 Gojenje micelija	8
3.3 Uporaba v gradbeni industriji	9
3.4 Prihodnost gradbeništva	9
3.5 Pogosti umetni izolatorji	9
3.5.1 Ekspandiran polistiren (EPS).....	9
3.5.2 Mineralna volna.....	9
3.5.3 Slabe lastnosti umetnih izolatorjev	10
3.6 Pomembne lastnosti izolacijskih materialov	10
3.6.1 Toplotna prevodnost.....	10
3.6.2 Poroznost	11
3.6.3 Hidrofobnost in hidrofilnost	11
4 EKSPERIMENTALNI DEL	13
4.1 Gojenje micelija in priprava vzorcev	13
4.2 Opazovanje vzorcev pod mikroskopom	15
4.3 Eksperiment 1: test toplotne prevodnosti	17
4.4 Eksperiment 2: test hidrofobnosti.....	18
5 REZULTATI IN UGOTOVITVE	19
5.1 Eksperiment 1: test toplotne prevodnosti	19
5.2 Eksperiment 2: test hidrofobnosti.....	20
5.3 Potrditev ali zavrnitev hipotez	22

6 ZAKLJUČEK.....	22
7 DRUŽBENA ODGOVORNOST	23
8 VIRI	24

KAZALO SLIK

Slika 1: Micelij.....	8
Slika 2: Kontaktni kot	12
Slika 3: Gojenje bukovega ostrigarja.	13
Slika 4: Sušenje micelijev šampinjona, bukovega ostrigarja in velike zraščenske.	14
Slika 5: Rezanje vzorcev.....	14
Slika 6: Opazovanje vzorcev pod mikroskopom.	15
Slika 7: Micelij bukovega ostrigarja pod mikroskopom (21-kratna povečava).....	16
Slika 8: Micelij velike zraščenske pod mikroskopom (21-kratna povečava).....	16
Slika 9: Micelij šampinjona pod mikroskopom (21-kratna povečava).....	16
Slika 10: Naprava HotDisk.	17
Slika 11: Merjenje toplotne prevodnosti micelija.....	17
Slika 12: Test hidrofobnosti.	18
Slika 13: Kontaktni kot šampinjona.	20
Slika 14: Kontaktni kot bukovega ostrigarja.....	21
Slika 15: Kontaktni kot velike zraščenske.....	21

KAZALO TABEL

Tabela 1: Toplotna prevodnost ekspandiranega polistirena in mineralne volne.....	11
Tabela 2: Toplotna prevodnost vzorcev.....	19

POVZETEK

V današnjem svetu, v katerem se soočamo z naraščajočo obremenitvijo okolja zaradi gradbenih odpadkov, je ključnega pomena iskanje inovativnih rešitev za trajnostno gradnjo. Tradicionalni gradbeni in izolacijski materiali pogosto povzročajo velike količine odpadkov med proizvodnjo, uporabo in odstranjevanjem, kar vodi v onesnaževanje okolja in porabo naravnih virov. Trajnostna gradnja s ciljem zmanjšanja negativnih vplivov gradbeništva na okolje postaja vse pomembnejša.

Raziskovalna naloga se osredotoča na uporabo micelijev gliv kot temeljnega izolacijskega materiala, ki ima potencial zmanjšati negativni vpliv tradicionalnih gradbenih materialov. Micelij je naraven in razgradljiv material, kar zmanjšuje okoljski odtis gradbenega procesa. Z uporabo testov določanja toplotne prevodnosti, hidrofobnosti in primerjave proizvodnih procesov za vsak material smo preverili, ali micelij res predstavlja uporaben in pozornosti vreden material.

V raziskavi smo analizirali različne vrste micelija in možnosti njihove uporabe kot izolacijskega materiala. Vzorce smo opazovali pod mikroskopom ter izvedli eksperimente določanja toplotne prevodnosti in hidrofobnosti, s katerimi smo proučili lastnosti treh različnih vrst micelija. Nato smo rezultate primerjali z lastnostmi umetnih izolacijskih materialov, kot sta ekspandiran polistiren (stiropor) in mineralna volna. Čeprav micelij ne dosega enake izolacijske učinkovitosti kot stiropor in mineralna volna, pa njegove lastnosti kažejo potencial izolacijskega materiala v gradbeništvu. Visoka poroznost micelija omogoča dobro zadrževanje zraka, kar prispeva k izolacijskim lastnostim materiala. Poleg tega lahko hidrofobnost nekaterih vrst micelija poveča odpornost na vlago, kar je pri gradnji zelo pomembno.

ZAHVALA

Za vso podporo, pomoč in usmerjanje pri raziskovalni nalogi se zahvaljujema mentorici in somentorjema.

1 UVOD

1.1 Problematika proizvodnje in uporabe umetnih gradbenih materialov

V današnjem svetu, v katerem se soočamo z naraščajočo obremenitvijo okolja zaradi gradbenih odpadkov, je ključnega pomena iskanje inovativnih rešitev za trajnostno gradnjo.

Gradbeništvo je ena od dejavnosti, ki ima pomemben vpliv na okolje in prispeva h globalnemu onesnaževanju. Problematika, povezana z gradbeništvom, vključuje več vidikov, ki negativno vplivajo na okolje [1]:

1. odpadki gradbenih materialov: gradbeni procesi povzročajo velike količine odpadkov, ki vključujejo različne materiale, kot so beton, opeka, les, kovine, plastika itd. Te odpadke je težko reciklirati ali razgraditi, kar vodi v akumulacijo odpadkov na odlagališčih in onesnaževanje okolja;
2. poraba naravnih virov: gradbeništvo zahteva velike količine naravnih virov, kot so les, kamen, pesek, voda itd. Neustrezno upravljanje teh virov lahko vodi v izčrpanje naravnih ekosistemov ter uničenje življenjskega okolja za številne živalske in rastlinske vrste;
3. emisije toplogrednih plinov: gradbeni procesi prispevajo k emisijam toplogrednih plinov, kot so CO₂, metan in dušikov oksid, predvsem zaradi uporabe fosilnih goriv pri proizvodnji in transportu gradbenih materialov ter energije za ogrevanje in hlajenje stavb;
4. poraba energije: gradbena dela zahtevajo velike količine energije, kar vodi v povečano porabo fosilnih goriv ter s tem prispeva k izpustom toplogrednih plinov in globalnemu segrevanju.

1.2 Pomen razvoja trajnostne gradnje

V luči teh problemov je pomembno razvijati in uveljavljati trajnostne prakse v gradbeništvu, ki zmanjšujejo negativni vpliv na okolje. To vključuje uporabo obnovljivih virov, recikliranje gradbenih materialov, zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, učinkovito rabo energije ter zaščito in ohranjanje naravnih ekosistemov. Hkrati je ključno spodbujati inovacije in razvoj okolju prijaznih gradbenih materialov in tehnologij [2].

1.3 Cilj raziskovalne naloge

Cilj raziskovalne naloge je ugotoviti, kako lahko gradbeni elementi iz micelija postanejo osrednji gradniki trajnostne prihodnosti. V raziskavi primerjamo lastnosti ekspaniranega polistirena (stiropora) in mineralne volne z materialom iz micelija. Na podlagi testov toplotne prevodnosti, hidrofobnosti, opazovanja vzorcev pod mikroskopom in primerjave proizvodnih procesov za vsak material ugotavljamo, ali je micelij res uporaben material, ki si zasluži pozornost.

1.4 Hipoteze

Hipoteza 1: Micelij bo precej porozen material.

Hipoteza 2: Micelij ne bo zelo hidrofoben.

Hipoteza 3: Micelij kot izolacijski material zagotavlja enakovredno ali boljšo toplotno izolacijo v primerjavi z ekspaniranim polistirenom (stiroporom) in mineralno volno.

2 METODOLOGIJA DELA

Delo je temeljilo na:

1. TEORETIČNEM DELU

V tem delu raziskovalne naloge smo proučevali različne vire in literaturo.

2. EKSPERIMENTALNEM DELU

Gojili in sušili smo različne vrste micelija ter z njimi izvedli eksperimente določanja toplotne prevodnosti in hidrofobnosti ter jih pogledali pod mikroskopom. Vzorce smo testirali na Fakulteti za gradbeništvo v Mariboru.

Orodja in naprave, ki smo jih uporabili:

- pečica,
- žagica za rezanje vzorcev,
- kapalka,
- mikroskop,
- aparatura HotDisk Thermal Constants Analyser (naprava za merjenje toplotne prevodnosti materialov),
- goniometer.

3 TEORETIČNE OSNOVE

3.1 O miceliju

Micelij ni zgolj naključen biološki pojav, temveč ponuja alternativo tradicionalnim izolacijskim materialom, ki pogosto izkoriščajo omejene naravne vire in povzročajo obsežne ekološke težave. Micelij je mreža tankih niti (slika 1), znanih kot hife, ki izhajajo iz glivnega telesa. Ta mreža hif tvori ovojnico ali matriko, imenovano micelij, ki služi kot osnovna struktura in omrežje glive.

Glivni miceliji se razlikujejo od klasičnih gob, ki jih običajno vidimo na površini zemlje. Namesto tega so miceliji skriti pod površjem in so pogosto nevidni. Ko so pogoji primerni, se micelij razvije in tvori gobe, ki izraščajo nad površino. Miceliji so ključni za proces razgradnje organskih snovi v naravi, saj absorbirajo hranila iz okolja [3].



Slika 1: Micelij

(Vir: <https://cutt.ly/WwCSbiVY>)

3.2 Gojenje micelija

Micelij je stranski produkt pri gojenju gliv za prehranske namene. Pri tem postopku so potrebni ustrezni pogoji, kot sta primerna vlažnost in zadostno hladno, a ne prevroče okolje. Ključno je, da pri gojenju gliv ni potrebe po svetlobi, saj glive niso sposobne fotosinteze in morajo zato hranila pridobivati iz organskega materiala. Ko glive razvijejo hife, te nato prerastejo in oblikujejo micelijsko strukturo. Čeprav micelija ne uživamo, lahko služi kot koristno gnojilo na vrtu, vendar pogosto konča kot odpadek. [4].

3.3 Uporaba v gradbeni industriji

Uporaba glivnih micelijev sega onstran zgolj bioloških vidikov, saj so postali predmet interesa v številnih industrijskih panogah. Ena od zanimivih idej je uporaba micelija kot izolacijskega materiala, ker lahko tvori trdne in vzdržljive strukture. Ta pristop h gradnji se razvija v smeri trajnostnega oblikovanja, ki izkorišča naravne procese in materiale za zmanjšanje okoljskega vpliva.

Znano je, da micelij, ko tvori svoje omrežje, ustvarja vzdržljive in trdne strukture. Ta naravni material ima potencial ne le zmanjšati obremenitev okolja zaradi odpadkov gradbene industrije, temveč tudi odpreti vrata novim dimenzijam trajnostnega oblikovanja [5].

3.4 Prihodnost gradbeništva

Prihodnost gradbeništva mora temeljiti na treh ključnih točkah: odgovornosti do okolja, trajnosti in inovaciji. Uporaba micelija v gradbeni industriji združuje vse te vidike. Z odgovorno rabo naravnih virov, trajnostnim pridobivanjem materiala in inovativnim pristopom k oblikovanju se odpira pot h gradnji, ki ne škodi okolju, temveč ga aktivno obnavlja.

3.5 Pogosti umetni izolatorji

3.5.1 Ekspandiran polistiren (EPS)

Ekspandiran polistiren (EPS) se proizvaja tako, da se polistirenske granule segrejejo in stisnejo skozi šobe, da tvorijo peno. Ta pena se nato razreže na kose in postavi v kalupe, kjer se segreje, da plin v njej izhlapi, kar povzroči ekspanzijo. Končni izdelki se ohladijo in razrežejo na ustrezne dimenzije [6].

3.5.2 Mineralna volna

Proces proizvodnje mineralne volne se začne v kupolni peči, kjer bazaltu in diabazu med taljenjem pri temperaturi 1600 °C dodajajo koks (snov, ki nastane pri suhi destilaciji črnega premoga). Ko se zmes stopi, jo raztegnejo v vlakna. Dodajo ji tudi vezivo za trdnost in druge dodatke. V naslednjem koraku vlakna zbirajo na tekočem traku, da oblikujejo primarno plast mineralne volne. Sledi še dodatno utrjevanje, rezanje in oblikovanje. [7].

3.5.3 Slabe lastnosti umetnih izolatorjev

Stiropor je kljub svoji učinkovitosti kot izolacijski material povezan z več okoljskimi izzivi. Proces pridobivanja surovin, predelava nafte in energijsko intenziven postopek proizvodnje povzročajo visok ogljični odtis. Poleg tega ni biološko razgradljiv, kar pomeni, da se po uporabi skoraj ne razgrajuje v okolju.

Mineralna volna kljub svoji učinkovitosti pri zadrževanju toplote vključuje postopke, ki imajo lahko negativne posledice za okolje. Proizvodnja mineralne volne zahteva visoke temperature, kar pomeni intenzivno porabo energije. Izdelana je iz neobnovljivih surovin, kar povečuje obremenitev okolja. Vse to prispeva k ogljičnemu odtisu izdelka.

Obe vrsti izolacijskih materialov, stiropor in mineralna volna, prispevata k problemom z odlaganjem odpadkov, saj sta težko razgradljiva in imata dolgo življenjsko dobo. Poleg tega proizvodnja teh materialov pogosto vključuje uporabo kemičnih snovi in energijsko intenzivne postopke, kar prispeva k splošni obremenitvi okolja. Zato je pomembno raziskovati alternative, kot je uporaba micelija, ki lahko ponudi bolj trajnostne in ekološko sprejemljive rešitve za izolacijske materiale [8].

3.6 Pomembne lastnosti izolacijskih materialov

3.6.1 Toplotna prevodnost

Toplotna prevodnost je pomembna fizikalna lastnost materiala, ki označuje njegovo sposobnost prevajanja toplote. Če je material dober prevodnik toplote, bo hitro prenašal toploto skozi sebe. Nasprotno pa materiali z nizko toplotno prevodnostjo prenašajo toploto počasneje.

Za izolacijske materiale je toplotna prevodnost ključna lastnost, saj vpliva na učinkovitost toplotne izolacije stavb. Materiali z nizko toplotno prevodnostjo so boljši izolatorji in zmanjšujejo prehod toplote skozi stene, strehe, tla in okna stavb. S tem se zmanjšuje potreba po ogrevanju ali hlajenju prostorov, kar lahko vodi v prihranke pri energiji in zmanjšanje emisij toplogrednih plinov.

Za izolacijske materiale se pogosto uporabljajo materiali z nizko toplotno prevodnostjo, kot so stiropor, mineralna volna, les in drugi izolacijski materiali. Ti materiali omogočajo boljše ohranjanje notranje temperature prostorov, kar prispeva k udobnemu bivalnemu okolju in

energetski učinkovitosti stavb [9]. Vrednosti toplotne prevodnosti belega stiropora in mineralne volne prikazujemo v tabeli 1.

Tabela 1: Toplotna prevodnost ekspaniranega polistirena in mineralne volne [10].

SNOV	W/(m K)
Ekspaniran polistiren	0,031–0,039
mineralna volna	0,034–0,040

Toplotno prevodnost stiropora in mineralne volne smo kasneje primerjali z rezultati eksperimentov toplotne prevodnosti micelija.

3.6.2 Poroznost

Poroznost materialov je ključna lastnost, ki vpliva na njihovo učinkovitost kot izolatorjev. Materiali, ki imajo visoko stopnjo poroznosti, vsebujejo veliko število majhnih zračnih prostorov ali por, ki zmanjšujejo prenos toplote, zvoka ali vlage skozi material.

Pri umetnih izolatorjih, kot sta stiropor in mineralna volna, je poroznost ključnega pomena za njihovo izolacijsko sposobnost. Veliko število majhnih zračnih prostorov v teh materialih zmanjšuje prenos toplote, saj zračni mehurčki delujejo kot izolacijski plin, ki upočasni prenos toplote skozi material.

Izolacijski materiali z visoko stopnjo poroznosti prispevajo k energetski učinkovitosti stavb, saj zmanjšujejo izgubo toplote in tako zmanjšujejo porabo energije za ogrevanje ali hlajenje prostorov [11].

3.6.3 Hidrofobnost in hidrofilnost

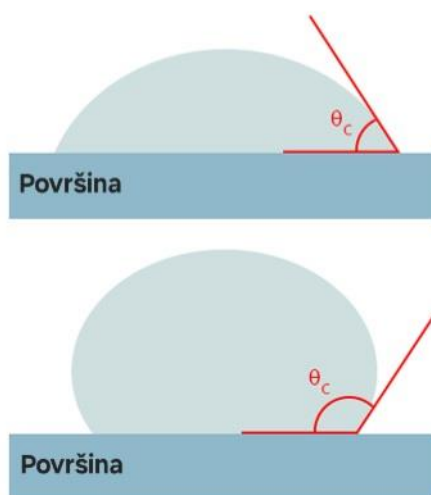
Hidrofobni materiali so tisti, ki ne absorbirajo vode. To pomeni, da voda ostane na površini takšnih materialov v obliki kapljic. Primer hidrofobnega materiala je stiropor. Zaradi svoje hidrofobnosti stiropor ohranja svoje izolacijske lastnosti tudi v prisotnosti vlage, kar je pomembno pri gradnji, saj zmanjšuje tveganje za poškodbe zaradi vlage in plesni.

Po drugi strani pa so hidrofilni materiali tisti, ki privlačijo vodo in jo absorbirajo. To lahko vpliva na izolacijske lastnosti materiala in ga naredi manj učinkovitega kot izolacijski material v primerjavi s hidrofobnimi materiali.

Tako hidrofobnost kot hidrofilnost vplivata na izolacijske lastnosti materialov, saj vplivata na njihovo sposobnost ohranjanja suhosti in izolacijskih lastnosti v različnih vremenskih pogojih. Pri gradnji je pomembno izbrati ustrezne materiale glede na okoljske pogoje, da se zagotovita trajnost in učinkovitost gradbenih struktur [12].

Kontaktni kot (imenovan tudi vlažilni kot) je metoda, s katero lahko preizkusimo hidrofobnost in hidrofilnost materialov. Nastane, ko kapljico tekočine položimo na površino materiala. Površinska napetost tekočine in privlačnost tekočine k površini povzročita, da kapljica oblikuje kupolasto obliko.

Če je vodni kontaktni kot manjši od 90° , se trdna površina šteje za hidrofilno, medtem ko se trdna površina s kontaktnim kotom, večjim od 90° , šteje za hidrofobno (slika 2) [13].



Slika 2: Kontaktni kot

(Vir: <https://cutt.ly/iwCLP5re>)

4 EKSPERIMENTALNIDEL

4.1 Gojenje micelija in priprava vzorcev

Za izvedbo eksperimentov smo morali pripraviti ustrezne vzorce micelija. Izbrali smo tri različne vrste micelija: micelij šampinjona, micelij velike zraščenske (grifola fondosa) in micelij bukovega ostrigarja.

Postopek priprave je vključeval več korakov, ki so bili ključni za pridobitev vzorcev ustrezne kakovosti:

1. Najprej smo gojili micelij na različnih substratih. Bukovega ostrigarja (slika 3) smo gojili sami, in sicer v času poletja. Gojenje je trajalo 3 mesece (od junija do avgusta). Pri gojenju drugih vzorcev je prišlo do zapletov, saj so se preveč izsušili oziroma so vsebovali prevelik del žagovine, zato smo vzorce poiskali drugje. Micelij šampinjona smo našli pri podjetju Krevh šampinjoni, Miklavž na Dravskem polju. Gojili so ga en mesec. Vzorec velike zraščenske pa je doniral gospod Luka Kralj iz podjetja Mujšnca. Gojenje je potekalo 5 mesecev (od avgusta do decembra).



Slika 3: Gojenje bukovega ostrigarja

(Vir: lasten vir)

2. Sledilo je sušenje vzorcev. V pečici smo jih sušili 16 ur pri temperaturi 90 °C. S sušenjem smo odstranili presežno vlago in ga pripravili za nadaljnjo uporabo (slika 4).



Slika 4: Sušenje micelijev šampinjona, bukovega ostrigarja in velike zraščenke

(Vir: lasten vir)

3. Po sušenju smo vzorce micelija natančno narezali na ustrezne velikosti, primerne za nadaljnje eksperimente (slika 5).



Slika 5: Rezanje vzorcev

(Vir: lasten vir)

4.2 Opazovanje vzorcev pod mikroskopom

Za boljše razumevanje sestave in strukture micelija ter oceno poroznosti vzorcev smo opravili opazovanje pod mikroskopom (slika 6). Ta postopek nam je omogočil natančnejši vpogled v lastnosti micelija in določitev količine praznih prostorčkov v vzorcih, kar posledično vpliva na poroznost materiala.



Slika 6: Opazovanje vzorcev pod mikroskopom

(Vir: lasten vir)

Med opazovanjem vzorcev micelija smo ugotovili, da vsi vzorci vsebujejo precej praznih prostorčkov med vlakni micelija (slike 7–9). Ta visoka poroznost je pomembna, saj pomeni, da je micelij sposoben zadrževati več zraka v svoji strukturi. Ujeti zrak deluje kot izolator in prispeva k izboljšani izolativnosti materiala.



Slika 7: Micelij bukovega ostrigarja pod mikroskopom (21-kratna povečava)

(Vir: lasten vir)



Slika 8: Micelij velike zraščenke pod mikroskopom (21-kratna povečava)

(Vir: lasten vir)



Slika 9: Micelij šampinjona pod mikroskopom (21-kratna povečava)

(Vir: lasten vir)

4.3 Eksperiment 1: test toplotne prevodnosti

Pri tem poskusu smo analizirali, kako učinkovito micelij zadržuje toploto. Najprej smo pripravili vzorce micelija, ki smo jih nato postavili v napravo HotDisk – napredno orodje za merjenje toplotnih lastnosti materialov (slika 10). Naprava omogoča natančno določanje toplotne prevodnosti vzorcev materiala na podlagi njihovega odziva na spremembe temperature. Sestavljena je iz posebnega senzorja, imenovanega HotDisk, ki se segreje na določeno temperaturo, medtem ko je vzorec nameščen na njegovo površino (slika 11).

Ko je bil sistem pripravljen, smo izvedli meritve toplotne prevodnosti. Meritve smo ponovili večkrat in rezultate povprečili.



Slika 10: Naprava HotDisk

(Vir: lasten vir)



Slika 11: Merjenje toplotne prevodnosti micelija

(Vir: lasten vir)

4.4 Eksperiment 2: test hidrofnosti

Pri eksperimentu doloanja hidrofnosti smo preverjali hidrofnosti micelija, to je njegovo sposobnost vpijanja vode. Za izvedbo eksperimenta smo uporabili goniometer (slika 12), ki omogoča natančno merjenje kota, pod katerim voda vstopa v vzorec micelija.

Vzorci micelija smo postavili na kamnito kocko, da so bili na pravilni višini za opazovanje kapljice vode na površini. S kapalko smo na površino micelija nanegli kapljico vode in na računalniku opazovali, kako se kapljica obnaša.

S pomočjo goniometra smo merili kontaktni kot, to je kot, pod katerim se voda vpija v vzorec micelija.



Slika 12: Test hidrofnosti

(Vir: lasten vir)

5 REZULTATI IN UGOTOVITVE

5.1 Eksperiment 1: test toplotne prevodnosti

Na podlagi izvedenih eksperimentov smo analizirali toplotno prevodnost micelija in jo primerjali s toplotno prevodnostjo standardnega izolacijskega materiala, kot je bel stiropor. Rezultati, ki so prikazani v tabeli 2, kažejo, da ima najboljše toplotno prevodnost, ki v povprečju znaša $0,082 \text{ W/(m K)}$, vzorec bukovega ostrigarja. Nasprotno pa kažejo rezultati velike zračenke, katere povprečna toplotna prevodnost meri $0,101 \text{ W/(m K)}$.

Tabela 2: Toplotna prevodnost vzorcev

Bukov ostrigar		Velika zračenka		Šampinjoni
Toplotna prevodnost W/(m K)		Toplotna prevodnost W/(m K)		Toplotna prevodnost W/(m K)
0,076		0,101		0,098
0,088		0,101		0,098
povprečje		povprečje		povprečje
0,082		0,101		0,098

(Vir: lasten vir)

Če primerjamo te rezultate s toplotno prevodnostjo stiropora in mineralne volne (vse od $0,031$ do $0,040 \text{ W/(m K)}$), opazimo, da so rezultati testov z micelijem več kot dvakrat višji od tistih, ki jih kažejo umetni materiali.

To pomeni, da micelij kot izolacijski material ne dosega enake učinkovitosti kot stiropor, kar je v nasprotju s prvotnimi pričakovanji. Čeprav je to presenečenje, gre za pomembno ugotovitev, ki kaže na izzive in omejitve uporabe micelija v gradbeništvu.

Kljub temu pa bi lahko uporaba micelija kot izolativnega materiala še vedno imela smisel, če bi se uporabilo boljše vzorce micelija ali pa bi se vgradila večja količina micelija pri njegovi uporabi. To bi lahko izboljšalo izolacijske lastnosti konstrukcije.

V nadaljevanju bi bilo smiselno nadaljevati z raziskavami, ki bi se osredotočale na optimizacijo priprave in uporabe micelija kot izolativnega materiala v gradbeništvu ter na proučevanje dolgoročnih učinkov njegove uporabe na energetske učinkovitost in trajnost konstrukcij.

5.2 Eksperiment 2: test hidrofobnosti

Med izvedbo testov hidrofobnosti smo opazovali, kako se različni vzorci micelija odzivajo na stik z vodo, kar nam je omogočilo oceno hidrofilnih lastnosti posameznih vzorcev. S pomočjo programa Drop snake smo sliko kapljice na površini vzorca označili s točkami. Program je potem izračunal kontaktni kot kapljice. Na osnovi kontaktnega kota smo lahko razbrali, ali je material hidrofoben ali ne.

Ugotovili smo, da se je micelij šampinjona obnašal najboljše in kazal največjo hidrofobnost, micelij velike zraščenske je bil tudi precej hidrofoben, medtem ko je micelij bukovega ostrigarja hitro vpil vodo.

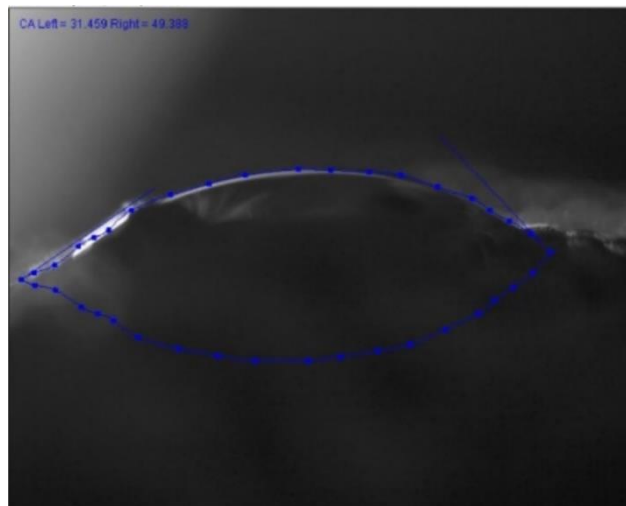
Z visokim kontaktnim kotom vzorca micelija šampinjona (slika 13), ki je znašal približno 148° , se kaže njegova hidrofobnost in odpornost proti vpijanju vode, kar predstavlja pozitivno lastnost za uporabo v gradbeništvu. Micelij šampinjona se je zelo dobro odzval na test hidrofobnosti in prinesel najboljše rezultate od vseh uporabljenih vzorcev. Pomembno je upoštevati, da je ta vzorec vseboval tudi delež zemlje in žagovine, kar bi lahko vplivalo na hidrofobnost celotnega vzorca.



Slika 13: Kontaktni kot šampinjona

(Vir: lasten vir)

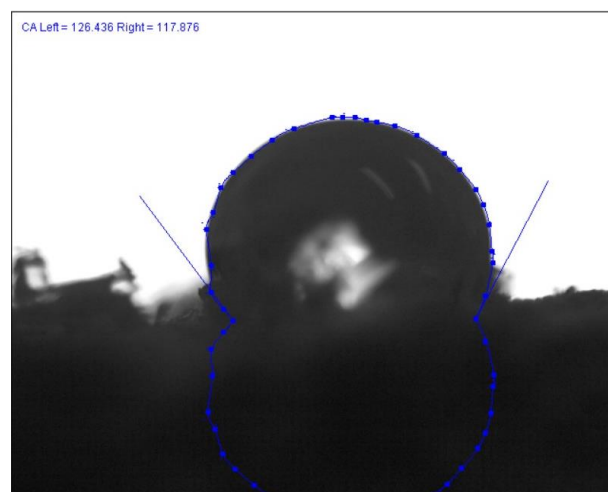
Nasprotno pa nizek kontaktni kot vzorca micelija bukovega ostrigarja kaže na njegovo visoko hidrofilnost in hitro vpijanje vode (slika 14). Z vrednostjo kontaktnega kota okoli 50° to predstavlja izziv pri uporabi bukovega ostrigarja kot izolativnega materiala.



Slika 14: Kontaktni kot bukovega ostrigarja

(Vir: lasten vir)

Pri opazovanju vzorca velike zraščenske (slika 15) smo ugotovili, da se je ta vzorec obnašal bolje kot micelij bukovega ostrigarja, vendar ne tako dobro kot micelij šampinjona. Kontaktni kot vzorca velike zraščenske ob stiku z vodo je znašal približno 120° . Ta vrednost kaže na zmerno hidrofnost materiala, kar je pozitivno za uporabo kot izolacijski material v gradbeništvu. Površina vzorca je manj nagnjena k vpijanju vode v primerjavi z micelijem bukovega ostrigarja, vendar ni dosegla tako visoke hidrofnosti kot micelij šampinjona.



Slika 15: Kontaktni kot velike zraščenske

(Vir: lasten vir)

5.3 Potrditev ali zavrnitev hipotez

Hipoteza 1: *Micelij bo precej porozen material.*

Naša prva hipoteza je potrjena. Ob opazovanju micelijev pod mikroskopom smo ugotovili, da so vsi vzorci vsebovali veliko število luknjic oziroma praznih prostorov, kar pomeni, da imajo visoko stopnjo poroznosti.

Hipoteza 2: *Micelij ne bo zelo hidrofoben.*

Pri drugi hipotezi smo delno potrdili naša pričakovanja. S testom hidrofobnosti smo ugotovili, da je micelij šampinjona izjemno hidrofoben, medtem ko je micelij bukovega ostrigarja hitro vpil vodo – torej ni bil hidrofoben. S tem smo potrdili, da je hidrofbnost micelija odvisna od njegove vrste.

Hipoteza 3: *Micelij kot izolacijski material zagotavlja enakovredno ali boljšo toplotno izolacijo v primerjavi s ekspaniranim polistirenom (stiroporom) in mineralno volno.*

Tretja hipoteza je zavrnjena. Rezultati testov toplotne prevodnosti so pokazali, da micelij presega več kot dvakratno toplotno prevodnost stiropora in mineralne volne. Na podlagi tega smo ugotovili, da bi uporaba micelija kot izolativnega materiala lahko bila smiselna, če bi uporabili visokokakovostne vzorce micelija ali povečali njegove količine med uporabo.

6 ZAKLJUČEK

V raziskavi smo pokazali, kako pomembno je iskati inovativne rešitve za trajnostno gradnjo. Izolacijski materiali, kot je stiropor, lahko povzročajo onesnaževanje okolja, zato je pomembno, da poiščemo alternative, ki so okolju prijaznejše. Micelij bi lahko bil ena od teh alternativ, vendar je potrebnih še več raziskav, da bi ugotovili, ali je resnično uporaben material za izolacijo.

Na osnovi izvedenih eksperimentov smo ugotovili, da micelij ni tako učinkovit izolator kot stiropor, kar nas je nekoliko presenetilo. Kljub temu verjamemo, da bi micelij lahko bil uporaben izolacijski material, če bi našli načine za naravno izboljšanje njegovih lastnosti.

Pri testu hidrofobnosti smo opazili, da se micelij različnih vrst gob na vodo ne odziva enako. Na primer micelij šampinjona se bolje odziva na vodo kot micelij bukovega ostrigarja, kar bi lahko pomenilo, da bi micelij šampinjona lahko bil boljši izolacijski material.

Visoka poroznost v vzorcih micelija je izjemno koristna lastnost, če bi jih želeli uporabiti kot učinkovit in trajnostni izolacijski material. Ta lastnost bi lahko pripomogla k zmanjšanju prenosa vlage skozi gradbeni material, kar bi lahko zmanjšalo tveganje za nastanek plesni v stavbah. Vzpostavitev trajnostnih praks v gradbeništvu je ključnega pomena za zmanjšanje obremenitve okolja in ohranjanje naravnih virov. Micelij, kot izolacijski material, je vreden pozornosti zaradi svojih dobrih izolacijskih lastnosti. Kljub temu pa ne smemo spregledati ekoloških izzivov, ki jih prinaša, kot je na primer visoka poraba energije pri sušenju micelija. Ta težava bi lahko našla rešitev v uporabi obnovljivih virov energije, kot so na primer vetrne elektrarne. Zato je smiselno nadaljevati z razvojem micelija kot izolacijskega materiala, saj lahko prispevamo k okolju prijaznemu načinu gradnje. S temi obetavnimi lastnostmi je jasno, da ima micelij kot izolacijski material svetlo prihodnost, ki jo je treba še naprej raziskovati in razvijati.

7 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Dandanes se soočamo z enim največjih izzivov – onesnaževanjem okolja. Raziskovalna naloga, ki proučuje uporabo micelija kot novega izolativnega materiala, ima ključno vlogo pri spodbujanju družbene odgovornosti. Če bi bil ta koncept uveden v prakso, bi lahko prispeval k zmanjšanju obremenitve okolja, zmanjšanju izgub energije in ustvarjanju prijaznejšega okolja za vse prebivalce našega planeta. S tem bi lahko omogočili bolj trajnostno prihodnost in izboljšali kakovost življenja za vse.

8 VIRI

- [1] Environmental Concerns for Construction Projects (2021), SafetyStratus Research Advisory Group, <https://www.safetystatus.com/blog/environmental-concerns-for-construction-projects/> (dostop: 12. 11. 2023)
- [2] e-Gradbenik, Trajnostnost in trajnostna gradnja (2023), <https://www.e-gradbenik.si/vsebine/gradbeni%C5%A1tvo/gradbeni-proizvodi-graditev-objektov/trajnostnost-trajnostna-gradnja/> (dostop: 17. 11. 2023)
- [3] Elvin Karana, Davine Blauwhoff, Erik-Jan Hultink, Serena Camere, When the Material Grows: A Case Study on Designing (with) Mycelium-based Materials (2018), International Journal of Design, <https://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/viewFile/2918/817> (Dostop: 3. 11. 2023)
- [4] A. Scarborough, Making Mycelium, Autodesk instructables (2016), <https://www.instructables.com/Making-Mycelium/> (dostop: 14. 12. 2023)
- [5] D. D., Sliši se neverjetno, a je resnično: nekoč bomo lahko bivali v hišah, zgrajenih iz gob (2023), Metropolitani.si, <https://www.metropolitani.si/trendi/zeleno/gradnja-gobe-material-hise-nasa-vesolje/> (dostop: 12. 11. 2023)
- [6] Tomas Gulin, Uporaba toplotnih izolacijskih materialov – sklenjen toplotni ovoj (2009), diplomsko delo, Višja strokovna šola Academia Maribor, <https://www.academia.si/wp-content/uploads/2020/08/diploma-g-2009-tomas-gulin.pdf> (dostop: 23. 11. 2023)
- [7] Katarina Nemanič, Mineralna volna – preverjena toplotna izolacija (2011), Delo in dom, <https://deloindom.delo.si/mineralna-volna-preverjena-toplotna-izolacija> (dostop: 23. 11. 2023)
- [8] S. Mehra, M. Singh, G. Sharma, S. Kumar, Impact of Construction Material on Environment (2021), Springer Cham, https://www.researchgate.net/publication/353762860_Impact_of_Construction_Material_on_Environment (dostop: 15. 12. 2023)
- [9] Building Materials in Civil Engineering, The Basic Properties of Building Materials (2011), Science Direct, <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/thermal-capacity> (dostop: 3. 1. 2024)

- [10] K. N., Na podlagi teh lastnosti izberite pravo (2021), Zurnal24.si, <https://www.zurnal24.si/pod-streho/gradimo-obnavljamo/na-podlagi-teh-lastnosti-izberete-pravo-366628> (dostop: 29. 1. 2024)
- [11] Porosity (2015), Energy Education, <https://energyeducation.ca/encyclopedia/Porosity> (dostop: 30. 1. 2024)
- [12] D. L. Chandler, Explained: Hydrophobic and hydrophilic (2023), MIT News, <https://news.mit.edu/2013/hydrophobic-and-hydrophilic-explained-0716> (dostop: 30. 1. 2024)
- [13] What is Contact Angle (2023), Brighton Science, <https://www.brighton-science.com/what-is-contact-angle> (dostop: 30. 1. 2024)