Univerza v Mariboru

OKVIRNI PROGRAM USPOSABLJANJA MLADEGA RAZISKOVALCA (MR)[1]

1. OSNOVNI PODATKI

Ime in priimek mentorja:	**Lidija Fras Zemljič**	Evidenčna številka mentorja pri ARIS (SICRIS):	**19753**
E-naslov mentorja:	lidija.fras@um.si	Tel. štev. mentorja:	02 220 7909
Ime in priimek vodje raziskovalnega programa:	Lidija Fras Zemljič	Evidenčna številka vodje RP pri ARIS (SICRIS):	19753
Naziv raziskovalnega programa:	Tekstilna kemija in napredni tekstilni materiali	Evidenčna številka RP pri ARIS (SICRIS):	P2-0118
Članica Univerze v Mariboru (RO UM), kjer bo potekalo usposabljanje:	UM FS	Evidenčna številka RO UM pri ARIS (SICRIS):	0795
Oznaka raziskovalnega področja po klasifikaciji ARIS:	2.14.02.Tekstilna kemija	Oznaka raziskovalnega področja po klasifikaciji Ortelius:	15.17 Materials engineering

2. OPREDELITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA IN CILJEV DOKTORSKE RAZISKAVE[2]

Izhodišče raziskovalne naloge mladega raziskovalca in njena umestitev v raziskovalni program v katerega je vključen mentor, delovna hipoteza, cilji raziskave in predvideni rezultati s poudarkom na izvirnem prispevku k znanosti:

Znanstvena podlaga
Kulturna dediščina (KD) je neprecenljiva zgodovinska zapuščina človeštva, ki jo je treba ohraniti za prihodnje generacije. Med njimi imajo **velik pomen predmeti KD osnovani iz vlaken, kot sta tekstil in papir**. Ti predmeti so del družbe in jo spremljajo tisočletja v vsakdanjem življenju, verskih, diplomatskih in političnih obredih in so odraz naše zgodovine in kulture, medtem ko je papir še vedno najpomembnejši medij za prenos idej in konceptov ter izražanje ustvarjalne žilice skozi generacije *[Agbota H. et al, Sensors 2014, 14: 8779-8793].*

[1] *Izraz mladi raziskovalec je zapisan v moški slovnični obliki in je uporabljen kot nevtralen za ženske in moške.*

[2] *Raziskovalni in študijski program usposabljanja morata biti skladna z vsebino raziskovalnega programa, katerega član je mentor.*

Izjemno pomembno je, da svojo kulturno dediščino, ki temelji na občutljivih vlaknatih materialih, ohranimo kot temelj kulturne identitete in kot skupen zgodovinski vir, ki združuje skupnosti.

Znano je, da so **zgodovinski vlaknati materiali še posebej ranljivi**: z visoko specifično površino, hidrofilno sestavo in številnimi funkcionalnimi skupinami, in so **nagnjeni k hitremu razpadanju** *[Baty J.W. et al., BioResources, 2010, 5/3: 1955-2033]*. Predmeti na osnovi vlaken zato **zahtevajo strogo nadzorovane pogoje skladiščenja**, da se prepreči razpadanje, bodisi kemično bodisi biološko. Razgradnja **predmetov KD na osnovi vlaken** lahko privede do izgube estetskega videza ali popolnega mehaničnega razpada *[Sterflinger K., Fungal biology reviews 2010, 24: 47-55; Bresee R. R., JAIC 1986, 25/1, 4: 39-48]*. Njihova **strukturna celovitost je bistvenega pomena** in potrebne so **trajnostne preventivne ohranitvene rešitve**, s pomočjo novih strategij zaviranja poškodb vlaken, kot tudi z razvojem in vzpostavitvijo modelov, ki omogočajo oceno razpada in stroškov ter koristi teh strategij za zaščito materialov.

Identifikacija problema in motivacija

Na ogled je le zelo majhen odstotek vseh muzejskih predmetov KD na osnovi vlaken (manj kot 10%); velika večina (90% gradiva) je **običajno shranjena v skladiščih**, zlasti v majhnih in srednje velikih muzejih. Natančneje, med **45% in 80% predmetov KD je na splošno shranjenih v embalažnih materialih**, kar ustreza milijonom embalažnih materialov in milijonom skladiščenim kulturnim predmetov v EU [*[Smith A. W., Journal of the Society of Archivists, 1999, 20/1: 25-39; Smedemark S.H. et al., Building and Environment, 2020, 175: 106782]*. To se spreminja glede na vrsto materiala, vendar so materiali **na osnovi vlaken najpogosteje shranjeni v zaprtih prostorih.**

Glavna težava je, da se večina muzejev, zlasti majhnih in srednje velikih, nahaja v zgodovinskih stavbah, kjer so skladišča z **nezadostno ali neobstoječo klimatsko kontrolo**, pogosto s (prekomerno) vlažnostjo in temperaturnimi nihanji. Shranjeni predmeti so zato izpostavljeni dnevnim in sezonskim nihanjem temperature in vlage. Znano je, da morajo biti pri predmetih KD razlike v vlažnosti majhne in postopne. Previsoka ali prenizka vlažnost ter ekstremna nihanja lahko vplivajo na predmete KD, sprožijo kemično razgradnjo in biorazgradnjo ter na ta način **povzročijo rast plesni in bakterijske okužbe** *[Zhanga X e tal., Journal of Cultural Heritage 2011, 12: 408–411; Lech T., Tex Res J, 2017, 87/17: 2076–2088; Kavkler K. et al., International Biodeterioration & Biodegradation 2015, 97: 51-59; Ozturk B. e tal., LWT 2021, 138: 110639; Serrano A. et al., Journal of Cultural Heritage 2020, 44: 91–100; Quye A., Polymer Degradation and Stability 2014, 107: 210-218; Chelazzi D. et al., Journal of Colloid and Interface Science 2020, 576: 230–240; Bertolin C., Geosciences, 2019,9: 250; Atkinson J.K., Studies in Conservation, 2014, 59/4: 205-212; Odlyha M. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2011, 104: 399–403; Havlínová B. et al., Journal of Cultural Heritage, 2009, 10/2: 222-231]***.**

Večina predmetov KD na osnovi vlaken **je higroskopnih materialov**, saj zlahka vpijajo vodo iz svoje okolice. **Svila je eden najbolj občutljivih in ranljivih zgodovinskih materialov**. Večina teh materialov je tako imenovanih "uteženih" svil, kar pomeni, da so bili obdelani z anorganskimi solmi aluminija, železa, svinca, kositra itd., da bi s tem povečali svojo osnovno težo vendar se le ti še hitreje razkrajajo *[Smith A.W., Journal of the Society of Archivists, 1999, 20/1: 25-39; Serrano A. et al., Journal of Cultural Heritage 2020, 44: 91–100; Zhang Y. et al., Scientific Reports, 2017, 7: 1547]*. Po drugi strani pa knjižnice in arhivi hranijo neprecenljive zbirke papirja, katerega osnovna sestavina je celuloza, ki prav tako močno veže vlago *[Serrano A. et al., Journal of Cultural Heritage 2020, 44: 91–100; Mallo A.C., INT J CONSERV SCI 2017,8/3: 537-544]*. Visoka **hidrofilnost materialov na osnovi vlaken** povzroča hitre odzive na relativno vlažnost, saj hitro absorbirajo in sproščajo vlago, **kar vodi do širjenja in krčenja vlaken, to privede do lezenja, razpok, luščenja, razslojevanja in gubanja materialov** *[Quye A., Polymer Degradation and Stability 2014, 107: 210-218; , Smith A.W., Journal of the Society of Archivists, 1999, 20/1: 25-39]*. Nizka vlažnost (pod 30%) povzroča krhkost in mehanske poškodbe, visoka vlažnost pa vodi do hidrolitičnih reakcij vlaken *[Lech T., Tex Res J, 2017, 87/17: 2076–2088; Smith A.W., Journal of the Society of Archivists, 1999, 20/1: 25-39]*. Na primer, dolgo skladiščenje pod 25% lahko povzroči mehanske spremembe in zamreženje celuloznih materialov *[Quye A., Polymer Degradation and Stability 2014, 107: 210-218; Smith A.W., Journal of the Society of Archivists, 1999, 20/1: 25-39]*. Materiali KD iz **usnja in svile ne smejo vsebovati vlage manj kot 35**%, saj postanejo krhki, pri vlagi nad 65% pa postanejo plesnivi. Poleg tega relativna vlažnost (RH) nad 70% vodi do nastanka in rasti gliv, kar je še posebej problematično pri naravnih vlaknatih materialih *[Chelazzi D. et al., Journal of Colloid and Interface Science 2020, 576: 230–240; Sterflinger K., Fungal biology reviews 2010, 24: 47-55]*. Postalo je jasno, da sta najprimernejša pogoja za **rast gliv sobna temperatura in visoka vlažnost,** pri čemer ima visoka vlaga udarnejšo vlogo *[Kavkler K. et al., International Biodeterioration & Biodegradation 2015, 97: 51-59]*.

Problem predstavlja tudi **prevoz materialov KD**, kjer lahko temperature tekom prevoza znatno nihajo in recimo znižanje za približno 10 stopinj poveča vsebnost vlage v nepredušno zaprtem

prostoru na 90%. Pri še hladnejših temperaturah lahko kondenzacija na površini artefakta **povzroči katastrofalno škodo**. Problem z relativno vlažnostjo je povezan s temperaturnimi nihanji, zlasti za predmete, kot so materiali KD organskega izvora in na osnovi vlaken: les, papir, tekstil (celuloza, svila itd.), kjer se zaradi razlik v razteznih koeficientih razvijejo notranje napetosti. Slednji so pod nenadzorovanimi pogoji idealna tarča za biodeteriorante: glive, bakterije, ki zlahka napadajo in uničujejo tovrstne materiale *[Kavkler K. et al., International Biodeterioration & Biodegradation 2015, 97: 51-59].*

Biodeterioranti povzročajo posledice za predmete KD na osnovi vlaken, kot so: razbarvanje, izguba trdnosti in raztezka, delno uničenje materiala s ključnimi kemičnimi spremembami materiala: oksidacijsko stanje, stopnja polimerizacije, razgradnja molekularne strukture, itd.

Poleg vlage in temperature je **koncentracija onesnaževalcev zraka še en pomemben vidik,** ki določa primernost pakirnega materiala za shranjevanje – recimo vitrin in arhivskih škatel. Sodobna umetnost je z obilico novih materialov (zlasti na osnovi vlaken) zelo občutljiva na onesnaževala zraka, kot sta ozon in NOx *[Pastorelli G. et al., Polym. Degrad. Stab 2014, 107: 198-209].* Nekatera od teh onesnaževal vstopijo v vlaknasto strukturo in sprožijo različne reakcije, odvisno od vrste in stanja vlaken. Dušikov oksid in ozon povzročata bledenje celuloznega in volnenega tekstila, medtem ko postanejo svilena vlakna toga *[Smith A.W., Journal of the Society of Archivists, 1999, 20/1: 25-39],*. Zaradi emisij ocetne kisline se je treba izogibati lesu kot materialu za shranjevanje celuloznih predmetov KD *[Smith A.W., Journal of the Society of Archivists, 1999, 20/1: 25-39].*

Jasno je, da je treba pri postopku skladiščenja materialov KD na osnovi vlaken, res natančno nadzorovati vlago, temperaturo in onesnaževalce zraka, kar pa današnja skladišča ne zagotavljajo.

Temeljni izzivi: Izgradnja novih klimatskih sistemov ali čistih skladiščnih prostorov v zgodovinskih stavbah je velik tehnični in konservatorski izziv zato ga je pogosto težko finančno upravičiti, še posebno majhne in srednje velike ustanove. Z istim problemom **se sooča tudi Slovenija, kjer v muzejih pogoji shranjevanja pogosto niso nadzorovani z vidika klimatskih pogojev** *[Kavkler K. et al., International Biodeterioration & Biodegradation 2015, 97: 51-59]***, kar zelo ogroža zbirke KD.**
Namesto tega lahko materiale KD **zaščitimo pred vlago** (tudi v povezavi s temperaturnimi nihanji) z ustrezno razvitimi in optimiziranimi in stroškovno učinkovitimi novimi embalažnimi sistemi, v katerih **integriran aktivni koncept** lahko vodi do razširitve ali uvedbe **dodatnih zaščitnih funkcij paketa**. Trenutno običajna embalaža iz papirja ali kartona (arhivske škatle), plastike (filmi, folije) ali tekstilnih prevlek, ne zagotavljajo zadostne zaščite pred nihanji vlage, ki ga lahko tudi povzročajo dnevni ogrevalni cikli, vendar delujejo **kot pasivna embalaža**, ki zagotavlja samo **mehansko zaščito**. Prenos kisika in drugih plinov (ozon, NOx), vodne pare ali drugih elementov v ali iz embalaže, bistveno **vpliva na predmete KD na osnovi vlaken**, zato mora **popolna embalaža – kot rešitev, zagotavljati tako bariero pred vlago kot tudi oviro pred onesnaževalci iz zraka. Bioaktivnost,** kot dodatna funkcija proti mikroorganizmom (glivam, bakterijam), ki so posledica nenadzorovanih pogojev skladiščenja, bi bila tudi neprecenljiva. In seveda ni potrebno poudarjati želje po zaščiti vlaknastih embaliranih materialov KD **pred vodo in ognjem.**

Cilji in cilji predlagane raziskave

Glavni cilj doktorske naloge je narediti korak naprej na področju znanosti o varstvu kulturne dediščine, z razvojem inovativne aktivne večnamenske embalaže iz pasivne embalaže **za zaščito kulturnih predmetov na osnovi vlaken** kot najbolj občutljivega razreda teh predmetov. Posebej bodo razviti embalažni sistemi za dolgoročno shranjevanje predmetov kulturne dediščine **s pomočjo računalniških modelov poškodb,** kar predstavlja korak naprej v temeljni študiji materialov na osnovi vlaken, tj. tekstila in papirja.

Specifični cilji so:

- √ Vzpostavitev večnamenskih koloidnih formulacij (M6), ki se nadalje uporablja kot premaz in polnilo za materiale pakirnih sistemov
- √ Kemična vezava izbranih pripravkov kot premazov na pakirne materiale: karton, plastične folije ter tekstilne netkane prevleke z uporabo tehnologij kot so sitotisk, namakanje in elektropredenje (M20)
- √ Vključitev formulacij kot polnil v notranjost materiala (v celulozno kašo/pulpo in plastično talino) za ojačitev in funkcionalizacijo matric materialov (ekstrudiranje - plastika in celuloza - papirna kaša) (M18)
- √ Temeljni vpogledi v interakcijske fenomene med substrati v samih koloidnih formulacijah, koloidnih formulacijah in embalažnih materialih (adsorpcijska / desorpcijska kinetika in termodinamika) ter fizikalno-kemijskih lastnostih funkcionalnih embalažnih materialov (M22)

- √ Razumevanje vpliva aktivne embalaže na okolje mikrobiološkega profila (M26)
- √ Določeno delovanje načina specifičnega aktivnega embalažnega materiala v stiku z vsakim izbranim objektom KD na osnovi vlaken: papir in svila ter analiza vpliva aktivne embalaže na zaviranje propadanja materialov KD na osnovi vlaken v primerjavi z hrambo le teh v pasivni embalaži (M32)
- √ Vzpostavitev matematičnih modelov škode, posebej za svilo kot ogroženi material beljakovinske dediščine za oceno stroškov / koristi novih embalažnih materialov (M32)

Hipoteza: S takšnimi koncepti aktivne embalaže bomo dosegli naslednje prednostne funkcije - na embalaži:
Prednostna funkcija 1: Funkcionalnost pregrade; bariera za O_2, NO_2, O_3 in H_2O-vlago (vlažnost / sorpcijske lastnosti)
Prednostna funkcija 2: Protiglivično in protibakterijsko delovanje
Prednostna funkcija 3: Zaščita pred ognjem in tekočo vodo (aktualno ob požarih in poplavah)
Ta vrsta embalaže bo pomagala zagotoviti daljšo življenjsko dobo predmetov KD na osnovi vlaken z minimalno škodo ali razgradnjo.

V skladu z globalnimi strategijami: Obzorje Evropa 2021–2027: dve raziskovalni področji **Napredni materiali: Nove lastnosti in funkcionalizacija**: - Karakterizacija, zagotavljanje kakovosti. Prav tako je v skladu s slovensko strategijo pametne specializacije **S4**, to je s prednostnim področjem "Naravni in tradicionalni viri za prihodnost – Mreže za prehod v krožno gospodarstvo" in :"Razvoj materialov kot izdelkov": Projekt se nanaša tudi na **strateško agendo raziskav kulturne dediščine JPI**, zlasti v zvezi s potrebo po trajnostnem upravljanju in potrebo po boljšem razumevanju vpliva klimatskih sprememb na kulturno dediščino. Projekt bo usklajen tudi z raziskovalno **strategijo Evropske raziskovalne infrastrukture za znanost o dediščini.** Treba je opozoriti, da za te materiale trenutno ni specializiranega laboratorija na ravni E-RIHS, to je vrzel, ki jo želi konzorcij odpraviti. Na podlagi razvitih tehnik bomo predlagali, da E-RIHS vključi laboratorij UM (**FS UM**) za raziskovanje tekstila kot del svoje ponudbe FIXLAB, zaradi možnosti široke palete metod za karakterizacijo materialov KD na osnovi vlaken. Izkazane novosti:

- Uvedba multifunkcionalnosti (glej funkcionalne prednostne prioritete), kar teži k ekonomičnosti in popolni učinkovitosti,
- Razvoj univerzalnih premazov / polnil, razvitih kot koloidne formulacije, uporabnih za široko paleto embalažnih materialov (papir / karton, plastične folije in tekstilni materiali).
- Študij interakcij koloidnih formulacij z embalažnimi materiali, ki so temeljito pojasnjeni in obsežno študirani.
- Natančna razlaga načina delovanja teh novo razvitih materialov KD na osnovi vlaken različnega izvora (na osnovi celuloze in beljakovin), ki služijo kot platforma za nadaljnje predmete CH na osnovi celuloze in beljakovin.

Tako kompleksna študija do sedaj ni bila narejena in predstavlja novost v tekstilni kemiji pri ohranjanju kulturne dediščine na osnovi vlaken.
Programska skupina P2-0118 ima enega izmed strebrov namenjenega raziskavam na podroočju dediščinske znanosti vezane na tekstilne materiale.

3. ŠTUDIJSKI PROGRAM

Predvideni študijski program podiplomskega študija v katerega se bo mladi raziskovalec vpisal v študijskem letu 2024/2025:

Doktorska šola FS UM

4. OPIS DEL IN NALOG

Izvaja projekte znanstvenega in raziskovalnega dela.
Sodeluje pri oblikovanju raziskovalnih programov.
Strokovno sodeluje z naročniki raziskovalnih nalog.
Pripravlja poročila in elaborate o raziskavah.
Spremlja in usklajuje raziskovalno delo skladno s pogodbami o financiranju.
Skrbi za varno in zdravo delo.
Organizira in poučuje zaposlene in študente o uporabi osebne varovalne opreme in drugih varnostnih ukrepih.
Opravlja druge sorodne naloge po navodilu predpostavljenega delavca.
Sodeluje v delovnih in stalnih komisijah organov UM in članice oz. druge članice.
Nadomešča sodelavce in nadrejenega v njegovi odsotnosti (po pooblastilu).
Sodeluje pri letni in drugih inventurah.
Opravlja druga sorodna dela po nalogu nadrejenih.

5. ZAHTEVANA STOPNJA IZOBRAZBE

VII/2. tarifna skupina

6. ZAHTEVANA SMER IZOBRAZBE

tehniška, naravoslovna

7. KLASIUS SRV

sedma raven: visokošolsko izobraževanje druge stopnje in podobno izobraževanje/ visokošolska izobrazba druge stopnje in podobna izobrazba

8. KLASIUS P

145 - Izobraževanje učiteljev posameznih predmetov
4 – Naravoslovje, matematika in računalništvo
5 – Tehnika, proizvodne tehnologije in gradbeništvo

9. ZAHTEVANA ZNANJA

računalniška znanja: MS Windows, Word, Excel, Internet, e-pošta, el. poslovanje

10. ZAHTEVANI POSEBNI POGOJI

/

11. ZAHTEVANI JEZIKI

aktivno znanje enega svetovnega jezika

12. ZAHTEVANE DELOVNE IZKUŠNJE

/

13. PREDVIDENO PODOKTORSKO USPOSABLJANJE

Vpetost v projekte in programsko skupino, če bodo proste razpoložljive ure

Podpis mentorja:

Lidija Fras Zemljič

Digitally signed by Lidija Fras Zemljič
DN: C=SI, S=Slovenija, OU=individuals, G=Lidija + SN=Fras Zemljič + SERIALNUMBER=2469530912049 + CN=Lidija Fras Zemljič
Reason: I am the author of this document
Location:
Date: 2024.02.23 15:52:16+01'00'
Foxit PDF Editor Version: 12.1.2

Podpis vodje raziskovalnega programa:

Lidija Fras Zemljič

Digitally signed by Lidija Fras Zemljič
DN: C=SI, S=Slovenija, OU=individuals, G=Lidija + SN=Fras Zemljič + SERIALNUMBER=2469530912049 + CN=Lidija Fras Zemljič
Reason: I am the author of this document
Location:
Date: 2024.02.23 15:56:01+01'00'
Foxit PDF Editor Version: 13.1.2

Ime in priimek dekana oz. pooblaščene osebe[3]:

red. prof. dr. Matej Vesenjak

Podpis dekana oz. pooblaščene osebe:

Digitally signed by Matej Vesenjak
Date: 2024.02.23 17:08:01 +01'00'

Kraj in datum:

Maribor, 23. 02. 2024

Žig:

[3] Program usposabljanja podpiše dekan članice, na kateri bo potekalo usposabljanje MR.