



RAZISKOVALNI DOSEŽKI KTOI

RAZISKOVALNI DOSEŽKI KTOI

1. Nova evropska svila: okolju prijazno svilarstvo
2. Tkanje za trajnostne rešitve
3. Pletivo s spominom v gasilskih oblačilih
4. Funkcionalnost tekstilnih laminatov iz 3D tekstilij
5. Tekstilije pod mikroskopom: kaj bakterijam omogoča, da se oprimejo in razmnožujejo
6. pH odzivne tekstilije
7. Izraba odpadnih rastlin za razvoj barvitih in zaščitnih tekstilij ter biokompozitov
8. Okolju prijazni nanokompoziti za dosego večfunkcionalnih lastnosti tekstilij
9. Trajnostni bio-osnovani premazi za doseganje vodoodbojnosti



Nova evropska svila: okolju prijazno svilarstvo

V prvi fazi velikega interdisciplinarnega projekta Nova evropska svila, ki ga je vodila Naravoslovnotehniška fakulteta, je sodelovalo pet fakultet in ena akademija Univerze v Ljubljani. Namen projekta je bil izvesti raziskave za oživitve okolju prijaznega svilogojstva in svilarstva v Sloveniji in Evropski uniji.

Svila je najbolj cenjeno tekstilno vlakno in ometajoč material za medicinske tekstilije. Raziskovali in razvili smo ...

1. računalniško vodeno napravo za odmotavanje kokonov za testiranje kokonov slovenskih rejcev svile.
2. okolju prijazne postopke degumiranja surove svile z milom, natrijevim karbonatom, citronsko kislino in sečnino, da bi dobili mehko in leskoto svilo.
3. iz preje iz degumiranih svilenih odpadkov smo ročno stkali unikatne izdelke.
4. iz mešanic svilenih prej, ki jih proizvaja Predilnica Litija, smo izdelali in raziskali pletenine za šport.
5. določili smo parametre za ročno in strojno tkanje svilenih tkanin za oblačila in domačo/dekorativno uporabo.
6. postopek barvanja svile z naravnimi barvili in biočimžami.
7. postopek tiskanja svilene tkanine z rastlinskimi barvili.
8. večfunkcionalno protimikrobno, UV zaščitno in ognjevarno svileno tkanino z uporabo hitosana v kombinaciji z izvlečkom kurkume in amonijevega fitata po načelih zelene kemije.
9. gosence sviloprejke so z neutrudnim zapredanjem soustvarile umetniške prostorske skulpture, študenti oblikovanja tekstilij in oblačil pa so se s svilenimi miniaturnimi predstavili na EPK GO!



V projektu so iz NTF sodelovali: Matejka Bizjak, Andrej Demšar, Petra Eva Forte Tavčer, Barbara Simončič, Marija Gorjanc, Brigita Tomšič, Mateja Kert, Klara Kostajnshek, Tatjana Rijavec (vodja projekta), Dunja Šajn Gorjanc, Barbara Golja, Mirjam Leskovšek, Irena Sajovic, Alenka Šalej Lah, Živa Zupin, Barbara Luštek Preskar, Marija Jenko, Elena Fajt, Katja Burger Kovič, Tanja Nuša Kočvar, Petja Zorec, Arijana Gadžijev, Alenka More.



NTF

UNIVERZA V LJUBLJANI
Naravoslovnotehniška fakulteta



Tekstil je povsod.



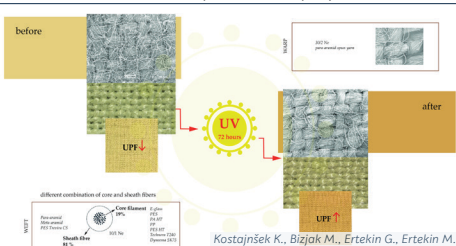
Tkanje za trajnostne rešitve

Tkanina nastane s prepletanjem dveh nitnih sistemov osnovnih in votkovnih niti, pri čemer način njunega prepletanja določa tkalska vezava. Tkanine nastanejo v procesu tkanja na strojnih ali ročnih statvah. Med seboj se razlikujejo po številnih parametrih, njihove lastnosti pa so močno odvisne od uporabljene preje in strukture.

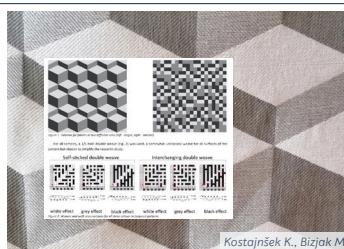
Raziskave na področju tehnologije tkanja in strukture tkanin

- mehanska funkcionalizacija tkanin, tkanine z visoko UV zaščito brez naknadnih plemenitilnih postopkov, trajnostne tkanine z ustrezno poroznostjo, zračno prepustnostjo in drugimi lastnostmi, ki vplivajo na udobje

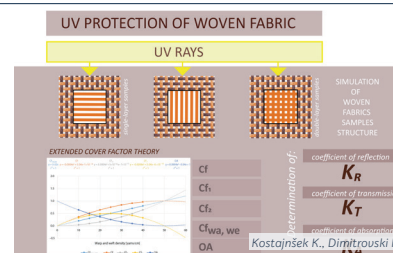
Ocena lastnosti zaščite pred UV-žarki tkanin iz para-aramida z različnimi oplaščenimi prejami



Ocena lastnosti prepustnosti tehnološko razvitih žakardnih tkanin

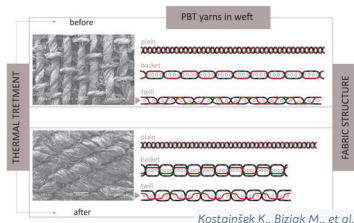


Uporaba nadgrajene teorije faktorja pokritosti pri določitvi UV zaščite tkanin

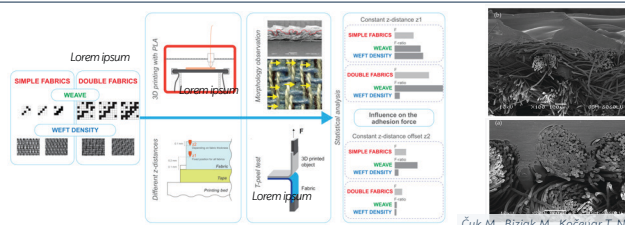


- razvoj tkanin s potencialno prilagodljivo elastičnostjo, z uporabo PBT prej ali oplaščenih Co/PBT prej.
- razvoj tkanin za optimalno adhezijo 3D tiskanih polimerov

Funkcionalizacija tkanin s PBT prejami

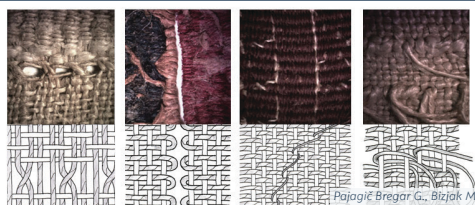


Vpliv enojnih in dvojnih tkanih struktur na adhezivne lastnosti 3D-tiskanih tkanin

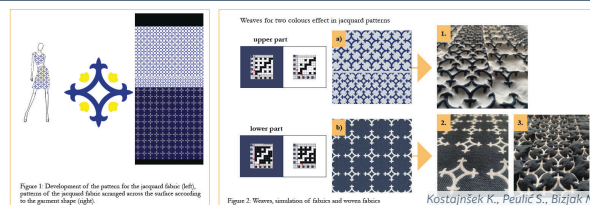


- raziskave zgodovinskih tkanin
- načrtovanje žakarskih tkanin za izdelavo oblačil brez odpadka

Struktura in barve koptskih tkanin iz Narodnega muzeja Slovenije

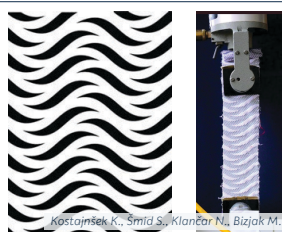


Oblikovanje in razvoj žakarske tkanine za izdelavo oblačil brez odpadkov

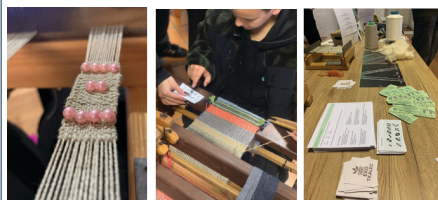


- tkanine z oksetičnim potencialom

Oksetični potencial tkanin



Ročno tkanje za ozaveščanje otrok in mladine o vplivu tekstilnih odpadkov na onesnaženje – delavnica v TMS in eko tkalec.



Raziskave na področju tkanja so tesno povezane z načrtovanjem in simulacijo tkanin v programski opremi za tkanje ARAHNE.



NTF

UNIVERZA V LJUBLJANI
Naravoslovnotehniška fakulteta

Tekstil je povsod.

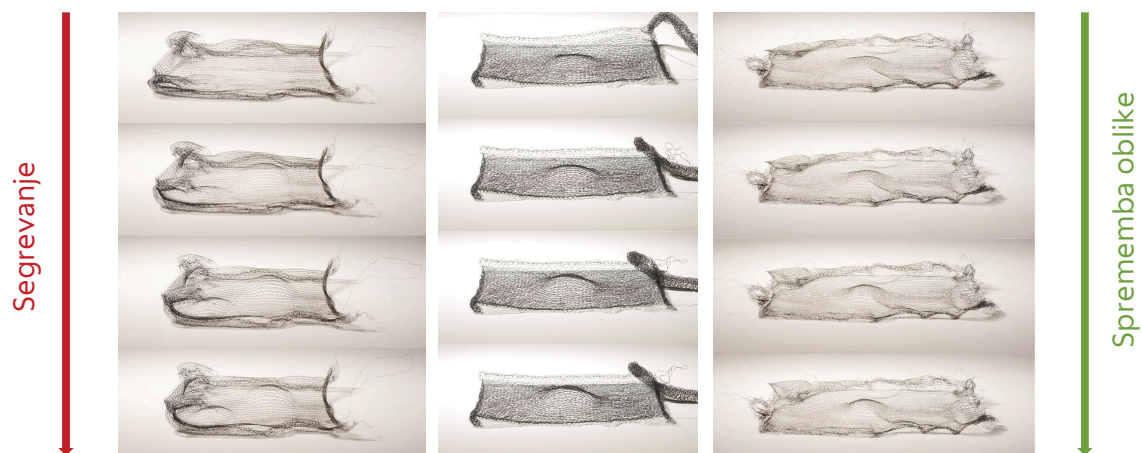


Pletivo s spominom v gasilskih oblačilih

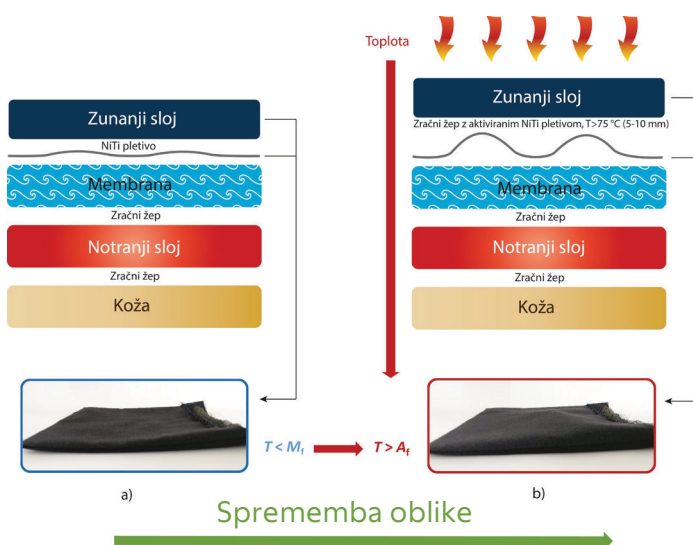
Gasilci opravljajo izjemno zahtevne naloge, pogosto v nevarnih okoliščinah, zato nosijo posebna zaščitna oblačila, ki jih varujejo pred ognjem, vodo, kemikalijami in mehanskimi poškodbami. Da bi lahko delo opravili učinkovito, morajo biti ta oblačila hkrati udobna in lahka. Zrak je odličen toplotni izolator, saj skoraj nima mase. Zato bi povečanje zračnih prostorov med sloji oblačila - t. i. zračnih rež - ob izpostavljenosti visokim temperaturam lahko bistveno izboljšalo zaščito.

Da bi to dosegli, smo v večslojno strukturo gasilskih oblačil vključili pametno pletivo iz izjemno tanke žičke iz nikelj-titanove zlitine (nitinola). Razvili smo pametni tekstilni sistem, ki se ob spremembi zunanje temperature samodejno prilagodi: dvodimenzionalno pletivo se lahko spremeni v tridimenzionalno obliko in tako poveča zračno režo med plastmi. Rezultat je izboljšana toplotna izolacija brez dodatne teže oblačila. Za testiranje smo iz nitinola izdelali več različic pletiv in jih "trenirali" v posebnih kalupih, ki so določali obliko, ki jo mora pletivo zavzeti pri povišani temperaturi (slika 1). Po približno 15 ciklih učenja - segrevanje nad 75 °C, ohlajanje na sobno temperaturo in fizično izravnavanje - si je pletivo trajno zapomnilo obliko.

V praktičnem preizkusu smo pletivo vstavili v žep iz ognjevarnih tekstilij, primernih za gasilska vrhnja oblačila. Ko smo ga segreli na 75 °C ali več, se je pletivo razširilo in povečalo zračno režo v žepu na 15 mm (slika 2). Pokazali smo, da lahko tak pametni tekstilni sistem v gasilskih oblačilih lokalno izboljša toplotno zaščito in s tem dodatno varuje kožo pred pregrevanjem ali opeklinami.



Slika 1: Sprememba oblike pletiva NiTi pri spremembi zunanje temperature.



Slika 2: Zračna reža med sloji gasilskega oblačila (a) in zračna reža, ki jo povzroči sprememba oblike pletiva NiTi pri povišanju temperature (b).

Avtorji: Alenka Šalej Lah, Tatjana Rijavec, Peter Fajfar

Raziskava je bila objavljena v znanstvenih revijah:

- *Smart materials and structures:* IOPscience,
- *Tekstilec:* glasilo slovenskih tekstilcev,
- *Tekstil:* časopis za tekstilno tehnologijo i konfekcijo ter predstavljeno na več znanstvenih konferencah.

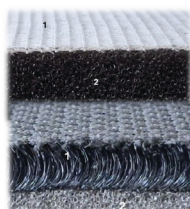
Raziskavo je finančno podprla **Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).**



Funkcionalnost tekstilnih laminatov iz 3D tekstilij

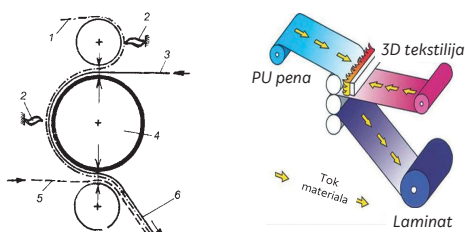
Uvod

- V raziskavi smo preučevali vpliv dodane 3D tekstilije na funkcionalnost laminatov za avtomobilske sedeže.
- Laminati so bili izdelani s plamensko laminacijo, pri čemer je bila ena komponenta iz PU pene, druga pa iz snutkovnega 2D ali 3D pletiva.



Eksperimentalni del

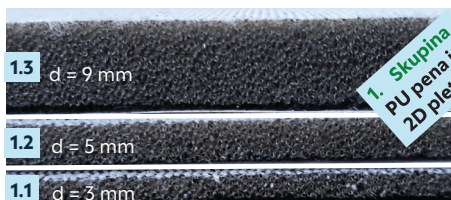
Laminirnik za izdelavo laminata s plamensko laminacijo



1 – poliuretanska pena; 2 – plamenski gorilnik; 3, 5 – tekstilija; 4 – združevalni valj; 6 – laminat

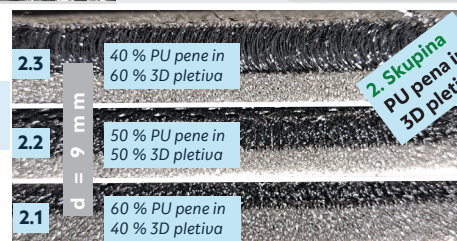
Komponente laminatov iz PU pene ter 2D in 3D pletiva

Vzorci	Komponenta 1 (PU pena)	Komponenta 2 (2D in 3D pletivo)	Komponenta 3 (2D pletivo)	Prečni prerez
1.1 1.2 1.3				
2.1 2.2 2.3			/	



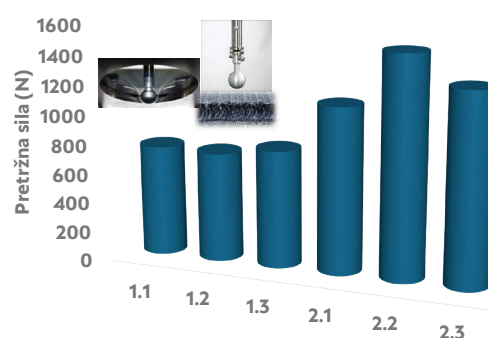
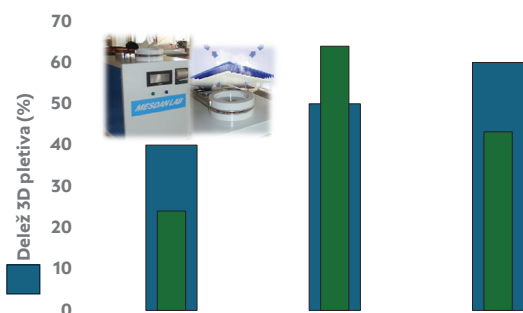
1. Skupina
PU pena in
2D pletivo

Prečni prerez laminatov s PU peno ter 2D- in 3D-pletivom



2. Skupina
PU pena in
3D pletivo

Rezultati



Sklepi

- Na podlagi raziskave smo potrdili, da lahko PU peno v tekstilnih laminatih uspešno nadomestimo s 3D pletivom.
- Najvišje vrednosti zračne prepustnosti in pretržne sile dosežemo že pri 50-odstotnem deležu 3D pletiva v laminatu.

Članki

ŠAJN GORJANC, Dunja. Influence of spacer fabric on functionality of laminates. *Autex research journal*. 2025, vol. 25, no. 1, str. 1-14.

ŠAJN GORJANC, Dunja; GOLJA, Barbara. Functionalization of two-layer laminates made of multilayer nonwovens and 3D knitted fabrics. *Research Journal of Textile and Apparel*. 2025, sprejeto v objavo.



NTF

UNIVERZA V LJUBLJANI
Naravoslovnotehniška fakulteta

Tekstil je povsod.





Tekstilije pod mikroskopom:

kaj bakterijam omogoča, da se oprimejo in razmnožujejo

KAJ SPLOH JE BAKTERIJSKA ADHEZIJA?

Izraz se uporablja za proces pritrdjevanja bakterijskih celic na potencialno ugodno površino, saj bakterije raje živijo pritrjene kot v planktonski obliki. Proces še zdaleč ni tako enostaven in enoznačen, saj v njem **sodelujejo tri spremenljivke**: bakterijska celica, potencialna površina in okolje. V primeru bakterijske adhezije na tekstil razumevanje in opisovanje postane še kompleksnejše, saj je poleg živega organizma prisotna tudi površina, ki ima svoje spremenljive in **Bakterijska adhezija na tekstilu** unikatne lastnosti.

Predpostavke se velikokrat ne ujemajo z dejanskimi rezultati, saj različni teoretični pristopi temeljijo na zakonitostih drugih materialov.



KDAJ SE BAKTERIJA OPRIME VLAKEN IN KDAJ NE?

Bakterijska celica se tekstiliji približa z aktivnim in/ali pasivnim gibanjem. Med njo in površino tekstilije v času **reverzibilne adhezije** že delujejo privlačne Van der Waalsove ali odbojne elektrostatske sile, ki so odvisne od kemijske strukture materiala in lastnosti okoliškega medija. V kolikor privlačne sile prevladajo odbijajoče sile, se proces nadaljuje v **ireverzibilno adhezijo**. Znotraj slednje se bakterijska celica trdno oprime površine vlaken s pomočjo molekularnih in celičnih interakcij ter s proizvodnjo specifičnih adhezinskih molekul.

KLJUČNE LASTNOSTI TEKSTILIJ

Tekstilije predstavljajo primerno površino za bakterijsko rast zaradi svojih edinstvenih kemijskih, morfoloških in strukturnih lastnosti. Posamezna bakterijska vrsta za svoje razmnoževanje potrebuje ustrezno vlažnost, temperaturo in prisotnost hranil. Spodnje navedene tekstilne lastnosti so tiste, ki diktirajo proces bakterijske adhezije, vendar zaradi njihovega prepletanja in medsebojnega

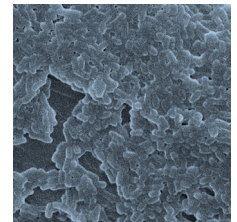
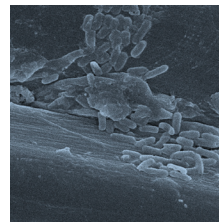
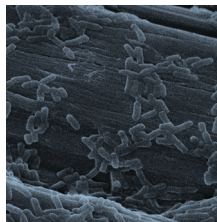
delovanja prihaja do nasprotujočih si zaključkov v literaturi.

Prav to dejstvo nakazuje na raziskovalno vrzel, ki jo z različnimi znanstvenimi prispevki želimo zapolniti.

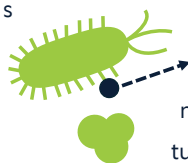
ZAKAJ JE BAKTERIJSKA ADHEZIJA TAKO NEZAŽELENA?

Prisotnost bakterij lahko poslabša estetske, funkcionalne in mehanske lastnosti same tekstilije (npr. nastanek madežev, razbarvanje, razgradnjo), v slabšem primeru ima lahko vpliv tudi na uporabnikovo zdravje. Bakterije na tekstilu lahko preživijo tudi več tednov, kar predstavlja nadaljnjo možnost okužbe in prenosa in navzkrižne kontaminacije.

BAKTERIJSKA ADHEZIJA KOT PRVI KORAK NA POTI NASTANKA BIOFILMA



Pritrjene bakterijske celice se na površini začnejo rasti in se deliti, kar vodi do nastanka mikrokolonij in zunajceličnih polimernih snovi, karakteristik biofilma. Takšne celice so še bolj zavarovane pred zunanjimi vplivi, odpornejše so tudi na delovanje različnih protimikrobnih sredstev.



Vlažnost,
temperatura,
hranila

NAŠ RAZISKOVALNI DOPRINOS

Bakterijsko adhezijo in nastanek biofilmov na tekstilijah smo predstavili v 5 prispevkih za domače in tuje konference. Pripravili smo tudi pregledni in izvirna znanstvena članka, več dognanj pa med tem časom že opisujemo v novih člankih, ki bodo kmalu na voljo za branje. Za dodatno raziskovanje poiščite naslednje vsebine:

- ČUK, Nina, SIMONČIČ, Barbara, FINK, Rok, TOMŠIČ, Brigita. Bacterial adhesion to natural and synthetic fibre-forming polymers: Influence of material properties. *Polymers*. 2024, vol. 16, iss. 17, [article no.] 2409, str. 1-30, ilustr. ISSN 2073-4360. <https://www.mdpi.com/2073-4360/16/17/2409>, DOI: 10.3390/polym16172409.
- ČUK, Nina, LUNDER, Manca, TOMŠIČ, Brigita, FINK, Rok (avtor, korespondenčni avtor). Multi-drug-resistant bacteria on household textiles: characteristics, transmission and low-temperature washing. *Biofouling*. 2025, vol. 41, no. 5, str. 470-484, tabele. ISSN 0892-7014. Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, dCOBISS, DOI: 10.1080/08927014.2025.2497295.
- ČUK, Nina, SIMONČIČ, Barbara, KOSTAJNŠEK, Klara, FINK, Rok, BIZIAK, Matejka, LUNDER, Manca, TOMŠIČ, Brigita. Bacterial adhesion and biofilm formation on linen fabrics: Exploring the influence of textile factors. *Industrial crops and products*. Dec. 2025, vol. 237, iss. 1, [article no.] 122294, str. 1-14, ilustr. ISSN 1872-633X. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669025018412>, DOI: 10.1016/j.indcrop.2025.122294.

Kemijska
kompozicija

Površinski
naboj

Hidrofilnost/
hidrofobnost

Površinska
prosta energija

Površinska
hrapavost

Poroznost

Ključne lastnosti tekstilij



NTF

UNIVERZA V LJUBLJANI
Naravoslovnotehniška fakulteta

Tekstilije povsod.

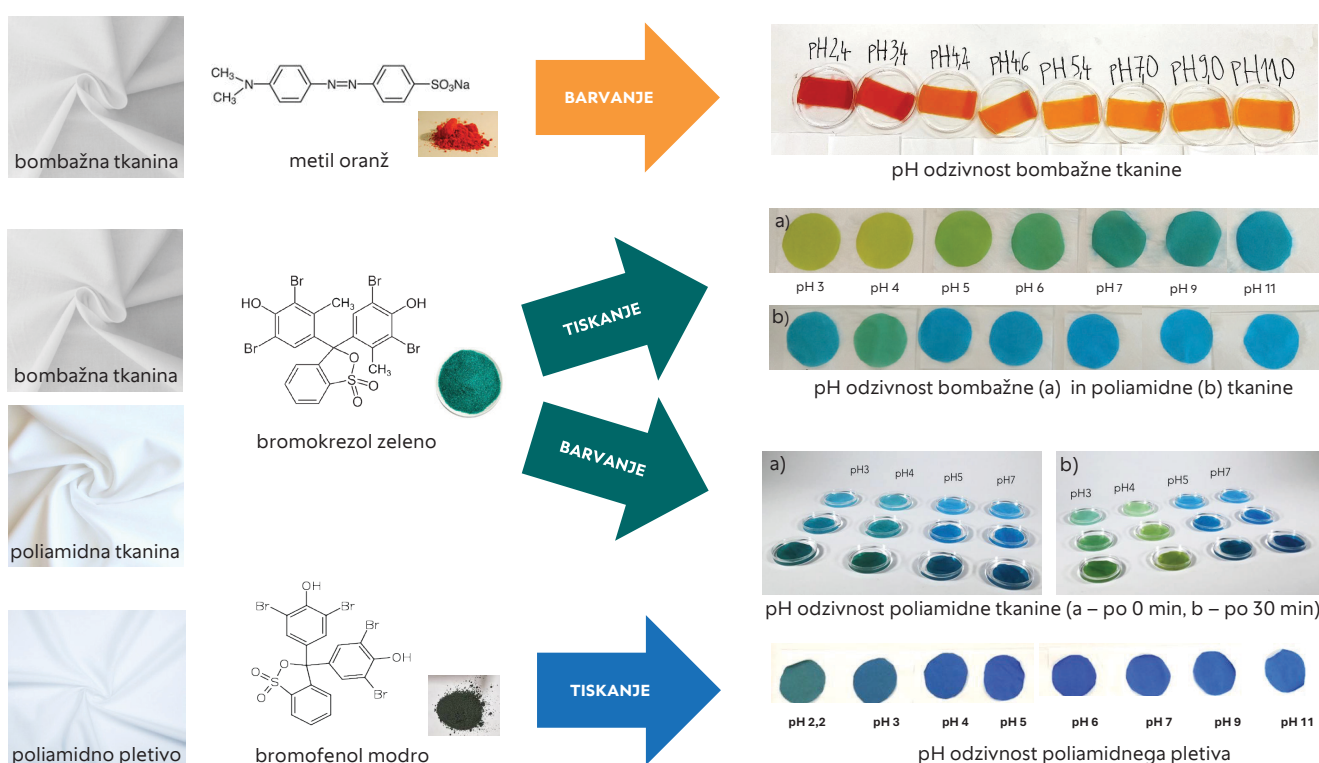


pH odzivne tekstilije

pH odzivne tekstilije uvrščamo med pasivne pametne tekstilije. Za njih je značilno, da se odzivajo na spremembo vrednosti pH v okolju s spremembo barve. Z nanosom pH odzivnih barvil na tekstilni material lahko oblikujemo tekstilne senzorje, ki se odlikujejo po nizkih proizvodnih stroških, mehanski stabilnosti, prožnosti, prepustnosti za zrak, pralnosti in možnosti ponovne uporabe, kar so prednosti v primerjavi z elektronskimi senzorji. Med najpogostejše uporabljena pH odzivna barvila sodijo ftalidi, triarilmetani, fluorani in preprosta azo barvila.

Oblikovanje pH odzivnih tekstilij:

pH odzivne tekstilije, različnega surovinskega sestava, smo ustvarili z nanosom indikatorskih barvil po postopku barvanja in tiskanja. Odzivnost tekstilij na spremembo vrednosti pH smo spremljali s potopitvijo pobarvanih ali potiskanih vzorcev v pufrske raztopine različnih vrednosti pH.



Uporaba:

pH odzivne tekstilije imajo velik potencial v medicini za obliže ali povoje za paciente z opeklinami, za spremljanje drugih procesov v človeškem telesu (kislost znoja, izcedek iz nosu) za zaščitna oblačila, ki merijo spremembo pH v zraku in agrotekstilije za grobo oceno vrednosti pH prsti, kar vpliva na rast pridelkov.

Raziskave so objavljene v:

1. KERT, Mateja, JEREBIC, Špela. Formation of halochromic polyamide/elastane knitted fabric by screen printing method. V: GORJANC, Marija (ur.), et al. *Crossing boundaries : 50th International Symposium on Novelties in Textiles : 10th Conference on Information and Graphic Arts Technology : proceedings : 29-30 May 2025, Ljubljana, Slovenia*. Ljubljana: Faculty of Natural Sciences and Engineering, 2025. Str. 155-160. ISBN 978-961-7189-20-9. [COBISS.SI-ID [239318275](#)]
2. KERT, Mateja, SKOKO, Jasna. Formation of pH-responsive cotton by the adsorption of methyl orange dye. *Polymers*. 2023, vol. 15, iss. 7, [article no.] 1783, str. 1-15, ilustr. ISSN 2073-4360. [COBISS.SI-ID [150732291](#)]
3. GORJANC, Marija, GERL, Ana, KERT, Mateja. Screen printing of pH-responsive dye to textile. *Polymers*. 2022, vol. 14, iss. 3, str. 1-14, ilustr. ISSN 2073-4360. [COBISS.SI-ID [95237635](#)]
4. STOJKOSKI, Viktor, KERT, Mateja. Design of pH responsive textile as a sensor material for acid rain. *Polymers*. 2020, vol. 12, iss. 10, 15 str., ilustr. ISSN 2073-4360. [COBISS.SI-ID [31028227](#)]



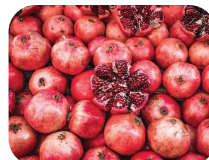


Izraba odpadnih rastlin za razvoj barvitih in zaščitnih tekstilij ter biokompozitov

Odpadne rastline ...

invazivne tujerodne vrste / povzročajo okoljsko škodo, izrinjajo domorodne vrste in zahtevajo stroške odstranjevanja, sežiga ali industrijskega kompostiranja

rastlinski ostanki živilsko-predelovalne industrije / odpadki, ki obremenjuje okolje (npr. z razkrojem, emisijami) in predstavlja strošek

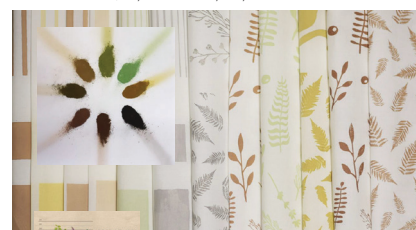


... lahko koristno uporabimo za...

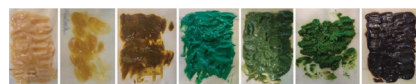
... barvanje in tiskanje tekstilij.



EU PROJEKT APPLAUSE, vodja na NTF dr. Marija Gorjanc



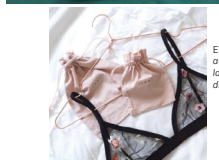
<https://www.ntf.uni-lj.si/toi/employee/marija-gorjanc/projekt-applause/>



TOMIČ, Jovana. Ekološki pristopi k družbeno angažirani tekstilni umetnosti : magistrsko delo 2023

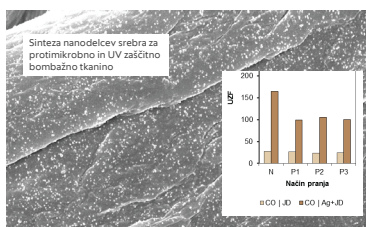


OVSENIK, Julijana. Barvanje bombažne tkanine z barvilom ploda octovca in izdelava tekstilnih izdelkov : diplomsko delo



EVC, Patricia. Barvanje z avokadovimi olupki za lastno blagovno znamko : diplomsko delo 2018

... razvoj zaščitnih tekstilij.

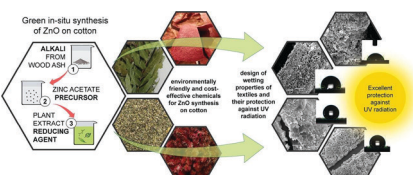


PROJEKT
Okolišna priprava in-situ sinteza ZnO nanodelcev za razvoj zaščitnih tekstilij 2019 – 2022
Vodja: izr. prof. dr. Marija Gorjanc

V sklopu projekta sta bila razvita dva nova, okolju prijazna postopka in-situ sinteze nanodelcev ZnO direktno na tekstilnem substratu. Oba postopka predstavljata popolnoma nov pristop modifikacije tekstilij za razvoj več-zaščitnih in več-funkcionalnih tekstilij ter podajata možnosti sinteze drugih nanodelcev in nano-struktur na tekstilu. Oba pristopa sta ključnega pomena pri uspešnem premagovanju tehnoloških in ekoloških vprašanj s področja procesov modifikacije tekstilij in vlaknastih polimerov.



VERBIČ, Anja, BRENIČIČ, Katja, PRIMC, Gregor, MOZETIČ, Miran, GORJANC, Marija. Eco-friendly in situ ZnO synthesis on PET fabric using oxygen plasma and plant waste. Coatings. 2022. DOI: 10.3390/coatings12040537



VERBIČ, Anja, BRENIČIČ, Katja, DOLENEC, Matej, PRIMC, Gregor, REČEK, Nina, ŠALA, Martin, GORJANC, Marija. Designing UV-protective and hydrophilic or hydrophobic cotton fabrics through in-situ ZnO synthesis using biodegradable waste extracts. Applied Surface Science. 2022. DOI: 10.1016/j.apsusc.2022.153931

... izdelavo biokompozitov.



OGRIŽEK, Linda, LAMOVŠEK, Janja, ČUŠ, Franc, LESKOVŠEK, Mirjam, GORJANC, Marija. Properties of bacterial cellulose produced using white and red grape bagasse as a nutrient source. Processes. 2021. DOI: 10.3390/pr9071068

OGRIŽEK, Linda, LAMOVŠEK, Janja, PRIMC, Gregor, LESKOVŠEK, Mirjam, VESEL, Alenka, MOZETIČ, Miran, GORJANC, Marija. Improved adhesion of bacterial cellulose on plasma-treated cotton fabric for development of all-cellulose biocomposites. Molecules. 2024. DOI: 10.3390/molecules29215009



GORJANC, Marija, OKRŠLAR, Marija. Doma vzgojena bakterijska celuloza kot alternativa materialom v modni industriji. 57. Tekom : Študentsko tehniško konferenca : Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2023 [COBISS SI-ID 164115715]



Študentski projekt pri predmetu Kompoziti: Bio-kompoziti za torbice: študentke Ivi Primožič, Ljubica Bekjarova, Nika Polenel, Zala Žagar, Ana Petrovič; mentorica izr. prof. dr. Marija Gorjanc



Tekstil je povsod.



NTF

UNIVERZA V LJUBLJANI
Naravoslovnotehniška fakulteta



Okolju prijazni nanokompoziti za dosego večfunkcionalnih lastnosti tekstilij

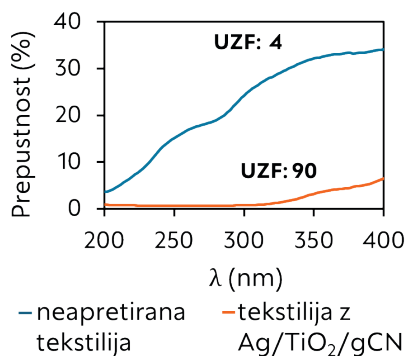
Razvili smo varen in okolju prijazen trikomponentni nanokompozit, ki vključuje srebro (Ag), titanov dioksid (TiO_2) in grafitni ogljikov nitrid (gCN) ter ga nanесли na tekstilijo za dosego njenih večfunkcionalnih lastnosti.

Tri komponente, tri funkcije:

- **Ag:** močno protimikrobno delovanje proti bakterijam, virusom in glivam, vendar večinoma učinkovito delovanje pri citotoksičnih koncentracijah.
- **TiO_2 :** odličen fotokatalizator za razgradnjo različnih nečistoč, vendar aktiven le pri osvetljevanju z UV svetlobo.
- **gCN:** trajnostni fotokatalizator aktiven pri osvetljevanju z vidno svetlobo, vendar z omejeno fotokatalitsko učinkovitostjo.

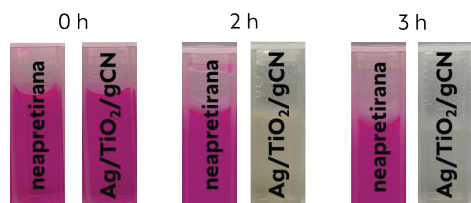
S sinergijskim učinkom med posameznimi komponentami v nanokompozitu $\text{Ag}/\text{TiO}_2/\text{gCN}$ smo tekstiliji podelili hkratno protimikrobno delovanje, UV-zaščito in sposobnost samočistilnosti pri osvetljevanju z vidno svetlobo. Takšna tekstilija je varna za uporabo v neposrednem stiku s kožo, saj ni citotoksična.

Vse to nam je uspelo doseči brez kompromisov med učinkovitostjo in vplivom na okolje.



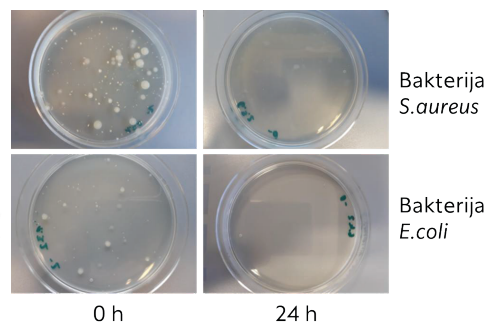
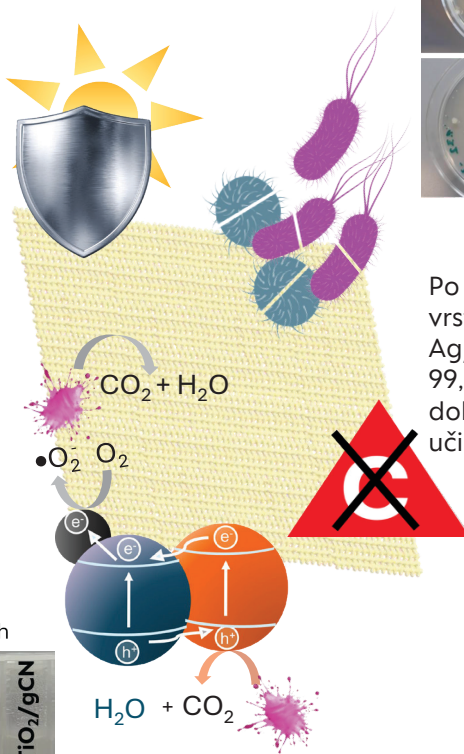
Slika 1: UV zaščita

Tekstilija z $\text{Ag}/\text{TiO}_2/\text{gCN}$ je zaustavila 97 % UVA in 99 % UVB, kar izkazuje odlično zaščito pred UV-sevanjem z ultravijoličnim zaščitnim faktorjem (UZF) enakim 90.



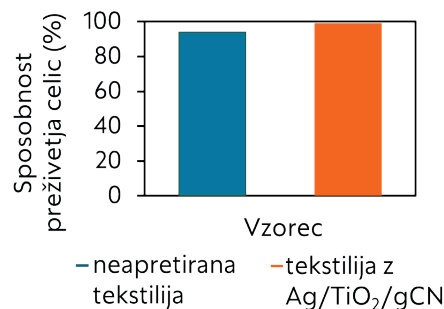
Slika 3: Fotokatalitska samočistilnost

Tekstilija z $\text{Ag}/\text{TiO}_2/\text{gCN}$ je po 2 urah osvetljevanja razbarvala 95 % barvila Rhodamine B, po 3 urah pa v celoti, kar potrjuje odlično fotokatalitsko samočistilnost.



Slika 2: Protimikrobna

Po 24-urni izpostavljenosti različnim vrstam bakterij je tekstilija z $\text{Ag}/\text{TiO}_2/\text{gCN}$ povzročila več kot 99,9 % uničenje vseh bakterij, kar dokazuje odlično protimikrobno učinkovitost.



Slika 4: Citotoksičnost

Na tekstiliji z $\text{Ag}/\text{TiO}_2/\text{gCN}$ je preživel celotno več bioloških celic kot na neapretirani, kar potrjuje izvrstno bio-kompatibilnost nanokompozita.

Dominika Glažar, Brigita Tomšič, Ivan Jerman, Raghuraj S. Chouhan, Andraž Šuligoj, Matija Zorc, Albin Pintar, Janez Kovač, Andraž Krajnc, Francisco Ruiz-Zepeda, Barbara Simončič. Surface-engineered $\text{Ag}/\text{TiO}_2/\text{graphitic}$ carbon nitride nanocomposites on cotton textiles for multifunctional photocatalytic, UV shielding, and antibacterial performance. *Applied Surface Science*, 2025, članek sprejet v objavo.



NTF

UNIVERZA V LJUBLJANI
Naravoslovnotehniška fakulteta



Tekstil je povsod.



Trajnostni bio-osnovani premazi za doseganje vodoodbojnosti

? RAZISKOVALNI PROBLEM

Per- in polifluoroalkilne spojine (PFAS) so sintetične kemikalije, znane po izjemni vodoodbojnosti, oljeodbojnosti in odpornosti, ki se pogosto uporabljajo v tekstilstvu, embalaži za hrano, premazih kuhinjskih posod in drugih potrošniških izdelkih. V okolju se ne razgradijo, temveč se kopičijo, ter so povezane z negativnimi vplivi na človeško zdravje. Razvoj novih, varnejših alternativ PFAS premazom je zato ključnega pomena za zaščito zdravja ljudi in okolja.

REŠITEV

Kot odgovor na ta problem so raziskovalci razvili hidrofoben premaz na osnovi hitozana, OSA-modificiranega škroba in nanodelcev ZnO, ki na tekstilnih substratih iz bombaža in poliestra zagotavlja odlično vodoodbojnost ter izjemno odpornost. Vzorec po več ciklih pranja in več kot 20.000 ciklih abrazije ostane funkcionalen, s čimer presega abrazijsko obstojnost komercialnih PFAS premazov. Premazani vzorci so dolgoročno stabilni, saj ostanejo hidrofobni najmanj 230 dni. Premaz je prozoren, enakomeren in ne vpliva na videz ali otip tkanin. Zaradi biopolimerne sestave se v okolju hitro razgradi. Komercialna izvedljivost nanosa premaza je bila potrjena na predindustrijski skali z uveljavljenim dip-pad-dry postopkom, kar omogoča enostavno vključitev v obstoječe proizvodne procese.

NEPREMAZAN TEKSTILNI VZOREC

Meritve stičnih kotov vodne kaplje (WCA)

Stični kot neizmerljivo nizek

Vzorec pred pranjem Vzorec po pranju

Posnetek vrstične elektronske mikroskopije (SEM)

VZOREC VPIJA TEKOČINE = JE OMOČLJIV

Kapljice čaja, mleka, kave in soka se vpijejo v tkanino.

VZOREC PREMAZAN Z BIOPOLIMERNO-OSNOVANIM PREMAZOM

Meritve stičnih kotov vodne kaplje (WCA)

Stični kot $> 120^\circ$

Vzorec pred pranjem Vzorec po pranju

Posnetek vrstične elektronske mikroskopije (SEM)

VZOREC NE VPIJA TEKOČIN = NI OMOČLJIV

Kapljice čaja, mleka, kave in soka se ne vpijejo v tkanino.

Raziskava je nastala v okviru Horizon Europe projekta PROPLANET (GA nr. 10109842) na Kemijskem inštitutu, v sodelovanju z Naravoslovnotehniško fakulteto in Inštitutom za celulozo in papir. Rezultati raziskave so bili objavljeni v reviji Carbohydrate polymers s faktorjem vpliva (IF) 12,5 (2024):



Breaking free from PFAS: biocompatible, durable and high-performance octenyl succinyl anhydride (OSA)-modified starch/chitosan coating with ZnO for textile applications.

AVTORJI: VERBIČ Anja, STRES Blaž, JERMAN Ivan, GOLJA Barbara, ŽAGAR Ema, MARTINOVIČ Vuk, LOGAR Petja, LAVRIČ Gregor, PRAŠNIKAR Anže, LIKOZAR Blaž, NOVAK Uroš, OBERLINTNER Ana.



NTF

UNIVERZA V LJUBLJANI
Naravoslovnotehniška fakulteta

Tekstil je povsod.





NTF

UNIVERZA V LJUBLJANI
Naravoslovnotehniška fakulteta

Avtorji: **člani in članice KTOI**

Katedra za tekstilno in oblačilno inženirstvo (KTOI)

Oddelek za tekstilstvo, grafiko in oblikovanje

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta

Tisk: MEDIUM d.o.o.



NTF

UNIVERZA V LJUBLJANI
Naravoslovnotehniška fakulteta