

CIRKULARNA EKONOMIJA U TEKSTILNOJ INDUSTRIJI

Dimitrije Denić¹, Goran Bošković¹, Angelina Pavlović^{1*}, Nebojša Jovičić¹

¹ Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Kragujevac

* e-mail: angelina.pavlovic@uni.kg.ac.rs

Pregledni rad

UDC: 338.1:330.3:502/504:677

doi: 10.5937/tekstind2101047D



Apstrakt: Poslednjih godina beleži se porast proizvodnje tekstila i odevnih predmeta, a što je rezultat porasta globalne populacije i poboljšanja životnog standarda. Posledica navedene činjenice jesu neograničeno korišćenje resursa za potrebe proizvodnog procesa tekstilnih i odevnih predmeta, kao i povećanje količine generisanog tekstilnog otpada, koji se trenutno ne tretira na adekvatan način. Da bi tekstilna industrija u budućnosti imala šansu da iskoristi ekološke, ekonomske i socijalne mogućnosti koje trenutno nije u stanju, neophodna je transformacija trenutnog, linearnog sistema u cirkularni sistem. U radu je dat prikaz mogućnosti implementacije osnovnih principa cirkularne ekonomije u tekstilnoj i odevnoj industriji. Tekstilna industrija prema principima cirkularne ekonomije se bazira na realizaciji četiri aktivnosti: eliminisanje neželjenih supstanci i oslobađanja (emisije) mikrovlakana, povećanje iskorišćenosti tekstilnih i odevnih proizvoda, unapređenje sektora reciklaže, efikasna upotreba resursa i prelazak na obnovljive izvore.

Ključne reči: cirkularna ekonomija, tekstilna industrija, resursi i tekstilni otpad, životna sredina.

THE CIRCULAR ECONOMY IN THE TEXTILE INDUSTRY

Abstract: In recent years, there has been an increase in the production of textiles and clothing, which is the result of an increase in the global population and an improvement in living standards. The consequence of this fact is the unlimited use of resources for the needs of the production process of textiles and clothing, as well as an increase in the amount of generated textile waste, which is currently not treated adequately. For the textile industry to have a chance in the future to take advantage of environmental, economic and social opportunities that it is currently unable to do, it is necessary to transform the current, linear system into a circular system. The paper presents the possibility of implementing the basic principles of the circular economy in the textile and clothing industry. According to the principles of the circular economy, the textile industry is based on the realization of four activities: elimination of unwanted substances and release (emission) of microfibers, increasing the utilization of clothing, improving the recycling sector, efficient use of resources and switching to renewable sources.

Keywords: circular economy, textile industry, resources and textile waste, environment.

1. UVOD

Osnovne funkcije privrede (proizvodnja, distribucija, razmena i potrošnja) realizuju se u datom prirodnom okruženju. Proces stvaranja dobara ima kružni tok. Čovek se snabdeva sirovinama iz prirodnog okruženja zarad proizvodnje ekonomskih dobara koja služe za zadovoljavanje određenih ljudskih potreba pri čemu nakon upotrebe napuštaju ekonomski sistem

i ponovo se vraćaju u prirodno okruženje u izmenjenom obliku [1]. Ekonomski sistem i prirodno okruženje su povezani, sa jedne strane, u korišćenju i iscrpljivanju prirodnih resursa za potrebe proizvodnje i potrošnje, a sa druge strane, u generisanju ostataka koji nastaju kao posledica realizacije procesa proizvodnje i potrošnje i koji se na kraju emituju, odnosno odlažu u prirodnu sredinu.

Već duži niz godina zaštita i unapređenje životne sredine jesu aktivnosti koje su označene kao prioritetne, te je cilj unapređenja stanja životne sredine postići održivi razvoj. Cirkularna ekonomija je opštepoznat segment održivog razvoja, kako na lokalnom tako i na globalnom nivou, koja može izvesti svet iz recesije, odnosno iz ekonomsko-energetske krize. Cirkularna ekonomija predstavlja instrument za realizaciju ciljeva održivog razvoja i podrazumeva dugoročno ulaganje u sirovinsku i energetska efikasnost, uz smanjenje štetnih emisija, zamenu fosilnih goriva obnovljivim izvorima i proizvodnju i trgovinu održivim proizvodima, čime se zatvara krug „proizvod-otpad-proizvod“ [2,3].

Analizirani ekonomski sistem predstavlja pristup koji transformiše funkciju resursa u privredi-otpad iz fabrike postaje vredna sirovina u nekom drugom procesu, a sami proizvodi mogu biti popravljani, ponovo iskorišćeni ili unapređeni umesto da budu (od)bačeni [4]. Cirkularna ekonomija predstavlja svojevrsnu alternativu istrošenom modelu linearne ekonomije vođene načelima „uzmi, napravi, iskoristi, odbaci“, a odnosi se na maksimalnu iskorišćenost upotrebljenih resursa.

Osnovni koncept cirkularne ekonomije je razdvajanje rasta i potrošnje resursa, dok su osnovni principi cirkularne ekonomije [5]:

- efikasnije dizajniranje u cilju eliminacije otpada i štetnih efekata po zdravlje ljudi i životnu sredinu,
- dizajn koji obezbeđuje ponovnu upotrebu, reproizvodnju i reciklažu, kako bi proizvodi, komponente i materijali kružili u sistemu,
- upotreba obnovljivih izvora resursa i energije u cilju smanjenja zavisnosti od neobnovljivih resursa.

Dakle, važno je ne samo eliminisati otpad iz procesa proizvodnje već i obezbediti da se otpad koji je već nastao može ponovo koristiti kao vredan resurs.

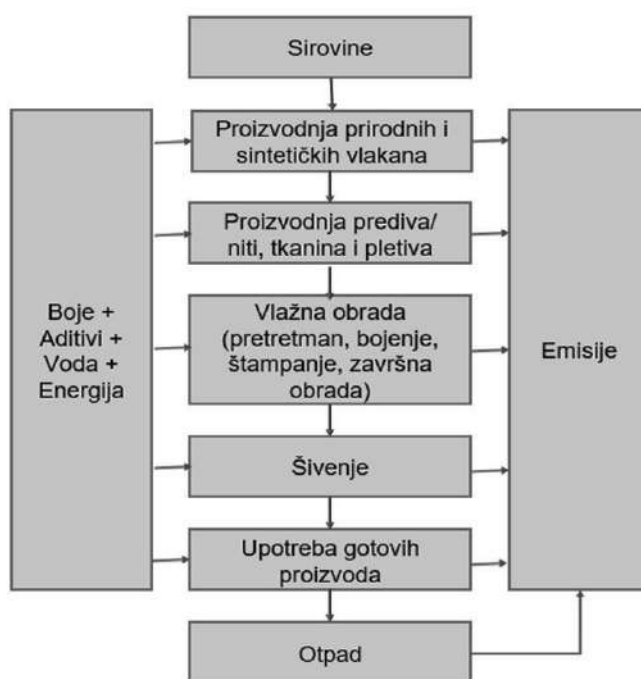
Implementacija modela cirkularne ekonomije zahteva delovanje u svim fazama životnog ciklusa proizvoda koji su rezultat postojanja različitih industrija.

Tekstilna i odevna industrija smatraju se jednom od najvažnijih globalnih industrija sa lancem vrednosti koji se sastoji iz tri komponente: dizajn i kreativnost, proizvodnja i marketing i prodaja gotovih proizvoda [6,7]. Osim toga, tekstilna industrija se klasifikuje kao jedna od industrija koja najviše zagađuje životnu sredinu. Kada se govori o pritisku na okruženje, tekstilna industrija po intenzitetu eksploatacije primarnih resursa i vode zauzima četvrto mesto, odmah nakon prehrambene industrije, stambenog sektora i sektora transporta, dok je peta po emisiji gasova staklene bašte [8].

Zbog navedene činjenice, trenutni model funkcionisanja tekstilne i odevne industrije je neophodno transformisati, a na taj način da se u obzir uzmu pitanja održivosti i drugih društvenih i političkih trendova. Transformacija tekstilne industrije može se postići implementacijom cirkularne ekonomije. Stoga, cilj ovog rada jeste izvršiti pregled mogućnosti primene principa cirkularne ekonomije u tekstilnoj industriji, a kroz primenu istih u svim fazama životnog ciklusa proizvoda tekstilne industrije.

2. TEKSTILNA INDUSTRIJA

Prema Evropskoj komisiji, tekstilna i odevna industrija predstavljaju raznovrsnu industriju koja obuhvata niz aktivnosti od proizvodnje vlakana i njihove transformacije u pređe, pletiva, tkanine ili netkane tekstile koje se koriste za izradu raznih proizvoda, ne samo u odevnoj industriji već i u drugim industrijama [9]. Tekstilna industrija, čija je vrednost 2016. godine iznosila 1,3 biliona dolara, zapošljava više od 300 miliona ljudi [10]. Od ukupne količine upotrebljenog tekstila čak 60 % je odeća [11]. Poslednju deceniju proizvodnja tekstilnih i odevnih predmeta je udvostručena kao posledica porasta srednje klase stanovništva, a onda i kao posledica brze promene modnih stilova i povećane prodaje proizvoda po stanovniku što negativno utiče na ekološki balans planete Zemlje. Šema tehnološkog procesa proizvodnje tekstilnih i odevnih predmeta prikazana je na slici 1.



Slika 1: Tehnološki proces proizvodnje tekstilnih i odevnih predmeta

Procene su da za manje od godinu dana više od polovine odeće koja pripada brzom modi biva odloženo kao neupotrebljivo. U prilog tome govori podatak da je prosečan broj nošenja odeće pre nego što se prestane koristiti opao za 36 % u odnosu na period iz 2000. godine. Odeća se ne koristi dovoljno i to je očigledno u zemljama koje su razvijene nego u onima koje to nisu. Procene su da se neka odeća odloži samo nakon što je 5-10 puta nošena [10].

Tekstilna industrija nezaustavljivo raste zahvaljujući jedinstvenom načinu poslovanja, međutim, i pored toga, milijarde se izgube svake godine zbog odeće koja se ne nosi i retko reciklira. Na globalnom nivou potrošači izgube oko 460 milijardi dolara odbacujući odeću koja nije iskorišćena u potpunosti. Održivija proizvodnja može koštati više, ali istovremeno može zaštititi proizvodne organizacije od poteškoća u lancu snabdevanja i rizika od narušavanja reputacije, što rezultira većom otpornošću i profitabilnošću. Velike modne prestonice, ali i drugi gradovi prepoznatljiviji po modi, ozbiljno se bave strategijom održive modne industrije [12]. Razlog je jednostavan, ukoliko bi tekstilna industrija krenula da menja trenutni sistem, procene su da bi do 2030. godine mogla da uštedi oko 192 milijarde dolara, dakle to je primarni razlog, a posle toga slede socijalni i ekološki aspekti [10].

Gotovo 100 % tekstila i odeće je reciklabilno [13]. Nakon što se odeća upotrebi gubi se skoro celokupna vrednost materijala od kojeg se proizvodi. Tačnije, od ukupne ulazne količine vlakana koja se koriste za proizvodnju odeće čak 87 % gubi svoju vrednost, bilo kroz gubitke u proizvodnji ili kroz deponovanje i insineraciju. Čak 73 % ulaznog materijala se gubi nakon upotrebe odeće, 10 % se izgubi tokom proizvodnje odeće, a 2 % proizvedene odeće nikada ne stigne do kupca odnosno pošalje se na deponiju ili u spalionicu direktno iz proizvodnog procesa, pre distribucije i upotrebe. Dodatni gubitak od 2 % dogodi se u toku sakupljanja i sortiranja odeće koja je dospela u primarni/sekundarni sistem separacije i sakupljanja odbačene odeće [10,14]. Deponovanjem, ali i insineracijom gube se materijali ali se istovremeno gube značajna novčana sredstva. Tekstilna industrija uglavnom se oslanja na neobnovljive resurse što je još jedan od razloga zašto je bitno implementirati principe cirkularne ekonomije u analiziranoj industriji.

3. CIRKULARNA EKONOMIJA U TEKSTILNOJ INDUSTRIJI

Formiranje tekstilne industrije koja je usklađena sa principima cirkularne ekonomije zahteva ulaganje konstantnih napora. Ekonomske, ekološke i socijalne

mogućnosti koje linearni model nije bio u stanju da iskoristi, ostvariće cirkularni model. Da bi se obezbedila budućnost tekstilne industrije koja počiva na principima cirkularne ekonomije, neophodna je promena u dizajnu koja daje mogućnost ponovnog iskorišćenja vrednosti proizvoda i obezbeđuje benefite za okolinu, društvo i poslovanje.

Četiri principa bi činila novi sistem tekstilne industrije [10]:

- eliminisanje neželjenih supstanci i oslobađanja (emisije) mikrovlakana,
- povećanje iskorišćenosti tekstilnih i odevnih proizvoda,
- unapređenje sektora reciklaže,
- efikasna upotreba resursa i prelazak na obnovljive izvore.

Nova tekstilna industrija podrazumeva očuvanje vrednosti tekstilnih i odevnih proizvoda, tkanine i vlakana što je duže moguće i vraćanje u sistem nakon što se njihova vrednost maksimalno iskoristi. Dakle, nema generisanja otpada ili je nastala količina minimalna. Rastuća svetska populacija bi na ovaj način dobila visoko kvalitetnu odeću koja je pristupačna, dok se istovremeno vrši obnavljanje prirodnog kapitala, eliminiše zagađenje i koriste obnovljivi izvori resursa i energije. U tekstilnoj industriji se trenutno ne kreiraju proizvodi samo od biorazgradivih materijala već ona sadrži nalepnice, dugmad i ostale detalje koji su od drugog materijala zato biološki tretmani ne mogu biti realizovani (anaerobna digestija i kompostiranje) pa je akcenat na ponovnoj upotrebi tekstilnih i odevnih proizvoda i njihovoj reciklaži. Takođe, prisutnost štetnih supstanci (boje, hemikalije) može loše uticati na proces tretmana otpadnog tekstila [15].

Da bi se tranzicija u tekstilnoj industriji pokrenula, neophodno je obezbediti ispravan početak. Prvo i najvažnije, novi model na kome počiva tekstilna industrija treba da obezbedi da materijali koji se koriste nisu opasni po zdravlje ljudi i okolinu, što će omogućiti njihovo kruženje u sistemu i sprečiti negativan uticaj u toku proizvodnje, upotrebe proizvoda i nakon upotrebe. U cilju eliminisanja emisije (plastičnih) mikrovlakana tokom pranja odeće, i štetnih efekata potrebne su nove proizvodne metode i materijali, ali i efikasnije tehnologije koje će onu količinu vlakana koja je ipak oslobođena, zadržati.

Promene u dizajnu, prodaji i upotrebi neophodne su kako bi se eliminisala jednokratna upotreba tekstilnih proizvoda, a sa druge strane – kako bi se ostvarilo povećanje njihove iskorišćenosti, kvaliteta i trajnosti. Prema principima cirkularne ekonomije, u fazi dizajniranja proizvoda, potrebno je voditi računa o

eko-označavanju. Globalno naglašena ekološka svest zahteva od proizvođača da tržištu pruže proizvode koji ispunjavaju određene ekološke standarde, kao što je eko-označavanje. Pomoću pravilnih eko-oznaka na tekstilnim i odevnim proizvodima, potrošači tokom svakodnevne kupovine, mogu aktivno delovati na očuvanje zaštite životne sredine, odabirom proizvoda koji na sebi imaju neku od održivih oznaka. Razvoj centara za ponovnu upotrebu tekstilnih proizvoda, odnosno njihovo iznajmljivanje primer je novog poslovnog modela čija zastupljenost u cirkularnom sistemu mora imati veću i važniju ulogu. U trenutnom, linearnom sistemu tekstilne i odevne industrije, u fazama životnog ciklusa tekstilnih proizvoda, koje se odnose na dizajn i proizvodnju u obzir se ne uzimaju parametri šta će se desiti sa proizvodima nakon što više ne mogu da se upotrebe. Zarad boljeg kvaliteta, koriste se mešavine materijala pa je potrebno razviti efikasnije procese reciklaže, kako bi se ukupna vrednost materijala u potpunosti ponovo iskoristila. Važno je razviti i materijale koji imaju bolje karakteristike sa ekološkog aspekta. Realizacija trećeg principa zahteva postojanje potražnje za recikliranim tekstilnim materijalima budući da će to povećati ponudu istih, a to zahteva veće količine raspoložive otpadne odeće, pa je preduslov svega razvijen sistem sakupljanja i separacije otpadnog tekstila.

Potreba za prirodnim resursima biće značajno smanjena ako se poveća iskorišćenost i udeo reciklaže odeće, ali će potreba za primarnim resursima uvek postojati. Zato, ukoliko proces zahteva unos primarnih resursa, a ne postoji mogućnost korišćenja sekundarnih sirovina, kao alternative, rešenje su obnovljivi izvori. Dakle, novi sistem tekstilne industrije zahteva primenu metoda regenerativnog sistema, prelazak na proizvodni proces koji generiše manje otpada, troši manje resursa (fosilna goriva, hemikalije), manje vode, energetski je efikasan i koristi obnovljive izvore [14].

3.1. Eliminisanje neželjenih supstanci i emisije mikrovlakana

Proizvodnja tekstilne industrije zahteva intenzivnu upotrebu hemikalija, čak 43 miliona t godišnje [16]. Pod hemikalijama se podrazumevaju svi produkti hemijske industrije, koja se karakteriše kao veliki zagađivač životne sredine. Hemikalije u životnoj sredini imaju značajan negativan uticaj, od klimatskih promena do uništavanja prirode i zagađenja pijaće vode, iako olakšavaju svakodnevni život.

U procesu proizvodnje tekstilnih proizvoda koristi se oko 8.000 različitih hemikalija. Tržište hemikalija koje se koriste u tekstilnoj industriji u 2015. godini

vredelo je 21 milijardu dolara. Procene su da će se do 2024. godine vrednost tržišta povećati na 29 milijardi dolara [16]. U tekstilnoj industriji, upotreba hemikalija direktno je povezana sa proizvodnjom tekstila, prema tome, kako proizvodnja tekstila raste, raste i upotreba hemikalija.

Masovna upotreba hemikalija u tekstilnoj industriji povećava zabrinutost zbog mogućih neželjenih efekata u toku proizvodnje, upotrebe i nakon upotrebe proizvoda, odnosno tokom čitavog životnog ciklusa tekstilnih proizvoda. Hemikalije koje se nalaze u tekstilnim proizvodima mogu se emitovati na nekoliko načina - migracija, ispiranje, evaporacija i emisija čestica. Emisija supstanci iz tekstilnih proizvoda zavisi od faktora kao što su fizičko-hemijskih svojstava supstanci, integracije supstanci u tekstil, vrste vlakana i načina rukovanja tekstilom.

Rizici i troškovi prouzrokovani upotrebom neželjenih supstanci trebalo bi da motivišu zainteresovane strane da izvrše promenu načina upotrebe hemikalija u tekstilnim proizvodima, a prema principima cirkularne ekonomije. Da bi se formirao bezbedan ciklus materijala neophodno je: podržati industriju u harmonizaciji standarda i obezbediti transparentnost, uložiti sistemski napor u pronalazak inovacija koje bi obezbedile nove (alternativne) i bezbedne hemikalije i nove proizvodne procese, i izvršiti prelazak na regenerativnu poljoprivredu [17]. Osnovni problem koji se uočava na globalnom nivou pri korišćenju hemikalija u proizvodnim procesima tekstila jeste netransparentnost. Švedska agencija za hemikalije (engl. *Swedish Chemicals Agency - KEMI*) analizirala je više od 2.400 supstanci koje se koriste u proizvodnji odeće i otkrila je da 30% jesu neželjene supstance koje su rizične po zdravlje ljudi, a 10% jesu hemikalije, koje treba da obezbede određenu funkciju ili izgled tekstilu i one ostaju i u krajnjem proizvodu [10]. Kako se 30 % ukupno korišćenih hemikalija u tekstilnoj industriji smatra strogo poverljivim i nepoznatim, povećanje transparentnosti o upotrebi opasnih supstanci na nivou cele industrije omogućilo bi adekvatnije donošenje odluka i pomoglo bi procesu eliminisanja istih, a što je jedan od zahteva implementacije cirkularne ekonomije u analiziranoj industriji. Transformacija linearnog sistema tekstilne industrije u cirkularni zahteva još i formiranje kompleksnije baze podataka, pogotovo u fazama životnog ciklusa tekstilnih proizvoda gde je uticaj pojedinih hemikalija u potpunosti ili delimično nepoznat. Iz tog razloga, potrebno je unaprediti liste ograničenih supstanci (engl. *Restricted Substances Lists - RSL*) koja definiše prag koncentracije definisanih neželjenih supstanci u krajnjem tekstilnom proizvodu [18], ali i liste ograničenih supstanci u proizvodnom

procesu (engl. *Manufacturing Restricted Substances Lists - MRSL*), koja definiše granične vrednosti koncentracije neželjenih supstanci u toku proizvodnog procesa, a sve u cilju zaštite zdravlja i bezbednosti radnika, kao i životne sredine [19]. U cilju implementacije cirkularne ekonomije, potrebno je i stalno vršiti revidiranje zakonske regulative poput propisa REACH (engl. *Registration, Evaluation, and Authorization and Restriction of Chemicals*), koji predstavlja propis Evropske unije o registraciji, proceni, odobrenju i ograničenju hemikalija.

Upotreba bezbednih materijala ključ je transformacije postojeće tekstilne industrije, te je potrebno da se opasne hemikalije koje se mogu pronaći u tekstilnim proizvodima zamene alternativnim materijalima, koji ne zagađuju životnu sredinu [20]. Razvojem i unapređenjem tehnologija moguće je kreirati tekstilne proizvode izbegavanjem upotrebe opasnih supstanci, a kroz upotrebu ekološki prihvatljivih vlakana [21].

Osim, hemikalija, problem za implementaciju cirkularne ekonomije u tekstilnoj industriji jeste sadržaj mikroplastike, odnosno mikrovlakana u finalnim proizvodima. Uopšteno govoreći, mikroplastika se karakteriše kao čvrste čestice plastike obima od 5 mm ili manje, koje nisu rastvorive u vodi niti su biorazgradive. Uporedo sa mikroplastikom koja je globalno prepoznata kao opasnost za životnu sredinu, potrebno je analizirati i mikrovlakna prilikom procena održivosti odeće i tekstila. Naime, mikrovlakna sadržana u tekstilnim proizvodima su formirana na bazi plastike (poliester, akril, najlon) i kao takva se emituju u životnu sredinu, a najvećim delom u fazi upotrebe proizvoda, tačnije tokom pranja tekstila i ispuštanjem otpadnih voda u okolinu. O navedenom govori i činjenica da jedan odevni predmet tokom samo jednog pranja oslobodi više od 1.900 mikrovlakana, odnosno tokom pranja 6 kg tekstilnih proizvoda od akrila biva emitovano oko 730.000 mikrovlakana [22]. 35 % primarne mikroplastike koja se emituje u okean potiče od pranja tekstila [23]. U cirkularnom sistemu, emisija mikrovlakana mora se eliminisati ili se moraju ukloniti negativni uticaji iste. Bioplastika je dobra alternativa tradicionalnoj plastici na bazi nafte i može imati važnu ulogu u prevazilaženju analiziranog problema.

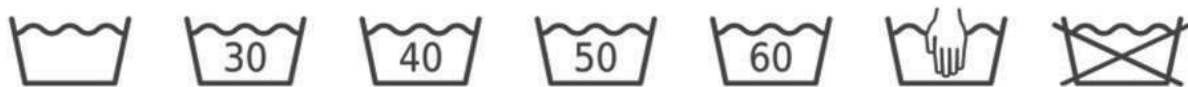
3.2. Povećanje iskorišćenosti tekstilnih i odevnih proizvoda

Hijerarhija upravljanja otpadom predstavlja redosled prioriteta u praksi upravljanja otpadom. Taj redosled omogućava da se otpadom upravlja na način kojim se postiže najbolji efekat po zaštitu životne sredine. Hijerarhija upravljanja otpadom ukazuje na

činjenicu da prevencija nastajanja otpada predstavlja najefikasnije rešenje sistema upravljanja otpadom sa aspekta očuvanja životne sredine te je tu aktivnost potrebno implementirati na sve proizvode. Prevencija nastajanja otpada nalazi na vrhu hijerarhije kao najbolja moguća opcija upravljanja otpadom. U ovom radu se analizira tekstilna industrija pa se zaključuje da bi dizajniranje i kreiranje tekstilnih proizvoda visokog kvaliteta doprinelo smanjenju proizvodnje tekstilnih proizvoda za jednokratnu upotrebu. Jedan od najboljih načina da se sačuva vrednost tekstilnih proizvoda, smanji pritisak na resurse i smanje negativni uticaji jeste povećanje iskorišćenosti istih čime bi se primenila i aktivnost prevencije nastajanja otpada. Odbacivanjem tekstilnih i odevnih proizvoda koji se još uvek mogu koristiti, potrošači na globalnom, godišnjem nivou izgube 460 milijardi dolara [10]. Ukoliko se prosečan broj korišćenja analiziranih proizvoda dvostruko uveća, smanjiće se emisija gasova sa efektom staklene bašte za 44% [24]. Ponovna upotreba tekstilnih i odevnih proizvoda je znatno bolje rešenje nego njihova reciklaža. Naime, ukoliko je tekstilni otpad već generisan, neophodno je da se ceo proizvod ili, pak njegove komponente ponovo upotrebe u fazi potrošnje.

Transformacija linearnog sistema tekstilne industrije zahteva nove poslovne modele čiji se koncept ne zasniva na posedovanju odeće. Ključne aktivnosti su za povećanje iskorišćenosti tekstilnih proizvoda jesu:

- Ekonomija deljenja (engl. *Sharing Economy*) je novi ekonomski model deljenja resursa i predstavlja alternativu tradicionalnom modelu zasnovanom na masovnoj potrošnji. To je koncept u kome se vlasništvo nad nekim materijalnim dobrom stavlja u drugi plan u odnosu na iskorišćenost tog dobra [25]. Usluge deljenja tekstilnih proizvoda deo su koncepta cirkularne ekonomije.
- Kupovina korišćene odeće (engl. *Second Hand*) postaje važna alternativa koja zadovoljava potrebe potrošača za odećom i drugim tekstilnim proizvodima.
- Trajnost ili izdržljivost tekstilnih proizvoda definiše se još u fazi dizajna proizvoda (fizička izdržljivost), ali i u fazi potrošnje (emocionalna izdržljivost). Budući da na iskorišćenost i trajnost analiziranih proizvoda direktno utiče njihovo održavanje, neophodno je navedeni proces sprovesti prema uputstvu koji je definisan određenim simbolom, odnosno oznakom koja služi toj svrsi. Simboli moraju biti



Slika 2: Simboli za održavanje odeće (pranje) [26]

transparentni i treba da pruže informacije o načinu pranja, izbeljivanju, mašinskom sušenju, prirodnom sušenju, peglanju i profesionalnom čišćenju. Reprezentativni simboli za održavanje odeće (pranje) prikazani su na slici 2. Prikazana je stilizovana kadica za pranje, a broj u njoj označava maksimalnu temperaturu pranja u stepenima Celzijusa [26].

U situacijama kada nije praktično izvodljivo sprovesti prevenciju nastajanja tekstilnog otpada, prihvatljiva opcija upravljanja otpadom jeste ponovno korišćenje proizvoda i/ili materijala, bilo za istu ili neku drugu namenu. Ponovna upotreba tekstilnih proizvoda podrazumeva to da potrošači na nekoliko načina mogu produžiti životni vek istih, a kroz popravku oštećenih elemenata (engl. *repair*), kroz krpljenje ili redizajn odeće (engl. *reimagine*) ili kroz ponovnu upotrebu (engl. *reuse*). Iako većina potrošača sposobna izvršiti manje popravke tekstilnih i odevnih predmeta, oni uglavnom odbacuju proizvode kojima je potrebna manja popravka.

Kao što se može zaključiti na osnovu pređašnjeg, značajnu ulogu pri implementaciji cirkularne ekonomije u tekstilnoj industriji imaju potrošači obzirom da od njih najviše zavisi koliko će se produžiti životni vek proizvoda pre nego što on bude odložen u formi otpada.

3.3. Unapređenje sektora reciklaže

Hijerarhija upravljanja otpadom prednost pruža procesu reciklaže ukoliko nije praktično izvodljivo da se sprovede prevencija nastanka otpada ili pak, ponovna upotreba proizvoda. Pod reciklažom se podrazumeva izdvajanje materijala i supstanci iz otpada, u cilju ponovnog korišćenja takvih materijala u procesima proizvodnje [27]. Kod tekstilnog otpada preporučuje se da se proces reciklaže primenjuje samo na otpadno predivo, komadiće i ostatke tekstila koji se ne mogu ponovo upotrebiti. Reciklaža pruža mogućnost ponovnog iskorišćenja materijalne vrednosti tekstila na različitim nivoima i u različitim fazama proizvodnje tekstilnih i odevnih predmeta. U tekstilnoj industriji proces reciklaže može biti mehanički i hemijski.

U svetu ne postoji razvijen sistem reciklaže odeće u odeću (engl. *clothing to clothing recycling*). Trenutno se manje od 1 % tekstila proizvedenog za odeću reci-

klira u novu odeću, što predstavlja gubitak više od 100 milijardi dolara godišnje, uključujući i velike troškove odlaganja [28]. Upotreba sekundarnih sirovina pružila bi priliku za drastično smanjenje unosa primarnih sirovina odnosno neobnovljivih resursa i negativnih uticaja tekstilne industrije. Trenutno, 2 % ulaznih sirovina za proizvodnju odeće čini reciklirani materijal, najčešće poliester dobijen reciklažom PET boca. Iako ovakav unos sekundarnih sirovina predstavlja važan doprinos cirkularnoj tekstilnoj industriji, on se mora smanjiti kako se ne bi ugrozila reciklaža odeće u odeću [29]. Temelj za razvoj sektora reciklaže je dizajn koji je usklađen sa tehnologijom reciklaže. Takođe, osnova reciklaže je proces sakupljanja odnosno sortiranja bez čijeg unapređenja nema razvoja iste. Efikasnije tehnologije sortiranja i reciklaže povećale bi stopu recikliranja i izlazni kvalitet sekundarnih sirovina. Kada se na sve ovo doda povećana potražnja za recikliranim tekstilom, ubrzani razvoj reciklaže je neminovan.

Unapređenje sektora reciklaže omogućilo bi industriji zadržavanje materijalne vrednosti tekstila koji se ne može više koristiti. U tabeli 1 su prikazani osnovne aktivnosti kojima se može unaprediti sektor reciklaže tekstilnih i odevnih predmeta.

3.4. Efikasno korišćenje resursa i prelazak na obnovljive izvore

Funkcionisanje savremenih društava u potpunosti zavisi od resursa čije su osnovne karakteristike iscrpljivost i neobnovljivost, pri čemu potrebe za njima rastu, njihove dostupne količine se smanjuju, a istovremeno dolazi do sve većeg zagađenja životne sredine. Deo savremenog društva svakako je i tekstilna industrija koja je karakteristična po intenzivnoj potrošnji resursa, budući da godišnje biva potrošeno 98 miliona t neobnovljivih resursa, 43 miliona t hemikalija, 93 milijarde m³ vode i 120 miliona stabala, ali i po intenzivnoj emisiji gasova sa efektom staklene bašte, 1,2 milijarde t CO₂ godišnje [10].

Zagađenost i otpad uglavnom nastaju kao rezultat nedovoljne efikasnosti i ograničenosti korišćenja resursa, odnosno proizvodnih procesa. U nastojanju da se unapredi upravljanje zaštitom životne sredine, u industrijama koji se klasifikuju kao zagađivači životne sredine nalik tekstilnoj industriji, potrebno je primeniti koncept čistije proizvodnje. Čistija proizvodnja je preventivna strategija zaštite životne sredine, koja

Tabela 1: Aktivnosti unapređenja sektora reciklaže tekstilnih i odevnih predmeta

Aktivnost	Opis aktivnosti
Faza dizajna	<p>Dizajniranje tekstilnih i odevnih proizvoda uglavnom se fokusira na aspekte kao što su: izgled, udobnost i eventualno trajnost proizvoda. Prilikom dizajniranja, ne vodi se računa o tome šta će se dogoditi sa proizvodom na kraju njegovog životnog veka, a što je prema principima cirkularne ekonomije potrebno izmeniti. Cilj dizajniranja tekstilnih i odevnih proizvoda ne treba da bude samo zadovoljenje potreba kupca već se trebaju uzeti u obzir neke od strategija dizajniranja, kao što je strategija koja obezbeđuje lako, brzo i ekonomično rastavljanje proizvoda zarad efikasnijeg održavanja, popravke, ponovne upotrebe ili reciklaže (engl. <i>design for disassembly</i>). Primer dobre prakse jeste dizajn lako uklonjivih dugmadi, rajfešlusa, etiketa, itd. Osim toga, potrebno je da dizajn tekstilnih proizvoda bude takav da proizvod kao celina ili u delovima nakon rastavljanja može biti recikliran ili biorazgrađen. Tekstilni proizvodi koji su namenjeni reciklaži ili biološkim tretmanima potrebno je proizvoditi bez upotrebe opasnih supstanci. Sektor reciklaže tekstilnih i odevnih predmeta bi značajno bio unapređen ukoliko bi proizvodi bili kreirani od jednog materijala, uključujući ukrase, niti i etikete (mono-materijalnost), a iz razloga što se takav proizvod može reciklirati bez generisanja otpada, dodatnog procesiranja i dodatnih troškova [29].</p>
Sakupljanje odbačenog tekstila	<p>Kako bi se sektor reciklaže tekstilnog otpada razvio, neophodno je izvršiti efikasnu i optimalnu implementaciju i organizaciju procesa sakupljanja otpada. Sistem sakupljanja i izdvajanja tekstilnog otpada nije dovoljno razvijen već u državama širom sveta funkcionise po principu sekundarne separacije sakupljanja mešanog otpada ili pak <i>take-back</i> šeme, koje organizuju lokalne vlasti, komercijalne kompanije, dobrotvorne organizacije ili brendovi. Formiranje ili širenje obuhvata sistema sakupljanja odbačenog tekstila zahteva infrastrukturu koja je jednostavna za upotrebu, razvijenu svest kod stanovništva i podsticajne mehanizme, a istovremeno se klasifikuje kao način primene cirkularne ekonomije u tekstilnoj industriji.</p>
Sortiranje odbačenog tekstila	<p>Prelazak na cirkularnu ekonomiju zahteva povećanje stope sakupljanja tekstilnog i odevnog otpada, ali i unapređenje tehnologija sortiranja. Obezbeđivanje visokokvalitetnih ulaznih sirovina ključno je za kvalitet procesa reciklaže, odnosno za kvalitet sekundarnih sirovina. U većini država, sortiranje prikupljenog otpadnog tekstila se vrši manuelno što značajno otežava proces reciklaže. Savremene tehnologije koje mogu automatski identifikovati i sortirati odeću prema boji ili sastavu, pružaju mogućnost efikasnije kontrole ulaznih materijala u proces reciklaže i obezbeđivanje transparentnosti. Automatizovan proces sortiranja upravlja tokovima materijala posredstvom senzora koji šalju signale softveru koji zatim donosi odluku o daljem načinu tretiranja materijala. Tehnologije koje se mogu implementirati u sistemu sortiranja tekstilnog i odevnog otpada jesu [30]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tehnologije sortiranja zasnovane na spektroskopiji (engl. <i>Near-Infrared Spectroscopy - NIR</i>), • tehnologije sortiranja zasnovane digitalnom obeležavanju (engl. <i>Radio-Frequency Identification-RFID, Quick Response-QR code</i>).
Potražnja za recikliranim tekstilom i otpadnim tekstilom	<p>Povećanje potražnje za recikliranim materijalima, odnosno tekstilom može drastično ubrzati razvoj cirkularnog modela u tekstilnoj industriji. Navedeni rast potražnje može se omogućiti zelenim javnim nabavkama, koji predstavljaju proces u kojem javni sektor nastoji da nabavi dobra, usluge i radove sa smanjenim uticajem na životnu sredinu tokom životnog ciklusa u odnosu na dobra, usluge i radove koji bi inače bili nabavljeni, a koji imaju istu primarnu funkciju [31]. Iz navedenog se zaključuje da zelene javne nabavke tekstilnog materijala predstavljaju alat za primenu koncepta cirkularne ekonomije, koje između ostalog podstiču proizvodnju i potrošnju proizvoda koji sadrže reciklirane materijale proizvedene po standardima koji štite životnu sredinu i zdravlje ljudi.</p> <p>Osim recikliranog tekstila, pri implementaciji principa cirkularne ekonomije značajan je i otpadni tekstil. Postoje različiti pristupi za korišćenje otpadnog materijala za masovnu proizvodnju u tekstilnoj industriji, a kao što upotreba ostataka materijala na unutrašnjim delovima odeće (džep, manžetna, kragna, ramenica, šlic) ili pak, upotreba ostataka tekstila za izradu detalja na spoljašnjoj strani odeće (u ovom slučaju, upotrebjeni komad tkanine je vidljiv, može biti iste ili različite boje od odevnog predmeta, ali ne utiče značajno na dizajn proizvoda) [32].</p> <p>Pored smanjenja generisanja ostataka materijala u tekstilnoj industriji, glavni cilj proizvodnje od sekundarnih materijala i otpadnog materijala je smanjenje proizvedene količine novog tekstila potrebnog za izradu odeće, odnosno ekstrakcije novih sirovina.</p>

se može primenjivati na procese, proizvode i usluge, kako bi se sprečilo stvaranje otpada, otpadnih voda i emisije, a samim tim smanjili rizici po ljudsko zdravlje i okolinu, i istovremeno unapredila efikasnost korišćenja resursa [33]. Ključna razlika između čistije proizvodnje i pređašnjih rešenja kontrole zagađenja je u tome što je koncept čistije proizvodnje integrisan u sve faze proizvodnog procesa i podrazumeva analizu svih njegovih aspekata u cilju identifikacije potencijala za smanjenje ili potpuno uklanjanje negativnih uticaja na životnu sredinu.

Neizostavni deo primene cirkularne ekonomije jeste smanjenje potrošnje neobnovljivih resursa i povećanje udela obnovljivih izvora što se može postići čistijom proizvodnjom, ali i implementacijom bioekonomije. Bioekonomija se zasniva na proizvodnji i korišćenju obnovljivih bioloških resursa, razvoju inovativnih bioloških procesa i konverziji bioloških resursa u održiva dobra i usluge koje je moguće distribuirati u sve ekonomske sektore [34].

Tranzicija ka bioekonomiji ima veliki potencijal u tekstilnoj industriji jer 60 % odeće na tržištu čine plastična vlakna [10]. Potencijalna alternativa konven-

cionalnim sintetičkim proizvodima mogu biti biosintetički proizvodi. Glavna razlika između biosintetičkih i konvencionalnih sintetičkih vlakana jesu sirovine upotrebljene za njihovu proizvodnju. Za proizvodnju konvencionalne sintetike, kao što je poliester, najlon ili akril, koristi se sirovina dobijena iz fosilnih goriva. Sa druge strane, strukturu biosintetičkih vlakana čine polimeri napravljeni korišćenjem bioloških resursa, odnosno obnovljivih izvora.

Biosintetička vlakna koja su danas dostupna uglavnom se proizvode korišćenjem skroba, šećera i lipida dobijenih iz kukuruza, šećerne trske, šećerne repe, i biljnih ulja [35]. Trenutno se razvijaju tehnologije koje će u budućnosti omogućiti proizvodnju biosintetičkih vlakana iz šire palete sirovina, kao što je biomasa ili otpad iz poljoprivrede, šumarstva ili prehrambene industrije. Savremeni biomaterijali koji su još uvek u fazi razvoja proizvode se primenom biotehnologije, a podrazumevaju korišćenje živih organizama, kao što su: alge, enzimi i bakterije. Biotehnologija definisana je kao primena biohemije, mikrobiologije i inženjerskih znanja u cilju korišćenja mikroorganizama, kultura biljnih i životinjskih ćelija i tkiva, ili njho-

<p>Bioški poliester - (engl. <i>polylactic acid - PLA</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Polilaktična kiselina je biopoliester koji je 100 % proizveden iz obnovljivih izvora. Trenutno se za proizvodnju ove alternativne vrste vlakana koristi uglavnom sirovina prve generacije, kukuruzni skrob. Kako se PLA proizvodi iz laktične (mlečne) kiseline fermentacijom prirodnih šećera, u budućnosti bi mogle da se koriste i druge vrste useva na bazi skroba/šećera: pirinač, šećerna repa, šećerna trska, pšenica ili slatki krompir. Nakon žetve skrob se odvaja od ostalih komponenti biljaka i transformiše se u dekstrozu tj. glukozu. Dekstroza u procesu fermentacije prelazi u laktičnu kiselinu, nakon dehidratacije dobija se laktid. Tokom polimerizacije laktid biva pretvoren u polimer koji zatim prolazi proces ekstrudiranja. Krajnji proizvod jesu polilaktidni komadići koje se koriste kao polazna sirovina za proizvodnju vlakana potrebnih u tekstilnoj industriji.
<p>Bioški poliamid</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Osnovna sirovina za proizvodnju biološkog poliamida jeste ricinusovo ulje. Ulje sadrži visok procenat ricinoleinske kiseline (85 %), jedinstvene alifatske kiseline koju ne sadrži nijedna druga vrsta biljnih ulja. Ricinusovo ulje najpre se prečišćava da bi se dobila ricinoleinska kiselina koja se procesom pirolize može sintetizovati u sebacinsku kiselinu, koja se aminacijom pretvara u dekametilen diamin. Polimerizacijom ove dve komponente i na kraju ekstruzijom dobija se pelet od poliamida, odnosno bioplastika koja pripada porodici najlona na biološkoj osnovi. Novije tehnologije pružaju mogućnost proizvodnje vlakana koja su pogodna za proizvodnju tekstila od ove vrste najlona.
<p>Bioška svila</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Materijal koji je produkt biotehnologije jeste i biološka svila. Budući da su paukove svilene niti jedan je od najjačih bioloških materijala u prirodi, nekoliko kompanija u svetu radi na komercijalizaciji biološke svile, koristeći genetički inženjering koji predstavlja osnovnu metodu savremene biotehnologije. Primenom genetičkog inženjeringa, izvršena je transplantacija paukovog DNK u bakterije, svilene bube i biljke, čak i u životinje, u naporu da masovno proizvode ovu supstancu, ali rezultat je upola jaka i elastična nit od one koju generiše pauk. Svakako, dobijena biološka svila predstavlja potencijalnu alternativu poliustru koji se koristi u tekstilnoj industriji.

Slika 3: Biomaterijali u tekstilnoj industriji [37,38]

vih delova u industrijskoj proizvodnji [36]. Reprezentativni materijali koje je moguće koristiti u tekstilnoj industriji, a dobijeni su primenom biotehnologije, prikazani su slikom 3.

Upotreba biomaterijala u tekstilnoj industriji je dan je od vida implementacije cirkularne ekonomije u istoj. Proizvodi na biološkoj osnovi dobra su alternativna materijalima koji se dobijaju iz fosilnih goriva, kada se uzme u obzir nedostatak resursa, emisija gasova sa efektom staklene bašte, prilagođavanje rastućem trendu cena petrohemijskih proizvoda, itd.

Što se tiče tretiranja, hemijska struktura većine biosintetičkih vlakana identična je vlaknima na bazi fosilnih sirovina, što znači da se ona mogu procesirati uz pomoć iste opreme. Međutim, još uvek je problem razlikovanje bioloških materijala od konvencionalnih, te je uspešno recikliranje biomaterijala moguće samo ako se različite vrste uspešno sortiraju. Opšti problem tekstilne industrije je mešavina materijala od kojih se proizvodi tekstilni i odevni predmeti, pa kompostiranje, ali i efikasna reciklaža mogu da se realizuju samo kada se ti materijali pojedinačno izdvoje.

4. ZAKLJUČAK

Trenutno zagađenje planete Zemlje prouzorkovalo je potrebu transformacije linearnog modela potrošnje i proizvodnje materijalnih dobara u cirkularni model. Navedena potreba je pogotovo izražena u industrijama koje se klasifikuju kao značajni zagađivači životne sredine nalik tekstilnoj industriji. U tekstilnoj industriji model poslovanja nije usaglašen sa ekološkim zakonima koji vladaju u prirodi budući da se ceo sistem poslovanja odvija jednosmerno, odnosno linearno. Da bi upravljanje tekstilnom industrijom bilo adekvatno i u skladu sa principima cirkularne ekonomije, potrebne su promene na globalnom nivou, koje podrazumevaju proces postavljanja i formiranja ciljeva, zadataka i motiva za sve zainteresovane strane.

Osnovni cilj ovog rada bio je izvršiti sistematski pregled literature o mogućim načinima implementacije cirkularne ekonomije u tekstilnoj industriji. Budući da je tekstilna industrija specifična po intenzivnoj potrošnji resursa, značajnim količinama generisanog otpada, ali i po intenzivnoj emisiji gasova sa efektom staklene baste, ustanovljeno je da je potreba tranzicije linearnog modela u održivi, cirkularni model neophodna, a u cilju unapređenja stanja životne sredine.

Pregledom literature, zaključeno je da se pomoću četiri osnovna principa cirkularne ekonomije može transformisati trenutni način poslovanja u tekstilnoj industriji. Navedeni principi su detaljno analizirani u radu, a podrazumevaju eliminisanje neželjenih sup-

stanci u proizvodnom procesu i oslobađanja (emisije) mikrovlakana, povećanje iskorišćenosti tekstilnih i odevnih predmeta, unapređenje sektora reciklaže, efikasna upotreba resursa i prelazak na obnovljive izvore. O analiziranim principima je potrebno voditi računa u svim fazama životnog ciklusa tekstilnih i odevnih proizvoda, od dizajna pa do faze odlaganja istih.

Kako na globalnom nivou, tako postoji mogućnost primene analiziranih principa cirkularne ekonomije u tekstilnim proizvodnim organizacijama koje posluju na teritoriji Republike Srbije, uz veće napore i uključenost svih zainteresovanih strana. U Republici Srbiji, upravljanje tekstilnom industrijom prema principima cirkularne ekonomije omogućilo bi očuvanje resursa, smanjenje troškova, ublažavanje emisija i otpada povezanih sa proizvodnjom, ali i stvaranje novih radnih mesta, a pritom sve navedeno bi bilo omogućeno uz saglasnost i prioritetno uvažavanje i implementaciju standarda zaštite životne sredine. Buduća istraživanja u ovoj oblasti biće orijentisana na to kako je moguće implementirati principe cirkularne ekonomije u konkretnoj proizvodnoj organizaciji kroz analizu ključnih elemenata neophodnih za ubrzanje tranzicije i formiranje akcionih planova sa fokusom na aktivnosti koje će biti realno dostići u definisanom vremenskom periodu.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja na projektu III 42013 koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

REFERENCE

- [1] Everett T., Ishwaran M., Paolo Ansaloni G., Rubin A. (2010). *Economic Growth and the Environment*. DEFRA - Department for the Environment, Food and Rural Affairs. MPRA Paper 23585, University Library of Munich, Germany.
- [2] Mitrović S., Radosavljević I., Veselinov M. (2016). *Cirkularna ekonomija kao šansa za razvoj Srbije*, Misija OEBS u Srbiji, Beograd, Republika Srbija.
- [3] Kraaijenhagen Ch., Van Oppen C., Bocken N. (2016). *Circular Business Collaborate and Circulate*, 1st Ed., Amersfoort, PublisherCircular Collaboration, 175.
- [4] Đureta V., Muti, M., Mitrović, S., Bogdanović M. (2016). *Osnove cirkularne ekonomije*, Beograd.
- [5] Morsetto P. (2020). *Targets for a circular economy*. Resources, Conservation & Recycling 153 (2020) 104553

- [6] Euratex - The European Apparel and Textile Organisation. (2017). *Prospering in the Circular Economy: the Case of European Textile & Apparel Manufacturing Industry*. Brussels, Belgium.
- [7] Petrović V., Stepanović J., Stanković M., Reljić M., Stefanović S. (2012). Savremena kretanja u tekstilnoj i odevnoj industriji u Evropi. *Naučni E-forum: „Razvoj i upravljanje 2012“*, Vrnjačka Banja, 22. - 23. novembar 2012, 7-17.
- [8] European Commission. (2020). *A new Circular Economy Action Plan - For a cleaner and more competitive Europe*. COM(2020) 98 final. Brussels, Belgium, 20.
- [9] European Commission: Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs-Textiles and clothing industries (https://ec.europa.eu/growth/sectors/fashion/textiles-clothing_en, dostupno: 21.12.2020.).
- [10] Ellen MacArthur Foundation. (2017). *A new textiles economy: redesigning fashion's future*, Cowes, United Kingdom, 150.
- [11] Angel B. (2016). *Product developments in manmade fibres: Is cotton able to compete?* Wood Mackenzie presentation, 33rd International Cotton Conference Bremen, 16-18 March 2016, p. 26.
- [12] Kulturni centar Novog Sada: O uticaju mode, festivala i revija na brendiranje i prepoznatljivost gradova (<https://www.kcns.org.rs/agora/o-uticaju-mode-festivala-i-revija-na-brendiranje-i-prepoznatljivost-gr>, dostupno: 11.01.2021.).
- [13] The Balance Small Business: Textile and Garment Recycling Facts and Figures (<https://www.thebalancesmb.com/textile-recycling-facts-and-figures-2878122>, dostupno: 11.01.2021.).
- [14] Design4Circl (2019). *Circular Economy in the textile and footwear industry, Skills and competences for a sector renewal*, Latvia, 64.
- [15] Mahitha U., Dhaarini Dev, G., Akther Sabeena M., Shankar C., Kirubakaran V. (2016). *Fast Biodegradation of Waste Cotton Fibres from Yarn Industry using Microbes*. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 925-929.
- [16] Le K. (2018). *Textile Recycling Technologies, Colouring and Finishing Methods*. UBC Sustainability, Vancouver, BC Canada, 64.
- [17] United Nations. (2015). *Sustainable Development Goals by 2030*. United Nations Development Programme, New York.
- [18] American Apparel & Footwear Association. (2020). *Restricted Substances List (RSL)*, 21, 54.
- [19] Stichting ZDHC Foundation. (2019). *ZDHC MRSL Update Principles and Procedures - The Roadmap To Zero Programme*. Amsterdam, The Netherlands, 48.
- [20] De Oliveira Neto G. C., Ferreira Correia J. M., Silva P. C., De Oliveira Sanches A. G., Lucato W. C. (2019). Cleaner Production in the textile industry and its relationship to sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, 228 (29), 1514-1525.
- [21] Frfulanović-Šomodi D., Savić M. (2019). Eko-moda kao potreba savremenog društva, *Tekstilna industrija*, 67 (2), 29-35.
- [22] Mermaids Consortium, Plastic Soup Foundation, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Polysistec, Leitac Technological Center, Ocean Clean Wash. (2017). *Microfiber release from clothes after washing: Hard facts, figures and promising solutions*, 9
- [23] Mulvihill M., Horotan A. (2018). *Safer Chemistry Innovation in the Textile and Apparel Industry*. Safer Made, 60.
- [24] Ellebæk Laursen S., Alwood J., De Brito M., Malvido de Rodríguez C. (2005). Sustainable recovery of products and materials-scenario analysis of the UK clothing and textile sector, *4th International conference on Design and Manufacture for Sustainable Development*, 12-13 July 2005, Newcastle, UK,
- [25] Okanović M., Denda A. (2016). *Ekonomija deljenja-novi tržišni trend*. Studija slučaja CAR:GO, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Katedra za marketing menadžment i odnose s javnošću.
- [26] GMS-Lična zaštitna oprema: Simboli za održavanje odeće (<https://gms.co.rs/2018/03/12/simboli-za-odrzavanje-odece/>, dostupno: 14.01.2021.).
- [27] Službeni glasnik Republike Srbije. (2009). Zakon o upravljanju otpadom, Vlada Republike Srbije, Beograd, Republika Srbija, Službeni glasnik RS broj 36/2009, izmene broj 88/2010, 14/2016 i 95/2018.
- [28] Interreg Central Europe. (2020). *Strategic Agenda on Textile Waste Management and Recycling*. European Regional Development Fund, EU, 19.
- [29] Hogg D., Ballinger A. (2015). The Potential Contribution of Waste Management to a Low Carbon Economy, *Eunomia*. United Kingdom, EU.
- [30] Royal Swedish Academy of Engineering Sciences. (2020). *Textiles-from waste to resource by 2030: A sector report from the IVA project Resource Effectiveness*

- and the Circular Economy (ReCE)*. Stockholm, Sweden, 72.
- [31] Uprava za javne nabavke. (2015). *Zelene javne nabavke*. Beograd, Republika Srbija, 28.
- [32] Niinimäki, K. (2018). *Sustainable Fashion in a Circular Economy*. Sustainable Fashion in a Circular Economy, Aalto ARTS Books, 12-41.
- [33] da Silva, P. C., de Oliveira Neto, G. C., Correia, J. M. F., Tucci, H. N. P. (2021). Evaluation of economic, environmental and operational performance of the adoption of cleaner production: Survey in large textile industries, *Journal of Cleaner Production*, 278, 123855.
- [34] Hetemäki L., Hanewinkel M., Muys B., Ollikainen M., Palahí M. a Trasobares A. (2017). *Leading the way to a European circular bioeconomy strategy*. From Science to Policy 5. European Forest Institute, 52.
- [35] Ellen MacArthur Foundation. (2015). *The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics*. UK, EU, 92
- [36] Šefer D., Marković R., Nedeljković-Trailović J., Petrujkić B., Radulović S., Grdović S. (2015). Primena biotehnologije u ishrani životinja. *Veterinarski glasnik*, 69 (1-2), 127 – 137.
- [37] Textile Exchange Working Group. (2018). *Quick Guide to Biosynthetics*. Textile Exchange: Creating Material Change. Lamesa, Texas, 28.
- [38] Ko F.K., Wan L.Y. (2018). *Engineering properties of spider silk*. In: Bunsell AR, editor. *Handbook of Properties of Textile and Technical Fibres*. 2nd ed. Cambridge, UK: Woodhead Publishing. 185 – 220.

Primljeno/Received on: 01.02.2021

Prihvaćeno/Accepted on: 20.02.2021.

© 2021 Authors. Published by Union of Textile Engineers and Technicians of Serbia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)