

# SMANJENJE KONCENTRACIJE PRAŠINE I EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJALA U VAZDUHU U TEKSTILNOJ INDUSTRIJI

Nataša Ćirović<sup>1\*</sup>, Snežana Aksentijević<sup>1</sup>, Milutin Krivokuća<sup>1</sup>, Adela Alendarević<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Akademija strukovnih studija Zapadna Srbija, Odsek Užice, Užice,  
\* natasacirovicvv@gmail.com

**Professional paper**  
UDC: 677: 502/504  
DOI: 10.5937/tekstind2304035C



**Apstrakt:** Prema istraživanjima mnogih autora, tekstilna industrija je jedan od velikih zagađivača životne sredine. Da bi se održala, potrebno je da pronađe nove postupke za ponovnu upotrebu materijala i time eliminiše zagađenja i umanju štete koje su do sada napravljene. Cilj rada je opis postojećih uređaja koji se koriste za smanjenje koncentracije prašine, primer tekstilni pogon Tkačnica, i emisije zagađujućih materija u vazduh u pogonima koji se bave proizvodnjom, odnosno, farbanjem tekstilnih proizvoda, kao i predlozi za još efikasnije smanjenje koncentracije prašine u vazduhu, odnosno smanjenje emisije zagađujućih gasova u vazduh u pogonima tekstilne industrije.

**Ključne reči:** tekstilna industrija, koncentracija prašine, emisija zagađujućih materija.

## REDUCTION OF DUST CONCENTRATION AND EMISSION OF POLLUTANTS IN THE AIR IN THE TEXTILE INDUSTRY

**Abstract:** According to research by many authors, the textile industry is one of the major polluters of the environment. In order to sustain itself, it is necessary to find new procedures to reuse materials and thereby eliminate pollution and reduce the damage that has been done so far. The aim of the paper is to describe the existing devices used to reduce the concentration of dust, for example the textile plant Tkačnica and the emission of pollutants into the air in plants where dyeing of textile products is carried out. Also, the paper contains suggestions for an even more effective reduction of the concentration of dust in the air, that is, reducing the emission of polluting gases into the air in textile industry plants.

**Keywords:** textile industry, dust concentration, emission of pollutants.

### 1. UVOD

Kao veliki zagađivač životne sredine, koji nije dovoljno istaknut, tekstilna industrija ima veliki uticaj na životnu sredinu, jer je veliki potrošač energije, resursa vode i zemljišta, kao i hemikalija i pomoćnih tečnosti, koje se upotrebljavaju u proizvodnji i preradi tekstila i koje stvaraju otpadne vode. Takođe, u spalionicama ili na deponijama dospeva velika količina odeće, a samo manje od jednog procenta, se reciklira da bi se napravila nova odeća.

Emisija gasova sa efektom staklene bašte raste svaki dan [1,2]. Prema istraživanjima autora, tekstilna industrija stvara 1,2 milijardi tona gasova svake godine (što predstavlja oko 10% svih emisija gasova staklene bašte), što je više od svih brodova i aviona zajedno [3].

Prema izveštaju Evropske agencije za 2020. godinu [4], tekstil je imao treći po redu, najveći uticaj na resurse vode i zemljišta, kao i peti po redu u upotrebi sirovina i emisija gasova staklene bašte. Za potrošnja tekstila, po stanovniku u Evropskoj uniji (EU), bilo je potrebno 9m<sup>3</sup> vode, 400 m<sup>2</sup> zemlje, 391 kg sirovina,

što je izazvalo karbonski otisak od oko 270 kg. Uzimajući ove podatke u obzir i studiju "Nova tekstilna ekonomija: Redizajniranje budućnosti mode", potrebne su velike promene u tekstilnoj industriji, inače će se stanje dodatno pogoršati do 2050. godine,

Kao primer šta sve može da se uradi u cilju poboljšanja vazduha govori podatak Evropske unije gde su drastično smanjenje emisije sumpor dioksida – SO<sub>2</sub> (86%) i azotnih oksida – NO<sub>x</sub> (59%) iz proizvodnje električne i toplotne energije u termoelektranama i toplanama na uglj i druga fosilna goriva u periodu od 2004. do 2017. [1,5].

## 2. KONCENTRACIJA PRAŠINE U POGONIMA TEKSTILNE INDUSTRIJE

U tekstilnoj industriji, prašina vodi poreklo od prerade tekstilnih vlakana (pamuka i poliestera). Prema merenjima iz 2014. godine, koncentracija prašine u pogonu Tkačnica je bila preko 9 mg.

Kao jedan od načina za smanjenje koncentracije prašine, ugrađeni su mehanički čistači razboja koji su koncentraciju prašine smanjili na vrednost približnu propisanoj graničnoj vrednosti (oko 5 mg). Oni se postavljaju na bakarnim šinama koje su pričvršćene na plafon proizvodnog pogona i pozicionirani su iznad razboja. Napajaju se preko grafitnih četkica i sastoje se iz duvaljki i usisivača. Duvaljke čiste nečistoće sa površine, a usisivači nečistoće uvlače u čistač. Čistači imaju dve pozicije početnu i krajnju. Kada je čistač u krajnjoj poziciji, nakupljenu prašinu prazni u boks i prebacuje se u početnu poziciju. Kada je boks pun ak-



Slika 1: Mehanički čistač razboja u Tkačnici [6]

tivira se signalizacija i radnik na radnom mestu čistač razboja prazni nakupljenu nečistoću [6].

U Tabelama 1 i 2 prikazane su izmerene koncentracije prašine u Tkačnici 2014. i 2019. godine, pre i posle ugradnje mehaničkih čistača razboja.

Takođe, još jedna od osnovnih zaštita je i dobra ventilacija prostora.

## 3. EMISIJA ZAGAĐUJUĆIH GASOVA U VAZDUH U TEKSTILNOJ INDUSTRIJI

U tekstilnim pogonima, u čijem sastavu se nalaze kotlovi kotlarnice, čija je osnovna i glavna uloga proizvodnja tehnološke pare za potrebe tehnološkog

Tabela 1: Izmerena koncentracija prašine u Tkačnici 2014. [6]

Redni broj	Merena hemijska štetnost	Rezultati merenja (mg/m <sup>3</sup> )	Maksimalno dozvoljena koncentracija MDK	Ocena rezultata
1.	Prašina pamuka	9,10	5	Ne zadovoljava
2.	Prašina pamuka	8,90	5	Ne zadovoljava

Tabela 2: Izmerena koncentracija prašine u Tkačnici 2019. [6]

Redni broj	Merena hemijska štetnost	Rezultati merenja (mg/m <sup>3</sup> )	Maksimalno dozvoljena koncentracija MDK	Ocena rezultata
1.	Prašina pamuka	5,85	5	Ne zadovoljava
2.	Prašina pamuka	4,95	5	Zadovoljava

\* Ispitivanje je radio Institut za bezbednost i preventivni inženjering d.o.o., Novi Sad.



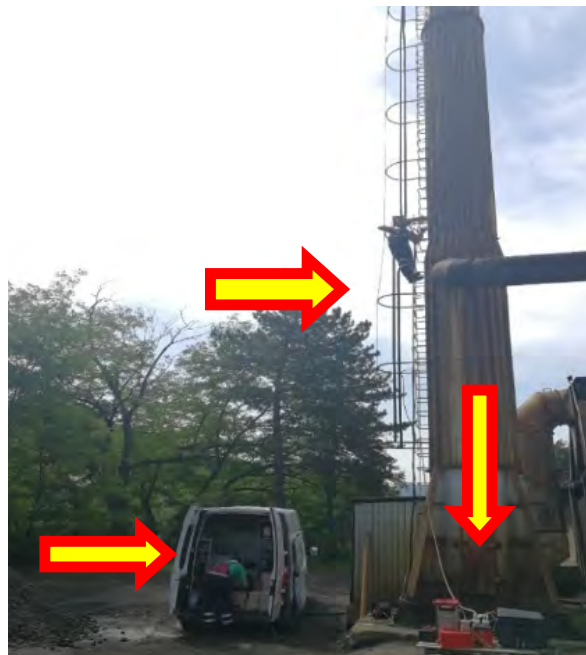
**Slika 3:** Postrojenje – kotlarnice [7]



**Slika 4:** Kotlovi u postrojenju za proizvodnju tehnološke pare kotlarnici [7]



**Slika 5:** Emiter kotla – metalni dimnjak [7]



**Slika 6:** Primer procesa merenja emisije zagađujućih materija u vazduh [7]

procesa farbanja tekstilnih proizvoda, tokom cele godine u kontinuitetu i dodatno za potrebe proizvodnje toplote za grejanje svih objekata u zimskom periodu, povezanost sa zajedničkim emiterom se ostvaruje dimovodnim kanalima, Slike 3 i 4. Postavljanjem multiciklonskog otprašivača, Slike 5 i 6, koji se nalazi izvan kotlarnice, neposredno pre emitera dimnih gasova za oslobađanje otpadnih gasova od krupnih čestica tekstilnog kompleksa, utvrđeno je smanjenje praškastih čestica u emisiji gasova [7].

U cilju poređenja izmerenih vrednosti emisije zagađujućih materija sa граниčnim vrednostima [8], izvršeno je merenje emisije zagađujućih materija iz stacionarnih izvora zagađenja.

U uslovima rada postrojenja koji su, pretežno nepromenljivi (pri najvećem opterećenju, zadovoljen je

uslov homogenosti i neometanog strujanja), izvršena su tri merenja emisije gasovitih materija, Slika 6, (CO, NOx-izraženih kao azot dioksid, NO).

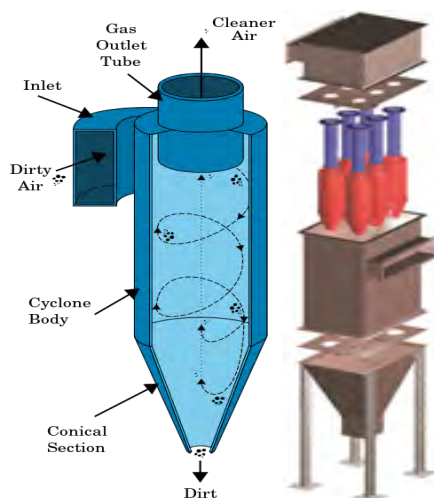
U skladu sa [8], i na osnovu rezultata merenja, Tabela 3, utvrđeno je da su izmerene vrednosti niže od dopuštenih vrednosti, a svi propisi koji se odnose na stacionarne izvore emisije se poštuju.

### 3.1. Ciklonsko otprašivanje

Smanjenje praškastih čestica u emisiji gasova u okviru tekstilnog pogona moguće je upotrebom prečistača dimnih gasova tzv. multiciklona koji se nalazi izvan kotlarnice, neposredno pre emitera dimnih gasova, Slika 7.

**Tabela 3:** Rezultati merenja emisije zagađujućih materija u vazduh u tekstilnom pogonu za period 2017 - 2020. [7]

Godina merenja	Mesec merenja	Redni broj merenja	Ugljen monoksid CO (mg/m <sup>3</sup> )	Azotovi oksidi NOx (mg/m <sup>3</sup> )	Sumpor dioksid SO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Praškaste materije TOC (mg/m <sup>3</sup> )
GVE	Sl.gl.06/16		<b>300</b>	<b>650</b>	<b>1700</b>	<b>150</b>
2020.	decembar	1	256,49	505,45	1457,55	139,26
2020.	decembar	2	258,56	502,05	1476,58	137,15
2020.	decembar	3	260,63	508,84	1490,78	139,72
2020.	jun	1	247,64	491,29	1485,06	136,84
2020.	jun	2	246,80	501,90	1477,22	144,70
2020.	jun	3	243,65	514,22	1503,34	140,72
2019.	decembar	1	179,61	512,27	1509,76	137,82
2019.	decembar	2	181,56	505,87	1514,23	139,07
2019.	decembar	3	183,51	515,47	1518,69	143,98
2019.	jun	1	175,22	518,09	1468,19	139,54
2019.	jun	2	178,69	511,61	1481,74	141,41
2019.	jun	3	179,67	505,14	1490,78	138,91
2018.	decembar	1	81,79	453,49	1042,33	134,47
2018.	decembar	2	84,73	462,18	993,85	135,98
2018.	decembar	3	85,82	464,36	1003,55	139,02
2018.	jun	1	73,11	479,60	972,68	139,93
2018.	jun	2	62,55	454,14	890,49	135,91
2018.	jun	3	58,12	446,08	937,53	132,27
2017.	decembar	1	39,69	558,89	956,80	114,58
2017.	decembar	2	47,67	589,63	1112,60	135,55
2017.	decembar	3	49,55	595,93	1037,53	130,71
<b>2017.</b>	<b>jun</b>	1	30,8	526,3	1152,4	135,5
<b>2017.</b>	<b>jun</b>	2	25,3	464,7	1018,4	120,7
<b>2017.</b>	<b>jun</b>	3	25,3	525,9	1113,1	126,9


**Slika 7:** Princip rada ciklonslog otprašivača

**Slika 8:** Multiciklonski otprašivač u okviru tekstilnog pogona [7]

U velikom broju industrijskih postrojenja, kao što su:

- termoenergetska postrojenja,
- postrojenja za preradu uglja,
- postrojenja za proizvodnju cementa,
- postrojenja za proizvodnju kreča,
- postrojenja za separaciju kamena,
- postrojenja u hemijskoj industriji i
- postrojenja u metalurgiji,

multicikloni se dosta koriste, a sam postupak odvajanja čestica realizuje se pod dejstvom centrifugalne sile, u odnosu na brzinu i masu čestica. Kada se za prašen gas uvede kroz otvor na komori multiciklona, koja se nalazi na gornjoj strani postrojenja, Slika 8, on se, dalje, usmerava na ciklonske odvajanje, kojih ima mnogo i koji su pravougaono raspoređeni na nosećoj ploči. Odvojene čestice padaju u bunker, prosleđuju se do sabirnog mesta, pretovara se prašina, a prečišćeni vazduh izlazi kroz otvor u atmosferu.

U praksi razlikujemo gravitaciono i ciklonsko odvajanje čestica. Ciklonska separacija koja predstavlja najrašireniji suvi postupak za uklanjanje krutih čestica iz suspenzije, bazira se na upotrebi centrifugalne sile, koja može da bude i do 2000 puta veća nego u slučaju gravitacionih odvajanja. Njihovom upotrebom se ne može postići zahtevani kvalitet emitujućih gasova, pa se koriste, uglavnom, za prethodnu obradu, a u sledećim fazama obrade, najčešće se primenjuju vrećasti filtri ili elektrostatički taložnici (precipitatori).

U slučaju čestica, veličine veće od 10 $\mu$ m, efekat prečišćavanja je oko 90%, a retko, u nekim slučajevima za čestice veće od 5 $\mu$ m (čestice velike gustine), efikasnost može dostići i 99% [9,10].

Pri planiranju i izboru uređaja za prečišćavanje dimnih gasova kao baza su poslužili iskustveni podaci o sadržaju prašine u dimnim gasovima kod različitih sistema loženja. Posebno se obraća pažnja na sastav dimnih gasova na ulazu u sistem za prečišćavanje gasova. Prikazani su podaci proizvođača uređaja za frakcioni sastav letećeg pepela na izlazu iz prečišćavača dimnih gasova:

Prečnik čestice (mm) :

2,5 7,5 15 25 35 45 75 300 1000

Frakcioni sastav pepela (%):

43,6 21,5 12,5 7,9 5,8 4,7 2,8 0,7 0,2

Stepen otpašivanja u prečišćavaču dimnih gasova može iznositi 87.5%.

### 3.2. Prednosti multiciklona

Prednosti su:

- jednostavna konstrukcija i održavanje tokom rada,
- stepen odvajanja je visok,
- niska cena i minimalni troškovi pogona i
- otpornost na habanje je visoka, s obzirom da su napravljeni procesom livenja, čime im je znatno produžen vek trajanja [11].

### 3.3. Predlog za poboljšavanje rada trenutnog ciklonskog postrojenja

Optimalan stepen izdvajanja čestica, kod trenutnog ciklonskog postrojenja, se postiže u slučaju čestica, čije su veličine veće od 5 $\mu$ m. U slučaju finijih čestica, praksa je pokazala da se ugradnjom drugih uređaja za otpašivanje, ispred filterskih uređaja, postiže bolji efekat, u onom delu gde je koncentracija ulazne prašine velika. Ovakvom kombinacijom, ciklon - filter sistema, na filterskoj površini ne dolazi do stvaranja debljih naslaga prašine, čime se njen radni vek produžava. [12]

### 3.4. Promena energenata kao najefikasniji mehanizam ekozaštite

Najefikasniji metod smanjenja emisija zagađujućih materija u vazduh i stvaranja velikih količina šljake/pepela je prelazak na nove tehnologije i zamena energenata. Analize stanja energenata na svetskom tržištu, sve više, ističu prednost upotrebe prirodnog gasa u odnosu na druge vrste goriva (zemni gasovi bogati metanom), ne samo zbog procenjenih rezervi gasa, koje su dovoljne za narednih 100 godina, već i zbog usklađenosti razvoja tri "E" (energija, ekonomija, ekologija). Sa razlogom ga smatraju energentom XXI veka, a Strategija dugoročnog razvoja energetike Srbije, sa vizijom do 2050.godine, upravo se bazira na ovom, ekološki najprihvatljivijem, konvencionalnom gorivu.

Najveće prednosti gasa su:

- olakšan transport i skladištenje, što se postiže jednostavnim priključenjem na cevnu mrežu za razvod gasa,
- naknada troškova za utrošen gas se realizuje nakon potrošnje;
- visok stepen iskorišćenja;
- nema stvaranja velikih količina otpada, odnosno pepela i šljake, jer se njegovim sagorevanjem dobija samo ugljen-dioksid i vodena para, čime se postiže minimalna zagađenost životne sredine,

- ušteda prostora jer je kotlarnica na gas prostorno manja,
- omogućena modernizacija i povećanje ekonomičnosti velikog broja industrijskih procesa i postrojenja uz minimalnu zagađenost životne sredine,
- može se koristiti kao sirovina u hemijskoj industriji za proizvodnju vodonika, metana, amonijaka, čađi i dr.,
- za postrojenja sa širokim opsegom opterećenja i visokim stepenom iskorišćenja; moguće je postići potpunu automatizaciju procesa sagorevanja prirodnog gasa i
- otvaranje novih perspektiva razvoja industrije i preduzetništva.

Najveći nedostatak korišćenja prirodnog gasa je opasnost od eksplozije. Kada je počela eksploatacija ovog gasa, pa do danas, velika pažnja se posvećuje merama bezbednosti i modernizaciji, pre svega, tehničkih karakteristika gasnih instalacija, postrojenja i ostalih potrošača, tako da se nivo opasnosti od eksplozije bude sveden na minimum [13,14].

#### 4. ZAKLJUČAK

Tekstilna industrija je veliki zagađivač životne sredine i ima veliki uticaj na životnu sredinu. Ova industrija je veliki potrošač energije, resursa vode i zemljišta i tokom proizvodnje i prerade tekstita emituje se velika količina gasova sa efektom staklene bašte. Da bi se tekstilna industrija održala, potrebno je pronaći nove postupke za ponovnu upotrebu materijala i eliminisanje zagađenja kako bi se umanjila šteta koja je učinjena.

U tekstilnoj industriji, prašina vodi poreklo od prerade tekstilnih vlakana (pamuka i poliester). Upotreba mehaničkih čistača razboja, koji su ugrađeni u pogonu Tkačnica i dobra ventilacija prostora, kao jedna od osnovnih zaštita, smanjili su koncentraciju prašine na vrednost približnu propisanoj graničnoj vrednosti, Slika 1, Tabele 1. i 2.

Postavljanjem multuciklonskog otprašivača, Slike 5 i 6, koji se nalazi izvan kotlarnice, neposredno pre emitera dimnih gasova, za oslobađanje otpadnih gasova od krupnih čestica tekstilnog kompleksa, koji se bavi proizvodnjom, odnosno farbanjem tekstilnih proizvoda, utvrđeno je da su izmerene emisije zagađujućih materija u tekstilnom pogonu, niže od dopuštenih vrednosti emisije i da se svi propisi vezani za stacionarni izvor emisije, poštuju, Tabela 3.

Analize stanja energenata na svetskom tržištu, sve više ističu prednosti upotrebe prirodnog gasa u

odnosu na druge vrste goriva (zemni gasovi bogati metanom), ne samo zbog procenjenih rezervi gasa, koje su dovoljne za narednih 100 godina, već i zbog usklađenosti razvoja tri "E" (energija, ekonomija, ekologija). Prirodni gas ne sadrži velike zagađivače kao ostala fosilna goriva i njegovim sagorevanjem dobija se ugljen-dioksid i vodena para. Iako je najozbiljniji nedostatak prirodnog gasa, opasnost od eksplozije, danas se sve više posvećuje pažnja merama bezbednosti i modernizaciji tehničkih karakteristika gasnih instalacija, postrojenja i ostalih potrošača, u cilju da se nivo opasnosti od eksplozije svede na minimum.

#### LITERATURA

- [1] Cvijić, L., Stanković, Lj., Pavićević, A., (2021) Uticaj proizvodnje i prometa tekstita na životnu sredinu, *Ecologica*, 28 (101), 36-42, <https://doi.org/10.18485/ecologica.2021.28.101.7>
- [2] The Chemicals in Products Project: Case Study of the Textiles Sector prepared by UNEP, DTIE / Chemicals Branch. (2011), UNEP, 2011. dostupno 03.11.2021. [http://www.health.gov.vc/health/images/PDF/ci\\_p\\_textile\\_case\\_study\\_report\\_21\\_feb\\_2011.pdf](http://www.health.gov.vc/health/images/PDF/ci_p_textile_case_study_report_21_feb_2011.pdf)
- [3] Cvijić, L., Jovanović, L., Tomić, A., Radosavljević, M., Anđelković, M. (2013), Napredak Republike Srbije u pripremi CDM projekata, *Ecologica*, 20 (69), 67-72.
- [4] Izveštaj Evropske agencije za životnu sredinu (EEA) "Tekstil i životna sredina: Uloga dizajna u evropskoj kružnoj ekonomiji", 2020., <https://www.k1info.rs/price/green-world/13168/modna-industrija-veci-zagadivac-od-avio-saobracaja/vest-preuzeto> 24.09.2023.
- [5] Čist vazduh za sve - koji su glavni izvori zagađenja vazduha? <https://balkangreenenergynews.com/rs/cist-vazduh-za-sve-lekcija-o-glavnim-zagadivacima-vazduha> dostupno 30.09.2020.
- [6] Alendarević, A. (2022). Uticaj tekstilne proizvodnje na radnu i životnu sredinu, Master rad, Akademija strukovnih studija zapadna Srbija, Odsek Užice.
- [7] Krivokuća, M. (2022). Uticaj proizvodnog procesa fabrike čarapa Proleter a.d. Ivanjica na životnu sredinu, Master rad, Akademija strukovnih studija zapadna Srbija, Odsek Užice.
- [8] Uredba o graničnim vrednostima emisije u vazduh iz postrojenja za sagorevanje („Službeni glasnik RS", broj 06/16 i 67/21), Zakon o zaštiti životne sredine („Službeni glasnik RS", br.135/2004, 36/2009, 95/2018);

- [9] Bogner, M., Stanojević, M., Livo, L. (2006). *Prečišćavanje i filtriranje gasova i tečnosti*, Beograd.
- [10] Belić, D., (1992). *Fizika i ekologija*, Fizički fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd
- [11] „Priručnik o čvrstim biogorivima“ - Planiranje, rad i ekonomska isplativost bioenergana srednjeg i velikog kapaciteta, (2014) Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje, (FNR), oznaka projekta (FKZ) 22002410.
- [12] Gaderer, M.; Spliethoff, H. (2009). Thermische Nutzung von Biomasse und Reststoffen in Deutschland. In: *Chemie Ingenieur Technik*, 83(2011). / *Gasification Guideline 2009/ Guideline for Safe and Eco-friendly Biomass Gasification, Intelligent Energy for Europe Programme (contract number EIE06078)*. November 2009.
- [13] Ilić, B., Ivanišević, S., (2008) Prednosti korišćenja prirodnog gasa kao energenta u procesima sušenja, *PTEP - časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, 1450-5029, 12; 1-2; 67 – 69
- [14] Bogner, M, Isailović, M (2005). *Prirodni gas*, Eta, Beograd, 2005.
- 
- Primljeno/Received on: 22.09.2023.  
Revidirano/ Revised on: 30.10.2023.  
Prihvaćeno/Accepted on: 01.11. 2023.
- 
- © 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/>)