SVOJSTVA NETKANOG TEKSTILA PROIZVEDENOG IZ REGENERIRANIH MATERIJALA

Kašaj, Andreja

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Textile Technology / Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:201:495952

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

KARAKTERIZACIJA NETKANOG TEKSTILA PROIZVEDENOG IZ REGENERIRANOG MATERIJALA

ANDREJA KAŠAJ

Zagreb, rujan 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
Projektiranje i menadžment tekstila

ZAVRŠNI RAD

KARAKTERIZACIJA NETKANOG TEKSTILA PROIZVEDENOG IZ REGENERIRANOG MATERIJALA

Mentor: doc. dr. sc. Drasgana Kopitar

Andreja Kašaj

Zagreb, rujan 2018.

ZAHVALA

Zahvaljujem tvornici Regeneracija d.o.o. iz Zaboka na svesrdnoj susretljivosti i pomoći pri obilasku linije proizvodnje netkanog tekstila iz regeneriranih tekstilnih materijala, te prezentacije i objašnjenja tehnologije i procesa proizvodnje. Također zahvaljujem na doniram uzorcima netkanog tekstila iz regeneriranih tekstilnih materijala i proizvoda u svrhu izrade ovoga završnog rada.

Zahvaljujem se svojoj mentorici Doc. dr. sc. Dragana Kopitar koja me usmjeravala pri izradi završnog rada svojim stručnim znanjem i iskustvom.

Također se zahvaljujem svim djelatnicima Tekstilno-tehnološkog fakulteta, profesorima i stručnim suradnicima na pruženom znanju i pomoći.

ZAVRŠNI RAD

Kandidat: Andreja Kašaj

Naslov rada: Karakterizacija netkanog tekstila proizvedenog iz regeneriranog materijala

Naziv studija: Tekstilna tehnologija i inženjerstvo

Naziv smjera: Projektiranje i menadžment tekstila

Voditelj rada: doc. dr. sc. Dragana Kopitar

Jezik teksta: Hrvatski

Rad ima: 26 stranica
17 slika
8 tablica
1 jednadžbi

Institucija u kojoj je rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno - tehnološki fakultet, Zavod za projektiranje i menadžment tekstila

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:
1. Doc. dr. sc. Ružica Brunšek, predsjednica
2. Doc. dr. sc. Dragana Kopitar, članica – mentorica
3. Doc. dr. sc. Ivana Schwarz, članica
4. Izv. prof. dr. sc. Ivana Salopek Čubrić, zamjenik člana

Datum predaje i obrane rada: 11.09.2018.

FINAL PAPER

Candidate: Andreja Kašaj

Title: Characterization of nonwoven fabric produced from regenerated material

Undergraduate study: Textile Technology and Engineering

Field of study: Textile Design and Management

Mentor: Assist. Prof. Dragana Kopitar, Ph.D.

Language of final thesis: Croatian

Paper has: 26 pages
17 figures
8 tables
1 equations

The institution in which the work was made: University of Zagreb Faculty of Textile Technology, Department of Textile Design and Management

Committee members of final thesis defence:
Assist. Prof. Ružica Brunšek, Ph.D., president of committee
Assist. Prof. Dragana Kopitar, Ph.D., member
Assist. Prof. Ivana Schwarz, Ph.D., member

Submission and defence date of the final paper: 11th of September 2018.

SAŽETAK

Recikliranje različitih materijala danas je od velike važnosti jer pridonosi očuvanju okoliša i pružanju ekonomske dobrobiti. Stari tekstilni materijali i proizvodi predstavljaju veliki potencijal za ponovno korištenje, odnosno velike su mogućnosti recikliranja tekstilnih materijala. U završnom radu dan je pregled procesa proizvodnje netkanog tekstila iz regeneriranih tekstilnih materijala i proizvoda iz tvornice Regeneracija d.o.o. iz Zaboka. Izvršena je karakterizacija netkanog tekstila iz regeneriranih tekstilnih materijala i proizvoda s primjenom u zaštiti podnih obloga u građevinarstvu i ličilačkim radovima. Karakterizirani su netkani tekstili iz regeneriranih tekstilnih materijala i proizvoda površinskih masa 220 g m^{-2}, 250 g m^{-2} i 270 g m^{-2} s LDPE folijom na naličju. Porastom površinske mase netkanog tekstila iz regeneriranih materijala, linearno raste i debljina. Prekidna sila netkanog tekstila proizvedenog mehaničkim putem na grebenaljci veća je u suprotnom smjeru od smjera proizvodnje radi izotropne usmjerenost vlakana u navedenom smjeru proizvodnje. Dobiveni rezultati prekidne sile netkanog tekstila iz regeneriranih materijala pokazuju upravo suprotno. Razlog takvih rezultata je u samoj sirovini (regeneratu) koji u netkanom tekstilu nije razvlaknjen do pojedinačnih vlakana i usmjeren, već se sastoji od dijelova plošnih proizvoda, konaca i pređa koji su djelovali na prekidnu silu netkanog tekstila. Porastom površinske mase netkanog tekstila sila otpora prema prskanju i prekidno istezanje linearno rastu, a linearni koeficijent korelacije površinske mase i sile otpora prema prskanju (r = 0,83) te prekidnog istezanja (r = 0,97) ukazuju na jaku povezanost.

Ključne riječi: regenerirani materijal, netkani tekstil, proces proizvodnje, fizikalno-mehanička svojstva.

ABSTRACT

Recycling of different materials today is of great importance since it contributes to the preservation of the environment and the provision of economic benefits. Old textile materials and products represent a great potential for reuse, respectively there are great opportunities for recycling textile materials. In the final paper, an overview of the process of production of nonwoven textiles from regenerated textile materials and products from Regeneracija d.o.o. from Zabok was given. The characterization of nonwoven textiles from regenerated textile materials and products for floor protection in construction and facade works was carried out. The nonwoven textiles made of regenerated textile materials and products of 220 g m^{-2}, 250 g m^{-2} and 270 g m^{-2} mass per unit area with LDPE foil on the back side. By increasing the nonwoven textile from regenerated materials mass per unit area, thickens increases linearly. The breaking force of nonwoven textile produced by mechanical process on a card is greater in the cross machine direction due to isotropic orientation of the fibers. The obtained results of the breaking force of nonwoven fabric from the regenerated materials show exactly the opposite. The reason for such results is in the raw material (regenerated) which, in nonwoven fabrics, is not oriented and opened to individual fibers, but consists of fabrics parts, yarns and threads that affected on the breaking force of nonwoven textile. By increasing nonwoven fabric from regenerated materials mass per unit area, bursting strength and elongation increases linearly. Linear coefficient of reggression of mass per unit area and bursting strength (r = 0,83) as well as elongation (r = 0,97) indicate a strong correlation.

Key words: regenerated material, nonwoven textile, production process, physical-mechanical properties

SADRŽAJ

1. UVOD **1**

2. TEORIJSKI DIO **2**

2.1. Netkani tekstil 2

2.2. Tvornica Regeneracija d.o.o. Zabok 2

2.2.1. Linija proizvodnje netkanog tekstila iz regeneriranih materijala 3

3. EKSPERIMENTALNI DIO **7**

3.1. Određivanje površinske mase netkanog tekstila 8

3.2. Određivanje debljine netkanog tekstila 8

3.3. Određivanje vlačnih svojstava netkanog tekstila 9

3.4. Određivanje otpornosti netkanog tekstila prema prskanju 10

4. REZULTATI I RASPRAVA **11**

4.1. Površinska masa i debljina netkanog tekstila od regeneriranih materijala 11

4.2. Vlačna svojstva netkanog tekstila iz regeneriranih materijala 13

4.3. Određivanje otpornosti prema prskanju 20

5. ZAKLJUČAK **23**

6. LITERATURA **25**

1. UVOD

Recikliranje je odvajanje materijala iz otpada u svrhu njegovog ponovnog korištenja. Proces recikliranja uključuje faze sakupljanja, odvajanja, prerade i izrade novih proizvoda iz prethodno korištenih materijala i proizvoda. U fazi odvajanja, vrlo je bitno odvojiti otpad prema vrstama otpada. Mnogi otpadni materijali se mogu ponovo iskoristiti ukoliko su odvojeno sakupljani. Reciklirati se mogu svi materijali koji se mogu nakon procesa recikliranja ponovno iskoristiti. Diljem svijeta postoje centri za reciklažu koji sakupljaju iskorištene materijale i proizvode, recikliraju ih kako bi proizveli nove.

Poznato je da tekstilna komponenta čini relativno mali udio u sastavu komunalnog otpada (2 - 3%), međutim u apsolutnoj količini radi se o približno 15 000 tona tekstilnog otpada godišnje samo u Republici Hrvatskoj [1]. Važno je naglasiti da tekstilni materijali imaju visoki stupanj recikliranja i široke mogućnosti ponovne primjene. Skupljanje, recikliranje i ponovna upotreba tekstila ima pozitivne ekološke i ekonomske utjecaje. Recikliranjem tekstila smanjuje se volumen tekstilnog materijala i proizvoda na odlagalištima otpada. Smanjenjem volumena tekstilnih materijala smanjuje se štetna emisija plinova nastalih kao posljedica truljenja prirodnih tekstilnih materijala. Osim toga, ponovnom upotrebom tekstilnih materijala štedi se energija, voda i smanjuje količina pesticida koji se koriste kod proizvodnje novih sirovina. Korišteni tekstilni materijali i proizvodi (odjeća, kućni tekstil i industrijski otpad) imaju velike mogućnosti ponovne upotrebe. Reciklirane tekstilne materijale moguće je koristiti za različite namjene, a opseg primjene recikliranih tekstilnih materijala i proizvoda iz godine u godinu se povećava radi ekonomskih tako i ekoloških razloga.

Cilj završnog rada je karakterizacija netkanog tekstila iz regeneriranih tekstilnih materijala i proizvoda s namjenom zaštite podnih obloga u građevinarstvu i kod ličilačkih radova.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Netkani tekstil

Netkani tekstil je opći naziv za plošne tekstilije koje se ne proizvode postupcima tkanja ili pletenja, već posebnim postupcima izravno od vlakana. Pritom se najprije priređuje runasta tvorevina *(koprena),* a zatim se više slojeva koprene slaže jedna na drugu i međusobno povezuje u netkani tekstil potrebne čvrstoće i površinske mase. Učvršćenje više slojeva koprene, tzv. runa može se postići na više načina. Mjestimičnim mehaničkim zamršivanjem vlakana susjednih slojeva koprene pomoću vodenog ili zračnoga mlaza, ili tehnikom iglanja dobiva se netkani tekstil sličan vunenomu pustu. Netkani tekstil manje debljine i kompaktnosti, kakav je npr. *flizelin* za međupodstave, većinom se učvršćuje adhezijski, tj. primjenom ljepila. Kod međupodstava za učvršćivanje oblika pojedinih dijelova odjeće može se dodatno točkasto nanijeti ljepilo kako bi se omogućilo naknadno toplinsko povezivanje s drugim tekstilnim materijalom. Učvršćivanje runa može biti određenim udjelom vlakana niže točke taljenja gdje se toplinskim učvršćenjem vlakna niže točke taljenja tale i međusobno povezuju sa susjednim vlaknima unutar runa. Svojstva netkanoga tekstila ovise o debljini, vrsti i finoći vlakana od kojih je izrađen te o načinu učvršćivanja runa. U usporedbi s tkaninama i pletivima, netkani tekstil je manje kompaktan i čvrst, ali je zato može biti veće voluminoznosti. Netkani tekstil se uglavnom upotrebljava kao tehnički tekstil. Različite vrste mehanički učvršćenih netkanih tekstila najčešće se rabe kao materijali za toplinsku i zvučnu izolaciju u građevinarstvu i tehnici, filtarski materijali u industriji i dr. Danas je značajna primjena geotekstila*,* tj. nešto kompaktnijega, a čvršćeg i tanjeg netkanoga tekstila, u pravilu izrađenog od umjetnih vlakana, a koji se upotrebljava u cestogradnji, gradnji tunela, ekološkoj sanaciji terena i sl. Osim u izradi zaštitne odjeće, netkani tekstil se koristi i kao podloga pri izradi umjetne kože, za toplinsku izolaciju u vrećama za spavanje i dr. Reciklirana vlakna prikladna su za izradu netkanih tekstila, gdje u usporedbi s primarnim vlaknima, reciklirana vlakna pokazuju različitu kvalitetu [2].

2.2. Tvornica Regeneracija d.o.o. Zabok

Davne 1954. godine osnovana je tvrtka za prikupljanje, sortiranje i preradu tekstilnog otpada koja od 1955. godine posluje pod imenom Regeneracija. Prva linija za proizvodnju netkanog tekstila na bazi regeneriranih tekstilnih vlakana instalirana je 1964. godine. Od 1968. godine tvornica koristi logotip, dva vuka koji trgaju krpu, kao

simbol stroja za trganje „ WOLFER“. Proizvodnja tepiha pokrenuta je 1967. godine, a 1990. godine tt. Regeneracija d.o.o. je u Guinness-ovoj knjizi rekorda upisana kao proizvođač najveće tapiserije na svijetu površine 1242 m^2. Usmjerenost na zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost dokazana je 1989. god. instalacijom prve i jedine pirolitičke spalionice tekstilnog otpada u regiji. Rat i njegove posljedice (raspad tržišta, izgubljene tvrtke u BiH i Srbiji, prelazak na ratnu proizvodnju) doveli su 1990-tih Regeneraciju na sam rub opstanka. Jedan od najvažnijih događaja u novijoj povijesti tvrtke je uspješno provedena privatizacija od strane zaposlenika i strateških partnera iz Njemačke u 2005. god. Posljedica privatizacije je porast izvoza, popunjenost proizvodnih kapaciteta, osnivanje Regeneracije GmbH u Waiblingenu 2008. god. kao i preuzimanje tvrtke CO DESIGN 2014. god. Regeneracija se bavi recikliranjem tekstilnih materijala i izradom izolacija i zaštitnih podnih obloga, čijom se upotrebom ubrzava i pojednostavljuje proces gradnje te povećava energetska učinkovitost objekata.

2.2.1. Linija proizvodnje netkanog tekstila iz regeneriranih materijala

Prije same proizvodnje netkanog tekstila nužno je prikupiti otpadne tekstilne materijale (otpadni plošni proizvodi nastali u tvornicama nakon krojenja te pređe i konci iz predionica i sl.) i već korištene tekstilne proizvode koji se prikupljaju u specijalno prilagođenim kontejnerima postavljenim u većini gradova Republike Hrvatske (Slika 1).



Slika 1. Kontejneri za prikupljanje odjeće i obuće

Prikupljeni tekstilni materijal i proizvodi transportiraju se do tvornice u obliku bala. Iz bala radnici ručno uklanjaju gumbe, patente i sl. kako bi se materijal mogao pripremiti za daljnju obradu (Slika 2).



Slika 2. Odvajanje i usitnjavanje materijala

Nakon uklanjanja plastičnih i metalnih elemenata sa odjeće i obuće, slijedi faza usitnjavanja, rezanja i miješanja otpadnih tekstilnih materijala i proizvoda na stroju Tehnix shredder.

Tvornica Regeneracija iz Zaboka u regenerat dodaje bikomponentna vlakna. Bikomponentna vlakna sastoje se od poliesterske jezgre i poliolefinskog omotača. Radi razlike u točki taljenja polimera (PES, 227 °C - 238 °C; PP 160 °C - 166 °C) poliolefinska jezgra tali se na nižoj točki taljenja povezujući se sa okolnim usitnjenim tekstilnim materijalom poboljšavajući stupanj učvršćenja gotovog proizvoda.

Nakon dodavanja određene količine bikomponentnih vlakana, regenerat prolazi kroz četiri trgača tvrtke LaRoche radi dodatnog usitnjavanja i razvlaknjivanja regenerata. Transport materijala vrši se pneumatskim putem kroz cijevi, između sva četiri trgača.

Usitnjeni i razvlaknjeni regenerat prolazi kroz proces pikovanje, odnosno nanašanja antistatičkog sredstva.

Na grebenaljci tvrtke Bombi Meccanica vrši se postupno otvaranje regenerata do razvlaknjivanja kako nebi došlo do oštećenja materijala, miješanje regenerata koji se na izlazu iz grebenaljke oblikuje u runo.

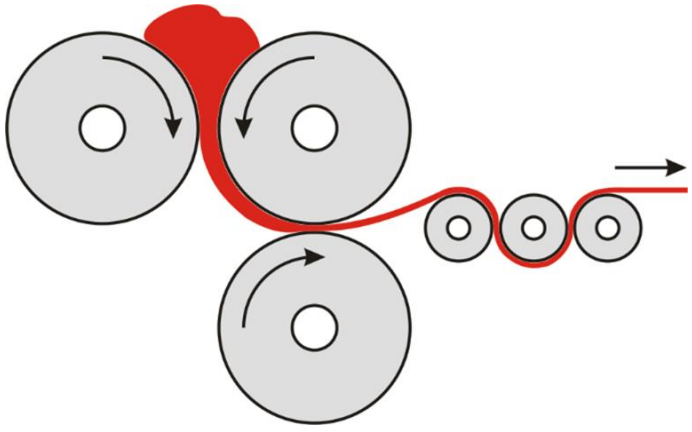
Runo sa grebenaljke vodi se do križnog polagač (tt. Bombi Meccanica) gdje se polaže određen broj slojeva runa, ovisno o željenoj površinskoj masi gotovog proizvoda (Slika

3). Položeni slojevi runa sa križnog polagača prolaze kroz fazu učvršćenja iglanjem (tt. Bombi Meccanica). Runo se učvršćuje iglanjem s gornje strane s 50 uboda/cm^2.



Slika 3. Iglanje položenog runa sa faze polaganja runa na križnom polagaču

Dodatno učvršćenje nakon iglanja vrši se procesom kalandriranja. Kalandriranje (tt. Bombi Meccanica) je proces učvršćenja netkanog tekstila koristeći toplinu i pritisak, gdje netkani tekstil prolazi kroz parove zagrijanih valjaka na 180 ^{o}C koji su pod određenim pritiskom.



Slika 4. Kalandriranje između zagrijanih valjaka pod pritiskom

Dobiveni netkani tekstil od regeneriranih tekstilnih materijala i proizvoda prolazi kroz fazu spajanja netkanog tekstila s LDPE folijom (low density polyetilene) debljine 20 μm i 17 g m^{-2}. Spajanje se vrši pri temperaturi od 800 ^{o}C i brzini prolaska materijala od 30 m min^{-1} na stroju tt. ROTECH (Slika 5).



Slika 5. Spajanje LDPE folije i netkanog tekstila iz regenerata

Zadnja faza proizvodnje netkanog tekstila iz regenerata za zaštitu podnih obloga pri ličilačkim i građevinarskim radovima je kontrola kvalitete, namatanje i pakiranje. Proizvod se pakira u role širine do 2 m, dužine do 100 m te pakira na palete.



Slika 6. Kontrola grešaka i pakiranje netkanog tekstila iz regenerata

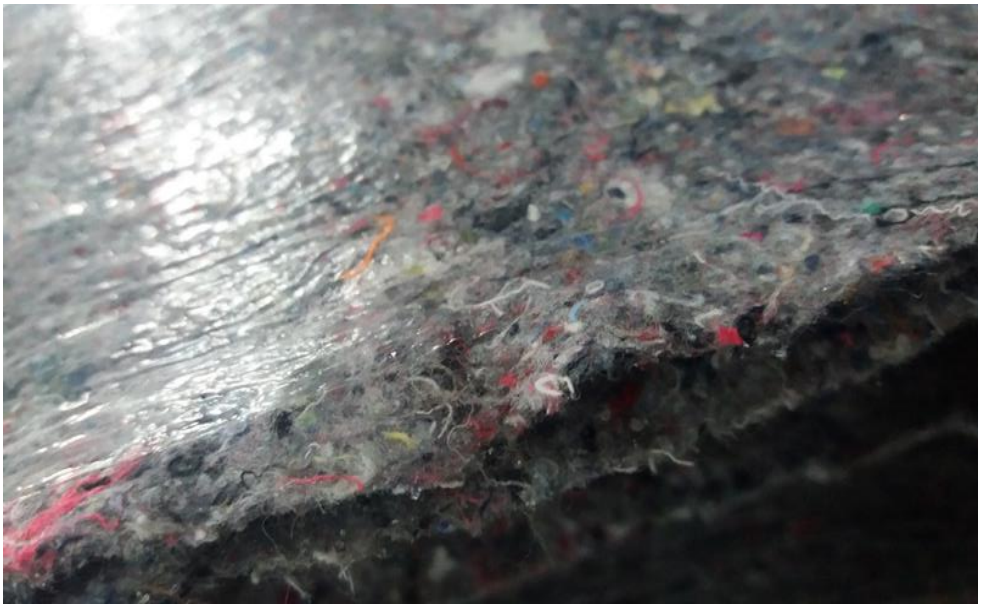
3. EKSPERIMENTALNI DIO

U završnom radu ispitani su netkani tekstil za zaštitu podnih obloga prilikom ličilačkih i građevinarskih radova, proizvedeni od regeneriranih materijala i proizvoda. Netkani tekstili od regeneriranih materijala i proizvoda, proizvedeni su u tt. Regeneracija iz Zaboka. U Regeneraciji se godišnje reciklira 8.000 t tekstilnih vlakana i proizvoda te se proizvede oko 30.000.000 m² različitih netkanih tekstila.

Uzorci su proizvedeni mehaničkim postupkom na grebenaljci, učvršćeni iglanjem te se LDPE folija učvrstila termičkim postupkom. Uzorci su ispitani na Tekstilno Tehnološkom fakultetu u laboratoriju Zavoda za projektiranje i menadžment tekstila i laboratoriju Zavoda za tekstilno –kemijsku tehnologiju i ekologiju. Na uzorcima su provedena ispitivanja površinske mase, debljine, vlačnih svojstava, otpornosti netkanog tekstila prema prskanju. Nazivne površinske mase uzoraka su 220 g m^{-2}, 250 g m^{-2} i 270 g m^{-2}.

Tablica 1. Oznake uzoraka i propadajuće nazivne površinske mase

Oznaka uzorka	Površinska masa uzorka, g m^{-2}
A	220
B	250
C	270



Slika 7. Netkani tekstil od regenerata površinske mase 250 g m^{-2}

3.1. Određivanje površinske mase netkanog tekstila

Određivanje površinske mase netkanog tekstila ispitalo se prema normi ISO 9073-1:1989. Epruvete površine 50 000 mm^2, dimenzija 250 x 200 mm, dovedene su u standardno stanje i izvagane na analitičkoj vagi s točnošću ±0,0001 g.
Na svakom od uzoraka provela su se tri mjerenja, gdje se površinska masa računala prema sljedećoj jednadžbi:

$$m_p = m_e \times 100 \quad (1)$$

gdje je: m_p – površinska masa uzorka, gm^{-2}, m_e – masa epruvete, g



Slika 8. Analitička vaga

3.2. Određivanje debljine netkanog tekstila

Debljina plošnog proizvoda definira se kao razmak između lica i naličja proizvoda. Ispitivanje debljine vrši se prema normi EN ISO 9073-2:1995. Mjerenje se vrši pomoću debljinomjera koji ima dvije paralelne metalne ploče, gornju koja je pod pritiskom i naziva se pritiskivač, i donju koja se naziva podloga. Kod ispitivanja debljine mjeri se razlika između podloge ploče na koju se stavlja plošni proizvod i paralelne podloge pritiskivača koji pod određenim pritiskom djeluje na proizvod u horizontalnom položaju.
Prije početka mjerenja debljinomjer je potrebno baždariti tako da pritiskivačem opteretimo podlogu i iglu dovedemo u nulti položaj. Zatim se pritiskivač odvoji od podloge, a na podlogu se postavlja uzorak. Pritiskivač se lagano spušta na uzorak, te se nakon 30 sekundi očita položaj igle na brojčaniku. Uzorkovanje se vrši u skladu s normom ISO 186 s mjesta gdje nema vidljivih odstupanja (grešaka, nabora). Izvršeno je 3 mjerenja po uzorku.

3.3. Određivanje vlačnih svojstava

Pod prekidnom silom podrazumijeva se otpor kojim se netkani tekstil suprotstavlja kidanju radi djelovanja vlačne sile. Promjena dužine u trenutku prekida naziva se prekidno istezanje i izražava se u postocima (%). Mjerenje prekidne sile i istezanja netkanog tekstila propisano je normom ISO 9073-3:1992. Aparat na kojem se ispituju vlačna svojstva naziva se dinamometar.

Ispitivanja vlačnih svojstava izvršena su na dinamometru TEXTECHNO STATIMAT M (Sl. 10). Uzorci dovedeni u standardno stanje ulažu se u stezaljke dinamometara. Djelovanjem sile na uzorak dolazi do istezanja i kidanja epruvete. Brzina istezanja iznosi 100 mm/min. Uzorci se priređuju u obliku traka, dimenzija 350 x 50 mm, gdje mjerna duljina epruvete iznosi 200 mm. Priprema se po 5 uzoraka u smjeru izlaska materijala iz stroja (MD smjer; *engl. machine direction*) i po 5 uzoraka u poprečnom smjeru od smjera izlaska materijala iz stroja (CD smjer; *engl. cross machine direction*). Dinamometar je potpuno automatiziran, mikroprocesorski upravljan i radi po principu konstantne brzine istezanja sukladno s normama DIN 51221, DIN 53834 i ISO 2062 .



Slika 9. Dinamometar STATIMAT M- t.t. Textechno, Njemačka

3.4. Određivanje otpornosti netkanog tekstila prema prskanju

Otpornost netkanog tekstila prema prskanju definira se kao najveći pritisak, odnosno najveća sila, pri kojoj nastaje prskanje epruvete izložene ispupčenju. Ispitivanje se vrši prema normi HRN F.S2.022. Pri ovom postupku mjeri se sila potrebna za probijanje kružnog uzoraka netkanog tekstila promjera 50 mm primjenom fino polirane čelične kuglice. Netkani tekstil je prije ispitivanja dovedena u standardno stanje. Ispitivanje se provelo na dinamometru „Apparecchi Branca“ sa specijalnim uređajem za napinjanje epruvete. U trenutku probijanja uzorka na mjernoj skali se očitavala sila i istezanje netkanog tekstila. Na svakom uzorku provelo se po 5 mjerenja. Određivanje sile prskanja može se još provoditi drugim metodama i aparatima korištenjem pritiska zraka ili tekućine.



Slika 10. Dinamometar Apparecchi Branaca S.A., Italija

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Površinska masa i debljina netkanog tekstila od regeneriranih materijala

U tablici 2. dani su rezultati površinske mase netkanog tekstila proizvedenih od regeneriranih materijala s pripadajućim statističkim pokazateljima. Površinske mase netkanog tekstila kreću se u rasponu od 220 g m^{-2} do 270 g m^{-2}.

Tablica 2. Površinske mase netkanog tekstila od regeneriranih materijala

Uzorak	Masa, g	$\bar{x}$, g	σ, g	CV, %	PM, g m^{-2}
A	10,72 11,30 11,03	11,02	0,29	2,63	220,33
B	12,82 12,19 12,39	12,47	0,32	2,58	249,33
C	13,50 13,62 13,42	13,51	0,10	0,74	270,27

gdje je: $\bar{x}$ - srednja vrijednost mase netkanog tekstila površine 50 000 mm^2, g; σ - standardna devijacija mase netkanog tekstila, g; CV - koeficijent varijacije mase netkanog tekstila, %; PM – površinska masa netkanog tekstila, g m^{-2}

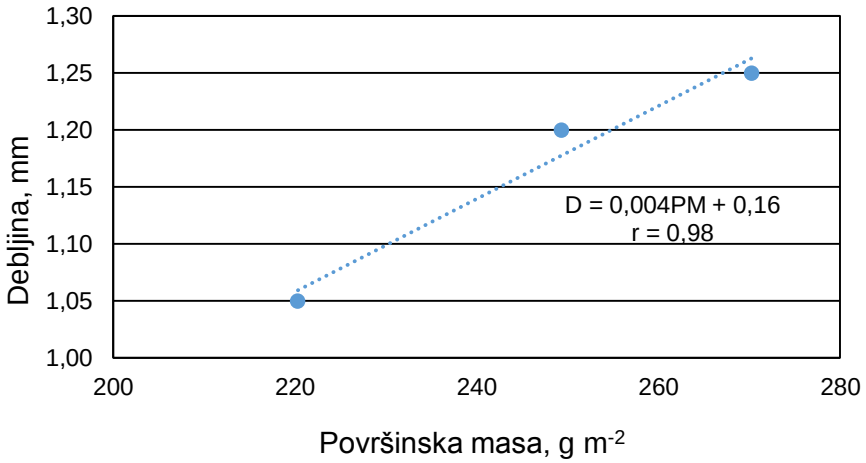
U tablici 3 prikazani su rezultati ispitivanja debljine netkanog tekstila iz regeneriranih materijala. Debljina uzoraka je u rasponu od 1,05 mm do 1,25 mm. Najmanju debljinu ima netkani tekstil najmanje površinske mase od 220 g m^{-2} (uzorak A, 1,05 mm), dok najveću debljinu ima netkani tekstil najveće površinske mase od 270 g m^{-2} (uzorak C, 1,25 mm).

Tablica 3: Debljina netkanog tekstila iz regeneriranih materijala

Br. mjerenja	Uzorak		
	A	B	C
1.	0,92	1,36	1,33
2.	0,97	1,21	1,03
3.	1,02	1,14	1,32
4.	1,13	1,03	1,06
5.	1,07	1,07	1,10
6.	1,23	1,45	1,41
7.	1,05	1,23	1,31
8.	1,03	1,07	1,26
9.	1,09	1,21	1,40
10.	0,96	1,24	1,30
$\bar{x}$, mm	1,05	1,20	1,25
σ, mm	0,09	0,13	0,13
CV, %	8,18	10,44	10,49

gdje je $\bar{x}$ - srednja vrijednost debljine netkanog tekstila, mm; σ - standardna devijacija debljine netkanog tekstila, mm; CV - koeficijent varijacije debljine netkanog tekstila, %.

Na slici 11 prikazana je linearna ovisnost debljine o površinskoj masi netkanog tekstila iz regeneriranih materijala. Može se zaključiti da porastom površinske mase netkanog tekstila iz regeneriranih materijala, linearno raste i debljina. Linearni koeficijent korelacije pokazuje da između površinske mase i debljine netkanog tekstila postoji jaka veza (r=0,98).



Slika 11. Ovisnost debljine o površinskoj masi netkanog tekstila iz regeneriranih materijala

4.2. Vlačna svojstva netkanog tekstila iz regeneriranih materijala

U tablicama od 4. do 7. prikazani su rezultati ispitivanja vlačnih svojstava netkanog tekstila iz regeneriranih materijala, dok su na slikama od 12 do 15 dana vlačna svojstava o ovisnosti o površinskoj masi netkanog tekstila. U tablicama su dana pojedinačna mjerenja prekidne sile, prekidnog istezanja , čvrstoće (cN/mm), rada do prekida (cNcm) i vremena prekida netkanog tekstila u smjeru izlaska netkanog tekstila iz stroja (MD smjer) i suprotan smjer od izlaska netkanog tekstila iz stroja (CD smjer).

Prekidna sila, čvrstoća i rad prekida netkanog tekstila površinske mase 220 g m^{-2} veći su u smjeru proizvodnje (MD smjer) (Tablica 4). Prekidna sila netkanog tekstila u MD smjeru veća je za 33,4 % s obzirom na suprotan smjer proizvodnje (CD smjer). Rad do prekida u CD smjeru je za 2,1 % manji s obzirom na MD smjer. Prekidno istezanje netkanog tekstila veće je u suprotnom smjeru od smjera proizvodnje (CD smjer) za 40,9 % s obzirom na MD smjer.

Tablica 4. Vlačna svojstva netkanog tekstila površinske mase 220 g m^{-2} (uzorak A)

Smjer	R. br.	F, N	I, %	Č, cN mm^{-1}	R, cN cm	T, s
MD	1.	35,24	36,54	17,62	197,86	84,07
	2.	35,60	43,64	17,80	248,21	86,62
	3.	33,65	38,76	16,83	197,54	67,61
	4.	31,62	46,82	15,81	211,85	74,79
	5.	32,76	43,18	16,38	213,56	73,47
	$\bar{x}$	33,77	41,79	16,89	213,80	77,31
	σ	1,67	4,10	0,84	20,65	7,87
	CV, %	4,95	9,82	4,95	9,66	10,18
CMD	1.	21,85	51,69	10,93	177,82	105,43
	2.	20,87	49,64	10,44	163,53	211,87
	3.	23,40	70,88	11,70	266,42	134,08
	4.	23,64	66,78	11,82	253,44	105,09
	5.	22,87	55,64	11,43	186,00	89,16
	$\bar{x}$	22,53	58,93	11,26	209,44	129,13
	σ	1,15	9,41	0,57	47,01	49,01
	CV, %	5,12	15,96	5,09	22,45	37,95

gdje je: F - prekidna sila, N; I - prekidno istezanje, %; Č – čvrstoća, cN mm^{-1}; R - rad prekida, cN cm; T - vrijeme prekida, s; $\bar{x}$ - srednja vrijednost; σ- standardna devijacija; CV - koeficijent varijacije, %; MD - smjer izlaska netkanog tekstila iz stroja, CD - suprotan smjer od izlaska netkanog tekstila iz stroja.

Prekidna sila (za 25,9 %) i čvrstoća (25,4 %) netkanog tekstila površinske mase 249 g m^{-2} veći su u smjeru proizvodnje (MD smjer) s obzirom na CD smjer (Tablica 5). Rad do prekida netkanog tekstila veći je u CD smjeru, s obzirom na MD smjer, za 17,2 %, dok je prekidno istezanje veće za 62,7 %.

Tablica 5. Vlačna svojstva netkanog tekstila površinske mase 249 g m^{-2} (uzorak B)

Smjer	R. br.	F, N	I, %	Č, cN mm^{-1}	R, cN cm	T, s
MD	1.	37,11	34,82	18,55	203,83	84,58
	2.	37,60	36,56	18,80	216,72	75,82
	3.	35,24	25,58	17,62	136,68	64,35
	4.	31,29	37,84	15,65	178,05	98,01
	5.	36,17	34,28	18,09	188,08	88,20
	$\bar{x}$	35,48	33,82	17,74	184,67	82,19
	σ	2,51	4,82	1,25	30,63	12,76
	CV, %	7,08	14,24	7,06	16,59	15,52
CMD	1.	28,85	56,82	14,42	236,56	88,27
	2.	24,05	51,36	12,02	187,51	92,09
	3.	27,83	59,24	13,93	244,64	88,94
	4.	27,63	61,82	13,81	246,07	150,37
	5.	23,36	45,62	11,68	167,59	83,98
	$\bar{x}$	26,34	54,97	13,17	216,47	100,73
	σ	2,47	6,50	1,23	36,40	27,90
	CV, %	9,36	11,83	9,37	16,82	27,70

gdje je: F - prekidna sila, N; I - prekidno istezanje, %; Č – čvrstoća, cN mm^{-1}; R - rad prekida, cN cm; T - vrijeme prekida, s; $\bar{x}$ - srednja vrijednost; σ- standardna devijacija; CV - koeficijent varijacije, %; MD - smjer izlaska netkanog tekstila iz stroja, CD - suprotan smjer od izlaska netkanog tekstila iz stroja.

Prekidna sila (za 4,8 %), prekidno istezanje (13,5 %), čvrstoća (4,8 %) i rad prekida (15,9 %) netkanog tekstila površinske mase 270 g m^{-2} veći su u suprotnom smjeru od smjera proizvodnje (CD smjer) s obzirom na smjer izlaska materijala iz stroja(Tablica 6).

Tablica 6. Vlačna svojstva netkanog tekstila površinske mase 270 g m^{-2} (uzorak C)

Smjer	R. br.	F, N	I, %	Č, cN mm^{-1}	R, cN cm	T, s
MD	1.	32,80	35,88	16,40	180,61	81,55
	2.	33,41	49,62	16,70	222,60	86,83
	3.	28,81	41,98	14,40	177,15	82,68
	4.	32,47	57,04	16,24	296,02	100,25
	5.	31,53	42,56	15,77	202,60	75,39
	$\bar{x}$	31,80	45,42	15,90	215,80	85,34
	σ	1,81	8,12	0,90	48,45	9,29
	CV, %	5,68	17,88	5,69	22,45	10,88
CMD	1.	38,74	59,28	19,37	318,96	108,28
	2.	33,24	53,34	16,62	248,64	83,74
	3.	31,45	47,96	15,73	218,22	75,22
	4.	31,21	48,46	15,60	216,71	89,76
	5.	32,06	48,80	16,03	218,78	128,49
	$\bar{x}$	33,34	51,57	16,67	244,26	97,10
	σ	3,12	4,82	1,56	43,83	21,34
	CV, %	9,36	9,35	9,36	1,79	21,98

gdje je: F - prekidna sila, N; I - prekidno istezanje, %; Č – čvrstoća, cN mm^{-1}; R - rad prekida, cN cm; T - vrijeme prekida, s; $\bar{x}$ - srednja vrijednost; σ- standardna devijacija; CV - koeficijent varijacije, %, MD - smjer izlaska netkanog tekstila iz stroja, CD - suprotan smjer od izlaska netkanog tekstila iz stroja.

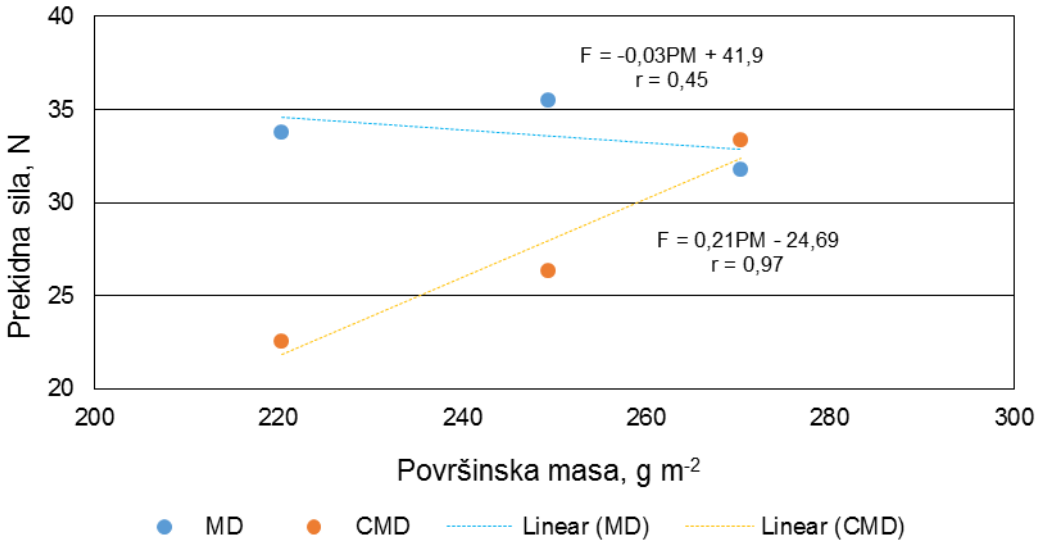
U tablici 7. dane su srednje vrijednosti vlačnih svojstava u oba smjera proizvodnje netkanog tekstila i promjena pojedinog svojstava s obzirom na smjer proizvodnje.

Tablica 7. Promjena vlačnih svojstava netkanog tekstila s obzirom na smjer proizvodnje

Parametri	MD			CMD			Promjena, % MD →CMD		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
F, N	33,8	35,5	31,80	22,5	26,3	33,3	33↓	26↓	5↑
I, %	41,8	33,8	45,4	58,9	55,0	51,6	41↑	63↑	14↑
Č, cN cm^{-1}	16,9	17,7	15,9	11,3	13,2	16,7	33↓	25↓	5↑
R, cN cm	213,8	184,7	210,8	209,4	216,5	244,3	2↓	17↑	16↑

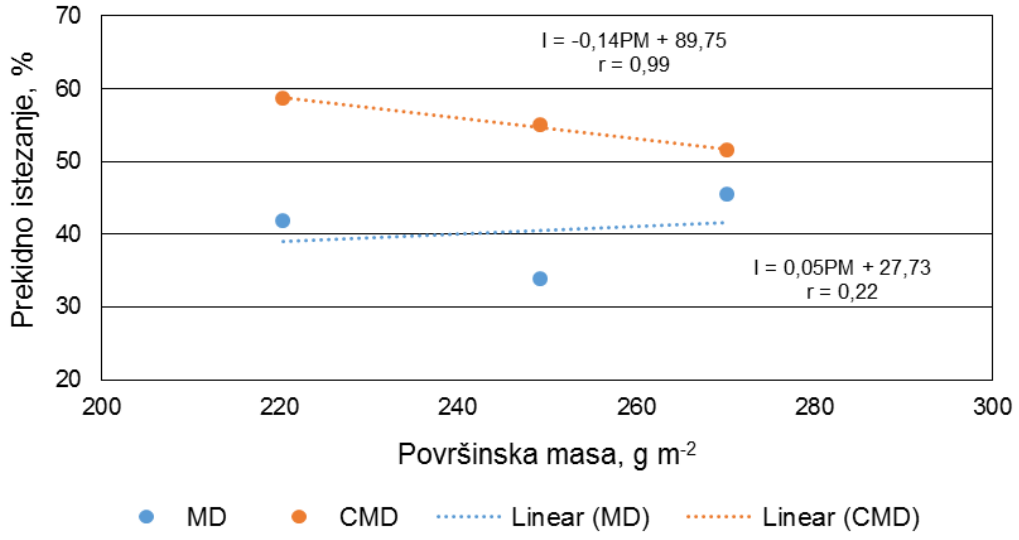
gdje je: F - prekidna sila, N; I - prekidno istezanje, %; Č – čvrstoća, cN mm^{-1}; R - rad prekida, cN cm; T - vrijeme prekida, s; MD - smjer izlaska netkanog tekstila iz stroja, CD - suprotan smjer od izlaska netkanog tekstila iz stroja.

Prekidna sila netkanog tekstila proizvedenog mehaničkim putem na grebenaljci uvijek je veća u CD smjeru radi smjera proizvodnje, odnosno usmjerenosti vlakana uglavnom u CD smjeru (izotropna usmjerenost vlakana u CD smjeru proizvodnje). Dobiveni rezultati vlačnih svojstava za netkane tekstile iz regeneriranih materijala površinske mase 220 g m^{-2} i 249 g m^{-2} pokazuju upravo suprotno. Razlog takvih rezultata je u samom regeneratu koji u gotovom proizvodu nije razvlaknjen do pojedinačnih vlakana, već se sastoji od dijelova plošnih proizvoda, konaca i pređa koji su očito djelovali na vlačna svojstva.



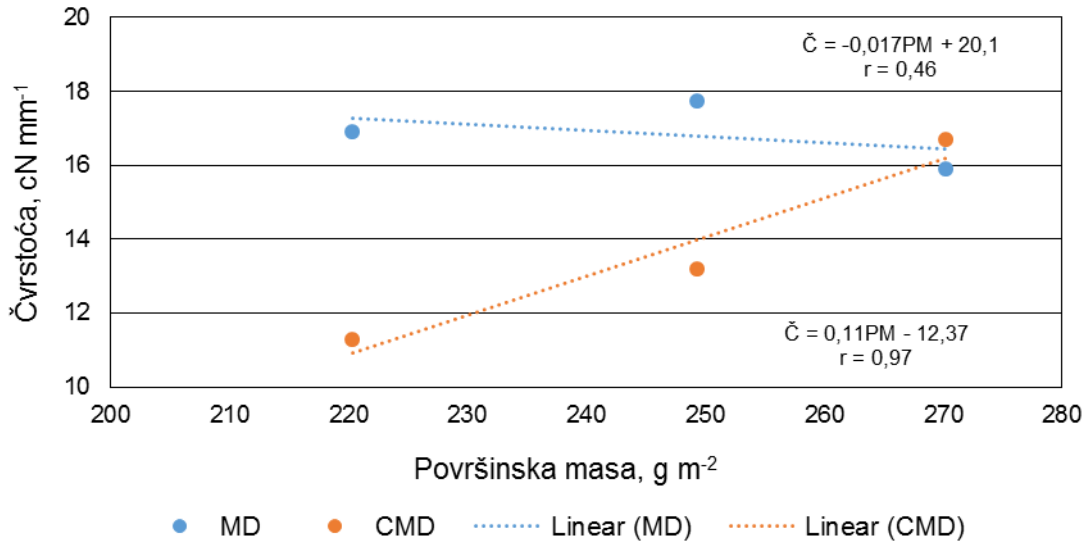
Slika 12. Ovisnost prekidne sile o površinskoj masi netkanog tekstila iz regenerata

Prekidna sile netkanog tekstila iz regenerata u smjeru proizvodnje pada porastom površinske mase s malim koeficijentom korelacije (r = 0,45) (Slika 12). Prekidna sila u CD smjeru za uzorak površinske mase 270 g m^{-2} raste porastom površinske mase s jakom povezanosti varijabli (r = 0,97).



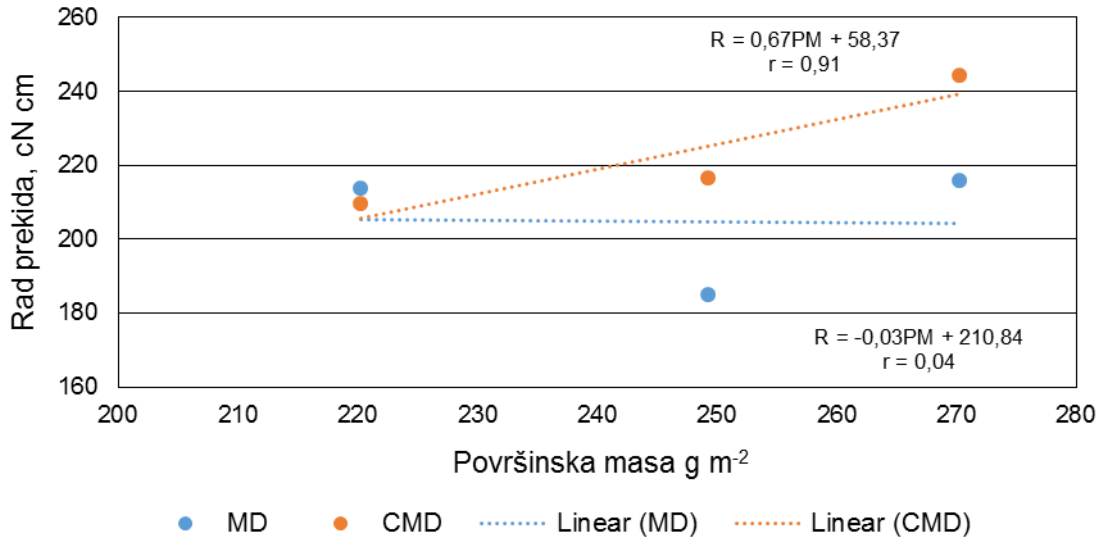
Slika 13. Ovisnost prekidnog istezanja o površinskoj masi netkanog tekstila iz regenerata

Prekidno istezanje netkanog tekstila iz regenerata porastom površinske mase u MD smjeru uglavnom raste, dok u CD smjeru pada (Slika 13.). Od trenda odstupa uzorak površinske mase (249 g m^{-2}) u MD smjeru. Linearni koeficijent prekidnog istezanja i površinske mase u CD smjeru ima jaku povezanost (r= 0,99), dok je u MD smjeru slaba (r= 0,22).



Slika 14. Ovisnost čvrstoće o površinskoj masi netkanog tekstila iz regenerata

Iz tablice 7. i slike 14 vidljiv je trend porasta čvrstoće porastom površinske mase u CD smjeru, dok u MD smjeru pada. Uspoređujući čvrstoću netkanog tekstila s obzirom na smjerove proizvodnje (MD i CD smjer proizvodnje), u MD smjeru uzorci uglavnom imaju veću čvrstoću. Od navedenog odstupa netkani tekstil najveće površinske mase 270 g m^{-2} čija je čvrstoća u CMD smjeru veća. Koeficijent korelacije u CMD smjeru (r = 0,97) pokazuje jaku povezanost čvrstoće i površinske mase, dok je u MD smjeru (r = 0,46) povezanost varijabli slaba.



Slika 15. Ovisnost rada do prekida o površinskoj masi netkanog tekstila iz regenerata

Na slici 15. prikazana je ovisnost rada do prekida o površinskoj masi. Vidljiv je trend porasta rada do prekida porastom površinske mase netkanog tekstila od regenerata za suprotan smjer od smjera izlaska materijla iz stroja. Koeficijent korelacije u CMD smjeru (r = 0,91) pokazuje jaku povezanost rada do prekida i površinske mase, dok je u MD smjeru (r = 0,04) povezanost slaba.

4.3. Određivanje otpornosti prema prskanju

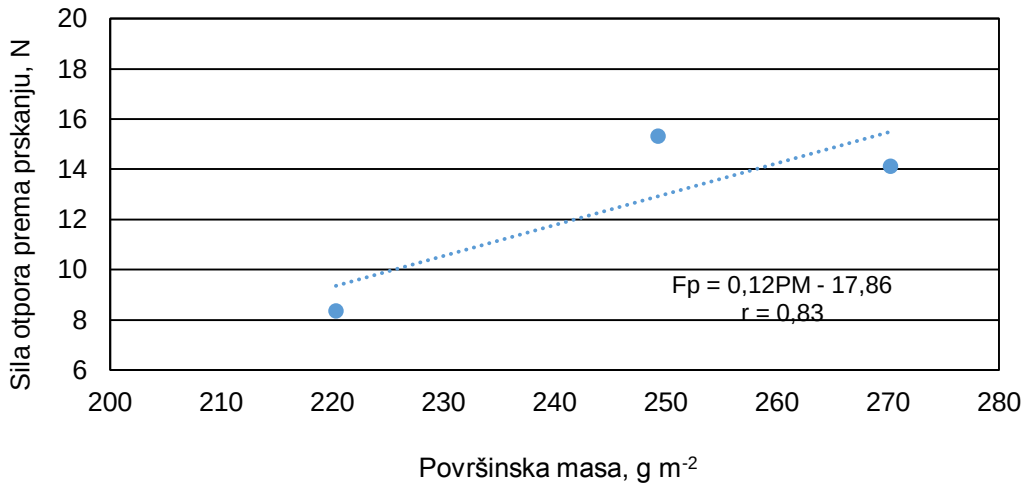
Sila otpora na prskanje netkanog tekstila iz regeneriranih materijala kreće se u rasponu od 8,34 N do 15,32 N. Najmanju silu otpora na prskanje ima netkani tekstil najmanje površinske mase od 220 g m^{-2} (8,34 N), dok najveću silu otpora na prskanje ima netkani tekstil površinske mase 249 g m^{-2} (15,32 N).

Tablica 8. Pojedinačna mjerenja sile otpora na prskanje i istezanja netkanog tekstila

Uzorak	Fp, N	Uzorak	lp, mm
A	8	A	29
	7		27
	8,5		29
	10,2		29
	8		26
$\bar{x}$, N	8,34	$\bar{x}$, mm	28
σ, N	1,17	σ, mm	1,41
CV, %	14,08	CV, %	5,05
B	16,5	B	30
	19,6		31
	13,7		28
	13,6		30
	13,2		30
$\bar{x}$, N	15,32	$\bar{x}$, mm	29,8
σ, N	2,73	σ, mm	1,10
CV, %	17,81	CV, %	3,68
C	12,3	C	30
	13,5		32
	9,9		25
	15,9		30
	19		34
$\bar{x}$, N	14,12	$\bar{x}$, mm	30,2
σ, N	3,48	σ, mm	3,35
CV, %	24,66	CV, %	11,08

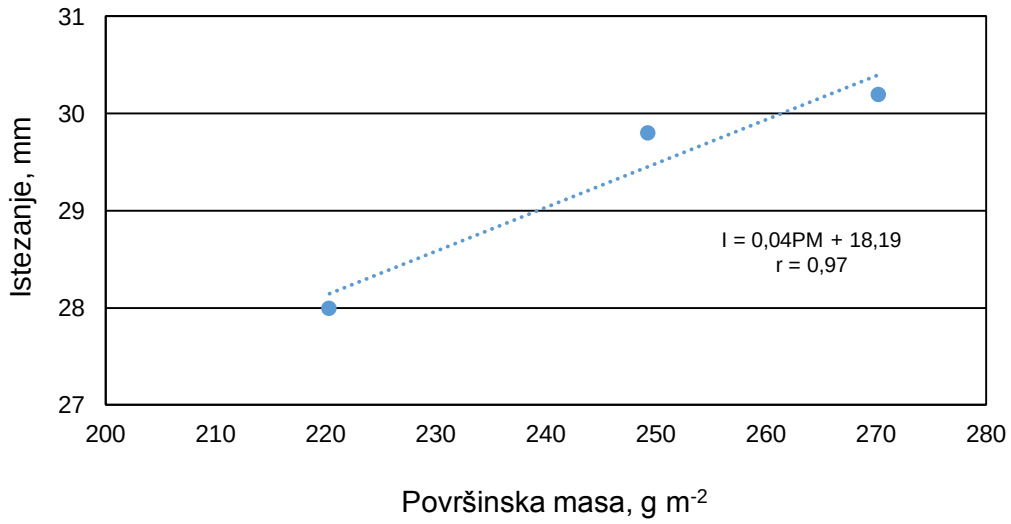
gdje je: Fp – sila otpora na prskanje netkanog tekstila, N; lp – prekidno istezanje netkanog tekstila, mm; $\bar{x}$ - srednja vrijednost; σ - standardna devijacija; CV - koeficijent varijacije

Razlika sile otpora na prskanje netkanog tekstila površinske mase 249 g m^{-2} i netkanog tekstila najveće površinske mase 270 g m^{-2} (14, 12 N) nije značajan (7,8 %).
Prekidno istezanje netkanog tekstila u rasponu od 8,34 N do 15,32 N linearno raste porastom površinske mase i kreće se u rasponu od 28 mm do 30,2 mm.



Slika 16. Ovisnost sile otpora prema prskanju o površinskoj masi netkanog tekstila

Na slici 13 prikazana je linearna ovisnost sile otpora prema prskanju u ovisnosti o površinskoj masi netkanog tekstila iz regeneriranih materijala. Porastom površinske mase netkanog tekstila sila otpora prema prskanju linearno raste. Linearni koeficijent korelacije između varijabli površinske mase i sile otpora prema prskanju ukazuje na jaku povezanost (r = 0,83).



Slika 17. Ovisnost prekidnog istezanja pri sili otpora na prskanje o površinskoj masi netkanog tekstila

Na slici 14 prikazana je ovisnost prekidnog istezanja pri sili otpora prema prskanju o površinskoj masi netkanog tekstila iz regenerata. Porastom površinske mase uzoraka prekidno istezanje linearno raste. Linearni koeficijent korelacije površinske mase i prekidnog istezanja pri sili otpora na prskanje ukazuje na jaku korelaciju (r = 0,97).

5. ZAKLJUČAK

Zadatak završnog rada je karakterizacija netkanog tekstila proizvedenog iz regeneriranih tekstilnih materijala i proizvoda.

U tvornici Regeneracija d.o.o. iz Zaboka izrađeni su netkani tekstili iz regeneriranih tekstilnih materijala i proizvoda površinskih masa 220 g m^{-2}, 250 g m^{-2} i 270 g m^{-2} s LDPE folijom na naličju, s primjenom u zaštiti podnih obloga u građevinarstvu i ličilačkim radovima. Na temelju provedenih ispitivanja i dobivenih rezultata može se zaključiti sljedeće:

- Površinske mase netkanog tekstila kreću se u rasponu od 220 g m^{-2} do 270 g m^{-2}, dok se njihove debljine kreću u rasponu od 1,05 mm do 1,25 mm. Porastom površinske mase netkanog tekstila iz regeneriranih materijala, linearno raste i debljina. Linearni koeficijent korelacije pokazuje da između površinske mase i debljine netkanog tekstila postoji jaka povezanost (r=0,98).
- Prekidna sila, čvrstoća i rad prekida netkanih tekstila iz regenerata površinske mase 220 g m^{-2} i 249 g m^{-2} veći su u smjeru proizvodnje (MD smjer), dok je prekidno istezanje veće je u suprotnom smjeru od smjera proizvodnje (CD smjer). Prekidna sila, prekidno istezanje, čvrstoća i rad prekida netkanog tekstila najveće površinske mase (270 g m^{-2}) veći su u suprotnom smjeru od smjera proizvodnje (CD smjer) s obzirom na smjer izlaska materijala iz stroja.
- Koeficijenti korelacije vlačnih svojstava i površinske mase netkanog tekstila iz regenerata u smjeru proizvodnje (MD smjer) pokazuju slabu povezanost varijabli, dok je u suprotnom smjeru od smjera proizvodnje povezanost jaka (CD smjer).
- Prekidna sila netkanog tekstila proizvedenog mehaničkim putem na grebenaljci uvijek je veća u CD smjeru radi smjera proizvodnje, odnosno usmjerenosti vlakana uglavnom u CD smjeru (izotropna usmjerenost vlakana u CD smjeru proizvodnje). Dobiveni rezultati vlačnih svojstava za netkane tekstile iz regeneriranih materijala površinske mase 220 g m^{-2} i 249 g m^{-2} pokazuju upravo suprotno. Razlog takvih rezultata je u samom regeneratu koji u gotovom proizvodu nije razvlaknjen do pojedinačnih vlakana, već se sastoji od dijelova plošnih proizvoda, konaca i pređa koji su djelovali na vlačna svojstva.
- Sila otpornosti na prskanje netkanog tekstila iz regeneriranih materijala kreće se u rasponu od 8,34 N do 15,32 N. Najmanju silu otpornosti na prskanje ima netkani tekstil najmanje površinske mase od 220 g m^{-2} (8,34 N). Najveću silu otpornosti na prskanje ima netkani tekstil površinske mase 249 g m^{-2} (15,32 N), dok je razlika sile otpornosti na prskanje netkanog tekstila površinske mase 249 g m^{-2} i netkanog tekstila najveće površinske mase 270 g m^{-2} (14, 12 N) nije značajan (7,8 %).

Općenito, porastom površinske mase netkanog tekstila sila otpora prema prskanju linearno raste, a linearni koeficijent korelacije varijabli površinske mase i sile otpora prema prskanju ukazuje na jaku korelaciju (r = 0,83).

- Prekidno istezanje pri sili otpora na prskanje netkanog tekstila iz regenerata površinskih masa u rasponu od 220 g m^{-2} do 270 g m^{-2} kreće se u rasponu od 28 mm do 30,2 mm. Porastom površinske mase uzoraka prekidno istezanje linearno raste. Linearni koeficijent korelacije površinske mase i prekidnog istezanja pri sili otpora na prskanje ukazuje na jaku povezanost (r = 0,97).

6. LITERATURA

[1]. https://www.regeneracija.hr/index.php/hr/eko-eko# od 27.08.2018

[2]. S.J. Russsell: Handbook of nonwovens, The Textile Institute, Woodhead Publishing in Textiles, CRC, Cambridge, England, 2007. (eBook)

[3]. Dipayan Das and Behnam Pourdeyhimi: Composite Nonwoven Materials Structure, Properties and Applications The Textile Institute, Woodhead Publishing in Textiles, Cambridge, England, 2014. (eBook)

[4]. http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjesca/OTP_Pregled%20podataka%20o%20gospodarenju_otpadom%20u%20RH_iz_PGO.pdf

[5]. https://hr.wikipedia.org/wiki/Recikliranje

[6]. www.icheme.org/journals Trans IChemE, Part B, July 2005 doi: 10.1205/psep.04392

[7]. Textile Science and Clothing Technology, ISBN 978-981-10-8514-7 ISBN 978-981-10-8515-4 (eBook)

[8]. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8515-4

[9]. https://glossary.periodni.com/preuzimanje_slike.php?name=calendering.png&source=kalandriranje

[10]. https://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=kalandriranje

[11]. EN ISO 9073-1:1989

[12]. EN ISO 9073-2:1995

[13]. www.ttf.unizg.hr/index.php?str=52&labos=4,, od 27.08.2018

[14]. ISO 186

[15]. www.ttf.unizg.hr/index.php?str=52&labos=4, od 27.08.2018

[16]. ISO 9073-3:1992

[17]. www.ttf.unizg.hr/index.php?str=52&labos=4, od 27.08.2018

[18]. HRN F.S2.022

[19]. DIN 51221,

[20]. DIN 53834

[21]. ISO 2062