Utjecaj strukture simetričnih vezova i cikličkog opterećenja na vlačne karakteristike tkanina

Držaić, Lovro

Master's thesis / Diplomski 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:201:011984

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

TEKSTILNA TEHNOLOGIJA I INŽENJERSTVO

DIPLOMSKI RAD

Utjecaj strukture simetričnih vezova i cikličkog opterećenja na vlačne karakteristike tkanina

Lovro Držaić

Zagreb, rujan 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

TEKSTILNA TEHNOLOGIJA I INŽENJERSTVO

Zavod za projektiranje i menadžment tekstila

DIPLOMSKI RAD

Utjecaj strukture simetričnih vezova i cikličkog opterećenja na vlačne karakteristike tkanina

Mentor:
prof. dr. sc. Stana Kovačević

Student:
Lovro Držaić,

Broj indeksa:

10743/TTI-PMT

Zagreb, rujan 2018.

Zavod za projektiranje i menadžment tekstila

Opći podaci o diplomskom radu:

Broj stranica	49
Broj tablica	6
Broj slika	42
Broj formula	8
Broj matematičkih izraza	-
Broj literaturnih izvora	15
Broj likovnih ostvarenja	-

Članovi povjerenstva:

Prof. dr. sc. Željko Šomođi, predsjednik

Prof. dr. sc. Stana Kovačević, član

Prof. dr. sc. Zenun Skenderi, član

Doc. dr. sc. Ivana Schwarz, zamjenik člana

Datum predaje rada:

Datum obrane rada:

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu istražena su vlačna svojstva uzoraka tkanina u različitim vezovima i gustoćama prije i nakon cikličkog opterećenja. Ispitana su strukturna i mehanička svojstva pređe iz koje su otkani uzorci, određen vez tkanine, gustoća osnove i potke, utkanje, debljina i površinska masa. Dio uzoraka bio je podvrgnut cikličkim opterećenjima na novorazvijenom uređaju te je istražen njihov utjecaj na promjenu vlačnih svojstava. Također su istražene vlačne karakteristike tkanine u različitim smjerovima.

Iz rezultata je ustanovljeno kako promjena geometrije uslijed cikličkih naprezanja može rezultirati povećanjem prekidne sile te kako ciklička naprezanja mogu dovesti do trajne linijske deformacije te posljedično manje istezljivosti tkanine. Također je utvrđeno kako na vlačna ponašanja tkanina utječe utkanje niti, specifičnost strukture te omjer gustoća osnove i potke.

Ključne riječi: cikličko naprezanje, tehničke tkanine, naprezanje, Poissonov omjer, deformacija.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. TEORIJSKI DIO 2
   2.1 Vezovi tkanina 2
      2.1.1 Platno vez 2
      2.1.2 Keper vez 3
      2.1.3 Atlas vez 4
      2.1.4 Izvedenice platno veza 4
      2.1.5 Faktor čvrstoće ili zbijenosti tkanine 6
   2.2 Tkanine za kompozite 6
   2.3 Mehaničko ponašanje tkanina 9
      2.3.1 Vlačno naprezanje i deformacija 10
      2.3.2 Elastične konstante 12
      2.3.3 Zamor tkanine uslijed cikličkog naprezanja 15
3. EKSPERIMENTALNI DIO 17
   3.1 Uzorci za ispitivanje 17
   3.2 Metodika rada 18
      3.2.1 Karakteristike pređe 18
      3.2.2 Konstrukcijske karakteristike tkanina 21
      3.2.3 Vlačne karakteristike uzoraka tkanina 24
4. REZULTATI RADA 28
   4.1 Rezultati ispitivanja pređe 28
      4.1.1 Finoća pređe 28
      4.1.2 Vlačna i prekidna svojstva pređe 29
   4.2 Rezultati ispitivanja uzoraka tkanina 29
      4.2.1 Vez 29
      4.2.2 Gustoća osnove i potke 30
      4.2.3 Utkanje osnove i potke 30
      4.2.4 Debljina uzoraka tkanina 30
      4.2.5 Površinska masa 31
      4.2.6 Vlačne karakteristike uzoraka tkanina u glavnim smjerovima 31
      4.2.7 Vlačne karakteristike uzoraka tkanina u različitim smjerovima 37
5. RASPRAVA REZULTATA 43
6. ZAKLJUČAK 48
7. LITERATURA 49

1. UVOD

Tehničke tkanine danas privlače sve veću pažnju akadamske zajednice i industrije, sukladno porastu njihove upotrebe koja se povećava iz godinu u godinu. Razvoj tehničkih tkanina bilježi rast u posljednjem desetljeću.

Premisa današnjeg gospodarstva je efikasnija, kvalitetnija i jeftinija proizvodnja. Prateći spomenuto, tehničke tkanine pružaju kvalitetna te jeftinija rješenja za izazove koje nudi svjetska industrija te predstavljaju odgovarajuću zamjenu skupljim konvencionalnim materijalima.

Tehničke tkanine podskupina su tehničkog tekstila. Pojmom tehnički tekstil definiraju se materijali i proizvodi izrađeni prvenstveno zbog svojih tehničkih svojstava, a ne zbog estetskih ili dekoracijskih karakteristika [1, 2]. Može se podijeliti u više kategorija, ovisno o njihovoj krajnjoj uporabi. Sustav klasifikacije koji je razvio Techtextil, Messe Frankfurt Exhibition GmbH, široko se koristi u Europi, Sjevernoj Americi i Aziji. Techtextil navodi 12 područja primjene: agrotekstil, građevinski tekstil, odjevni tekstil, geo tekstil, kućanski tekstil, industrijski tekstil, medicinski tekstil, mobilni tekstil, eko-tekstil, ambalažni tekstil, zaštitni tekstil i sportski tekstil. Iz navedenih područja primjene vidljivo je da se pružaju zanimljiva tehnička rješenja uporabe tkanina, na primjer kao ojačalo u betonu, podloga za izradu fasade, izolacijski materijal, u zaštitne svrhe i td [3]. Tkanine koje se upotrebljavaju u tehničke svrhe izložene su ekstremnim uvjetima, bilo vremenskim neprilikama ili mehaničkim utjecajima te nerijetko zamjenjuju komponente poput čelika, željeza te općenito komponente masivnih konstrukcija. Upravo iz tog razloga javlja se potreba za ispitivanjem njezinih svojstava.

Cilj ovoga diplomskog rada je ispitati učinak cikličkog opterećenja i strukture vezova koje utječu na vlačne karakteristike tkanine koje moraju sa svojim mehaničkim svojstvima održati ili osigurati određenu stabilnost u uvjetima visokog naprezanja. Kada je tkanina podvrgnuta vlačnom ili cikličkom opterećenju, njezina dimenzijska i mehanička svojstva pokazuju promjene te dolazi do zamora materijala. Materijali koji su podvrgnuti cikličkom opterećenju pokazuju progresivna oštećenja koja se manifestiraju propagiranjem pukotina. Nastala šteta naziva se umorom ili zamorom materijala i predstavlja gubitak otpora s vremenom [4]. U ovome radu istražiti će se tkanine otkane u platnenom vezu i njegovim izvedenicama, iz praktičnih razloga s obzirom da se one najčešće upotrebljavaju u izradi tehničkih tkanina, radi svojih strukturalnih prednosti u odnosu na tkanine otkane u drugim vezovima.

2. TEORIJSKI DIO

Tkanina je tekstilni plošni proizvod nastao iz minimalno dva sustava niti i to iz osnove koja čini dužinu i iz potke koja čini širinu tkanine [5]. Vezna točka je mjesto na kojem se jedna osnovina nit veže s jednom potkinom niti [6]. Skupina veznih točaka koja se u tkanini kao cjelina ponavlja nazivamo jedinicom veza.

U konstrukcijske elemente tkanine ubrajaju se pređa koju karakterizira finoća, sirovinski sastav, jednoličnost, broj uvoja, dlakavost i kvaliteta škrobljenja; širina tkanine; gustoća niti osnove i potke; utkanje niti osnove i potke te vez tkanine.

2.1 Vezovi tkanina

Postoje tri vrste veza koje predstavljaju temeljne vezove :

a) Platno vez
b) Keper vez
c) Atlas vez

Ovi vezovi nose naziv temeljni vezovi zbog toga što se ne mogu dobiti kombinacijama nijednog drugog veza, a svi ostali vezovi, koji ne pripadaju ovoj skupini, izvode se iz ovih temeljnih vezova ili njihovim kombinacijama. Kod temeljnih vezova jedinica veza ima uvijek isti broj osnovinih i potkinih niti.

Najmanji broj listova pomoću kojega se može tkati tkanina temeljnim vezom jednak je broju raznovezujućih osnovinih niti u jedinici veza.

Najzastupljenije su tkanine otkane u platnenom vezu. Svojstva koja pruža ovaj vez su razlog zašto je upravo platno vez toliko zastupljen u tekstilnoj indstriji. Tkanine otkane u tom vezu su pogodne za razne vrste dorade, kao što su: čupavljenje, tiskanje i sl. tkanine otkane tim vezom su veoma čvrste i kompaktne.

2.1.1 Platno vez

Tkanina u platno vezu ima visoku čvrstoću. Tkana je isprepletanjem pojedinačnih niti osnove i potke, tj. prolaskom potkine niti naizmjence iznad jedne, pa ispod druge niti osnove (platneni vez) [5]. Tkaninu u platno vezu proizvedenu od pamučnih i lanenih vlakana nazivamo - platno, od vunenih vlakana sukno, a od svilenih vlakana – taft tkanina. I danas se naziv „platno“ koristi za tkanine od pamučnih i ostalih prirodnih celuloznih vlakana, a koristi se za mnogobrojne namjene (odjeća, posteljno i stolno rublje, suncobrani, tende, kućanski tekstil, medicinski tekstil, u građevini i dr.). Platno vez je jedan od triju osnovnih vezova. On je ujedno sa svojom strukturom najjednostavniji vez za izradu te je upravo iz tog razloga u povijesti bio i najkorišteniji.

Tkanine otkane u platno vezu imaju izraženu simetričnost, te se odlikuju dobrom stabilnošću i poroznošću. Jedinica i oznaka platnenog veza P 1/1 (sl. 1). Nužni broj listova za izradu tkanine u platno vezu je 2 no radi velikih gustoća optimalni broj listova je uvijek 4, a koristi se preskočan ili ravan uvod.



Sl. 1. Platno vez - P 1/1

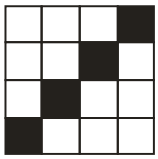
Karakteristike tkanina u platno vezu su sljedeće [7]:

- Kompaktna struktura
- Prikladna površina za tiskani i reljefni dizajn
- Provezivanje niti osnove i potke u platno vezu je maksimalno
- Sve vezne točke u jedinici veza oštro vežu
- Gustoća niti osnove i potke je vrlo ograničena
- Debljina i masa tkanine je vrlo ograničena
- Najkompaktniji i najotporniji na habanje u odnosu na ostale vezove
- Tkanine u platno vezu obično su čvršće u usporedbi s ostalim vezovima

2.1.2 Keper vez

Tkanine tkane u keper vezovima mogu biti serge (serž), dijagonal twil, riblja kost, pepita. Karakterizira ih dijagonalna struktura veza pod kutem od 45 stupnjeva pod uvjetom da su gustoća osnove i potke u tkanini jednake. Dijagonala kepera može biti desno usmjerena, kako bi ju označili pridružujemo joj slovo Z, i lijevo usmjerena s oznakom S. Keper i njegove izvedenice označujemo slovom K. Keper vezovi primjenjuju se u svim vrstama materijala, te za izradu laganih i srednje teških tkanina. Upotreba tkanina u keper vezu je široka te se koristi za radna odijela, podstave, madrace, dječja odijela , tkanine za rublje, sportske tkanine itd [8].

Prema broju osnovinih i potkinih veznih točaka na licu tkanine, keper vezove možemo podijeliti na osnovine, potkine te obostrane kepere, odnosno kepere s jednakim brojem osnovinih i potkinih veznih točaka.
Prema strukturi keperi mogu biti višeredni, pojačani, povratni, stepenasti, lomljeni u jedinici veza, prepleteni, pomaknuti, višestruki, razmješteni i td. Jedinica veza kepera prikazana je na sl. 2.



Sl. 2. Keper vez, K1/3 Z

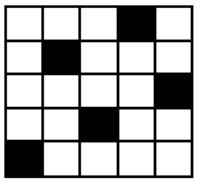
2.1.3 Atlas vez

Atlas vez je najlaganije provezani vez. Tkanine otkane u atlas vezu nazivamo saten, lasting, zanella, satinet, doeskin. Imaju vrlo sjajnu i glatku površinu. Stupanj sjaja može se smanjiti ili povećati doradom. Jedinica veza peteroveznog atlasa prikazana je na sl. 3

Osnovne karakteristike tkanina u atlas vezu su:

- Nemaju reljefnu strukturu (glatka površina)
- Samo jedno provezivanje u jedinici veza po jednoj osnovi i potci
- Neizražajne dijagonale
- Imaju malu čvrstoću u šavu radi povećane mobilnosti pređe u tkanini
- Mogućnost većih gustoća osnove i potke
- Veća površinska masa (damastne tkanine, saten tkanine za haljine, kravate i sl.)

Tkanine otkane u atlas vezu koriste se za razne svilene i pamučne podstave, tkanine za madrace i haljine.



Sl. 3. Atlas vez, A1/4(2)

2.1.4 Izvedenice platno veza

Iz temeljong platno veza proizašla su dva podveza, odnosno vezovi čija su strukture nastale varijacijom na platno vez.

Platno vez može biti modeliran na način da se jedinica veza poveća u smjeru osnove, potke ili u oba smjera. Pri tome nastaju varijacije platna: osnovin rips , potkin rips ili panama.

2.1.4.1 Panama

Panama je nastala na varijaciju temeljnog platno veza, povećanjem jedinice veza u smjeru osnove i potke nastaje panama vez. Izrađuje se na temelju običnog tkanja u kojem se dvije ili više potki križaju naizmjenično s dvije ili više osnova, nalik pletenoj košarici [6]. Oznaka tkanine otkane u pravilnom panama vezu je Pa 2/2 (2+2) gdje brojevi u zagradi označavaju koliko niti sudjeluje u dvije odjeljene skupine niti. Pravilni vezovi flotiraju jednako u svim dijelovima jedinice veza (posebno za osnovu, posebno za potku) dok je kod nepravilnih vezova flotiranje različito. Tako otkan vez je savitljiviji od platnenog veza, ali je također labaviji te ujedno i nestabilniji po strukturi. Jedinica panama veza nalazi se na sl. 4.



Sl. 4. Panama, Pa 2/2 (2+2)

Karakteristike tkanina otkanih u panama vezu:

- Savitljivija tkanina u odnosu na tkaninu u platno vezu
- Labavija te ujedno nestabilnije strukture
- Podložna habanju
- Ugodna za nošenje

Tkanine otkane u panama vezu imaju raznoliku primjenu, primjerice koriste se za izradu odjeće za plovidbu, haljina, košulja [8].

2.1.4.2 Rips

Rips možemo podijeliti na osnovin i potkin [6]. Osnovin rips je rezultat produljenja jedinice veza platna u smjeru osnove. Na površini takve tkanine izražene su horizontalne (poprečne) pruge te se osnovin rips također naziva i poprečni rips [9]. Produljenjem jedinice veza platna u smjeru potke nastaje potkin rips koji se također naziva i uzdužni rips, jer su na površini tkanine izražajne uzdužne pruge. Jedinica veza osnovinog ripsa je R 1/1 (2+2) dok je potkinog R 2/2(1+1). Rips je karakteriziran uzdužnim ili poprečnim prugama, odnosno rebrima.



Sl. 5. Uzdužni (osnovin) rips - R 1/1 (2+2)

Karakteristike tkanina otkane u rips vezu:

- Otporna i vrlo izdržljiva
- Tanka
- Glatka
- Ugodna za nošenje
- Varijacija izgleda tkanine, rebra mogu biti uzdužna ili poprečna
- Sjajne
- Svestrane imaju široku mogućnost primjene

Rips vez najčešće se upotrebljava za tkanine koje se koriste za izradu zimske odjeće, vrpce, košulje, sportske odjeće, odijela za dječake, uniforme, haljine, tkanina za tapeciranje namještaja, prozorske zavjese u vlakovima.

2.1.5 Faktor čvrstoće ili zbijenosti tkanine

Faktor zbijenosti tkanine (Fabric firmness factor (FFF)) mjera je kompaktnosti tkanine uvjetovane njenim konstrukcijskim karakteristikama. Bilo koji strukturni faktor tkanina uvijek je računat kao omjer određenog parametra promatrane tkanine i istog parametra standardne tkanine (tkanine u platno vezu). Iz literature [12] preuzeti su faktori zbijenosti za tkanine ispitivane u ovom radu (tab. 1).

Tab. 1 Faktori zbijenosti strukture uzoraka tkanina

φ, %	P 1/1	Pa2/2	R 1/1 (2+2)		R 2/2 (1+1)	
g_o/g_p			osnova	potka	osnova	potka
24/20	64,5	47,5	49,2	64,5	64,5	49,2
24/24	71,9	52,9	54,9	71,9	71,9	54,9

gdje je: φ - Milašiusov faktor zbijenosti tkanine, g_o - gustoća osnove u tkanini (niti/cm), g_p - gustoća potke u tkanini (niti/cm)

2.2 Tkanine za kompozite

Kompozitni materijali dobiveni su umjetnim spajanjem dvaju ili više materijala različitih svojstava s ciljem dobivanja materijala takvih svojstava kakva ne posjeduje niti jedna komponenta sama za sebe [10]. Tekstilni kompoziti sastoje se od tekstilnih pojačanja u kombinaciji s vezujućom matricom (obično polimeri) [11]. Oni opisuju

veliku obitelj materijala koji pronalaze svoju primjenu u brojnim industrijskim sektorima. Iako razlozi za implementaciju navedenih materijala mogu biti raznoliki, ipak se kao glavni faktor ističe njihova cijena. Tekstilni kompoziti mogu biti proizvedeni u velikim količinama po prihvatljivoj cijeni koristeći suvremenu automatiziranu proizvodnju. Tekstilni materijali nude dobru ravnotežu u pogledu troškova sirovina i jednostavnosti njihove proizvodnje u odnosu na kovencionalne materijale. Tekstilni kompoziti primarno područje svoje primjene prvenstveno pronalaze u zrakoplovnoj, pomorskoj, obrambenoj i građevinskoj industriji.

U usporedbi s konvencionalnim materijalima, upotreba tekstilnih kompozita rezultira smanjenom težinom, uštedom troškova, većom tolerancijom na oštećenja, te nudi poboljšanja u pogledu optimizacije oblika komponente što je od iznimne važnosti. Razvojem kompozita dolazi do poboljšanja krutosti, čvrstoće, mase, tvrdoće [12]. Kompozitni materijali imaju svojstva koja su superiornija od svojstava bilo koje zasebne komponente.

Prednost upotrebe tekstilnih kompozita je lakše rukovanje, a mehanička svojstva ugljičnih i aramidnih tkanina nadmašuju vrijednosti svojstava koja odgovaraju aluminiju i čeliku u smislu omjera čvrstoće i mase. Poznata upotreba tekstilnih kompozita je u avionima Airbus A380 gdje se mnogobrojne konstrukcije oslanjaju na tekstilne kompozite uključujući pregrade i krila na avionu gdje zbog svoje male težine imaju važnu ulogu [11, 13].



Sl. 6. Prikaz područja upotrebe tekstilnih kompozita

Za izradu tkanina za kompozite najčešće se koriste platno, atlas i rips vez. Uspoređujući njihova svojstva mogu se postaviti određene zakonitosti te njihova uloga u kompozitima. Budući da ima najvišu razinu međusobnog povezivanja, platno vez je najstabilniji izbor, što znači da je manje pogodan za oblikovanje te ima nisku razinu savitljivosti. Dok je atlas vez, njegova suprotnost i pripada vezovima s najvećom mogućnošću oblikovanja. Rips vez nalazi se između platno i atlas veza prema mogućnosti oblikovanja.

Tkanine u atlas vezu najprikladnije su za izradu težih i debljih materijala. Veća debljina je omogućena pomoću niske razine međusobnog povezivanja te mogućnošću postizanja velikih gustoća. Za razliku od platno veza, koji je prikladniji za lagane tkanine. Najveće utkanje ima platno vez zbog svoje guste povezanosti. Za kompozitne primjena količina utkanja može značajno utjecati na mehanička svojstva.

Upotreba tkanina u kompozitima pronalazi primjenu u [13]:

- Civilnim i vojnim zrakoplovima: nova generacija civilnih zrakoplova, kompozitni dijelovi predstavljaju oko 50% ukupne težine.
- Tkanine imaju veliki udio u kompozitnim armaturama koje se koriste za izradu trupa aviona ,krila, kormila motora, kočnica i dr. Helikopteri imaju potrebu za istim dijelovima s većim udjelnim postocima tkanina radi manje mase
- Vojska: za rakete i lansirna vozila.
- Vjetroelektrane: za oštrice izrađene od ugljika i staklenih vlakana.
- Sport: kanu, jet skije, pribor za motocikle, spremnici za gorivo, kotači i kacige, teniski reketi i golf palice.
- Brodovi: za trupove, podove, jarbole. Najčešće se koriste staklena vlakna, a ugljična vlakna koriste se u izradi glisera.
- Industrija: za robotiku i automatizaciju
- Automobilska industrija: posebice upotreba u izradi sportskih automobila, podvozje te prednji i stražnji branici.
- Zaštita: staklene i aramidne tkanine koriste se za izradu kaciga, oklopa vozila, zaštitnih prsluka.

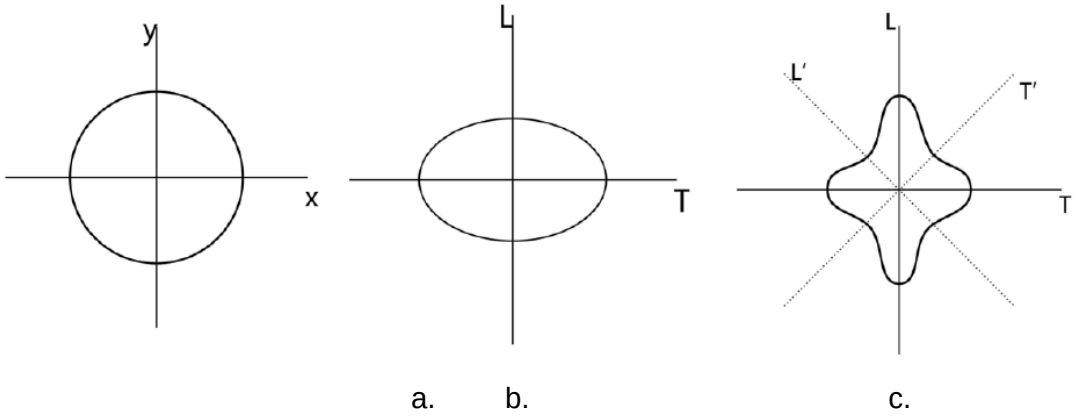
Prilikom izrade tkanina koje se upotrebljavaju u kompozitnim strukturama mora se obratiti pozornost na tehnologiju s kojom se izrađuju. Za umetanje potke koristi se uvođenje potke uz pomoć utkivnih šipki te rijetko vodeni mlaz. Ostali načini utkivanja potke rjeđe se koriste pri izradi tkanina za kompozite. Glavni razloga upotrebe spomenutih tehnologija je taj što su pređe u kompozitnim materijalima teže nego u konvencionalnoj izradi.

Dobivanje različitih svojstava moguće je pomoću kombiniranja različitih tkanja.

2.3 Mehaničko ponašanje tkanina

Određivanje mehaničkog ponašanja tkanina tijekom proizvodnih procesa, i predviđanja ponašanja u samoj upotrebi, od izuzetne je važnosti za klasificiranje upotrebe tih tkanina [14]. Ovisno o smjeru djelovanja vlačne sile, mijenja se i vlačna čvrstoća tkanine zbog njenih anizotropnih svojstava. Tkanina je ortotropni materijal, što znači da ima različite karakteristike u tri međusobno okomita smjera, njena vlačna svojstva teško se mogu kategorizirati. Ortotropni materijali pripadaju skupini anizotropnih materijala koji imaju različita svojstva u različitim smjerovima za razliku od izotropnih materijala kod kojih su svojstva u različitim smjerovima jednaka. Primjeri ortotropnih materijala su drvo, mnogi kristali i dr. tkanine također pripadaju skupini ortotropnih materijala s dva glavna pravca simetrije, smjer osnove i smjer potke.

Tvari koje su sukladno svojim karakteristikama izotropne, obično su plinovi i tekućine te materijali nekristalne građe važni u tehnologiji: amorfni poluvodiči, polimerni materijali i staklo. Izotropni materijali mogu imati homogenu i heterogenu mikroskopsku strukturu. Čelik je primjer izotropnog, heterogenog materijala. Anizatropnost materijala može se predočiti pomoću polarnih dijagrama (sl. 7).



a. b. c.

Sl. 7. Prikaz polarnih dijagrama: a. za izotropni materijal, b. i c. za anizotropni materijal [12]

Na slici 7a. prikazan je polarni dijagram nekog izotropnog materijala npr. guma, koji čini kružnicu, materijal ima jednaka svojstva u svim smjerovima. Na slici 7b. prikazan je polarni dijagram ortotropnog materijala kojem je vrijednost svojstva na horizontalnoj i vertikalnoj osi ortotropije različita te nema izraženog efekta u pravcu pod kutom od 45° u odnosu na glavne osi simetrije, npr. drvena ploča. Na slici 7c. nalazi se prikaz primjera polarnog dijagrama ortotropnog materijala kod kojeg je vrijednost svojstva pod kutom od 45° niža nego vrijednost istog svojstva u glavnim osima ortotropije (tipično za dijagram raspodjele vlačnih modula kod tkanina i pletiva) [12].

Tekstilni materijali pripadaju grupi fleksibilnih materijala što ih čini izuzetno podatnim za upotrebu kao kompozit, radi svoji savitljivih svojstava. Tkanine su jako deformabilne te se već pri manjim opterećenjima znatno deformiraju.

Predviđanje vlačne čvrstoće tkanina u određenim smjerovima djelovanja sile postaje vrlo važan čimbenik u njihovom razvoju posebno u izradi kompozitnih materijala, tkanine se koriste kao pojačanje za kompozite i za izradu padobrana, a razumijevanje ponašanja tkanine je izuzetno važno za njihovu upotrebu. Kod tkanina, vlačni moduli u različitim smjerovima nisu jednaki. Također, tkanine su u najvećem broju slučajeva asimetrične, te su vlačni moduli u smjeru osnove i potke također različiti. Iz tih razloga ponašanja tkanina u uvjetima različitih naprezanja opisuju se teorijskim, matematičkim modelima pri čemu je bitno razjasniti utjecaj različitih strukturnih parametara tkanina i karakteristika samog materijala na mehaničko ponašanje tkanina. Ponašanje tkanine i deformacije su izuzetno važni pri promjeni kuta nagiba djelovanja vlačne sile (opterećenja), posebno u tehničkom tekstilu. Kada se kut djelovanja vanjskog opterećenja mijenja, mijenjaju se i karakteristike tkanina odnosno elastična svojstva i vlačna čvrstoća tkanine. Dosadašnja istraživanja pokazala su da najveći utjecaj na deformaciju tkanine kao posljedice naprezanja, imaju elastična svojstva: smični modul, Poissonov omjer i Youngov modul elastičnosti.

Pri proučavanju ponašanja tijela uslijed opterećenja, moramo definirati dvije vrste sila koje se javljaju unutar i na tijelo, unutarnje i vanjske sile. Vanjske sile su sile koje djeluju na tijelo, a uzrokovane su djelovanjem drugih tijela. Mogu biti koncentrirane ili kontinuirano raspodjeljene na određenoj površini tijela. Unutarnje su sile intermolekularne sile unutar tijela. One postoje uvijek (i kad nema vanjskih sila) i zahvaljujući njima tijelo ima određen oblik.

2.3.1 Vlačno naprezanje i deformacija

Vlačno naprezanje odnosno napetost pojavljuje se uslijed djelovanja sile kada je tkanina podvrgnuta vanjskim vlačnim opterećenjima. U laboratorijskim uvjetima, testiranje vlačnih svojstava materijala provodi se na dinamometru.

Uslijed djelovanja vanjskih sila na tkaninu, javljaju se i unutarnje sile odnosno naprezanja, koja djeluju u suprotnome pravcu, odnosno djeluju kao otpor vanjskim silama. Iz perspektive ponašanja materijala, naprezanje je unutarnja raspodjela sila koje uspostavljaju ravnotežu kao reakcija na opterećenja koja djeluju na tijelo. Otpor koji pruža tkanina na djelovanje vanjske sile naziva se vlačna krutost, a predstavlja otpornost tkanine na deformaciju. Naprezanje je posljedica opterećenja i geometrije, a deformacija koja je pri tom nastala je vlačna deformacija, istezanje ili izduženje. Deformacija je promjena oblika i dimenzija te nastaje kao posljedica opterećenja.

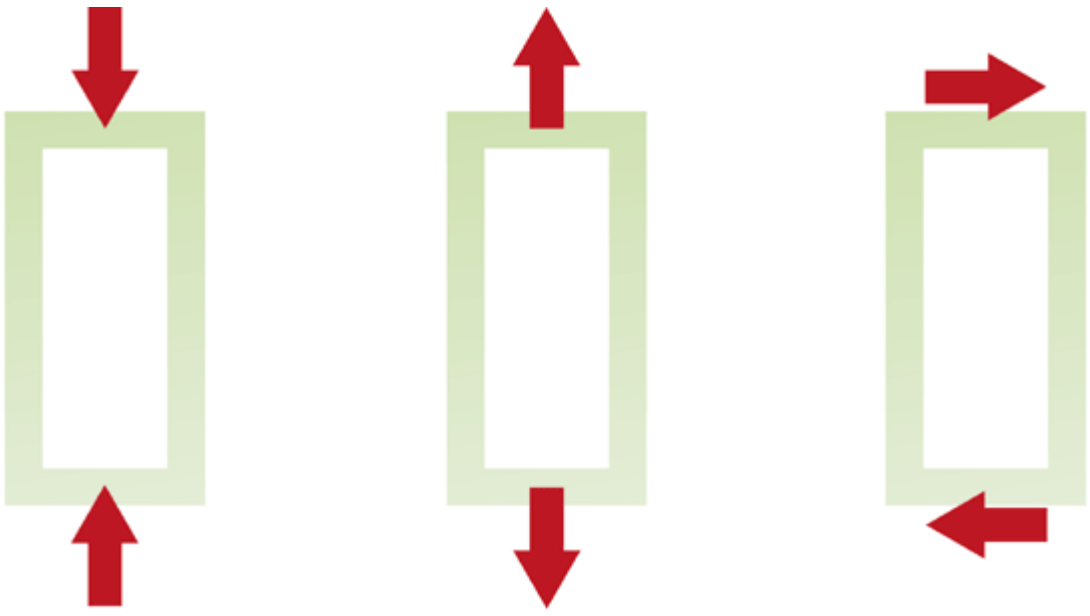
Najjednostavnija deformacija je linearna i definira se kao odnos izmjerene promjene na nekom pravcu i početne dužine. Deformacije mogu biti elastične i plastične. Elastične deformacije nakon rasterećenja u potpunosti nestaju. Kod plastičnih deformacija nakon rasterećenja ostaje trajna deformacija. Vlačna ili linijska deformacija opisana je jednadžbom (1)

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \tag{1}$$

l= početna dužina(mm), Δl=Produljenje materijala(mm)

Aksijalno opterećenje je prisutno ako sile djeluju u pravcu uzdužne osi. Aksijalno naprezanje može biti vlačno i tlačno, tlačno naprezanje djeluje na smanjenje volumena (8.a)dok vlačno naprezanje djeluje na povećanje volumena materijala(8.b).

Uz vlačno i tlačno naprezanje, može biti prisutno i smično naprezanje koje je rezultat djelovanja dviju jednakih, suprotno usmjerenih sila koje djeluju tangencijalno na presjek materijala. Rezultat djelovanja tih sila je tangencijalno ili smično naprezanje(8.c). Deformacije tkanine pri smičnom opterećenju manifestiraju se kao vlačna (ε) i kutna deformacija (γ) te promjena putanje niti osnove i potke. Deformacijske karakteristike vezne točke podvrgnute tangencijalnom opterećenju prenose se na tkaninu.



a. b. c.

Sl. 8. Prikaz različitih vrsta opterećenja: a. tlačnog, b. vlačnog i c. smičnog

Naprezanje, σ , definira se kao omjer unutarnje sile i površine na koju ta sile djeluje (jednadžba (2)).

$$\sigma = \frac{F}{A}\ (Pa) \tag{2}$$

Gdje je: σ – ukupno naprezanje (Pa), F – unutarnja sila(N), A – površina presjeka na kojoj djeluje unutarnja sila(m^2)

2.3.2 Elastične konstante

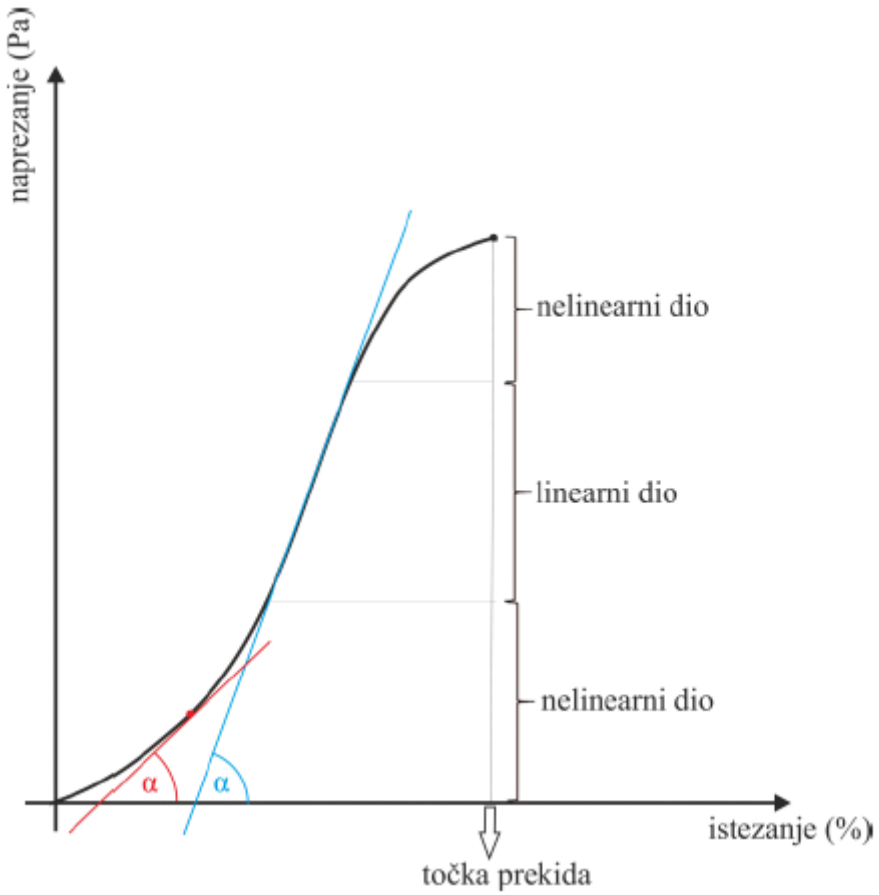
U elastične konstante materijala ubrajaju se Youngov modul ili modul elastičnosti, Poissonov omjer te smični modul.

Youngov modul elastičnosti ili samo modul elastičnosti predstavlja mjeru krutosti materijala te se prikazuje kao omjer vlačnog naprezanja i linijske vlačne deformacije. Krutost materijala je važna veličina pri određivanju stabilnosti i sigurnosti nekog materijala. Youngov modul elastičnosti vrijedi i za tlačna naprezanja kod većine materijala. Što je vrijednost modula elastičnosti niža, to će materijal biti deformabilniji (manje krut).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = tg\alpha \tag{3}$$

gdje je:

σ - vlačno naprezanje materijala (N/m^2=Pa), ε - vlačna deformacija materijala, α - kut nagiba tangente na krivulju (°)



Sl. 9. Tipična krivulja naprezanje/istezanje za tkanine [4].

Na grafu prikazanome na sl. 9 vidljivo je da ponašanje tkanine pod utjecajem mehaničkog istezanja nije jednako u svakome djelu. Krivulja se sastoji se od linearnih i nelinearnih dijelova. Početno istezanje tkanine uzrokuje izravnanje pređa u tkanini u smjeru isteznog sustava, izravnanje pređa posljedica je utkanja, čime se tkanina nelinearno napreže s nižim prirastom naprezanja u odnosu na istezanje. Nakon što su se niti i pređa izravnale, u nastavku istezanja, naprezanje se povećava te postaje proporcionalan istezanju, odnosno, vlačnoj deformaciji. U zadnjem djelu grafa, pojavljuje se nelinearni dio krivulje, u kojem dolazi do popuštanja veza između vlakana u pređi, jer su opterećujuće sile prerasle sile trenja. Interpretirajući predočeni graf vidimo kako je modul elastičnosti varijabilan u odnosu na linearno elastična tijela, on se mijenja u svakoj točki u kojoj krivulja ima različiti nagib u odnosu na susjedne točke. Nagib tangente na krivulju u promatranoj točki u odnosu na apscisu je tgα te predstavlja tangentni ili trenutni Youngov modul elastičnosti.

Poissonov omjer ili Poissonov koeficijent se određuje kao omjer poprečne (horizontalne) i uzdužne (vertikalne) deformacije nekog materijala prilikom vlačnog istezanja. Ako se materijal isteže u smjeru jedne osi, dolazi do deformacije ne samo u

smjeru istezanja, nego i u poprečnom smjeru. Poissonov omjer prikazan je jednadžbom (4).

$$\upsilon = -\frac{d\varepsilon_y}{d\varepsilon_x} \tag{4}$$

gdje je: dεx - relativno vlačno produljenje i dεy - relativno poprečno skupljanje

Većina materijala ima Poissonov omjer u području od 0 do 0,5. Čelik i tvrdi polimeri imaju Poissonov omjer oko 0,3. Guma ima gotovo vrijednost 0,5, dok za pluto iznosi 0. Poissonov omjer za tekstilne materijale varira oko 0,5 te često zna prelaziti njegove vrijednosti. Prelaskom koeficijenta od 0,5 smatra se neprirodnim za homogene materijale te njegovim tumačenjem se materijal prilikom istezanja toliko bočno skuplja da mu se volumen smanjuje što je neprirodno, jer rastezanje radi za dobivanje odnosno povećanje volumena. Poissonovog omjera je jednaka nuli kad pri vlačnom istezanju nema nikakve bočne deformacije. Kad bi vrijednost Poissonovog omjera iznosila 0,5, to bi značilo da se obujam tijela prilikom rastezanja nije promijenio.

Tab. 2. Poisssonov omjer za različite materijale

Materijal	Poissonov omjer
čelik	0,27 – 0,30
bakar	0,33
Tekstil iz vlasastih pređa	~ 0,5 i više
zlato	0,42
staklo	0,18-0,3
pluto	0
Nehrđajući čelik	0,30- 0,31
pijesak	0,20 – 0,45
beton	0,20
guma	~0,50

Smični modul G (Pa) je elastična konstanta definirana omjerom tangencijalnog naprezanja u materijalu ($\tau - N/mm2$) i kutne deformacije (γ-°) koja je pri tom naprezanju nastala, jednadžba (5)

$$G = \frac{\tau}{\gamma} \text{ (Pa)} \tag{5}$$

Smični modul je mjera tangencijalne krutosti materijala. Deformacije nastale pri smičnom naprezanju osobito su česte kod tehničkih tkanina pa ih je stoga važno analizirati.

2.3.3 Zamor tkanine uslijed cikličkog naprezanja

Zamor (umor) materijala uslijed cikličkog naprezanja jedan je od najvažnijih čimbenika u upotrebi tekstila u tehničke svrhe [4]. Izraz zamor materijala prvi puta je upotrjebljen 1839. g. te u stručnim terminima tekstilne industrije označava promjenu svojstva materijala pri cikličkom naprezanju. Ispitivanje zamora materijala daje podatke o sposobnosti materijala da izdrži naprezanje, te informaciju o tome koliko ciklusa naprezanja može podnijeti. Kada god je materijal podvrgnut opterećenjima u vremenski različitim ciklusima, treba se uzeti u obzir njegov zamor. Na primjer, tipične konstrukcije podvrgnute vremenskim promjenjivim opterećenjima su:

- strojevi za rotaciju (crpke, turbine, ventilatori, osovine)
- oprema za plovila (cijevi, ventili)
- cestovna vozila, brodovi, zrakoplovne i svemirske letjelice
- mostovi, oprema za dizanje, konstrukcije koje se nalaze na otvorenom moru

Iz navedenih primjera vidljivo je da se za izgradnju spomenutih objekata, najvećim djelom koriste kompozitni materijali u kojima se tekstil nalazi kao jedna od komponenata. Suština ovoga diplomskog rada je ispitati učinak cikličkog opterećenja na svojstva tkanina u odnosu na tkanine koje nisu podvrgnute naprezanjima. Ponašanje materijala koji je bio izložen cikličkim opterećenjima od iznimne je važnosti za njegova tehnička i uporabna svojstva. Zamor materijala trebao bi dati odgovore na vrlo važna pitanja poput očekivanog broja ciklusa tijekom očekivanog životnog vijeka, da li su pojedine komponente dizajnirane za kratkoročni ili dugoročni period trajanja, te koji su servisni i inspekcijski intervali potrebni.

Opterećenje materijala kao jednokratna pojava, samo po sebi nije opasno. Međutim kontinuirano ponavljane opterećenja uzrokuje stvaranje malenih pukotina u materijalu koje kasnije mogu razoriti cijeli materijal. Procjenjuje se da je između 50 i 90% oštećenja proizvoda uzrokovano zamorom materijala, a na temelju te činjenice procjena zamora trebala bi biti dio sveukupnog razvoja proizvoda. Tkanina koja je izložena tim opterećenjima doživljava promjene svojih svojstava, posebice dimenzijskih i mehaničkih koja ovise o dva čimbenika:

a) Interni čimbenik koji se odnosi na strukturu i materijal koji obuhvaća pređe, gustoću tkanja, uzorak tkanja
b) Vanjski čimbenik koji ovisi o uvjetima ispitivanja, vremenu, broju ciklusa.

Dimenzijske promjene rezultat su smicanja pređe u tkanini te njezinog produljenja.

Iz dosadašnjih istraživanja o utjecaju cikličkog opterećenja na tkaninu proizlaze sljedeće činjenice: povećanje broja ciklusa ne utječe na maksimalno opterećenje tkanine u smjeru osnove i potke. Kao posljedica cikličnog opterećenja pokazalo se povećanje orijentacije pređe u strukturi tkanine, s povećanjem broja ciklusa vlačna čvrstoća tkanina opada. Statistička analiza pokazuje da se pri opetovanom cikličkom opterećenju povećava zamor materijala iz čega proizlazi da se povećanjem ciklusa smanjuje vlačna čvrstoća. Utvrđeno je da tkanine s gušćom potkom imaju bolja mehanička svojstva.

Povećanjem snage udara događaju se dva fenomena, tj. orijentacija pređe u strukturi tkanina povećava se u prvom koraku, a zatim dolazi do trganja filamentnih pređa u drugom koraku.

Prvi fenomen uzrokuje povećanje vrijednosti maksimalnog opterećenja dok drugi fenomen dovodi do smanjenja maksimalnog opterećenja tkanina. Veliku ulogu u karakteristikama tkanina koje su podvrgnute cikličkom opterećenju ima gustoća potke i to na maksimalno opterećenje, vlačnu silu. Vrijednost maksimalnog opterećenja, i zatezanje i povećava se s povećanje gustoće potke.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

U eksperimentalnom dijelu diplomskog rada provedeno je istraživanje ponašanja tkanina u uvjetima vlačnog istezanja te je ispitana razlika u mehaničkom ponašanju tkanina nakon zamora u odnosu na inicijalno ponašanje tkanina

Istraživanje je provedeno na tkaninama u platno vezu te izvedenicama platno veza čime je omogućeno utvrđivanje utjecaja načina provezivanja na mehaničke karakteristike tkanina.

3.1 Uzorci za ispitivanje

U eksperimentalnom dijelu ispitano je 8 uzoraka različitih vezova i gustoća. Gustoća uzoraka po osnovi je jednaka, dok je po potci varijabilna. Uzorci su otkani u platno vezu i njegovim izvedenicama. Svi uzorci otkani su iz iste jednostruke grebenane pamučne pređe finoće Nm28/1, što odgovara 36 tex. Uzorci su navedeni u tablici .2.

Tab. 3. Uzorci tkanina za ispitivanje

Vez	Gustoća	Oznaka
Platno	24/24	P44
Panama 2/2	24/24	Pa44
Uzdužni rips	24/24	Ru44
Poprečni rips	24/24	Rp44
Platno	24/20	P40
Panama 2/2	24/20	Pa40
Uzdužni rips	24/20	Ru40
Poprečni rips	24/20	Rp40

3.2 Metodika rada

3.2.1 Karakteristike pređe

Svi uzorci tkanine izrađeni su iz pređe iste proizvodne serije proizvedene u tvornici Schoeler. Pređa je 100% pamučna, jednostruka, ispredena grebenanim postupkom, deklarirane finoće Nm 28/1, odnosno 35,7 tex.

3.2.1.1 Finoća pređe

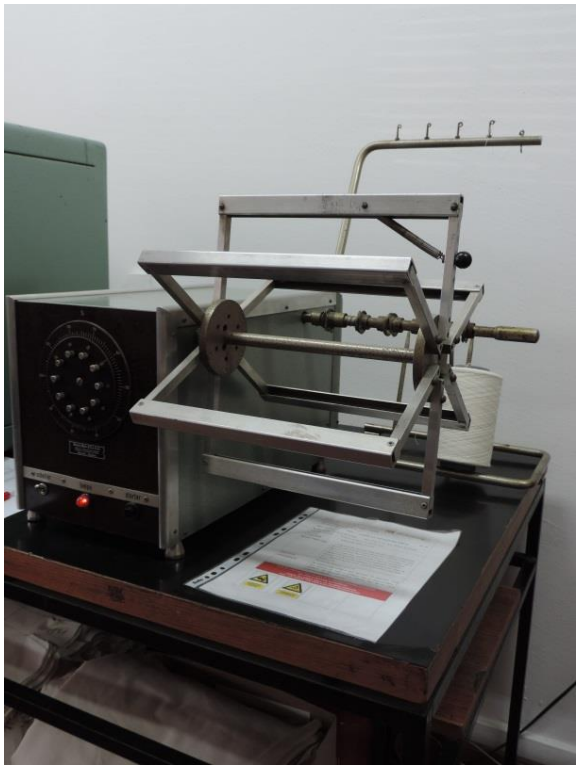
Finoća pređe određivala se metodom vitice koja se priređuje pomoću vitla opsega 1000 ± 2,5 mm (sl. 10) [15]. Namatanjem uz pomoć vitla priređuju se vitice određene duljine. Budući da je pređa nejednolična po masi za ispitivanje je potrebno uzimati veće duljine. Pripremljeno je 5 vitica duljine 100 m. Na analitičkoj vagi određena je masa za svaku viticu u gramima te izračunata srednja vrijednost. Iz dobivene mase i duljine pređe izračunata je finoća pređe prema jednadžbi (6) :

$$T_t = \frac{m_k \quad (g)}{l \quad (m)} \cdot 1000 \tag{6}$$

gdje je:

m_k - kondicionirana masa pređe

l - duljina pređe



Sl. 10. Vitlo za određivanje finoće pređe

3.2.1.2 Broj i smjer uvoja pređe

Određivanje uvojitosti pređe izvodilo se na torziometru „Twist tester“ (sl. 11) [15]. Ispitivana pređa stavlja se u dvije stezaljke koje se nalaze u istoj horizontalnoj ravnini određene udaljenosti. Lijeva stezaljka pokreće se lijevo – desno te se preko nje podešava potrebna duljina pređe i predopterećenje koje se postiže stavljanjem utega. Desna stezaljka je rotirajuća i povezana je s elektronskim brojačem. Brojač uvoja postavlja se na nulu, a pređa stavlja u lijevu stezaljku i povlači kroz desnu dok ne zasvijetli lampica što označava propisanu napetost te se desna stezaljka zategne. Zatim se započne sa odvijanjem pređe do paraleliziranja niti. Kada lampica ponovno zasvijetli na zaslonu se očita broj uvoja. Broj uvoja na duljinu od 1 m izračunava se iz jednadžbe (1)

$$\mathrm{T} = \frac{n_{uvoja} \cdot 1000}{l_o} \ (m^{-1}) \tag{7}$$

gdje je:

T – uvojitost (m^{-1})

n_{uvoja} – izmjereni broj uvoja na epruveti duljine l_o

l_o – početna duljina epruvete u (mm)



Sl. 11. Torziometar Twist Tester za određivanje uvojitosti pređe

3.2.1.3 Vlačne karakteristike pređe

Ispitivanje otpornosti pređe na djelovanje vlačne sile provodi se na dinamometru gdje se epruveta podvrgava djelovanju sile do prekida. Dinamometar „Statimat M“, prikazan na sl. 12 povezan je računalnim sistemom u koji se mogu unijeti određeni parametri te izračunavati zadane vrijednosti i grafički prikaz u dijagramima sila/produljenje za pojedinačne rezultate i njihove srednje vrijednosti [15].



Sl. 12. Dinamometar Statimat M za mjerenje vlačnih svojstava pređe

3.2.2 Konstrukcijske karakteristike tkanina

Pri određivanju konstrukcijskih karakteristika tkanina odredili su se sljedeći parametri:

način provezivanja niti pređe u tkanini, to jest vez tkanine

broj niti osnove i potke na jediničnoj duljini tkanine, to jest gustoću tkanine

postotak skraćenja osnovinih i potkinih niti uslijed tkanja, to jest utkanje

površinske mase tkanina

3.2.2.1 Vez

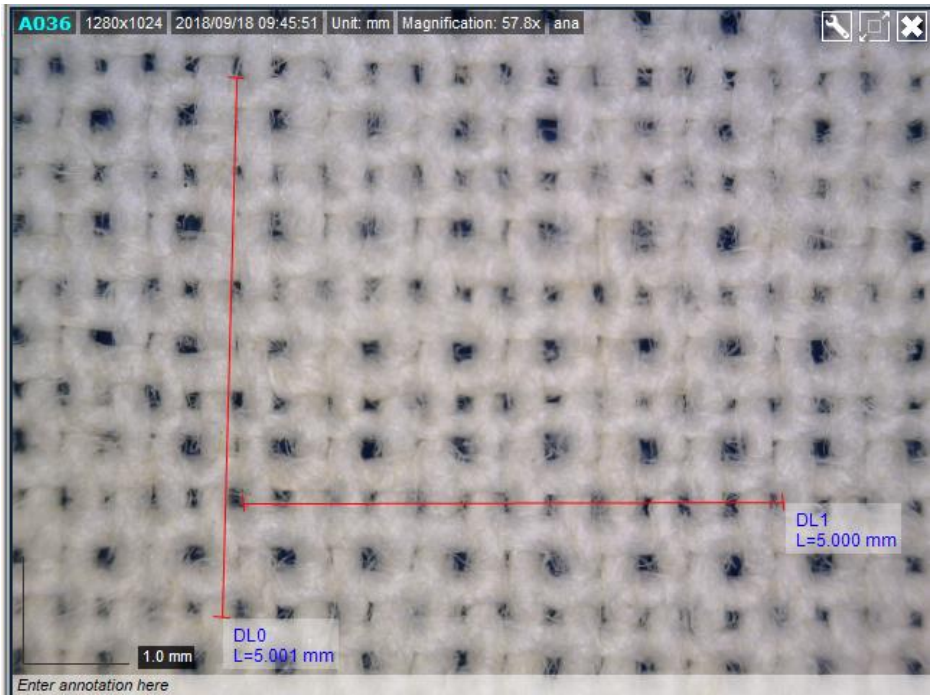


Sl. 13. Projekcija uvećanog veza tkanine uz pomoć Dino lite mikroskopa

Određivanje veza vrši se analizom projicirane, uvećane slike uz pomoć Dino lite mikroskopa (**Sl. 13**). Kod jednostavnijih tkanina određivanje lica tkanine i veza, moguće je vidjeti na prvi pogled ili pomoću lupe.

3.2.2.2 Gustoća osnove i potke

Gustoća niti u tkanini izražava se brojem osnovinih i potkinih niti na duljini od 10 cm [15].



Sl. 14. Određivanje gustoće osnove i potke u tkanini uz pomoć Dino lite mikroskopa

Gustoća osnove i potke određuje se brojanjem niti po osnovi i po potci na duljini od 5 cm ili 10 cm. Pritom se, za lakše uočavanje pojedinačnih niti koristi tekstilna lupa veličine 1 x 1 cm, ili se koristi modernija metoda pomoću Dino lite uređaja koji se koristi kao zamjena za tekstilnu lupu iz razloga jer nudi veća uvećanja te bolju preglednost slike. Prije određivanja broja niti osnove i potke na projiciranoj slici, potrebno je izvršiti kalibraciju uz pomoć kalibracijske skale.

3.2.2.3 Utkanje



$$\text{Utkanje: } U = \frac{l_o - l}{l_o} \cdot 100 = \% \qquad \textbf{(8)}$$

Pri čemu je:

l_o – dužina rastegnute niti osnove (mm) uz predopterećenje od 0,5 cN/tex

l – duljina označenog dijela tkanine(mm)

Sl. 15. Postupak određivanja utroška niti u tkanini (utkanja)

Utkanje je skraćenje niti nastalo preplitanjem osnove i potke prilikom procesa tkanja. Utkanje se određuje na način da se na uzorku tkanine označi određena dužina po osnovi i potki, izdvoji se po deset niti iz svakog sustava te se niti učvršćuju u gornju stezaljku vertikalnog stalka, opterećuju utegom određene mase nakon čega se očitava njihova duljina (sl. 15). Iz dobivenih vrijednosti računa se srednja vrijednost te postotak skupljanja prema jednadžbi (8) za svaki sustav posebno.

3.2.2.4 Debljina tkanina



Sl. 16. Debljinomjer za plošne proizvode

Debljina tkanine definirana je mjernim postupkom (aparatom) kao razmak između dvije ravne metalne, paralelne ploče razmaknute plošnim proizvodom. Pritom se gornja ploča nalazi pod pritiskom i naziva se pritiskivač [15]. Za potrebe diplomskog rada provedeno je 5 mjerenja po uzorku. Prije početka ispitivanja, obje mjerne skale namještaju se na nulu. Potom se uzorak stavlja na donju metalnu površinu, te se spušta ručica pritiskivača i očitava debljina materijala. Prilikom mjerenja potrebno je obuhvatiti različite mjerne pozicije (rubove, središnje dijelove) materijala, kako bi se dobili što precizniji rezultati.

3.2.2.5 Površinska masa

Površinska masa tkanine određuje se na analitičkoj vagi. Reže se pet uzoraka istih dimenzija te se pojedinačno važu pod određenim uvjetima. Površinska masa tkanine izražava se u g/m^2 [15].

3.2.3 Vlačne karakteristike uzoraka tkanina

Ispitivanje vlačnih svojstava tkanina u smjerovima osnove i potke, provedeno je na dinamometru Statimat M - tt. Textechno, Njemačka. Dimenzije ispitivanih uzoraka bile su 350 mm x 50 mm (200 x 50 ispitivanog dijela). Napravljeno je 5 mjerenja za svaki smjer. Na dinamometru se nalaze dvije stezaljke u koje se umetne uzorak. Prvo se pričvrsti gornja stezaljka i pod opterećenjem od 5 N zatvori se i donja stezaljka.

Razmak između dviju stezaljki je 200 mm. Računalno povezanim dinamometrom dobiveni su rezultati prekidne sile, prekidnog istezanja zajedno sa statističkim parametrima te se bilježila i sila pri svim točkama istezanja. Na sl. 17 se nalazi dinamometar s tkaninom.



Sl. 17. Dinamometar Statimat M, Textechno

3.2.3.1 Vlačna svojstva tkanina podvrgnutih dvoosnom cikličkom istezanju

Ispitana su vlačna svojstva tkanine koja je prethodno bila podvrgnuta dvoosnom cikličkom opterećenju na novorazvijenom uređaju na sl. 18. Tkanina je naprezana u dvije osi, horizontalnoj i vertikalnoj. Sve tkanine bile su podvrgnute cikličkome naprezanju s ukupno 30 000 ciklusa frekvencijom od 80 ciklusa/ min.

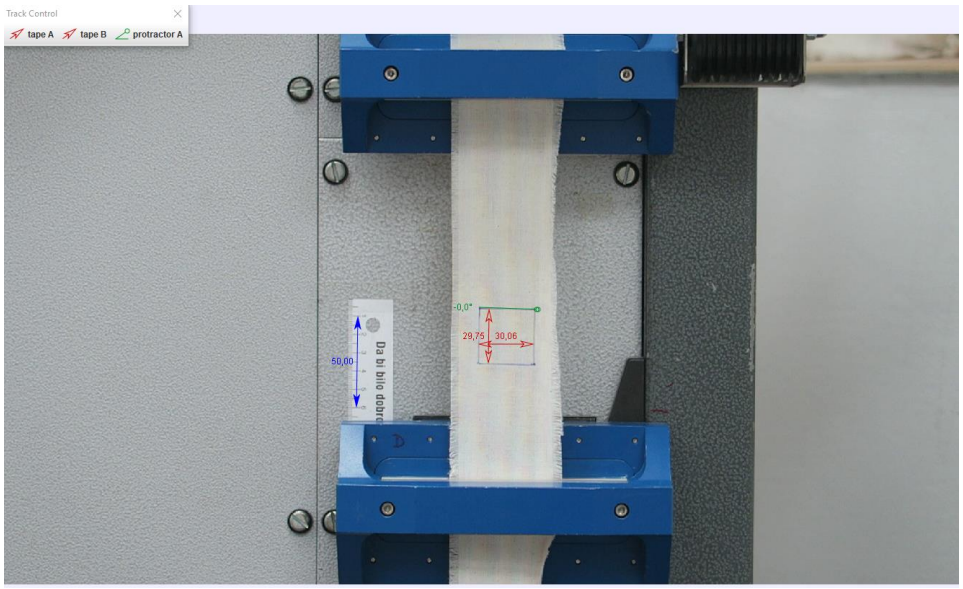


Sl. 18. Uređaj za dvoosno cikličko naprezanje tkanina

3.2.3.2 Vlačne karakteristike tkanina u različitim smjerovima

Mjerenje vlačnih svojstava tkanina u različitim smjerovima provedeno je na dinamometru Statimat M - tt. Textechno, Njemačka po istoj metodi koja je opisana u poglavlju 3.2.3. Tkanina je ispitivana pod kutevima od 22,5°, 45°, 67,5° u odnosu na smjer osnove. Prethodno su uzorci izrezani na dimenzije za ispitivanje od 350 mm x 50 mm (200mm x 50 mm ispitivanog dijela).

3.2.3.3 Mjerenje Poissonovog omjera i kutne deformacije pri normalnom vlačnom opterećenju



Sl. 19. Određivanje Poissonovog omjera vlačnim testom na dinamometru

Mjerenje Poissonovog omjera i kutne deformacije pri normalnom vlačnom opterećenju provedeno je pomoću kamere za snimanje video zapisa i Tracker softvera za analizu video zapisa. Prije nego što se uzorci podvrgnu ispitivanju na dinamometru, na uzorke je potrebno ucrtati kvadrat dimenzija 3 cm x 3 cm, uključiti kameru te pokrenuti dinamometar. Snimljeni video materijal analizira se u Tracker programskom paketu. Za kvalitetnu analizu video materijala prvo je potrebna kalibracija potrebnih mjernih pokazatelja (ravnalo, kutomjer) na poznatu referentu duljinu. Potom je potrebno odabrati alate za mjerenje duljine i širine te kutomjer. Pomoću navedenih alata označuju se dimenzije prethodno nacrtanog kvadrata te se mjeri promjena dimenzija nastala na kvadratu uslijed vlačnog opterećenja. Mjerenje je napravljeno pri istezanju od 0% i 3%. Poissonov omjer izračunavamo kao omjer poprečne i uzdužne deformacije nacrtanog kvadrat (4)

4. REZULTATI RADA

4.1 Rezultati ispitivanja pređe

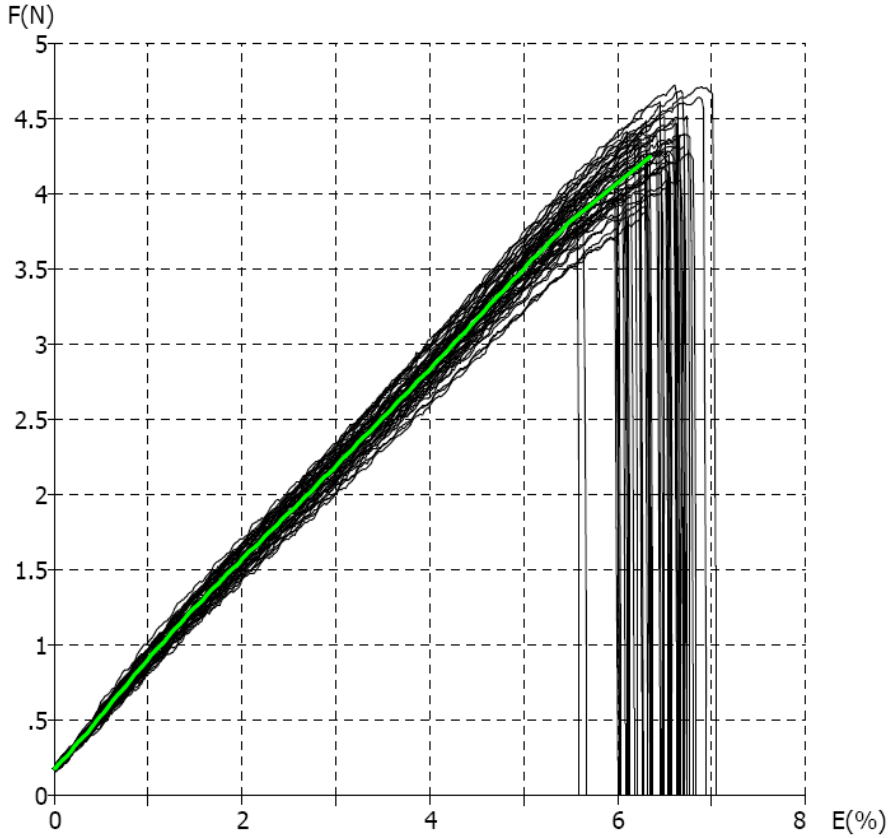
4.1.1 Finoća pređe

Tab. 4. Broj uvoja pređe

	Finoća, tex
X (tex)	36,2
CV (%)	0,99
S (tex)	0,36
	Broj uvoja
x (uv./m)	505,28
CV (%)	6,725915
S (uv./m)	33,9847

Pređa je uvijena u „S“ smjeru.

4.1.2 Vlačna i prekidna svojstva pređe



Sl. 20. Dijagram sila / istezanje pređe

Tab. 5. Prekidna svojstva pređe

Statistika	N	-X-	-S-	-CV-	-Q-	-MIN-	-MAX-
Produljenje kod maksimalne sile	50	6,34%	0,30	4,78	0,09	5,56	6,89
Maksimalna sila	50	4,26 N	0,24	5,73	0,07	3,72	4,72
Rad do prekida	50	735,88 cN/cm	68,92	9,37	19,58	578,56	879,53
Napetost	50	11,76 cN/tex	0,67	5,73	0,19	10,26	13,05

4.2 Rezultati ispitivanja uzoraka tkanina

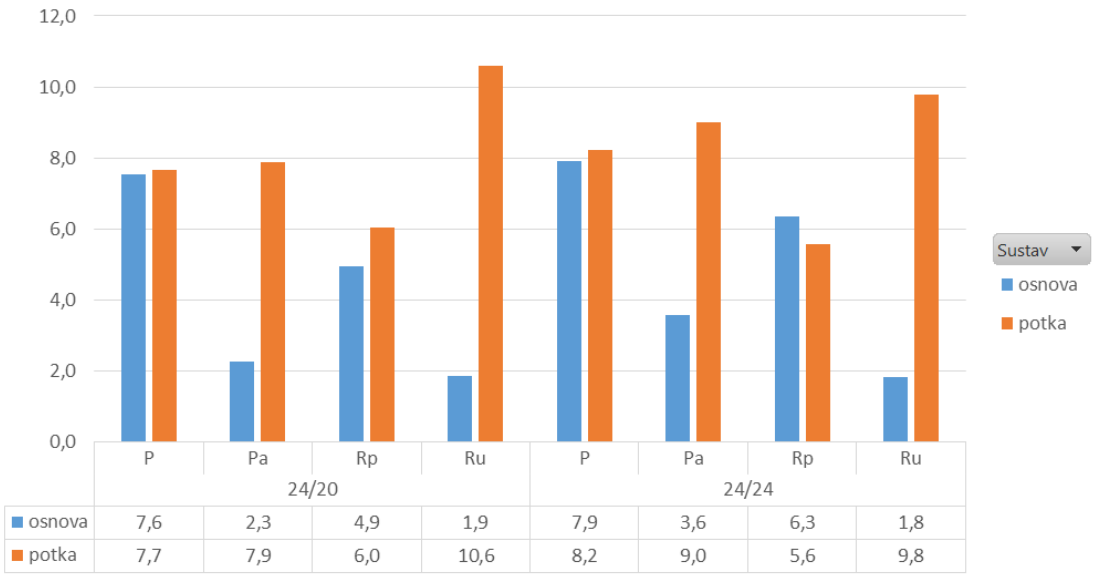
4.2.1 Vez

Vezovi svih uzoraka tkanina za ispitivanje odgovaraju deklariranim

4.2.2 Gustoća osnove i potke

Gustoće niti osnove i potke svih uzoraka tkanina za ispitivanje odgovaraju deklariranim vrijednostima

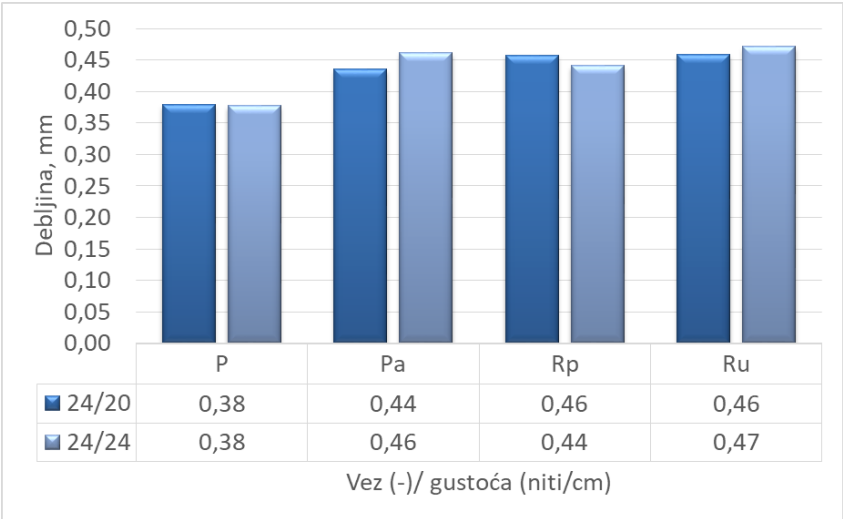
4.2.3 Utkanje osnove i potke



	24/20				24/24			
	P	Pa	Rp	Ru	P	Pa	Rp	Ru
osnova	7,6	2,3	4,9	1,9	7,9	3,6	6,3	1,8
potka	7,7	7,9	6,0	10,6	8,2	9,0	5,6	9,8

Sl. 21. Utkanje osnove i potke

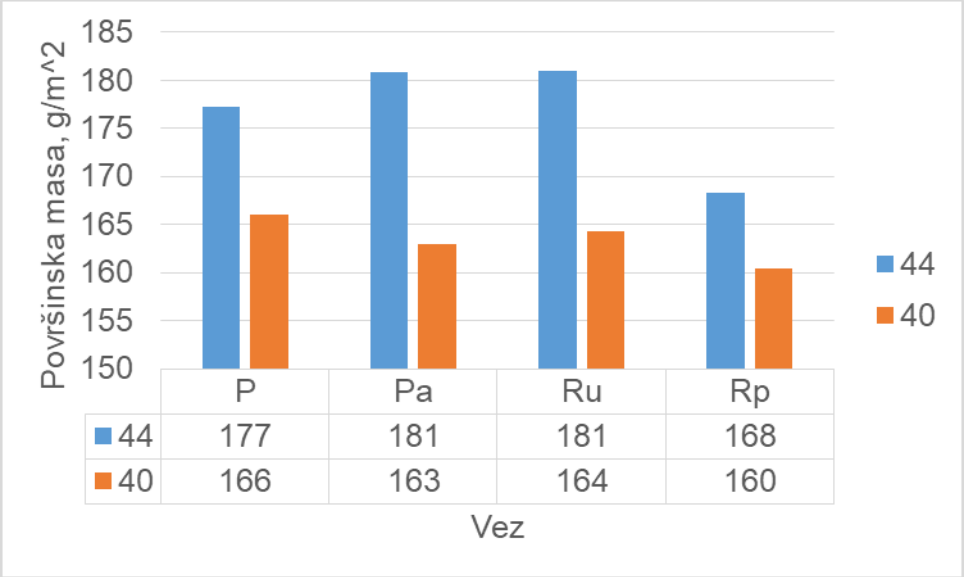
4.2.4 Debljina uzoraka tkanina



	P	Pa	Rp	Ru
24/20	0,38	0,44	0,46	0,46
24/24	0,38	0,46	0,44	0,47

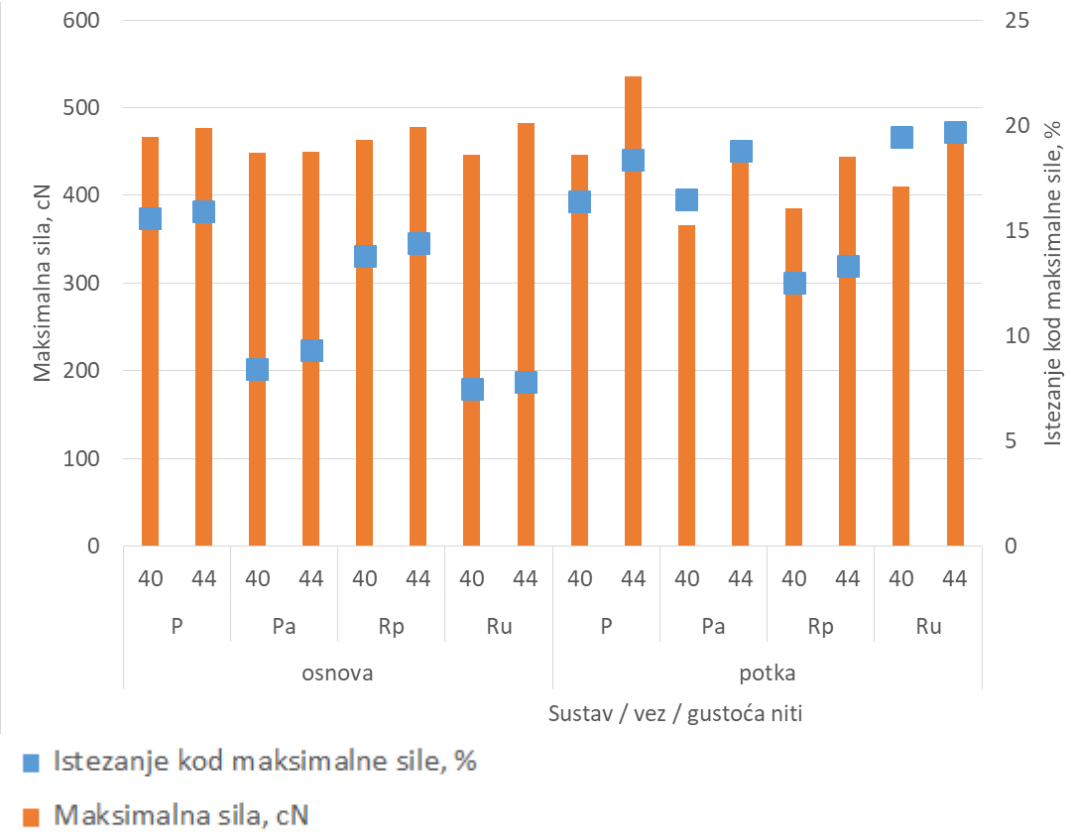
Sl. 22. Debljine uzoraka tkanina

4.2.5 Površinska masa



Sl. 23. Površinska masa uzoraka tkanina

4.2.6 Vlačne karakteristike uzoraka tkanina u glavnim smjerovima



Sl. 24. Prekidna svojstva uzoraka tkanina u glavnim smjerovima

Regression Statistics	
Multiple R	0,690757699
R Square	0,477146199
Adjusted R Square	0,436926675
Standard Error	31,1407171
Observations	15

a.

Regression Statistics	
Multiple R	0,983045
R Square	0,966377
Adjusted R Square	0,932754
Standard Error	2,29068
Observations	3

b.

Regression Statistics	
Multiple R	0,809038
R Square	0,654543
Adjusted R Square	0,309086
Standard Error	7,342478
Observations	3

c.

Regression Statistics	
Multiple R	0,975947
R Square	0,952473
Adjusted R Square	0,904946
Standard Error	3,026029
Observations	3

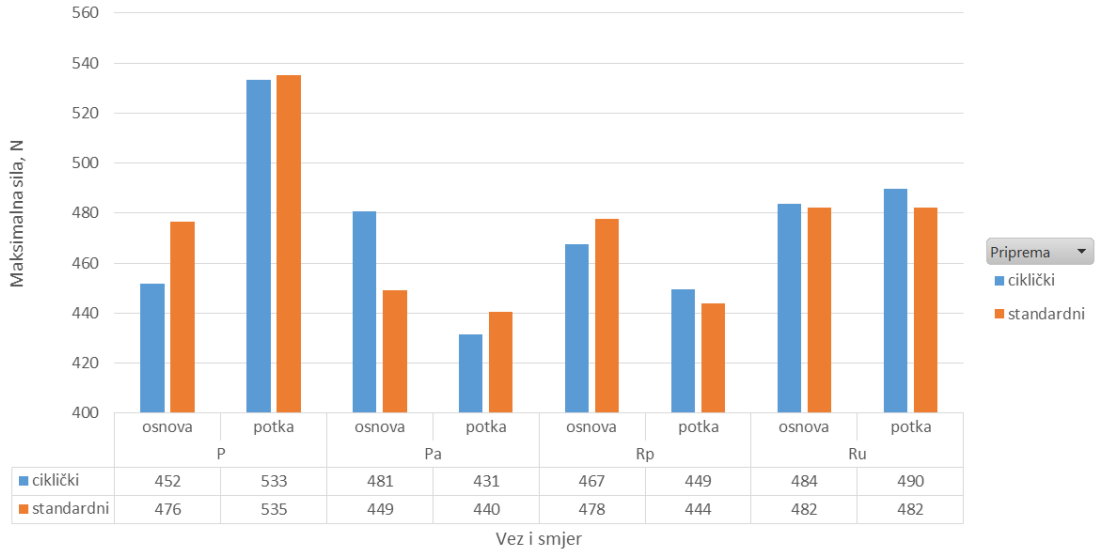
d.

Regression Statistics	
Multiple R	0,816147
R Square	0,666097
Adjusted R Square	0,332193
Standard Error	8,020727
Observations	3

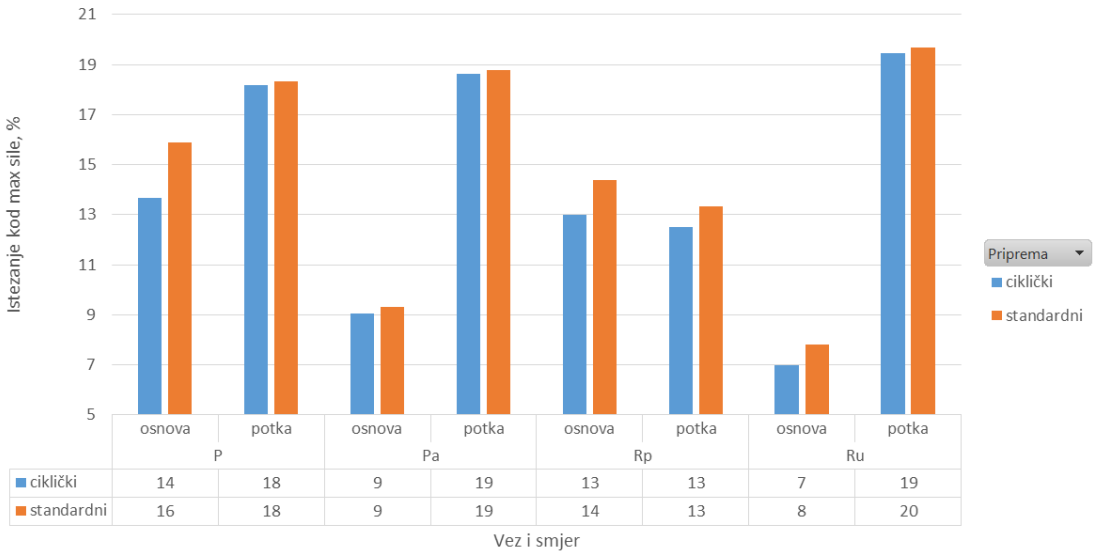
e.

Sl. 25. Regresijska analiza povezanosti veza i prekidne sile: a. svi uzorci, b. prekidna sila u smjeru osnove za uzorke gustoće 24/20, c. prekidna sila u smjeru potke za uzorke gustoće 24/20, d. prekidna sila u smjeru osnove za uzorke gustoće 24/24, e. prekidna sila u smjeru potke za uzorke gustoće 24/24

4.2.6.1 Prekidna svojstva tkanina prije i nakon cikličkog opterećenja



Sl. 26. Prekidne sile uzoraka gustoće 24 niti/cm / 24 niti/cm prije i nakon cikličkog opterećenja

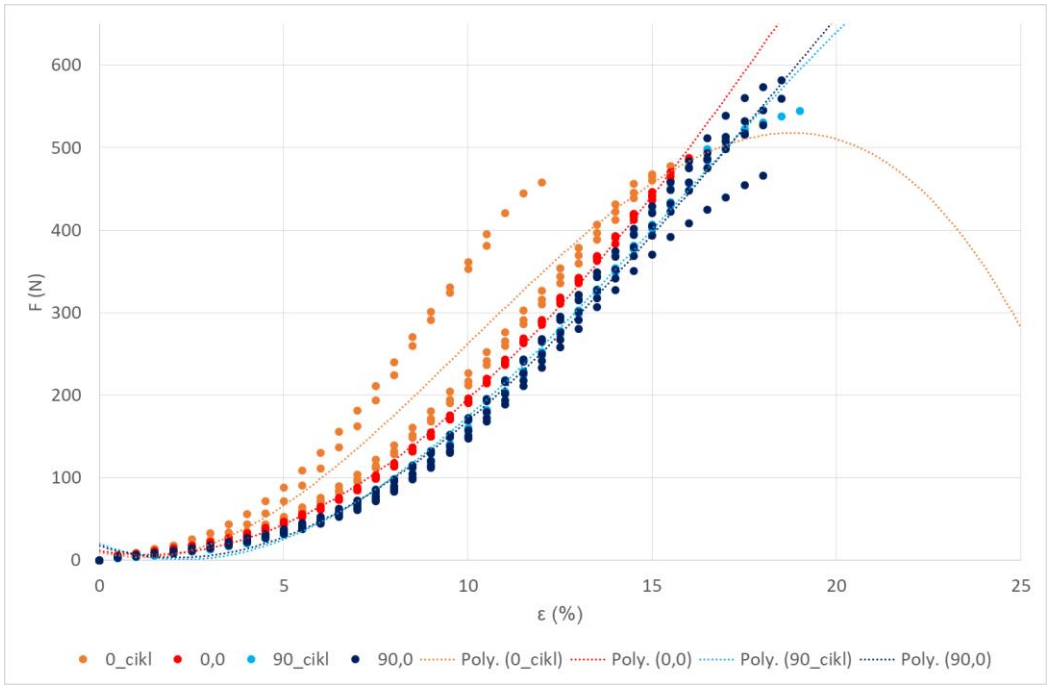


Sl. 27. Prekidna istezanja uzoraka gustoće 24 niti/cm / 24 niti/cm prije i nakon cikličkog opterećenja

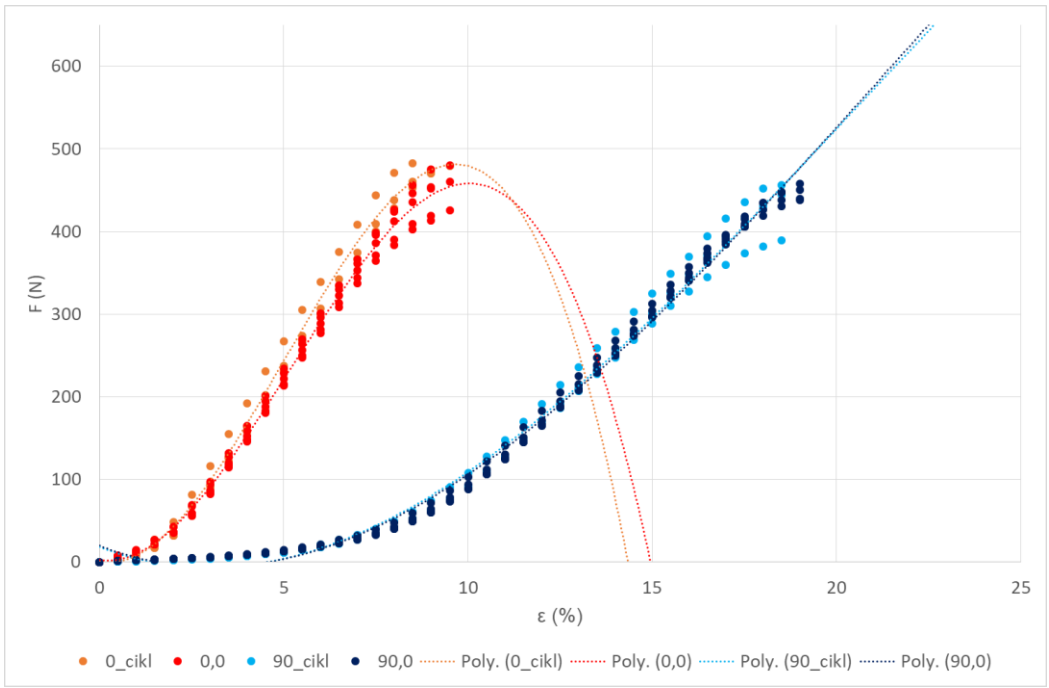
Tab. 6. Statistička obrada vrijednosti prekidnih svojstava uzoraka tkanina gustoće niti osnove i potke 24 niti/cm / 24 niti/cm

	Istezanje kod maksimalne sile, %				Maksimalna sila, N				Čvrstoća, cN/mm				Vrijeme do prekida, s			
	X	SD	CV	Q	X	SD	CV	Q	X	SD	CV	Q	X	SD	CV	Q
Platno																
osnova																
ciklički	14	2,2	15,7	2,7	452	36,1	8,0	44,8	14	2,2	15,7	2,7	452	36,1	8,0	44,8
standardni	16	0,4	2,7	0,5	476	15,1	3,2	18,7	16	0,4	2,7	0,5	476	15,1	3,2	18,7
potka																
ciklički	18	0,7	4,0	1,8	533	10,0	1,9	24,9	18	0,7	4,0	1,8	533	10,0	1,9	24,9
standardni	18	0,3	1,9	0,4	535	43,0	8,0	53,3	18	0,3	1,9	0,4	535	43,0	8,0	53,3
Panama																
osnova																
ciklički	9	0,5	5,8	1,3	481	4,4	0,9	10,9	9	0,5	5,8	1,3	481	4,4	0,9	10,9
standardni	9	0,3	3,4	0,4	449	26,3	5,9	32,6	9	0,3	3,4	0,4	449	26,3	5,9	32,6
potka																
ciklički	19	0,2	1,0	0,5	431	36,3	8,4	90,1	19	0,2	1,0	0,5	431	36,3	8,4	90,1
standardni	19	0,6	3,0	0,7	440	18,1	4,1	22,4	19	0,6	3,0	0,7	440	18,1	4,1	22,4
Poprečni rips																
osnova																
ciklički	13	0,8	6,3	2,0	467	7,4	1,6	18,4	13	0,8	6,3	2,0	467	7,4	1,6	18,4
standardni	14	0,4	3,1	0,6	478	10,7	2,2	13,2	14	0,4	3,1	0,6	478	10,7	2,2	13,2
potka																
ciklički	13	0,4	3,0	0,9	449	8,0	1,8	19,8	13	0,4	3,0	0,9	449	8,0	1,8	19,8
standardni	13	0,3	2,3	0,4	444	11,5	2,6	14,2	13	0,3	2,3	0,4	444	11,5	2,6	14,2
Uzdužni rips																
osnova																
ciklički	7	0,1	1,4	0,2	484	9,1	1,9	22,6	7	0,1	1,4	0,2	484	9,1	1,9	22,6
standardni	8	0,1	1,5	0,1	482	8,5	1,8	10,5	8	0,1	1,5	0,1	482	8,5	1,8	10,5
potka																
ciklički	19	0,1	0,2	0,1	490	14,3	2,9	35,5	19	0,1	0,2	0,1	490	14,3	2,9	35,5
standardni	20	0,7	3,6	0,9	482	9,3	1,9	11,5	20	0,7	3,6	0,9	482	9,3	1,9	11,5

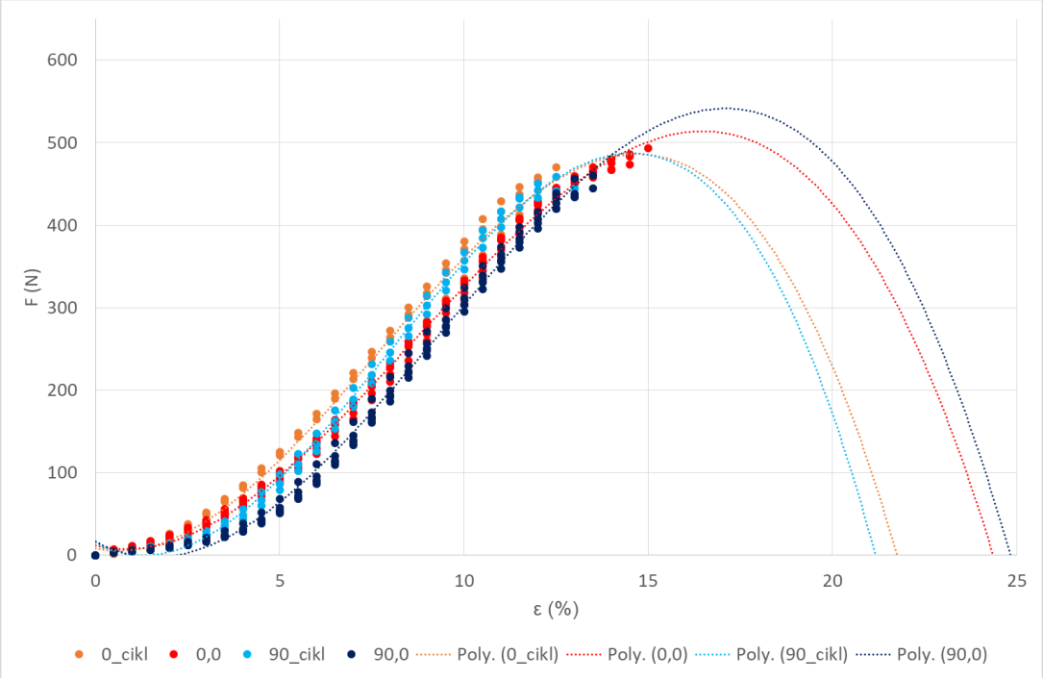
4.2.6.2 *Vlačno ponašanje tkanina prije i nakon cikličkog naprezanja*



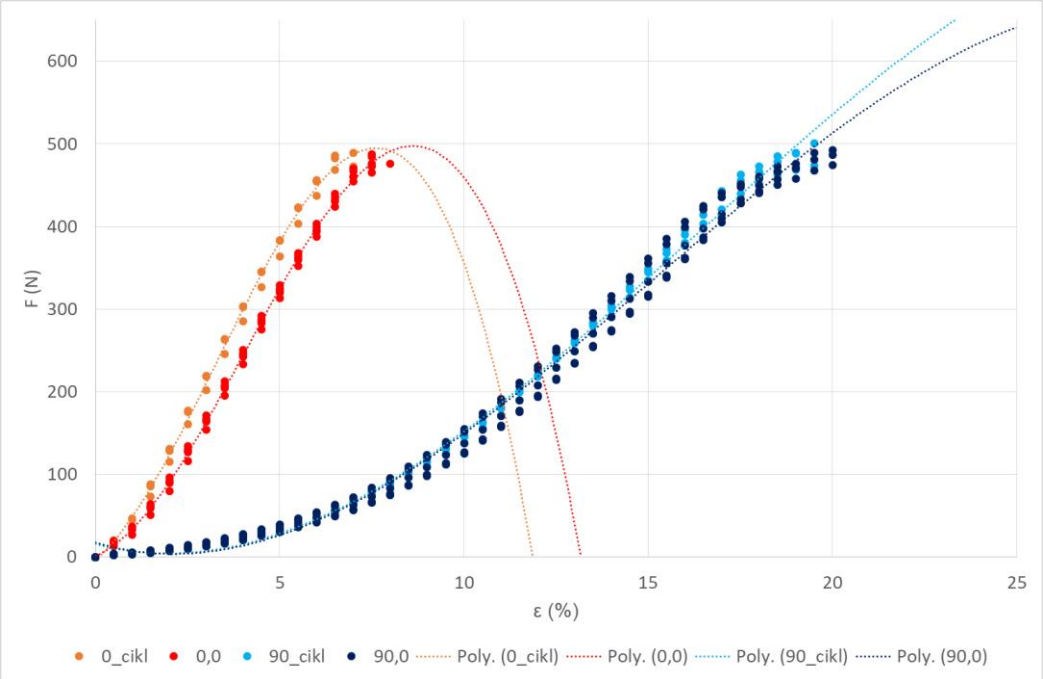
Sl. 28. Vlačno ponašanje tkanine u platno vezu (24/24) prije i nakon cikličkog naprezanja



Sl. 29. Vlačno ponašanje tkanine u panama vezu (24/24) prije i nakon cikličkog naprezanja



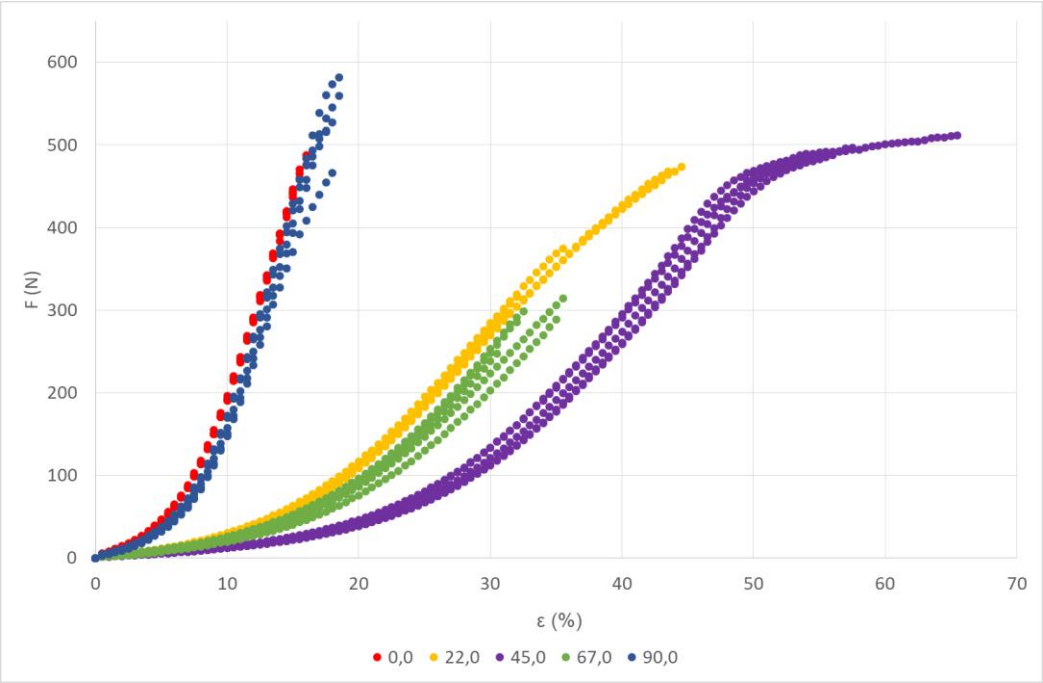
Sl. 30. Vlačno ponašanje tkanine u poprečnom rips vezu (24/24) prije i nakon cikličkog naprezanja



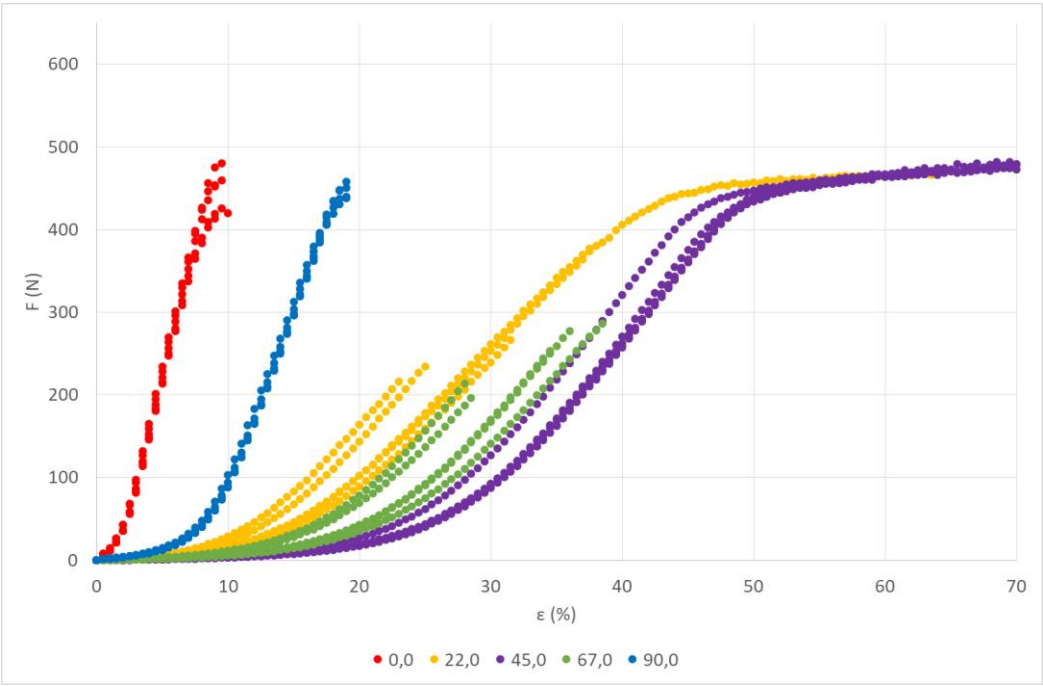
Sl. 31. Vlačno ponašanje tkanine u uzdužnom rips vezu (24/24) prije i nakon cikličkog naprezanja

4.2.7 Vlačne karakteristike uzoraka tkanina u različitim smjerovima

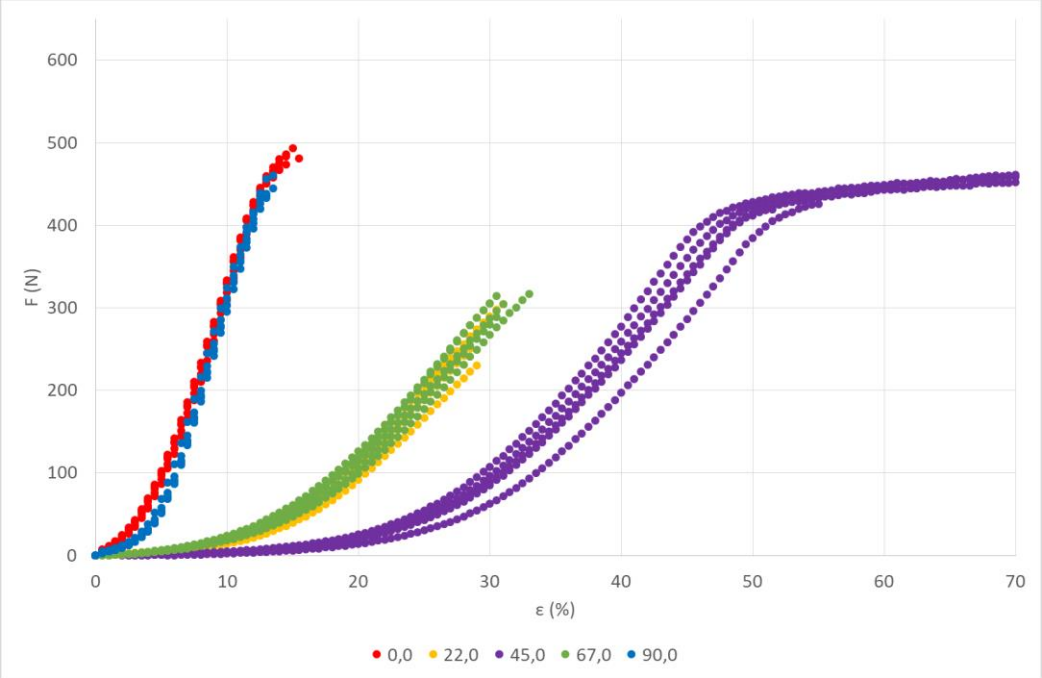
4.2.7.1 Vlačno ponašanje tkanina



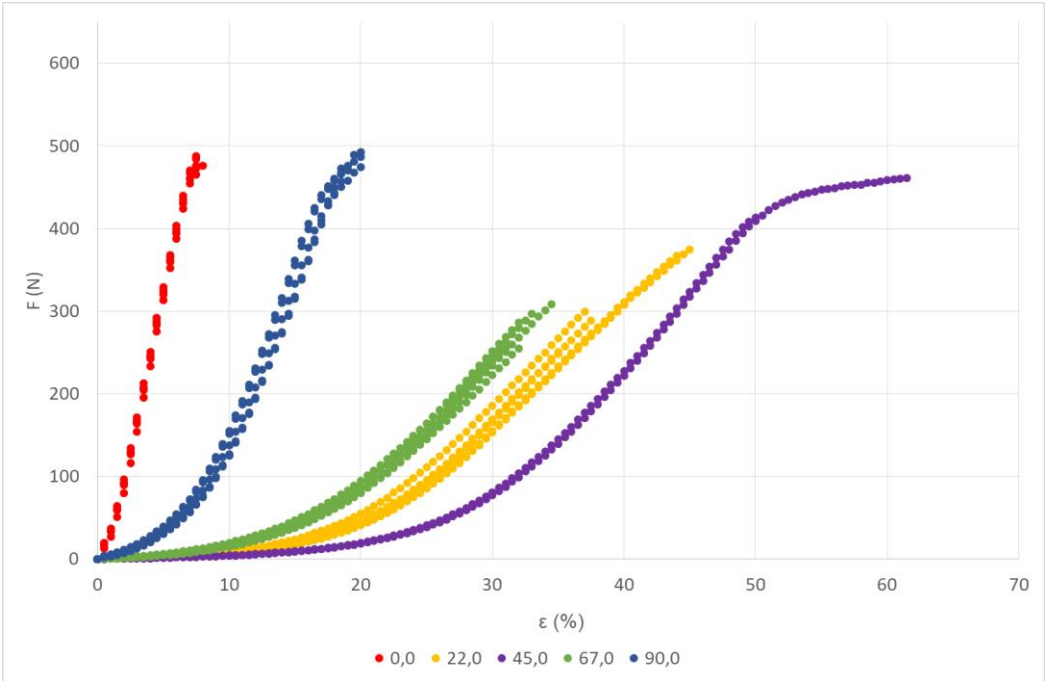
Sl. 32. Vlačno ponašanje tkanine u platno vezu (24/24) u različitim smjerovima



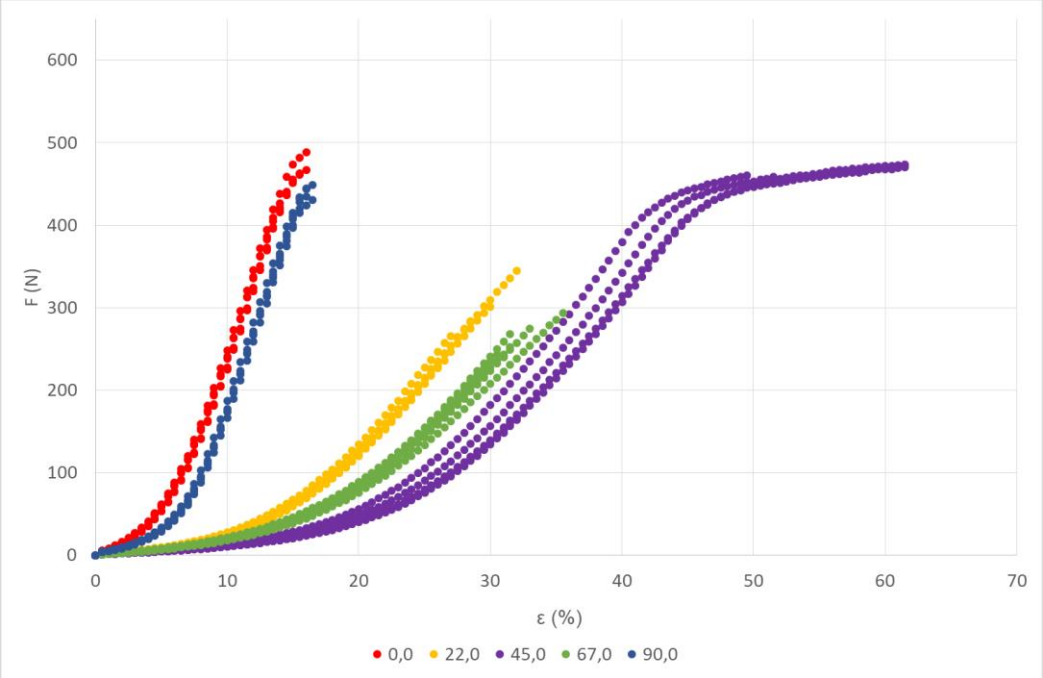
Sl. 33. Vlačno ponašanje tkanine u panama vezu (24/24) u različitim smjerovima



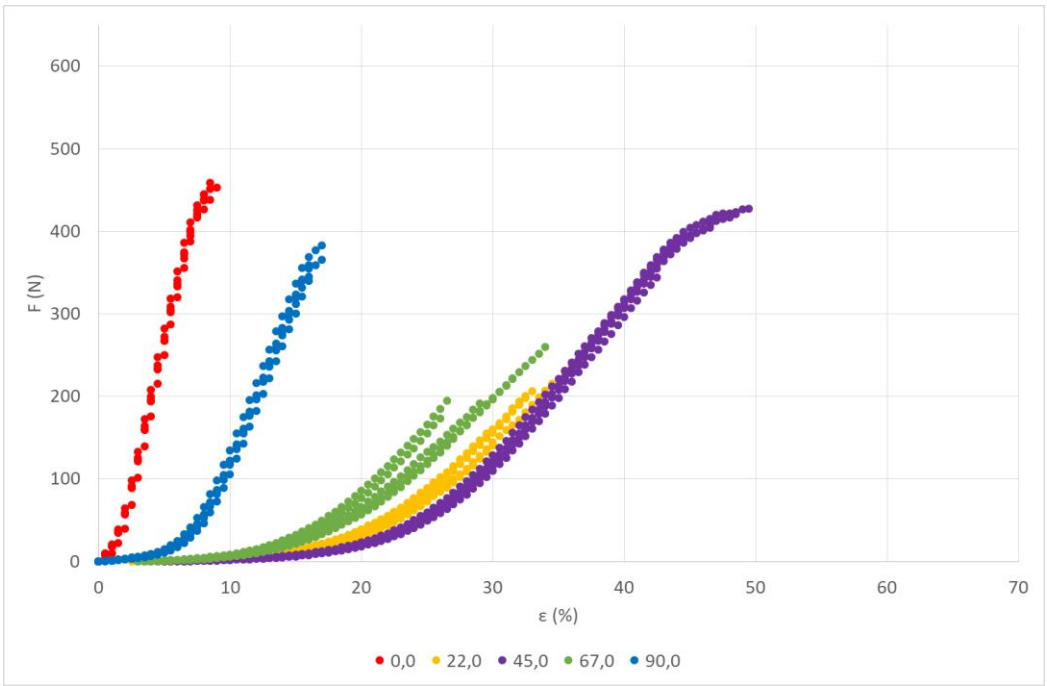
Sl. 34. Vlačno ponašanje tkanine u poprečnom rips vezu (24/24) u različitim smjerovima



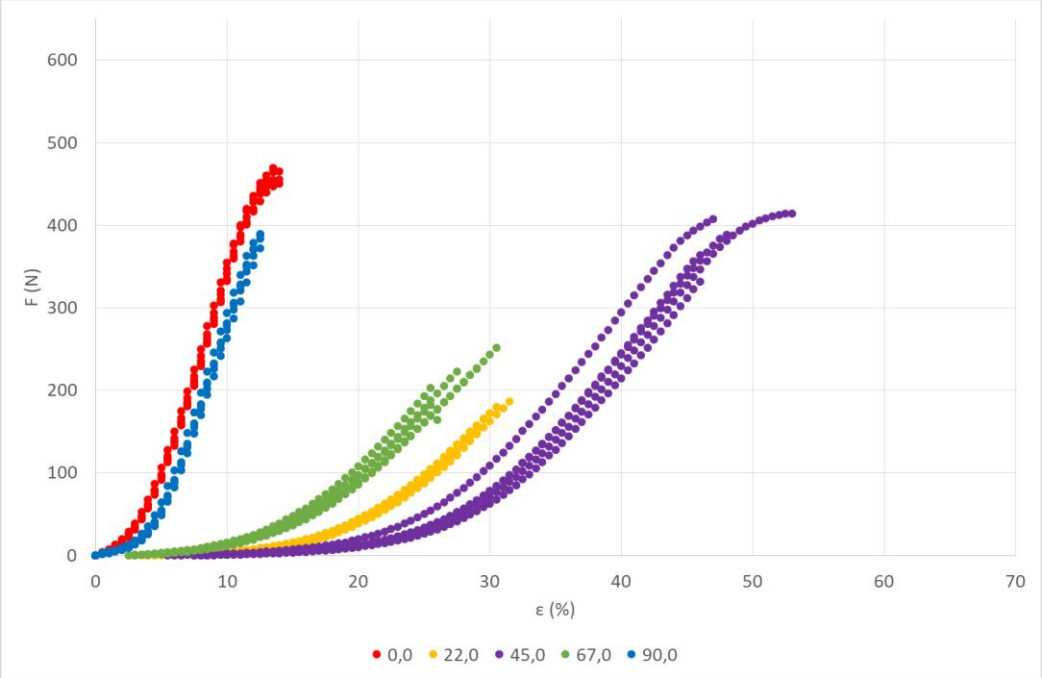
Sl. 35. Vlačno ponašanje tkanine u uzdužnom rips vezu (24/24) u različitim smjerovima



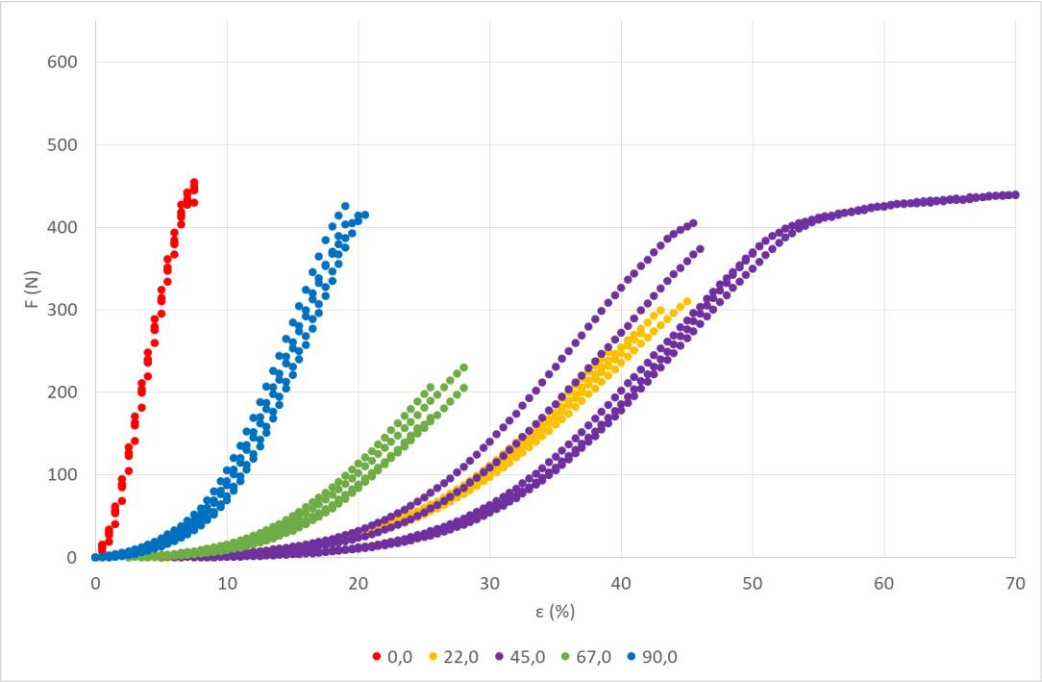
Sl. 36. Vlačno ponašanje tkanine u platno vezu (24/20) u različitim smjerovima



Sl. 37. Vlačno ponašanje tkanine u panama vezu (24/20) u različitim smjerovima

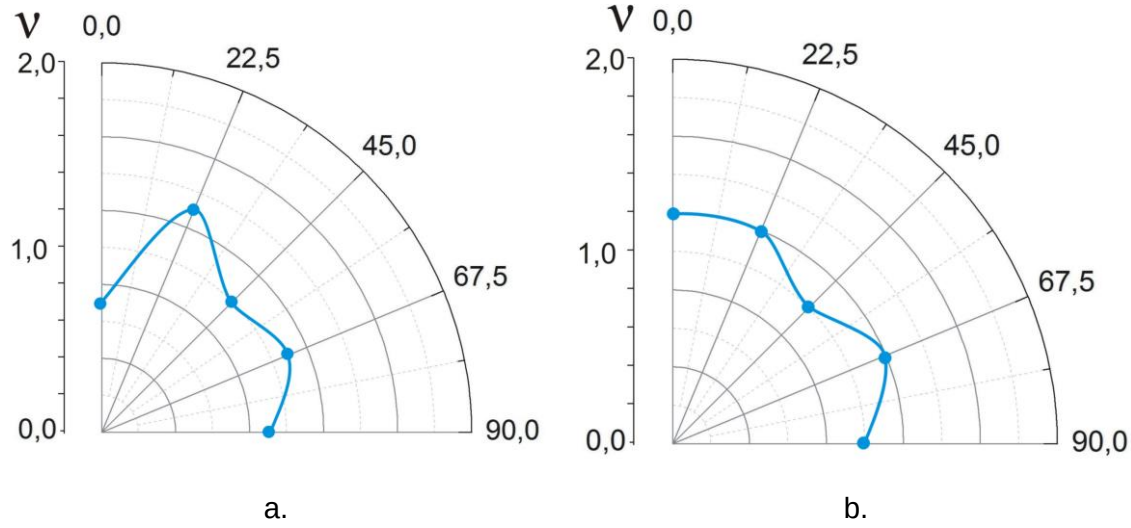


Sl. 38. Vlačno ponašanje tkanine u poprečnom rips vezu (24/20) u različitim smjerovima



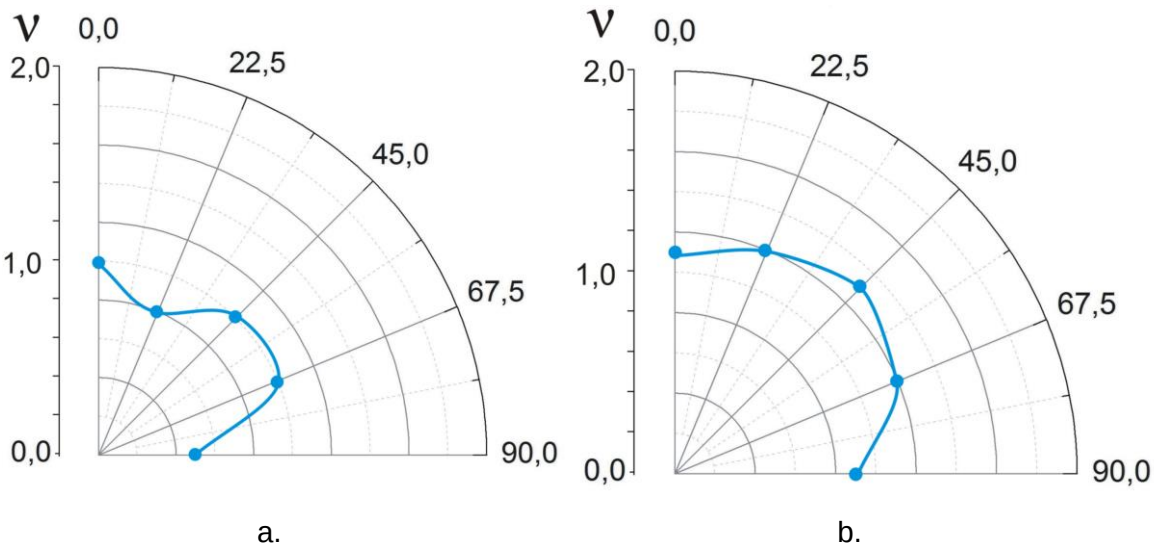
Sl. 39. Vlačno ponašanje tkanine u uzdužnom rips vezu (24/20) u različitim smjerovima

4.2.7.2 Poissonov omjer



a. b.

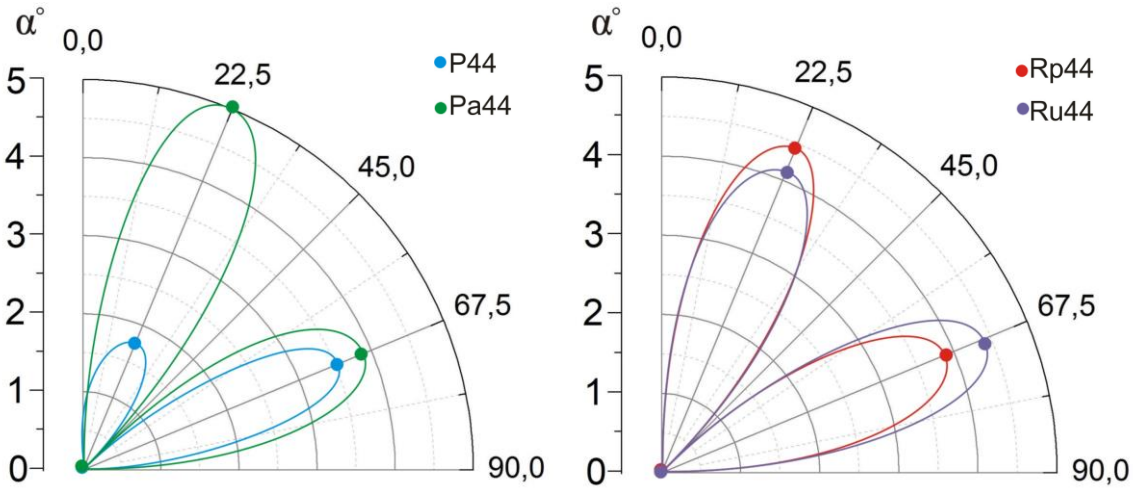
Sl. 40. Raspodjela Poissonovog omjera prema smjeru vlačnog opterećenja pri istezanju od 3%: a. P44, b. Pa44



a. b.

Sl. 41. Raspodjela Poissonovog omjera prema smjeru vlačnog opterećenja pri istezanju od 3%: a. Ru44, b. Rp44

4.2.7.3 Kutna deformacija pri normalnom vlačnom istezanju



a. b.

Sl. 42. Kutna deformacija pri normalnom vlačnom opterećenju u različitim smjerovima uzoraka tkanina pri istezanju od 3%: a. P44 i Pa44, b. Ru44 i Rp44

5. RASPRAVA REZULTATA

U eksperimentalnom dijelu rada napravljena je analiza uzoraka tkanina u 4 različita veza i 2 gustoće niti. Uzorci su otkani na istom tkalačkom stroju iz pređe iste proizvodne serije (ista finoća, broj uvoja, sirovina).

Ispitivanjem pređe utvrđeno je kako je finoća pređe 36,2 tex, a broj uvoja 505 uv/m te je uvijena u S smjeru (tab. 4). Ispitane su vlačne karakteristike pređe te su rezultati prikazani na dijagramu na sl. 12 na kojoj je vidljivo kako je vlačno ponašanje pređe gotovo linearno. U tab. 5 prikazana su prekidna svojstva pređe odakle je vidljivo da pređa ima maksimalnu silu od 4,26N te istezanje kod te sile 6,34%. Koeficijenti varijacije su zadovoljavajući što znači da je broj mjerenja dovoljan (ne treba povećati broj mjerenja).

Dekompozicijom uzoraka tkanina potvrđena je podudarnost vezova tkanina te gustoća osnove i potke s deklariranim vrijednostima.

Iz sl. 21 vidljivo je kako je utkanje niti potke kod gotovo svih vezova veće od utkanja niti osnove što je u skladu s teorijom, a povezano s procesom tkanja u kojem je osnove više napeta u odnosu na potku.

Kod uzorka u poprečnom rips vezu gustoće 24/24 utkanje po osnovi veće je od utkanja po potci. Razlog tome je fenomen koji proizlazi iz Hamiltonove teorije koja dokazuje da se kod vezova u kojima se dvije susjedne niti vežu jednako one približe te ulaze jedna pod drugu. Tako približene niti mijenjaju oblik poprečnog presjeka te se njihov promjer računa kao drugi korijen od broja susjednih istovezujućih osnovinih ili potkinih niti.

Kod tkanina uzdužnog ripsa veza razlike u utkanjima osnove i potke su najveće također radi Hamiltonove teorije.

U sl. 22 prikazani su rezultati ispitivanja debljine tkanine odakle se vidi kako je debljina tkanina u platno vezu najmanja što je u skladu s teorijom prema kojoj kompaktnije tkanine (s većim brojem provezivanja) imaju manju debljinu u odnosu na ostale. Uzorci tkanina u ostalim vezovima imaju podjednake debljine.

Na sl. 23 prikazane su površinske mase uzoraka te je vidljivo kako gušći uzorci imaju veću površinsku masu što je razumljivo s obzirom da na istoj površinu sudjeluje više niti potke (4 potke više po 1 cm dužine). Kod gušće tkanine uzorak u platno vezu ima manju površinsku masu u odnosu na ostale. Razlog tomu mogla bi biti smanjena mogućnost pribijanja potke uslijed visoke kompaktnosti strukture (maksimalno provezivanje) pri čemu dolazi do suptilnog smanjenja gustoće niti po potci u odnosu na ostale vezove. Kod niže gustoće potke, tkanina u platno vezu očekivano ima najveću masu.

Iz grafikona sa sl. 24 razvidno je kako su kod uzoraka s manjom gustoćom potke vrijednosti maksimalne sile i istezanja kod maksimale sile u smjeru potke niže nego što je to kod uzoraka u istim vezovima, ali s većom gustoćom niti u potki, što je očekivano. Istovremeno, razlike u prekidnim svojstvima u smjeru osnove su relativno male.

Na sl. 25 prikazan je regresijska analiza povezanosti veza i gustoće obuhvaćenih faktorom zbijenosti strukture (tab. 1) s maksimalnom silom ispitanom na dinamometru za sve uzorke (i po osnovi i po potci) te za pojedine grupe uzoraka s istom gustoćom osnove i potke ispitanih u istom smjeru. Faktor R^2 je indikator povezanosti dva skupa podataka i to na način da kada se njegova vrijednost nalazi u rasponu 0 do 0,25 ili od 0 do –0,25 upućuje kako nema povezanosti, dok vrijednosti R^2 od 0,25 do 0,50 ili od –0,25 do –0,50 upućuje na slabu povezanost među varijablama. Vrijednosti R^2 od 0,50 do 0,75 ili od –0,50 do –0,75 upućuju na umjerenu do dobru povezanost, te vrijednosti R^2 od 0,75 do 1 ili od –0,75 do –1 upućuju na vrlo dobru do izvrsnu povezanost među varijablama. Uzimajući to u obzir iz sl. 25 vidljivo je kako su podaci u umjerenoj do visokoj korelaciji kada se analiziraju uzorci istih vezova, gustoća niti i u istom smjeru (isti sustav) pri čemu je visoka korelacija u smjeru osnove, a umjerena u smjeru potke. Na sl. 25a prikazani su rezultati analize svih uzoraka (svih gustoća i smjerova) te je vidljivo kako je povezanost podataka slaba. Ovi rezultati upućuju na to da faktor zbijenosti strukture nije jedini parametar koji utječe na prekidna svojstva tkanina već doprinos vrijednostima maksimalne sile u jednom smjeru imaju i niti suprotnog sustava (njihova gustoća i provezivanje).

Na sl. 26 prikazani su rezultati prekidnih sila standardnih uzoraka i to prije i nakon cikličkog opterećenja. Kod većine uzoraka, uzorci podvrgnuti cikličkim naprezanjima očekivano imaju niže vrijednosti prekidnih sila, međutim iznimka je uzorak u panama vezu, gustoće 24/24 gdje je i nakon ponovljenih mjerenja prekidna sila ciklički naprezanih epruveta znatno veća od prekidne sile neopterećivanih uzoraka. Razlog za to mogla bi biti promjena geometrije uzorka uslijed cikličkih naprezanja. Tkanina u panama vezu manje je kompaktna i podatnija u odnosu na ustale uzorke. Posljedično, niti unutar njene strukture mobilnije su i vanjska opterećenja direktnije utječu na njih. Kod materijala vlaknastih struktura kada opterećenje djeluje u smjeru pružanja vlakana te kad je ono dovoljno malo, ono može djelovati na način da se istezanjem struktura dodatno uredi međusobnim približavanjem vlakana u pređi koja tada postaje kompaktnija i čvršća. Iz istog razloga, ali u manjoj mjeri, ista situacija pojavljuje se kod tkanina u uzdužnom i poprečnom ripsu.

Na sl. 27 prikazani su rezultati istezanja kod prekidne sile te je vidljivo kako su ona niža kod tkanina koje su ciklički naprezane i to kod svih uzoraka u oba glavna

smjera. Razlog tome je nastanak linijske deformacije, odnosno malog produljenja u smjeru istezanja (smjer osnove i potke). Iz grafa je također vidljivo da su prekidna istezanja u jasnoj korelaciji s utkanjima pri čemu veće utkanje niti za posljedicu ima veće istezanje uzorka. Iz tab. 6 prikazani su statistički pokazatelji rasipanja (SD), koeficijenti varijacije (CV) te granična pogreška mjerenja Q. Kod uzorka u platno vezu koji je ciklički naprezan razvidan je povećan koeficijent varijacije što ukazuje na potrebu povećanja broja uzoraka. Kod ostalih vezova koeficijent varijacije i pogreška mjerenja prekidne sile i istezanja su prihvatljivi.

Na sl. 28 do sl. 31 prikazani su dijagrami naprezanja u smjeru osnove i potke za uzorke u platno, panama, i rips vezovima, gustoće osnove i potke 24 niti/cm/ 24 niti/cm i to prije i nakon cikličkog naprezanja. Iz grafikona je vidljivo kako su kod svih vezova u smjeru potke distribucijske krivulje naprezanja ciklički opterećivanih uzoraka neznatno iznad neopterećivanih uzoraka što znači da je za jednako istezanje ciklički opterećenih uzoraka potrebna malo veća sila što je posljedica male deformacije ciklički naprezanih uzoraka, odnosno linijskog produljenja u oba glavna smjera. U smjeru potke, razlike između ciklički naprezanih uzoraka i nenaprezanih uzoraka nisu zamjetne. Nakon 30000 ciklusa dvoosnog naprezanja uzoraka tkanina koje podrazumijeva male sile, odnosno mala istezanja, uzorci nisu bitno promijenjeni u smislu mehaničkog ponašanja. Za veće efekte u tom smislu, potrebno je povećati broj ciklusa ili povećati opterećenje.

Na slikama sl. 32 do sl. 39 prikazani su dijagrami naprezanja uzoraka tkanina u različitim smjerovima.

U svim slučajevima razvidno je nelinearno ponašanje uzoraka tkanina podvrgnutih vlačnom opterećenju. U glavnim osima, u početku istezanja dolazi do izravnavanja sustava niti (osnove ili potke) za što je potrebna manja sila. Radi toga, kod svih dijagrama vidljivo je kako pri nižim stupnjevima istezanja tkanina ima manju vlačnu krutost koja se postepeno povećava. Nakon početnog istezanja, odnosno nakon izravnavanja niti dolazi do istezanja samih niti za što je potrebna veća sila, a vlačna krutost je povećana u odnosu na krutost pri početnom istezanju, te postaje konstantna što je razvidno iz linearnosti drugog dijela dijagrama naprezanja. Duljina nelinearnog dijela krivulje naprezanja tkanine u smjeru osnove ili potke ovisna je o utkanju istog sustava pri čemu veće utkanje rezultira većom duljinom nelinearnog dijela krivulje. Pri vlačnom istezanju tkanine u zakrenutim osima u odnosu na glavne u prvom stupnju istezanja dolazi do zakretanja niti osnove i potke do razine maksimalnog približavanja niti. Za zakretanje niti osnove u odnosu na potku potrebno je savladati silu trenja u veznoj točki što je razmjerno mala sila i radi toga je u tom slučaju vlačna krutost materijala značajno manja u odnosu na glavne smjerove. U drugoj fazi

istezanja, nakon maksimalnog približavanja niti, dolazi do njihovog istezanja, međutim, kako iste niti nisu direktno zahvaćene stezaljkama dinamometra, fraktura uzorka neće izgledati kao kod vlačnog testa u smjeru osnove i potke, već će se uzorak kidati što će se na dijagramu naprezanja očitovati padom trenda rasta sile. Također, linearni dio dijagrama u zakrenutim smjerovima ima manji nagib što upućuje na niži modul u odnosu na glavne smjerove. Općenito, tkanina ima veće istezanje u smjeru s većim kutom zakretanja od glavnih smjerova pa tako kod svih uzoraka tkanine imaju najveću istezljivost u smjeru pod 45°. Što se više kutno približava bilo kojem od glavnih smjerova, istezljivost pada. U glavnim smjerovima tkanina ima najveću silu (naprezanje) i najmanju istezljivost. Na mehaničko ponašanje uzoraka u zakrenutim smjerovima utjecaj će imati bliži sustav (osnove ili potke). Sukladno tome, iz grafova je vidljivo kako veći utjecaj na mehaničko ponašanje uzorka u smjeru 22,0° ima smjer osnove, a na ponašanje uzorka u smjeru 67° smjer potke (utkanja).

Na grafu sl. 32 prikazani su dijagrami naprezanja tkanine u platno vezu, gustoće 24/24 u različitim smjerovima. U smjeru osnove i potke linije naprezanja u bliskom su odnosu što je posljedica podjednakog utkanja (Uo= 7,9%, Up=8,2%). Posljedično tome, krivulje naprezanja pod kutovima 22 i 67 također su vrlo bliske. Usporedbom ovog grafa sa grafom na sl. 36 na kojem su prikazani dijagrami naprezanja za uzorak u platno vezu, gustoće 24/20 čija su utkanja po osnovi i potci također podjednaka (Uo= 7,6%, Up=7,7%), vidljivo je kako gustoća niti, koja je u ovom slučaju različita, također ima utjecaj na mehaničko ponašanje, odnosno, bez obzira na podjednaka utkanja, gušći sustav osnove rezultirat će smanjenom dužinom nelinearnog dijela u odnosu na rjeđu potku. Posljedica je razlika u krivuljama naprezanja osnove i potke koje u linearnom dijelu imaju isti nagib što upućuje na podjednaku krutost. Ova razlika utjecala je i na povećani razmak distribucijskih krivulja pod kutovima 22° i 67°. Razlika u utkanjima po osnovi i potki kod uzorka tkanine u panama vezu (sl. 33), gustoće 24/24 je vrlo velika što rezultira velikom razlikom između njihovih krivulja naprezanja. Slično se pojavljuje i kod tkanine u panama vezu, gustoće 24/20 (sl. 37).

Kod uzorka u poprečnom ripsu (sl. 34. vlačno ponašanje tkanine u poprečnom rips vezu (24/24) u različitim smjerovima

u smjeru osnove i potke vrlo su bliske iako je razlika u utkanju 11% (Uo= 6,3%, Up=5,6%). Pretpostavka je da je za različita ponašanja pri vlačnom naprezanju odgovorna specifična struktura tkanina u rips vezovima kod kojih je istovremeno u jednom smjeru provezivanje niti potpuno (1+1), dok se u drugom sustavu provezuju po dvije niti zajedno (2+2). Kod uzoraka u platno i panama vezu provezivanje je jednako i

u smjeru osnove i u smjeru potke. Bliskost krivulja naprezanja u glavnim smjerovima i u ovom slučaju uvjetuje bliskost distribucija u smjeru 22° i 67°. Kod uzorka u poprečnom ripsu s nižom gustoćom potke (sl. 38) vidljiva je mala razlika u distribucijama naprezanja u glavnim smjerovima te povećana u smjerovima pod kutom 22°i 67° što je rezultat manje gustoće po potci u odnosu na gustoću osnove.

Velika razlika u utkanjima osnove i potke, rezultira povećanom razlikom između krivulja naprezanja u tim smjerovima (sl. 35 i sl. 39) pri čemu je razlika veća kod uzdužnog ripsa sa smanjenom gustoćom potke što potvrđuje tvrdnju da o omjeru gustoća sustava ovisi mehaničko ponašanje tkanina.

Na slikama sl. 40 i sl. 41 prikazana je raspodjela Poissonovih omjera u različitim smjerovima pri istezanju od 3%. Iz grafova je vidljivo kako se Poissonov omjer kreće u rasponima od 0,5 do 1,3 pri čemu su rezultati u smjerovima 22 i 67 upitni radi kutne deformacije uzorka pri normalnom vlačnom opterećenju.

Iz polarnih dijagrama na sl. 42 vidljivo je kako pri vlačnom istezanju uzorka u smjeru osnove i potke te pod kutom od 45° nema kutne deformacije, dok se u smjerovima 22,5° i 67,5° ona pojavljuje kao posljedica asimetrično postavljene geometrije u samom uzorku. U uzorku pod kutom od 22,5° niti osnove su postavljene pod tim kutom, a potke pod kutom od 67,5° dok su u uzorku pod 67,5° niti osnove postavljene pod kutom od 67,5°, a potke pod kutom od 22,5°. Geometrijski, uzorak nije zrcalno simetričan. Tkanina u platno vezu ima najmanju kutnu deformaciju, a tkanina u panama vezu najveću što dovodi do zaključka kako iznos kutne deformacije u zakrenutim smjerovima ovisi o kompaktnosti strukture tkanine koja je posljedica količine provezivanja.

6. ZAKLJUČAK

Analizom dobivenih rezultata može se zaključiti sljedeće:

Utkanje potke veće je od utkanja osnove radi procesa tkanja. Iznimke su vezovi specifičnih struktura (rips)- Hamiltonova teorija detaljnije opisana u raspravi.

Debljina tkanine u korelaciji je s kompaktnošću strukture kao posljedice broja provezivanja niti. Tako će tkanina u platno vezu imati manju debljinu od tkanina u drugim vezovima jednakih ostalih parametara

Promjena geometrije uslijed cikličkih naprezanja može rezultirati povećanjem prekidne sile.

Ciklička naprezanja mogu dovesti do trajne linijske deformacije te posljedično manje istezljivosti tkanine.

Ponašanje tkanine pri vlačnom opterećenju je nelinearno, a nelinearnost proizlazi iz kompleksnosti strukture i nehomogenosti.

Duljina nelinearnog dijela krivulje naprezanja tkanine u smjeru osnove ili potke ovisna je o utkanju istog sustava pri čemu veće utkanje rezultira većom duljinom nelinearnog dijela krivulje.

Vlačna krutost tkanine u zakrenutim smjerovima u odnosu na smjer osnove i potke je značajno manja.

Tkanina ima veće istezanje u smjeru s većim kutom zakretanja od glavnih smjerova

U glavnim smjerovima tkanina ima najveću silu (naprezanje) i najmanje istezanje.

Na mehaničko ponašanje uzoraka u zakrenutim smjerovima utjecaj će imati bliži sustav (osnove ili potke)

Omjer gustoća niti osnove i potke ima utjecaj na mehaničko ponašanje tkanine pri vlačnom naprezanju pri čemu će gušći sustav rezultirat smanjenom dužinom nelinearnog dijela u odnosu na rjeđi.

Poissonov omjer tkanine izlazi iz granica teorijskog (0,5) te u nekim slučajevima prelazi 1. Razlog za to je kompleksna, nehomogena struktura tkanine.

Pri vlačnom opterećenju u zakrenutim smjerovima nejednako kutno udaljenim od smjera osnove i potke, osim linijske, pojavit će se i kutna deformacija čiji iznos ovisi o kompaktnosti strukture koja proizlazi iz broja provezivanja, gustoće niti i karakteristika niti za osnovu i potku.

7. LITERATURA

[1] T. I. Manchester, *Textile terms and definitions*. The Textile Institute, 1963.

[2] S. K. Mukhopadhyay, *High-performance Fibres*. Manchester, United Kingdom: The Textile Institute, 1994.

[3] E. Pezelj, M. Andrassy, R. Čunko, Suvremeni tehnicki tekstil-specificni zahtjevi na vlakna, *Tekstil*, vol. 51, no. 6, 2002., str. 261–277.

[4] H. Nosraty, A. A. A. Jeddi, R. Saremi, Investigation of Fatigue Behavior of Polyester Filament Woven Fabrics under Cyclic Loading, 2013.

[5] S. Kovačević, K. Dimitrovski, J. Hadjina, *Procesi tkanja*. Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet Zagreb, 2008.

[6] V. Orešković, J. Hadjina, *Vezovi i konstrukcija tkanina listovnog tkanja*. Univerzitet "Đuro Pucar-Stari", Viša tehnička škola, 1982.

[7] Plain weave and its characteristics. [Online]. Available: http://textileschool4u.blogspot.com/2013/11/plain-weave-and-itscharacteristics.html. [Accessed: 09-May-2018].

[8] N. Gokarneshan, *Fabric Structure and Design*. New Age International (P) Limited, 2009.

[9] Modificationofplainweave. [Online]. Available: http://textileschool4u.blogspot.com/2013/11/modification-of-plain-weave-warp-rib.html. [Accessed: 09-May-2018].

[10] Technical textiles.net Composites. [Online]. Available: http://www.technical-textiles.net/terms/composites-1. [Accessed: 15-Jul-2017].

[11] A. C. Long, *Design and manufacture of textile composites*. Elsevier, 2005.

[12] S. Brnada, Deformacije tkanina uvjetovane anizotropnošću, Tekstilno-tehnološki fakultet, 2017.

[13] P. Boisse, *Composite reinforcements for optimum performance*. Elsevier, 2011.

[14] Ž. Šomođi, *Osnove tehničke mehanike*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, 2011.

[15] R. Čunko, Ispitivanje tekstila, *Zagreb Teh. Fak.*, 1989., str. 142–145.