Analiza svojstava kirurških pređa

Zbašnik, Dubravka

Master's thesis / Diplomski rad

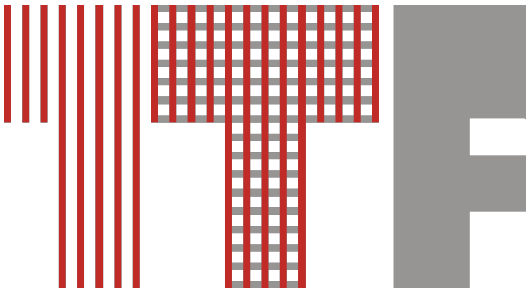
2019

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:201:283252

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







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Analiza svojstava kirurških pređa

Dubravka Zbašnik
10734 TTI - PMT

Zagreb, veljača 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
TEKSTILNA TEHNOLOGIJA I INŽENJERSTVO
Zavod za projektiranje i menadžment tekstila

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA SVOJSTAVA KIRURŠKIH PREĐA

MENTORICA:
izv. prof. dr. sc.
Ivana Salopek Čubrić

STUDENTICA:
univ. bacc. ing. techn. text.
Dubravka Zbašnik,
10734 TTI - PMT

Zagreb, veljača 2019.

Naziv studija: Tekstilno-tehnološki fakultet

Naziv smjera: Tekstilna tehnologija i inženjerstvo

Naziv zavoda: Zavod za projektiranje i menadžment tekstila

Kandidatkinja: Dubravka Zbašnik, univ. bacc. ing. techn. text.

Naslov rada: Analiza svojstava kirurških pređa

Voditeljica rada: izv. prof. dr. sc. Ivana Salopek Čubrić

Jezik teksta: hrvatski

Broj stranica: 65
Broj slika: 67
Broj tablica: 39
Broj literaturnih izvora: 9

Članovi povjerenstva:
1. izv. prof. dr. sc. Vesna Marija Potočić Matković, predsjednica
2. izv. prof. dr. sc. Ivana Salopek Čubrić, članica
3. doc. dr. sc. Goran Čubrić, član
4. doc. dr. sc. Dragana Kopitar, zamjenica člana

Datum predaje i obrane rada:

Zahvale…

Srdačno zahvaljujem mentorici izv. prof. dr. sc. Ivani Salopek Čubrić na nesebičnim uputama, savjetima te neiscrpnom strpljenju tijekom izrade i pisanja ovoga rada.

Veliko hvala svim djelatnicima Tekstilno-tehnološkog fakulteta čije sam kolegije imala priliku slušati tokom studija. Posebno hvala Zavodu za projektiranje i menadžment tekstila zbog iznimne susretljivosti, prenesenog znanja i iskustva.

Veliko hvala dobrim ljudima, dragim prijateljima i kolegama koji su dijelili sa mnom slatke studentske brige.

Naposljetku, najveća HVALA mojim najdražima koji su uvijek vjerovali u mene i moj uspjeh kada ni sama nisam. Hvala Vam na bezgraničnoj ljubavi, strpljenju i povjerenju. Hvala na ohrabrenju u svim trenucima nesigurnosti koji su me zatekli na ovom putu.

SAŽETAK

U radu su ispitani utjecaji suhog, mokrog te stanja nakon habanja na vlačna svojstva pređa s različitim izvedbama konfiguracija kirurških čvorova. Tekstilni materijal u obliku kirurškog konca mora imati optimalnu kombinaciju svojstava koja su relevantna za ovu određenu specifičnu primjenu u posebno zahtjevnom području operativnih medicinskih zahvata. U eksperimentalnom dijelu opisani su i fotografijom potkrijepljena vezivanja odabranih konfiguracija kirurških čvorova. Ispitivanje vlačnih svojstava provedeno je pomoću dinamometra Statimat M na ukupno 492 epruveta, odnosno na 12 različitih konfiguracija kirurškog čvora u suhom i mokrom stanju te stanju nakon habanja. Na temelju provedenog ispitivanja vlačnih svojstava utvrđeno je da mokro stanje epruveta ima izražen utjecaj na sve segmente ispitivanja, odnosno na sve ispitivane parametre. Uočeno je da u mokrom stanju produljenje epruveta u momentu prekida bilježi veće vrijednosti od produljenja epruveta u suhom stanju i stanju nakon habanja. Što se ostalih svojstava tiče, zabilježeni su niži iznosi vrijednosti prekidne sile, rada do prekida i čvrstoće pri ispitivanju epruveta u mokrom stanju. Vezano za određene konfiguracije kirurških čvorova, kirurški dvojni polučvor i kirurški čvor podveze 2x1 ističu se najvišim iznosima u svakom segmentu mjerenja vlačnih svojstava te u svakom ispitivanom stanju. Prema tome može se zaključiti da je prilikom ovog istraživanja ovaj tip konfiguracije kirurškog čvora pouzdaniji od ostalih konfiguracija u pogledu navedenih vlačnih svojstava bez obzira u kojem se stanju nalazi.

Ključne riječi: pređa, vlačna svojstva, konfiguracija čvora, čvrstoća, šav

SUMMARY

This thesis presents the analysis of the influences of dry, wet and abrasion conditions on a tensile property of yarn with different surgical knot configuration. Textile material as a surgical thread must have an optimal combination of properties relevant to this specific application in a particularly demanding area of surgical medical treatment. The experimental part refers to the photographs and descriptions of selected surgical knot configurations which are applied in a tensile test. Tensile properties of yarns are tested on the dynamometer Statimat M in a total of 492 samples, among which 12 are knotted differently for each type of condition. The results of the testing determined that the wet condition had an influence on all tested segments, i.e. on all parameters. It was noticed that the amount of value for breaking elongation in the wet is higher than the values for elongations in the remaining conditions. Furthermore the results showed lower values of testing breaking force, work to break and relative tenacity in wet. Regarding the knot configuration, the Surgeon's Double Semi-knot and Surgeon's Knot 2x1 show the highest values in each segment of testing tensile properties and in each examined condition. According to this research, it can be concluded that these knot configurations are more reliable in testing tensile properties than others, regardless of condition.

Key words: yarn, tensile properties, knot configuration, tenacity, suture

SADRŽAJ

1. UVOD……1

2. TEORIJSKI DIO……...……....2
2.1. Struktura kirurških niti i označavanje……...…….…4
2.2. Pregled prethodnih istraživanja……..5

3. EKSPERIMENTALNI DIO ……8
3.1. Nazivlje, nomenklatura i označavanje konfiguracija kirurških čvorova……..10
3.1.1 Kirurški polučvor……11
3.1.2. Kirurški dvojni polučvor……...…….11
3.1.3. Schloffer-ovi čvorovi……..……...12
3.1.4. Kirurški čvor podveze……12
3.1.5. Kirurški trostruki čvor……..…….….13
3.1.6. Kirurški dvostruki dvojni čvor……...14
3.1.7. Kirurški čvor omčom…….….14

4. REZULTATI……..….….16
4.1. Rezultati ispitivanja u suhom stanju……..16
4.2. Rezultati ispitivanja u mokrom stanju……...29
4.3. Rezultati ispitivanja nakon procesa habanja……...…...41
4.4. Fotografije epruveta nakon procesa habanja …….53
4.5. Skupni rezultati ispitivanja……...57

5. RASPRAVA…….61

6. ZAKLJUČAK……..63

7. LITERATURA…….65

1. UVOD

U svim operacijskim zahvatima vrlo je važno poznavati kirurške tehnike šivanja, a s time u vezi i vezivanje kirurških čvorova. Iako kirurški čvorovi čine samo detalj u cjelokupnoj praksi, usavršavanje takvih detalja dovodi do vještine obavljanja čitavog operacijskog zahvata što predstavlja svakodnevnu rutinu operatera. Budući da svaki operacijski postupak dovodi do nanošenja ozljede bolesniku, sposobnost operatera da tu ozljedu tkiva svede na minimum temelji se na dobrom poznavanju anatomije, instrumenata koje koristi te na postupcima koje izvodi. Postoje brojne tehnike šivanja te različiti načini vezivanja čvorova. Kirurški čvor kao takav najslabiji je dio podveza ili šava te mora biti pravilno izveden i siguran, odnosno dovoljno čvrst da ne klizi i dovoljno čvrst da se ne prekine. Također, ne smije se odvezati niti popustiti, a pritom da njegovo izvođenje bude čim jednostavnije i lakše. Ne jednom, uspjeh operacije ovisi upravo o čvoru [1]. U skladu s time, ovo posebno zahtjevno područje mora imati optimalnu kombinaciju svojstava koja su relevantna za uspješno izvođenje operacijskih zahvata. Međutim, pretraživanjem literature može se uočiti nedostatak objavljenih informacija o sigurnosti i ispitivanju kirurških čvorova. Stoga je svrha i cilj ovoga diplomskoga rada analizirati sigurnost odabranih konfiguracija kirurških čvorova u pogledu njihovih vlačnih svojstava s osvrtom na utjecaje suhog, mokrog te stanja nakon habanja u kojem će se ispitivane epruvete nalaziti. Ispitivanje je vršeno na končanoj pređi izrađenoj iz viskoznih vlakana na kojoj su prethodno vezane različite konfiguracije kirurških čvorova. Mjerenje je provedeno na dvadeset epruveta po pojedinoj konfiguraciji čvora u suhom stanju te dvadeset epruveta po pojedinoj konfiguraciji u mokrom, odnosno vlažnom stanju. Kao primjer stvarnom stanju, vezane su dodatne konfiguracije kirurških čvorova, ukupno dvanaest epruveta, odnosno po jedna epruveta svake konfiguracije koje su potom podvrgavane procesu šezdeset ciklusa habanja. Nakon habanja, provedeno je ispitivanje njihovih vlačnih svojstava te su zatim uspoređene razlike s epruvetama koje nisu prolazile ciklus habanja. Sveukupno je ispitano 492 epruveta. Rad je kao takav nastavak istraživanja započetog u sklopu završnog rada Zbašnik D.: „Analiza utjecaja vrste kirurškog čvora na vlačna svojstva pređe“.

2. TEORIJSKI DIO

Kada je riječ o primjeni pređa u kirurgiji i njihovim bitnim dijelovima, terminološki je važno razlikovati šav, čvor, petlju i omču. Šav je kompleksan koglomerat, odnosno nakupina koja drži u kontaktu krajeve tetive i sastoji se od više omči i jednog ili dva čvora koji se sastoji od petlji. Omča je dio šava kojom končana pređa s unutarnje ili vanjske strane „zaomčuje“, odnosno zahvaća dio tetive. Čvor je mjesto gdje dva kraja končane pređe dolaze u kontakt i kojim se fiksiraju jedan kraj za drugi, a sastoji se od nekoliko petlji, uobičajeno jedne dvostruke i tri jednostruke petlje. Mjesto čvora uobičajeno je između krajeva tetive ili bočno na tetivi [1]. Sposobnost čvorova i šavnih materijala da održe aproksimaciju tkiva tijekom procesa ozdravljenja bez klizanja, odvezivanja ili pucanja utječe na sigurnost cijelog šava. Stoga neuspjeh šavova može biti posljedica bilo otpuštanja ili prekida čvorova [2]. Povrh toga, sigurnost kirurškog čvora podrazumijeva otpor klizanju ili prekidu pri djelovanju opterećenja, a ta sigurnost čvora ovisi i o njegovoj strukturnoj konfiguraciji kao i o vrsti materijala koji se koristi za njegovo vezivanje. Dakle, koeficijent trenja utječe na pouzdanost kirurškog čvora, no budući da je pritom neizbježno doći u kontakt s tjelesnom tekućinom, svakako se mora uzeti u obzir i vlažnost materijala koja pak može utjecati na koeficijent trenja, s time u vezi i na sigurnost kirurškog čvora [3]. Nasuprot tome, osim prekida niti, odnosno kirurškog čvora, može doći i do već spomenutog klizanja čvora. Za sigurnost od klizanja može se koristiti veći broj petlji u čvoru nego što je potrebno. Međutim, svaka dodatna petlja u čvoru produžuje duljinu operativnog postupka. Osim toga, višak potrošenog materijala izaziva jaču reakciju tkiva na strano tijelo te upale kao odgovor tkiva. Stoga kirurg mora vezati optimalan, no siguran broj čvorova u svakom šavu pomoću najmanjeg broja petlji [2].

Kako je iznos sile potreban za prekid končane pređe vezane u čvor manji od iznosa sile potreban za prekid končane pređe bez čvora, to dokazuje da je čvor najslabiji dio povezivanja. Vrijednost iznosa sile potrebne za raskid kirurškog konca u čvoru ovisi o više parametara poput broja petlji u čvoru, vrsti materijala koji se koristi, promjerom šava, stanje u kojem se nalazi, itd. [2].

U literaturi, istraživači navode da vrijeme u kojem kirurški čvor zadržava svoju sigurnost, odnosno vlačna svojstva je najmanje dva tjedna nakon zahvata, a optimalno oko osam tjedana nakon izvođenja zahvata [3]. U svakom slučaju, kirurško šivanje, a s time u vezi i kirurško vezivanje čvorova, predstavljaju svakodnevnu rutinu operatera te

su kao takvi vrlo važni segmenti oporavka pacijenta. Stoga začuđuje nedostatak objavljenih informacija o sigurnosti pojedinih šavova i različitih načina vezivanja čvorova. Naime, primijenjene metode kao i odabrani materijali za šivanje obično su stvar navike operatera, nagađanja ili tradicije. Iako postoje različita mišljenja, objavljeno je vrlo malo eksperimentalnih radova u kojima se ispituje sigurnost različitih čvorova. Jedno ispitivanje provedeno 1984. godine pokazalo je da iako većina operatera vjeruje da koristi sigurne čvorove kvadratne konfiguracije, 80% njih zapravo koristi sklizne čvorove. Također, manje od 15% ispitivanih operatera moglo je identificirati čvor koji su koristili pomoću shematskog dijagrama. Prva objavljena ispitivanja sigurnosti čvorova datiraju iz 1913. godine. U pregledu prethodnih istraživanja, Delimar navodi da je teško međusobno usporediti njihove rezultate [4].

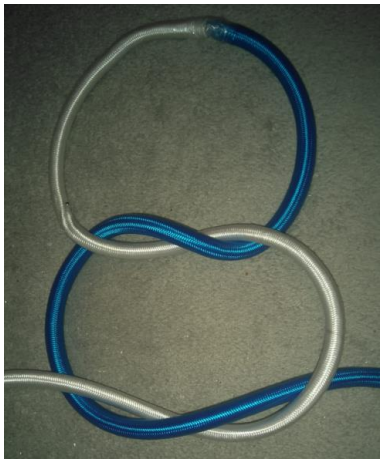
U istraživanjima se navodi da je uzrok okliznuća čvora u 80% slučajeva odabir krivog čvora za pojedinu primjenu. Dakle, ukoliko je izabrana odgovarajuća konfiguracija kirurškog čvora te je pritom pravilno, optimalno formirana i zategnuta, okliznuće se gotovo može eliminirati kao uzrok popuštanja šava. Iz navedenih razloga jasno je da operater mora dobro poznavati vezanje čvorova budući da odabir odgovarajuće tehnike vezanja čvora i odgovarajućih materijala pri postavljanju šava direktno utječe na njegovu sigurnost. Iako se pretpostavlja da je vezanje čvorova jednostavno i elementarno za svakog operatera, on to mora obaviti dobro i efikasno kako ne bi došlo do postoperacijskih komplikacija [4].

Prema literaturi, najelementarnijim osnovnim čvorom smatra se kirurški polučvor te je on prema tome najvažnija i najčešće izvođena konfiguracija. Naknadne korekture bilo koje konfiguracije čvora vrlo je teško i zahtjevno izvesti. Također, naknadno postavljeni čvorovi ne mogu poboljšati loše vezan osnovni čvor, mogu samo povećati njegov obujam. Prilikom izbora oblika čvora, uvijek se daje prednost najjednostavnijem čvoru pa je i to razlog što operateri u svom svakodnevnom radu koriste samo nekolicinu standardnih oblika čvorova. Gotov čvor je završen kada se obje niti zategnu u suprotnim smjerovima. Najčešće korišteni oblici su kvadratni, muški ili mornarski te kirurški čvor. S druge strane, najčešća pogreška pri formiranju čvora dovodi do stvaranja ženskog, bakinog ili čvora pijanog mornara, dok najčešća pogreška pri zatezanju dovodi do sklizne konfiguracije čvora. Obje su pogreške vrlo česte i dovode do stvaranja izrazito nesigurnih konfiguracija čvora [4].

Nadalje, kirurg mora biti u stanju vezati uvijek pouzdan kirurški čvor što je brže moguće te u svakoj situaciji, a preporuka je da će to najsigurnije učiniti vrhovima

prstiju. Potrebno je da petlje u čvorovima budu ravnomjerne i ispravno orijentirane. Izvođenje kirurških čvorova preporuča se učiniti s dvije ruke s jastučićima vrhova prstiju budući da se na taj način može najlakše kontrolirati napetost niti. S druge strane, ponekad kirurški instrument može oštetiti niti nepravilnim rukovanjem [5].

Istraživači Tera i Aberg 1976. godine uveli su standardizirane oznake za opis čvorova zategnutih u plosnatoj ili položenoj konfiguraciji. Oznake su temeljene na izgledu, a ne na načinu formiranja, odnosno na stvarnoj strukturi čvora. Tako je primjerice kvadratni čvor označen 1=1 što ne znači da su čvorovi koji formiraju gotov čvor jednaki – nisu jednaki, već zbog toga što svaka nit ulazi i izlazi iz čvora na istoj strani petlje koju formira druga nit, Slika 1. Bakin gotovi čvor označen je prema istom principu 1x1 zbog toga što niti ulaze i izlaze na različitim stranama petlje koju formira druga nit. Koristeći Tera-ove oznake, 1=1 označava gotovi čvor koji se sastoji od dva čvora s jednim okretom u svakom čvoru, gdje niti izlaze na istoj strani petlje na kojoj i ulaze. Ove simboličke oznake značajno pojednostavljuju razumijevanje principa vezivanja [4]. U ovom radu korištene su upravo spomenute standardizirane oznake koje se baziraju na temelju njihova izgleda.



Slika 1. Primjer označenog čvora 1=1

2.1. Struktura kirurških niti i označavanje

Kirurške pređe mogu biti monofilamentne i multifilamentne. Pređe tanje strukture uglavnom su monofilamenti. Zbog glatke, zatvorene površine te potpuno zatvorene unutrašnjosti njima je lakše prolaziti kroz tkivo koje se šiva te s time u vezi su i sigurnije za uporabu pri operativnim zahvatima. Povrh toga, površina multifilamenata

često može biti gruba što otežava prolaz kroz tkivo koje se šiva. Važno je napomenuti da na vlačna svojstva i na konfiguraciju kirurškog čvora, osim sirovinskog sastava materijala i strukture materijala, utječe i debljina niti. Stoga je debljina niti precizno klasificirana decimalnim sustavom prema EP – Europskoj Farmakopeji. Za razliku od ranijih klasifikacija prema DAB6 i USP, ovaj način označavanja izravno je povezan sa stvarnim promjerom niti, primjerice EP 3 = 3 x 0,1 mm = 0,3 mm [5].

2.2. Pregled prethodnih istraživanja

Detaljnim pretraživanjem relevantne medicinske literature, baze podataka i objavljenih znanstvenih članaka i radova, utvrđen je nedostatak opsežnih studija koje bi obuhvatile istraživanje sigurnosti kirurških čvorova. Ipak, razvojem tehnologije i znanosti, u proteklih nekoliko godina uočen je napredak te je tako nekolicina istraživača provela studije koje potkrjepljuju ovu temu. U Tablici 1. dan je pregled odabranih prethodnih istraživanja i ispitivanja mehaničkih svojstava kirurških čvorova. Ispitivanja su većinom vršena na malom broju različitih konfiguracija kirurških čvorova. Najčešće primjenjivana konfiguracija je kvadratni čvor. Mjerni uređaji na kojima je vršeno ispitivanje ponekad su uključivale improvizacije, a u nekoliko studija upotrebljavan je tenziometar ili kidalica. Međutim, istraživači su glavni naglasak davali sirovinskom sastavu te na temelju toga iznosili prosječne rezultate i svoje zaključke. Nasuprot tome, neka istraživanja uključivala su studije u posebnim uvjetima poput *in vivo* uvjeta. Nadalje, u nekoliko radova nije dan podatak o mjernom uređaju na kojima su se ispitivali uzorci. Među objavljenim relevantnim referencama prikazanim u Tablici 1, nije pronađeno istraživanje koje bi obuhvaćalo poveći broj različitih konfiguracija kirurških čvorova te njihovoj razlici, odnosno usporedbi ispitivanja u suhom i mokrom stanju te stanju nakon provedbe procesa habanja. Navedena stanja mogu itekako u određenoj mjeri imati utjecaj na ispitivano svojstvo. Upravo ti navedeni nedostaci otvaraju prostor za istraživanje u kojem bi se nastojalo utvrditi utjecaj pojedinih stanja na ispitivane parametre.

Tablica 1. Pregled prethodnih istraživanja mehaničkih svojstava kirurških čvorova

Istraživač/ godina	Vrste primijenjenih čvorova	Način ispitivanja	Sirovinski sastav	Prosječni rezultati				Mjerni uređaj
Muffly i sur. 2010.	kirurški čvor, kvadratni čvor	(oponašanje *in vivo* uvjeta) pređe s čvorom natopljene u 9%-tnoj otopini NaCl 60 sec	Kromni katgut PGLA 910 Svila PDS	SK 67 N 81 N 59 N 109 N		SQ 69 N 86 N 54 N 95 N		Tenziometar
Fong i sur. 2008.	kirurški čvor, kvadratni čvor, čvor petljom, Aberdeen-ov čvor	-	PGA PA PDS	SK 63 N 41 N 52 N	SQ 59 N 44 N 54 N	LP 213 N 115 N 158 N	AbK 73 N 45 N 58 N	Tenziometar
Nigliazzo i sur. 2011.	kvadratni čvor, klizni čvor, hibridni čvor	-	PP	sigurnost čvora [%]				-
				SQ 70	klizni 84	Hibridni 85		
Ilahi i sur. 2004.	kvadratni čvor Revo čvor SMC čvor	cikličko opterećenje 10-40 N, povećanje za 10 N svake sljedeće razine	-	broj uzoraka koji je izdržao opterećenje do 120 N				-
				SQ 10	Revo čvor 10	SMC čvor 6		
Klobučar i sur. 2008.	SAK čvor SMC čvor	Mjeri se krajnje zatajenje (klizanje/ pucanje) i kliničko zatajenje (tj. sila kod koje se čvor rastegne za 3 mm)	-		kliničko zatajenje	krajnje zatajenje		Kidalica
				SAK čvor SMC čvor	249 ± 29 N 191 ± 40 N	292 ± 34 N 276 ± 39 N		
Vincent i sur. 2017	kvadratni čvor RHAP čvor	-	svila PGLA 910	SQ 24 - 30 N 29 - 45 N		RHAP čvor 23 – 31 N 23 - 45 N		Statički stroj za povlačenje

Goldenberg i sur. 2009.	interkorporalni ravno-kvadratni čvor, interkorporalni klizno-kvadratni čvor, ekstrakorporalni kvadratni čvor	KQS - objektivna računalna metoda – usporedba čvrstoće čvorova i brzine klizanja	-	IFSQ ISSQ ESQ	105 N 100 N 101 N	tenziometar i KQS
Dycus i sur. 2013.	jednostruko zaključani kvadratni čvor, dvostruko zaključani kvadratni čvor, kvadratni čvor	-	-	sSLK dSLK SQ	133 N 126 N 64 N	dinamometar

Oznake korištene u tablici: SK (surgeon's knot) - kirurški čvor, SQ (square knot) - kvadratni čvor, LP (loop-knot) - čvor petljom, ABK - Aberdeen-ov čvor, RHAP (Reversing half-hitch alternating post) - povratni polučvor, PGLA 910 - poliglaktin, PDS – polidioksanon, PA – poliamid, PP – polipropilen, SMS knot - Samsung Medical Centre, SAK knot - Secure Arthroscopic Knot, KQS (Knot Quality Score) – objektivni bodovni sustav, IFSQ (Intracorporeal Flat-square Knot) - interkorporalni ravno-kvadratni čvor, ISSQ (Intracorporeal Slip-square Knot) - interkorporalni klizno-kvadratni čvor, ESQ (Extracorporeal Square Knot) – ekstrakorporalni kvadratni čvor

3. EKSPERIMENTALNI DIO

U eksperimentalnom dijelu ovoga rada ispitani su utjecaji triju stanja na odabrane konfiguracije kirurških čvorova. Postupak ispitivanja otpornosti kirurške pređe proveden je na pojedinačnim epruvetama u suhom stanju, mokrom stanju te stanju nakon provedbe 60 ciklusa habanja. Epruvete koje su bile u mokrom stanju prethodno su umočene u vodu iz slavine te blago ocijeđene. Epruvete stegnute između stezaljki podvrgavane su djelovanju vlačne sile sve do njihova prekida. Na sredini svake mjerne duljine epruvete, vezana je jedna konfiguracija kirurškog čvora pa se uslijed toga, materijal uz vlačnu silu, opterećuje i silom savijanja na mjestu zavezane konfiguracije kirurškog čvora. Vlačna svojstva kirurške pređe ispitivane su na dinamometru za pređu i plošne proizvode Statimat M njemačke tekstilne tvrtke Textechno. Prilikom ispitivanja korištena je norma HRN ISO 2062-2003. Ispitivanje je provedeno uz predopterećenje 0,5 ± 0,1 cN/tex i konstantnu brzinu iznosa 200 mm/min kako je preporučeno međunarodnom normom. Korištene su dvije pneumatske aktivirane stezaljke od kojih je gornja statična, a donja pričvršćena na klizač za rastezanje. Razmak između stezaljki dinamometra bio je 100 mm. Dinamometar Statimat M opremljen je računalnim sistemom Testcontrol koji preuzima zadatke statističkog vrednovanja mjernih rezultata i podešavanja uvjeta i parametara, Slika 2. i 3. Za ispitivanje je bilo priređeno ukupno 492 epruveta, odnosno po 20 epruveta vezanih u 12 različitih konfiguracija kirurškog čvora za ispitivanje u suhom stanju - ukupno 240; 20 epruveta vezanih u 12 različitih konfiguracija kirurškog čvora za ispitivanje u mokrom stanju - ukupno 240; te po jedna epruveta svake konfiguracije - ukupno 12, za podvrgavanje procesu habanja i potom ispitivanju na dinamometru radi usporedbe rezultata. Također, dane su fotografije stanja konfiguracija kirurških čvorova nakon provedbe procesa 60 ciklusa habanja koje su fotografirane digitalnim mikroskopom Dino-Lite, model AM4113T s povećanjem 50 x uz reflektirano LED svjetlo. Za ispitivanje je korištena viskozna kirurška pređa finoće 155 dtex x 3. Zbog ekstremno velikih troškova nije postojala mogućnost korištenja svih danas upotrebljavanih materijala. Za potrebe preglednosti i razumijevanja vezivanja kirurških čvorova, konfiguracije koje su primjenjivane u ovom radu vezane su debelim užetom plave i bijele boje što će se moći vidjeti na fotografijama u nastavku rada. Također, eksperimentalni modeli razlikuju se od uvjeta *in vivo*. Međutim, budući da su svi čvorovi koji su bili uključeni u ovo ispitivanje bili ispitivani istodobno i pod

identičnim uvjetima, očekuju se približno ista svojstva promatranih čvorova i u uvjetima *in vivo*, odnosno prilikom njihova korištenja tijekom operacijskih zahvata.



Slika 2. Prikaz dinamometra tt. Textechno (lijevo) i prikaz stezaljki dinamometra prilikom ispitivanja (desno)



Slika 3. Prikaz zaslona monitora prilikom rada dinamometra (lijevo) i prikaz habalice Zweigle prilikom rada (desno)

3.1. Nazivlje, nomenklatura i označavanje konfiguracija kirurških čvorova

U sklopu ovoga poglavlja dana je Tablica 2. koja sadrži oznake konfiguracija kirurških čvorova te njihove nazive. U nastavku slijede i fotografije načina vezivanja sviju konfiguracija koje su bile primijenjene, odnosno ispitivane u ovom radu, a radi bolje preglednosti na fotografijama je simbolično korišteno debelo uže u bijeloj i plavoj boji [6,7,8].

Tablica 2. Nazivi i oznake ispitivanih konfiguracija kirurških čvorova

Oznaka konfiguracije	**Naziv konfiguracije čvora**
U1	Kirurški polučvor
U2	Kirurški dvojni polučvor
U3	Schlofferov muški čvor, poznat još kao mornarski; simetrični; četvrtasti čvor, 1=1
U4	Schlofferov ženski čvor, poznat još kao nesimetrični; bakin čvor ili čvor pijanog mornara, 1x1
U5	Kirurški čvor podveze 2x1
U6	Kirurški čvor podveze 2=1
U7	Kirurški trostruki čvor 1x1x1
U8	Kirurški trostruki čvor 1=1=1
U9	Kirurški dvostruki dvojni čvor 2x2
U10	Kirurški dvostruki dvojni čvor 2=2
U11	Kirurški čvor jednostruke omče
U12	Kirurški čvor dvostruke omče

3.1.1 Kirurški polučvor

Kirurški polučvor vezan je tako što se krajevi niti uvinu jedan preko drugoga, odnosno ukriže, donja nit jednom je prebačena preko gornje niti, Slika 4. Razlikuje se lijevi i desni polučvor ovisno kojom je rukom kraj niti prebačen [6,7,8].



Slika 4. Kirurški polučvor, U1

3.1.2. Kirurški dvojni polučvor

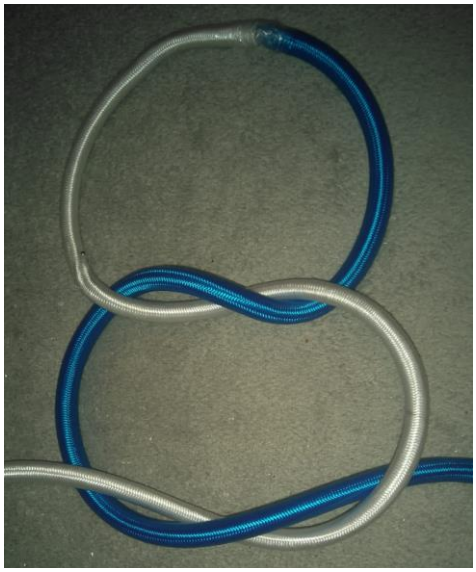
Ova konfiguracija čvora nastaje istim postupkom kao i kirurški polučvor jedina je razlika u tome što je umjesto jednom, donja nit dva puta prebačena preko gornje, Slika 5. [6,7,8].



Slika 5. Kirurški dvojni polučvor, U2

3.1.3. Schloffer-ovi čvorovi

Prema imenu austrijskoga kirurga Hermann Schloffer-a, dobila su ime dva kirurška čvora koji se još nazivaju muški, mornarski ili simetrični, a drugi ženski, bakin ili nesimetrični čvor. Schloffer-ov muški, mornarski, simetrični ili četvrtasti, kvadratni čvor 1=1 sastoji se od kombinacije dvaju polučvorova u paralelnom, odnosno simetričnom odnosu, Slika 6. Prema tome znak „=“ označava jedan usporedo jedan, odnosno podrazumijeva zaokret niti u jednakom smjeru kao onaj prethodni, a broj 1 označava broj okreta u čvoru. Schloffer-ov ženski ili poznat još kao nesimetrični, bakin ili čvor pijanog mornara 1x1, Slika 7. predstavlja čvor „jedan ukriženo jedan“. Ova konfiguracija slična je prethodnoj te se također sastoji od dva polučvora, no u asimetričnoj kombinaciji, odnosno drugi zaokret niti u suprotnom je smjeru od prethodnog što se označava znakom „x“ [6,7,8].



Slika 6. Schloffer-ov muški, mornarski, simetrični, četvrtasti čvor 1=1, U3



Slika 7. Schloffer-ov ženski, nesimetrični, bakin ili čvor pijanog mornara 1x1, U4

3.1.4. Kirurški čvor podveze

Kirurški čvor podveze poznat još kao ligaturni izvodi se na dva načina. Sastoji se od dva reda čvorova pri čemu se u prvom redu načini dvostruki okret, a u drugom redu nalikuje na nesimetrični ženski čvor. Drugim riječima, ukoliko se na dvojni polučvor učini još jedan polučvor ukriženo tada se dobiva kirurški čvor podveze 2x1, Slika 8. Drugi način konfiguracije sastoji se od dvojnog polučvora u jednom redu te još jednog

polučvora u drugom redu u paralelnoj kombinaciji s prvim redom te je prema tome ova konfiguracija kirurškog čvora podveze označena 2=1, Slika 9. [6,7,8].



Slika 8. Kirurški čvor podveze 2x1, U5



Slika 9. Kirurški čvor podveze 2=1, U6

3.1.5. Kirurški trostruki čvor

Kirurški trostruki čvor konfiguracije 1x1x1 poznat još kao Mayo čvor veže se kao kombinacija triju polučvorova tako što se sastoji od tri reda pri čemu niti u sljedećem redu zaokreću suprotno od prethodnog zaokreta, odnosno ukriženo, Slika 10.
Kada bi se ovakva konfiguracija načinila tako da svaki red polučvora stoji paralelno s prethodnim, Slika 11. tada bi se takav kirurški trostruki, odnosno Mayo čvor označio 1=1=1 [6,7,8].



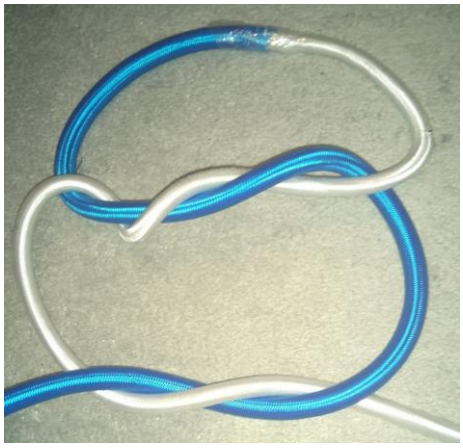
Slika 10. Trostruki čvor 1x1x1, U7



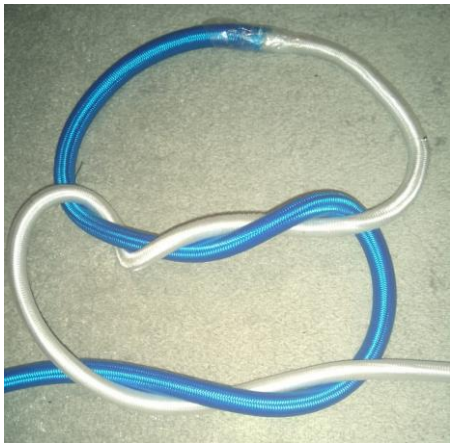
Slika 11.Trostruki čvor 1=1=1, U8

3.1.6. Kirurški dvostruki dvojni čvor

Kirurški dvostruki dvojni čvor sastoji se od kombinacije dvaju reda vezivanja, odnosno od dvaju dvojnih polučvora u jednom redu te još jednog polučvora postavljeno usporedo ili ukriženo. Ukoliko su niti u drugom redu postavljene asimetrično, tj. ukriženo s nitima u prvom redu označava se 2x2, Slika 12., a ukoliko su niti u drugom redu postavljene simetrično s postavom niti u prvom redu tada se označuje 2=2, Slika 13. [6,7,8].



Slika 12. Dvostruki dvojni čvor 2x2, U9



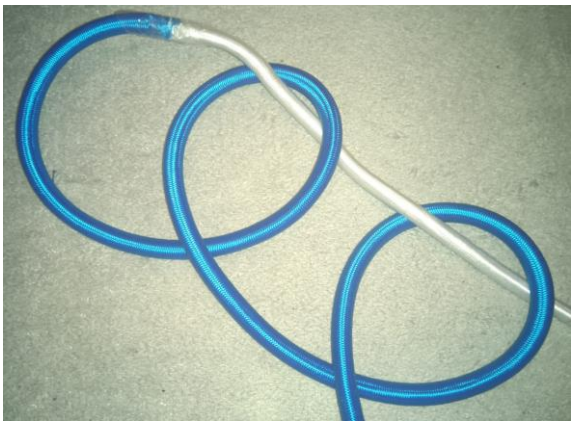
Slika 13. Dvostruki dvojni čvor 2=2, U10

3.1.7. Kirurški čvor omčom

Kirurški čvor omčom može biti jednostruke ili dvostruke konfiguracije. Pri klasičnom načinu vezivanja čvora, rukuje se s oba kraja niti, dok se pri pravljenju čvora omčom jedan kraj niti drži napetim i miruje, a drugi kraj niti omotava se i pravi određena konfiguracija. Pri vezivanju čvora jednostrukom omčom riječ je o jednostavnom načinu konfiguracije gdje se kraj niti tri puta prebaci oko stajaće niti i to ispod-iznad-ispod, Slika 14. Kod kirurškog čvora dvostruke omče dva puta se načini okret oko mirujuće niti također na način ispod-iznad-ispod, Slika 15. [6,7,8].



Slika 14. Čvor jednostruke omče, U11



Slika 15. Čvor dvostruke omče, U12

4. REZULTATI

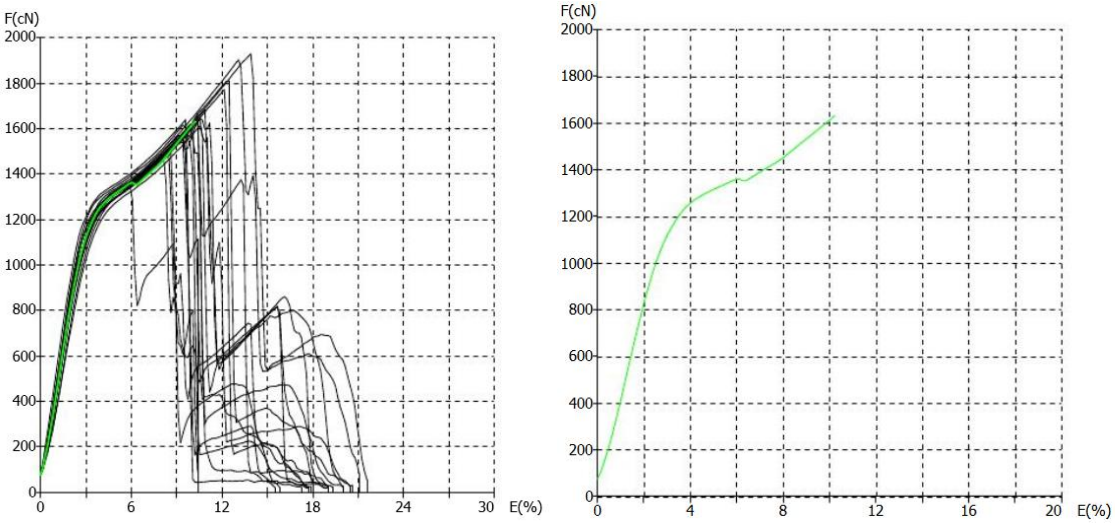
Unutar ovoga poglavlja prikazani su rezultati ispitivanja vlačnih svojstava epruveta s različitim izvedbama konfiguracijama kirurških čvorova vezanih na sredini mjerne duljine končane pređe. Ispitivanje je provedeno na epruvetama u suhom stanju, mokrom stanju te stanju nakon provedbe procesa 60 ciklusa habanja. Rezultati su prikazani tablično koristeći označavanje navedeno u Tablici 2. Iza svake tablice slijedi grafički prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja i F/E dijagrama prosječnih vrijednosti za jednaku konfiguraciju čvora.

4.1. Rezultati ispitivanja u suhom stanju

U sklopu ovog poglavlja, tabelarno i grafički prikazani su rezultati ispitivanja epruveta u suhom stanju. Dane su prosječne vrijednosti rezultata vlačnih svojstava prema statističkim parametrima u tablicama 3-14. Na slikama 16-27 slijede grafički prikazi F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja te dijagram prosječnih vrijednosti za ispitivanje epruveta u suhom stanju.

Tablica 3. Vlačna svojstva konfiguracije U1 – ispitivanje u suhom stanju

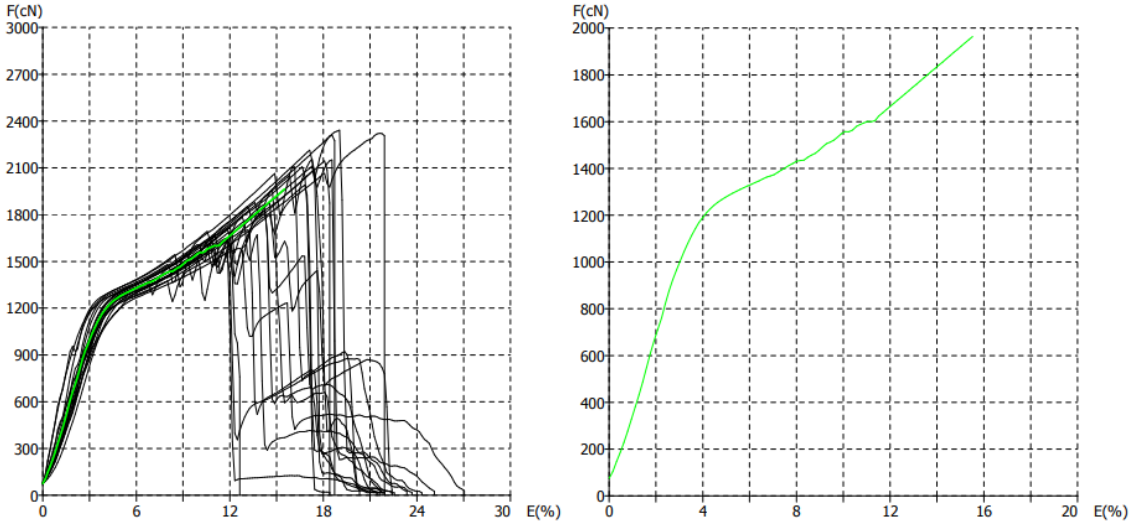
Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna vrijednost**	**Maksimalna vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	10,26	1,83	17,79	5,98	14,04
Prekidna sila [N]	16,34	1,41	8,65	13,54	19,31
Rad do prekida [Nxcm]	12,38	3,06	24,74	5,90	18,97
Čvrstoća [cN/tex]	10,90	0,94	8,65 %	9,03	12,87



Slika 16. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U1– ispitivanje u suhom stanju

Tablica 4. Vlačna svojstva konfiguracije U2 – ispitivanje u suhom stanju

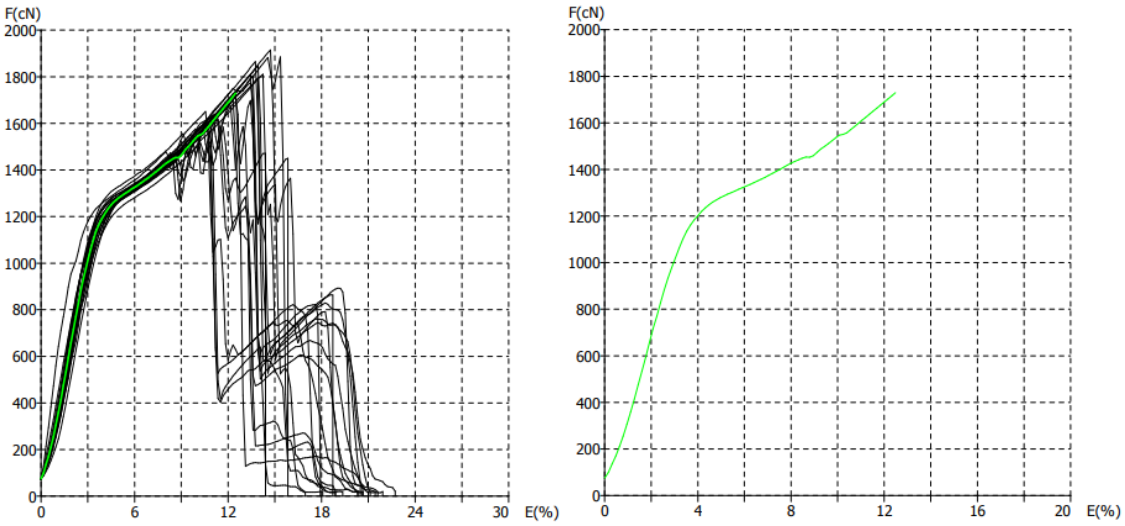
Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna vrijednost**	**Maksimalna vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	15,50	3,03	19,54	10,53	21,61
Prekidna sila [N]	19,68	2,430	12,37	15,83	23,43
Rad do prekida [Nxcm]	21,20	5,86	27,65	12,37	32,46
Čvrstoća [cN/tex]	13,13	1,62	12,37	10,56	15,63



Slika 17. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U2 – ispitivanje u suhom stanju

Tablica 5.Vlačna svojstva konfiguracije U3 – ispitivanje u suhom stanju

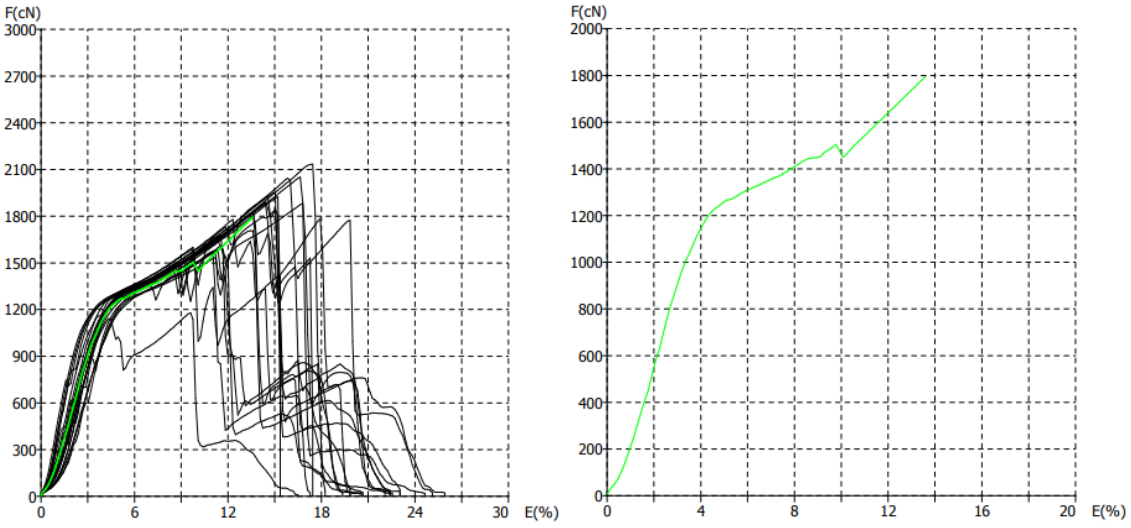
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna Vrijednost
Prekidno istezanje [%]	12,56	1,62	12,93	9,97	15,47
Prekidna sila [N]	17,33	1,14	6,60	15,17	19,17
Rad do prekida [Nxcm]	15,53	2,73	17,55	11,20	20,43
Čvrstoća [cN/tex]	11,55	0,76	6,60	10,12	12,78



Slika 18. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U3 – ispitivanje u suhom stanju

Tablica 6. Vlačna svojstva konfiguracije U4 – ispitivanje u suhom stanju

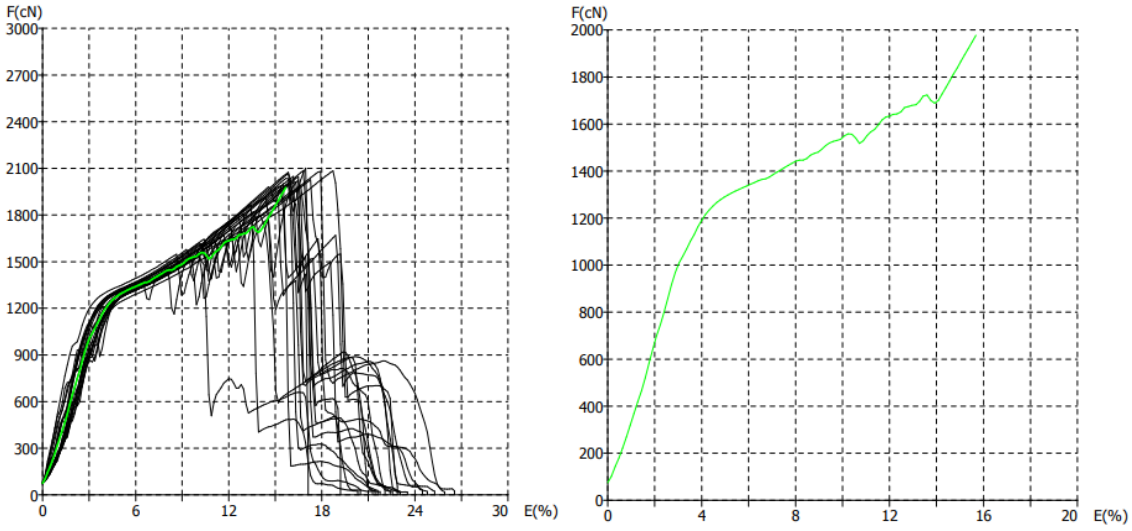
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	13,67	2,35	17,22	9,70	17,56
Prekidna sila [N]	17,98	2,16	12,04	11,79	21,35
Rad do prekida [Nxcm]	16,93	4,31	25,49	7,80	24,26
Čvrstoća [cN/tex]	12,89	1,34	12,04	7,71	14,89



Slika 19. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U4 – ispitivanje u suhom stanju

Tablica 7. Vlačna svojstva konfiguracije U5 – ispitivanje u suhom stanju

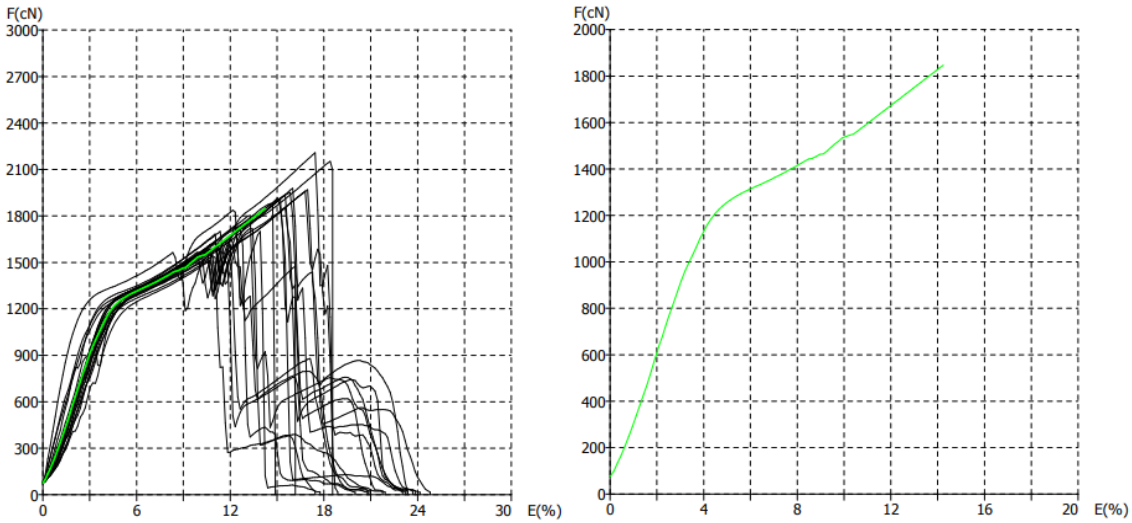
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	15,76	1,89	11,98	9,99	18,79
Prekidna sila [N]	19,81	1,28	6,50	15,76	21,10
Rad do prekida [Nxcm]	21,46	3,32	15,47	11,68	26,28
Čvrstoća [cN/tex]	13,21	0,86	6,50	10,51	14,07



Slika 20. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U5 – ispitivanje u suhom stanju

Tablica 8: Vlačna svojstva konfiguracije U6 – ispitivanje u suhom stanju

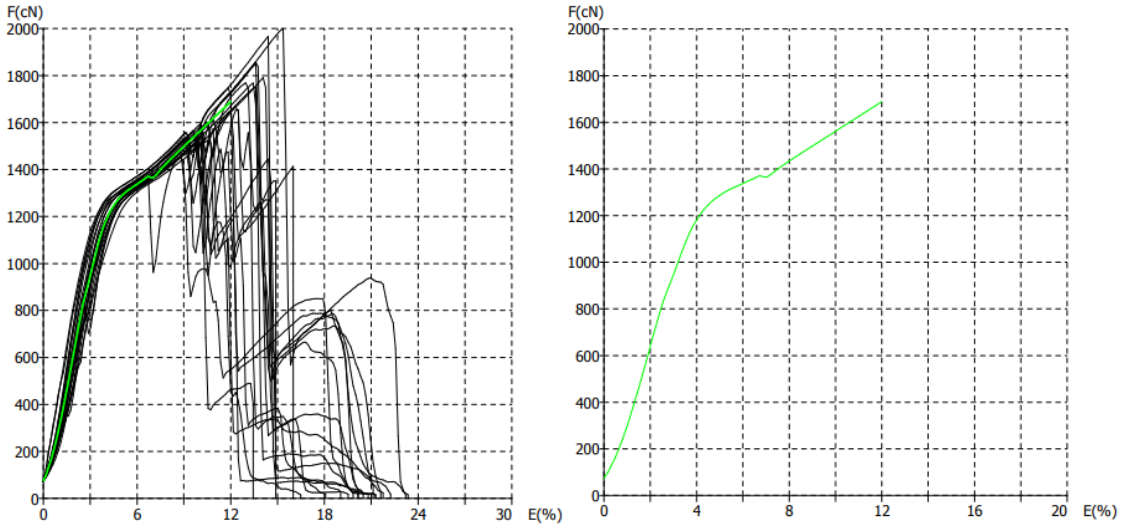
Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna vrijednost**	**Maksimalna vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	14,36	2,32	16,19	10,83	18,53
Prekidna sila [N]	18,51	1,74	9,43	15,48	22,08
Rad do prekida [Nxcm]	18,34	4,22	23,00	12,05	26,69
Čvrstoća [cN/tex]	12,34	1,16	9,43	10,32	14,72



Slika 21. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U6 – ispitivanje u suhom stanju

Tablica 9. Vlačna svojstva konfiguracije U7 – ispitivanje u suhom stanju

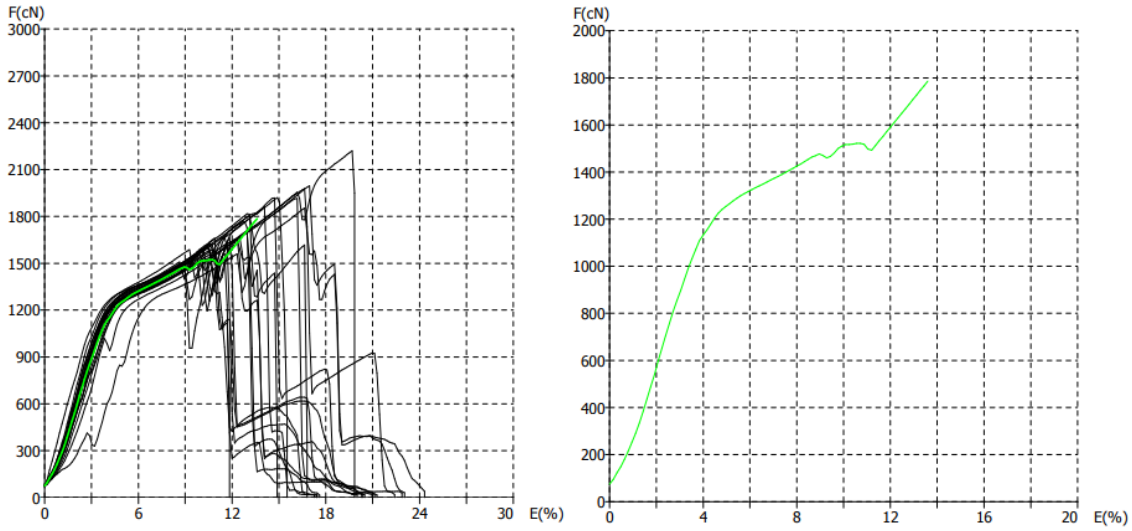
Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standa19rdna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna vrijednost**	**Maksimalna vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	12,02	1,91	15,92	8,95	15,42
Prekidna sila [N]	16,93	1,54	9,15	14,53	20,01
Rad do prekida [Nxcm]	14,47	3,38	23,34	9,03	21,02
Čvrstoća [cN/tex]	11,29	1,03	9,15	9,69	13,34



Slika 22. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U7 – ispitivanje u suhom stanju

Tablica 10. Vlačna svojstva konfiguracije U8 – ispitivanje u suhom stanju

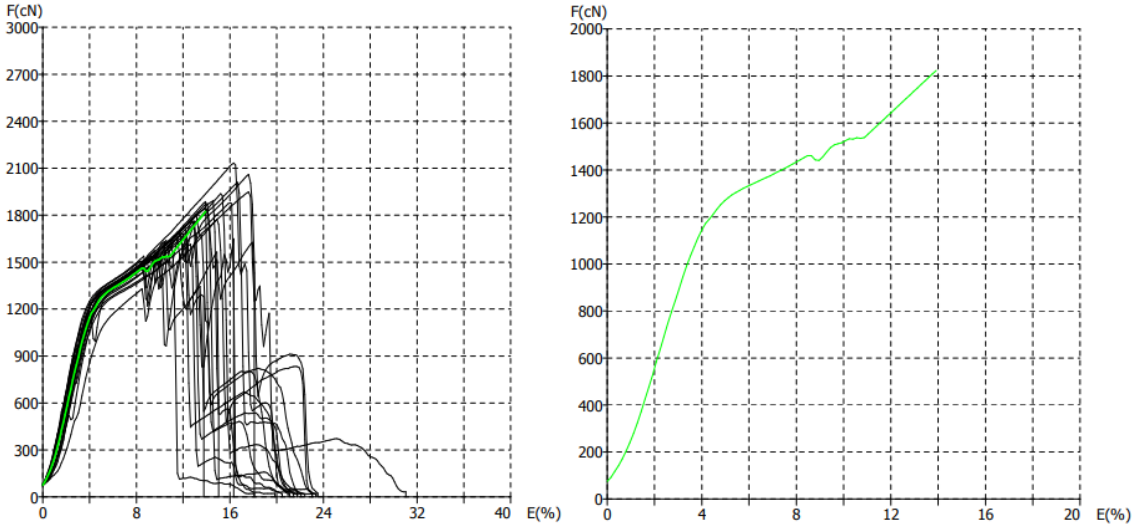
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna Vrijednost
Prekidno istezanje [%]	13,62	2,57	18,88	9,81	19,70
Prekidna sila [N]	17,90	1,73	9,69	15,48	22,21
Rad do prekida [Nxcm]	16,89	4,46	26,43	10,72	28,63
Čvrstoća [cN/tex]	11,93	1,16	9,69	10,32	14,81



Slika 23. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U8 – ispitivanje u suhom stanju

Tablica 11. Vlačna svojstva konfiguracije U9 – ispitivanje u suhom stanju

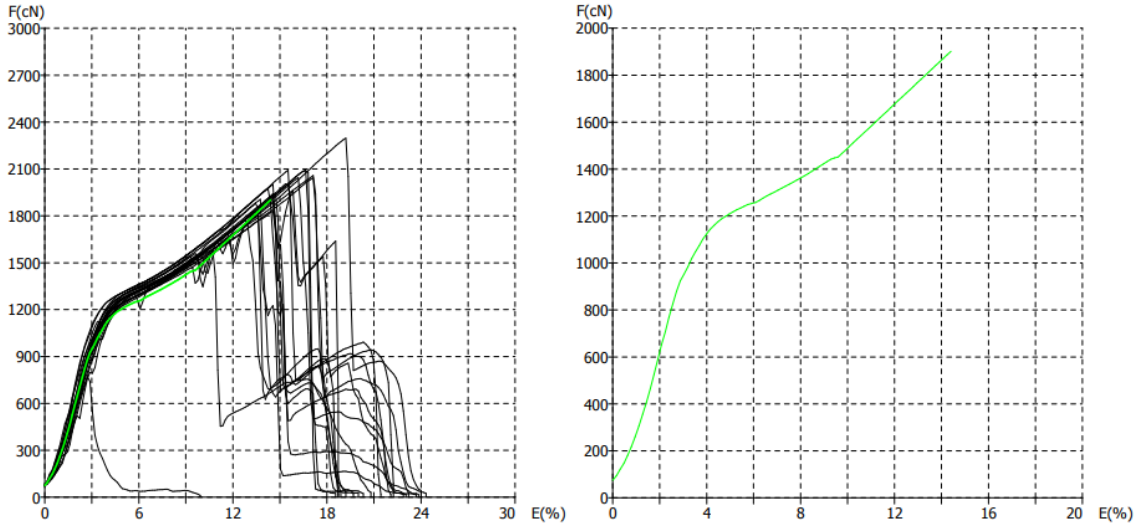
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	14,02	2,15	15,35	10,42	17,72
Prekidna sila [N]	18,27	1,50	8,26	16,04	21,34
Rad do prekida [Nxcm]	17,67	3,80	21,50	12,19	24,17
Čvrstoća [cN/tex]	12,19	1,01	8,26	10,70	14,23



Slika 24 . Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U9 – ispitivanje u suhom stanju

Tablica 12. Vlačna svojstva konfiguracije U10 – ispitivanje u suhom stanju

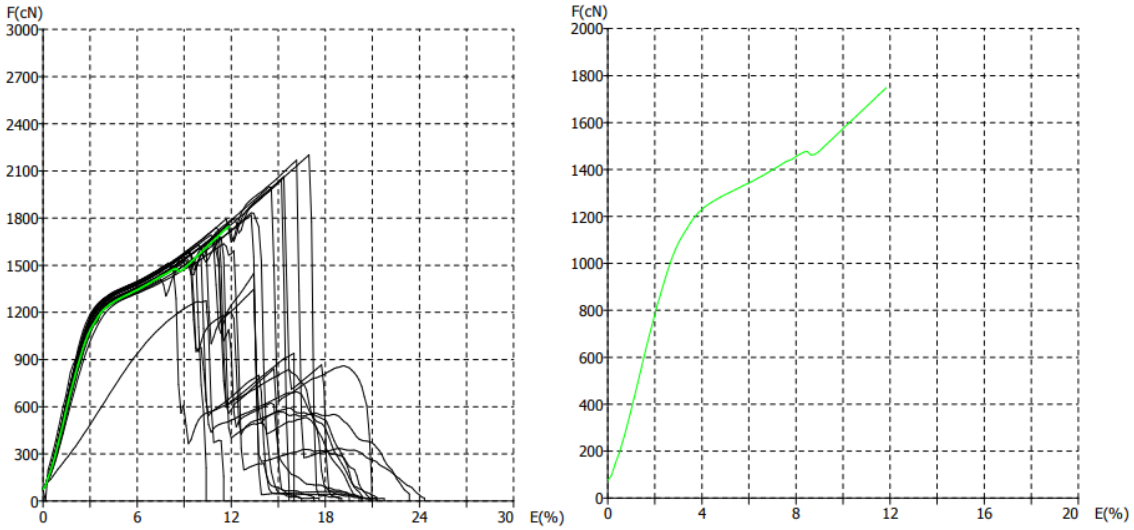
Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna vrijednost**	**Maksimalna vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	14,53	3,31	22,76	2,86	19,28
Prekidna sila [N]	19,07	3,01	15,83	7,95	23,01
Rad do prekida [Nxcm]	19,32	5,50	28,48	1,20	28,26
Čvrstoća [cN/tex]	12,71	2,01	15,83	5,30	15,34



Slika 25. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U10 – ispitivanje u suhom stanju

Tablica 13. Vlačna svojstva konfiguracije U11 – ispitivanje u suhom stanju

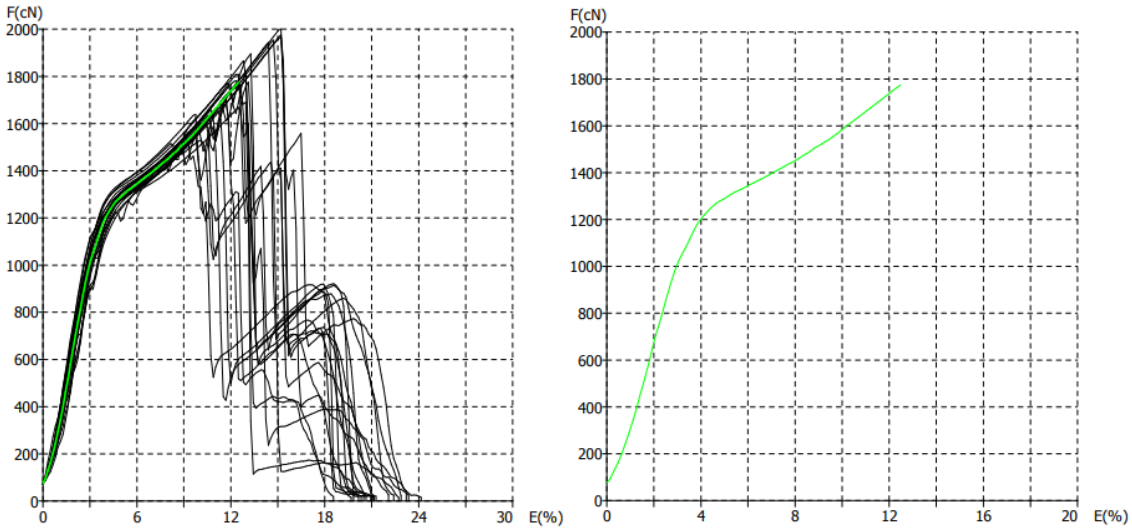
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	11,92	2,62	22,02	8,04	17,08
Prekidna sila [N]	17,55	2,39	13,63	12,75	22,11
Rad do prekida [Nxcm]	15,12	4,99	33,04	8,17	25,13
Čvrstoća [cN/tex]	11,70	1,60	13,63	8,50	14,74



Slika 26. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U11 – ispitivanje u suhom stanju

Tablica 14. Vlačna svojstva konfiguracije U12 – ispitivanje u suhom stanju

Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna vrijednost**	**Maksimalna vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	12,55	1,88	14,94	9,24	15,34
Prekidna sila [N]	17,79	1,52	8,57	15,29	20,12
Rad do prekida [Nxcm]	15,70	3,31	21,07	10,15	20,88
Čvrstoća [cN/tex]	11,87	1,02	8,57	10,20	13,42



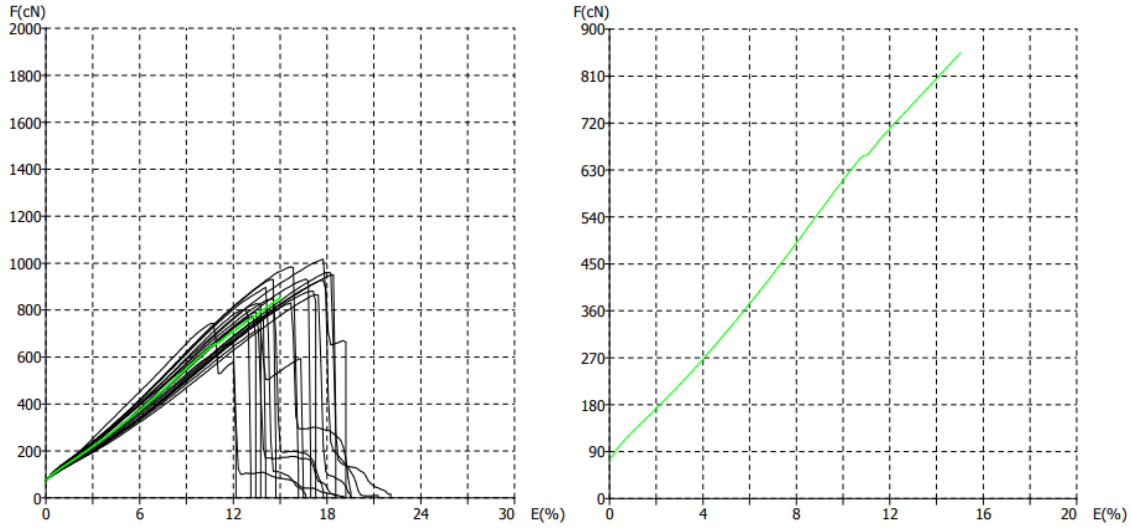
Slika 27. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U12 – ispitivanje u suhom stanju

4.2. Rezultati ispitivanja u mokrom stanju

Unutar ovog poglavlja, dani su rezultati ispitivanja vlačnih svojstava epruveta U1-U12 u mokrom stanju. Pomoću tablica 15-26 prikazane su prosječne vrijednosti rezultata prema statističkim parametrima. Na slikama 28-39, koje se nalaze ispod tablica, također kronološkim redom slijede grafički prikazi F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja te dijagrami prosječnih vrijednosti za ispitivanje epruveta u mokrom stanju. Ukupno je ispitano 240 epruveta, odnosno po 20 epruveta svake konfiguracije kirurškog čvora.

Tablica 15. Vlačna svojstva konfiguracije U1 - mokro ispitivanje

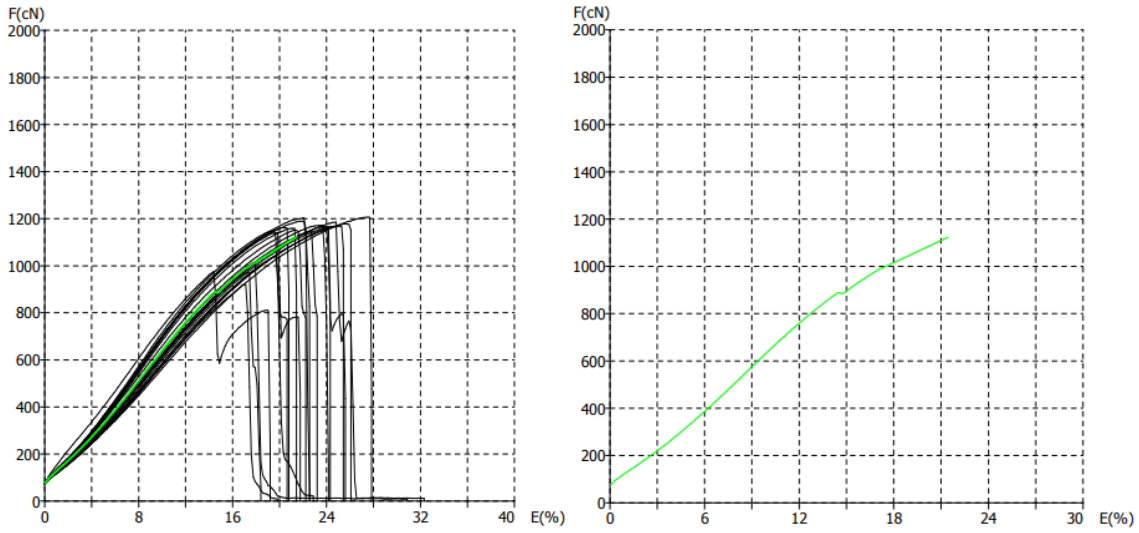
Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna vrijednost**	**Maksimalna Vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	15,03	2,25	14,94	10,74	18,44
Prekidna sila [N]	8,55	0,95	11,21	6,55	10,16
Rad do prekida [Nxcm]	7,22	1,78	24,59	4,34	10,36
Čvrstoća [cN/tex]	5,71	0,64	11,21	4,37	6,78



Slika 28. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U1 – ispitivanje u mokrom stanju

Tablica 16. Vlačna svojstva konfiguracije U2 – ispitivanje u mokrom stanju

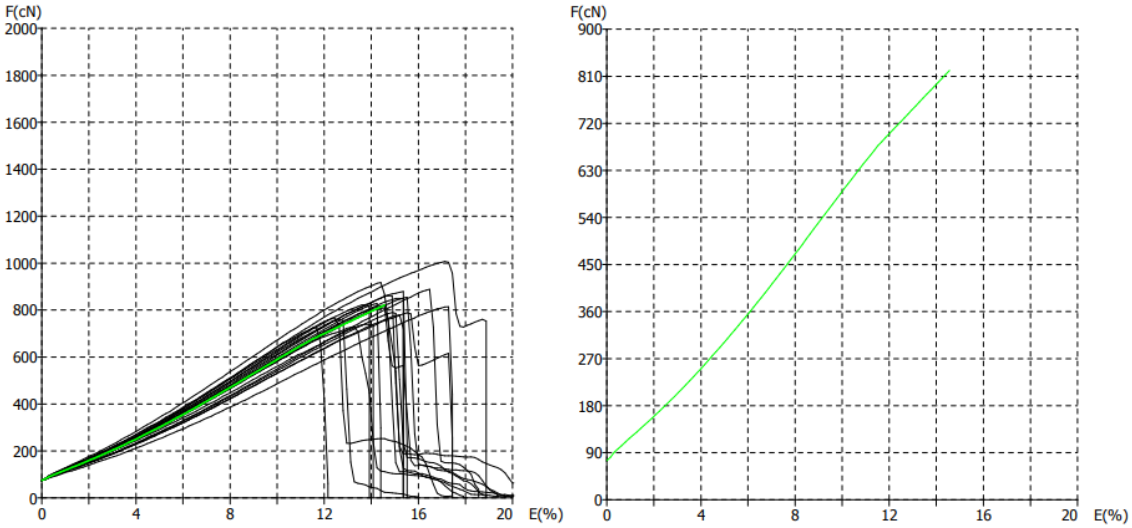
Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna vrijednost**	**Maksimalna vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	21,49	3,31	15,40	14,44	27,60
Prekidna sila [N]	11,24	0,86	7,71	9,22	12,07
Rad do prekida [Nxcm]	14,34	3,35	23,34	8,13	19,88
Čvrstoća [cN/tex]	7,49	0,58	7,71	6,15	8,05



Slika 29. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U2 – ispitivanje u mokrom stanju

Tablica 17. Vlačna svojstva konfiguracije U3 – ispitivanje u mokrom stanju

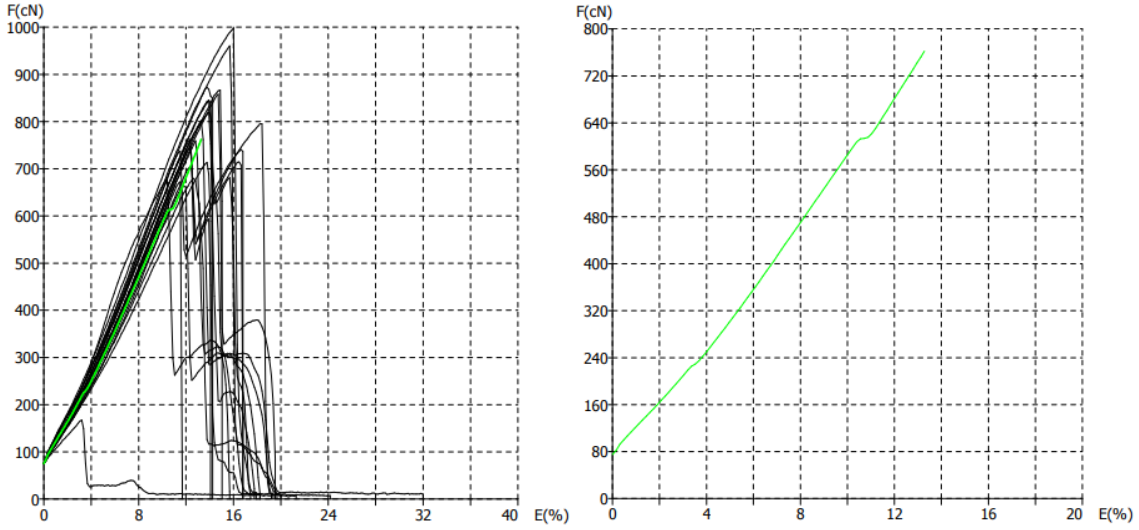
Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna vrijednost**	**Maksimalna vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	14,65	1,48	10,12	11,55	17,24
Prekidna sila [N]	8,22	0,69	8,43	7,25	10,08
Rad do prekida [Nxcm]	6,62	1,14	17,16	4,62	9,60
Čvrstoća [cN/tex]	5,48	0,46	8,43	4,83	6,72



Slika 30 . Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U3 – ispitivanje u mokrom stanju

Tablica 18. Vlačna svojstva konfiguracije U4 – ispitivanje u mokrom stanju

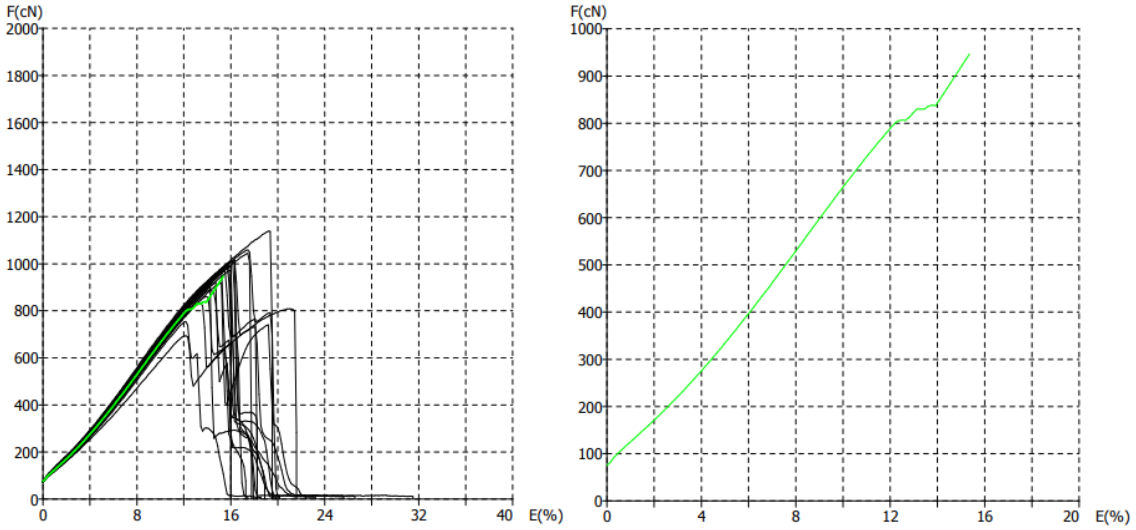
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	13,32	3,01	22,63	3,25	18,27
Prekidna sila [N]	7,63	1,68	21,99	1,67	9,98
Rad do prekida [Nxcm]	5,74	1,90	33,16	0,41	8,93
Čvrstoća [cN/tex]	5,09	1,12	21,99	1,12	6,65



Slika 31. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U4 – ispitivanje u mokrom stanju

Tablica 19. Vlačna svojstva konfiguracije U5 – ispitivanje u mokrom stanju

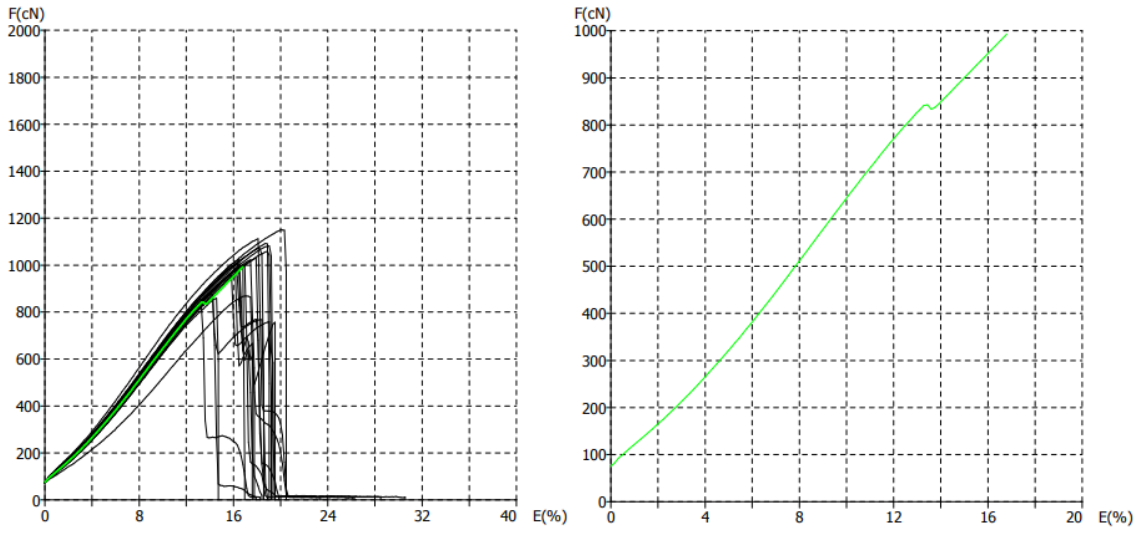
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	15,37	1,75	11,37	12,13	19,28
Prekidna sila [N]	9,47	1,04	11,06	6,93	11,38
Rad do prekida [Nxcm]	8,17	1,85	22,59	4,76	12,46
Čvrstoća [cN/tex]	6,32	0,70	11,06	4,63	7,59



Slika 32. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno konfiguracije U5 – ispitivanje u mokrom stanju

Tablica 20. Vlačna svojstva konfiguracije U6 – ispitivanje u mokrom stanju

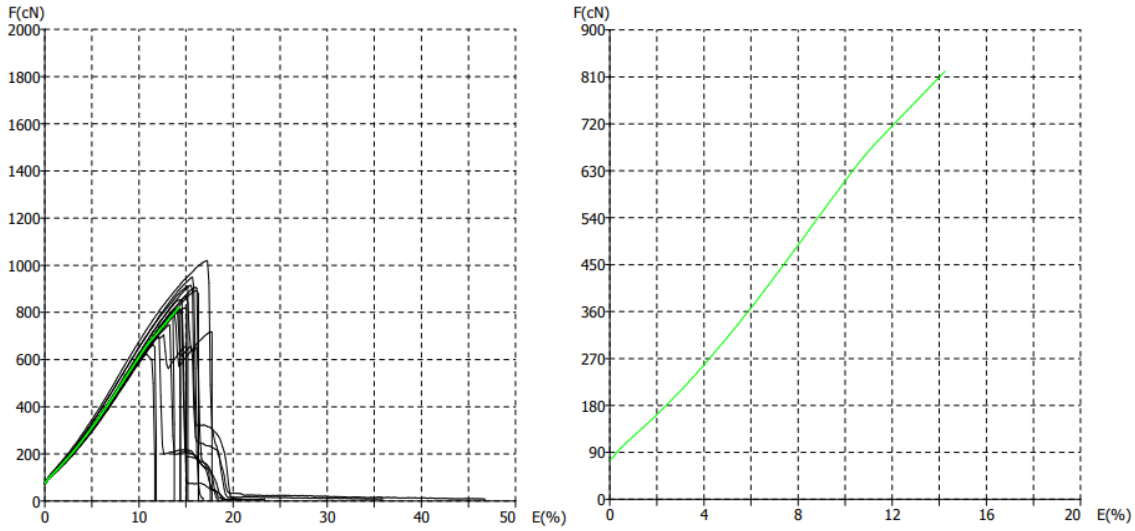
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna Vrijednost
Prekidno istezanje [%]	16,83	1,81	10,74	13,29	20,12
Prekidna sila [N]	9,94	0,93	9,42	8,19	11,51
Rad do prekida [Nxcm]	9,37	1,95	20,83	5,89	13,20
Čvrstoća [cN/tex]	6,63	0,62	9,42	5,46	7,68



Slika 33. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U6 – ispitivanje u mokrom stanju

Tablica 21. Vlačna svojstva konfiguracije U7 – ispitivanje u mokrom stanju

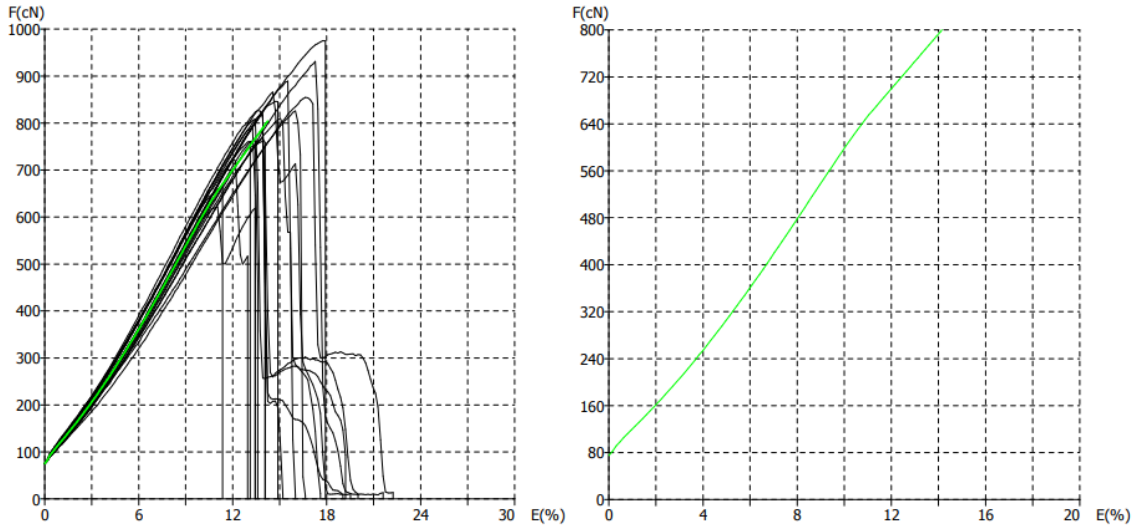
Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna vrijednost**	**Maksimalna vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	14,23	1,63	11,45	10,79	17,37
Prekidna sila [N]	8,22	1,00	12,17	6,23	10,22
Rad do prekida [Nxcm]	6,53	1,53	23,37	3,73	10,10
Čvrstoća [cN/tex]	5,48	0,67	12,17	4,16	6,81



Slika 34. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U7 – ispitivanje u mokrom stanju

Tablica 22. Vlačna svojstva konfiguracije U8 – ispitivanje u mokrom stanju

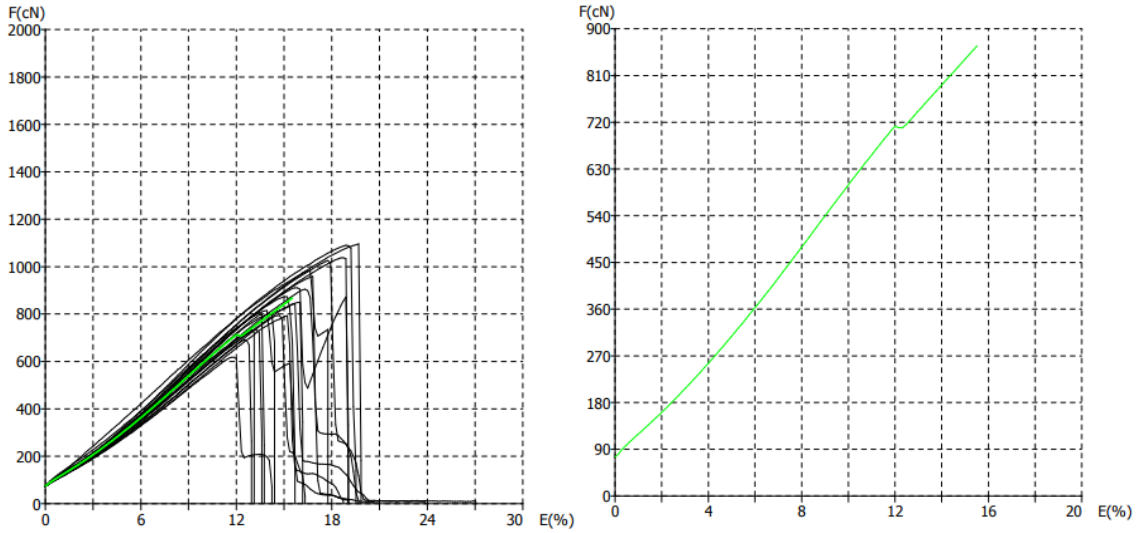
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	14,25	1,83	12,84	10,98	17,90
Prekidna sila [N]	8,05	0,82	10,22	6,22	9,76
Rad do prekida [Nxcm]	6,36	1,41	22,24	3,91	9,65
Čvrstoća [cN/tex]	5,37	0,55	10,22	4,15	6,51



Slika 35. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U8 – ispitivanje u mokrom stanju

Tablica 23. Vlačna svojstva konfiguracije U9 – ispitivanje u mokrom stanju

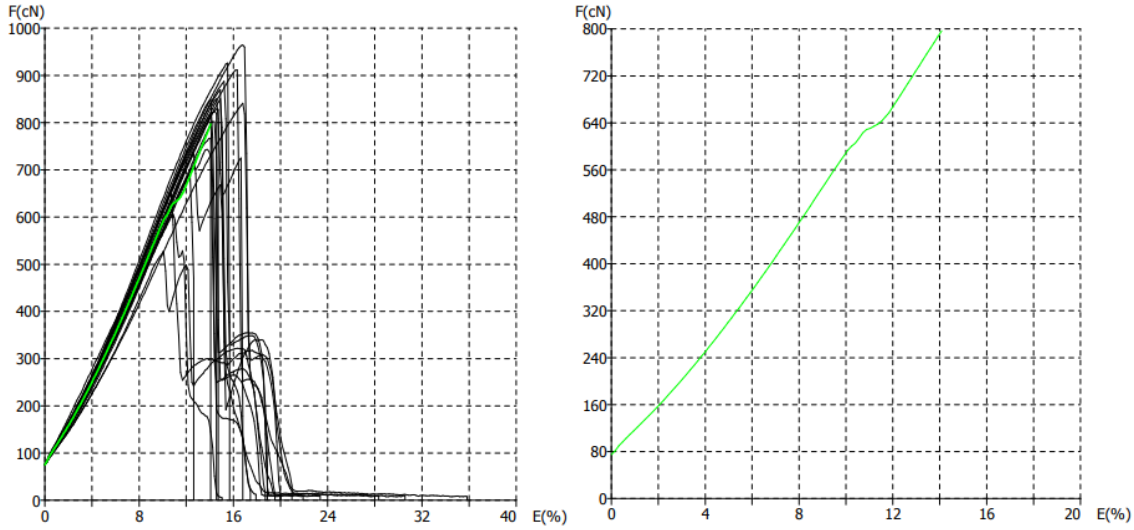
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	15,47	2,20	14,21	11,72	19,70
Prekidna sila [N]	8,68	1,32	15,22	6,18	10,96
Rad do prekida [Nxcm]	7,59	2,31	30,41	4,02	12,19
Čvrstoća [cN/tex]	5,79	0,88	15,22	4,13	7,31



Slika 36. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U9 – ispitivanje u mokrom stanju

Tablica 24. Vlačna svojstva konfiguracije U10 – ispitivanje u mokrom stanju

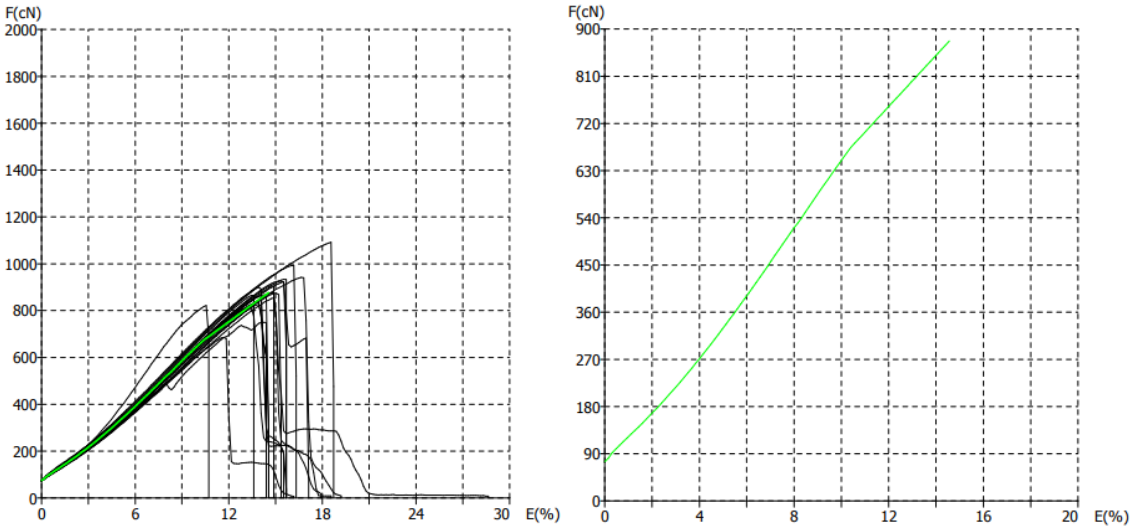
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	14,05	1,89	13,44	10,13	16,92
Prekidna sila [N]	7,98	1,10	13,89	5,30	9,65
Rad do prekida [Nxcm]	6,24	1,57	25,11	3,03	8,94
Čvrstoća [cN/tex]	5,32	0,74	13,89	3,54	6,44



Slika 37. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U10 – ispitivanje u mokrom stanju

Tablica 25. Vlačna svojstva konfiguracije U11 – ispitivanje u mokrom stanju

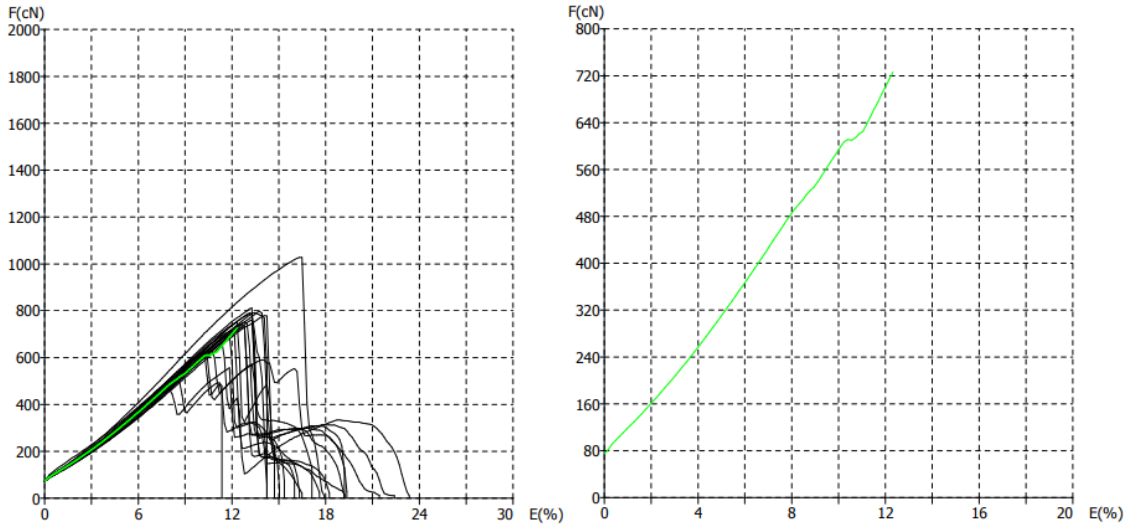
Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna Vrijednost**	**Maksimalna vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	14,57	1,68	11,55	10,71	18,63
Prekidna sila [N]	8,78	0,85	9,70	6,86	10,93
Rad do prekida [Nxcm]	7,16	1,55	21,67	4,46	11,59
Čvrstoća [cN/tex]	5,86	0,57	9,70	4,57	7,29



Slika 38. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U11 – ispitivanje u mokrom stanju

Tablica 26. Vlačna svojstva konfiguracije U12 – ispitivanje u mokrom stanju

Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	12,43	1,68	13,49	8,64	16,45
Prekidna sila [N]	7,27	1,11	15,28	5,02	10,29
Rad do prekida [Nxcm]	5,06	1,39	27,47	2,46	9,33
Čvrstoća [cN/tex]	4,85	0,74	15,28	3,35	6,86



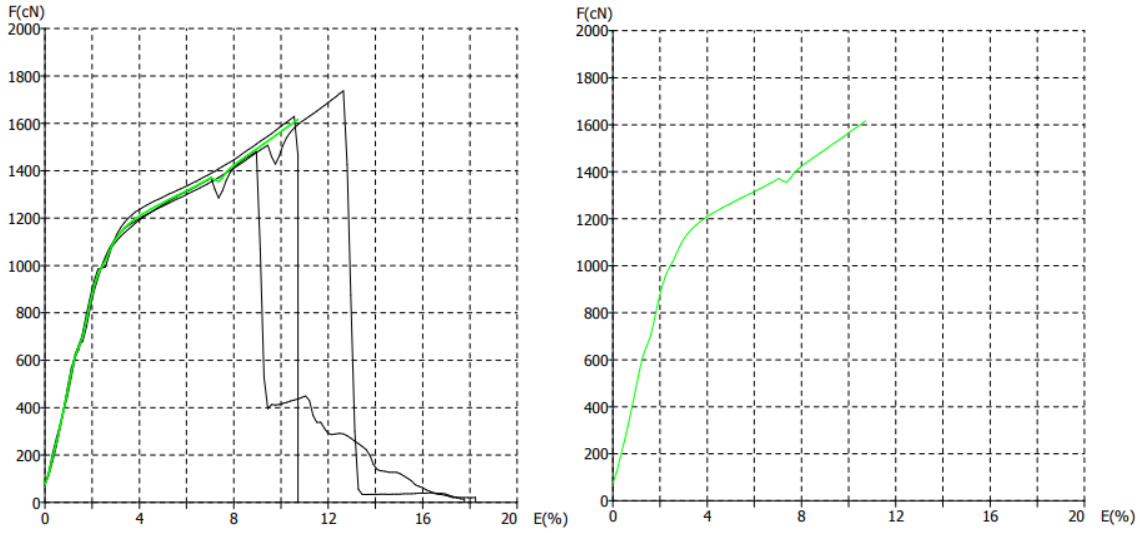
Slika 39. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U12 – ispitivanje u mokrom stanju

4.3. Rezultati ispitivanja nakon procesa habanja

U ovom odlomku tablicama 27-38 te slikama 40-51 prikazani su rezultati vlačnih svojstava konfiguracija U1-U12 koje su, radi usporedbe rezultata, prije ispitivanja na dinamometru prošle proces 60 ciklusa habanja. Za ovu metodu ispitivanja priređen je po 1 uzorak svake konfiguracije kirurškog čvora.

Tablica 27. Vlačna svojstva konfiguracije U1 – ispitivanje nakon procesa habanja

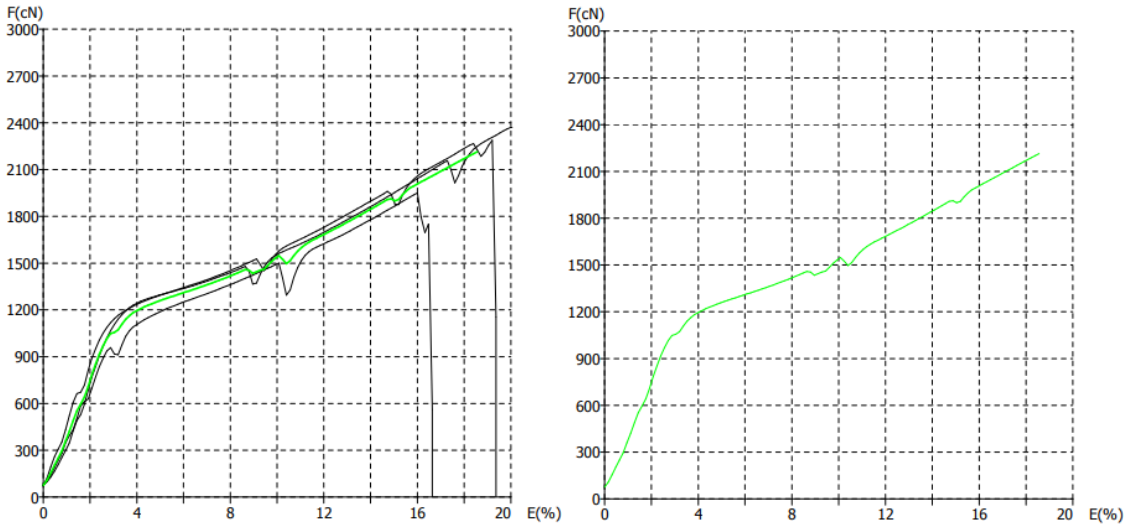
Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna vrijednost**	**Maksimalna vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	10,79	1,85	17,12	9,02	12,70
Prekidna sila [N]	16,21	1,29	7,96	14,84	17,41
Rad do prekida [Nxcm]	12,95	2,97	22,96	10,02	15,96
Čvrstoća [cN/tex]	10,81	0,86	7,96	9,90	11,61



Slika 40. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U1 – ispitivanje nakon procesa habanja

Tablica 28. Vlačna svojstva konfiguracije U2 – ispitivanje nakon procesa habanja

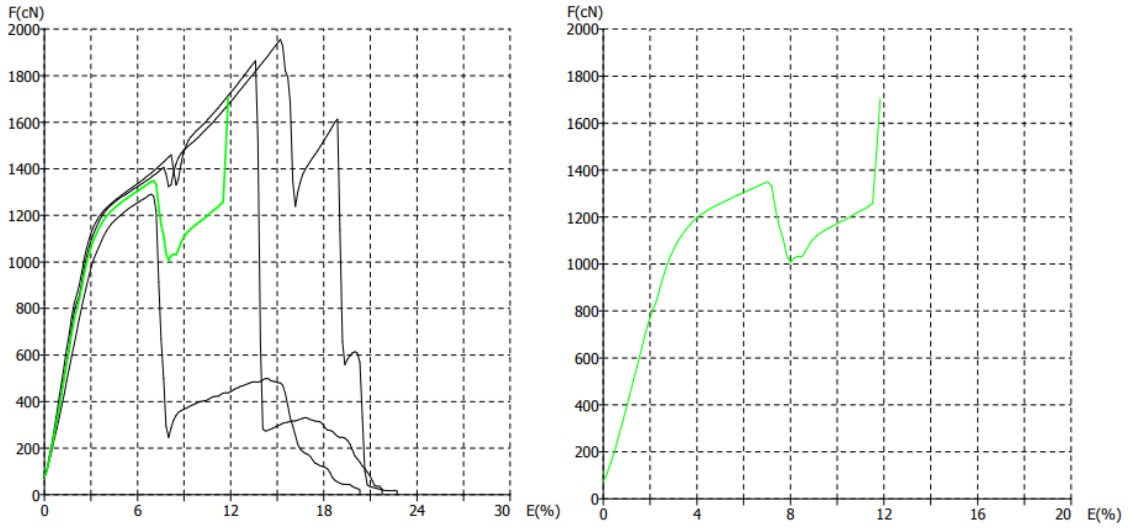
Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna vrijednost**	**Maksimalna vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	18,63	2,31	12,41	16,04	20,49
Prekidna sila [N]	22,24	2,39	10,74	19,53	24,07
Rad do prekida [Nxcm]	27,57	5,78	20,95	21,02	31,93
Čvrstoća [cN/tex]	14,83	1,59	10,74	13,03	16,05



Slika 41. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U2 – ispitivanje nakon procesa habanja

Tablica 29. Vlačna svojstva konfiguracije U3 – ispitivanje nakon procesa habanja

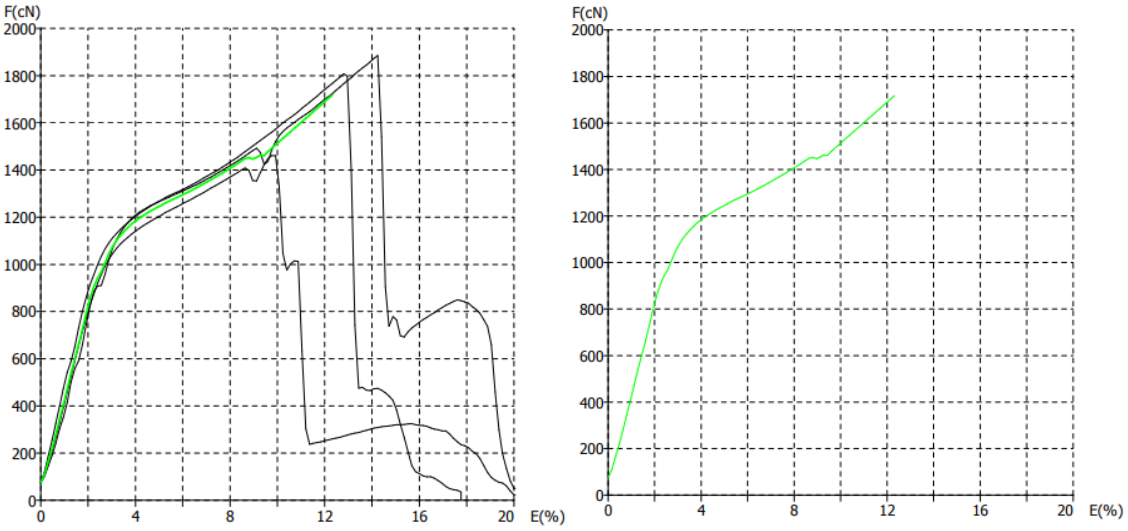
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	12,01	4,45	37,10	6,95	15,34
Prekidna sila [N]	17,10	3,65	21,38	12,91	19,66
Rad do prekida [Nxcm]	15,04	7,73	51,39	6,27	20,86
Čvrstoća [cN/tex]	11,40	2,44	21,38	8,61	13,11



Slika 42. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U3 – ispitivanje nakon procesa habanja

Tablica 30. Vlačna svojstva konfiguracije U4 – ispitivanje nakon procesa habanja

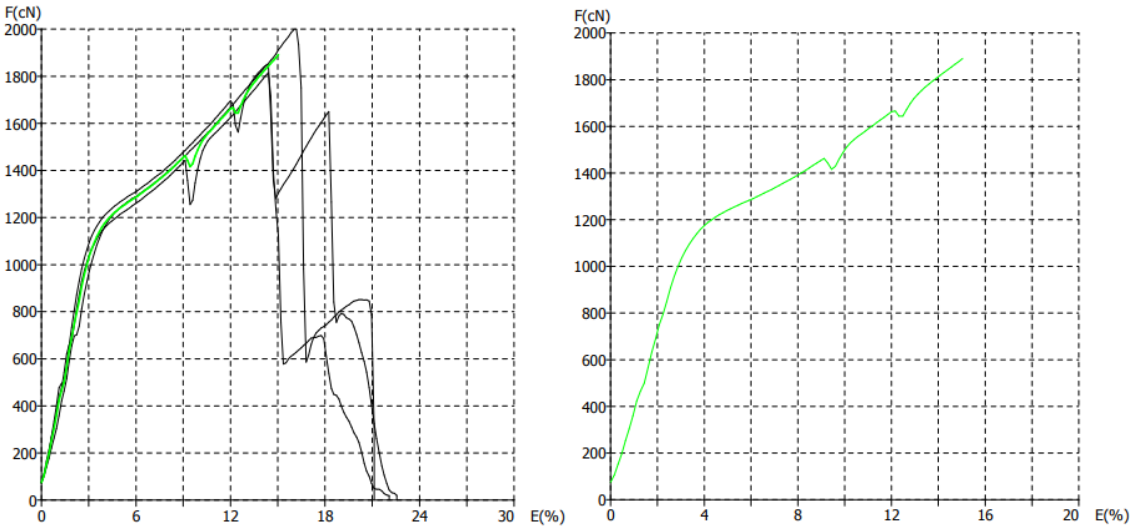
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	12,38	2,26	18,23	9,89	14,29
Prekidna sila [N]	17,24	2,27	13,19	14,64	18,88
Rad do prekida [Nxcm]	15,38	4,23	27,48	10,64	18,74
Čvrstoća [cN/tex]	11,50	1,52	13,19	9,77	12,59



Slika 43. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U4 – ispitivanje nakon procesa habanja

Tablica 31. Vlačna svojstva konfiguracije U5 – ispitivanje nakon procesa habanja

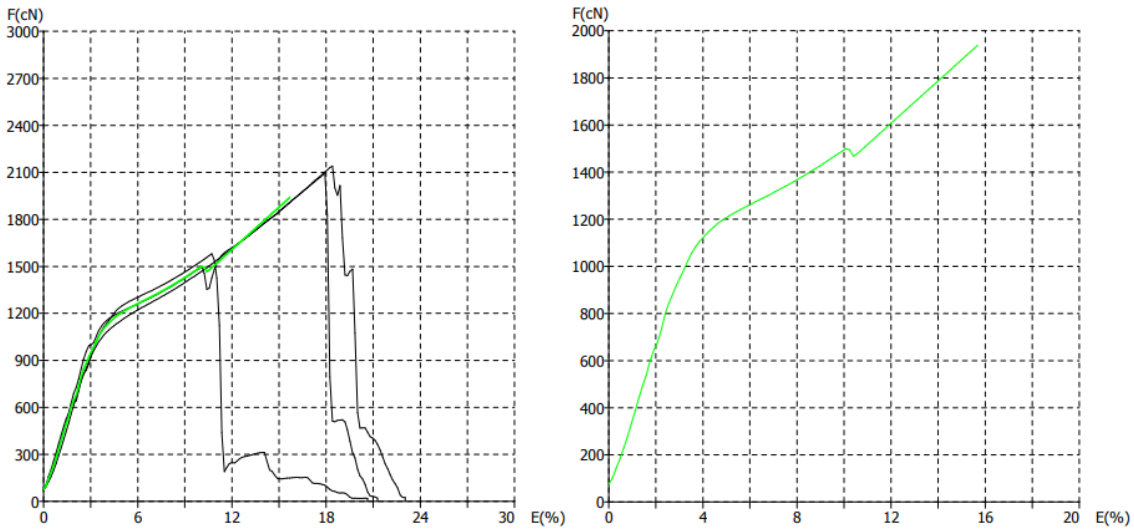
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	15,01	1,09	7,24	2,70	16,26
Prekidna sila [N]	18,94	1,07	5,66	2,66	20,17
Rad do prekida [Nxcm]	19,65	2,13	10,83	5,29	22,09
Čvrstoća [cN/tex]	12,63	0,72	5,66	1,78	13,45



Slika 44. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U5 – ispitivanje nakon procesa habanja

Tablica 32. Vlačna svojstva konfiguracije U6 – ispitivanje nakon procesa habanja

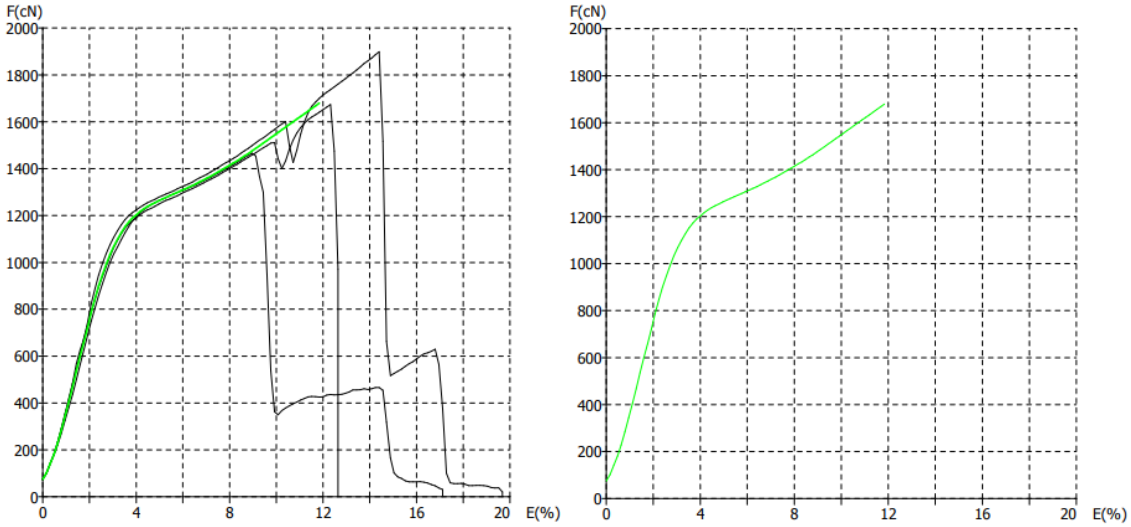
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	15,76	4,26	27,01	10,85	18,43
Prekidna sila [N]	19,43	3,06	15,79	15,90	21,41
Rad do prekida [Nxcm]	20,98	7,51	35,78	12,34	25,96
Čvrstoća [cN/tex]	12,96	2,05	15,79	10,60	14,28



Slika 45. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U6 – ispitivanje nakon procesa habanja

Tablica 33. Vlačna svojstva konfiguracije U7 – ispitivanje nakon procesa habanja

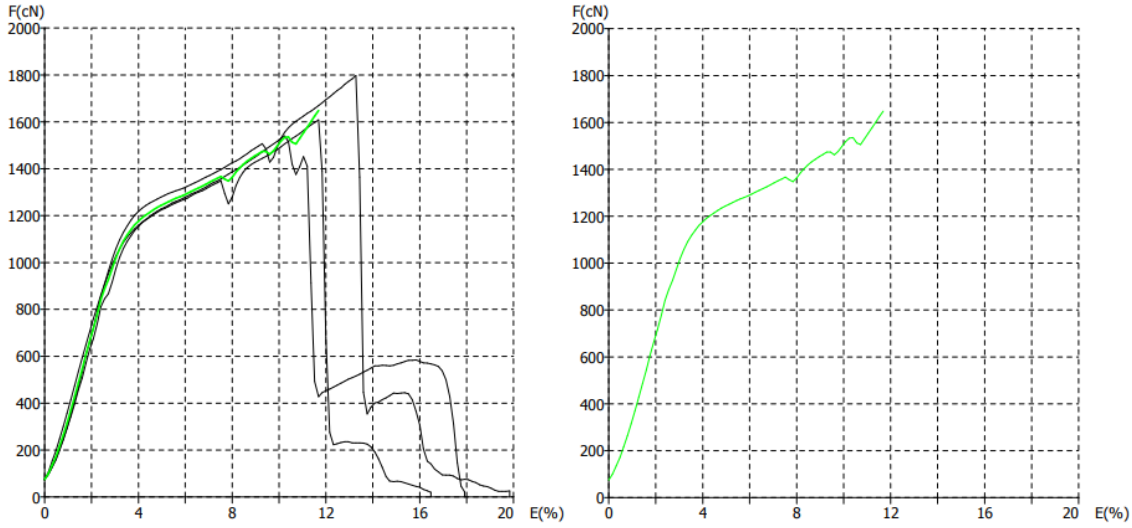
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	11,99	2,72	22,72	9,10	14,51
Prekidna sila [N]	16,84	2,14	12,72	14,73	19,01
Rad do prekida [Nxcm]	14,67	4,69	31,93	9,84	19,20
Čvrstoća [cN/tex]	11,23	1,43	12,72	9,83	12,68



Slika 46. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U7 – ispitivanje nakon procesa habanja

Tablica 34. Vlačna svojstva konfiguracije U8 – ispitivanje nakon procesa habanja

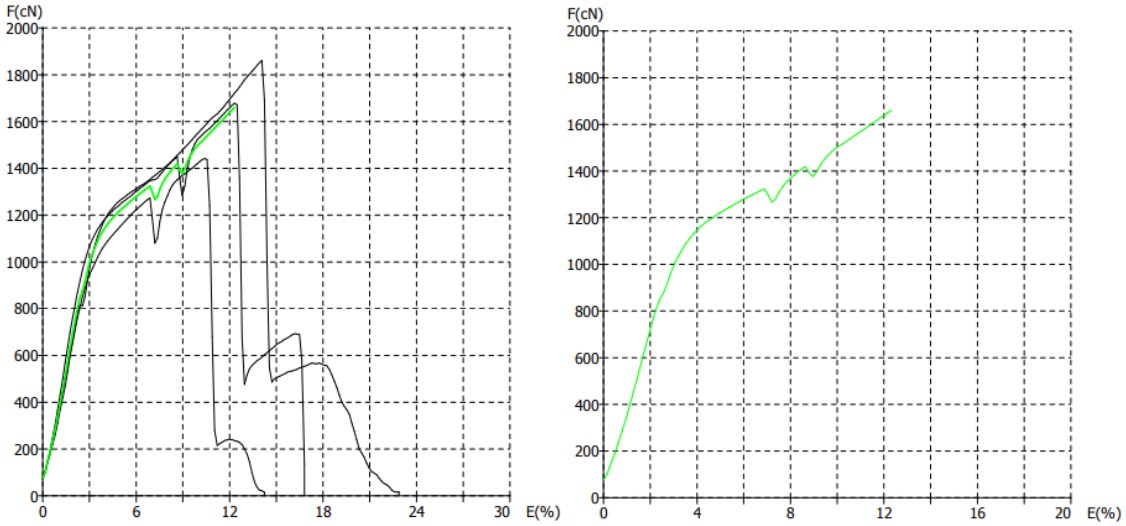
Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna Vrijednost**	**Maksimalna vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	11,81	1,46	12,38	10,38	13,30
Prekidna sila [N]	16,52	1,31	7,94	15,46	17,98
Rad do prekida [Nxcm]	13,98	2,62	18,76	11,67	16,83
Čvrstoća [cN/tex]	11,02	0,87	7,94	10,31	11,99



Slika 47. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U8 – ispitivanje nakon procesa habanja

Tablica 35. Vlačna svojstva konfiguracije U9 – ispitivanje nakon procesa habanja

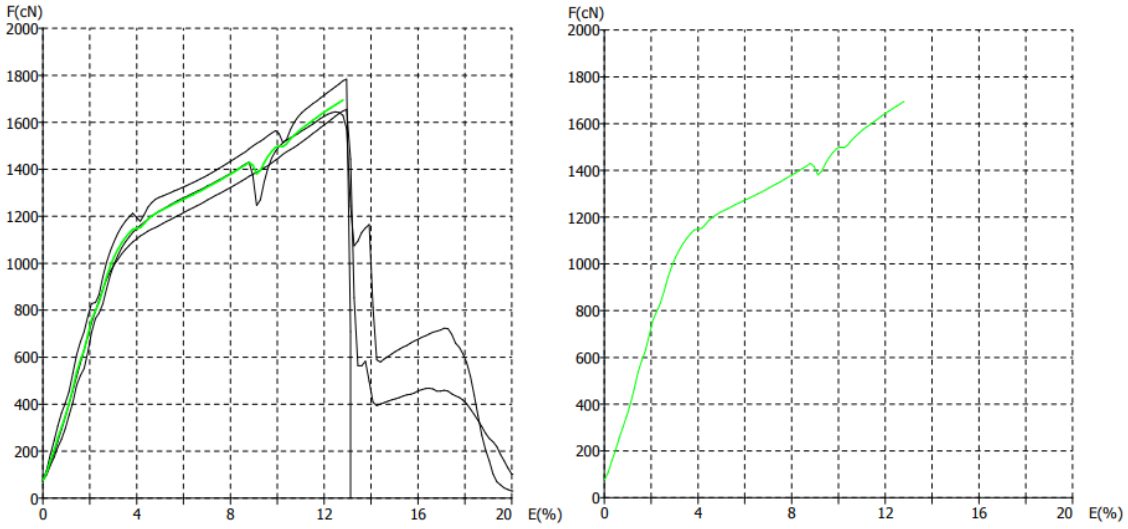
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	12,35	1,83	14,85	10,47	14,13
Prekidna sila [N]	16,62	2,11	12,72	14,42	18,64
Rad do prekida [Nxcm]	14,69	3,79	25,81	10,88	18,46
Čvrstoća [cN/tex]	11,09	1,41	12,72	9,62	12,43



Slika 48. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U9 – ispitivanje nakon procesa habanja

Tablica 36. Vlačna svojstva konfiguracije U10 – ispitivanje nakon procesa habanja

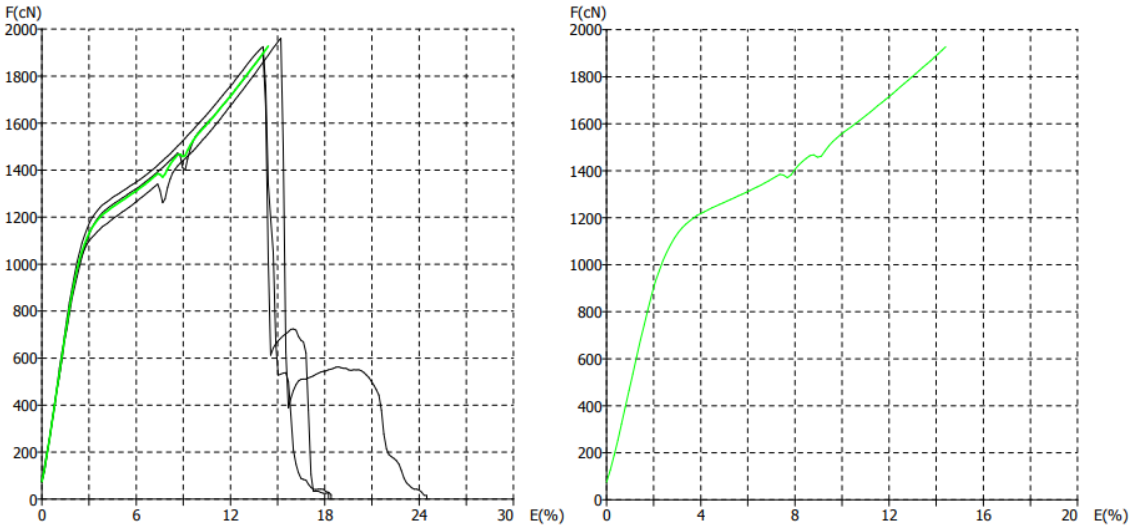
Svojstvo	**Srednja vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije [%]**	**Minimalna vrijednost**	**Maksimalna vrijednost**
Prekidno istezanje [%]	12,82	0,27	2,13	12,51	13,02
Prekidna sila [N]	16,95	77,37	4,56	16,45	17,84
Rad do prekida [Nxcm]	15,45	0,83	5,36	14,78	16,38
Čvrstoća [cN/tex]	11,30	0,52	4,56	10,97	11,90



Slika 49. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U10 – ispitivanje nakon procesa habanja

Tablica 37. Vlačna svojstva konfiguracije U11 – ispitivanje nakon procesa habanja

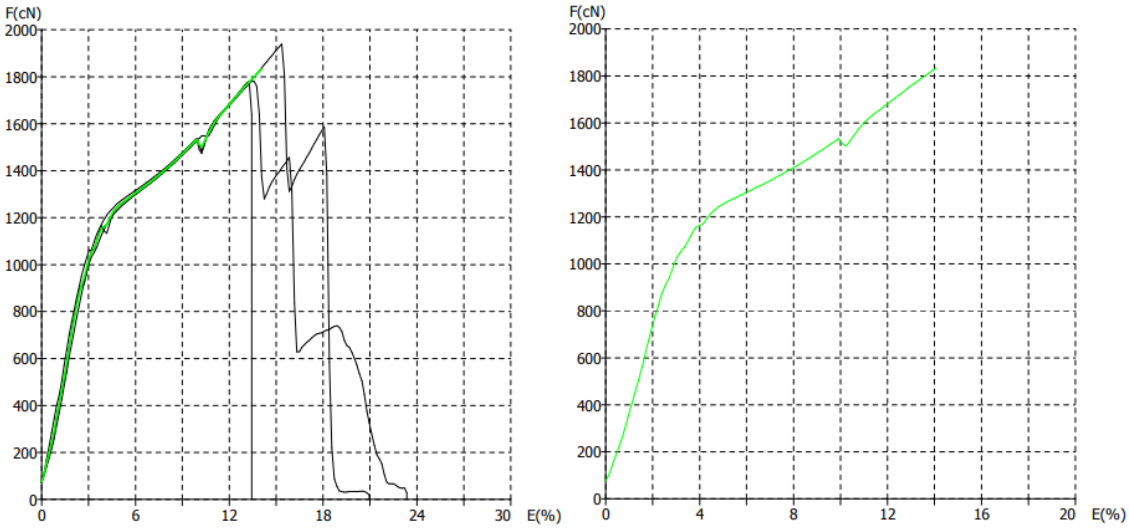
Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	14,51	0,64	4,38	14,13	15,25
Prekidna sila [N]	19,31	0,32	1,68	19,00	19,65
Rad do prekida [Nxcm]	19,64	0,77	3,93	18,99	20,49
Čvrstoća [cN/tex]	12,87	0,22	1,68	12,67	13,10



Slika 50. Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U11 – ispitivanje nakon procesa habanja

Tablica 38. Vlačna svojstva konfiguracije U12 – ispitivanje nakon procesa habanja

Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije [%]	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Prekidno istezanje [%]	14,09	1,19	8,48	13,32	15,47
Prekidna sila [N]	18,37	95,38	5,19	17,82	19,47
Rad do prekida [Nxcm]	18,10	2,36	13,03	16,73	20,83
Čvrstoća [cN/tex]	12,25	0,64	5,19	11,88	12,99



Slika 51 . Prikaz F/E dijagrama pojedinačnih mjerenja (lijevo) i dijagram prosječne vrijednosti (desno) konfiguracije U12 – ispitivanje nakon procesa habanja

4.4. Fotografije konfiguracija nakon procesa habanja

Stanje konfiguracija kirurških čvorova nakon provedbe procesa 60 ciklusa habanja fotografirano je digitalnim mikroskopom Dino-Lite model AM4113T s povećanjem 50x uz reflektirano LED svjetlo, a prikazano je na slikama 52-63. Može se uočiti da je promjena stanja nakon provedbe procesa habanja izražena kod svih konfiguracija. Nije zabilježen ni jedan slučaj prekida same niti ili čvora prilikom procesa habanja. Ovim fotografijama nastojao se usporediti izgled stvarnog stanja kirurške niti nakon procesa vezivanja tokom operativnog zahvata. Naime, prilikom vezivanja kirurška pređa može također biti izložena habanju uslijed nepravilnog korištenja instrumenata ili nepravilnim rukovanjem što kasnije može i ne mora utjecati na vlačna svojstva samog kirurškog konca. U nastavku rada unutar poglavlja „Rasprava“ više je riječi o samom utjecaju ovoga stanja na ispitivane konfiguracije.



Slika 52. Fotografija konfiguracije U1 nakon procesa habanja



Slika 53. Fotografija konfiguracije U2 nakon procesa habanja



Slika 54. Fotografija konfiguracije U3 nakon procesa habanja



Slika 55. Fotografija konfiguracije U4 nakon procesa habanja



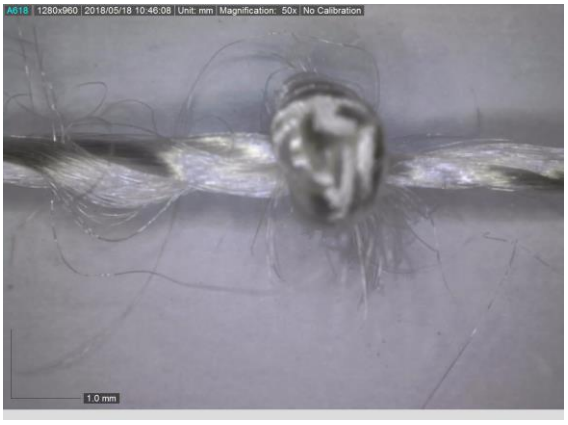
Slika 56. Fotografija konfiguracije U5 nakon procesa habanja



Slika 57. Fotografija konfiguracije U6 nakon procesa habanja



Slika 58. Fotografija konfiguracije U7 nakon procesa habanja



Slika 59. Fotografija konfiguracije U8 nakon procesa habanja



Slika 60. Fotografija konfiguracije U9 nakon procesa habanja



Slika 61. Fotografija konfiguracije U10 nakon procesa habanja



Slika 62. Fotografija konfiguracije U11 nakon procesa habanja



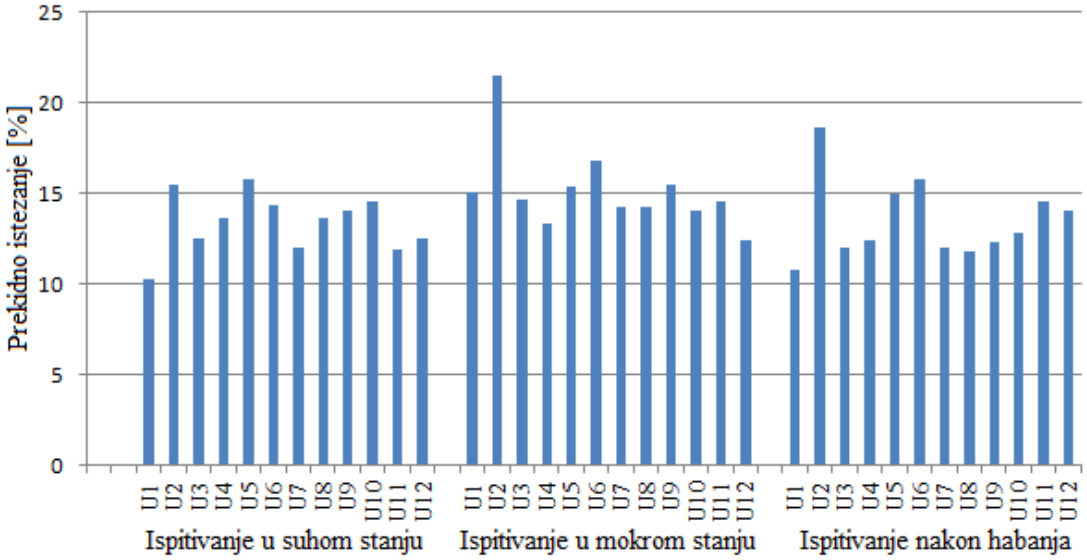
Slika 63. Fotografija konfiguracije U12 nakon procesa habanja

4.5. Skupni rezultati ispitivanja

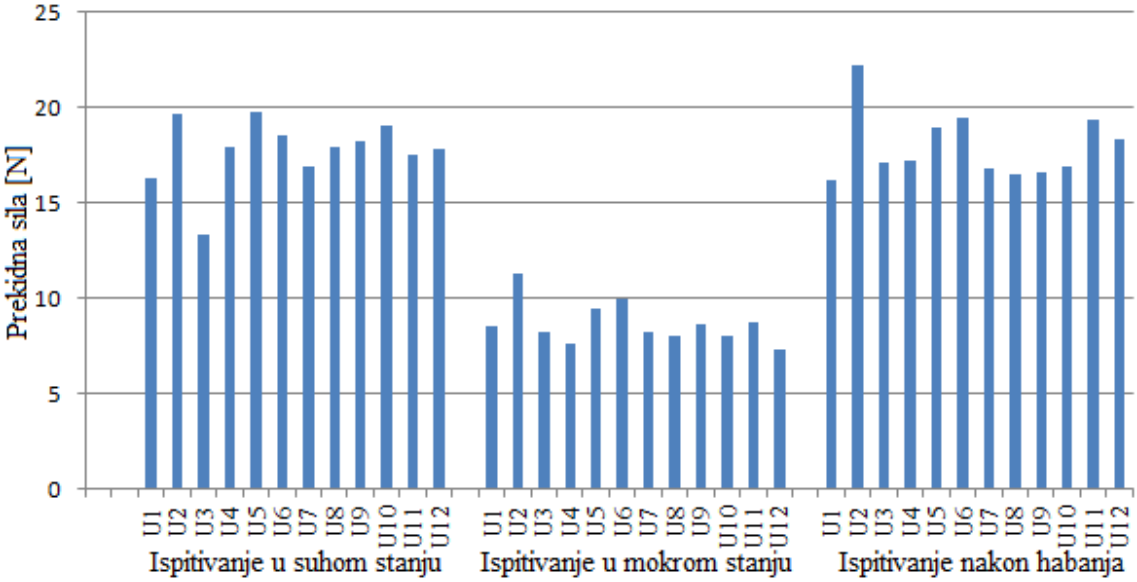
Zbog bolje usporedbe, preglednosti i razumijevanja dan je sljedeći tabelarni prikaz srednjih vrijednosti mjernih rezultata vlačnih svojstava za sve ispitivane konfiguracije kirurških čvorova U1-U12 koje su bile primijenjene u ovom radu, Tablica 39. Također, dane su i slike grafičkih prikaza 64-67 pomoću kojih se jasnije mogu raspoznati odstupanja vrijednosti rezultata.

Tablica 39. Prikaz srednjih vrijednosti mjernih rezultata vlačnih svojstava konfiguracija U1-U12 u sva tri stanja ispitivanja

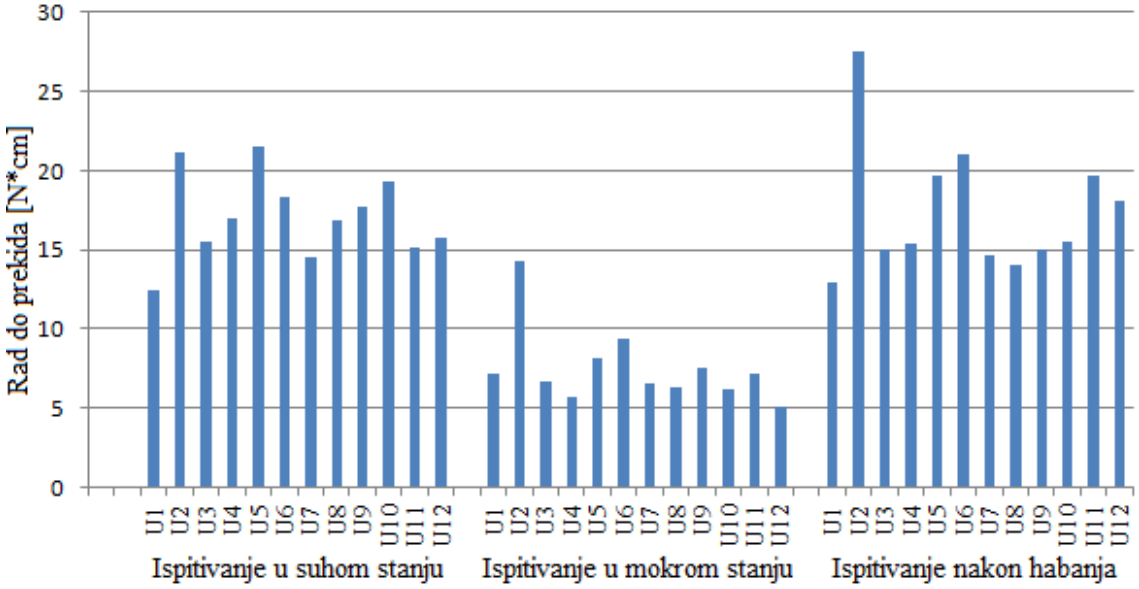
Uzorci	Svojstva			
	Prekidno istezanje [%]	Prekidna sila [N]	Rad do prekida [Nxcm]	Čvrstoća [cN/tex]
Ispitivanje u suhom stanju				
U1	10,26	16,34	12,38	10,90
U2	15,50	19,68	21,20	13,13
U3	12,56	13,33	15,53	11,55
U4	13,67	17,98	16,93	12,89
U5	15,76	19,81	21,46	13,21
U6	14,36	18,51	18,34	12,34
U7	12,02	16,93	14,47	11,29
U8	13,62	17,90	16,89	11,93
U9	14,02	18,27	17,67	12,19
U10	14,53	19,07	19,32	12,71
U11	11,92	17,55	15,12	11,70
U12	12,55	17,79	15,70	11,87
Ispitivanje u mokrom stanju				
U1	15,03	8,55	7,22	5,71
U2	21,49	11,24	14,34	7,49
U3	14,65	8,22	6,62	5,48
U4	13,32	7,63	5,74	5,09
U5	15,37	9,47	8,17	6,32
U6	16,83	9,94	9,37	6,63
U7	14,23	8,22	6,53	5,48
U8	14,25	8,05	6,36	5,37
U9	15,47	8,68	7,59	5,79
U10	14,05	7,98	6,24	5,32
U11	14,57	8,78	7,16	5,86
U12	12,43	7,27	5,06	4,85
Ispitivanje nakon procesa habanja				
U1	10,79	16,21	12,95	10,81
U2	18,63	22,24	27,57	14,83
U3	12,01	17,10	15,04	11,40
U4	12,38	17,24	15,38	11,50
U5	15,01	18,94	19,65	12,63
U6	15,76	19,43	20,98	12,96
U7	11,99	16,84	14,67	11,23
U8	11,81	16,52	13,98	11,02
U9	12,35	16,62	14,96	11,09
U10	12,82	16,95	15,45	11,30
U11	14,51	19,31	19,64	12,87
U12	14,09	18,37	18,10	12,25



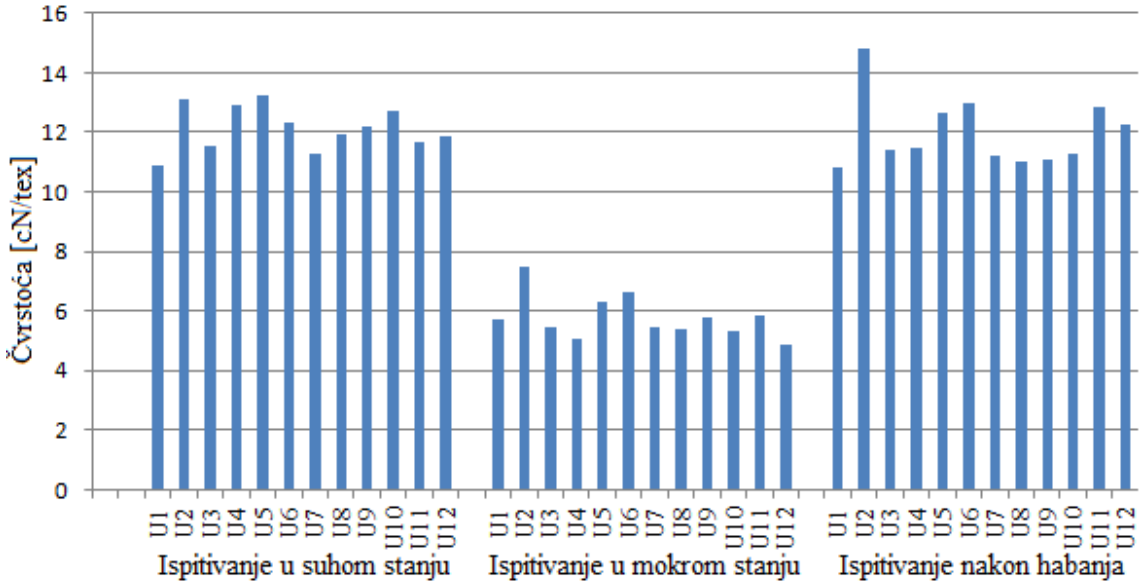
Slika 64. Grafički prikaz prosječnih rezultata prekidnog istezanja



Slika 65. Grafički prikaz prosječnih rezultata prekidne sile



Slika 66. Grafički prikaz prosječnih rezultata rada do prekida



Slika 67. Grafički prikaz prosječnih rezultata čvrstoće

5. RASPRAVA

Unutar ovoga poglavlja komentirani su rezultati ispitivanja dvanaest različitih konfiguracija kirurških čvorova ispitivanih u tri različita stanja – suho, mokro te stanje nakon procesa habanja. U eksperimentalnom dijelu ovog rada utvrđene su vrijednosti vlačnih svojstava, odnosno prekidnog istezanja, prekidne sile, rada do prekida te čvrstoće za svaku pojedinu ispitivanu epruvetu na kojoj su vezane konfiguracije. Osim što se vrijednosti mjernih rezultata razlikuju ovisno o ispitivanoj konfiguraciji, razlikuju se i s obzirom na stanje u kojem se nalazila epruveta.

Prosječne vrijednosti mjernih rezultata pokazuju da je najveće produljenje epruvete u trenutku prekida izmjereno kod konfiguracije kirurškog dvojnog polučvora, uzorak U2 i to za sva tri stanja ispitivanja. Također, na grafičkom prikazu, Slika 64. može se uočiti da su pri mokrom ispitivanju epruveta izmjerene najviše vrijednosti prekidnog produljenja, a za spomenuti kirurški dvojni polučvor ono iznosi 21,5%. Najmanje produljenje epruveta u trenutku prekida, u suhom stanju i stanju nakon procesa habanja, manifestiralo se kod konfiguracije kirurškog polučvora i iznosi 10%. Pri ispitivanju epruveta u mokrom stanju, najniža vrijednost prekidnog istezanja od 12,4% izmjerena je kod konfiguracije kirurškog čvora dvostrukom omčom.

Što se tiče iznosa prosječnih vrijednosti prekidnih sila, može se uočiti utjecaj stanja u kojem se ispitivana pređa nalazila na same rezultate. Naime, iznosi prekidnih sila pri ispitivanju epruveta u mokrom stanju bili su u intervalu 7,27 N do 11,24 N, dok se on za epruvete ispitivane u suhom stanju i stanju nakon procesa habanja kretao od najnižih 13,33 N za četvrtasti čvor (uzorak U3) te do najviših 22,24 N za kirurški dvojni polučvor (uzorak E2). Sveukupno gledajući, pri svakom stanju ispitivanja, konfiguracija kirurškog dvojnog polučvora (uzorak U2) bilježila je najviše iznose i pri prekidnoj sili s obzirom na ostale konfiguracije.

Nadalje, vezano za rad do prekida, epruvete pri ispitivanju u suhom stanju i ispitivanju nakon procesa habanja bilježe slične prosječne rezultate u intervalu od 12 Nxcm do 21 Nxcm, pri čemu se jedino ističe rezultat za konfiguraciju U2 kod koje je izmjereno gotovo 27,6 Nxcm za stanje nakon procesa habanja. Budući da se za navedeno stanje ispitivao samo po jedan uzorak svakog tipa konfiguracije, ovaj rezultat treba promatrati sa zadrškom. Naime, pri ostalim stanjima provodilo se ispitivanje na 20 epruveta svakog tipa konfiguracije. U ovom slučaju mjerenja rada do prekida, također su najniži iznosi rada potrebni za kidanje epruveta zabilježeni pri ispitivanju u mokrom stanju i to

najnižih 5 Nxcm pri konfiguraciji jednostrukom omčom (U12) pa do najviših 14,34 Nxcm pri konfiguraciji dvojnog polučvora (U2).

Na temelju prosječnih rezultata mjerenja čvrstoće, također se može zapaziti utjecaj stanja u kojem su se ispitivane epruvete pređe nalazile. Iz grafičke interpretacije može se uočiti da nema većih odstupanja pri ispitivanju epruveta u suhom stanju i ispitivanju epruveta nakon procesa habanja, dok je odstupanje kod ispitivanja epruveta u mokrom stanju vrlo izraženo, a nalazi se u intervalu 4,85 cN/tex za konfiguraciju U12 do 7,5 cN/tex za konfiguraciju U2. Vezano za ispitivanje epruveta u suhom stanju i stanju nakon provedbe procesa habanja, najniži zabilježeni iznos vrijednosti čvrstoće je 10 cN/tex za epruvete konfiguracije U1, dok je najviši iznos 13,13 cN/tex za konfiguraciju U2 pri ispitivanju u suhom stanju i 14,83 cN/tex pri ispitivanju nakon provedbe procesa habanja.

6. ZAKLJUČAK

U sklopu ovoga rada, diskutirani su utjecaji stanja epruveta (suho, mokro, nakon procesa habanja) na vlačna svojstva određenih konfiguracija kirurških čvorova. Rezultati provedenih istraživanja, njihova sustavna analiza, usporedba i statistička obrada omogućile su donošenje sljedećeg niza zaključaka.

Prije svega, na temelju teorijskog znanja, važno je napomenuti da se pređe izrađene od viskoznog vlakna ističu svojom malom čvrstoćom, malom savitljivošću te velikim istezanjem, no posebno se ističu svojim većim istezanjem u mokrom stanju. Također, prema teoriji, čvrstoća viskoznih vlakana u mokrom stanju iznosi svega oko 50% vrijednosti čvrstoće zračno suhih vlakana [9]. Pri ispitivanju vlačnih svojstava na različitim konfiguracijama kirurškog čvora na kirurškoj pređi izrađenoj upravo od spomenutih viskoznih vlakana, može se zapaziti poveznica s teoretskim znanjem. Naime, konfiguracije ispitivane u mokrom stanju bilježe veća produljenja epruveta u trenutku njihova prekida s obzirom na produljenja epruveta u suhom, odnosno stanju nakon ciklusa habanja. Nadalje, pri ispitivanju u mokrom stanju, bilo je potrebno manje opterećenje koje izaziva prekid epruveta što potkrepljuje činjenica da viskozni materijali gube na svojoj čvrstoći u vlažnom stanju. Također, jednaka činjenica povezana je i s radom do prekida te čvrstoćom pri čemu su zabilježene niže vrijednosti iznosa sile potrebne da epruveta s određenom konfiguracijom u mokrom stanju pukne. Na temelju toga, može se zaključiti da je utjecaj vlage u ovom ispitivanju svakako izražen te utječe na čvrstoću i samu pouzdanost određenog kirurškog čvora u stvarnoj primjeni.

Što se tiče primijenjenih konfiguracija kirurških čvorova, konfiguracije dvojnim polučvorom i konfiguracije čvorom podveze 2x1 ističu se najvišim iznosima vrijednosti u svakom segmentu vlačnih svojstava te u svakom ispitivanom stanju mjerenja. Prema tome, može se zaključiti da je ovaj tip konfiguracije kirurškog čvora pouzdaniji od ostalih ispitivanih konfiguracija u pogledu navedenih vlačnih svojstava, odnosno prekidne sile, rada do prekida i čvrstoće.

Provedenim istraživanjem i prikazanim rezultatima proširene su spoznaje o utjecaju određene konfiguracije te o utjecaju određenog stanja u kojem se nalazi kirurški čvor, a sve u svrhu njegove veće pouzdanosti, ocjene vrijednosti i uporabnih svojstava.

Povrh ovoga ispitivanja, i dalje ostaje činjenica da je kirurški čvor najslabiji dio šava, a s time u vezi je dokaz da se prilikom ispitivanja puknuće niti dogodilo upravno

neposredno uz vezanu konfiguraciju kirurškog čvora u podjednakim omjerima iznad i ispod same konfiguracije čvora. Vezano za klizanje niti, ono je uočeno jedino pri jednoj ispitivanoj epruveti i to kod konfiguracije Schloffer-ovog muškog 1=1. Budući da se radi samo o jednom primjeru, ovaj slučaj smatra se zanemarivim. Ipak, u svakom slučaju, sama prosudba koja će se konfiguracija upotrijebiti za neki operativni zahvat i dalje ostaje na osobnoj razini, naravno uzimajući u obzir i provedena istraživanja kojih bi svakako trebalo biti još i više s obzirom na razvoj tehnologije i znanosti.

7. LITERATURA

[1] Vlajčić Z.: Ispitivanje biomehaničkih karakteristika modificiranih šavova fleksornih tetiva na animalnom modelu, disertacija, Zagreb 2009.

[2] Hockenberger A.S., Karaca E.: Effect of suture structure on knot performance of polyamide sutures, Turska, 2003., dostupno na http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/24632/1/IJFTR%2029%283%29%20271-277.pdf

[3] Gillen A.: Evaluation of the Aberdeen and Forwarder Knots in Large Gauge Suture, Alabama, 2016, dostupno na https://etd.auburn.edu/handle/10415/5275

[4] Delimar D.: Vrednovanje instrumentalnog čvora za približavanje i šivanje tkiva i struktura pod tenzijom, magistarski rad, Medicinski fakultet u Zagrebu, 1998.

[5] Wiessner S.: Suture materials techniques and knots, Njemačka, 2016., dostupno na http://www.serag-wiessner.de

[6] Zbašnik D.: Analiza utjecaja vrste kirurškog čvora na vlačna svojstva pređe, prediplomski rad, Tekstilno-tehnološki fakultet 2016.

[7] Salopek Čubrić I., Zbašnik D.:Tensile properties of yarns used as surgical suture material with different knot configuration, International Ergonomics Conference 2018.

[8] Habek D.: Porodničke operacije, Medicinska naklada, Zagreb 2009.

[9] Čunko R., Andrassy M.: Vlakna, Zrinski d.d., Zagreb 2005.