

Analiza istezanja do prekida glatkog kulirnog desno-lijevog i desno-desnog pletiva

Tea Jovanović, Željko Penava*, Zlatko Vrljićak
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet
Zagreb, Hrvatska

*Dopisni autor: zeljko.penava@ttf.unizg.hr

Prispjelo: 20. 6. 2022.

UDK 677.017.4:677.075.3

Izvorni znanstveni rad

S tehnološkog gledišta analizirani su dijagrami sila/istezanje glatkog kulirnog desno-lijevog i desno-desnog pletiva koja su izrađena pamučnim pređama finoće 20 tex. Iz pletiva su izrezani trakasti uzorci u smjeru redova i nizova očica koji su na dinamometru upravljanim računalom istezani do prekida. Pri istezanju pletiva računalo registrira vrijednosti sile i istezanja pletiva. Brojčani zapisi iz računala dinamometra se prenose u određene računalne programe pri čemu se određuje matematički oblik krivulje istezanja. Krivulja sila/istezanje je podijeljena u četiri osnovna dijela: 1. od početka istezanja do kraja elastične deformacije pletiva, 2. od kraja elastične deformacije do tjemena krivulje, 3. od tjemena krivulje do početka plastične deformacije i 4. od početka plastične deformacije do prekida pletiva. U pojedinim navedenim dijelovima izračunao se iznos uloženo rada pri istezanju pletiva do prekida.

Ključne riječi: pletivo; kulirno; desno-lijevo; desno-desno; pamuk; dijagram sila/istezanje; analiza

Original scientific paper

From a technical standpoint, force-elongation diagrams of plain knitted fabric and double-faced knitted fabric made of 20 tex cotton yarns were examined. Strip samples were cut in the direction of courses and wales which were extended until the break using the computer-controlled tensile strength tester. During the stretching process, the computer records the force-elongation values of the knitted fabric. The numerical data from the computer's tensile strength tester are uploaded to certain computer programs, which define the mathematical shape of the stretching curve. The force-elongation curve can be divided into four basic parts: 1. from the start of stretching to the end of elastic deformation of the fabric; 2. from the end of elastic deformation to the vertex of the curve; 3. from the vertex of the curve to the start of plastic deformation; and 4. from the start of plastic deformation to the knitted fabric break. For several of the mentioned sections, the amount of work required to stretch the knitted fabric till it breaks was calculated.

Key words: knitted fabric; jersey; double faced fabric; cotton; force-elongation diagram; analysis

1. Uvod

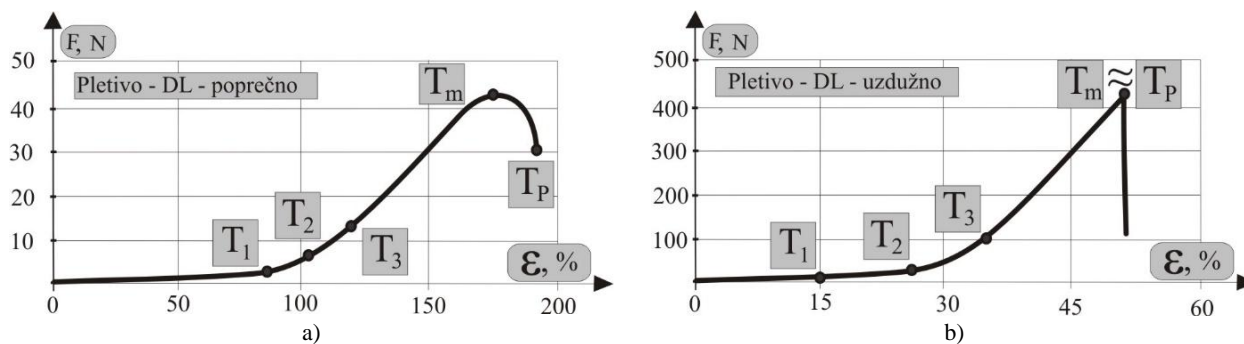
Pri upotrebi, dijelovi odjevnih predmeta različito se istežu u uzdužnom, poprečnom ili pod nekim kutom u odnosu na smjer djelovanja vlačne sile. Klasične tkanine upotrebljene u izradi odjevnih predmeta imaju istežanje do prekida najčešće do 20 % pa su prikladne u izradi odjeće koja ležerno priliježe (pada) niz tijelo [1,2]. Ovisno o kroju odjevnog predmeta i tzv. faktoru komocije ovakvi odjevni predmeti se najviše istežu pri oblačenju ili svlačenju te ekstremnom opterećenju pri upotrebi. Kod ovakvih opterećenja vrlo često dolazi najprije do deformacije ili puknuća šava, potom tkanine. Pletiva imaju znatno veće istežanje nego tkanine pa u posljednje vrijeme imaju razna područja primjene. Najjednostavnije pamučno desno-lijevo kulirno pletivo koje se upotrebljava u izradi laganih ljetnih majica ima istežanje u smjeru redova očica ili poprečno oko 150 %, a u smjeru nizova očica ili uzdužno upola manje ili oko 70 %. Desno-desna pletiva izrađena s jednakim pređama kao prethodno pletivo imaju gotovo dvostruko veće istežanje do prekida u smjeru redova očica i iznosi preko 250 %, a u smjeru nizova očica, isto oko upola manje ili 120 %. Ovakva pletiva su prikladna za ženske odjevne predmete koji priliježu uz tijelo ili pak za krupnije osobe [3-5]. U upotrebi će se ovakvo pletivo različito istežati na pojedinim dijelovima tijela i ostaviti će utisak udobnog nošenja. Najjednostavnija struktura finih ženskih čarapa izrađenih multifilamentnim PA pređama (Nylon čarape) isteže se znatno više nego prethodne strukture pletiva. Na području oko gležnja isteže se oko 50 %, na području oko lista noge oko 100 %, na natkoljениčnom dijelu oko 200 % i ispod prepona istežanje iznosi do 800 %. Kad se prikladno projektirana i izrađena čarapa navuče na noge i tijelo tada je udobna pri upotrebi [6-8].

U posljednjem desetljeću sve se više upotrebljava odjeća koja priliježe uz tijelo i odjeća koja kompresijski djeluje na tijelo. Kod ove odjeće značajno je nekoliko parametara: udobnost nošenja, pritisak odjeće na tijelo, višekratna upotreba i funkcionalno održavanje. Mnoga rekreacijska odjeća ili odjeća za profesionalne sportaše koja direktno naliježe na tijelo vrlo često blago kompresijski djeluje na tijelo pri čemu je iznos kompresije 7 do 13 hPa (5 do 10 mmHg). Osobe koje obavljaju poslove stojeći, poput stomatologa, trgovaca, listonoša, planinara, šumara i dr. upotrebljavaju tzv. preventivne kompresijske čarape koje djeluju na nogu s povećanim pritiskom i ostvaruju kompresiju na nogu 8 do 24 hPa (6 do 18 mmHg) [9,10]. Međutim, osobe koje boluju od kronične venske insuficijencije ili limfedema, za različite stadije bolesti upotrebljavaju u terapijske svrhe kompresijske čarape određenog stupnja kompresije. Ovakve čarape, u terapijske svrhe preporučuju liječnici speci-

jalisti koji kontinuirano kontroliraju učinak terapije [11]. Kod svih prethodno navedenih područja primjene pletiva koja kompresijski djeluju na tijelo značajna su tri parametra koja tehnolozi trebaju uskladiti pri izradi pojedinih odjevnih predmeta: 1. iznos istežanja pletiva, 2. silu pri zadanom istežanju pletiva i 3. iznos kompresije ostvarene pri zadanom istežanju. U suvremenim tehnološkim procesima, za mnoge odjevne predmete teži se personaliziranoj proizvodnji po zahtjevu korisnika. Zbog toga je potrebno analizirati promjene strukture pletiva na pojedinim područjima istežanja, veoma često do početka trajne deformacije pletiva, a ponekad i do prekida pletiva [12,13].

2. Dijagram sila/istežanje pletiva

U laboratorijskim uvjetima i tehnološkim procesima prerade pletiva upotrebljavaju se različite standardne i nestandardne metode istežanja pletiva do prekida [14, 15]. Pored ovih metoda mnogi prerađivači pletiva upotrebljavaju interne metode istežanja pletiva do određenog opterećenja (a ne do prekida) i time dolaze do njima značajnih podataka o deformaciji materijala koja će im koristiti kod izrade (kroja) odjevnog predmeta. U ovakvim tehnološkim istraživanjima veoma često je značajan podatak sužavanja pletiva u jednom (npr. poprečnom) smjeru pri njegovu istežanju u drugom (uzdužnom) smjeru. Prilikom istežanja pletiva do prekida najčešće se koristi metoda trakastog uzorka, a dinamometar u paru registrira silu i istežanje pa ih u radnoj memoriji pohranjuje kao bročani zapis, te u konačnici i kao vizualni zapis u obliku dijagrama sila/istežanje, sl.1. Ovisno o strukturi pletiva i metodi mjerenja dobiju se različiti oblici dijagrama koji imaju nekoliko karakterističnih područja obilježenih pripadajućim točkama [16]. Prvi dio dijagrama je približno linearan i proteže se od početka istežanja (od točke 0 do T_1). S tehnološkog gledišta ovo područje (od točke 0 do T_1) obuhvaća elastičnu deformaciju materijala. U njemu se ostvari veliko istežanje uz mali prirast sile. Općenito razmatrano, nakon prestanka djelovanja sile u ovom području istežanja pletivo se vraća u prvobitni položaj i nema trajnu deformaciju pa se zaključuje da je pletivo elastično (Hookov zakon). Ovo područje istežanja je zanimljivo pri izradi klasičnih odjevnih predmeta koji kompresijski ne djeluju na ljudsko tijelo. Nakon elastične deformacije pletiva (točke T_1), sila pri istežanju pletiva značajnije raste nego istežanje. Ovo drugo područje može se razmatrati od kraja elastične deformacije pa do tjemena krivulje sila/istežanje, tj. od točke T_1 do točke T_2 . U praktičnoj primjeni ovo područje je značajno pri istežanju materijala u izradi odjeće koja blago kompresijski djeluje na ljudsko tijelo.



Sl.1 Klasični dijagrami sila/istezanje do prekida kulirnog desno-lijevog glatkog pletiva [3,14]: a) poprečno – smjer redova očica, b) uzdužno – smjer nizova očica; F - sila, N, ϵ - istezanje, %, T_1 – pretpostavljeni kraj elastične deformacije, T_2 - tjeme krivulje, T_3 – pretpostavljeni početak plastične deformacije, T_m – najveća sila, T_p – točka prekida materijala

Pri daljnjem istezanju, nakon točke tjemena krivulje sila/istezanje (točke T_2) dolazi do još značajnijeg porasta sile u odnosu na istezanje. U jednom trenutku odnos sile i istezanja je proporcionalan i krivulja poprima, kao i u prvom dijelu dijagrama, pretežno linearan oblik. U početku ovog drugog linearnog dijela dijagrama pretpostavlja se da počinje trajna deformacija materijala (točka T_3). Kod ovog drugog linearnog dijela dijagrama kut uspona je znatno veći nego kod prvog dijela. U praktičnoj primjeni dio dijagrama sila/istezanje od točke T_2 do T_3 značajan je pri izradi kompresijskih čarapa većeg stupnja kompresije ili različitih steznika i ortoza. Teorijski razmatrano, područje od kraja elastične deformacije pletiva pa do početka plastične deformacije (od točke T_1 do T_3) se naziva elastoplastično i u njemu dolazi do destrukcije dijela strukture pletiva. Na kraju drugog linearnog dijela dijagrama sila/istezanje registrira se najveća sila koja je izmjerena pri istezanju materijala do prekida (točka T_m) koja se najčešće koristi kod interpretacije rezultata po standardu. Nakon najveće izmjerene sile pri istezanju pletiva (točka T_m) dolazi do trajne destrukcije materijala, u prvom redu pucanja pojedinih pređa, i u konačnici cijelog uzorka pletiva (točka T_p). Ovisno o strukturi, smjeru istezanja, obliku uzorka pletiva, radu uređaja i sl. (smjer redova – poprečno, smjer nizova – uzdužno, pod nekim kutom u odnosu na smjer djelovanja sile), kod istezanja pojedinih uzoraka, postoji značajna razlika između najveće sile registrirane pri istezanju pletiva (točka T_m) i sile trganja pletiva (točka T_p). Veličina razlike u navedenim silama upućuje na analizu kriterija koji su postavljeni za registriranje sile prekida pletiva. Tehnološka analiza dijagrama sila/istezanje jednostavnijih struktura pletiva koja se upotrebljavaju u izradi odjeće prikladnija je do najveće sile istezanja, a kod složenijih struktura pletiva, dijagram je poželjno analizirati do točke prekida pletiva. Ova preporuka naročito je zanimljiva i korisna za pojedina pletiva izrađena sa tri različite vrste pređa (rekreacijska odjeća, tri različite pređe u redu pletiva) koje imaju različito istezanje do prekida,

npr. pamučna jednostruka pređa, istezanje do prekida 4 do 7 %, poliamidna multifilamentna pređa, istezanje 20 do 30 % i elastanska pređa, istezanje preko 200 %. Kod provedenih analiza dijagrama sila/istezanje pletiva poželjno je uvijek navesti kriterije po kojima je analiziran dijagram. Deformacija pletiva namijenjenog izradi odjeće zanimljiva je do početka trajne deformacije pletiva, ponekad do najveće točke opterećenja, a veoma rijetko do točke prekida pletiva. Pri izradi različitih steznika, ortoza i tehničkih pomagala invalidnim osobama značajna je analiza dijagrama do najveće sile opterećenja, a time i do trganja materijala. Zbog specifičnih područja primjene pojedinih pletiva postaviti će se određeni ciljevi istraživanja i analize, a time i podijele dijagrama sila/istezanje na pojedine dijelove [17].

3. Eksperimentalni dio

U eksperimentalnom dijelu, s tehnološkog gledišta analizirani su dijagrami sila/istezanje doradenog desno-lijevog i nedoradenog desno-desnog pletiva opterećenih u dva smjera: redova očica ili poprečno i nizova očica ili uzdužno. Cilj istraživanja je podjela dijagrama sila/istezanje na pojedine značajne dionice koje su označene sa pet prethodno navedenih točaka: 0, T_1 , T_2 , T_3 i T_m . Kod analiziranih uzoraka i navedenih točaka određeni su parovi sila: istezanje te njihovi relativni udjeli u odnosu na najveću silu i istezanje. Svrha ovih točaka je njihova primjena za računanje iznosa uloženog rada u pojedinim segmentima pri istezanju pletiva do prekida. Dobiveni iznosi uloženog rada se međusobno rangiraju i uspoređuju pri različitim smjerovima istezanja pletiva.

Po standardnim metodama analizirane su dvije temeljne strukture kulirnih pletiva [18, 19]. Prvi je uzorak pletiva izrađen jednostrukom pamučnom pređom finoće 20 tex ispređenoj na prstenastoj predilici. Pletivo je izrađeno u glatkom kulirnom desno-lijevom prepletu, plošne mase 140 g/m², zapreminske

mase $0,34 \text{ g/cm}^3$, upotrebljeno je za izradu ljetnih majica kratkih rukava. Drugi je uzorak također izrađen jednostrukom pamučnom pređom finoće 20 tex koja je izrađena na prstenastoj predilici. Pletivo je izrađeno u glatkom kulirnom desno-desnom prepletu, ima plošnu masu 170 g/m^2 i zapreminsku masu $0,25 \text{ g/cm}^3$. Pletivo je upotrijebljeno za izradu muških zimskih potkošulja.

Iz oba uzorka pletiva izrezano je tri do pet epruveta u smjeru redova i isto toliko u smjeru nizova očica. Epruvete su širine 50 mm i duljine 350 mm koji su na dinamometru s ravnim hvataljkama istežani do prekida. Pri istežanju desno-lijevog pletiva razmak između hvataljki je iznosio 200 mm, uz brzinu istežanja 100 mm/min . Desno-desno pletivo se znatno više isteže u smjeru redova očica pa je razmak između hvataljki dinamometra iznosio 100 mm, a brzina istežanja je bila kao i kod prethodnog uzorka. Pod navedenim uvjetima mjerenja i tehničkim značajkama dinamometra, prilikom istežanja pletiva obavljeno je 10 do 20 mjerenja/mm istežanja pri čemu je registrirano 800 do 5000 zapisa sila:istežanje [14,15]. Ovakvi broječani zapisi su upotrijebljeni u matematičkoj obradi analize dijagrama te računanja ukupnog i parcijalnog uloženog rada pri istežanju pletiva do prekida ili do najveće izmjerene sile opterećenja.

4. Rezultati i rasprava

Rezultati mjerenja i analize su pojedinačno navedeni za svaki analizirani uzorak. Prvo su prikazani dijagrami sila:istežanje dobiveni na računalu dinamometra. Potom su broječani zapisi iz upravljačkog programa dinamometra preneseni u matematički program u kojem su analizirani i obrađivani. S računalnim programom potražena je matematička funkcija kojom se opisuje promjena istežanja pletiva s povećanjem sile. Ovisno o postavljenim kriterijima analize i preciznošću rezultata, u ovim istraživanjima dobivena krivulja sila:istežanje može se prihvatljivo za praktičnu primjenu opisati polinomnom jednadžbom trećeg i četvrtog stupnja. Ovakva se pletiva više istežu u smjeru redova očica pa se njihova promjena često opisuje jednadžbom četvrtog stupnja dok se istežanje u smjeru nizova očica prikladno opisuje jednadžbom trećeg stupnja [20]. Uzorci za istežanje na dinamometru izrezani su iz metražnog pletiva pa nemaju čvrste rubove. Prilikom istežanja pletiva, niti na rubu uzorka postupno se izvlače iz rubnih očica pri čemu nastaju znatne varijacije sile istežanja koje rezultiraju velikom odstupanjem od srednje vrijednosti naročito u prvoj dionici dijagrama, tj. od točke 0 do T_1 .

Ukoliko se želi odrediti zakonitost promjene sila:istežanje u pojedinoj dionici tada je potrebno

postaviti kriterije praktičnog dozvoljenog odstupanja i po njima podijeliti krivulju u pojedine dionice istežanja. Nakon podjele krivulje u pojedine dionice (točke od 0 do T_m) tada se računaju udjeli uloženog rada za istežanje pletiva u navedenim dionicama [21,22].

4.1. Analiza rezultata istežanja glatkog kulirnog desno-lijevog pamučnog pletiva

Prvi uzorak koji se prikazuje i analizira je izrezan iz metražnog glatkog kulirnog desno-lijevog doradenog pletiva koje je upotrijebljeno u izradi ljetnih ženskih majica kratkih rukava. Kao što je navedeno, pletivo je izrađeno pamučnom jednostrukom pređom finoće 20 tex koja je ispredena na prstenastoj predilici. Istežanje pletiva do prekida u poprečnom smjeru ili u smjeru redova očica obavljeno je na tri epruvete (uzorka), a u smjeru nizova očica ili uzdužno na četiri. Istežanje pletiva je obavljeno bez predopterećenja pa svi podatci mjerenja sile i istežanja počinju od nule. Razlog ovakvog mjerenja je želja da se saznaju pojedini udjeli u dijagramu i iz njih izračuna rad pri istežanju koji je značajan u analizi utjecaja iznosa istežanja i sile pri kompresiji pletiva na ljudsko tijelo. Na osnovi pojedinačnih mjerenja dobiven je prosječni dijagram sila:istežanje za analizirano pletivo pri čemu istežanje do prekida u smjeru redova očica iznosi oko 155 %, a u smjeru nizova očica 82 %, ili upola manje, sl.2.

Preuzimanjem broječanih zapisa iz računala dinamometra koje je registriralo pojedinačne točke mjerenja sila:istežanje i njihovom obradom dođe se do matematičke zakonitosti opisane polinomnom funkcijom trećeg stupnja koja opisuje promjenu sile i istežanja pletiva do prekida, sl.3. Jednadžbe imaju slijedeće oblike pri čemu je istežanje ε izraženo u cm.

Za smjer redova očica:

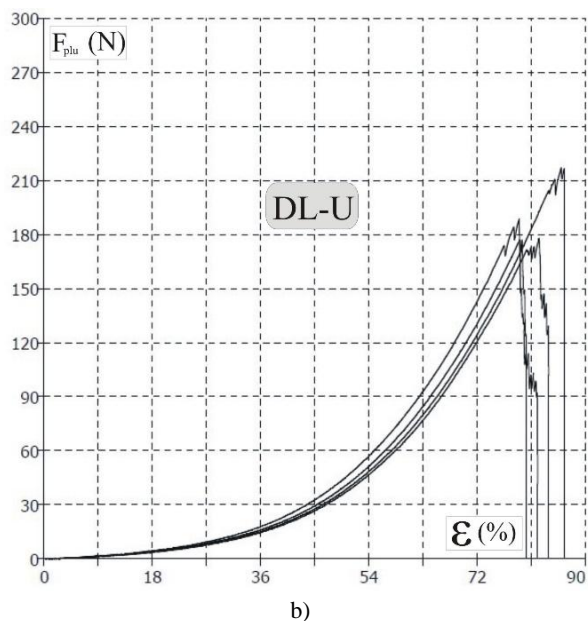
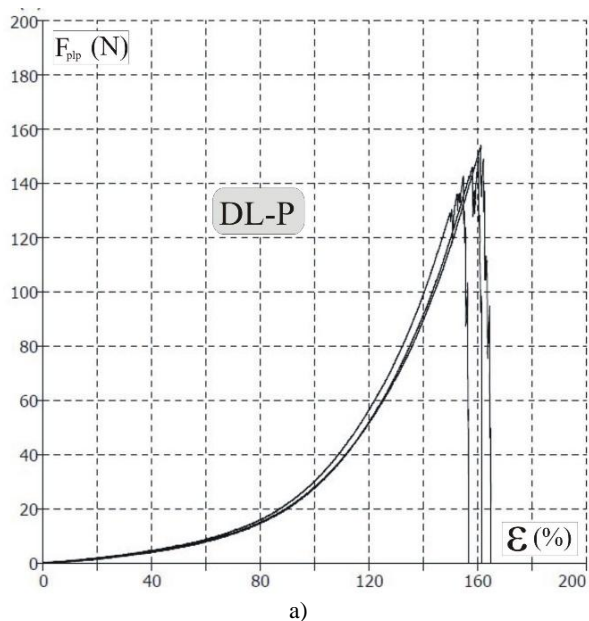
$$F_r = 0,0083 \cdot \varepsilon^3 - 0,1609 \cdot \varepsilon^2 + 1,3341 \cdot \varepsilon; \quad r = 0,99$$

Za smjer nizova očica:

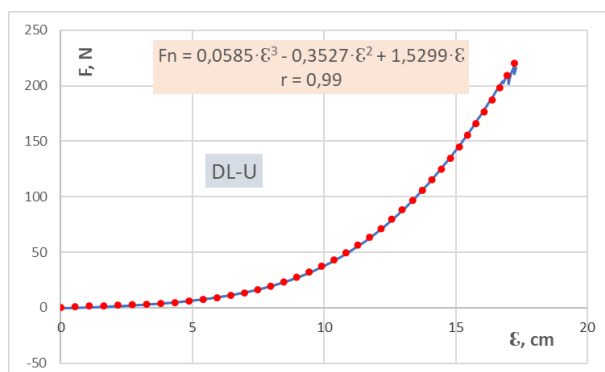
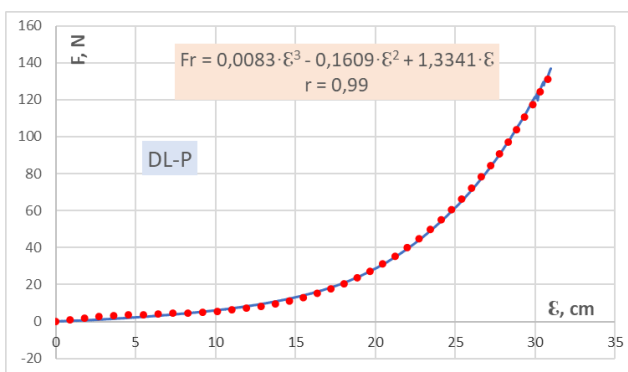
$$F_n = 0,0585 \cdot \varepsilon^3 - 0,3527 \cdot \varepsilon^2 + 1,5299 \cdot \varepsilon; \quad r = 0,99$$

Na dijagramima nastalim iz računalnog zapisa pri radu dinamometra (sl.2) uočljivo je da je najveća sila izmjerena pri istežanju pletiva približno jednaka sili prekida ($T_m \approx T_p$). U toj točki dolazi do trenutačnog puknuća pletiva koje je u dijagramu zabilježeno naglim padom sile te je veći dio tog dijela krivulje uspoređan s ordinatom.

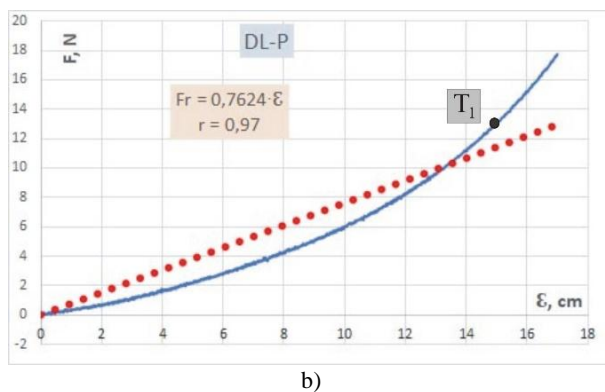
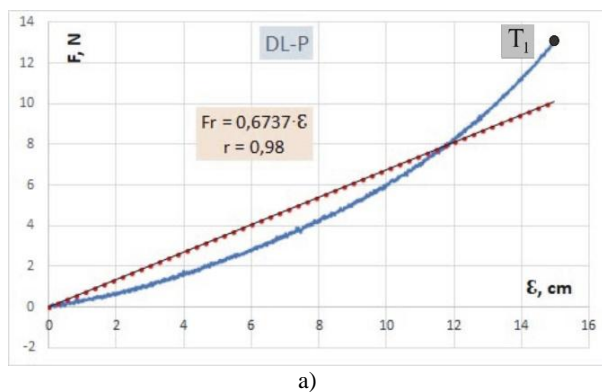
Pri istežanju pletiva u smjeru redova očica (sl.2a) prosječna najveća sila iznosi 137 N i jednaka je sili trganja pletiva, a pri istežanju u smjeru nizova očica iznos sile je značajno veći i iznosi 190 N.



SI.2 Iz računala dinamometra zapis dijagrama sila/istežanje do prekida glatkog kulirnog desno-lijevog doradenog pletiva, a) poprečno – smjer redova očica, b) uzdužno – smjer nizova očica; F - sila, N, ϵ - istežanje, %



SI.3 Rezultati mjerenja sila/istežanje do prekida glatkog kulirnog doradenog desno-lijevog pletiva, obrađeni u računalnom programu: a) poprečno – smjer redova očica, b) uzdužno – smjer nizova očica; F - sila, N, ϵ - istežanje, cm; puna krivulja – dobiveno mjerenjem, točkasta krivulja – dobiveno matematičkom interpolacijom



SI.4 Matematičko određivanje područja elastične deformacije pletiva (Hookov zakon - od točke 0 do T_1) pri istežanju u smjeru redova očica; a) linearno područje se proteže do 15 cm istežanja ili 75 % pri koeficijentu korelacije većem od 0,98, b) pri istežanju pletiva više od 15 cm ili 75 %, koeficijent korelacije je manji od 0,98; F - sila, N, ϵ - istežanje, cm

Prosječni oblik obiju krivulja vrlo dobro opisuje polinomna funkcija trećeg stupnja što potvrđuje visoki Pearsonov koeficijent korelacije ($r=0,99$) pri čemu je prosječno odstupanje teorijskih od mjerenih podataka manje od 5 %.

Analiza rezultata istezanja pletiva u smjeru redova očica

Za određivanje značajnijih točaka na dijagramu sila/istezanje (T_1 , T_2 , T_3 , T_m , T_p) mogu se primijeniti različite matematičke metode ili ovisno o kriterijima analize neke se točke mogu očitati u brojčanom zapisu ili na dijagramu. Prvi dio dijagrama koji registrira istezanje pletiva od početka do točke T_1 je linearan i smatra se da predstavlja elastičnu deformaciju pletiva istezanog u smjeru redova očica ili poprečno (Hookov zakon), sl.2a i sl.3a. Za istezanje pletiva u ovom području potrebna je sila do 10 % najveće sile pri istezanju pletiva pa se za ovaj odnos sile i istezanja može prihvatiti kriterij da je iznos najmanjeg Pearsonova koeficijenta korelacije 0,98, a s njime i prihvatljiva pogreška proračuna.

Računskom analizom podataka prvog dijela dijagrama dobiven je oblik prvog linearnog dijela krivulje do istezanja 75 % ili 15 cm, koji opisuje elastičnu deformaciju, (sl.4a), tj. točka T_1 ima koordinate $T_1(15; 13,2)$ – 15 cm istezanje i 13,2 N iznos sile. Ako se poveća istezanje do 85 % ili na 17 cm (sl.4b) tada koeficijent korelacije ide ispod 0,98 i područje dozvoljene pogreške se povećava pa se ovo područje po postavljenim kriterijima odbacuje kao neprihvatljivo. Pretpostavljeni početak trajne deformacije pri jednoosnom istezanju pletiva (točka T_3) prikladno je odrediti primjenom fiksne točke najveće izmjerene sile pri istezanju pletiva (T_m) koja se može očitati iz brojčanog zapisa sila:istezanje. Kroz ovu točku prolazi drugi pravac dijela krivulje (od točke T_3 do T_m).

Pri koeficijentu korelacije većem od 0,98 točka T_3 se nalazi kod istezanje pletiva 20 cm ili 100 % od početne duljine istezanja, sl.5a, a ispod ove granice koeficijent korelacije se smanjuje pa se niža granica odbacuje, sl.5b. Na osnovi brojčanog zapisa, dijagrama i korelacijskih izračuna, u ovom istraživanju naznačene značajnije točke imaju koordinate:

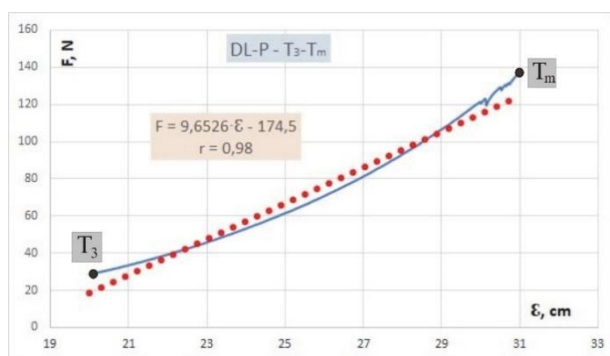
T_i (istezanje, cm; sila, N): $T_1(15; 13,2)$, $T_2(17; 17,8)$, $T_3(20; 28,7)$ i $T_m(31; 137)$.

T_i (istezanje, %; sila, N): $T_1(75; 13,2)$, $T_2(85; 17,8)$, $T_3(100; 28,7)$ i $T_m(155; 137)$.

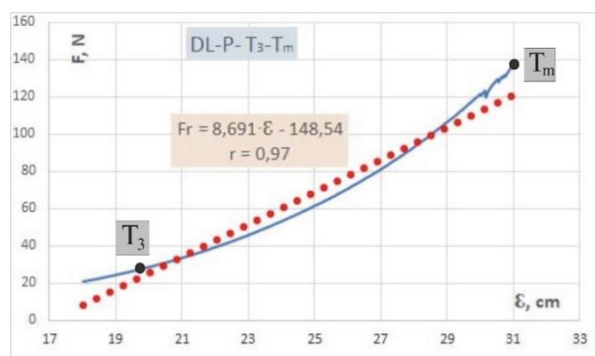
Točke T_1 i T_3 su izračunate uz pomoć korelacijske metode, točka T_m je očitana iz brojčanog zapisa dok je točka T_2 procijenjena iz dijagrama uz orijentaciju točke T_1 i T_3 . Uz određene pogreške sve su se točke mogle procijeniti iz dijagrama sila/istezanje ili su izračunati primjenom prikladnog računalnog programa u koji treba ugraditi kriterije koji obuhvaćaju preciznost izračuna, odnosno dozvoljenu praktičnu pogrešku.

Prema postavljenim ciljevima u ovom istraživanju dobivene točke na dijagramu sila/istezanje pletiva su temeljne odrednice za računanje parcijalnog i ukupnog rada ispod krivulje sila/istezanje, tab.1.

Duljina uzorka pletiva za istezanje koja se nalazi između hvataljki iznosi 20 cm dok je širina uzorka 5 cm. Nakon 15 cm istezanja (ili 75 %, ili relativnog produljenja 0,75) prestaje elastična deformacija pletiva na kraju koje se nalazi točka T_1 . Za istezanje pletiva do kraja elastične deformacije potrebna je sila 13,2 N ili oko 10 % od sile prekida pletiva koja iznosi 137 N. Uloženi rad za istezanje pletiva do kraja elastične deformacije iznosi 71 N·cm ili svega 7 % od ukupnog rada koji se uloži pri istezanju pletiva do prekida, sl.6. Nakon kraja elastične deformacije pletiva nastavlja se istezanje još 2 cm ili 10 % pri čemu se dolazi do tjemena krivulje sila/istezanje.



a)



b)

Sl.5 Matematičko određivanje područja plastične deformacije pletiva (od točke T_3 do T_m) pri istezanju u smjeru redova očica;

a) linearno područje se proteže od 20 cm istezanja ili 100 % pa sve do najveće sile pri istezanju ili trganju pletiva uz koeficijent korelacije veći od 0,98, b) pri istezanju pletiva od 18 cm ili 85 %, koeficijent korelacije je manji od 0,98;

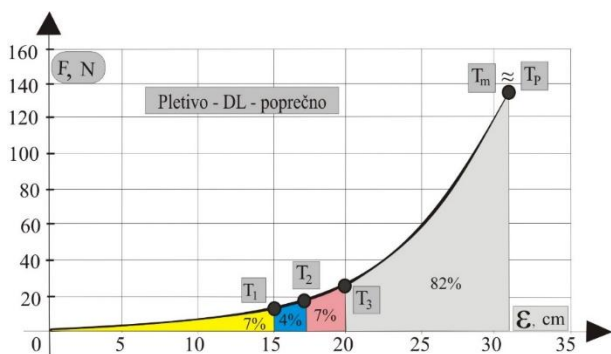
F - sila, N, ϵ - istezanje, cm

Tab.1 Iznosi značajnih parametara pri istezanju desno-lijevog pletiva u smjeru redova očica za računanje parcijalnog i ukupnog rada ispod krivulje sila/istezanje

Dionica	ε		ε_r	F_i , N	F_{ui} , %	W , N·cm	W_u , %
	%	cm					
0 - T_1	75	15	0,75	13,2	10	71	7
T_1 - T_2	10; (85)	2; (17)	0,85	17,8	13	31	4
T_2 - T_3	15; (100)	3; (20)	1	28,7	21	68	7
T_3 - T_m	55; (155)	11; (31)	1,55	137	100	785	82
Ukupno						955	100

T_1, T_2, T_3, T_m - značajne točke na dijagramu sila/istezanje pletiva, ε - istezanje pletiva u smjeru redova očica, % i cm, ε_r - relativno produljenje pletiva, F_i - iznos sile istezanja na području graničnih točaka, N, F_{ui} - iznos udjela sile istezanja na području graničnih točaka, %, W - rad ispod (dijela) dijagrama sila/istezanje, N·cm, W_u - udio rada u pojedinoj dionici dijagrama, %

U točki tjemena krivulje ukupno istezanje pletiva iznosi 85 % pri čemu je bila potrebna sila od 17,8 N ili oko 13 % od prekidne sile pletiva. Utrošeni rad u dijelu dijagrama između kraja elastične deformacije i tjemena krivulje iznosi 31 N·cm ili svega 4 % od ukupnog rada koji se uloži pri istezanju pletiva do prekida.



Sl.6 Udjeli uloženog rada u pojedinim dijelovima istezanja desno-lijevog pletiva do prekida u smjeru redova očica ili poprečno; F - sila, N, ε - istezanje pletiva, cm, T_1 - pretpostavljeni kraj elastične deformacije, T_2 - tjeme krivulje, T_3 - pretpostavljeni početak plastične deformacije, T_m - najveća sila, T_p - točka prekida pletiva

Pri istezanju pletiva do kraja elastične deformacije pređa se povlači iz stranica očica u gornja i donja zaobljenja očica, a pri istezanju do tjemena krivulje za pretpostaviti je da se počinje pređa istezati u svojoj strukturi. Daljim istezanjem pletiva za 3 cm ili 15% dolazi se do točke T_3 od koje počinje plastična deformacija pletiva. Do točke početka plastične deformacije pletivo je istegnuto 100 %, a za istezanje je trebala sila 28,7 N koja iznosi 21 % od sile prekida pletiva. Uloženi rad potreban za istezanje pletiva od tjemena krivulje do početka plastične deformacije iznosi 68 N·cm ili 7 % od ukupnog rada potrebnog za trganje pletiva.

Dionica istezanja pletiva od kraja elastične do početka plastične deformacije je zanimljiva u izradi odjeće koja kompresijski djeluje na tijelo. Potrebno je uočiti nesrazmjer u iznosu istezanja pletiva, sile istezanja i uloženi rada do početka plastične deformacije.

Pletivo se istegne 100 %, ostvarena sila za istezanje iznosi do 21 % od sile trganja pletiva, a utrošeni rad 18 % od ukupnog rada. Dionica istezanja pletiva od točke T_3 pa sve do prekida (točka T_m) najčešće nije zanimljiva u izradi odjeće pa se u ovim razmatranjima i neće detaljno analizirati.

Međutim, potrebno je naglasiti da pri daljnjem istezanju pletiva od točke T_3 , pojedine niti u strukturi pletiva počinju pucati pa nastaju rupice u pletivu koje predstavljaju vizualnu trajnu deformaciju materijala. Ukupna duljina istezanja pletiva u smjeru redova očica ili poprečno iznosi 31 cm ili 155 %, a sila trganja 137 N. Uloženi rad potreban za istezanje pletiva u području trajne deformacije (od točke T_3 do T_m) iznosi 785 N·cm ili 82 % od ukupnog rada uloženog za trganje pletiva koji iznosi 955 N·cm.

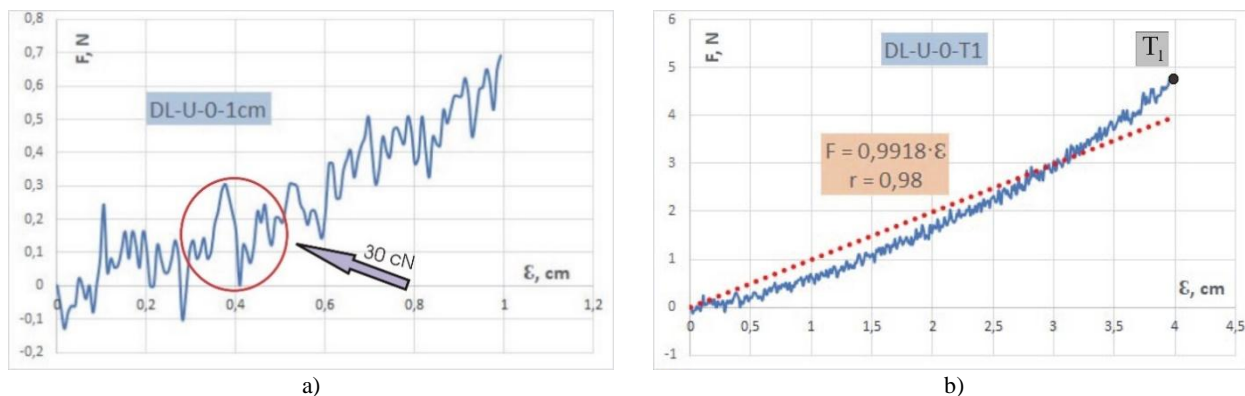
Analiza rezultata istezanja pletiva u smjeru nizova očica

Na prethodno opisani način određene su koordinate navedenih točaka i za istezanje pletiva do prekida u smjeru nizova očica ili uzduž pletiva. Navedene točke za jedan uzorak istezanja pletiva imaju sljedeće iznose koordinata:

T_1 (istezanje, cm; sila, N): T_1 (4; 4,7), T_2 (7; 14,7), T_3 (10; 39,8) i T_m (16; 190).

T_1 (istezanje, %; sila, N): T_1 (20; 4,7), T_2 (35; 14,7), T_3 (50; 39,8) i T_m (82; 190).

Uzorci za istezanje u smjeru nizova očica ili uzduž pletiva imali su jednake izmjere kao uzorci za istezanje u smjeru redova očica. Kako je uočljivo, istezanje pletiva u smjeru nizova očica do najveće sile opterećenja iznosi 82 % i znatno je manje od istezanja u smjeru redova očica koje iznosi 155 %, (odnos istezanja: 1:1,89). Međutim, najveća sila pri istezanju pletiva u smjeru nizova očica iznosi 190 N i veća je od sile registrirane pri istezanju u smjeru redova očica koja iznosi 137 N (odnos 1:1,39). Ovakve značajke odnosa sile i istezanja pletiva pogodne su u izradi gornje odjeće koja ne priliježe uz tijelo već slobodno pada niz tijelo. Pletivo izrađeno s malo zbijenijom strukturom pogodno je u izradi lagane odjeće sa džepovima. Korisnik može u džepove staviti nužne



Sl.7 Varijacije sile pri istezanju pletiva u području elastične deformacije: a) pri početnom istezanju od 0 do 1 cm, b) u području od točke 0 do T_1

Tab.2 Iznosi značajnih parametara pri istezanju desno-lijevog pletiva u smjeru nizova očica za računanje parcijalnog i ukupnog rada ispod krivulje sile/istezanje

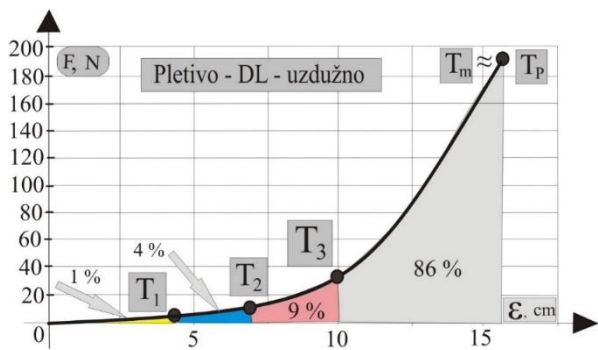
Dionica	ϵ		ϵ_r	F_i , N	F_{ri} , %	W, N·cm	W_u , %
	%	cm					
0 - T_1	20	4	0,2	4,7	2	7	1
T_1 - T_2	15; (35)	3; (7)	0,35	14,7	7	27	4
T_2 - T_3	15; (50)	3; (10)	0,5	39,8	21	76	9
T_3 - T_m	32; (82)	6; (16)	0,82	190	100	652	86
Ukupno						762	100

T_1, T_2, T_3, T_m - značajne točke na dijagramu sile/istezanje pletiva, ϵ - istezanje pletiva u smjeru nizova očica, % i cm, ϵ_r - relativno produljenje pletiva, F_i - iznos sile istezanja na području graničnih točaka, N, F_{ri} - iznos udjela sile istezanja na području graničnih točaka, %, W - rad ispod (dijela) dijagrama sile/istezanje, N·cm, W_u - udio rada u pojedinoj dionici dijagrama, %

potrepštine, a da ne dođe do velike deformacije materijala. Prilikom izrezivanja uzoraka iz pletiva u smjeru nizova očica vrlo je složeno izrezati uzorak bez prekida po cijeloj duljini, s obje strane, točno između dva niza očica. Ako je zbijenost očica u nizu 14/cm, tada se na razmaku između hvataljki dinamometra od 20 cm nalazi 280 niti koje oblikuju isto toliko redova očica. Pri početnom istezanju pletiva prvo se s obje strane uzorka iz rubnih očica, na trzaj, izvlače pojedine niti pri čemu se stvaraju vibracije pletiva koje su pri mjerenju registrirane kao nagli rast ili pad sile, sl.7a. Naročito u ovom prvom dijelu istezanja pletiva varijacije su velike u odnosu na iznos sile istezanja pa ponekad stvaraju probleme u određivanju dozvoljene pogreške pri računalnoj obradi podataka mjerenja. Na sl.7a prikazana je varijacija sile od 0,3 N na području nakon svega 4 mm istezanja. Ove varijacije se uočavaju i na dijelu dijagrama na sl.7b pri određivanju područja elastične deformacije (od 0 do točke T_1). Međutim, što se duljina istezanja povećava to se povećava i sila istezanja pa je za nju registrirana varijacija manja.

Pri istezanju pletiva u smjeru nizova očica, kraj elastične deformacije očituje se već nakon 4 cm (20 %) istezanja, sl.7b, tab.2. Za ovoliko istezanje potrebna je sila od 4,7 N ili samo 2 % od najveće sile pri istezanju. Uloženi rad za navedeno istezanje iznosi 7 N·cm

ili samo 1 % od ukupnog rada uloženog za istezanje pletiva do najvećeg opterećenja (prekida pletiva). Uz dalje istezanje pletiva za 3 cm ili 15 % dolazi se do tjemena krivulje. Znači, u ovom slučaju, do tjemena krivulje se dolazi već kod 7 cm (ili 35 %) ukupnog istezanja pri čemu se uloži sila 14,7 N, koja iznosi svega 7 % od najveće sile registrirane pri istezanju pletiva. Uloženi rad za istezanje pletiva od kraja elastične deformacije do tjemena krivulje iznosi 27 N·cm ili svega 4 % od ukupnog rada pri istezanju pletiva do najveće sile. Ovaj podatak od 5 % (1+4) orijentacijski je značajan pri izradi odjeće koja priliže uz tijelo i blago kompresijski djeluje (do 24 hPa; 18 mmHg). Pri daljem istezanju pletiva za 3 cm, ili ukupno od početka istezanja 10 cm (50 %), dolazi se do početka plastične deformacije pletiva. Za istezanje pletiva od tjemena krivulje do početka plastične deformacije potrebna je sila 39,8 N ili je uloženi rad 76 N·cm, koji iznosi samo 9 % od ukupno uloženog rada pri istezanju pletiva. U trajnoj deformaciji pletiva prvo dolazi do deformacija, a potom i trganja pojedinih pređa pri čemu vlačna sila naraste do 190 N i istezanje 82 %. Ukupno uloženi rad do istezanja s najvećom registriranom silom iznosi 762 N·cm pri čemu na trajnu deformaciju otpada 86 %, a na rad uloženi do trajne deformacije pletiva svega 14 %, sl.8.



Sl.8 Udjeli uloženog rada u pojedinim dijelovima istežanja desno-lijevog pletiva do prekida u smjeru nizova očica ili uzdužno; F - sila, N, ε - istežanje, cm, T₁ – pretpostavljeni kraj elastične deformacije, T₂ - tjeme krivulje, T₃ – pretpostavljeni početak plastične deformacije, T_m – najveća sila, T_p – točka prekida materijala

4.2. Analiza rezultata istežanja glatkog kulirnog desno-desnog pamučnog pletiva

Za analizu je izabrano glatko kulirno desno-desno nedorađeno pletivo koje je također pleteno pamučnom jednostrukom predom finoće 20 tex. Pletivo ima plošnu masu 170 g/m², zapreminsku masu 0,25 g/cm³, upotrebljava se u izradi zimskih muških potkošulja, a ponekad i ženskih ljetnih majica. Osnovna načela analize strukture i istežanja pletiva na dinamometru do prekida bila su ista kao kod desno-lijevog pletiva. Ovakvo desno-desno pletivo ima znatno veće istežanje do prekida u smjeru redova očica od desno-lijevog pletiva. Zbog toga je pri istežanju razmak između hvataljki dinamometra iznosio 10 cm pa je i početna duljina uzorka za istežanje iznosila 10 cm.

Najveća sila izmjerena pri istežanju pletiva do prekida u smjeru redova očica iznosi 95 N, a u smjeru nizova očica je znatno veća i iznosi 444 N. Istežanje pletiva u smjeru redova očica do izmjerene najveće sile (ili do početka prekida pletiva) iznosi 370 %, a u smjeru redova je znatno manje i iznosi 50 %, sl.9. Kao i u prethodnom primjeru, preuzimanjem brojčanih zapisa iz računala, koje je registriralo pojedinačne točke mjerenja sila:istežanje i njihovom računalnom obradom dođe se do matematičke zakonitosti opisane polinomnom funkcijom trećeg i četvrtog stupnja koja opisuje promjenu sile i istežanja pletiva do najveće točke opterećenja kod koje počinje prekid pletiva, sl.10. Jednadžbe imaju sljedeći oblik:

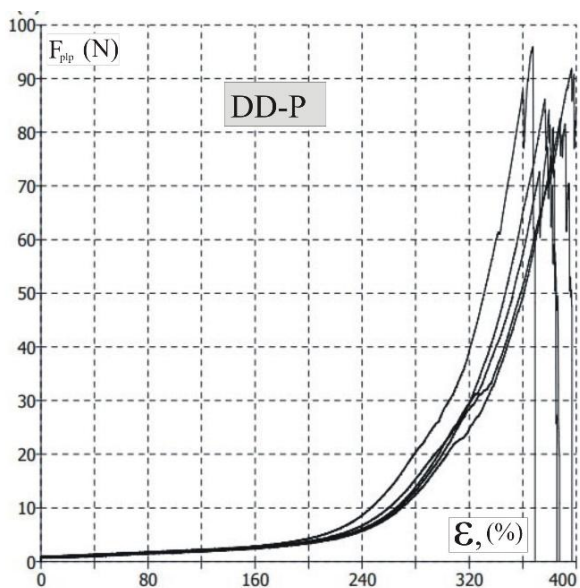
Za smjer redova očica:

$$F_r = 0,0002 \cdot \varepsilon^4 - 0,0101 \cdot \varepsilon^3 + 0,1431 \cdot \varepsilon^2 + 0,4987 \cdot \varepsilon; \quad r = 0,99$$

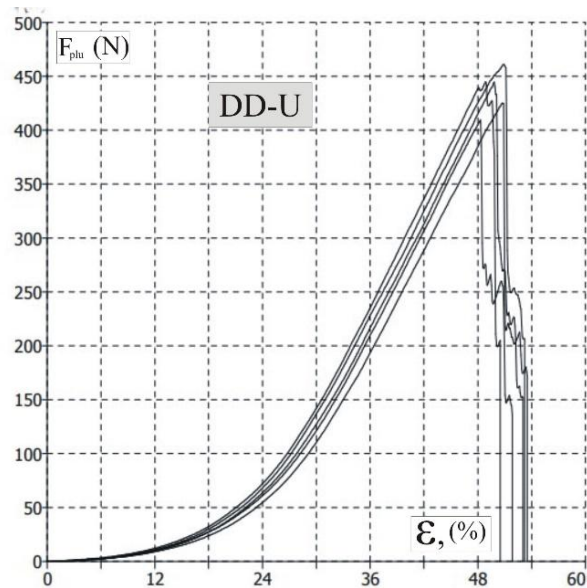
Za smjer nizova očica:

$$F_n = 0,3195 \cdot \varepsilon^3 + 22,506 \cdot \varepsilon^2 - 21,812 \cdot \varepsilon; \quad r = 0,99$$

Na prvi pogled jednadžbe izgledaju složene. Međutim, suvremenim tehnoloziima koji prakticiraju računalnu obradu su jednostavne i vrlo prihvatljive, naročito u analizama sličnih struktura pletiva, a potom u projektiranju novih struktura prema zadanim kriterijima. Istežanje pletiva u smjeru redova očica ili poprečno je znatno veće nego u smjeru nizova očica pa je preciznije opisano polinomnom jednadžbom četvrtog stupnja, dok je istežanje pletiva u smjeru nizova očica ili uzduž pletiva manje pa je opisano jednadžbom trećeg stupnja.

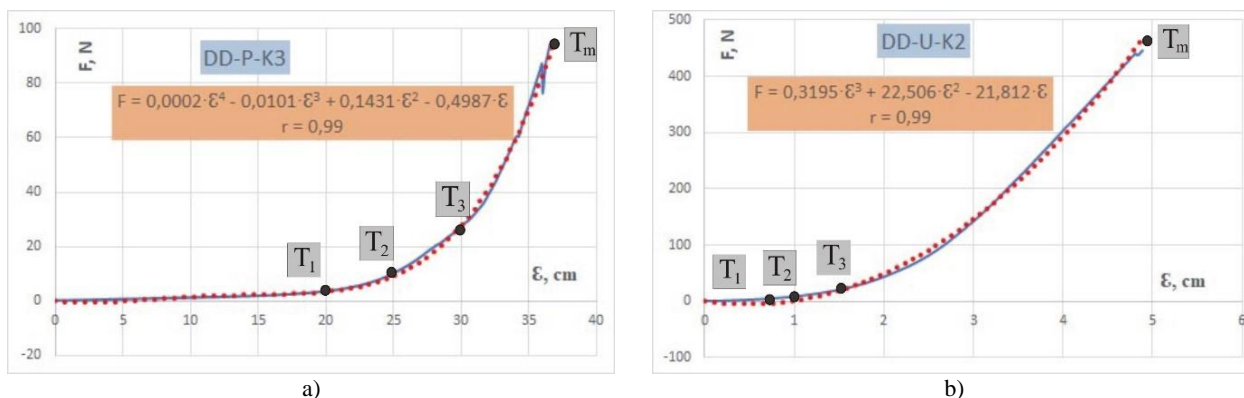


a)



b)

Sl.9 Iz računala dinamometra zapis dijagrama sila/istežanje do prekida glatkog kulirnog desno-desnog nedorađenog pletiva, a) poprečno – smjer redova očica, b) uzdužno – smjer nizova očica; ε - istežanje pletiva, %, F – sila istežanja pletiva, N



Sl.10 Rezultati mjerenja sila/istežanje do prekida glatkog kulirnog nedorađenog desno-desnog pletiva, obrađeni u računalnom programu: a) poprečno – smjer redova očica, b) uzdužno – smjer nizova očica; ϵ - istežanje pletiva, cm, F – sila, N; puna krivulja – dobiveno mjerenjem, točkasta krivulja – dobiveno matematičkom interpolacijom

Na osnovi brojčanog zapisa, dijagrama i korelacijskih izračuna, značajnije točke pri istežanju desno-desnog pletiva u smjeru redova očica imaju koordinate:

T_1 (istežanje, cm; sila, N): T_1 (20; 3,5), T_2 (25; 10,1), T_3 (30; 27,2) i T_m (37; 95).

T_1 (istežanje, %; sila, N): T_1 (200; 3,5), T_2 (250; 10,1), T_3 (300; 27,2) i T_m (370; 95).

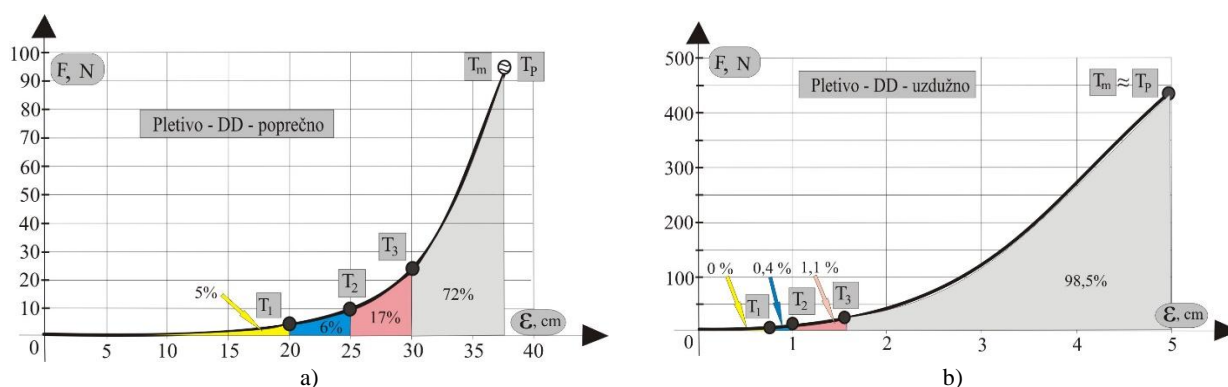
Kod istežanja glatkog kulirnog desno-desnog pletiva u smjeru redova očica uočava se veliko istežanje do kraja elastične deformacije, a time i prekida (tab.3, sl.11).

Za analizu je izabran uzorak pletiva koji gotovo prezentira ovakve strukture izrađene pamučnom predom finoće 20 tex. Istežanje od početka do kraja elastične deformacije iznosi 200 % ili 54 % od ukupnog istežanja pri čemu je potrebna sila od svega 3,5 N koja iznosi oko 4 % od najveće sile registrirane kod istežanja pletiva (95 N). Ovako veliko istežanje pletiva u smjeru redova očica uz potrebnu malu silu pogodno je pri izradi potkošulja, gaćica, pidžama, spavaćica i sličnih odjevnih predmeta za krupnije osobe.

Tab.3 Iznosi značajnih parametara pri istežanju desno-desnog pletiva u smjeru redova očica za računanje parcijalnog i ukupnog rada ispod krivulje sila/istežanje

Dionica	ϵ		ϵ_r	F_i , N	F_{ui} , %	W , N·cm	W_u , %
	%	cm					
0 - T_1	200	20	2,0	3,5	4	26	5
T_1 - T_2	50; (250)	5; (25)	2,5	10,1	11	30	6
T_2 - T_3	50; (300)	5; (30)	3,0	27,2	28	90	17
T_3 - T_m	70; (370)	7; (37)	3,7	95	100	370	72
Ukupno						516	100

T_1, T_2, T_3, T_m - značajne točke na dijagramu sila/istežanje pletiva, ϵ - istežanje pletiva u smjeru redova očica, % i cm, ϵ_r – relativno produljenje pletiva, F_i - iznos sile istežanja na području graničnih točaka, N, F_{ui} - iznos udjela sile istežanja na području graničnih točaka, %, W – rad ispod (dijela) dijagrama sila/istežanje, N·cm, W_u - udio rada u pojedinoj dionici dijagrama, %



Sl.11 Udjeli uloženog rada u pojedinim dijelovima istežanja desno-desnog pletiva do prekida; a) u smjeru redova očica ili poprečno, b) u smjeru nizova očica ili uzdužno; F - sila, N, ϵ - istežanje, cm, T_1 – pretpostavljeni kraj elastične deformacije, T_2 - tjeme krivulje, T_3 – pretpostavljeni početak plastične deformacije, T_m – najveća sila, T_p – točka prekida pletiva

Tab.4 Iznosi značajnih parametara pri istezanju desno-desnog pletiva u smjeru nizova očica za računanje parcijalnog i ukupnog rada ispod krivulje sila/istezanje

Dionica	ε		ε _r	F _i , N	F _{ui} , %	W, N·cm	W _u , %
	%	cm					
0 - T ₁	7	0,7	0,07	4,2	0,9	0	0
T ₁ - T ₂	3; (10)	0,3; (1)	0,1	8,4	1,8	2	0,4
T ₂ - T ₃	5; (15)	0,5;(1,5)	0,15	20,4	4,5	7	1,1
T ₃ - T _m	35; (50)	3,5; (5)	0,5	444	100	655	98,5
Ukupno						665	100

T₁, T₂, T₃, T_m - značajne točke na dijagramu sila/istezanje pletiva, ε - istezanje pletiva u smjeru nizova očica, % i cm, ε_r - relativno produljenje pletiva, F_i - iznos sile istezanja na području graničnih točaka, N, F_{ui} - iznos udjela sile istezanja na području graničnih točaka, %, W - rad ispod (dijela) dijagrama sila/istezanje, N·cm, W_u - udio rada u pojedinoj dionici dijagrama, %

Uloženi rad u ovoj prvaj dionici istezanja pletiva, tj. od točke 0 do T₁ iznosi 26 N·cm što iznosi samo 5 % od ukupno uloženog rada potrebnog za trganje ovakvog pletiva (516 N·cm), sl.11a. Pri daljem opterećenju i rastu sile do 10,1 N, pletivo se isteže još 50 % (ili 5 cm) pri čemu se dođe do točke tjemena krivulje sila/istezanje (T₂). Uloženi rad u dionici od točke T₁ do T₂ iznosi 30 N·cm ili 6 % od ukupno uloženog rada. Daljnjim povećanjem sile do 27,2 N, pletivo se još isteže 50 % (ili 5 cm) pri čemu dolazi do početka trajne deformacije pletiva (točka T₃). Za savladavanje otpora istezanja pletiva od tjemena krivulje do početka trajne deformacije pletiva (od točke T₂ do T₃), uloženi rad iznosi 90 N·cm ili 17 % od ukupnog rada. Od početka do točke trajne deformacije (od točke 0 do T₃), pletivo se isteglo čak 300 % (3 puta) pri čemu je iznos sile bio 27,2 N ili 28 % od ukupne sile potrebne za trganje ovakvog pletiva, a uloženi rad 146 N·cm ili 28 % od ukupnog uloženog rada. Daljnjim povećanjem sile pletivo se isteže još 70 % i kod ukupnog istezanja 370 % registrirana je najveća sila pri istezanju pletiva i uloženi rad 516 N·cm pri čemu dolazi do početka trganja pletiva. Ovakva pletiva koja će u rublju upotrebljavati korpulentne i fizički snažne osobe nije poželjno izrađivati predama finijim od 20 tex jer će ih korisnici strgati pri oblačenju i svlačenju. Zbog toga je opravdano preporučiti izradu pletiva za rublje korpulentnijim osobama s grubljim predama, npr. finoće 22, 25 ili 28 tex.

Kao i u prethodnim primjerima tako su i ovdje na osnovi brojčanog zapisa, dijagrama preuzetog iz računala dinamometra i korelacijskih izračuna naznačene značajnije točke pri istezanju desno-desnog pletiva u smjeru nizova očica te imaju koordinate:

T₁ (istezanje, cm; sila, N): T₁ (0,7; 4,2), T₂ (1; 8,4),
 T₃ (1,5; 20,4) i T_m (5; 444).

T₁ (istezanje, %; sila, N): T₁ (7; 4,2), T₂ (10; 8,4),
 T₃ (15; 20,4) i T_m (50; 444).

Ovaj četvrti uzorak istezanja pletiva za analizu je specifičan po iznosu istezanja pletiva do prekida u smjeru redova i nizova očica (tab.4).

Istezanje do prekida glatkog kulirnog desno-lijevog pletiva u smjeru redova očica iznosi 155 %, a u smjeru nizova očica 82 % pri čemu je odnos istezanja u smjeru nizova i redova 1:1,89, a u praksi se okvirno navodi da se ovakvo pletivo dva puta više isteže u smjeru redova nego nizova očica pa je pogodno u izradi različitih majica za toplija vremena (ljetnih majica kratkih rukava). Kod desno-desnog pletiva istezanje do prekida u smjeru redova očica iznosi 370 %, a u smjeru nizova svega 50 % pri čemu je odnos istezanja u smjeru nizova i redova 1:7,4, a u praksi se često navodi da je istezanje ovakvog pletiva četiri puta veće u smjeru redova nego nizova očica. Međutim, pri istezanju desno-desnog pletiva u smjeru nizova očica već u samom početku istezanja dolazi do velikog otpora strukture pletiva djelovanju vlačne sile pa već nakon 7 % istezanja završava područje elastične deformacije pletiva. Za ovoliko istezanje potrebna je sila 4,2 N, a uloženi rad je neznatan pa se u odnosu na druge iznose rada karakterizira kao beznačajan (iznos 0). Pri daljnjem povećanju vlačne sile na 8,4 N pletivo se istegne još 3 % pri čemu se dođe do tjemena krivulje (točka T₂). Međutim, i u ovom dijelu veoma je mali udio uloženog rada, svega 2 N·cm ili 0,4 % od ukupno uloženog rada za istezanje pletiva do prekida. Pri daljnjem istezanju pletiva za 5 % dolazi se do početka plastične deformacije pletiva. U ovom trenutku vlačna sila iznosi 20,4 N ili svega 4,5 % od najveće izmjerene sile upotrijebljene za trganje pletiva, a uloženi rad iznosi 7 N·cm ili 1,1 % od ukupno uloženog rada utrošenog za trganje pletiva. Prema tome, rad uloženi za istezanje pletiva do kraja elastične deformacije je praktički beznačajan, a rad uloženi do istezanja pletiva do početka trajne deformacije iznosi 7 N·cm ili svega 1,5 % od ukupno uloženog rada za trganje pletiva. Pri daljnjem povećanju vlačne sile pletivo se isteže još 35 % (ili 3,5 cm) kada dolazi do prekida pri čemu je registrirana najveća sila 444 N, istezanje 50 % i ukupno uloženi rad 665 N·cm. Da se u konačnici pokaže specifičnost ovakve strukture pletiva može se zaključiti da rad uloženi u istezanje pletiva do kraja elastične deformacije (od točke 0 do T₁) je beznačajan, rad u elastoplastičnom području (od točke T₁ do T₃) je mali jer iznosi svega 1,5 % u

odnosu na ukupno uloženi rada, a rad za istezanje pletiva u području plastične deformacije iznosi 655 N·cm ili 98,5 % od ukupno uloženog rada potrebnog za trganje pletiva opterećenog u smjeru nizova očica. Ovo je značajni podatak koji upućuje na zaključak da će se pletivo pri upotrebi znatno istezati (rastezati) u smjeru redova očica, a da pri tome neće doći do značajnog skraćivanja pletiva u smjeru nizova očica pa je zbog toga pletivo vrlo pogodno, kako je već rečeno, za izradu rublja ili sličnih proizvoda korpulentnijih osoba.

U posljednje vrijeme sve se više primjenjuju rotorske i aerodinamičke tehnologije izrade pređa koje imaju drugačiju strukturu, a time i vlačna i ostala svojstva u odnosu na konvencionalnu pređu izrađenu na prstenastim predilicama. Zbog toga je potrebno pri izradi pletiva za pojedine odjevne predmete pomno izabrati vrstu pređe čijim izborom se znatno utječe na vlačna, a time i upotrebna svojstva pletiva.

5. Zaključak

U suvremenim tehnološkim procesima pri projektiranju pletiva nisu više dovoljni samo osnovni parametri o sili prekida ili istezanja pređe i pletiva već se rabe i ostali parametri kao ovdje obrađeni uloženi rad pri istezanju i trganju pletiva. Kako je uočljivo, nije zanimljiv samo ukupno uloženi rad utrošen za trganje pletiva već i rad na pojedinim područjima istezanja, naročito do početka trajne deformacije pletiva. U izradi klasične odjeće koja ležerno priliježe ili pada niz tijelo veoma često nije toliko značajan uloženi rad koliko kod odjeće koja kompresijski priliježe uz tijelo. Zbog toga se navedena istraživanja vrlo često rabe u izradi rekreacijske odjeće, preventivne kompresijske odjeće (žensko elastično rublje, naročito za punije osobe, čarape) i kompresijsko-terapijske odjeće (kompresijske čarape, steznike, ortoze, elastična odjeća za invalide).

U provedenim istraživanjima analizirano je istezanje glatkog kulirnog desno-lijevog dorađenog i desno-desnog nedorađenog pletiva izrađenih pamučnim pređama finoće 20 tex. Istezanje do prekida glatkog kulirnog desno-lijevog pletiva u smjeru redova očica ili poprečno iznosi 155 %, a u smjeru nizova očica 82 % pri čemu je odnos istezanja u smjeru nizova i redova 1:1,89.

Udio rada utrošenog pri istezanju pletiva u smjeru redova očica do tjemena krivulje sila:istezanje iznosi 11 %, a od tjemena krivulje do prekida pletiva ostalih 89 %.

Glatka kulirna desno-desna pletiva imaju znatno drugačija vlačna svojstva od desno-lijevih pletiva. Istezanje pletiva u smjeru redova očica do prekida

iznosi čak 370 %, a u smjeru nizova očica 50 % pri čemu je odnos istezanja u smjeru nizova i redova 1:7,4, odnosno istezanje desno-desnog pletiva u smjeru redova očica je 2,4 puta veće nego desno-lijevog pletiva, a istezanje u smjeru nizova očica je manje 39 %. Zanimljivo je uočiti da udio rada uložnog pri istezanju desno-desnog pletiva u smjeru redova očica do tjemena krivulje iznosi 11 % kao i kod desno-lijevog pletiva, međutim, u smjeru nizova očica ovaj udio je znatno manji kod desno-desnih pletiva.

Dobiveni podaci o svojstvu istezanja pletiva bitno utječu na primjenu pletiva u izradi određene pletene odjeće. Iznos istezanja pletiva moguće je mijenjati u procesima njegova oplemenjivanja. Novim metodama projektiranja struktura pletiva i odjernih predmeta nastoji se obuhvatiti više ulaznih utjecajnih parametara koji utječu na kvalitetnu funkcionalnu primjenu gotovih proizvoda pri čemu je proces usmjeren prema izradi personalizirane odjeće.

Literatura:

- [1] Penava, Ž.; Šimić Penava, D.; Vrljićak, Z. Utjecaj anizotropije i finoće pređe na modul elastičnosti kulirnog desno-desnog pletiva, *Tekstil* **2014**, 63 (9-10), 283-292
- [2] Penava, Ž.; Šimić Penava, D.; Knezić, Ž. Deformacijske karakteristike tkanine pri različitim smjerovima djelovanja jednoosnog vlačnog opterećenja, *Tekstil* **2021**, 70 (1-3), 1-11
- [3] Vrljićak, Z.: Utjecaj sile u niti na ulazu u pletaći sistem na mehanička svojstva desno-desnog kulirnog pletiva, *Tekstil* **1990**, 39 (9), 537-541
- [4] Pavlović, Ž.; Sučić, T.; Vrljićak, Z. Rastezljivost desno-desnih platirnih pletiva za izradu rekreacijske odjeće, *Tekstil* **2017**, 66 (5-6), 135-144
- [5] Pavlović, Ž.; Lozančić, M.; Vrljićak, Z. Istraživanja strukture i vlačnih svojstava desno-desnih pletiva izrađenih pređama različitog sirovinskog sastava i procesa predenja pri jednakim parametrima pletenja, *Tekstil* **2017**, 66 (11-12), 279-296
- [6] Lozo, M.; Vrljićak, Z. Struktura i poprečna rastezljivost finih ženskih čarapa, *Zbornik 8. znanstveno-stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo*, (Penava, Ž., ur.), Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2015., 38-44
- [7] Pavlović, Ž.; Lozo, M.; Vrljićak, Z. Problemi određivanja utroška niti u očici finih ženskih čarapa, *Tekstil* **2016**, 65 (1-2), 35-46
- [8] Pavlović, Ž.; Lozo, M.; Vrljićak, Z. Površinska deformacija čarapa prouzročena jednoosnim vlačnim opterećenjem, *Zbornik 10. znanstveno-*

- stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo* (Glogar, M.I., ur.), Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2017., 125-130
- [9] Kowalski, K.; Karbowski, K.; Kłonowska, M.; Iłska, A.; Sujka, W.; Tyczyńska, M.; Włodarczyk, B.; Kowalski, T.M. Influence of a Compression Garment on Average and Local Changes in Unit Pressure. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* **2017**, 25, 6(126), 68-74. DOI: 10.5604/01.3001.0010.5374
- [10] Stojanović, S.; Geršak, J. Tekstilne strukture namijenjene za sportsku odjeću, *Tekstil* **2019**, 68 (4-6), 55-71
- [11] Marinović Kulišić, S. Primjena kompresivne terapije u liječenju limfedema, *Acta medica Croatica* **2015**, 69 (1), 11-17
- [12] Katić Križmanić, I., Salopek Čubrić, I. Tehnike kreativnog mišljenja u istraživanju materijala za povećanu udobnost u sportu. *Tekstil* **2020**, 69 (1-3), 45-53
- [13] Pavlović, Ž.; Vrljičak, Z. Modern knitted fabrics for underwear, *Book of Proceedings 13th International Scientific - Professional Symposium Textile Science & Economy*, (Petraček S., Ed.), University of Zagreb Faculty of Textile Technology, Zagreb, 2020, 275-281
- [14] DIN 53835-2:1981 Testing of textiles; determination of the elastic behaviour of single and plied elastomeric yarns by repeated application of tensile load between constant extension limits
- [15] HRN EN ISO 13934-1:2013 Određivanje maksimalne sile i istežanja pri maksimalnoj sili metodom trake
- [16] Kowalski, K. *Identifikacija procesa dziania na szydelkarkach*, Polska Akademia Nauk, Oddzial w Lodzi, Komisja Wlokiennictwa, Lodz 2008.
- [17] Gries, T. *Elastische Textilien*, Melliand, Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main 2005.
- [18] HRN EN 12127:2003 Određivanje mase po jedinici površine na malim uzorcima
- [19] HRN EN ISO 5084:2003; Određivanje debljine tekstila i tekstilnih proizvoda
- [20] Pavković, B.; Dakić, B. *Polinomi*, Školska knjiga, Zagreb 1990.
- [21] Mardešić, S. *Matematička analiza*, Školska knjiga, Zagreb 1977.
- [22] Apsen, B. *Repetitorij više matematike 2*, Tehnička knjiga Zagreb 1964.