

izr. prof. dr. **Barbara Simončič**, univ. dipl. inž.

Lidija Černe, univ. dipl. inž.

izr. prof. dr. **Krste Dimitrovski**, univ. dipl. inž.

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo,

Snežniška 5, SI-1000 Ljubljana; e-pošta: barbara.simoncic@ntftex.uni-lj.si;

e-pošta: lidija@ntftex.uni-lj.si; e-pošta: krste.dimitrovski@ntftex.uni-lj.si

doc. dr. **Odon Planinšek**, univ. dipl. inž. farmacije

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, Aškerčeva 7, SI-1000 Ljubljana;

e-pošta: odon.planinsek@ffa.uni-lj.si

Uporaba Washburnove enačbe za določitev poroznosti tkanin

V prispevku je predstavljen postopek tankoplastnega pronicanja tekočine v tkanino ter možnost uporabe Washburnove enačbe za določitev povprečnega polmera kapilar, R , kot merila za njeno poroznost. V raziskavo je vključenih šest tkanin različnih surovinskih sestav ter gostot votka. Rezultati tenziometričnih meritev so primerjani s teoretično dobljenimi vrednostmi poroznosti tkanin, izmerjenimi vrednostmi poroznosti, dobljenimi z Jakšičevo pretočno metodo, ki temelji na selektivnem izpodrivanju tekočine iz por predhodno omočenih vzorcev ploskovnih tekstilij, ter zračno prepustnostjo preučevanih tkanin. Iz raziskave je razvidno, da se z naraščajočo gostoto votka povečuje število por na enoto površine in s tem zmanjšuje vrednost polmera, R . Te vrednosti so v skladu s teoretično izračunanimi vrednostmi poroznosti preučevanih tkanin in z izmerjenimi vrednostmi poroznosti z Jakšičevo metodo in zračno prepustnostjo tkanin. Iz raziskave lahko zato zaključimo, da so meritve bitrosti pronicanja tekočine v tkanino pod ustreznimi pogoji primerne za določitev stopnje njene poroznosti.

***Ključne besede:** tankoplastno pronicanje, Washburnova enačba, efektivni kapilarni polmer, poroznost tkanine, Jakšičeva metoda, vpliv gostote.*

Use of Washburn Equation for Fabric Porosity Determination

This paper presents a thin-layer wicking method and the possibility of using the Washburn equation to determine the average capillary radius, R , as a measure of the fabric porosity. Six plane-weave fabrics of different raw material and weft density were used in the research work. The results of the tensiometric measurements are compared to the theoretically obtained values of textile porosity, to the results of the porosity obtained by the Jakšič method, which is based on the selective extrusion of liquid from pores of presaturated textile samples, and to the air permeability of the woven fabrics. It was found that the increase of the weft density results in the increase of the pore number per unit area and in the decrease of the value of radius R . This values are in good agreement with the theoretically obtained values of textile porosity, as well as with the porosity parameters obtained by the Jakšič method and with the fabric air permeability. Thus, it can be concluded that the measurements of liquid penetration rates into the fabric measured under specific conditions can be useful for determining the fabric porosity.

***Keywords:** thin-layer wicking, Washburn equation, effective capillary radius, fabric porosity, Jakšič method, influence of density.*

1.0 Uvod

Omočljivost tekstilij, ki je odvisna od kemijske strukture površine vlaken in njihove oblike, je pomemben dejavnik, ki vpliva na kakovost plemenitilnih procesov in nege tekstilij. Neposredno je povezana s pronicanjem tekočine v pore ploskovnih tekstilij, ki jih obravnavamo kot sveženj kapilar. Močenje sten kapilar ima za posledico nastanek konkavne oblike površine tekočine v kapilarah. Za tekočine, ki popolnoma omočijo stene kapilar (stični kot je 0°), lahko predpostavimo krogelni meniskus s polmerom R , ki je enak polmeru kapilare, r . Preko ukrivljene stične površine tekočina/plin nastane razlika v tlaku, ki povzroči dvig tekočine v kapilari oziroma njeno pronicanje.

Razliko v tlaku, ΔP , lahko v primeru krogelega meniskusa izrazimo s Laplace-ovo enačbo [1, 2]:

$$\Delta P = \frac{2\pi r \gamma}{\pi r^2} = \frac{2\gamma}{R} \quad (1)$$

v kateri je γ površinska napetost tekočine. ΔP je enak elektroosmozemu tlaku, P , v Poiseuille-ovi enačbi [1]:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{r^2 P}{8\eta x} \quad (2)$$

ki poda hitrost stacionarnega toka tekočine z viskoznostjo η v cevi dolžine x .

S kombinacijo enačb (1) in (2) ob predpostavki, da je $R = r$, dobimo Washburnovo enačbo [3]:

$$x dx = \frac{R\gamma}{4\eta} dt \quad (3)$$

ki ima po integriranju naslednjo obliko:

$$x^2 = \frac{Rt\gamma}{2\eta} \quad (4)$$

in opisuje hitrost pronicanja tekočine v kapilaro, če je stični kot, ki ga tvori tekočina s steno kapilare, enak 0° . V enačbi (4) je x razdalja pronicanja tekočine v času t , R je polmer kapilare. Ker v ploskovnih tekstilijah kapilarni prostori niso enakih velikosti, predstavlja R povprečni polmer kapilar, ki mu pravimo tudi efektivni kapilarni polmer.

Pri tem je potrebno poudariti, da se proces pronicanja lahko opiše z Washburnovo enačbo le v primeru, če tekočina popolnoma moči površino tekstilije in če se je na njeni površini predhodno oblikoval sloj nasičene pare tekočine (ravnotežni dvojni film) [3, 4]. V tem primeru namreč površinska prosta energija ne vpliva na hitrost pronicanja, ki je odvisna le od viskoznosti tekočine in efektivnega kapilarnega polmera, R . Medtem ko iz Washburnove enačbe (4) ne moremo določiti nobene od komponent površinske proste

energije ploskovne tekstilije, pa jo lahko uporabimo za določitev polmera R . V ta namen izberemo tekočine z nizko površinsko napetostjo, in sicer nižjo od površinske proste energije trdne snovi. Najprimernejši so n-alkani, saj tvorijo le nepolarne Lifshitz-van der Waalsove medmolekulske sile.

Namen raziskave je bil ugotoviti uporabnost Washburnove enačbe za določitev povprečnega polmera kapilar, R , v tkanini ter njegove vrednosti primerjati s teoretično izračunanimi vrednostmi poroznosti tkanine, z izmerjenimi vrednostmi poroznosti, dobljenimi z Jakšičevo pretočno metodo, in meritvami zračne prepustnosti tkanine.

Pri teoretični obravnavi poroznosti tkanin predpostavimo, da so niti votka in osnove v tkanini idealno okrogle in premera, d_{teor} , ki je enak [5]:

$$d_{teor} = \frac{c}{\sqrt{\frac{1000}{T_i}}} = 0,03162c\sqrt{T_i} \quad (5)$$

V enačbi (6) je c koeficient preje, odvisen od uporabljenih vlaken v njej, in T_i dolžinska masa preje. Na podlagi teoretično dobljenega premera osnove in votka v tkanini ter njune gostote lahko določimo faktor kritja, K :

$$K = d_{teor,o}g_o + d_{teor,v}g_v - d_{teor,o}g_o d_{teor,v}g_v \quad (6)$$

kjer o in v predstavljata osnovo in votek, g pa njuno gostoto (št. niti na 1 cm). Odprta površina tkanine, P_{tk} , ki je neposredno odvisna od faktorja kritja, je teoretično podana kot:

$$P_{tk} = 1 - K \quad (7)$$

Ob upoštevanju števila por med nitmi osnove in votka v tkanini lahko izračunamo teoretično ploščino ene pore, P_1 , ki je enaka:

$$P_1 = \frac{P_{tk}}{g_o g_v} \quad (8)$$

Če predpostavimo hidravlični premer por, ki je krog, lahko le-te obravnavamo kot valje z določenim enakovrednim premerom, d_e , ki ga izračunamo iz ploščine ene pore na naslednji način:

$$d_e = \sqrt{\frac{4P_1}{\pi}} \quad (9)$$

Kljub temu, da so količine poroznosti, dobljene iz enačb od (5) do (9), teoretične in veljajo le za idealizirane modelne tkanine, lahko njihove vrednosti uporabimo za primerjavo s količinami, ki jih izmerimo na realnih preučevanih tkaninah.

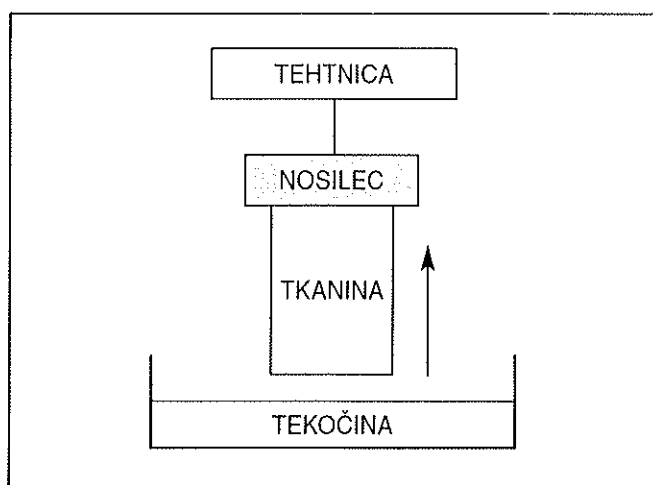
2.0 EKSPERIMENTALNI DEL

2.1 Tkanine

V raziskavo smo vključili šest tkanin, ki so se med seboj razlikovale po surovinski sestavi preje in gostoti votka. Gostota osnove je pri vseh preučevanih tkaninah znašala 40 niti/cm. Podatki o tkaninah so zbrani v preglednici 1.

2.2 Washburnov sorpcijski poskus

Meritve hitrosti pronicanja tekočine v tkanino smo izvedli s pomočjo procesnega tenziometra K12 (Krüss, Nemčija) in programske opreme Krüss 121. Vzorce tkanin smo pripravili tako, da so bili vsi enake velikosti 2 x 4 cm. Krajšo stranico vzorca smo vpeli v nosilec tako, da je bila njegova lega pravokotna na površino tekočine (slika 1). Ob vzpostavitvi stika med vzorcem in tekočino je tekočina pričela pronicati v vzorec. Pri tem smo v različnih časovnih presledkih merili povečanje mase omočenega vzorca.



Slika 1: Shematični prikaz Washburnovega sorpcijskega poskusa. ↑ prikazuje smer pronicanja tekočine v tkanino.

Preglednica 1: Podatki o tkaninah in vrednosti teoretično izračunanih premerov preje, d_{teor} po enačbi (5)

Oznaka vzorca	Surovinska sestava ^{a)}		T_f (tex)		$d_{teor}^{b)}$ (μm)		Gostota tkanine (št. niti/cm)	
	osnova	votek	osnova	votek	$d_{teor,o}$	$d_{teor,v}$	g_o	g_v
A1	Co	Co	2 x 17	14	228,6	146,7	40	14
A2								16
A3								20
B1	Co	PA 6	2 x 17	18	228,6	217,3	40	14
B2								17
B3								20

^{a)} Co – bombaž, PA 6 – poliamid 6.

^{b)} Koeficient c je 1,24 za Co in 1,62 za PA (enačba 5).

Za izračun hitrosti pronicanja smo uporabili modifcirano obliko Washburnove enačbe (4), in sicer [6]:

$$m^2 = \frac{Ct\rho^2}{\eta} \quad (10)$$

V enačbi (10) je hitrost pronicanja opisana s časovnim naraščanjem mase tekočine, m , ki se dviga v tkanino, ρ je gostota tekočine in C konstanta tkanine, ki je odvisna od njene porozne strukture. Teoretično je izražena kot:

$$C = \frac{1}{2}\pi^2 R^5 n^2 \quad (11)$$

kjer je R povprečni kapilarni polmer in n število kapilar v tkanini. V skladu z enačbo (10) lahko iz grafa meritev m^2 od t v območju, kjer m^2 narašča premo sorazmerno s t , iz naklona premice določimo vrednosti konstante C , iz njih pa iz enačbe (11) izračunamo vrednosti polmera R pri določenem n .

V poskus smo vključili tri nepolarne tekočine z nizkimi površinskimi napetostmi, in sicer n-pentan, n-heksan in n-heptan. Za uporabljene tekočine smo predpostavili, da popolnoma močijo preučevane vzorce tkanin. Podatki o tekočinah so zbrani v preglednici 2.

Preglednica 2: Površinska napetost, γ , viskoznost, η in gostota, ρ , uporabljenih tekočin

Teočina	γ (mJ/m ²)	η (mPa s)	ρ (g/cm ³)
n-pentan	15,49	0,224	0,626
n-heksan	18,40	0,330	0,661
n-heptan	20,40	0,410	0,684

Meritve smo opravili tako v smeri osnove kot v smeri votka tkanin. Za pravilno izvedbo Washburnovega poskusa smo vzorce tkanin predhodno za 24 ur izpostavili nasičeni pari uporabljenega n-alkana, da se je

vzpostavil ravnotežni dvojni film. Meritve smo opravili pri temperaturi 20 °C. Za vsak preučevan vzorec tkanine in tekočino smo opravili najmanj tri ponovitve. Polimer *R* smo podali kot povprečno vrednost, izračunano iz meritev hitrosti pronicanja vseh treh n-alkanov v posamezni vzorec.

2.3 Jakšičeva pretočna metoda

Jakšičeva metoda za določitev poroznosti tekstilij temelji na principu selektivnega iztiskanja tekočine iz por tekstilije pod vplivom tlaka. Pri tem je tlaku izpostavljena površina vzorca. Za iztiskanje tekočine iz pore določenega hidravličnega premera je potreben točno določen tlak, ki je obratno sorazmeren premeru pore. V skladu z Jakšičevo metodo se število por, n_i , s hidravličnim premerom, d_i , v velikostnem razredu, i , izračuna iz naslednje enačbe [7]:

$$n_i = \frac{4}{\pi d_i^2} \left(\frac{V_i}{p_i^b} - \frac{V_{i-1}}{p_{i-1}^b} \right) \quad (12)$$

kjer je:

$$d_i = \frac{4\gamma}{p_i} \quad (13)$$

V enačbi (12) sta V_i in V_{i-1} volumski hitrosti pretoka zraka pri tlakih p_i in p_{i-1} v velikostnih razredih i in $i-1$, a je konstanta in b eksponent z vrednostjo med 0,5 in 1,0. V enačbi (13) je γ površinska napetost tekočine v porah pri meritvah skozi omočen vzorec.

Poroznost preučevanih tkanin smo določili s pomočjo rotametra, kjer smo merili hitrost pretoka zraka skozi suh in moker vzorec v odvisnosti od tlaka. Meritve smo opravili na površini 1 cm² na najmanj šestih različnih mestih tkanine. Vzorec za mokro meritev smo potopili v n-butanol. Na podlagi rezultatov eksperimentalnih meritev smo količine poroznosti tkanin izračunali z računalniškim programom PoreP. Kot rezultat smo podali povprečne vrednosti največjega premera por, srednjega hidravličnega premera por in srednjo vrednost deleža odprte površine tkanine.

2.4 Zračna prepustnost

Meritve zračne prepustnosti smo izvedli po standardu SIST EN ISO 9237: 1999. S to metodo se izmeri količina zraka, ki preide skozi določeno površino vzorca v predpisanem času pri izbranem tlaku. Meritve smo izvedli na desetih različnih mestih tkanine. Kot rezultat smo podali povprečno vrednost količine presesanega zraka, Q , skozi ploščinsko enoto v času 1 minute pri tlaku 20 mm H₂O, po naslednji enačbi:

$$Q = \frac{q}{6A} \quad (14)$$

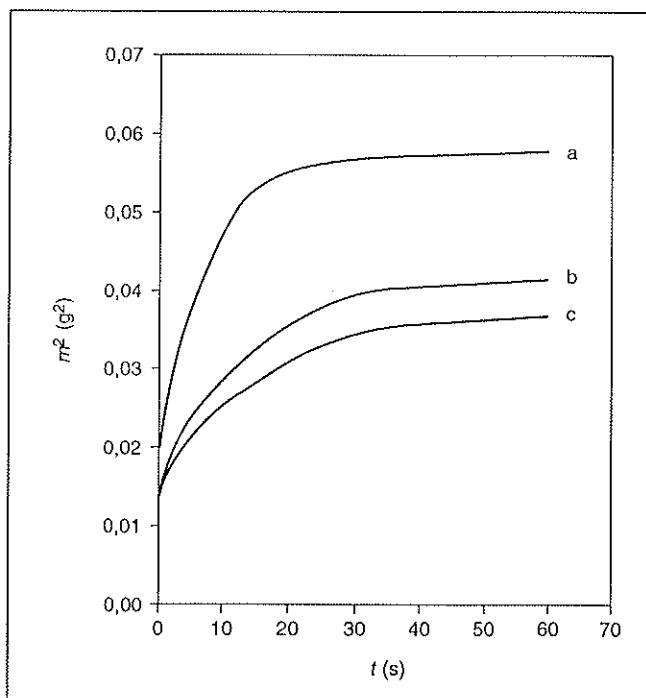
v kateri je q količina presesanega zraka v l/h in A prekusna ploščina v cm² in je znašala 10 cm². Q je podana v enotah m³/min · m².

3.0 REZULTATI IN RAZPRAVA

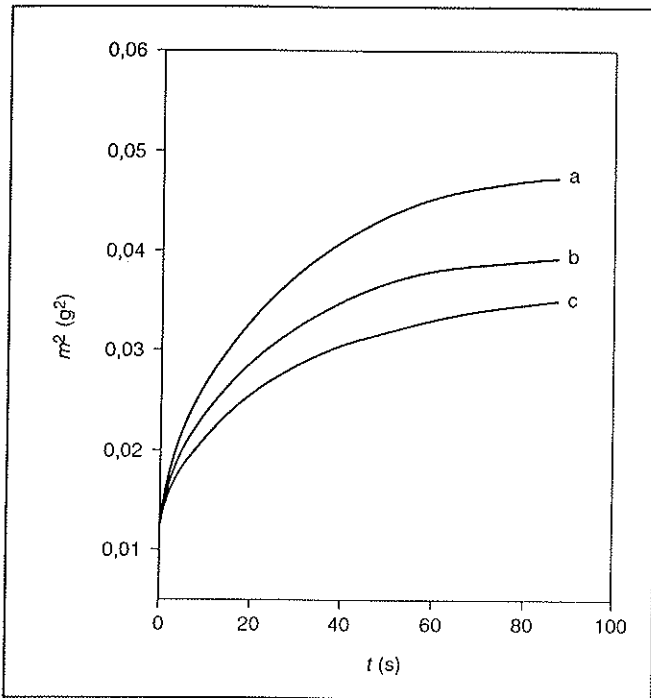
Na slikah 2 in 3 so prikazani rezultati Washburnovega poskusa. Zaradi velikega števila meritev hitrosti pronicanja posameznih n-alkanov v preučevane vzorce tkanin smo za prikaz izbrali le nekatere značilne.

Iz slik je razvidno, da je naraščanje m^2/t premo sorazmerno le pri začetnih časih, t . V časovnem intervalu, kjer je veljala premo sorazmernost m^2/t , kar je pogoj za uporabo Washburnove enačbe, smo določili naklon premice in iz nje z enačbo (10) izračunali konstanto C , ki je merilo za porozno strukturo tkanine. Rezultate meritev smo podali v preglednici 3.

Iz rezultatov je razvidno, da se hitrost pronicanja tekočine v tkanino znižuje z naraščajočo gostoto tkanine. V skladu s tem so tudi vrednosti konstant C . Hitrost pronicanja tekočine ni prvenstveno odvisna le od gostote tkanine v smeri dviga tekočine, temveč v veliki meri tudi od gostote tkanine v prečni smeri. Tako se hitrost pronicanja tekočine v smeri osnove tkanine pri enakem številu niti na cm zmanjšuje z naraščanjem gostote votka. Tudi hitrost pronicanja tekočine v tkanino v smeri votka je v vseh preučevanih primerih manjša kot v smeri osnove kljub temu, da je število niti votka od 2- do 2,9-krat manjše od števila niti osnove na cm in so zato kapilarni prostori v smeri votka veliko večji



Slika 2: Naraščanje mase tekočine, m^2 , v odvisnosti od časa, t , pri pronicanju n-heksana v vzorce tkanin v smeri osnove. a - B1, b - B2, c - B3



Slika 3: Naraščanje mase tekočine, m^2 , v odvisnosti od časa, t , pri pronicanju n-heksana v vzorce tkanin v smeri votka. a – B1, b – B2, c – B3

kot v smeri osnove. Ena izmed možnih razlag za takšne rezultate je, da prečne niti v tkanini fizično zavirajo nemoten dvig tekočine v kapilare, ki jih tvorijo niti v smeri dviga tekočine. Kapilarni polmeri med vlakni v preji in v samih vlaknih so namreč veliko manjši od kapilar med nitmi, kar bistveno zniža hitrost pronicanja.

Konstanta C , ki je premo sorazmerna hitrosti pronicanja tekočine v tkanino, je odvisna tako od povprečnega kapilarnega polmera kot tudi od števila kapilar v tkanini. Vrednosti teh dveh količin se spreminjata s spreminjanjem gostote tkanine. Da bi lahko iz enačbe (11) pri

dani vrednosti C izračunali polmer R , moramo poznati število kapilar, n , v katere pronica tekočina. Ker predstavlja n število por, ki se nahajajo med nitmi osnove in votka, med vlakni v preji in v samih vlaknih, njegove vrednosti ne moremo enostavno določiti. Če izhajamo iz predpostavke, da je število kapilar, v katere pronica tekočina, premo sorazmerno gostoti tkanine, lahko le za primerjavo poroznosti preučevanih vzorcev tkanin v prvem približku za vrednost n uporabimo število kapilar, ki jih tvorijo niti v smeri dviga tekočine v posameznem vzorcu. To število, ki je odvisno od gostote tkanine, je namreč edina spremenljivka pri vzorcih A in B. Ker je dolžina vzorca, ki je bila v stiku s tekočino, znašala 2 cm, smo na tej dolžini v vseh preučevanih primerih določili $((4 \times \text{št. niti/cm}) - 1)$ kapilar. Število n je torej vključevalo vsoto števila kapilar med nitmi in števila niti, ki smo jih prav tako obravnavali kot kapilare, v katere pronica tekočina. Bistvena pomanjkljivost preučevane metode je, da števila kapilar v nitih osnove in votka, ki bistveno vplivajo na vrednost polmera R , praktično ne moremo določiti in zato vsako nit obravnavamo le kot eno kapilarno z veliko večjim polmerom, kot je dejanski polmer kapilar med vlakni v preji. Če bi namreč poznali število kapilar v nitih in bi to število upoštevali v vrednosti n , bi bile izračunane vrednosti R veliko nižje od dobljenih in bi dejansko predstavljale povprečni polmer kapilar v smeri dviga tekočine v tkanini. Vrednosti polmera R , ki jih dobimo v preučevanem primeru in so zbrane v preglednici 3, so torej veliko večje od efektivnega polmera kapilar in zato primerljive z največjim polmerom kapilar v tkanini.

Iz preglednice 3 je razvidno, da so vrednosti R pri vseh preučevanih vzorcih manjše v primeru dviga tekočine v smeri osnove kot v smeri votka. To je razumljivo, saj je gostota osnove večja kot gostota votka. Večje je ko je število niti na cm, manjši je kapilarni polmer.

Preglednica 3: Hitrosti, m^2/t , pronicanja n-alkanov, konstante, C , in srednji kapilarni polmeri, R , ter ekvivalentni premer por, d_e (enačba 5), določeni z Washburnovim sorpcijskim poskusom

Oznaka vzorca	Smer dviga ^{a)}	$m^2/t \cdot 10^4$ (g ² /s)			$C \cdot 10^7$ (cm ⁵)	n	$R \cdot 10^3$ (cm)	d_e (μm)
		n-pentan	n-heksan	n-heptan				
A1	o	16,606	16,308	16,773	6,676	159	5,568	147,3
	v	9,285	9,576	10,132	3,903	55	7,647	
A2	o	14,750	14,753	16,229	6,157	159	5,479	141,8
	v	9,120	9,014	10,004	3,788	63	7,199	
A3	o	10,027	12,540	12,583	4,751	159	5,202	129,1
	v	7,813	6,871	7,858	3,026	79	6,288	
B1	o	14,460	20,848	16,541	6,999	159	5,621	149,3
	v	10,389	10,318	11,041	4,271	55	7,786	
B2	o	12,332	11,129	13,910	5,032	159	5,262	134,7
	v	7,683	8,498	7,247	3,146	67	6,768	
B3	o	8,242	9,089	8,819	3,520	159	4,899	123,6
	v	6,155	6,828	6,586	2,634	79	6,116	

^{a)} o – osnova, v – votek.

To je tudi v skladu z zmanjševanjem vrednosti R z naraščajočo gostoto tkanine.

Da bi rezultate tenziometričnih meritev lahko primerjali s teoretično izračunanimi vrednostmi parametrov poroznosti tkanin (enačbe od 5 do 9, preglednica 4) ter z izmerjenimi količinami poroznosti, dobljenimi z Jakšičevo pretočno metodo (preglednica 5), smo iz vrednosti R , dobljenih v smeri osnove in votka, izračunali srednje premere por v različnih smereh dviga tekočine v tkanino, iz njih ploščino ene pore, rezultate pa nato z enačbo (9) pretvorili v enakovredne premere por (preglednica 3). Ob tem moramo namreč poudariti, da smo pri Washburnovem sorpcijskem poskusu dimenzije por v tkanini določili na podlagi rezultatov meritev, ki smo jih opravili vzdolž tkanine v smeri osnove in votka; te rezultate pa smo primerjali s teoretičnimi vrednostmi poroznosti tkanin, izračunanih iz modela, ki temelji na določitvi velikosti por pravokotno na površino tkanine in z izmerjenimi količinami poroznosti tkanine, dobljenimi z Jakšičevo metodo; po tej metodi merimo volumsko hitrost pretoka zraka v odvisnosti od tlaka, pri tem pa zrak usmerimo pravokotno na površino tkanine.

Zaradi različnih načinov merjenja poroznosti, in sicer volumna por v ravnini tkanine pri Washburnovem sorpcijskem poskusu in hidravličnega premera najožjega dela kanala por pravokotno na tkanino v primeru Jakšičeve metode, je razumljivo, da se izračunane vrednosti količin poroznosti med seboj nekoliko razli-

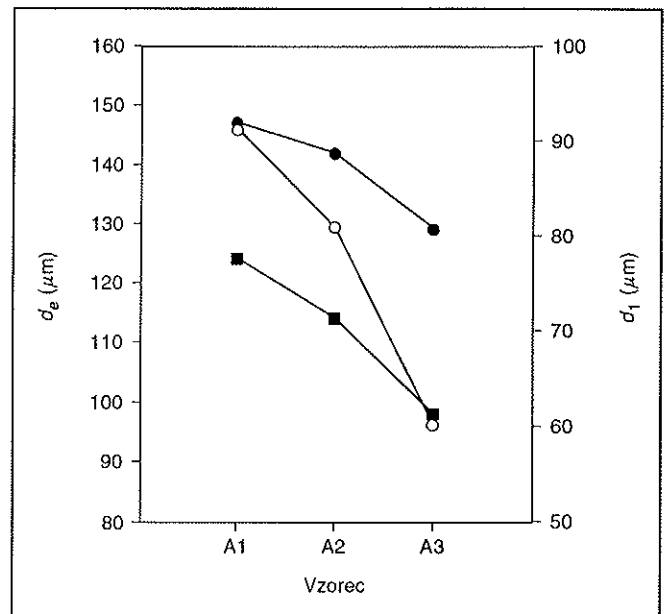
Preglednica 4: Teoretično izračunani parametri vzorcev tkanin, in sicer faktor kritja, K , odprta površina tkanine, P_{tk} , ploščina ene pore, P_1 , ter ekvivalentni premer pore, d_e

Oz. vzorca	K	P_{tk}	Število por/cm ²	$P_1 \cdot 10^4$ (cm ²)	d_e (μm)
A1	0,93198	0,06802	560	1,2146	124,4
A2	0,93449	0,06551	640	1,0326	114,2
A3	0,93952	0,06049	800	0,7561	98,1
B1	0,94044	0,05956	560	1,0635	116,4
B2	0,94602	0,05398	680	0,7938	100,5
B3	0,95160	0,04840	800	0,6050	87,8

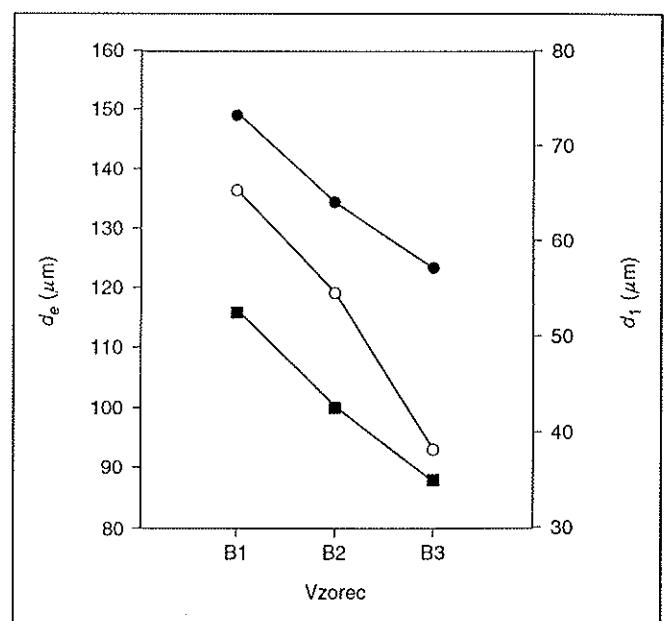
Preglednica 5: Premer največje pore, d_1 , srednji hidravlični premer pore, d_{sr} , srednja vrednost odprte površine, P , vzorcev tkanin, določeni z Jakšičevo metodo, in njihova zračna prepustnost, Q

Oznaka vzorca	d_1 (μm)	d_{sr} (μm)	P (%)	Q (m ³ /min m ²)
A1	91,31	25,10	5,33	19,5
A2	80,92	17,07	3,45	14,7
A3	60,22	15,46	2,80	9,2
B1	65,48	17,11	2,68	14,2
B2	54,68	14,32	2,13	8,4
B3	38,18	8,72	1,73	4,1

kujejo, razmerje med njihovimi vrednostmi pa je skladno (sliki 4 in 5). Ti rezultati tudi potrjujejo točnost izmerjenih konstant C in izračunanega polmera R ter s tem uporabnost tenziometričnih meritev za določitev poroznosti tkanin.



Slika 4: Ekvivalentni premeri pore, d_e , in premeri največje pore, d_1 , vzorcev tkanin B
 —●—: d_e izračunan na podlagi Washburnovega sorpcijskega poskusa,
 —■—: teoretično izračunan d_e ,
 —○—: d_1 izmerjen z Jakšičevo metodo



Slika 5: Ekvivalentni premeri pore, d_e , in premeri največje pore, d_1 , vzorcev tkanin B
 —●—: d_e izračunan na podlagi Washburnovega sorpcijskega poskusa,
 —■—: teoretično izračunan d_e ,
 —○—: d_1 izmerjen z Jakšičevo metodo

4.0 ZAKLJUČEK

Iz rezultatov raziskave lahko zaključimo, da so tenziometrične meritve hitrosti pronicanja tekočine v tkanino primerne za določitev povprečnega polmera kapilar, R , ki je neposredno odvisen od poroznosti tkanine. Za določitev parametra R je izrednega pomena, da Washburnov sorpcijski poskus izvedemo pri ustreznih pogojih, ki narekujejo uporabo tekočin, ki popolnoma močijo preučevane tkanine, in predhodno vzpostavitev ravnotežnega dvojnega filma.

Zabvala

Avtorji prispevka se najlepše zabvaljemo tebničnemu sodelavcu Stanetu Isteniču za izdelavo preučevalnih tkanin in pomoč pri merjenju poroznosti z Jakšičevo pretočno metodo.

Viri:

- [1] ADAMSON, AW. *Physical Chemistry of Surfaces, Chapter X, 5th ed.* New York; Singapore : John Wiley and Sons, 1990, p. 379–420.
- [2] KISSA, E. Wetting and wicking. *Textile Research Journal*, 1996, vol. 66, no. 10, p. 660–668.
- [3] CHIBOWSKI, E., in HOLYSZ, L. Use of the Washburn Equation for Surface Free Energy Determination. *Langmuir*, 1992, vol. 8, p. 710–716.
- [4] CHIBOWSKI, E. in GONZÁLEZ-CABALLERO, F. Theory and Practice of Thin-Layer Wicking. *Langmuir*, 1993, vol. 9, p. 330–340.
- [5] DAMJANOV, GB., BAČEV, CZ. in SURNINA, NF. *Izdelava tkanin in sodobne metode njihovega projektiranja*. Moskva : Lahka industrija, 1984, p. 14–15.
- [6] RULISON, C. *Wettability studies for porous solids including powders and fibrous materials. Technical note 302. Instruments for Surface Chemistry*. Charlotte : Krüss, 1996.
- [7] JAKŠIČ, D. in JAKŠIČ, N. Assessment of porosity of flat textile fabrics. Članek sprejet v objavo v *Textile Research Journal*, 2003.

Prispelo/Received: 09–2003; sprejeto/accepted: 10–2003