

Ocjenjivanje stlačivosti tekstilnih podnih obloga za interijere

Prof.dr.sc. **Željko Penava**, dipl.ing.

Dr.sc. **Željko Knezić**, dipl.ing.¹

Tina Maksić, mag.ing.techn.text.

Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Zavod za projektiranje i menadžment tekstila

Zagreb, Hrvatska

¹Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Studijska jedinica Varaždin

e-mail: zeljko.penava@ttf.hr

Prispjelo 24.11.2014.

UDK 677.017.426/.435:677.076.1

Izvorni znanstveni rad

Nezaobilazna dekoracija hotelskog interijera su tekstilne podne obloge koje bi, osim estetske funkcije, trebale imati toplinska i zvučna izolacijska svojstva te visoku izdržljivost tijekom korištenja. Određivanje debljine podnih obloga nakon rasterećenja, jedan je od testova kojim se ocjenjuju njihova uporabna svojstva i trajnost tekstilnih podnih obloga. U radu se proučavaju svojstva stlačivosti i debljine nakon rasterećenja deset uzoraka vuninih podnih obloga. Predložena je jednadžba koja opisuje odnos debljine i pripadajućeg tlaka tekstilnih podnih obloga i temelji se na Bogatyevoj jednadžbi stanja. Parametri, tj. nepoznate konstante A i B u navedenoj jednadžbi mogu se jednostavno empirijski odrediti za pojedine tekstilne plošne proizvode, te se tada dobivena jednadžba može primijeniti za utvrđivanje debljine bez stlačivanja, s beskonačnim stlačivanjem i debljine pri opterećenju tlakom u rasponu od 0,4 do 100 hPa. Dobiveni funkcionalni odnos koristan je za prikaz cijele krivulje debljina-tlak u jednom ciklusu opterećenja i rasterećenja tekstilne podne obloge. Ako je oblik jednadžbe odgovarajuće izabran, izračunate vrijednosti debljine se jako dobro poklapaju s izmjerenim debljinama pri raznim tlakovima. U radu je korišteno nekoliko metoda za procjenu kvalitete tekstilnih podnih obloga, te je pomoću njih objektivno određena najbolja podna obloga. Za procjenu kvalitete podnih obloga mogu se koristiti metode određivanja aritmetičke sredine, eksponencijalne srednje vrijednosti i površina ispod polinomnih krivulja.

Ključne riječi: tekstilne podne obloge, debljina, tlačno opterećenje, rasterećenje, hiperbolna funkcija

1. Uvod

Tekstilne podne obloge imaju važno mjesto u uređenju interijera, koriste se zbog želje za lijepim, udobnim i toplim podom te za poboljšanje zvučne i toplinske izolacije. Osim u kućanstvima, njihova upotreba se prote-

že na hotele, radna mjesta, urede, škole, prometala [1, 2]. Za tekstilne podne obloge nužno je da imaju pravilnu konstrukciju, da dobro prijanjaju uz podlogu bez proklizavanja, da imaju primjereni estetski izgled, voluminoznost, otpornost na habanje, postojano obojenje, i da su odgovara-

juće oplemenjene (dorađene), primjerice da budu otporne na gorenje [3]. U počecima su izrađivane ručno pomoću primitivnih i jednostavnih alata, no s napretkom industrije dolazi i do strojne proizvodnje podnih obloga, koja se godinama usavršavala. Razvoj proizvodnje je već toliko na-

predovao da se danas računalno postiže željeni dizajn i dekoracija prema zahtjevima suvremenih trendova. Podne obloge se proizvode za prekrivanje površina raznih oblika, od prirodnih i umjetnih vlakna, a proizvode se različitim tehnikama - tkanjem, uzlanjem, taftiranjem, iglanjem [4-7]. Da bi proizvođači privukli kupca i zadovoljili njegovu potrebu u svakom pogledu, tekstilne podne obloge moraju zadovoljavati mnogobrojne zahtjeve. Prije svega moraju odgovarati predviđenoj namjeni, imati pravilnu konstrukciju, što znači dobro prijanjanje uz podlogu, ne smiju klizati po temeljnoj podlozi prilikom upotrebe [8, 9]. Zbog toga je za proizvodnju kvalitetnih podnih obloga potrebno dobro poznavanje svojstava tekstilnih materijala, problematike pripreme, procesa proizvodnje i dorade, uz primjenu raznih konstrukcijskih i tehnoloških rješenja [10].

Povećana upotreba tekstilnih podnih obloga nedvojbeno je povezana s brzim razvojem proizvodnje taftiranih tepiha. Visoka učinkovitost i proizvodnost ove tehnologije dovela je do smanjenja proizvodnih troškova usporedno s razvojem tehnika tkanja, a time i povećanom širenju na tržištu [11]. Usprkos velikom povećanju proizvodnje tepiha, istraživanje odnosa konstrukcije tepiha i njegovih svojstava prilično je oskudno. U literaturi postoji nekoliko studija o fizikalnim, mehaničkim i strukturnim svojstvima tepiha. Istraživani su razni parametri kvalitete kao što su stupanj drobljenja, fleksibilnost, otpornost na hodanje, gorenje i statički elektricitet. Većina objavljenih radova se odnosi na empirijske procjene svojstava tepiha, koje su važne kod krajnje uporabe ili kod postavljanja korelacije između brzih laboratorijskih ispitivanja i stvarnih svojstava u uporabi [12].

N. Özdil [13] je mjerio važna svojstva, kao što su smanjenje debljine tepiha pod mehaničkim opterećenjem, tj. smanjenje debljine nakon kratkotrajnog i dugotrajnog statičkog opterećenja.

H. Bogaty i suradnici [14] su proučavali mehanizme deformacije u tepisima s vlaknastim petljama i izračunavali naprezanja u vlaknima koja se javljaju kod pređa s velikim i malim uvojima, a ovise o određenim osnovnim karakteristikama tepiha. Također su izračunali minimalnu visinu i duljinu petlje nužne za smanjenje naprezanja kod pređe s obzirom na konstrukciju. Petlje koje su veće od potrebnog minimuma ne djeluju na smanjenje deformacije vlakna, ali mogu usporiti oporavak nakon deformacije.

U ovom radu istraživana je stlačivost i debljina podnih obloga s florom, i to: dvije čiji je flor od vunениh i lanenih končanih pređa, te osam podnih obloga s vunениm končanim pređama pri različitim opterećenjima i rasterećenjima. Iz tih razloga pozornost je usmjerena na utvrđivanje debljine i definiranje djelovanja tlačenja podne obloge na debljinu kroz relativno široki raspon tlakova [15, 16]. Takva će funkcionalna veza biti korisna u predstavljanju krivulje ovisnosti debljine o tlaku, pomoću konstanti u jednadžbi. Cilj istraživanja je bio pronaći pogodan matematički odnos između tlaka (opterećenja) i debljine (tlačenja) i rasterećenja (oporavka). Predloženi su korisni matematički izrazi za određene tehničke uvjete koji dobro opisuju krivulje opterećenja i rasterećenja u jednom ciklusu. Osim što su izmjerene, također su i izračunate debljine podnih obloga

kod različitih tlakova pri opterećenju i rasterećenju, te je dana usporedba mjerenih i računskih vrijednosti rezultata.

Također, utvrđivanjem ponašanja tekstilnih podnih obloga prilikom stlačivanja procjenjivala se i njihova kvaliteta.

2. Teorijski dio

U jednom ciklusu opterećenja (stlačivanja) i rasterećenja (oporavka) mijenja se debljina tekstilnih podnih obloga i ta promjena izravno utječe na njihovu trajnost. Prikaz cijele krivulje debljina-tlak u jednom ciklusu tlačenja opterećenja i rasterećenja prikazuje se pomoću određene funkcije.

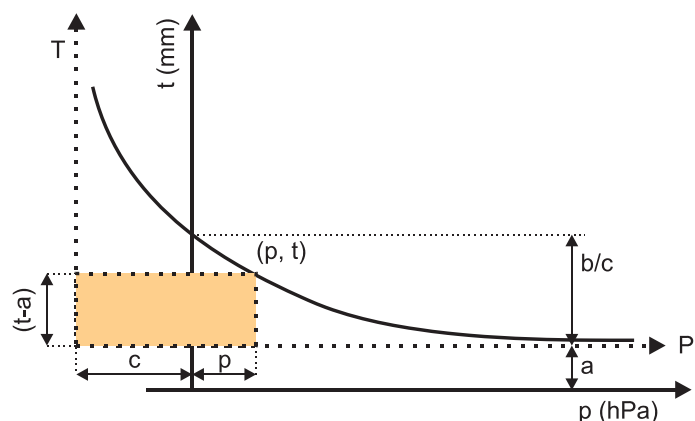
2.1. Odnos debljine i tlaka

Jedna od referentnih mogućnosti izražavanja odnosa između debljine (t) podne obloge i tlaka (p) je hiperbolna funkcija [17]. Dobivanje tipične (t - p) krivulje je opisano izrazom (1):

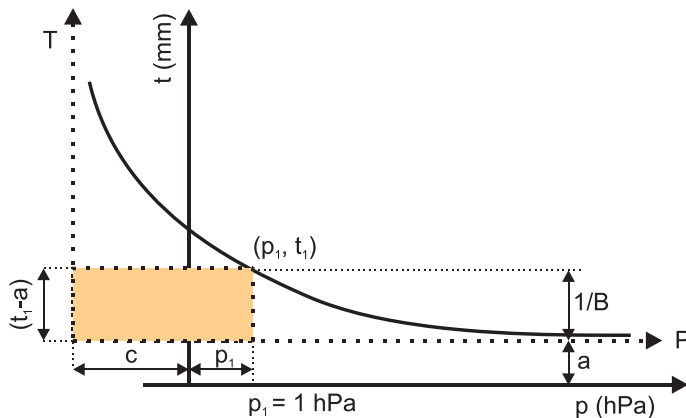
$$t = a + b/(p + c) \quad (1)$$

gdje su a , b i c konstante.

Graf funkcije prikazane na sl.1 geometrijski ilustrira značenje konstanti [14]. Konstanta (a) odgovara debljini tkanine pri visokom tlaku, odnosno kada element $b/(p + c)$ postaje vrlo malen. Prema tome, konstanta (a) je ograničavajuća debljina stlačenog (opterećenog) tekstilnog plošnog proizvoda pri porastu tlaka. Ako se tlak p približava nuli, debljina je dana



Sl.1 Grafički prikaz ovisnosti debljine i stlačivanja tekstilnog plošnog proizvoda s konstantama a , b i c



Sl.2 Grafički prikaz ovisnosti debljine i stlačivanja tekstilnog plošnog proizvoda s konstantama a i b

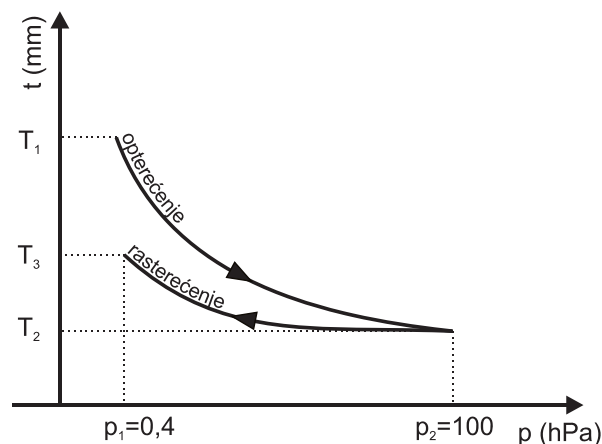
izrazom $t=(a+b/c)$, a time b/c predstavlja ukupnu moguću stlačivost. Vrijednost (a) je definirana kao debljina kod tlaka od 140,6 hPa, vrijednost (c) se pretpostavlja da odgovara 3,52 hPa, pa se konstanta (b) izračunava prema zadanoj jednadžbi (1). Vrijednost (b) je definirana kao srednja vrijednost za sve izmjerene točke na području koje je manje od 7 hPa. Budući da limitirani tlak u većini debljinomjera (mjerni instrument za određivanje debljine) ne prelazi 100 hPa, teško je pronaći konstantu (a) i konstantu (b). Na primjenjenom instrumentu za određivanje debljine opterećenje je izraženo u g/cm^2 , a vrijednost $1 g/cm^2 = 0,980665 hPa \approx 1 hPa$. Također je i vrijednost (c) konstanta u širokom rasponu tlakova. Stoga je potrebno smanjiti broj konstanti i prilagoditi odnos debljine i tlaka, što je praktičnije i prikazano je na sl.2. Početna jednadžba (1) se može zapisati i kao (2):

$$(t - a) = b / (p + c) \quad (2)$$

Jednadžba (2) je istog oblika kao i van der Waalsova jednadžba koja se odnosi na tlak i volumen plina. Ukratko, Van der Waalsova jednadžba stanja odnosi se na korekcije tlaka i volumena idealnog plina da bi se mogle izračunati privlačne sile između molekula i koliki volumen zapravo zauzimaju molekule. Produkt tlaka i volumena plina je proporcionalan energiji. U ovom slučaju analogija s tekstilnim plošnim proizvodima je vrlo

zanimljiva. Konstanta (a) u jednadžbi (2) može se smatrati kao korekcija debljine ili volumena tekstilnog plošnog proizvoda koja korigira promatranu debljinu pri bilo kojem tlaku na području koje zauzimaju komprimirane pređe i površinska vlakana. Konstanta (c) je korekcija tlaka i uzima u obzir činjenicu da tekstilni plošni proizvod bez ograničenja smanjivanja tlaka ne povećava svoju debljinu. Konstanta (c) zapravo predstavlja privlačnu silu koja djeluje između vlakana i pređe kada je tekstilni plošni proizvod u neopterećenom stanju. Konstanta (b) je jednaka energiji ili radu i odgovara osjenčanoj površini ispod krivulje debljina-tlak, sl.1. Iz sl.2 se može zaključiti da je debljina tekstilnog plošnog proizvoda s beskonačnim tlakom jednaka (3):

$$t_{\infty} = a = t_1 - (1/B) \quad (3)$$



Sl.3 Grafički prikaz odnosa tlaka i debljine za vrijeme jednog ciklusa opterećenja - rasterećenja podne obloge

Uvrštavanjem jednadžbe (2) u jednadžbu (3) dobije se jednadžba (4):

$$t - (t_1 - 1/B) = b / (p + c) \quad (4)$$

Budući da na sl.2 hiperbola prolazi točkom (P_1, t_1), koja zadovoljava jednadžbu (4), stoga zamjenom točke (P_1, t_1) u jednadžbi (4) dobiva se izraz (5):

$$b = (P_1 + c) / B \quad (5)$$

Ako se u jednadžbu (5) uvrsti $P_1=1 hPa$ i $c=A/B$ tada se konstanta (b) ili parametar tlačne energije (E_c) u ciklusima opterećenja ili parametar energije rasterećenja (oporavka) (E_r) u ciklusu oporavka može izraziti kao [17]:

$$E_c \text{ ili } E_r = (A + B) / B^2 \quad (6)$$

Uvrštavanjem vrijednosti (b) i (c) u jednadžbu (4) dobiva se predložena konačna jednadžba

$$t = t_1 + (P_1 - P) / (A + B \cdot p) \quad (7)$$

Tekstilne podne obloge su opisane jednadžbom (7) koja se temelji na Bogatyevovoj jednadžbi stanja. Ona opisuje odnos između debljine (t) i tlaka (P), gdje su t_1 debljina tkanine kod tlaka $P_1=1 hPa$, a parametri (A, B) su varijabilne vrijednosti u širokom području tlakova.

Parametri A i B dobit će se rješavanjem sustava jednadžbi:

$$\sum [(P_1 - p_i) / (t_i - t_1)] = A + B \cdot (\sum p_i) \quad (7a)$$

$$\sum [(P_1 - P_j) / (t_j - t_1)] = A + B \cdot (\sum p_j) \quad (7b)$$

Ako se tlak približava nuli, iz jednadžbe (7) slijedi da je debljina (t_0) dana izrazom $[t_1 + (1/A)]$ i stoga $[(1/A) + (1/B)]$ predstavlja ukupnu moguću stlačivost. Kada se tlak približava beskonačnosti, debljina (t_∞) je dana izrazom $[t_1 - (1/B)]$.

2.2. Analiza krivulje opterećenje - rasterećenje

Iz sl.3 vidljivo je da se debljina uzorka podne obloge smanjuje za vrijeme opterećivanja (tlak se povećava), a tijekom rasterećivanja (oporavka), kada se tlak smanjuje, debljina podne obloge raste. To se dobiva za svaki ciklus opterećenja i rasterećenja podne obloge.

Iz sl.3 dobivena su svojstva stlačivosti [17]:

Flexibilnost R (%)

$R = (\text{površina ispod krivulje rasterećenja} / \text{površina ispod krivulje opterećenja}) \cdot 100\%$ (8)

ili

$$R = \frac{T_3 - T_2}{T_1 - T_2} \cdot 100\% \quad (9)$$

ili

$$R = (Er/Ec) \cdot 100\% \quad (10)$$

gdje je:

$P_1 = 0,4$ hPa inicijalni tlak,

$P_2 = 100$ hPa konačni tlak,

T_1 (mm) – debljina opterećene podne obloge pri inicijalnom tlaku P_1 ,

T_2 (mm) – debljina opterećene podne obloge pri konačnom tlaku P_2 ,

T_3 (mm) – debljina rasterećene podne obloge pri inicijalnom tlaku P_1 ,

T_0 (mm) – izračunata debljina kada je tlak nula,

T_∞ (mm) – izračunata debljina pri beskonačno malom tlaku.

Deformacija pri tlaku K (%):

$$K = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \cdot 100\% \quad (11)$$

Stlačivost C (hPa⁻¹):

$$C = \frac{T_1 - T_2}{T_1 \cdot (P_2 - P_1)} \quad (12)$$

Mekoća S (mm):

$$S = t_0 - t_\infty \quad (13)$$

Rasterećenje (oporavak) pri tlaku

Cr (%):

$$Cr = (T_3/T_0) \cdot 100\% \quad (14)$$

Histereza Hs (mm·hPa)

$Hs = \text{izvršeni rad za vrijeme tlaka} - \text{izvršeni rad pri oporavku (rasterećenju)}$ (15)

ili

$$Hs = Ec - Er \quad (16)$$

Mjera stlačivosti C.R. (%):

$$C.R. = (t_\infty/t_0) \cdot 100\% \quad (17)$$

Trajnost P (%):

$$P = \frac{T_1 - T_3}{T_1} \cdot 100\% \quad (18)$$

Modul stlačivosti M (hPa):

$$M = H \cdot T_1 \quad (19)$$

Tvrdoća H (hPa/mm):

$$H = \frac{P_2 - P_1}{T_1 - T_2} \cdot 100\% \quad (20)$$

3. Eksperimentalni dio

U eksperimentalnom dijelu ovog rada provedeno je ispitivanje debljine podnih obloga (tepiha) pri različitim vrijednostima tlaka, pri čemu se promatralo promjenu debljine u ciklusu opterećenja i rasterećenja (oporavka). Izmjerene su vrijednosti debljina podnih obloga i uspoređene s izračunatim pripadnim vrijednostima debljina. U tom ispitivanju korišten je uređaj za statičko opterećenje podnih obloga koji je prilagođen zadanim

uvjetima ispitivanja [18]. Rezultati su prikazani tablično i grafički.

3.1. Uzorci podnih obloga

Karakteristike podnih obloga su navedene u tab.1. Svi uzorci koji se koriste u ovom istraživanju komercijalno su proizvedeni u tvornici Regeneracija d.o.o. unutar programa proizvodnje podnih obloga [19]. Određivanje visine petljica iznad temeljne tkanine je provedeno prema standardu ISO 1766:1999 [20].

Uzorci podnih obloga su prije ispitivanja kondicionirani 24 sata na ravnoj površini pri temperaturi od 20 ± 2 °C i relativnoj vlažnosti zraka $65\% \pm 4\%$, a prikazani su na sl.4.

3.2. Ispitivanje debljine podnih obloga

Za mjerenje debljine tekstilnih podnih obloga pri djelovanju statičkog opterećenja korišten je uređaj she-matski prikazan na sl.5.

Rad uređaja temelji se na načelu poluge, čime se ostvarilo potrebno statičko opterećenje. Da se uravnoteži poluga na čijem desnom kraju djeluje opterećenje m , na njezinom suprotnom kraju je postavljen protuteg. Na potiskivaču koji se kreće vertikalno prema dolje djeluje sila s kojom se stlačuju uzorci podnih obloga. Potiskivač je spojen na mikrometar na kojem se očitava debljina podne obloge pri zadanom opterećenju odnosno rasterećenju. Omjer

Tab.1 Tehničke specifikacije uzoraka podnih obloga

N	Naziv	Sirovinski sastav	Površina	Visina flora (mm)	Površinska masa (g/m ²)	Finoća pređe (tex)	
1	Adria	vuna	s petljama	10	4468	757	
2	Histria	40/60% vuna/lan	šišana	11	4681	217	755
3	Piccolo	vuna	šišana	15	3592	2033	
4	Pagus	vuna	s petljama	17	6095	6446	
5	Aurora	vuna	s petljama	7	6066	694	
6	Palma	vuna	s petljama	10	3349	1457	
7	Combo-P	vuna	šišana	18	3508	880	
8	Combo-H	vuna	šišana	10	3508	1464	
9	Combo-F	vuna	s petljama	10	3508	641	
10	Felta	90/10% vuna/lan	šišana	7	5021	880	774



y/x se odabere tako da teret mase m ostvari željeni tlak na površini A (mm^2) stopice potiskivača koja naliže na podnu oblogu. U donjem izrazu (21) k predstavlja unaprijed zadani tlak u kPa kojeg treba postići na potiskivaču.

$$m = k \cdot A \cdot \frac{x}{y} \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad (21)$$

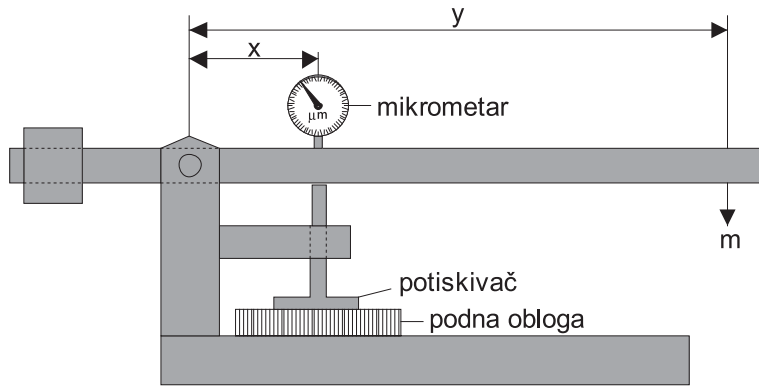
3.3. Metoda ispitivanja

Za ovo ispitivanje provedena su po tri mjerenja za svaki uzorak, a u radu prikazane njihove srednje vrijednosti. Mjerenja debljine su provedena u području tlaka (opterećenja) od 0,4 do 100 hPa pomoću potisne ploče površine 50 cm^2 . Potisna ploča kreće se prema dolje dok ne ostvari tlak od 0,4 hPa na tekstilni materijal u vremenu od 30 sekundi. Inicijalna debljina T_1 mjerena je pri djelovanju inicijalnog tlaka $P_1=0,4$ hPa. Stlačivanje materijala se skokovito povećava, a odgovarajuće debljine se mjere nakon 30 sekundi djelovanja narinutog tlaka. Nakon 30 sekundi tlak se poveća i ponovo očitava vrijednost debljine. Nakon postizanja tlaka od 100 hPa, odnosno završnog tlaka P_2 , na minimalnoj debljini T_2 , tlak se postupno smanjuje te se tijekom ciklusa rasterećenja (oporavka) očitava debljina na isti način kao i u ciklusu opterećenja. Ciklus rasterećenja se provodi do inicijalnog tlaka koji definira konačnu debljinu uzorka podne obloge T_3 . Mjerenja su provedena na pet različitih mjesta na svim uzorcima.

4. Rezultati i rasprava

Na sl.6 do 15 prikazani su odnosi debljine podnih obloga i pripadnih tlakova pomoću krivulja opterećenje-rasterećenje. Analizom ovih krivulja može se uočiti da je hiperbola najbliža aproksimacija prikazanih krivulja. Granična debljina nije zanemariva, ali nije ni nula.

◀
 Sl.4 Uzorci podnih obloga: 1 - Adria, 2 - Histria, 3 - Piccolo, 4 - Pagus, 5 - Aurora, 6 - Palma, 7 - Combo-P, 8 - Combo-H, 9 - Combo-F, 10 - Felta



Sl.5 Shematski prikaz uređaja za mjerenje debljine tekstilnih podnih obloga pri djelovanju statičkog opterećenja

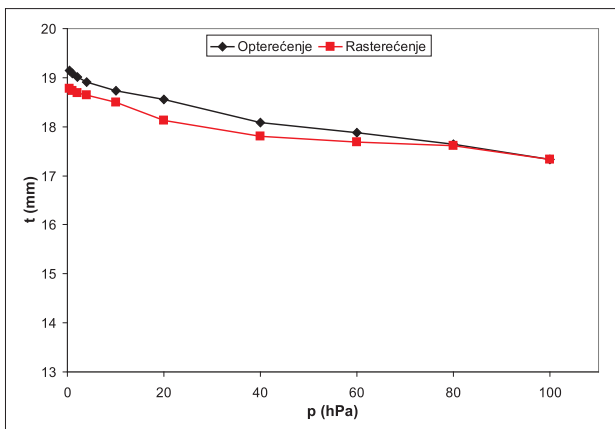
Uzorci se postupno opterećuju s tlakovima od 0,4 hPa, 1 hPa, 2 hPa do 100 hPa, a zatim se obrnutim redoslijedom rasterećuju. Debljine uzoraka pri opterećivanju pri početnom tlaku od 0,4 hPa se su u granicama od 15,4 mm do 19,3 mm, a pri najvećem tlaku od 100 hPa iznose od 13 mm do 17,5 mm. Debljine uzoraka pri rasterećiva-

nju od početnog tlaku od 100 hPa se kreću u granicama od 13 mm do 17,5 mm, da bi pri najmanjem tlaku od 0,4 hPa debljine uzoraka bile u rasponu od 14,6 mm do 18,8 mm. U promatranim ciklusima krivulje rasterećenja uvijek prate krivulje opterećenja. Pri rasterećenju tekstilne podne obloge uvijek imaju manju debljinu nego pri

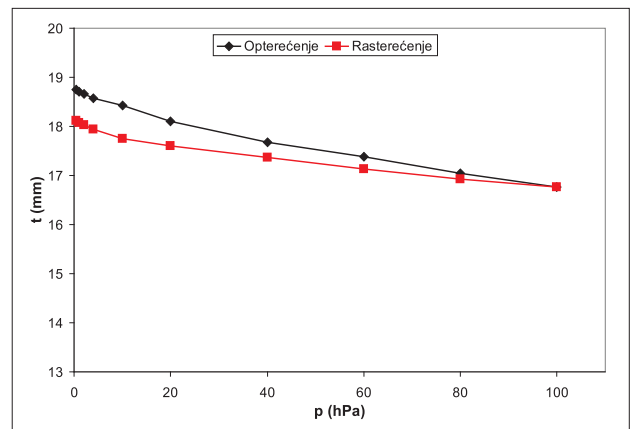
opterećivanju. Dakle, dolazi do pojave plastičnih, trajnih deformacija.

Jedna od referentnih mogućnosti izražavanja odnosa između debljine (t) i tlaka (P) je hiperbolna funkcija. Istražena je prikladnost predložene jednadžbe (7) u svrhu prikazivanja funkcije ovisnosti tlak-debljina. Vrijednosti konstanti A i B kod opterećenja podnih obloga izračunate su pomoću izraza (7a) i nalaze se u Tablici 2. Pri rasterećenju vrijednosti A , B su izračunate prema izrazu (7b) i nalaze se u Tablici 3. Vrijednosti E_c i E_r su izračunate prema izrazu (6).

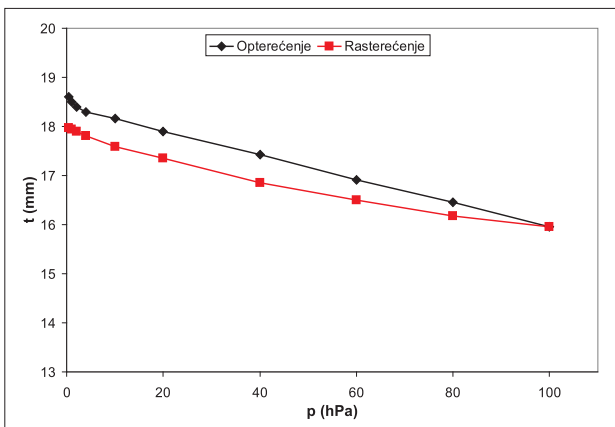
U tab.4 prikazane su izmjerene vrijednosti debljine podnih obloga, t (mm), tijekom njihovog opterećivanja različitim tlakovima, a u tab.6 prikazane su izmjerene debljine tijekom njihovog rasterećenja različitim tlakovima. Nakon određivanja konstanti (A i B) iz jednadžbi (7a i 7b), izračunate su vrijednosti debljine podnih obloga



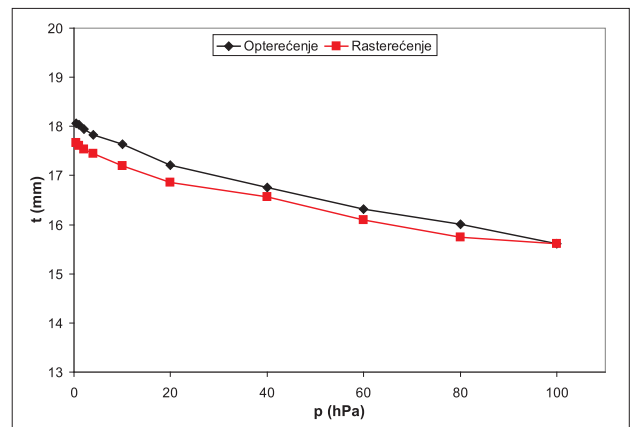
Sl.6 Krivulja opterećenje-rasterećenje za podnu oblogu 1



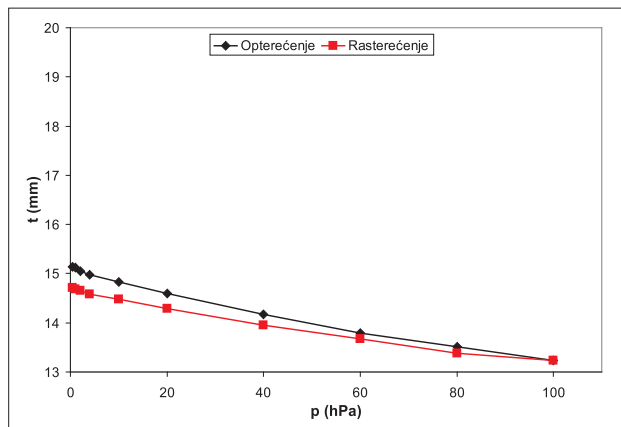
Sl.7 Krivulja opterećenje-rasterećenje za podnu oblogu 2



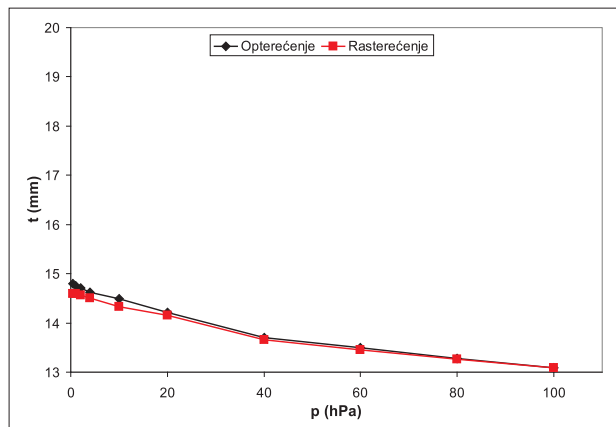
Sl.8 Krivulja opterećenje-rasterećenje za podnu oblogu 3



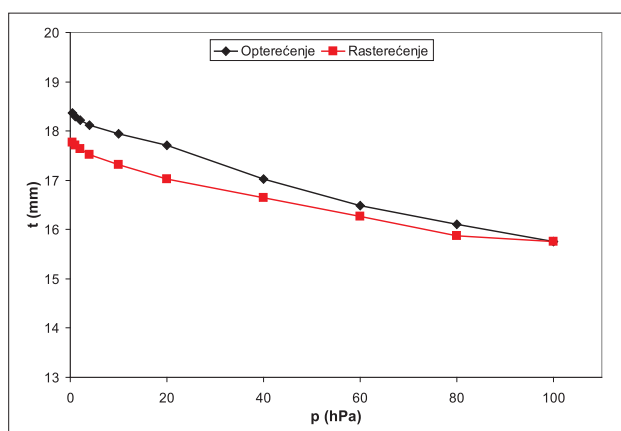
Sl.9 Krivulja opterećenje-rasterećenje za podnu oblogu 4



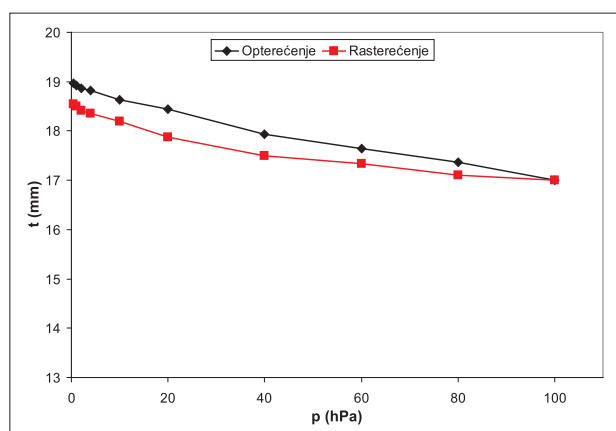
SI.10 Krivulja opterećenje-rasterećenje za podnu oblogu 5



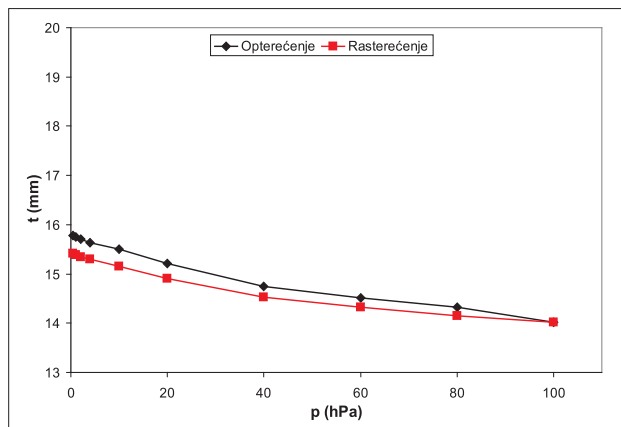
SI.11 Krivulja opterećenje-rasterećenje za podnu oblogu 6



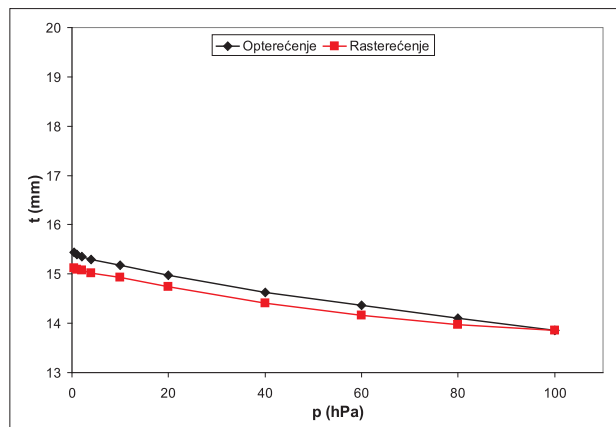
SI.12 Krivulja opterećenje-rasterećenje za podnu oblogu 7



SI.13 Krivulja opterećenje-rasterećenje za podnu oblogu 8



SI.14 Krivulja opterećenje-rasterećenje za podnu oblogu 9



SI.15 Krivulja opterećenje-rasterećenje za podnu oblogu 10

pomoću izraza (7). Izračunate vrijednosti debljina podnih obloga tijekom njihovog opterećivanja prikazane su u tab.5, a tijekom njihovog rasterećenja u tab.7.

Iz prikazanih rezultata je vidljivo da se izračunate i izmjerene vrijednosti debljina sasvim dobro podudaraju za većinu ispitanih uzoraka podnih

obloga, a time je pokazano da se ponašanje stlačivosti podnih obloga može na zadovoljavajući način prikazati pomoću vrijednosti A i B. Debljina pri bilo kojem tlaku u rasponu od 0,4 do 100 hPa izražava se tako da se izračunate konstante relativno dobro slažu s izmjerenim vrijednostima tekstilnih podnih obloga.

Za tekstilne podne obloge čija je površina s petljicama (uzorci 1, 4, 5, 6 i 9) i za podnu oblogu s rezanom površinom (uzorak 10), razlika debljine pri opterećenju i rasterećenju je vrlo mala. Krivulje opterećenja i rasterećenja su blisko pozicionirane, pa su zaostale deformacije male, sl.6 do11, i sl.14 i 15. Razlike debljina

Tab.2 Izračunate vrijednosti konstanti (A i B), (E_c) i (t_0 i t_∞) pri opterećenju podnih obloga

N	A	B	t_0	t_∞	E_c
1	6,518	0,246	19,23	15,01	111,8
2	10,068	0,161	18,81	12,50	394,6
3	4,040	0,148	18,75	11,74	191,2
4	9,621	0,248	18,13	14,00	160,5
5	4,189	0,616	15,36	13,49	12,7
6	9,239	1,101	14,86	13,84	8,5
7	11,063	0,618	18,39	16,68	30,6
8	3,991	0,381	19,17	16,30	30,1
9	16,677	0,191	15,82	10,52	462,4
10	15,990	0,368	15,45	12,67	120,8

Tab. 3 Izračunate vrijednosti konstanti (A i B), (E_r) i (t_0 i t_∞) pri rasterećenju podnih obloga

N	A	B	t_0	t_∞	E_r
1	6,029	0,254	18,91	14,80	97,4
2	4,732	0,291	18,29	14,64	59,3
3	1,181	0,302	18,79	14,63	16,3
4	7,367	0,428	17,75	15,27	42,6
5	5,689	0,984	14,86	13,66	6,9
6	16,051	1,666	14,65	13,99	6,4
7	5,372	0,912	17,90	16,61	7,6
8	5,320	0,651	18,69	16,96	14,1
9	6,888	0,714	15,54	13,99	14,9
10	9,043	0,901	15,20	13,98	12,25

Tab.4 Izmjerene vrijednosti debljine podnih obloga, t (mm), tijekom opterećivanja

N	0,4 hPa	1 hPa	2 hPa	4 hPa	10 hPa	20 hPa	40 hPa	60 hPa	80 hPa	100 hPa
1	19,14	19,08	19,02	18,91	18,73	18,55	18,09	17,88	17,65	17,33
2	18,75	18,71	18,66	18,57	18,42	18,11	17,68	17,38	17,05	16,76
3	18,60	18,50	18,40	18,30	18,17	17,90	17,42	16,91	16,45	15,95
4	18,07	18,03	17,94	17,83	17,63	17,21	16,76	16,31	16,01	15,61
5	15,15	15,12	15,05	14,98	14,83	14,60	14,17	13,79	13,51	13,24
6	14,80	14,75	14,71	14,63	14,49	14,21	13,70	13,50	13,28	13,09
7	18,37	18,30	18,22	18,12	17,94	17,71	17,03	16,49	16,11	15,75
8	18,97	18,92	18,86	18,82	18,63	18,45	17,94	17,64	17,36	17,01
9	15,78	15,76	15,71	15,64	15,50	15,21	14,74	14,52	14,32	14,02
10	15,44	15,39	15,35	15,29	15,18	14,98	14,62	14,37	14,11	13,86

Tab.5 Izračunate vrijednosti debljine podnih obloga, t (mm), tijekom opterećivanja

N	0,4 hPa	1 hPa	2 hPa	4 hPa	10 hPa	20 hPa	40 hPa	60 hPa	80 hPa	100 hPa
1	19,17	19,08	18,94	18,68	18,08	17,42	16,70	16,31	16,06	15,90
2	18,77	18,71	18,61	18,43	17,94	17,28	16,35	15,72	15,27	14,93
3	18,65	18,50	18,27	17,85	16,87	15,79	14,58	13,93	13,53	13,25
4	18,09	18,03	17,93	17,75	17,29	16,73	16,03	15,62	15,35	15,15
5	15,25	15,12	14,93	14,67	14,25	13,97	13,76	13,68	13,64	13,61
6	14,81	14,75	14,66	14,53	14,31	14,14	14,02	13,97	13,94	13,92
7	18,35	18,30	18,22	18,08	17,78	17,49	17,21	17,07	16,99	16,94
8	19,06	18,92	18,71	18,38	17,77	17,28	16,89	16,72	16,63	16,57
9	15,79	15,76	15,70	15,58	15,27	14,83	14,15	13,66	13,28	12,99
10	15,43	15,39	15,33	15,22	14,93	14,58	14,12	13,84	13,65	13,51

Tab.6 Izmjerene vrijednosti debljine podnih obloga, t (mm), tijekom rasterećenja

N	0,4 hPa	1 hPa	2 hPa	4 hPa	10 hPa	20 hPa	40 hPa	60 hPa	80 hPa	100 hPa
1	18,77	18,74	18,69	18,64	18,50	18,13	17,80	17,69	17,61	17,33
2	18,12	18,08	18,03	17,94	17,75	17,60	17,37	17,13	16,93	16,76
3	17,97	17,94	17,90	17,81	17,60	17,35	16,85	16,50	16,18	15,95
4	17,66	17,61	17,53	17,44	17,19	16,86	16,57	16,10	15,74	15,61
5	14,72	14,68	14,65	14,58	14,48	14,29	13,95	13,67	13,38	13,24
6	14,60	14,59	14,56	14,50	14,33	14,15	13,66	13,46	13,26	13,09
7	17,78	17,71	17,64	17,53	17,32	17,03	16,65	16,26	15,88	15,75
8	18,55	18,50	18,42	18,36	18,19	17,87	17,49	17,34	17,11	17,01
9	15,42	15,39	15,35	15,30	15,16	14,90	14,53	14,32	14,15	14,02
10	15,12	15,09	15,07	15,02	14,93	14,75	14,41	14,17	13,98	13,86

Tab.7 Izračunate vrijednosti debljine podnih obloga, t (mm), tijekom rasterećenja

N	0,4 hPa	1 hPa	2 hPa	4 hPa	10 hPa	20 hPa	40 hPa	60 hPa	80 hPa	100 hPa
1	18,84	18,74	18,59	18,31	17,69	17,03	16,33	15,97	15,74	15,59
2	18,20	18,08	17,89	17,57	16,90	16,28	15,70	15,42	15,26	15,15
3	18,40	17,94	17,38	16,69	15,80	15,31	15,00	14,89	14,82	14,79
4	17,69	17,61	17,49	17,28	16,84	16,42	16,02	15,82	15,71	15,64
5	14,78	14,68	14,55	14,37	14,10	13,93	13,81	13,77	13,74	13,73
6	14,63	14,59	14,54	14,46	14,31	14,21	14,12	14,08	14,06	14,05
7	17,82	17,71	17,57	17,38	17,09	16,91	16,78	16,73	16,70	16,69
8	18,61	18,50	18,35	18,12	17,74	17,46	17,26	17,17	17,12	17,09
9	15,47	15,39	15,27	15,08	14,75	14,49	14,29	14,20	14,16	14,13
10	15,15	15,09	15,00	14,85	14,59	14,39	14,22	14,16	14,12	14,09

podnih obloga s rezanom površinom (uzorci 2, 3, 7, 8) pri opterećenju i rasterećenju su veće od onih s petljicama. S porastom tlaka, debljina tekstilnih podnih obloga se smanjuje po zakonitosti hiperbole. To vrijedi za sve uzorke pri opterećenju i rasterećenju.

4.1. Objektivno vrednovanje

Prema dostupnim izvorima, svojstva izvedbe tekstilnih podnih obloga mogu se podijeliti u dvije skupine:

- a) skupina s pozitivnim svojstvima, kao što su: fleksibilnost (R), stlačivost (C), deformacija pri tlaku (K), rasterećenje (oporavak) pri tlaku (Cr) i mekoća (S)
- b) skupina s negativnim svojstvima, kao što su: mjera stlačivosti (C.R), histereza (Hs), tvrdoća (H), modul stlačivosti (M) i trajnost (P).

Tipična svojstva izvedbe uzoraka podnih obloga izračunate su pomoću izraza (8)-(20) i prikazane su u tab.8. Iz tipičnih vrijednosti svojstva izvedbe tekstilnih podnih obloga mogu se izračunati njihove relativne karakteristike upotrebom izraza (22) i (23):

- za pozitivne karakteristike:

$$q_i(+)= y_i/y_{\max} \quad (22)$$

i za negativne karakteristike:

$$q_i(-)= y_{\min}/y_i \quad (23)$$

gdje je: y_i - tipična vrijednost svakog svojstva; y_{\max} , y_{\min} - vrijednost za svako svojstvo.

U tab.9 prikazane su vrijednosti relativnih svojstva izvedbe podnih obloga izračunate upotrebom prethodno navedenih izraza.

Izračunate vrijednosti kompleksne procjene kvalitete tekstilnih podnih obloga prikazane su u tab.10, a određene su aritmetičkom sredinom (A), eksponencijalnom srednjom vrijednosti (E) i površinom poligona (P) od relativnih svojstva izvedbe (q_i) pomoću izraza (24, 25 i 26):

Aritmetička sredina (A):

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad (24)$$

Eksponencijalna srednja vrijednost

$$(E): E = \ln \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e^{(v_i)} \right] \quad (25)$$

Površina poligona (P):

$$P = 0,5 \cdot \sin(2\pi/n) \cdot (y_1 y_2 + y_2 y_3 + y_3 y_4 + \dots + y_n y_1) \quad (26)$$

gdje su: n- broj svojstava; y_1 do y_{10} – relativne karakteristike svojstava.

Tab.8 Izračunate tipične vrijednosti svojstva izvedbe podnih obloga

N	Y ₁			Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇		Y ₈	Y ₉	Y ₁₀
	Fleksibilnost (R)			Stlačivost (C) · 10 ⁻⁵	Deformacija pri tlaku (K)	Rasterećenje pri tlaku (Cr)	Mekoća (S)	Mjera stlačivosti (C.R)	Histereza (Hs)		Tvrdoća (H)	Modul stlačivosti (M)	Trajnost (P)
	J(8)	J(9)	J(10)	J(11)	J(12)	J(13)	J(14)	J(15)	J(16)	J(17)	J(18)	J(19)	J(20)
1	98,86	79,56	87,13	94,9	9,46	97,59	4,22	78,07	20,46	14,38	55,03	1053,2	1,93
2	98,25	68,29	15,03	106,4	10,60	96,34	6,31	66,45	30,69	335,32	50,13	939,9	3,36
3	97,58	76,23	8,50	143,0	14,25	95,85	7,00	62,64	41,45	174,94	37,58	699,1	3,39
4	98,51	83,33	26,52	136,7	13,61	97,39	4,14	77,19	24,72	117,91	40,49	731,6	2,27
5	98,60	77,69	54,42	126,3	12,58	95,86	1,86	87,87	19,51	5,77	52,28	791,8	2,81
6	99,63	88,30	74,83	116,0	11,55	98,26	1,02	93,16	5,06	2,15	58,25	862,0	1,35
7	97,85	77,33	24,70	143,2	14,26	96,66	1,71	90,71	36,07	23,03	38,02	698,3	3,23
8	98,03	78,59	46,78	103,8	10,34	96,76	2,88	85,00	35,11	16,03	50,76	963,0	2,21
9	98,55	79,73	3,22	111,8	11,13	97,49	5,30	66,52	21,27	447,48	56,72	894,8	2,26
10	98,74	79,75	10,14	102,7	10,23	97,85	2,78	82,01	18,30	108,55	63,04	973,3	2,07

Tab.9 Izračunate vrijednosti relativnih svojstva izvedbe podnih obloga

N	Y ₁			Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇		Y ₈	Y ₉	Y ₁₀
	Fleksibilnost (R)			Stlačivost (C)	Deformacija pri tlaku (K)	Rasterećenje pri tlaku (Cr)	Mekoća (S)	Mjera stlačivosti (C.R)	Histereza (Hs)		Tvrdoća (H)	Modul stlačivosti (M)	Trajnost (P)
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9	q10	q11	q12	q14
1	0,992	0,901	1,000	0,663	0,663	0,993	0,602	0,802	0,248	0,149	0,683	0,663	0,699
2	0,986	0,773	0,173	0,743	0,743	0,980	0,901	0,943	0,165	0,006	0,750	0,743	0,402
3	0,979	0,863	0,098	0,999	0,999	0,975	1,000	1,000	0,122	0,012	1,000	0,999	0,399
4	0,989	0,944	0,304	0,955	0,955	0,991	0,591	0,811	0,205	0,018	0,928	0,955	0,596
5	0,990	0,880	0,625	0,882	0,882	0,976	0,266	0,713	0,260	0,372	0,719	0,882	0,482
6	1,000	1,000	0,859	0,810	0,810	1,000	0,145	0,672	1,000	1,000	0,645	0,810	1,000
7	0,982	0,876	0,283	1,000	1,000	0,984	0,244	0,691	0,140	0,093	0,989	1,000	0,418
8	0,984	0,890	0,537	0,725	0,725	0,985	0,410	0,737	0,144	0,134	0,740	0,725	0,610
9	0,989	0,903	0,037	0,780	0,780	0,992	0,756	0,942	0,238	0,005	0,663	0,780	0,599
10	0,991	0,903	0,116	0,717	0,717	0,996	0,397	0,764	0,277	0,020	0,596	0,717	0,652

Tab.10 Kompleksne karakteristike podnih obloga

N	Aritmetička sredina (A)	Eksponecijalna srednja vrijednost (E)	Površina poligona (P)
1	0,6968	0,6239	1,6160
2	0,6391	0,5481	1,1156
3	0,7266	0,6587	1,7529
4	0,7108	0,5797	1,3771
5	0,6866	0,5729	1,3315
6	0,8271	0,5830	1,3068
7	0,6692	0,4775	0,8453
8	0,6421	0,5202	1,0954
9	0,6511	0,4670	0,8719
10	0,6049	0,4406	0,7460

životu i važan su predmet istraživanja u tekstilnoj industriji. Osim estetske funkcije moraju zadovoljiti i niz drugih kriterija: udobnost, funkcionalnost, trajnost. Ovaj rad izrađen je u sklopu istraživanja ovisnosti debljine i stlačivosti u cjelovitom ciklusu opterećenja i rasterećenja. U radu je korišten uređaj za mjerenje debljine tekstilnih podnih obloga koji je prilagođen zahtijevanim uvjetima ispitivanja. Na temelju provedenih istraživanja i analiziranih rezultata te provedene rasprave mogu se izvesti sljedeći zaključci:

Analizirani su podaci o stlačivosti i debljini različitih tekstilnih podnih

Predložena je jednadžba (7) za opisivanje odnosa između debljine t , i tlaka p tekstilnih podnih obloga. Provedenom usporednom analizom, utvrđeno je da izmjerene i izračunate vrijednosti debljine tekstilnih podnih obloga prema predloženoj jednadžbi imaju zadovoljavajuću podudarnost. Usporedba promjene debljine podnih obloga pokazala je da se debljina pod zadanim opterećenjem više smanjuje kod tekstilnih podnih obloga s većom finoćom. To ujedno znači da su podne obloge s većom promjenom debljine mekši i udobniji tijekom uporabe.

Analizom svojstava izvedbe tekstilnih podnih obloga prikazane su tipične i relativne vrijednosti svojstava te iskorištene za proračun kompleksne metode provjere kvalitete podnih obloga. Utvrđeno je da se kompleksne metode provjere kvalitete poput aritmetičke sredine, ekspancijalne srednje vrijednosti i površine poligona mogu uspješno koristiti za procjenu kvalitete tekstilnih podnih obloga. Na temelju iznesenog istraživanja, predviđena su dodatna istraživanja svojstava tekstilnih podnih obloga s naglaskom na analizu vrste pređe i strukture podne obloge.

Autori rada zahvaljuju djelatnicima tvornice podnih obloga Regeneracija d.o.o. na ustupljenim uzorcima. Posebno zahvala ide direktoru Regeneracija d.o.o. Anđelku Švaljeku, dipl.

Tab.11 Rangiranje prema kvaliteti podnih obloga

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aritmetička sredina (A)	4	9	2	3	5	1	6	8	7	10
Ekspancijalna srednja vrijednost (E)	2	6	1	4	5	3	8	7	9	10
Površina poligona (P)	2	6	1	3	4	5	9	7	8	10
Ukupani rezultat	8	21	4	10	14	9	23	22	24	30
Konačni poredak	2	6	1	4	5	3	8	7	9	10

Rezultati konačnog rangiranja prema kvaliteti podnih obloga prikazani su u tab.11. Uzorci podnih obloga su poredani u rastućem redoslijedu. Podna obloga 3 je najkvalitetnija, dok je podna obloga 10 najmanje kvalitetna.

5. Zaključak

Tekstilne podne obloge zauzimaju sve značajnije mjesto u svakodnevnom

obloga s ciljem da se dobije jednadžba za krivulje koje će najbolje opisivati ponašanje navedenih tkanina pri opterećenju (stlačivanju) i rasterećenju (oporavku).

Utvrđeno je da se, s porastom tlaka, debljina tekstilnih podnih obloga smanjuje po zakonitosti hiperbole. To vrijedi za sve uzorke pri opterećenju i rasterećenju.

inž. za nesebičnu potporu, pomoć i savjete. Njihova pomoć bila je dragocjena u provedbi ovog istraživanja.

Literatura:

- [1] Hajdarović K., L.J. Hajdarović: Konstrukcija orijentalnih čilima, *Tekstil* 49 (2000.) 9, 478-484
- [2] Hajdarović L.J., K. Hajdarović: Ori-jentalni čilimi kroz povijest i danas, *Tekstil* 50 (2001.) 4, 164-175
- [3] Knezić Ž i sur.: Tekstilne podne obloge kao opasne tvari-potencijalna opasnost u prostoru, Zbornik radova X. stručni skup hrvatske vatrogasne zajednice, Rijeka, Hrvatska vatrogasna zajednica, 10.-11. travnja 2014., 71-81
- [4] Orešković V., J. Hadina: Vezovi i konstrukcija tkanina listovnog tkanja, Viša tehnička škola Bihać, Bihać, 1982.
- [5] Moody V. H. L. Needles: Tufted Carpet: Textile Fibers, Dyes, Finishes, and Processes, Knovel Publishing, USA, ISBN: 978-1-884207-99-5
- [6] Needles M., L. Howard: Tufted Carpet - Textile Fibers, Dyes, Finishes, and Processes, New York, USA, 2004. ISBN: 978-1-884207-99-0
- [7] Yang X. i sur.: Analiza pojave uočljivih mjesta na taftiranom tepihu uzrokovanih zastojem stroja, *Tekstil* 62 (2013.) 5-6, 242-248
- [8] Penava Ž. i sur.: Analiza temeljne tkanine za izradu ručno taftanih tepiha, Zbornik radova 6. znanstveno-stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo, Zagreb, Hrvatska, 24. siječnja 2013., 77-80
- [9] Marčac-Škrtić B.: Razvrstavanje robe u carinski tarifu- Tekstilni podni pokrivači, *Tekstil* 60 (2011.) 11, 594-598
- [10] Cvitan-Černelić M.: Čarolija sagova, *Tekstil* 45 (1996.) 10, 521
- [11] Hajdarović K., A. Švaljek: Koliko su nove, napredne tehnologije nužne za prosperitet na tržištu podnih obloga?, *Tekstil* 52 (2003.) 5, 220-224
- [12] Goswami K. K.: Advances in Carpet Manufacture, Woodhead Publishing, Cambridge, UK, 2009, ISBN: 978-1-84569-333-6
- [13] Özdil N. et al.: Compressibility and thickness recovery characteristics of carpets, *Tekstil ve Konfeksiyon* 22 (2012) 3, 203-211
- [14] Bogaty H. et al.: The Nature of a Fabric Surface: Thickness-Pressure Relationships, *Textile Research Journal* 23 (1953) 2, 108-114
- [15] Aliouche D., P. Vialler: Mechanical and Tactile Compression of Fabrics: Influence on Handle, *Textile Research Journal* 70 (2000) 11, 939-944
- [16] Kothari V. K., A. Das: The Compressional Behaviour of Spun-bonded Nonwoven Fabrics, *The Journal of The Textile Institute* 84 (1993) 1, 16-30
- [17] Abou -Taleb H. A.: An Evaluation of Textile Floor Coverings, *Textile Processing: State of the Art & Future Developments* 2 (2005) 6, 461-471
- [18] Maksić T.: Stlačivost tekstilnih podnih obloga, diplomski rad, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2014.
- [19] <http://www.regeneracija.hr>, Tepisi, pristupljeno: 25.10.2014.
- [20] ISO 1766:1999 Textile floor coverings - Determination of thickness of pile above the substrate

SUMMARY**Assessment of the Compressibility of Textile Interior Floor Coverings***Ž. Penava, Ž. Knezić¹, T. Maksić*

Unavoidable decoration of the hotel interiors are textile floor coverings that should have, besides aesthetic functions, thermal and acoustic insulation properties and high durability in use. One of performance tests affecting the use and durability of textile floor coverings is to determine their thickness after unloading. The paper describes the properties of compressibility and thickness during relaxation of ten samples of wool carpets. An equation to describe the relationship between the thickness and the associated pressure of textile floor coverings based on Bogaty's equation of state has been proposed. The parameters, i.e. the unknown constants A and B represented by the equation can be readily determined for particular textile floor coverings by empirical means, and the resulting equation can then be used to determine the thickness of the fabric prior to compression, by prolonged compression and any pressure in the range from 0.4 to 100 hPa according to the agreed conditions. The resulting functional relationship is useful to display the entire pressure-thickness curve in one cycle of loading and unloading the textile floor covering. If the form of the equation has been appropriately selected, the calculated thickness values match the measured thicknesses at different pressures very well. During testing several methods to assess the quality of textile floor coverings were used. With their help the objectively best floor covering out of several proposed ones classified by was selected. To assess the quality of floor coverings accurately, methods of quality assessment such as arithmetic mean, exponential mean value and area under a polynomial curve can be applied.

Key words: textile floor coverings, thickness, pressure, unloading, hyperbolic function

University of Zagreb, Faculty of Textile Technology

Department of Textile Design and Management

Zagreb, Croatia

¹*University of Zagreb, Faculty of Textile Technology, Study in Varaždin*

Varaždin, Croatia

e-mail: zeljko.penava@ttf.hr

Received November 24, 2014

Die Bewertung der Kompressibilität**von textilen Fussbodenbelägen zur Ausstattung von Hotelinnenräumen**

Die unvermeidbare Ausschmückung der Hotelinnenräume ist textiler Fußbodenbelag, der, neben den ästhetischen Funktionen, Wärme- und Schallisierungseigenschaften sowie hohe Strapazierfähigkeit während des Gebrauchs haben sollte. Einer der Leistungstests, der die Verwendung und Strapazierfähigkeit von Textilbodenbelägen beeinflusst, ist die Ermittlung derer Dicke nach der Entlastung. Der Artikel beschreibt die Eigenschaften von Kompressibilität und Dicke nach der Entlastung von zehn Probestücken von Wollteppichen. Eine Gleichung zur Beschreibung der Beziehung zwischen der Dicke und dem zugehörigen Druck von Textilbodenbelägen basierend auf Bogatys Zustandsgleichung ist vorgeschlagen worden. Die Parameter, d.h. die unbekannt Konstanten A und B in der aufgeführten Gleichung können für bestimmte textile Fußbodenbeläge mit empirischen Mitteln ermittelt werden, und die resultierende Gleichung kann zur Bestimmung der Gewebedicke vor Kompression, durch verlängerte Kompression und jeden möglichen Druck im Bereich von 0,4 bis 100 hPa entsprechend den vereinbarten Bedingungen verwendet werden. Die resultierende funktionelle Beziehung ist nützlich, um die komplette Druck-Dicke-Kurve in einem Zyklus der Be- und Entlastung des textilen Fussbodenbelags anzuzeigen. Wenn die Form der Gleichung in geeigneter Weise ausgewählt worden ist, stimmen die berechneten Dickenwerte mit den gemessenen Dickenwerten bei verschiedenen Drücken sehr gut überein. Zur Untersuchung wurden verschiedene Methoden verwendet, um die Qualität von textilen Bodenbelägen zu bewerten und den besten Bodenbelag unter mehreren vorgeschlagenen und qualitätsgemäß eingestuften Belägen zu ermitteln. Um die Qualität von Fußbodenbelägen genau zu bewerten, können Methoden zur Qualitätsbeurteilung wie arithmetischer Mittelwert, exponentieller Mittelwert und Bereich unter einer polynomischen Kurve angewendet werden.