

## POROZNA STRUKTURA NETKANIH TEKSTILNIH MATERIJALA ZA BIOMEDICINSKU NAMENU

Slavenka Lukić, Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu  
Aleksandra Milutinović-Nikolić, Centar za katalizu i hemijsko inženjerstvo, IHTM u Beogradu  
Ljiljana Simović, Viša tehnička tekstilna škola u Beogradu

**Sadržaj** — U radu je dat pregled netkanih tekstilnih materijala (NTM) koji imaju biomedicinsku namenu. Ispitivana su teksturalna svojstva NTM na bazi viskoze i polipropilena koji se koriste za flastere. Živina porozimetrija je korišćena za utvrđivanje uticaja antimikrobne impregnacije na poroznu strukturu NTM. Utvrđeno je da polazni NTM ima preko 97 % pora u oblasti ultramakropora većih od 15  $\mu\text{m}$ . Antimikrobnim tretmanom flasterski materijal pored novoostvarenog bakteriostatskog i baktericidnog svojstva, delimično menja i teksturalna svojstva. Ovim tretmanom dolazi do smanjenja ukupne zapremine pora za 20%, pri čemu dolazi do preraspodele zastupljenosti pora u pojedinim oblastima veličine pora u korist manjih pora.

### 1. UVOD

Primena tekstila u medicini ima dugu tradiciju. Dostupnost, niske cene i mogućnost višekratne upotrebe uticali su na porast upotrebe tekstilnih materijala u medicini [1]. Tekstilni proizvodi koji se koriste u medicini obuhvataju nekoliko grupa proizvoda kao što su higijenski proizvodi, proizvodi za zdravlje i bolnice i implantati. Najznačajniji proizvodi koji se koriste u zdravlju i bolnicama su [2,3]:

- Odeća i delovi odeće posebne namene (uniforme, maske..)
- Posteljina (prekrivači za pacijente na hirurgiji, krevetski čaršavi od NTM, punjenja za krevete za nezgode)
- lepljivi flasteri i flasteri sa lekovitim dejstvom
- sunderi, gaze i cevasti zavoji, krpe
- ortopedski ulošci
- zavoji i trake
- zavese, materijali za pakovanje
- sterilna pakovanja
- filteri za biološke tečnosti
- hiruški konac
- transplantati

Veoma važna oblast primene medicinskog tekstila je u saniranju povreda i sprečavanju hroničnih pozleda. Ovi materijali pored tradicionalnih svojstava kao što su biokompatibilnost, fleksibilnost i jačina u novije vreme moraju da ispune i dodatne specifične zahteve. Ovaj tip funkcionalnih tekstilnih materijala obuhvata: materijale koji sprečavaju hronične povrede, posebno dizajnirane trodimenzionalne strukture koje svojom jačinom, otpornošću i poroznošću ispunjavaju zahteve različitih implanta, absorbujuće tekstilne materijale, tekstilne materijale sa antimikrobnim svojstvima [1-5].

Posebna grupa medicinskih tekstilnih proizvoda izrađuje se od materijala sa antimikrobnim svojstvima. Poznato je da neobrađen tekstilni materijal predstavlja pogodnu sredinu za razvoj bakterija i gljiva.

Zaustavljanje rasta mikroorganizama na tekstilnom materijalu može se postići:

- doradom odgovarajućim smolama koje fiksiraju antimikrobni agens za površinu
- ugradnjom-kalemljenjem antimikrobnih agenasa na celulozni lanac viskoznog, liocel i sličnih vlakana koja se koriste u izradi tekstilnog materijala.

Prisustvo antimikrobnih sredstava omogućava da flasterski tekstilni materijal pored mehaničke zaštite ispoljava i sposobnost baktericidnog i bakteristatičkog efekta. Antimikrobna sredstva moraju biti netoksična u kontaktu sa kožom i sluzokožom. Najčešće se primenjuju antibiotici koji se inače koriste u medicinskoj praksi [4, 5].

Za proizvodnju medicinskog tekstila koriste se prirodna vlakna (pamuk, vuna), hemijska vlakna (viskozna poliestarska, politerafluoretilenska, poliuretanska, poliamidna i polipropilenska), kao i resorbujući materijali (poliglikolidi, polilaktidi i njihovi kopolimeri).

Medicinski tekstil se izrađuje od proizvoda dobijenih tkanjem, pletenjem, prepletanjem i od netkanog tekstila. Prva tri proizvoda se izrađuju od pređe, a netkani tekstil direktno od vlakana ili čak od polimera.

Netkani tekstilni materijali koji se koriste kao medicinski tekstil (krpe, sunderi, zavoji, zaštitna odeća hirurga, flasteri, maske) proizvode se direktno iz vlakana koja se povezuju postupcima iglanja, pomoću mlaza vode, adhezivima ili dejstvom toplote. Netkani medicinski tekstil se proizvodi i direktno iz polimera, kao na primer, ekstruzijom različitih vrsta polimera u proizvode kao što su hiruški konac, veštačke arterije, plastice ili postupkom elektrostatičkog pređenja polimera kojim se ostvaruju tubularne- cevaste strukture.

Svojstva netkanih tekstilnim proizvoda su određena konstitutivnim polimerom ili vlaknima i procesom povezivanja. Poroznost netkanih proizvoda na bazi polimera može se uspešno podešavati kontrolom procesa proizvodnje.

Porozna struktura je jedno od važnijih svojstava NTM koje definišu njihovu primenu. Postoje tri vrste pora: otvorene sa oba kraja, otvorene samo na jednom kraju (slepe pore) i zatvorene pore. Živinom porozimetrijom moguće je odrediti prisustvo otvorenih i slepih pora. Sa stanovišta primene NTM najznačajnija je otvorena poroznost koja omogućava protok fluida [6,7].

U ovom radu ispitivana su teksturalna svojstva NTM na bazi viskoze i polipropilena koji se koriste za flastere. Živina porozimetrija je korišćena za utvrđivanje uticaja impregnacije gentamicin sulfatom, kao antimikrobnim sredstvom na poroznu strukturu ispitivanog NTM.

## 2. EKSPERIMENTALNI DEO

U ovom radu je ispitivan netkani tekstilni materijal koji može da se koristi za medicinske flastere ili maske. NTM je dobijen termičkim povezivanjem vlakana viskoze i polipropilena (50:50). Površinska masa uzorka iznosila je 84 g/m<sup>2</sup> [8], a debljina uzorka je bila 0,90 mm [9].

Izgled makrostrukture NTM ispitivan je korišćenjem kamere CCD Camera KRÜSS Optronic Model TP-1001 C, Germany a finoća vlakana određena je metodom analize slike.

Antimikrobni tretman izvršen je adhezionim nanošenjem polimera u čiju su matricu ugrađeni molekuli gentamicin sulfata.

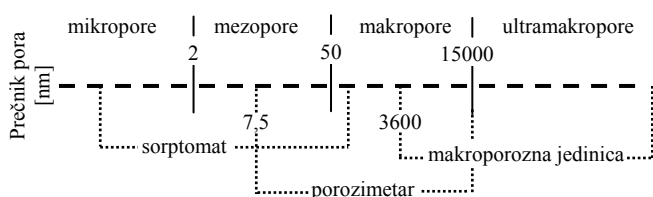
Porozna struktura ispitivana je metodom živine porozimetrije. Ova metoda se zasniva na principu utiskivanja žive u pore pod dejstvom pritiska. S obzirom da živa predstavlja tečnost koja ne kvasi čvrsta tela, da je ugao kvašenja  $\theta$  nezavisan od vrste materijala, moguće je koristiti jednačinu koju je opisao Washburn i koja daje zavisnost prečnika pora od primenjenog pritiska [10]:

$$D = \frac{-4\gamma \cos\theta}{P} \quad (1)$$

gde su:  $\gamma$ -površinski napon Hg,  
 $\theta$ -ugao kvašenja Hg,  
 P-primenjeni pritisak,  
 D-prečnik pora

U radu je korišćen Carlo Erba Porosimeter 2000, koji radi u opsegu pritiska 0,1-200 MPa, što odgovara prečniku pora od 7,5 –15000 nm, kao i odgovarajuća makroporozna jedinica (Macropores unit 120) kojom je moguće određivati ultramakropore (veće od 15000 nm). Makroporozna jedinica takođe radi na principu utiskivanja žive u pore, ali radi u oblasti pritiska nižih od atmosferskog.

Na slici 1. dat je shematski prikaz podele pora zajedno sa mogućnošću pojedinih instrumenata za rad u definisanim oblastima veličine pora [10-12]:



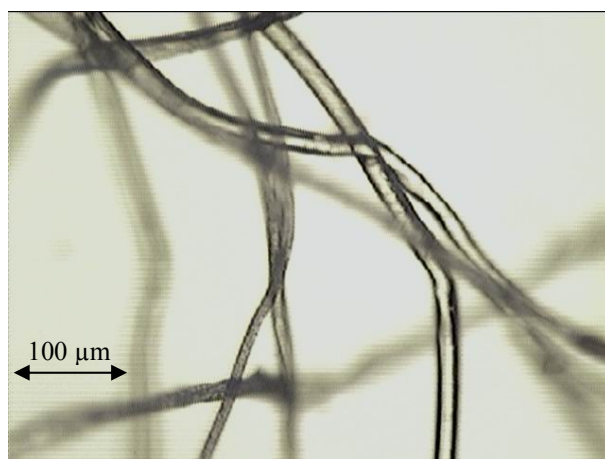
Sl. 1. Shematski prikaz veličine pora i primenljivosti pojedinih instrumenata

Oblasti rada porozimetra i makroporne jedinice prikazani na slici odnose se na korišćeni Carlo Erba porozimetar, dok instrumenti drugih proizvođača mogu imati druge intervale određivanja veličine pora.

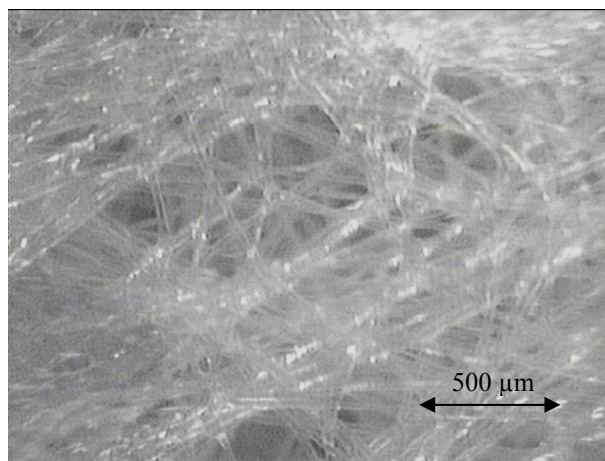
## 3. REZULTATI

Metodom analize slike utvrđeno je da je finoća viskoznih vlakna 12  $\mu\text{m}$ , a polipropilenskih vlakana 15  $\mu\text{m}$ . Na sl. 2 dat je izgled vlakana od kojih je izrađen ispitivani NTM, a na sl. 3 i 4 makrostruktura polaznog i tretiranog NTM.

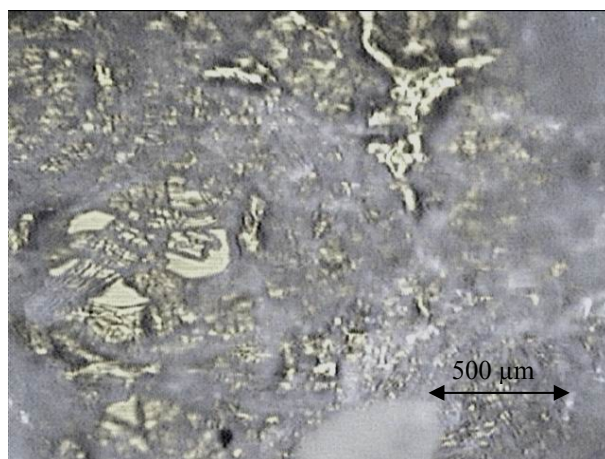
Upoređenjem sl. 3 i 4. uočava se efekat sredstva za impregnaciju na makrostrukturu NTM, koji u obliku filma prepokriva određene delove NTM.



Sl.2. Makrofotografija vlakana



Sl.3. Makrofotografija polaznog NTM

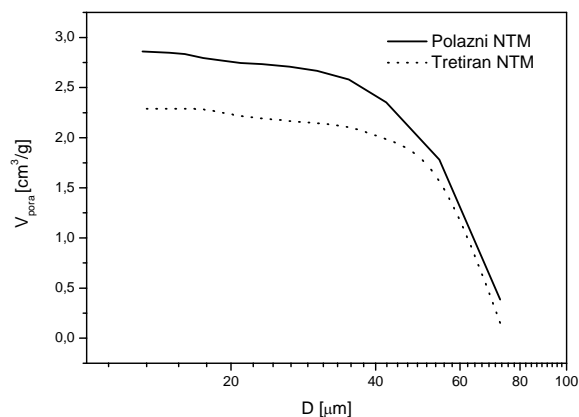


Sl.4. Makrofotografija tretiranog NTM

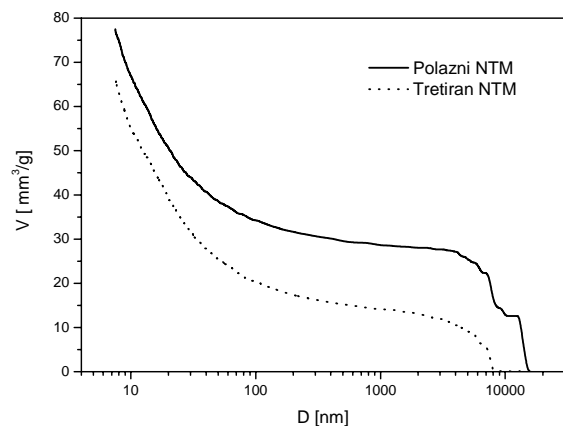
Na slici 5. prikazane su integralne krive raspodele veličine ultramakropora polaznog i tretiranog NTM, dok su na slici 6. prikazane odgovarajuće integralne krive raspodela veličine mezo i makropora.

Ukupna zapremina pora polaznog NTM u oblasti ultramakropora (15  $\mu\text{m}$  -70  $\mu\text{m}$ ) iznosi 2847,1 mm<sup>3</sup>/g. Nasuprot tome u oblasti mezo i makropora (7,5 nm -15  $\mu\text{m}$ ) ukupna zapremina pora iznosi 77,5 mm<sup>3</sup>/g. Što se tiče

antimikrobno tretiranog uzorka ukupna zapremina ultramakropora iznosi 2287,9 mm<sup>3</sup>/g. Ukupna zapremina pora manjih od 15 μm je 66,2 mm<sup>3</sup>/g. Prema tome, pora manjih od 15 μm ima svega oko 2,6 zap. % za polazni uzorak i 2,8 zap. % za uzorak tretiran gentamicin sulfatom. Bez obzira na ovako malu zastupljenost manjih pora, od interesa je ponašanje ispitivanih uzoraka i u ovoj oblasti, pogotovu što specifična površina uzoraka potiče uglavnom od mezopora. Specifična površina polaznog uzorka iznosi 11,92 m<sup>2</sup>/g, dok je kod tretiranog uzorka neznatno veća i iznosi 12,27 m<sup>2</sup>/g.

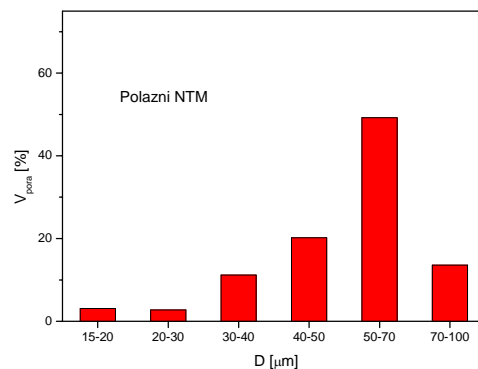


Sl. 5. Integralne krive raspodele veličine ultramakropora polaznog i tretiranog NTM

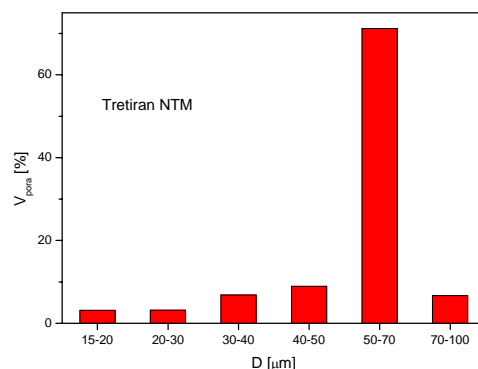


Sl.6. Integralne krive raspodele veličine mezo i makropora polaznog i tretiranog NTM

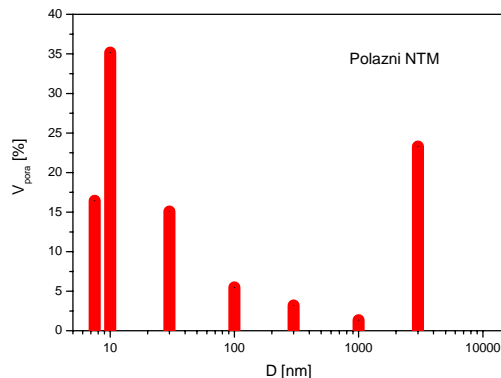
Za oba ispitana uzorka izvršena je analiza zastupljenosti pojedinih pora i uticaja antimikrobnog tretmana na promenu u zastupljenosti pora određene veličine. Na sl. 7-10 dati su histogrami raspodele veličine pora po prečnicima. Uočava se smanjenje zastupljenosti ultramakropora (Sl. 5, 7 i 8) u oblasti 15-50 μm kao i makropora u oblasti 3-10 μm do koje dolazi dejstvom antimikrobnog tretmana (Sl. 6, 9 i 10). Istovremeno dolazi do povećanja sadržaja pora u oblasti 1-3 μm, kao i pora u oblasti 30-100 nm. Može se zaključiti da antimikrobni tretman menja poroznu strukturu usitnjavajući makropore i ultramakropore. Antimikrobnim tretmanom se smanjuje ukupna zapremina pora u ultramakroporoznoj i makroporoznoj oblasti dok u mezoporoznoj oblasti (< 50 nm) neznatno raste sa 38,83 na 40,54 mm<sup>3</sup>/g povećavajući specifičnu površinu uzorka.



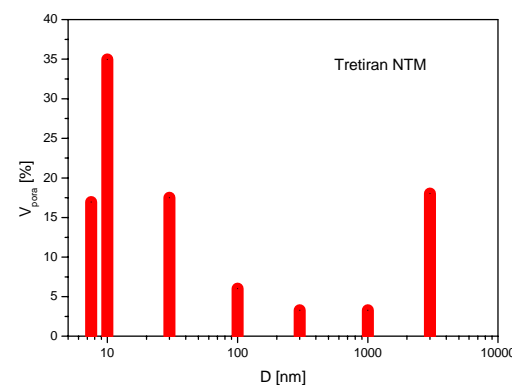
Sl.7. Histogram raspodele pora po prečnicima u ultramakroporoznoj oblasti za polazni uzorak



Sl.8. Histogram raspodele pora po prečnicima u ultramakroporoznoj oblasti za tretirani uzorak



Sl.9. Histogram raspodele pora po prečnicima u makro i mezoporoznoj oblasti za polazni uzorak



Sl.10. Histogram raspodele pora po prečnicima u makro i mezoporoznoj oblasti za tretirani uzorak

#### 4. ZAKLJUČAK

Ispitivana je porozna struktura NTM na bazi viskoze i polipropilena koji se koristi za flastere. Živinom porozimetrijom je utvrđeno da polazni NTM ima ukupnu zapreminu ultramakropora ( $>15 \mu\text{m}$ ) od  $2847,1 \text{ mm}^3/\text{g}$ , što čini 97,4 % svih pora i ukupnu zapreminu mezo i makropora ( $7,5 \text{ nm} - 15 \mu\text{m}$ ) od  $77,5 \text{ mm}^3/\text{g}$ .

Ispitivanja su pokazala da impregnacija gentamicin-sulfatom dovodi do promena u poroznoj strukturi NTM. Ovim tretmanom dolazi do smanjenja ukupnog sadržaja pora, kako većih tako i manjih od  $15 \mu\text{m}$  za 20 %. Istovremeno dolazi do smanjenja zastupljenosti pora prečnika  $15-50 \mu\text{m}$  kao i  $3-10 \mu\text{m}$ , dok se povećava zastupljenost manjih pora i to u oblastima  $1-3 \mu\text{m}$  i  $30-100 \text{ nm}$ . Primenjeni antimikrobni tretman menja poroznu strukturu usitnjavajući makropore i ultramakropore.

*Ovaj rad je delimično finansiran od strane Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine Vlade Republike Srbije.*

#### LITERATURA

- [1] U. Wollina, M Heide, W. Müller-Litz, D. Obenauf, J. Ash, "Functional Textiles in Prevention of Chronic Wounds, Wound Healing and Tissue Engineering", in P. Elsner, K.Hatch, W. Wigger-Alberti, *Textiles and the Skin*-vol. 31 *Current Problems in Dermatology*, Basel: Karger, 2003, pp. 82-97.
- [2] B. S. Gupta, "Medical Textile Structures: An Overview", *Medical Plastics and Biomaterials*, vol. January-February 1998, pp. 3-10, 1998.
- [3] R. Shishoo, Fibrous materials in healthcare and biomedical applications, <http://www.tessileesalute.it/flex/files/d353420a35726bc9cc48.pdf>
- [4] Y. Kuroyanagi, A. Shiraishi, Y. Shirasaki, N. Nakakita, Y. Yasutomi, Y. Takano, N. Shioya, "Development of new wound dressing with antimicrobial delivery capability", *Wound Rep. Reg.* vol. 2, pp 122-129, 1994.
- [5] D. V. Parikh, T. A. Calamari, A.P. S. Sawhney, N. D. Sachinvala, W. R. Goynes, J. M. Hemstreet, T. Von Hoven, "Woven and Nonwoven Medical/Surgical

Materials", *Int. Nonwovens J.* vol. 8(1) pp. 74-80, 1999.

- [6] A. Jena, K. Gupta, "Liquid Extrusion techniques for pore structure evaluation of nonwovens" [http://www.pmiapp.com/publications/docs/Liquid\\_Extrusion\\_2003.pdf](http://www.pmiapp.com/publications/docs/Liquid_Extrusion_2003.pdf)
- [7] H. Epps, K. K. Leonas, Pore Size and Air Permeability Of Four Nonwoven Fabrics, *Int. Nonwovens J.* vol. 9(2), pp. 55-62, 2002.
- [8] JUS F.S.2.016
- [9] JUS F.S.2.021
- [10] P. A. Webb, C. Orr, *Analytical methods in fine particle technology*, Micrometrics Instrument Corporation, Norcross, GA USA, 1997.
- [11] K. Sing., D. Everett, R. Haul, L. Moscou, R. Pierotti, J. Rouquerol, T. Siemienieska, "Reporting physisorption data for gas/solid systems", *Pure Appl. Chem.*, vol. 57, pp. 603-619, 1985
- [12] F. Rouquerol, J. Rouquerol, K. Sing, *Adsorption by Powders and Porous Solids*, London: Academic Press., 1999.

**Abstract** – An overview of nonwoven textile materials (NTM) used in biomedicine is given in this paper. The textural properties of NTM based on viscose and polypropylene used as fabric for adhesive bandages. Mercury intrusion porosimetry was used in order to estimate the influence of antimicrobial impregnation on pore structure of nonwoven material. It was estimated that more than 97 % of pores in starting NTM are larger than  $15 \mu\text{m}$ . By using antimicrobial treatment on investigated material besides newly obtained bacteriostatic and bactericide properties, the partial change of textural properties was observed. This treatment causes reduction of total pore volume for 20 %, at the same time shifting the occurrence of pore size from larger to smaller pore diameters.

#### POROUS STRUCTURE OF NONWOVEN TEXTILE MATERIALS FOR BIOMEDICAL APPLICATION

Slavenka Lukić, Aleksandra Milutinović-Nikolić,  
Ljiljana Simović