



## ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაციული მემბრანების მიღება და კვლევა პოლიეთერსულფონის ბაზაზე

<sup>1</sup>ზაზა ჯავაშვილი, <sup>2</sup>გიორგი ბიბილეიშვილი, <sup>3</sup>ნანა გოგესაშვილი, <sup>4</sup>ელენე კაკაბაძე, <sup>5</sup>ზუია  
კეყერაშვილი, <sup>6</sup>თინათინ ბუთხუზი

<sup>1</sup>დოქტორი, მეცნიერი თანამშრომელი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი, - e-mail [zazajavar@gmail.com](mailto:zazajavar@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3839-9880>

<sup>2</sup>ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დოქტორი, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი - e-mail: [75bibileishvili@gmail.com](mailto:75bibileishvili@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-7712-2436>

<sup>3</sup>ქიმიის დოქტორი, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი - e-mail: [nanagogesashvili@gmail.com](mailto:nanagogesashvili@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5140-5815>

<sup>4</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

<sup>5</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

<sup>6</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

### რეზიუმე

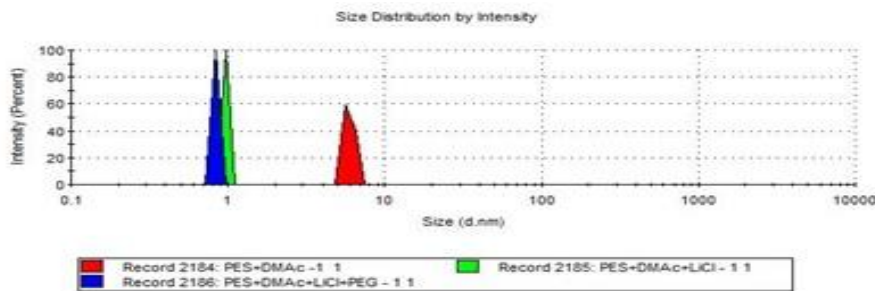
ნაშრომში პოლიეთერსულფონის 5200P(PES) ახალი ულტრაფილტრაციული მემბრანები მიღებულია დიმეთილაცეტამიდში (დმაც) PES-ის 15%-იან პოლიმერული კომპოზიციებიდან, რომელშიც დანამატებად გამოყენებულია მასით 10% პოლიეთილენგლიკოლი PEG 300, PEG 600 და 5% LiCl ცალცალკე და ერთად კომპლექსში. ჩატარებულია პოლიმერული ხსნარების და მემბრანების FTIR ანალიზი. ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე დადგენილია, რომ ერთდროულად პეგ-ის და LiCl -ის დამატებამ მემბრანის დასასხმელ ხსნარში გამოიწვია მემბრანების წარმადობის ზრდა. მიღებული მემბრანებიდან სტრუქტურით და წარმადობის მაჩვენებლით (1985ლ/მ<sup>2</sup>სთ) საუკეთესო იყო PES /PEG 600/ LiCl/ DMAc დასასხმელი ხსნარიდან გამოლექილი მემბრანა.

**საკვანძო სიტყვები:** ულტრაფილტრაცია, პოლიეთერსულფონი, PEG, LiCl, პროდუქტიულობა.

**შესავალი** მემბრანული ტექნოლოგია წარმოადგენს წყლის და სითხეების გასუფთავების ერთერთ ხშირად გამოყენებად ტექნოლოგიას დამაბინძურებელი ნაწილაკების მოცილების ხარისხის და ეკონომიური ეფექტიანობის გამო[1]. მემბრანულ ტექნოლოგიაში გამოყენებული მასალების დიდი ნაწილი პოლიმერებია. ისინი მრავალმხრივი გამოყენების გამო, წარმოადგენენ მემბრანული მასალების და ტექნოლოგიების ინტერესის უმნიშვნელოვანეს სფეროს ყოველდღიურობაში წყლის გასუფთავებიდან დაწყებული მედიცინის მიღწევებით დამთავრებული[2]. მემბრანაწარმომქმნელ პოლიმერებს განეკუთვნება პოლისულფონები და

პოლიეთერსულფონებიც, რომელთა ქიმიური თვისებები გაპირობებულია მათ მაკრომოლეკულებში პოლარული ჯგუფების არსებობით[3,4,5].

ანალიზი პოლიეთერსულფონის გახსნა დიმეთილაცეტამიდში ჩატარებული იქნა 100მლ-იან კოლბაში 55°C -ზე გაცხელებით 24სთ მაგნიტური სარევალათი მუდმივი მორევის პირობებში. მიღებულ იქნა პოლიეთერსულფონის (პეს) 15%-იანი კომპოზიცია PES/ DMAc. პოლიმერის გახსნის პროცესის მონიტორინგი ხორციელდებოდა პოლარიზაციულ-ინტერფერენციული ოპტიკური მიკროსკოპით (Biolar). ცალცალკე კომპოზიციაში ჩამატებული იყო მასით 5% LiCl და 10% PEG300 და PEG600. შესაბამისად მიღებულ იქნა სამი კომპოზიცია PES/ DMAc/LiCl, PES/DMAc/PEG300, PES/DMAc /PEG600. შემდეგში PES/DMAc/LiCl კომპოზიციებში შეტანილ იყო PEG300 და PEG600. საინტერესო იყო კომპლექსურად ორი დანამატის LiCl/PEG300 და LiCl/PEG600 სისტემა რომელ გამხსნელიდან გამოლექილ მემბრანების თვისებებზე მოახდენდა უფრო მეტ გავლენას. უდანამატო და დანამატიან ჰომოგენურ პოლიმერულ ხსნარებში დინამიური განზნევის მეთოდით შესწავლილია ნაწილაკების ზომების მნიშვნელობები ანალიზატორ (Zetasizer Nano Zen 3690- Malvern Instruments) მალვერნზე.

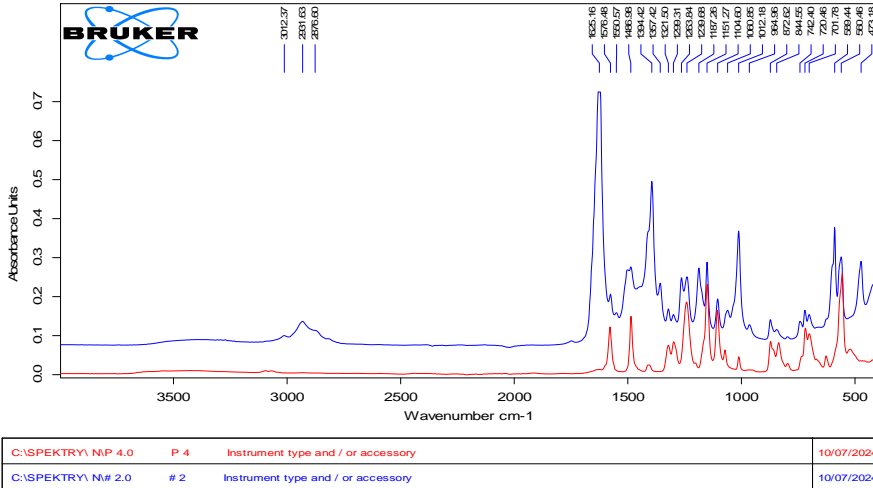


სურათი 1. განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის მქონე პოლიმერული ხსნარის ნაწილაკების ინტენსივობის მრუდები

მიღებული ერთგვაროვანი, ჰომოგენური, მემბრანების დასასხმელი კომპოზიციები დაიტანებოდა ლაბორატორიულ ფილერზე მოთავსებულ მინის პოლირებულ ფირფიტაზე უჟანგავი ფოლადის დანის დახმარებით გამოლექვის პროცედურები ჩატარებულია გამოხდილი წყლის საკვაგულაციო აბაზანაში 25°C-ზე. მიღებული იქნა P1- P6 მემბრანები. ფორის ზომა განსაზღვრულია ბუმტულაკების წერტილის მეთოდით. ჩატარებულია პოლიმერული კომპოზიციების და მემბრანების FTIRI (BRUKER) ანალიზი, ხოლო მემბრანების მორფოლოგია და სტრუქტურა შესწავლილია მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპით (SPM, Certus standart V, Nano Can technologies Ltd). დასასხმელი პოლიმერული კომპოზიციები წარმოადგენენ პოლიდისპერსიულ სისტემებს. დანამატიან პოლიეთერსულფონურ ხსნარებში პოლიმერის გახსნის პროცესის ექსპერიმენტული კვლევისას გამოვლენილია პოლიმერის ნაწილაკის ზომების კლების დინამიკა, 5.972 ნმ-დან 0.8332 ნმ-მდე, რომელიც გაპირობებულია ხსნარში PEG-ის და LiCl -ის შეტანით და პოლიმერსა და დანამატებს შორის მოქმედი მოლეკულათაშორისო ძალებით.

ჩატარებულია დასასხმელი ხსნარების და მათი გამოლექვით მიღებულ მემბრანების FTIRI სპექტრალური ანალიზი. სურათზე 2 მოცემულია PES/DMAc/PEG600/LiCl პოლიმერულ ხსნარის და მისი გამოლექვით მიღებული მემბრანების იწ სპექტრები. ხსნარებში არომატული

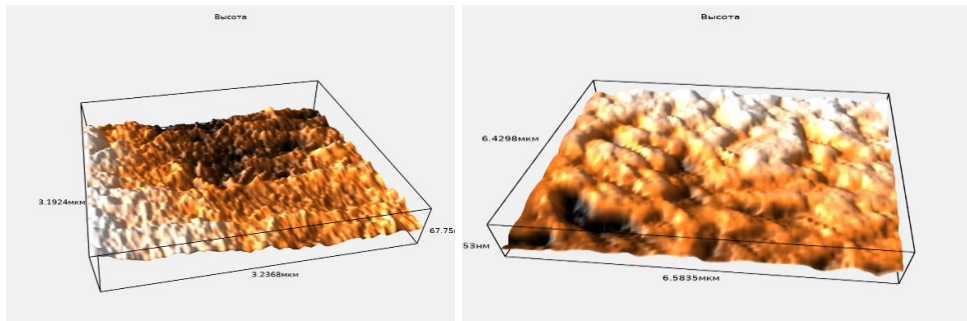
ბირთვების ინტენსიური შთანთქმის ზოლი არის 1636სმ-1 სურათი 2. ხოლო მემბრანებში არომატული ბირთვის შთანთქმის ზოლი გადაწველებულია 1578 სმ-1 და 1460 სმ-1, პიკების ინტენსივობა კი შემცირებული. (C-O-C) არომატული ეთერულ ჯგუფს შეესაბამება 1280- 1150 სმ-1, (C=C) არომატული ბირთვის შთანთქმის ზოლია 1483 სმ-1 და 1510 სმ-1, (O=S=O) ჯგუფებს შეესაბამება შთანთქმის ზოლი 1151 სმ-1, ხოლო 833 სმ-1 არომატულ ჯგუფს CH-ს.



Page 1/1

სურათი 2. მოცემულია PES /PEG 600/ LiCl/ DMAc კომპოზიციის იწ სპექტრი(ლურჯი პიკი) და ამ ხსნარისგან გამოლექილი P6 მემბრანის (წითელი პიკი) იწ სპექტრი.

FTRI სპექტრებისგან განსხვავებით მემბრანების ზედაპირების ტოპოგრაფიული გამოსახულებები განსხვავებულია სურათი 4,5. უდანამატო PES/ DMAc სისტემიდან გამოლექილი P1 მემბრანის ზედაპირზე ჭარბობს ღია ფერი (სურათი 4), მცირეა ფორების რაოდენობა.



სურათი 4. მემბრანა P1 სურათი 5. მემბრანა P6

P6 მემბრანა გამოირჩევა უდეფექტო, მოწესრიგებული და ჩამოყალიბებული სტრუქტურით, ასევე გაზრდილი ფორიანობით, რაც მიუთითებს დასასხმელ ხსნარში PEG600/LiCl დანამატის შეტანის გავლენაზე. 15%-იანი პოლიეთერსულფონის უდანამატო და დანამატიანი კომპოზიციების შედგენილობები და მიღებული მემბრანული ნიმუშების მახასიათებლები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. 15%-იანი პეს-ის კომპოზიციების შედგენილობა და მიღებული მემბრანების მახასიათებლები.

ხსნარის შედგენილობა	დმაც %	პეგ 300, %	პეგ 600, %	LiCl, %	მემბრანა	ფორის ზომი, მკმ	წარმად ობა, ლ/მ <sup>2</sup> სთ
PES/ DMAc	87	-	-	-	P1	0,1	991
PES/ DMAc /LiCl	82			5	P2	0,09	1321
PES/ DMAc /PEG300	82	10			P3	0,08	1486
PES/ DMAc /PEG600	82		10		P4	0,07	1545
PES/DMAc/PEG300/LiCl	77	10		5	P5	0, 11	1624
PES/DMAc/PEG600/LiCl	77		10	5	P6	0,09	1985

შედეგი და დასკვნა ცხრილიდან ჩანს, რომ უდანამატო კომპოზიციიდან გამოლექილი მემბრანის P1-ის LiCl-ის დამატების შემდეგ გამოლექილი P2 მემბრანის PWF (სუფთა წყლის ნაკადი, წარმადობა) იზრდება, P3, P4, მემბრანებთან შედარებით, რომელთა ხსნარებშიც მოხდა მარტო PEG300-ის და PEG600-ის ჩამატება. მაგრამ P5, P6 მემბრანების ფორის ზომები შემცირებულია. წარმადობის მაღალი მაჩვენებელი აღმოაჩნდა PES/DMAc/PEG600/LiCl კომპოზიციიდან გამოლექილ ულტრაფილტრაციულ მემბრანას.

### ლიტერატურა

1. L. G. Tiron, Ş. C. Pintilie, M. Vlad, I. G. Birsan, Ş. Balta, Characterization of Polysulfone Membranes Prepared with Thermally Induced Phase Separation, IOP Conf Ser Mater Sci Eng, Galați, Romania, 2017.
2. K. Gonzaga, J. C. Mierzwai, Comparison between Two Polyethersulphone Concentrations in Hollow Fiber Ultrafiltration Membranes. Is It Worth to Use More Polymer? Eclét Quím, **46** (1), 52 (2021).
3. T. A. Otitoju, A. L. Ahmad, Recent Advances in Hydrophilic Modification and Performance of Polyethersulphone (PES) Membrane via Additive Blending. RSC Adv, **40**, 22710 (2018).
4. B. Thurmer, P. M. Poletto, M. Marcoli, J. M. Duarted, M. Zeni, Effect of Non-solvents Used in the Coagulation Bath on Morphology of PVDF Membranes. JMR, **15** (6), 884 (2012).
5. J. Lin, C. L. Cheng, F. M. Huang, L. P. Cheng, Effect of Salt Additive on the Formation of Microporous Poly(vinylidene fluoride) Membranes by Phase Inversion from LiClO<sub>4</sub>/water/DMF/PVDF System. Polymer, **44**, 413 (2003).
6. ბიბილეიშვილი გ.ვ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კუყერაშვილი მ.გ., მამულაშვილი მ.ა., კაკაბაძე ე.გ., პოლიმერული კონფორმაციის გავლენის კვლევა მიკროფილტრაციული მემბრანების მახასიათებლებზე. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, ტ.100, 1 78-81, 2024,.

# Preparation and research of natural water ultrafiltration membranes based on polyethersulfone

<sup>1</sup>Zaza Javashvili, <sup>2</sup>George Bibileishvili, <sup>3</sup>Nana Gogesashvili, <sup>4</sup>Elene Kakabadze, <sup>4</sup>Mzia Kezherashvili, <sup>5</sup>Tinatin Butkhuzi

Engineering Institute of Membrane Technologies of Georgian Technical University

## Abstract

Polyethersulfone microfiltration membranes were successfully obtained from casting compositions of 15% polyethersulfone in DMAc. PEG 300, PEG 600 and LiCl were used as additives. The influence of the additives on the characteristics of the membranes was studied in detail both separately and in the complex. DLS of the solutions, as well as FTIR analysis of the solutions and obtained membranes were performed. It was determined that the simultaneous use of additives has a more significant effect on the characteristics of membranes than the use of each additive separately. The membrane precipitated from the PES /PEG 600/ LiCl/ DMAc pouring solution was the best in terms of structure and productivity index (1985 L/m<sup>2</sup>h) among the obtained membranes.

keywords: ultrafiltration, polyethersulfone, PEG, LiCl, productivity.