



*Ege University*



# ENVIRONMENTAL PROTECTION: FROM SORBENTS TO MEMBRANES



**KYIV 2016**

**National Academy of Science of Ukraine  
V.I. Vernadskii Institute of General and Inorganic Chemistry  
Ege University, Turkish Republic**

# **ENVIRONMENTAL PROTECTION: FROM SORBENTS TO MEMBRANES**

**Edited by  
Nalan Kabay  
Yuliya Dzyazko  
Müşerref Arda  
Konstantin Kazdobin**

**Referees: Semih Ötleş, Valerii Myronchuk, Idil Ipek, Valentina Sazonova**

**ART OK Publisher**

**KYIV 2016**

УДК 544.018.2: 544.472.3 + 555.11+666.22

Коллективна монографія «Environmental Protection: from Sorbents to Membranes» - під ред. проф. Н. Кабай, докт. хім. наук Ю. С. Дзязько, проф. М. Арда, докт. хім. наук К.О. Каздобіна - 108 с.

Коллективна монографія включає статті за матеріалами українсько-турецького семінару, який було проведено 11 листопада 2016 р. на базі Інституту загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України за участю фахівців Егейського університету (Турецька республіка) та за підтримки Відділення хімії НАН України, Відділу міжнародних зв'язків НАН України, а також Наукової та Технічної дослідної Ради Турецької республіки TÜBİTAK. У монографії наведено результати досліджень, які направлені на вилучення токсичних і цінних компонентів із розчинів техногенного та природного походження, зокрема з біологічних рідин, із застосуванням сорбційних та мембранних методів. Результати робіт можуть бути застосовані у водопідготовці, хімічній, фармацевтичній, харчовій промисловості. Особливу увагу приділено синтезу нових матеріалів для процесів розділення та впливу структури цих матеріалів на їх функціональні властивості: проникну здатність, електропровідність, каталітичну спроможність тощо.

Монографія є корисною для фахівців в області мембранних та сорбційних технологій, а також для студентів вищих навчальних закладів.

**Рецензенти:** Проф. Утлеш Селіх (Егейський університет, Турецька республіка), докт. техн. наук Мирончук Валерій Григорович (Національний університет харчових технологій, Україна), докт. Іпек Іділь (Егейський університет, Турецька республіка), докт. хім. наук, проф. Сазонова Валентина Федорівна (Одеський Національний університет ім. І. І. Мечникова).

*Рекомендовано до друку Вченою радою ІЗНХ ім. В. І. Вернадського НАН України (протокол № 15 від 19 жовтня 2016 р.).*

**ISBN 978-966-97621-2-2**

© Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України, 2016

© Коллектив авторів, 2016

© V. I. Vernadsky Institute of General and Inorganic Chemistry NAS Ukraine, 2016

© Authors Team, 2016

© Егейський університет, Туреччина, 2016

© Коллектив авторів, 2016

© Ege University, Turkey, 2016

© Authors Team, 2016

UDC 66.081

**UTILIZATION OF ION EXCHANGE TOGETHER WITH  
MEMBRANE PROCESSES FOR WASTEWATER  
RECLAMATION AND REUSE**

**N. Kabay<sup>1\*</sup>, M. Arda<sup>2</sup>, S. Bunani<sup>1,2,3</sup>, E. Altıok<sup>1</sup>, D.İpekçi<sup>1</sup>, M.Hacıfazlıoğlu<sup>1</sup>,  
İ.Parlar<sup>1</sup>, İ. Yılmaz İpek<sup>1</sup>, M. Yüksel<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Ege University, Chemical Engineering Department, Faculty of Engineering,  
35100 Izmir, Turkey*

*e-mail: [nalan.kabay@ege.edu.tr](mailto:nalan.kabay@ege.edu.tr)*

<sup>2</sup>*Ege University, Chemistry Department, Faculty of Science, 35100 Izmir, Turkey*

<sup>3</sup>*University of Burundi, Department of Chemistry, Faculty of Science,  
Bujumbura, Burundi*

**Abstract.** *Ion exchange resins and membranes could be successfully used in integrated systems for elimination of some pollutants, recovery of valuable substances from water and for polishing RO permeate of desalination plants. Ion exchange membranes in an electrodialysis (ED) system could be employed for the post-treatment of concentrate streams of NF/RO processes and for valorization of RO desalination brines. The ED process in combination with bipolar membranes (BMED) was developed to split an aqueous saline solution into its corresponding acid and base without addition of any chemicals. Electrodeionization (EDI) system could be also another alternative method for boiler feed water production from RO permeate of raw water. This presentation will focus on elaboration of new ideas for the utilization of ion exchange in the process schemes of wastewater treatment based on membrane technologies.*

**Keywords:** *Ion exchange, desalination, membrane process, wastewater treatment*

**Introduction.** Advanced technologies in water and wastewater treatment become important due to the fact that discharge standards are decreased and there is a need for water recovery and reuse. The commercially available ion exchange resins and ion exchange membranes are mostly used today in water treatment technologies to produce water needed for different purposes and to remove/recover some trace substances from water. Integrating ion exchange process with a membrane filtration in a hybrid process is considered to result in a higher efficiency and lower cost as compared with the traditional fixed bed ion exchange system.

The growing demand for fresh water is partially satisfied by desalination plants that increasingly use membrane technologies such as reverse osmosis (RO) to produce potable water. Operating with water recoveries from 35% to 85%, RO plants generate large volumes of concentrates containing all retained compounds that are commonly discharged to water bodies. This causes a potentially serious threat to eco-systems. Therefore, there is an urgent need for environmentally friendly management options of RO brines [1-2]. Along with traditional treatments such as evaporation and crystallization, membrane

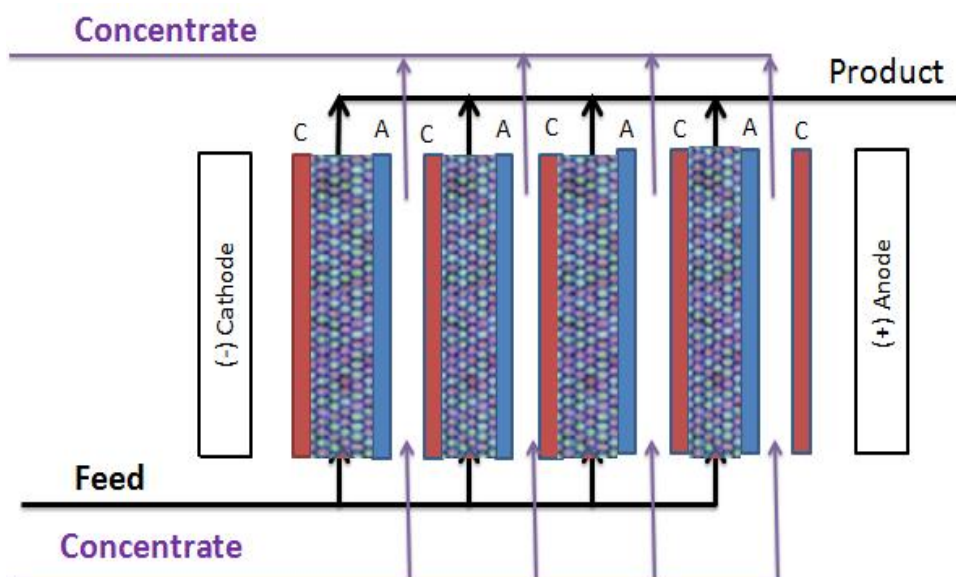
## *Environmental Protection: from Sorbents to Membranes*

technologies such as membrane distillation, forward osmosis, and electrodialysis (ED) have been emerged recently to reduce the volume of the concentrate before disposal and with the objective of achieving zero liquid discharge and recovery of valuable compounds. Recently, integrated processes coupling RO with ED to minimize the waste fractions of the brine are shown to be more effective than the traditional evaporation techniques due to lower energy consumption [3-8].

Bipolar membrane electrodialysis (BPED) method was developed to split an aqueous saline solution into its corresponding acid and base without addition of chemicals. Bipolar membranes contain an anion-exchange layer, a cation-exchange layer and a hydrophilic interface between two layers. When a direct current is applied, the water molecules migrate into the hydrophilic layer where they split into  $H^+$  and  $OH^-$  ions. Thus, it is possible to achieve the removal and the recovery simultaneously [9-10].

In this presentation, importance of integrated ion exchange and membrane technologies for especially wastewater reclamation and reuse will be discussed. Some data obtained will be presented.

**Experimental.** For wastewater reclamation, some tests were performed using a pilot membrane test system installed in the wastewater treatment plant where MBR treatment system has been employed since 2008. The EDI tests were carried out using an EDI system (Electrocell) with multi cells. Figure 1 shows the flow-scheme of multi-cells EDI system. Neosepta CMX and AMX membranes were employed in the EDI stack while Purolite-CT175 and -A500 as cation and anion exchange resins, respectively. For ED tests, TS-1-10 model ED equipment was employed.

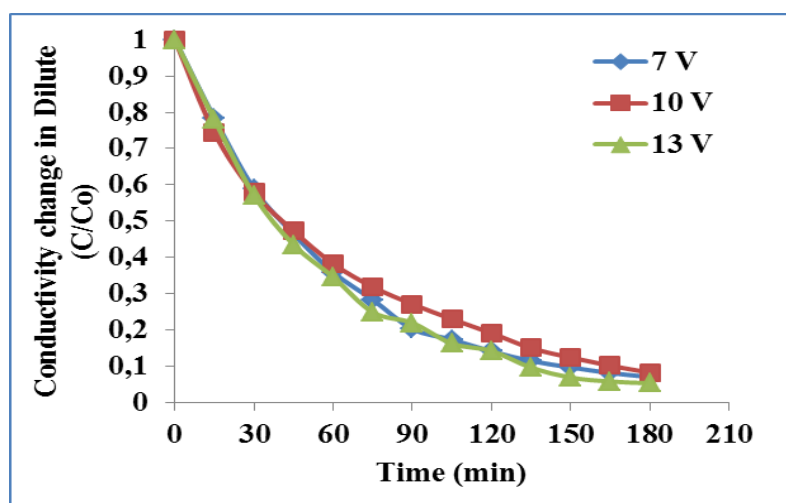


**Fig. 1.** A Flow Scheme of a Multi Cell EDI System

**Results and discussion.** For wastewater reclamation, RO tests were carried out at the industrial zone using a pilot RO system where MBR effluent was further treated. The collected RO permeate was fed to EDI system with a flow

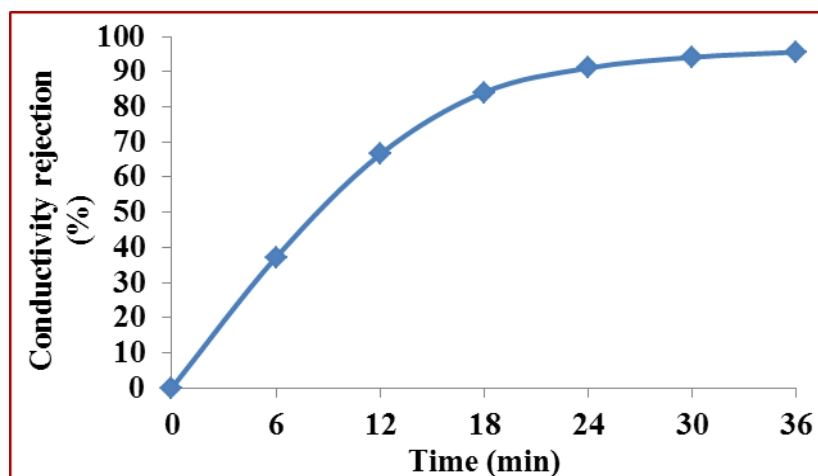
## *Environmental Protection: from Sorbents to Membranes*

rate of 1 L/h. As shown in Figure 2, conductivity of diluate decreased by time as a function of applied electrical potential. It was possible to reduce conductivity of RO permeate from 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$  to 2.6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  by EDI process.



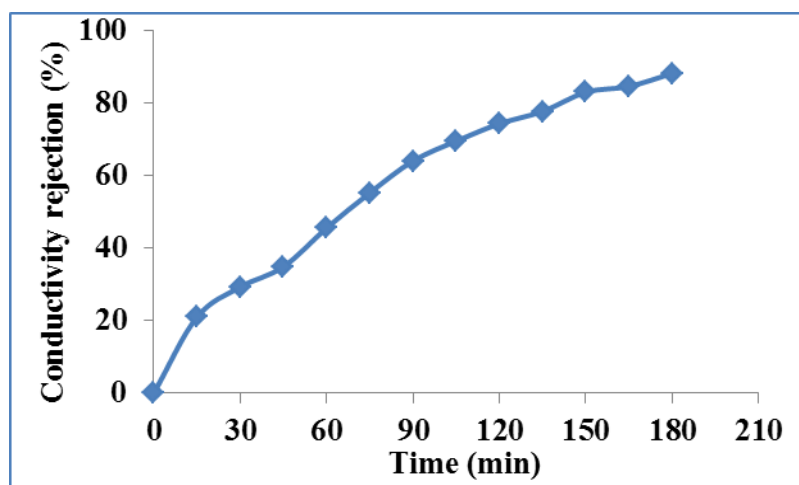
*Fig. 2. Conductivity Change vs. Time Plots for RO Permeate during EDI Operation*

In a separate test, RO brine with a conductivity of 11  $\text{mS}/\text{cm}$  was treated with nanofiltration (NF) first for pre-treatment. By doing this, the conductivity of RO brine was reduced to 350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Electrodialysis was the following step to reduce this conductivity to 15  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in the diluate. Conductivity rejection from RO brine was 95% in 36 min by ED process at 10 V (Figure 3).



*Fig. 3. Conductivity Rejection vs. Time Plot for NF Permeate during ED Operation*

Following ED process, EDI was employed for post-treatment of ED diluate. As illustrated in Figure 4, conductivity of ED diluate was reduced to 3.0  $\text{mS}/\text{cm}$  from 15  $\text{mS}/\text{cm}$  with 88% of conductivity rejection at 7 V.



**Fig. 4.** Conductivity Rejection vs. Time Plot for ED Diluate during EDI Operation

**Conclusions.** Electromembrane separation can be alternative processes for water recovery from the concentrate stream of NF/RO processes employed for the treatment of MBR treated wastewater. This will contribute to wastewater reclamation and reuse, protection of available water resources and thus sustainable development.

**Acknowledgements.** This study has been supported by TUBITAK (Project numbers: 114M551 and 114Y500). We are grateful to ITOB Organized Industrial Zone for field tests.

#### References

1. Mauguin G., Corsin P. Concentrate and other waste disposals from SWRO plants: characterization and reduction of their environmental impact // *Desalination*. 2005. V. 182. P. 355-364.
2. Roberts D.A., Johnston E.L., Knott N.A. Impacts of desalination plant discharges on the marine environment: A critical review of published studies // *Water Res.* 2010. V. 44. P. 5117-5128.
3. Reig M., Casas S., Aladjem C., Valderrama C., Gibert O., Valero F., Centeno C.M., Larrotcha E., Cortina J.L. Concentration of NaCl from seawater reverse osmosis brines for the chlor-alkali industry by electrodialysis // *Desalination*. 2014. V. 342. P. 107-117.
4. Zhang Y., Ghyselbrecht K., Vanherpe R., Meesschaert B., Pinoy L., Van der Bruggen B. RO concentrate minimization by electrodialysis: Techno-economic analysis and environmental concerns // *J. Environ. Manag.* 2012. V. 107. P. 28-36.
5. Turek M., Was J., Dydo P. Brackish water desalination in RO-single pass EDR system. // *Desal. Water Treat.* 2009. V. 7. P. 263-266.
6. Oren Y., Korngold E., Daltrophe N., Messalem R., Volkman Y., Aronov L., Weismann M., Bourriako, N., Glueckstern P., Gilron J. Pilot studies on high recovery BWRO-EDR for near zero liquid discharge approach // *Desalination*. 2010. V. 261. P. 321-330.
7. Praneeth K., Manjunath D., Suresh K. B., Tardio J., Sridhar S. Economical treatment of reverse osmosis reject of textile industry effluent by electrodialysis–evaporation integrated process, *Desalination*. 2014. V. 333. P. 82-91.
8. Jiang C., Wang Y., Zhang Z., Xu T. Electrodialysis of concentrated brine from RO plant to produce coarse salt and freshwater // *J. Membr. Sci.* 2014. V. 450. P. 323-330.
9. Bauer B., Gerner F.J., Strathmann H. Development of Bipolar Membranes // *Desalination*. 1988. V. 68. P. 279-292.
10. Wilhelm F.G. Bipolar membrane electrodialysis, PhD Thesis, Twente University. 2001.

УДК 66.081

**ЗАСТОСУВАННЯ ІОННОГО ОБМІНУ У МЕМБРАННОМУ  
РОЗДІЛЕННІ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ СТІЧНИХ ВОД З МЕТОЮ ЇХ  
ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ**

**N. Kabay<sup>1\*</sup>, M. Arda<sup>2</sup>, S. Bunani<sup>1,2,3</sup>, E. Altıok<sup>1</sup>, D. İpekçi<sup>1</sup>, M. Nacifazlıoğlu<sup>1</sup>,  
İ. Parlar<sup>1</sup>, İ. Yılmaz İpek<sup>1</sup>, M. Yüksel<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Егейський університет, інженерний факультет, хіміко-технологічний факультет, 35100, Ізмір, Туреччина

\*e-mail: [nalan.kabay@ege.edu.tr](mailto:nalan.kabay@ege.edu.tr)

<sup>2</sup> Егейський університет, факультет природничих наук, хімічний факультет, 35100, Ізмір, Туреччина

<sup>3</sup> Університет Бурунді, факультет природничих наук, хімічний факультет, Бурунді

***Резюме.** Іонообмінні смоли і мембрани можуть бути успішно використані в інтегрованих системах для видалення деяких забруднюючих речовин, для вилучення з води цінних компонентів і для кондиціонування пермеату опріснювальних установок. Іонообмінні мембрани в електродіалізних системах (ЕД) можуть бути використані для подальшої обробки концентрату, який утворюється при перебігу процесів нанofільтрації/зворотного осмосу (НФ/ЗО) і нейтралізації відходів опріснювальних розсолів зворотного осмосу. Для безреагентної трансформації водного сольового розчину у відповідні кислоти та луг розроблено процес ЕД із застосуванням біполярних мембран. Для одержання води із ЗО пермеату, призначеної для живлення систем охолодження, може бути застосовано інший альтернативний метод електродеіонізації (ЕДІ). Дану презентацію сфокусовано на розробку нових ідей для використання іонного обміну в технологічних схемах очищення стічних вод із застосуванням мембранних технологій.*

***Ключові слова:** іонний обмін, опріснення води, мембранний процес, очищення стічних вод*