



*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

**CONCENTRATE MANAGEMENT FOR NF BRINE OF  
GROUND WATER USING ELECTROMEMBRANE  
(ED AND EDI) PROCESSES**

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

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

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

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

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

**Abstract.** *In this study, treatment of ground water used in a fruit juice company located in İzmir city by integrated nanofiltration (NF), electro dialysis (ED) and electrodeionization (EDI) methods was studied. For this purpose, the ground water obtained from the plant was treated by using two different NF membranes (NF-90 and NF-270). The brine from both NF membranes was fed to ED stack. The ED diluate was further treated by EDI process for ultrapure water production.*

**Keywords:** *Concentrate management, food industry, nanofiltration, electro dialysis, electrodeionization, water reuse*

**Introduction.** Water is generally used in food and beverage productions as direct ingredient during food production and/or cleaning. Moreover, food production and processing require large amounts of water at varying qualities. When it comes to direct ingredient, the quality of water has a significant impact on the quality and taste of food products [1].

Because of a wide gap between clean water sources and water demand, water reuse becomes a prevailing issue. The reuse of water means to valorize wastewater by increasing water supplies. Water reuse in food production will be more important by time due to increasing population [2, 3].

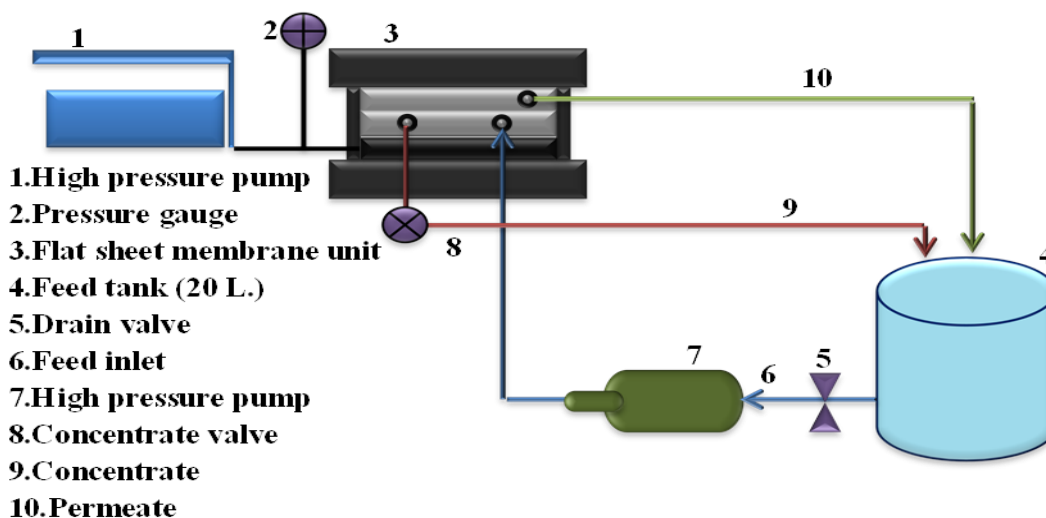
Generally, the water used in food industries is obtained from ground water treated by membrane filtration systems. However, membrane filtration systems produce two different streams with different water quality streams: Permeate which is clean water and concentrate (brine) that contains high level of pollutants. While permeate is used as clean water, concentrate is not even suitable to be discharged to surface water bodies [4]. Therefore, a further treatment step for concentrate management is needed [5].

In this study, application of electromembrane processes such as ED and EDI for post-treatment of NF brine of ground water was studied.

**Experimental.** After pre-filtration, ground water from a fruit juice plant was passed through a lab-scale cross-flow flat sheet membrane test system (SEPA CF II GE-Osmonics) by using NF membranes (Dow FilmTech NF-90 and NF-270) The flow sheet of membrane filtration system and the membrane

## *Environmental Protection: from Sorbents to Membranes*

characteristics were shown in Figure 1 and Table 1, respectively. Operation pressure was kept constant at 10 bar and the concentrate effluent was collected as ED process feed. Figure 2 and Table 2 show Tokuyama TS-1-10 model ED system and the membranes characteristics, respectively. During ED process, a 10 V of electrical potential was applied for NF brines. According to EDI feed water requirements, feed water conductivity should not be greater than 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , so ED process was run until the diluate compartment conductivity reached the required limit. In the following part of this work, EDI was applied at 10 V using the diluate of ED process with around 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  of electrical conductivity. EDI flow sheet and resin characteristics were shown in Figure 3 and Table 3, respectively.

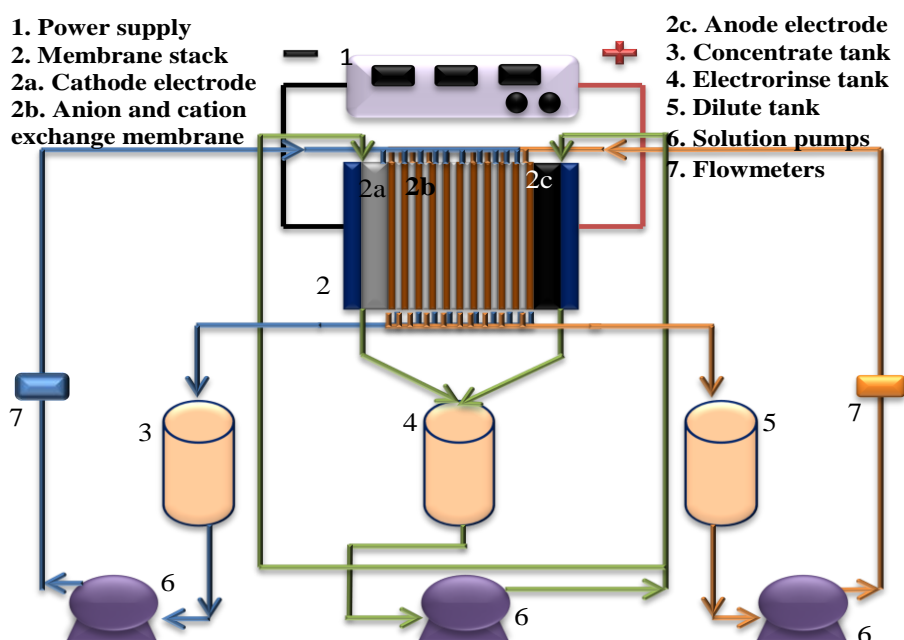


**Fig. 1.** Flow Sheet of Lab-scale Cross-flow Flat Sheet Membrane Test System

**Table 1:** Characteristic of NF Membranes

Membrane	NF-90	NF-270
Manufacturer	Dow FilmTech	Dow FilmTech
Membrane Type	Polyamide thin film composite	Polyamide thin film composite
Maximum Operating Pressure (bar)	41	41
Maximum Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	45	45
Operating pH Range	3.0-10.0	3.0-10.0
Minimum NaCl rejection (%)	85<	97<
MWCO (Dalton)	200	400

## *Environmental Protection: from Sorbents to Membranes*



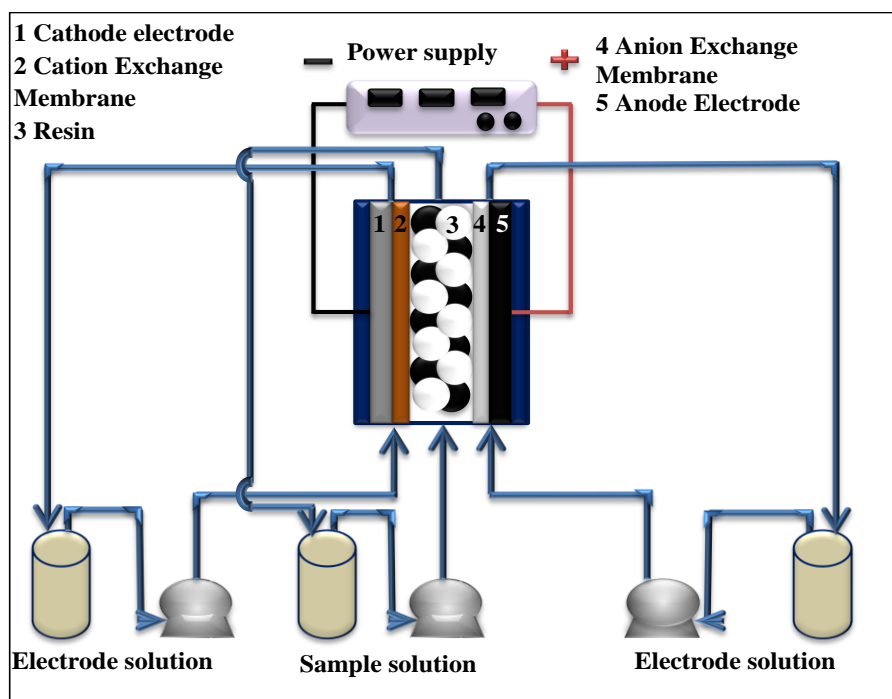
**Fig. 2.** Tokuyama TS-1-10 Model Electrodialysis (ED) System

**Table 2.** Properties of Ion Exchange Membranes Used in ED System

Membrane	NEOSEPTA CMX	NEOSEPTA AMX
Type	Strongly acidic cation permeable	Strongly basic anion permeable
Characteristics	High mechanical strength (Na-form)	High mechanical strength (Cl-form)
Electric Resistance ( $\Omega \cdot \text{cm}^2$ )	2.0 - 3.5	2.0 - 3.5
Burst Strength ( $\text{kgf/cm}^2$ )	3.5 - 6.0	4.5 - 5.5
Thickness (mm)	0.16 - 0.20	0.14 - 0.18
Application	Demineralization of whey, purification of organics, concentration of inorganics, demineralization of sucrose, desalination of ground water	Demineralization of whey, purification of organics, concentration of inorganics

**Table 3.** Properties of Ion Exchange Resins Used in EDI System

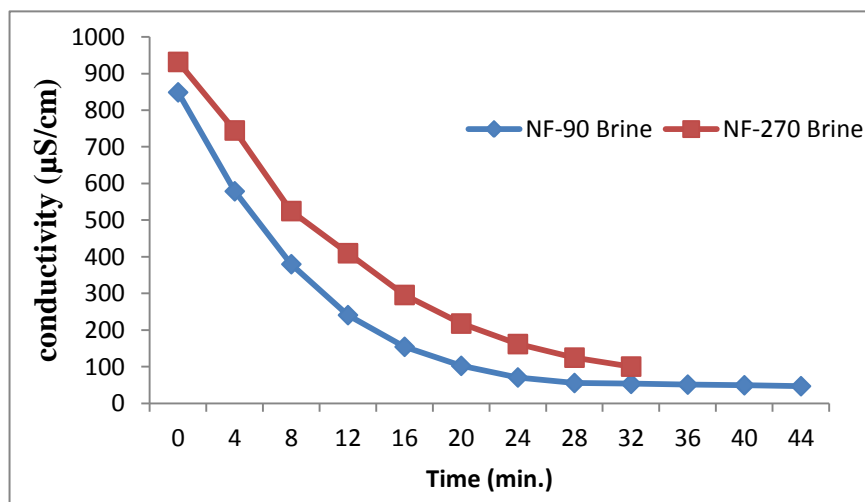
	Lewatit® UltraPure 1213 MD	Lewatit® UltraPure 1243 MD
Ionic form as shipped	$\text{H}^+$	$\text{OH}^-$
Functional group	Sulfonic acid	Quaternary amine, type I
Matrix	Crosslinked polystyrene	Crosslinked polystyrene
Structure	Gel type beads	Gel type beads
Appearance	Brown, translucent	Light brown, translucent



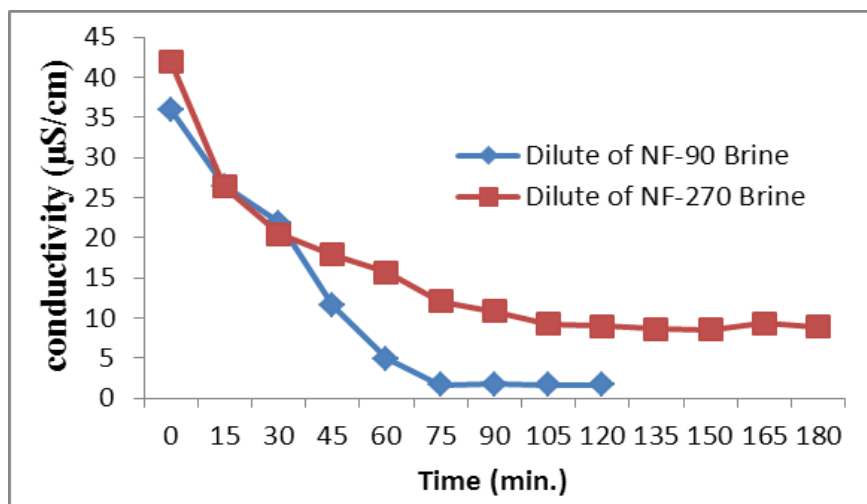
**Fig.3.** Flow Scheme of Single Cell Electrodeionization (EDI) System

**Results and discussion.** In this study, lab-scale cross-flow flat sheet membrane test system was used for collecting NF brine from ground water. The NF tests were performed at 10 bar and the collected brine streams are fed to ED system. In the second part of study, ED tests were carried out with brines of NF-90 and NF-270 membranes. According to the obtained results, the conductivity removals were 93% and 89% for the brines of NF-90 and NF-270 membranes, respectively in 30 min when 10 V of electrical potential was employed for ED tests (Figure 4).

In the next step of the work, EDI process was applied at 10 V using diluates of ED process with around 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  of electrical conductivity. A 95% of conductivity rejection was obtained for ED diluate of NF-90 membrane brine in 75 min. The respective value was 78% in 105 min for ED diluate of NF-270 membrane (Figure 5).



**Fig. 4.** Conductivity Changes of NF Brines during ED Process



**Fig. 3.** Conductivity Changes of ED Diluates of NF Membranes Brines during EDI Process

The properties of feed, diluate and concentrate of each processes for both membranes are summarized in Tables 5 and 6.

**Conclusions.** The application of an integrated process based on ED and EDI processes for management of NF brines of ground water is a good strategy to decrease the amount of discharged part of water. It is possible to obtain a boiler feed water when EDI process is integrated with ED process by improving the product water quality.

**Table 4:** Characteristics of Water at Various Steps of Treatment of NF-90 Membrane Brine

Parameters	Unit	Ground -water	NF	ED		EDI	
			Brine	Concentrate	Diluate	Feed	Product
pH	-	7.62	8.48	7.88	4.16	8.37	6.78
Conductivity	µS/cm	771	791	1222	36.5	36.00	1.65
TDS	mg/L	377	387	606	17.6	16.92	0.78
Salinity	‰	0.38	0.39	0.61	0.02	0.02	0.00

**Table 5:** Characteristics of Water at Various Steps of Treatment of NF-270 Membrane Brine

Parameters	Unit	Ground -water	NF	ED		EDI	
			Brine	Concentrate	Dilute	Feed	Product
pH	-	7.82	7.89	7.44	8.09	8.31	5.54
Conductivity	µS/cm	873	888	1315	71.7	42.00	8.87
TDS	mg/L	428	436	653	33.7	19.74	4.17
Salinity	‰	0.43	0.44	0.66	0.03	0.02	0.00

**Acknowledgements.** This research was supported by TUBITAK (Project no: 114M551). We thank Dimes for the kind support to get ground water samples. The authors thank TUBITAK for PhD scholarship (TUBITAK-2235) for S.Bunani.

### References

1. Reynolds K.A. The Importance of Water Quality to the Food Industry // Water Conditioning and Purification Magazine, 2002. P. 11,44.
2. International Life Sciences Institute (ILSI) Europe Expert Group on Water Safety Considering water quality for use in the food industry. Brussels, Belgium: ILSI, 2008.
3. Kirby R.M., Bartram J., Carr R. Water in food production and processing: quantity and quality concerns // Food Control, 2003. V. 14. P. 283–299.
4. Van der Bruggen B. Advances in electrodialysis for water treatment, in “Advances in Membrane Technologies for Water Treatment”, Woodhead Publishing, Elsevier Ltd, London, United Kingdom, 2015. P. 185-203.
5. Xu P., Cath T.Y., Robertson A.P., Reinhard M., Leckie J.O., Drewes J.E. Critical Review of Desalination Concentrate Management, Treatment and Beneficial Use // Environmental Engineering Science. 2013. V. 30. P. 502-514.

УДК 66.081

## БЕЗПЕРЕРВНА ПЕРЕРОБКА РОЗСОЛУ НАНОФІЛЬТРАЦІЇ ГРУНТОВИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОМЕМБРАННИХ (ЕД ТА ЕДІ) ПРОЦЕСІВ

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

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

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

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

<sup>3</sup>Університет Бурунді, факультет природничих наук, Хімічний факультет, Бурунді.

**Резюме.** У даній роботі досліджували очищення ґрунтових вод, які використовуються підприємством з виробництва фруктових соків, що розташовано у місті Ізмір. Вивчали інтегровані методи нанофільтрації (НФ), електродіалізу (ЕД) та електродеіонізації (ЕДІ). Із цією метою, ґрунтові води, отримані із підприємства, обробляли з використанням двох різних НФ мембран (NF-90 і NF-270). Розсол з обох мембран NF подавали до ЕД установки. У подальшому, для отримання високочистої води, очищення ЕД діалізату здійснювали за допомогою ЕДІ.

**Ключові слова:** безперервна переробка, харчова промисловість, нанофільтрація, електродіаліз, електродеіонізація, повторне використання води.