



bu bir MMO
yayıdır

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

Reverse Osmosis (Ters Osmos) Su Arıtma Sistemleri

EROL YAŞA

ÜNİVERSAL
Mühendislik

REVERSE OSMOSIS (TERS OSMOS) SU ARITMA SİSTEMLERİ

Erol YAŞA

ÖZET

Reverse Osmosis (RO) su arıtma teknolojisi, diğer su arıtma yöntemleri içinde oldukça yeni bir yere sahip olmakla beraber, doğada, bitkiler, insan ve hayvan hücrelerine su temininin Osmos yöntemi ile meydana geldiği uzun yıllardan beri bilinmektedir.

RO, son yıllarda (son 15 yıl), suyun içerisinde bulunan istenmeyen minerallerin, özellikle tuzlu su arıtımında daha eski yöntemler olan distilasyon ve deiyonizasyon' a alternatif olarak ortaya, oldukça yeni bir su arıtma teknolojisidir.

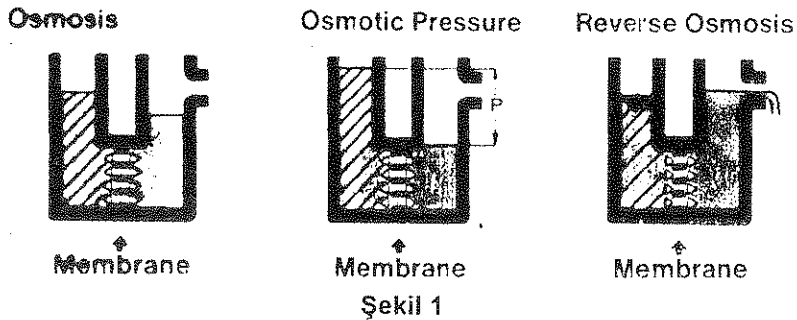
Bu bildiriye zamanımızın elverdiği ölçüde, sistemin tanıtımı yapılacak kullanılan membran çeşitleri, sistem dizaynı, kriterleri anlatılacak ve uygulamalar' dan örnekler verilecektir.

GİRİŞ

RO, benzeri teknolojilerle karşılaştırıldığında, nisbeten basittir ve bir membran teknolojisidir.

Normal Osmos, doğada, aralarında yarı geçirgen, sadece suyun geçmesine müsaade eden, diğer maddeleri geçirmeyen bir membran bulunan farklı konsantrasyondaki iki sıvıdan, birinden diğerine su geçimiyle meydana gelir ve bu işlem iki tarafta denge sağlanana kadar devam eder.

Osmatik Basınç, membran' ın iki tarafında bulunan sıvılarda hacim değişikliği olduğundan meydana gelen statik yükseklik farkı ile meydana gelir. Aşağıdaki şekil 1' de görülen "p" osmatik basınçtır.



Ters Osmos' da, konsantrasyonu fazla olan sıvı tarafında bir basınç (osmotik basınç' dan daha büyük) uygulanarak, sağlanacak ters akışla, yoğunluğu fazla olan sıvı içerisinde bulunan mineraller, tuzlar ve organik maddeler, membran bir tarafında bırakılarak diğer tarafa, yoğunluğu daha az, tuzlar ve minerallerden arındırılmış bir sıvı olarak geçirilir.

Pratikte, basılan suyun, sadece belli bir yüzdesi' nin bu membrandan geçmesine müsaade edilir. İçinde mineraller, tuzlar ve organik maddelerin biriktiği yoğunluğu çok daha fazla olan konsantrasyon ise gider' e verilir.

"Konsantrasyon Polarizasyonu"olarak bilinen polarize olmuş moleküllerin kısa bir zaman aralığında membran üzerinde birikerek daha fazla akışa geçiş vermemesi gibi sorunların önüne geçilmesi için membranların periyodik olarak basınç altında yıkanabilecek bir düzene sahip olmaları gerekir.

MEMBRANLAR

RO teknolojisi, günümüzdeki konumuna, geniş bir alan olan "Sentetik Membran Teknolojisi" nin özel bir dalı olarak gelmiş ve çok hızlı gelişme göstermiştir.

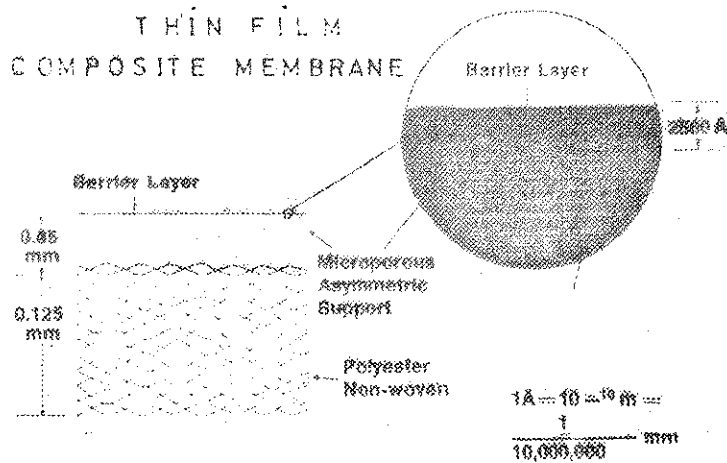
Ancak bu teknoloji' nin, pratik ve ekonomik olarak kullanılabilir hale getirilebilme çalışmalarında, ayrıca birçok yönetmelik ve şartname gerekleri de yerine getirilmiştir.

Membranların, başlangıçtaki imalatında, göz önüne alınan en büyük özellik, aynen doğadaki benzerleri gibi, kendisinden geçirilerek sıvı' nın diğer tarafa geçmesine izin vererek suyun içerisinde bulunan partikül ve mineralleri bulunduğu yerde tutarak diğer tarafa geçmesine izin vermemek olmuştur.

Bu durum, membran üzerinde bulunan kontaminantlardan en küçüğünü dahi tutabilecek bir ölçüye ve düzgün bir polimer yapıya sahip olması şartlarını ortaya koyuyordu. Diğer bir husus membranın ekonomik ve kullanılabilir olabilmesi için, yüksek akış değerlerine müsaade etmesi gerekiyordu.

İlk yapılan selüloz-asetat membranlar, suya karşı oldukça geçirgen bulundular, daha sonraları çok ince, deri şeklinde bir membran, delikli bir geçirgen olan ve daha kalın polisulfan destek malzeme üzerine kaplanarak, yüksek akış değerleri ve mukavemet elde edildi.

Daha sonraları, ikinci jenerasyon olan, "İnce Film Komposit" membranları yapıldı, bunların ısıya mukavemetleri, kimyasal stabiliteyi organik ve inorganik maddeleri tutabilmeleri ilk yapılan Selüloz-Asetat membranlara göre çok daha iyiydi. Plakalı ve sargılı tip (RO) sistemlerde halen bu membranlar kullanılmaktadır. Sıcak iklimlerde tercih edilmektedir. Ancak selüloz asetat membranların aksine, kloru karşı dayanıksızdır. (Şekil 2)



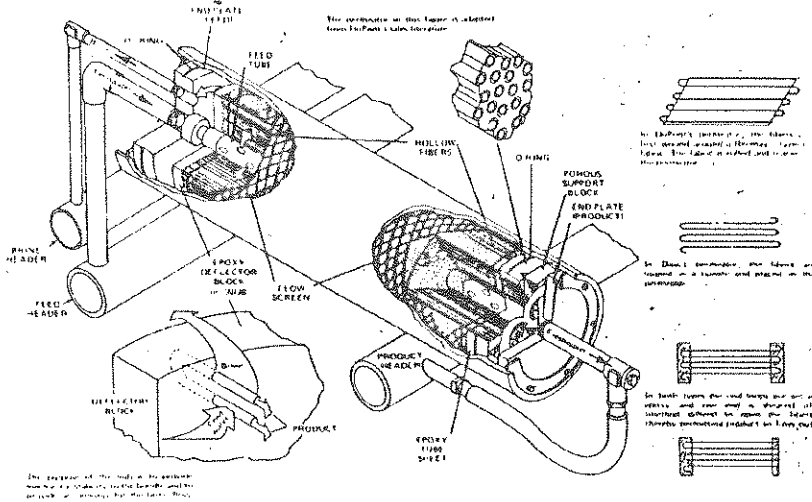
Şekil 2

Hollow - Fiber Membranlar - Delikli Fiber Membran :

Burada kullanılan membran ince (insan saçı kalınlığında) poliamid ortası delikli fiber malzemedir.

Bu fiberler büyük miktarlarda demet halinde delikli bir borunun içerisinde yerleştirilirler, demetlerin her iki ucu da sızdırmaz hale getirilir.

Bir uçtan basınçla verilen su diğer uçtan tatlı su olarak alınır. Salamura haline gelmiş tuzlu su giriş tarafındaki delikten dışarı atılır. Genelde deniz suyu arıtımında kullanılır. (Şekil 3)



Şekil 3

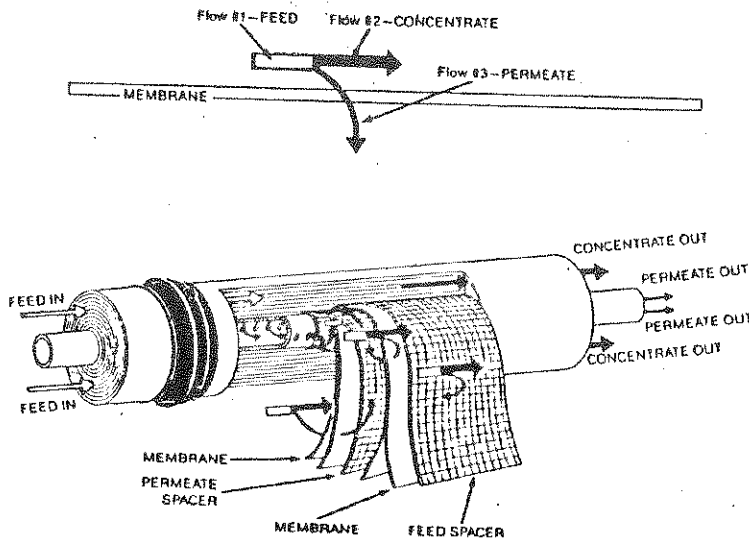
Spiral Sargılı Membranlar :

Spiral sargılı membranlar genelde, kuyu ve artezyen gibi yeraltı sularının arıtılmasında kullanılır.

Bu sistemde geçirgen membranlar üst üste sarılarak bir kartuş haline getirilir.

Ve bunlar yine fiber glastan mamül basınca dayanıklı bir boru içine konurlar. Giriş çıkış ve salamura atış düzenlemeleri "Hollow Fiber"dekine benzer şekilde yapılır.

Aşağıdaki şekillerde, spiral sargılı membranların yapılış ve içlerindeki su akış (çalışma) durumları gösterilmektedir. (Şekil 4)



Şekil 4

RO SİSTEM DİZAYNI

Genelde evlerde kullanılan, paket tip RO sistemleri, piyasada tüm elemanları ile hazır olarak satılan muhtelif tipler arasından uygun olanı seçilerek, kullanılır. Ancak ticari ve sanayi tip RO sistem dizaynı birçok kriteri beraberinde getirmektedir. Mevcut uygulamalar oldukça fazla ve birbirinden farklıdır. Burada optimum dizayn'ın elde edilmesinde, dizayn mühendisi' nin rolü ve becerisi ön plana çıkmaktadır.

Dizayn Kriterleri :

RO sistem dizaynı' nı etkileyen önemli faktörler aşağıdaki gibidir.

- Giriş Suyu Analizi
- Giriş Suyu Sıcaklığı
- Membran Polimer Seçimi
- Sistem Geri Kazanımı
- Uygulanan Basınç
- Membran Ayırma Kapasitesi

Giriş Suyu Analizi :

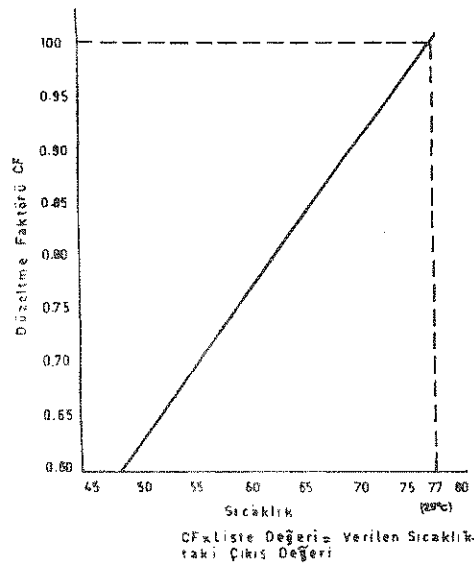
Doğru yapılmış bir su analizi, gerekli ön artma ve RO prosesi için uygun basıncın hesaplanması açısından çok önemli bilgilerin elde edilmesinde kullanılır.

Uygun yapılmış bir ön arıtma, RO sistemlerinde optimum neticeler elde edilebilmesi için çok önemlidir. Analiz parametrelerinden olan, kalsiyum, magnezyum, bikarbonat, sulfat ve demir membran kirlenmesine ve verimin düşmesine neden olurlar.

Çok yüksek orandaki, toplam çözünmüş mineraller (TDS), yüksek osmotik basınçla çalışılmasına, böylece, RO sisteminde verim düşüklüğüne neden olurlar.

Su Sıcaklığı :

Su viskozitesi' nin sıcaklığa bağlı olarak değişmesi özellikle 77 F (25 C)' nin altındaki sıcaklıklarda, arıtılan su miktarı büyük ölçüde azalmaktadır (Şekil 5). Bu hususun sistem dizaynında dikkate alınması gerekir.



Şekil 5

Membran Polimer Seçimi :

Normal su arıtma işlemlerinde, spiral sargılı, ters osmos membran elemanları olağan seçimdir. Buna rağmen dizaynar'ın diğer polimerlerden seçme olanağı vardır.

Klasik polimer seçimi genelde selülozik (selüloz asetat (CA) veya selüloz trisetat CTA) membranlarla yapılmıştır. Bu polimerler' in en büyük avantajı klorlu sulara dayanıklı olmasıdır. Buna rağmen alkollü sıvılardan ve bazı bakterilerden negatif etkilenirler.

TFC (İnce Film Kompozit) membranları nisbeten yeni jenerasyon polimerlerdir. Yapımları daha önceki bölümde açıkladığımız gibi, polisülfan bir alt kaplama' nın üzerine giydirilmiş çok ince (2500 Å) bir film polimer' le meydana gelmiştir.

Genelde, TFC membranlar Selülozik membranlara kıyasla yüksek oranda mineral ayırma ve arıtma suyu kapasitesine sahip olurlar. Geniş bir arıtma pH yelpazesine hitap ederler, bakteri etkilerine karşı dayanıklıdırlar. Bunlara rağmen giriş suyunda bulunan klor' a karşı dayanıksızdırlar. Bu membranlar kullanıldığında giriş suyunda bulunan klorun alınması gerekir.

Halen imal edilmekte olan, spiral sargılı, klora dayanıklı CTA membranları, dezenfeksiyon amaçlı 100 ppm klora kadar kullanılabilir. Ancak, mineral ayırma kapasiteleri, TFC membranlara kıyasla düşüktür. Yüksek sertlikler, ayrıca performansı etkiler.

Sistem Geri Kazanımı :

Bu deyim, arıtılan suyun, membran üzerine pompalanan giriş suyu yüzdesi ile tanımlanmasıdır.

Matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\frac{\text{Arıtılmış Su Debisi} \times 100}{\text{Giriş Suyu Debisi}}$$

Geri kazanım, gider (salamura) akışının bir vana veya orifis kullanarak kısılmasıyla veya pompalama ile ayarlanır.

Geri Kazanım arttığında, membran yüzeyinde tuz konsantrasyonu artar ve bunların dökülme olasılığı belirir. Ayrıca arıtım suyu kalitesi azalır. Diğer taraftan gidere atılan salamura azalacağından, sistemde ekonomi sağlanır.

Genel olarak, yüksek debi' de arıtılmış su istendiğinde, geri kazanım' ın artırılması gerekir ve su arıtım amaçlı tesislerde % 85' e kadar çıkarılır.

Uygulanan Basınç :

Pompa basıncının artırılmasıyla, arıtım suyu debisi doğru orantılı artar. Membranın yüz yüze kaldığı gerçek basınç ise şöyle ifade edilir.

$$P_d = \text{Pompa Basıncı} - \text{Osmatik Basınç} - \text{Karşı Basınç}$$

Yüksek TDS' e sahip giriş sularını, örneğin deniz sularını' nın tuzdan arındırılmasını göz önüne alırsak, pompa basınçlarının 55-70 Bar arasında olması gerekmektedir.

Genelde pompa basınçları TFC membranlar için 15 bar, Selülozik membranlar için 25 ar civarındadır.

Membran Ayırma Kapasitesi :

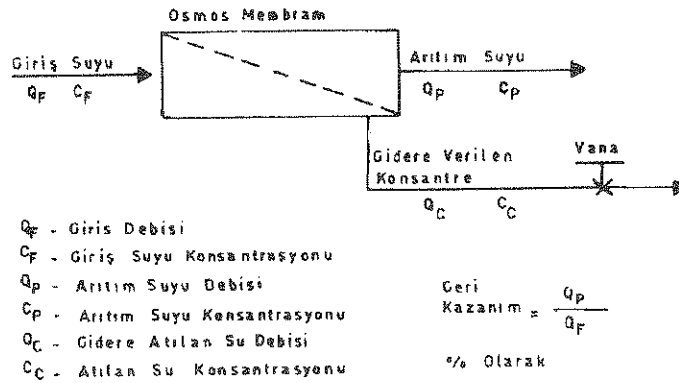
Kısa olarak, membran'ın sudaki mineral ve tuzları ayırma kabiliyetidir. Yüzde olarak gösterilir.

$$\% \text{ Ayırma} = \frac{\text{Giriş Suyu TDS} - \text{Aritim Suyu TDS}}{\text{Giriş Suyu TDS}} \times 100$$

Membran tarafından ayrılamayan ve arıtılmış su tarafına geçen tuzlar ise aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\text{Yüzde Pasaj} = 100 - \% \text{ Ayırım}$$

Şekil : 6' da bir RO sisteminde bütün akışlar şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 6

SİSTEM MÜHENDİSLİĞİ

Bir RO sistem dizaynı için gerekli üç data aşağıdaki gibidir.

- Giriş Suyu Kalitesi
- İstenen Arıtılmış Su Kalitesi
- İstenen su Miktarı

Giriş Suyu Kalitesi :

Sistem dizaynında, emniyetli olması için, giriş suyu analizlerinde en kötü durum göz önüne alınır. Analizlerin bütün parametreleri içermesi ve sağlıklı ölçümlerle yapılması gerekir.

Ayrıca en uygun suyun seçimi için eldeki bütün suların analizlerinin yapılması faydalıdır.

Daha önce belirtildiği gibi, membran sistem performansını etkileyen bazı iyonik kontaminantlar vardır. Ayrıca, her su kaynağı için minimum su sıcaklığının belirlenmesi gerekir.

İstenen Arıtılmış Su Kalitesi :

Eğer ülke çapında veya uluslararası bir standart varsa, bu, kalite hedefini oldukça kolaylaştırır. Aksi takdirde, kullanım amaçları belirleyici faktör olacaktır.

İstenen Su Miktarı :

Kısa ve uzun vadeli su miktarlarının dikkate alınması önemlidir. Maksimum veya öngörülen kullanım miktarları'nın göz önüne alınması gerekir. Bu bağlamda, günlük, haftalık, su kullanımları söz konusudur.

Bu çalışma, ayrıca, RO sistemi' nin minimum arıtım kapasitesi' de belirlenmelidir.

Avaraj saatlik debiler, depo ve dağıtım şebekesini belirler. RO sistemleri Pik debiye göre dizayn edilmezler, 24 saatlik günün, 20 saati çalışıyor kabul edilirler.

Depo kullanıldığında, seviye şalterleri, RO sisteminin mümkün olduğu kadar uzun çalışmasını sağlayacak şekilde dizayn edilmelidir. RO pompaları sık sık devreye girip çıkmamalıdır.

UYGULAMALAR

İçme Suyu :

İçme suyu kalitesi uluslararası standartlarla belirlenmiş ve bu standartlar bir çok ülke tarafından kabul edilmiştir.

Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) içme suyu standardında EPA' da (Environmental Protection Agency of USA) olduğu gibi, müsaade edilen en yüksek TDS 500 ppm (mg/lt)' dir. Tuzlu su arıtımı yapan bir RO sisteminde bu kalitenin elde edilebilmesi, giriş suyu ve buna bağlı seçilecek sistem şartlarına bağlıdır.

WQA (Water Quality Association), giriş sularını TDS değerlerine göre aşağıdaki şekilde sınıflamaktadır.

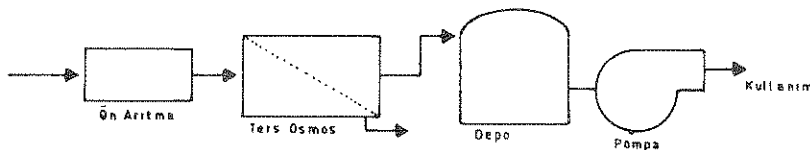
<u>Su Tipi</u>	<u>TDS (mg/lt)</u>
Genel Kullanım Suyu	<1000
Tuzlu Kuyu Suyu	1000 - 5000
Çok Tuzlu Kuyu Suyu	5000 - 15000
Tuzlu Su	15000 - 30000
Deniz Suyu	30000 - 40000
Salamura	40000 - 300000 +

Deniz suları, Atlantik Okyanusu TDS' i 35.000 ölçülürken Kızıl Deniz' de bu değer 50.000' i bulmaktadır.

Karadeniz TDS' i bu değerlerin çok altında olduğundan, zaman zaman İstanbul' a su temin eden baraj ve göller' in bu suyla beslenmesi gündeme getirilmiştir.

Daha önce belirtildiği gibi, bu tuzlulukta 55-70 bar arasında osmotik pompa basınçları gerekmektedir.

Şekil : 7 tipik bir içme suyu RO sistemini şematik olarak göstermektedir.



Şekil 7

Ayrıca, Malta adasına içme suyu temin eden sistemler hakkında genel bilgi perde' de projeksiyon' la verilmektedir.

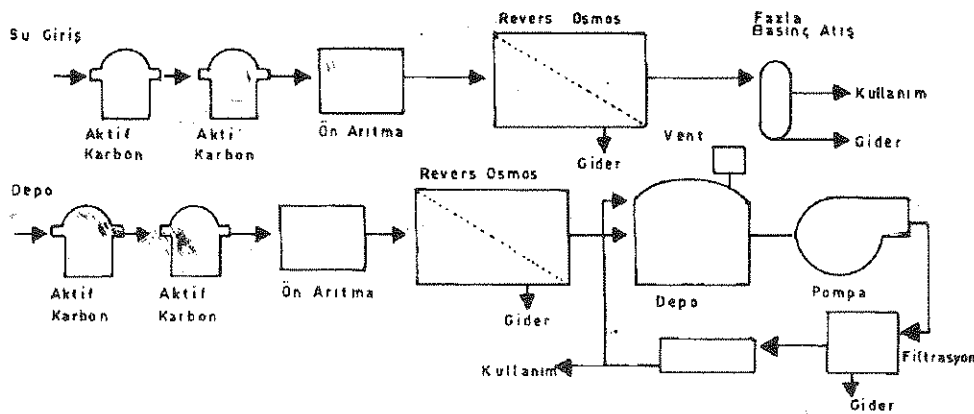
Bu örnekler' de denizden tuzlu suyu doğrudan alan tesisle, tuzlu kuyu suyu kullanan tesis arasındaki farklar maliyet açısından kıyaslanabilmektedir.

Hemodiyaliz Suyu :

Bu sektör, başlangıçtan beri RO sistemleri' nin en çok kullanılan biri olmuş ve böbrek hastalarına hayat vermiştir.

sektörde, zaman zaman kullanılan diğer arıtma yöntemleri' nin özellikle suların çok klorlu olduğu vaka' larda böbrek hastalarına zarar vermesi hatta ölümlere neden olması, bu alanda RO sistemlerinin kullanımında standartlaşmasına neden olmuştur.

Şekil : 8' de iki adet tipik hemodiyaliz sistem dizaynı görülmektedir.



Şekil 8

Eczacılık :

Eskiden beri kullanılmakta olan deiyonizasyon sistemlerinin bakteri üretme riskine karşı RO sistemleri son yıllarda eczacılık sanayinde geniş ölçüde kullanılmaya başlanmıştır.

Gıda ve Meşrubat Sanayii :

Ülkemizde son yıllarda, biracılık ve meşrubat sanayinde, süt endüstrisinde RO sistemleri kullanılmaktadır.

Evlerde :

Günümüzde, paket halinde, küçük, mutfak tezgahları altında monte edilebilen RO cihazları üretilmekte ve cazip fiyatlarla satılmaktadır. Bunların kullanımı evlerde, suyu tuzlu olan tatil yörelerinde, kentlerde, büyük şehirlerde giderek artmaktadır.

KAYNAKÇA

- Tuzlu Su arıtma Reverse Osmos (RO) Teknolojisi Tesisat Mühendisliği Dergisi Haziran 1993
- Designing C/I RO Systems, by Peter S.Castwright, P.E. Water Conditioning & Purification, September 1994
- Fresh Water for Malta, Du Pont.

ÖZGEÇMİŞ

1963' de bugünkü Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Daha sonra 1967-68 döneminde Kopenhag Teknik Üniversitesin' de Tesisat Mühendisliği Konularında araştırma ve ihtisas programlarına katıldı.

1968-1974 yıllarında, Danimarka, Norveç, İngiliz mühendislik firmalarında proje mühendisi olarak çalıştı.

1975-1986 yıllarında, Kuveyt' de KEO (Kuvvaiti Engineer' s Office) firmasında Tesisat ve yangın mühendisliği Bölüm Şefi olarak çalıştı.

1984' de İsviçre' de IFPEI-IV, 1989' da Kanada' da IFPEI-V Uluslararası Yangın Mühendisleri Enstitüsü eğitimlerine katıldı.

1987' de Antalya' da "ÜNİVERSAL MÜHENDİSLİK" firmasını kurdu, halen bu firmanın yöneticisi olarak çalışmaktadır.

Evli ve iki çocuk babasıdır.