

# ATIKSU GERI KAZANIM YÖNTEMLERİ VE UYGULAMA ESASLARI

*Prof. Dr. Erkan Sahinkaya*

*İstanbul Medeniyet Üniversitesi,  
Biyomühendislik Bölümü, İstanbul, Turkey,*

# SU GERİ KAZANIMI NEDEN ÖNEM KAZANMAKTA

- Ülkemizde teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir su miktarı kişi başına yıllık 1500-1700 m<sup>3</sup> dür.
- Su Fakirliği: <1.000 m<sup>3</sup>/(kişi.yıl).
- Su Azlığı: <2.000 m<sup>3</sup>/(kişi.yıl).
- Su Zenginliği: 8.000-10.000 m<sup>3</sup>/(kişi.yıl)
- 2030 yılı için ülkemizde bu değerin 1.120 m<sup>3</sup>/(kişi.yıl) civarında olacağı tahmin edilmektedir (TUIK).
- Bu sebeple Türkiye'nin gelecek nesillerine sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, geri kazanım alternatiflerini değerlendirmesi şarttır.

# TEKSTİL SEKTÖR EN ÇOK SU TÜKETEN SEKTÖRLERDEN BİRİDİR.

- **Türkiye:** Avrupa'nın en büyük tekstil üreticisi, Avrupa'nın üçüncü büyük tekstil ihracatçısı, dünyanın altıncı en büyük hazır giyim ihracatçısı ([URL](#)).
- Tekstil sektörü yoğun su kullanan bir sektör olup; boyar madde, organik ve inorganik madde içeren atıksular oluşturmaktadır.
- Meriç-Ergene havzasında Tekirdağ, Kırklareli ve Edirne illerinde 2010 yılı verilerine göre toplam 200.000 m<sup>3</sup>/gün atıksu sadece tekstil sektöründen ortaya çıkmaktadır (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010).
- Tekstilendüstrisi atıksuları haşıl sökme, yıkama, ağartma, boyama ve baskı gibi birçok proses sonucu oluşmakla birlikte karakterizasyonu değişiklik göstermektedir.
- Boyama reçetesine bağlı olarak boya çeşidi ve kimyasallar değişmektedir.

# SU GERI KAZANIMINDA MEMBRAN PROSESLERININ YERI

- Tekstil endüstrisi atıksuları yoğun tuz içerir.
- İletkenlik değeri :4-8 mS/cm.
- Geri kazanımda kullanım yerine bağlı olarak genelde  $< 1$  mS/cm istenir.
- Ters osmoz gibi proseslere ihtiyaç duyulur.
- Fakat ters osmoz öncesinde iyi bir biyolojik/kimyasal arıtım gereklidir.
- Ters osmoz öncesinde membran biyoreaktör kullanımını oldukça etkin bir proses olarak kullanılmaktadır.

# MEMBRAN BIYOREAKTÖRLER

# MEMBRAN NEDİR

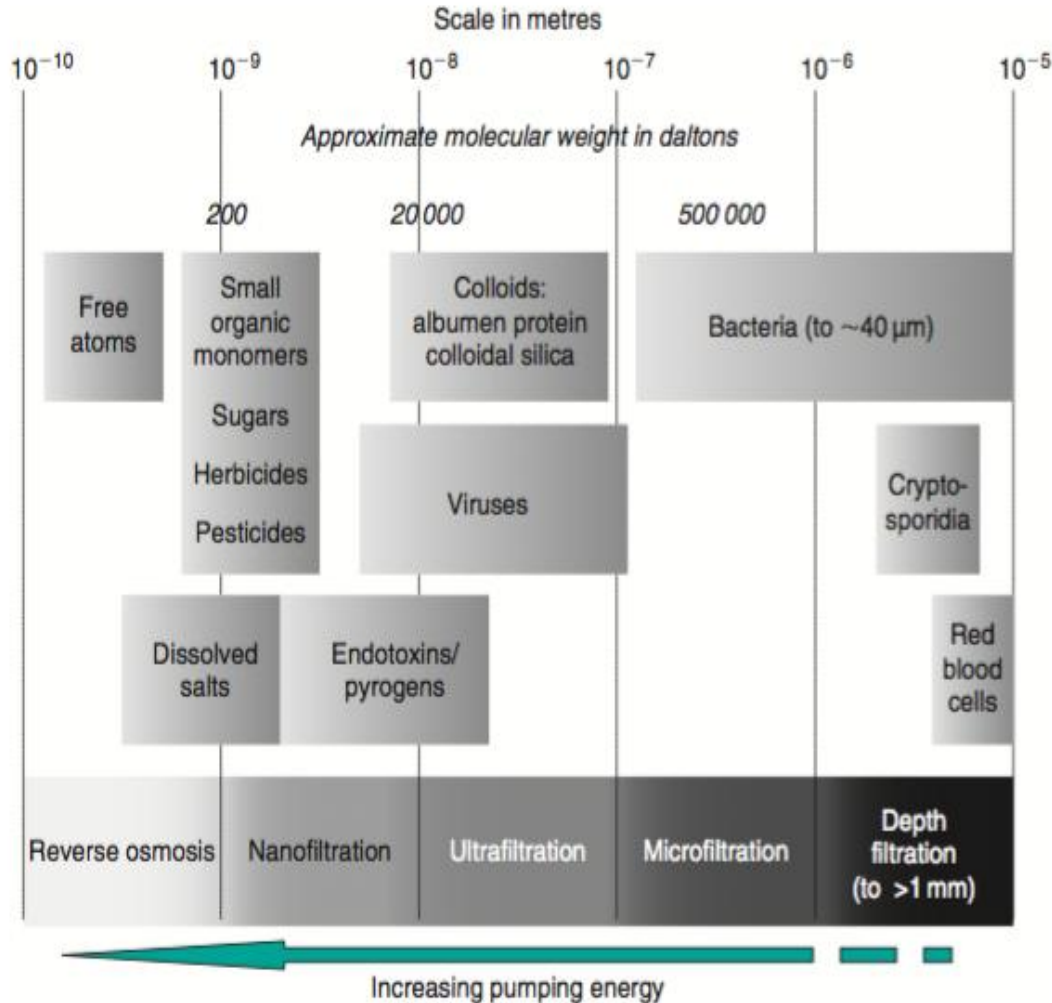
- Membran; uygulanan bir sürücü kuvvet yardımıyla çözünmüş ve çözünmemiş maddelerin sudan ayrılmasını sağlayan seçici bir materyaldir.
- Membranlar su ve atıksu arıtımında yoğun olarak kullanılmaktadır. Uygulama alanına göre bazı materyaller daha kolay geçmekte bazıları ise membran ile tutulmaktadır.

Sürücü kuvvetler neler olabilir ?

1. Basınç (MBR ve RO)
2. Konsantrasyon farkı
3. Elektriksel potansiyel

# MEMBRANLAR

Gözenek çapı veya giderilen madde büyüklüğüne bağlı olarak; ters osmoz (RO), nanofiltrasyon (NF), ultrafiltrasyon (UF) ve MF



# MEMBRAN BIYOREAKTÖRLER

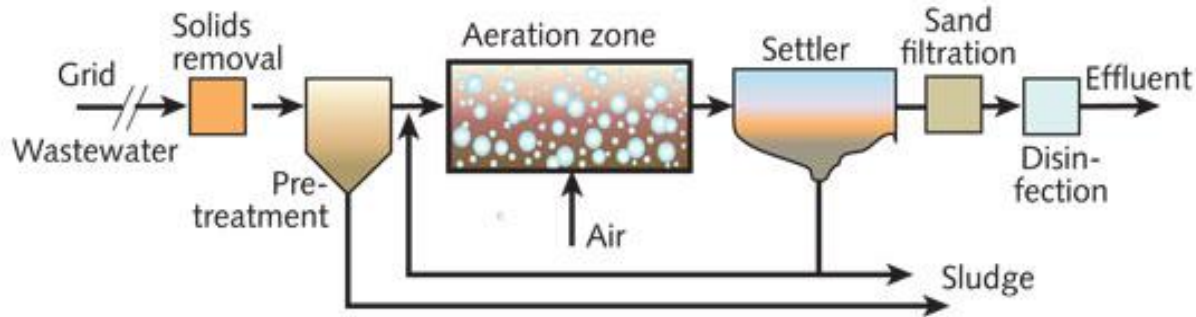
Membran Biyoreaktör (MBR) biyoreaktör ve membran proseslerini birleştirmektedir.

**Tablo 1.** Klasik aktif çamur prosesi (CAS) ve MBR prosesinin kıyaslanması

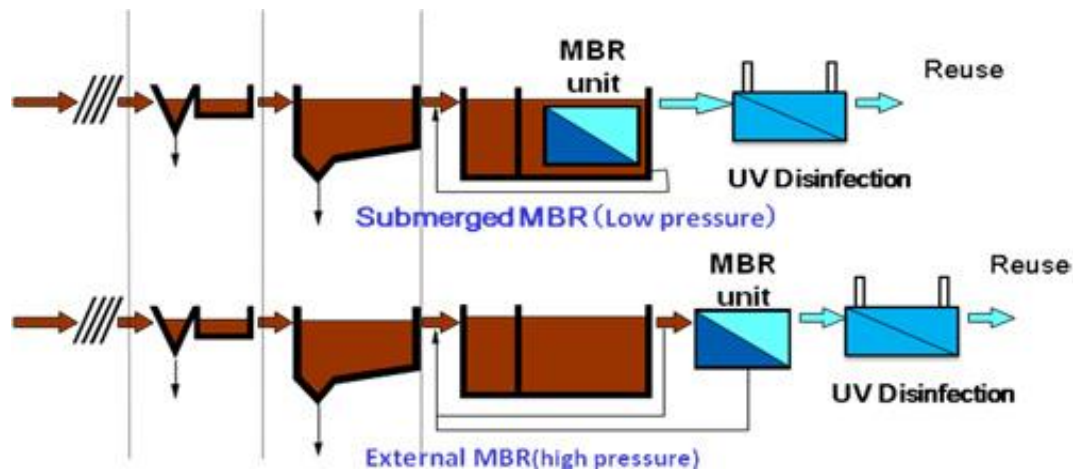
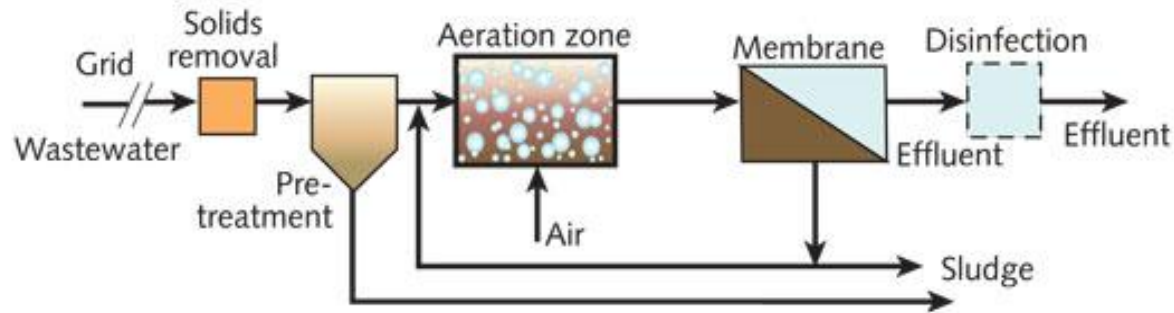
Parametre	CAS	MBR
MLSS	Maximum 5,000 mg/L	8,000- 12,000 mg/L as optimal
Atık çamur oluşumu	Fazla	Az
Çıkış su kalitesi	Deşarj için uygun	Geri kazanım için uygun
Çamur yaşı	5-15 gün	25-50 gün

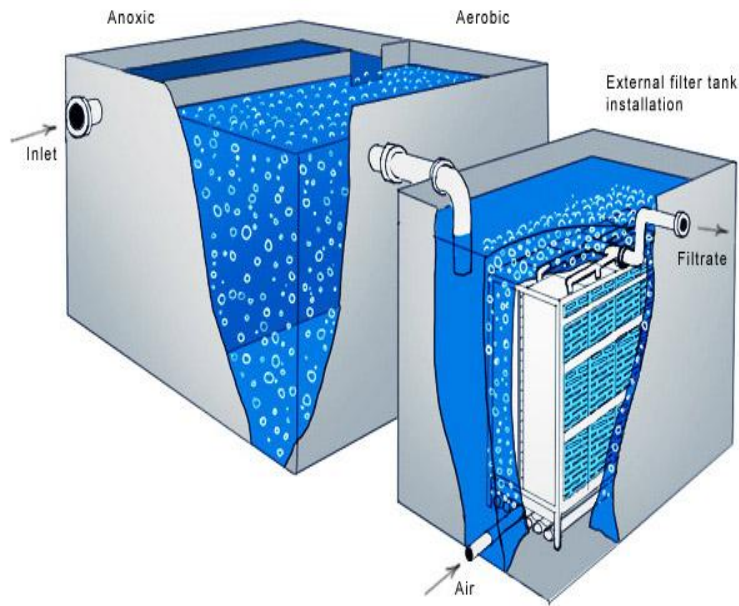


### (a) Activated Sludge Treatment (AST) Process

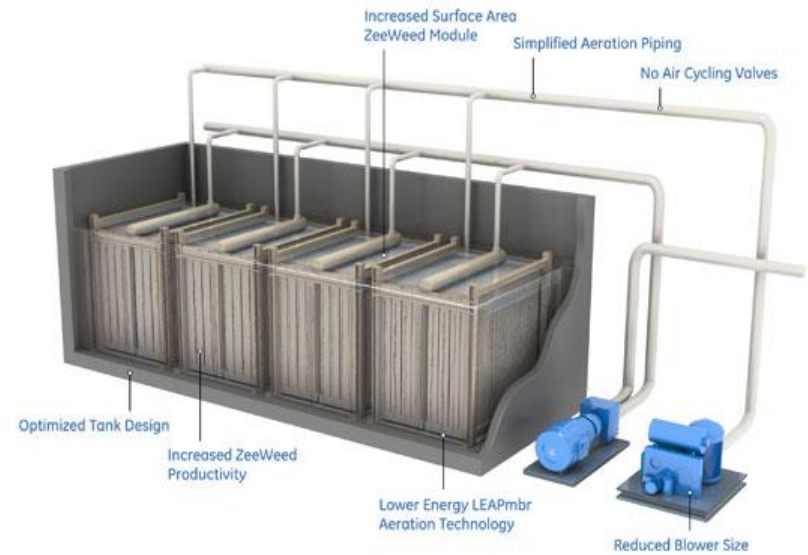


### (b) Membrane Bioreactor (MBR) process





## Harici Batık MBR



## Membran Tankı

# MBR PROSESİNİN AVANTAJLARI

- ❖ Yüksek hacimsel yüklemelere izin verilebilir.
- ❖ Düşük HRT ve daha küçük reaktör hacmi,
- ❖ Daha az alan ihtiyacı,
- ❖ Daha yüksek su kalitesi (biyokütle tamamen giderilir)
- ❖ Çamur çökme özelliklerinden nispeten bağımsız olarak su kalitesi yüksektir.
- ❖ İşletme personeline daha az ihtiyaç duyulur,
- ❖ Yüksek SRT nedeniyle;
  - Toksik etkilerden daha az etkilenir,
  - Daha az çamur oluşumu,

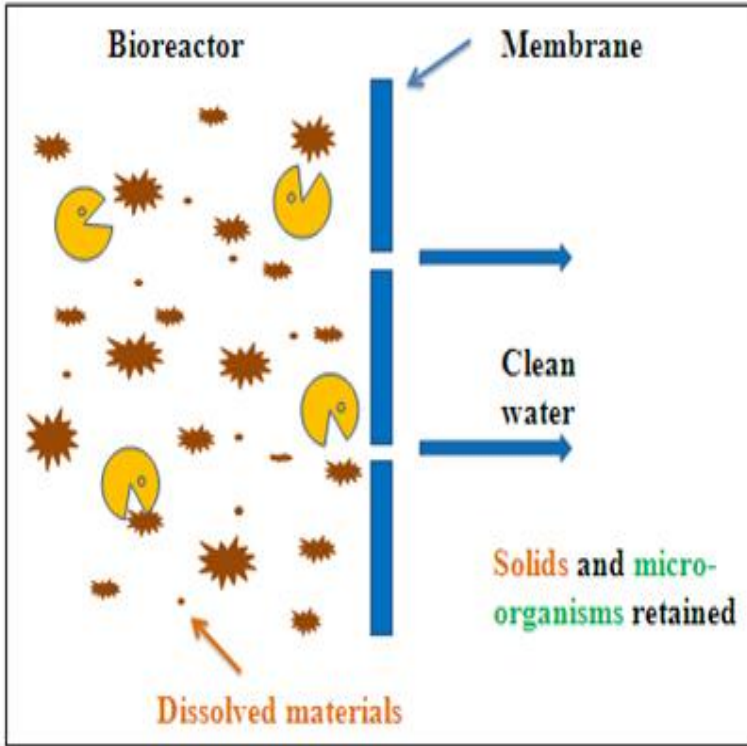
## Tipik MBR Çıkış Kalitesi

- BOİ < 2.0 mg/L
- TSS < 2.0 mg/L
- NH<sub>3</sub>-N < 1.0 mg/L
- Toplam Fosfat < 0.1 mg/L
- Toplam Azot < 3-10 mg/L
- SDI < 3.0
- Bulanıklık < 0.5 NTU
- Toplam koliform < 100 cfu/100 mL
- Fekal koliform < 10 cfu/100 mL
- Koliform giderimi > 5-6 log removal
- Virüs giderimi < 4 log removal

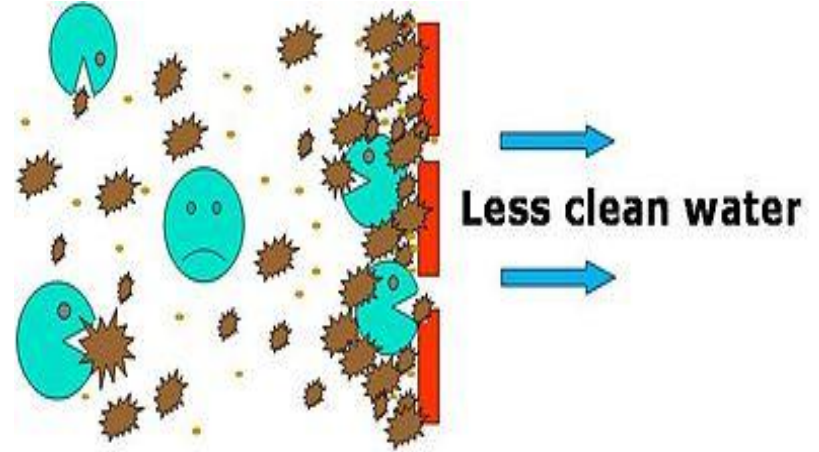
# MBR PROSESİNİN DEZAVANTAJLARI

- Mekanik olarak kompleks (Tek bir Tank),
- Membran tıkanma problemi,
- Membran Temizleme (Temizleme maliyeti, kimyasal atık oluşumu)
- İşletme giderleri (Fiziksel temizleme için hava ihtiyacı ve membran değişimi)

A



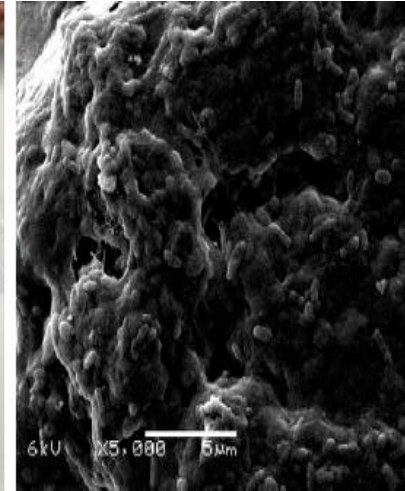
B



**Şekil** (a) Membran filtrasyonu, (b) MBR lerde membran tıkanması

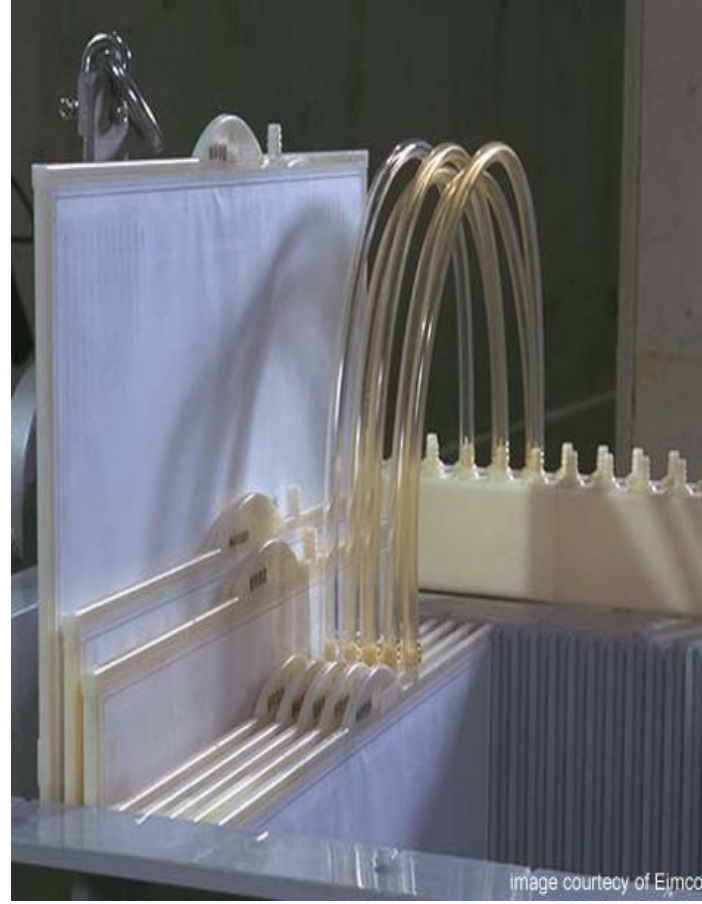
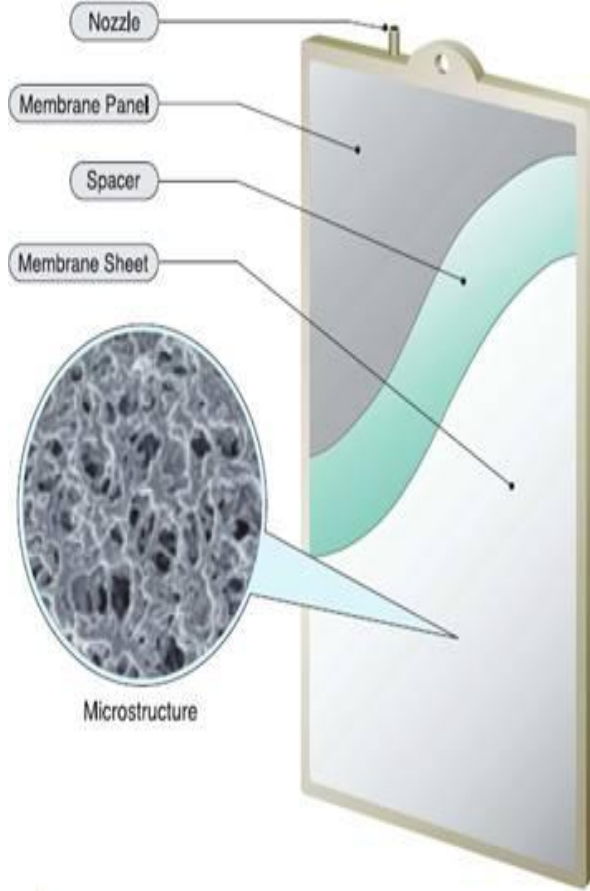


# ANA PROBLEM: MEMBRAN TĪKANMASĪ



# MEMBRANE KONFIGÜRASYONLARI

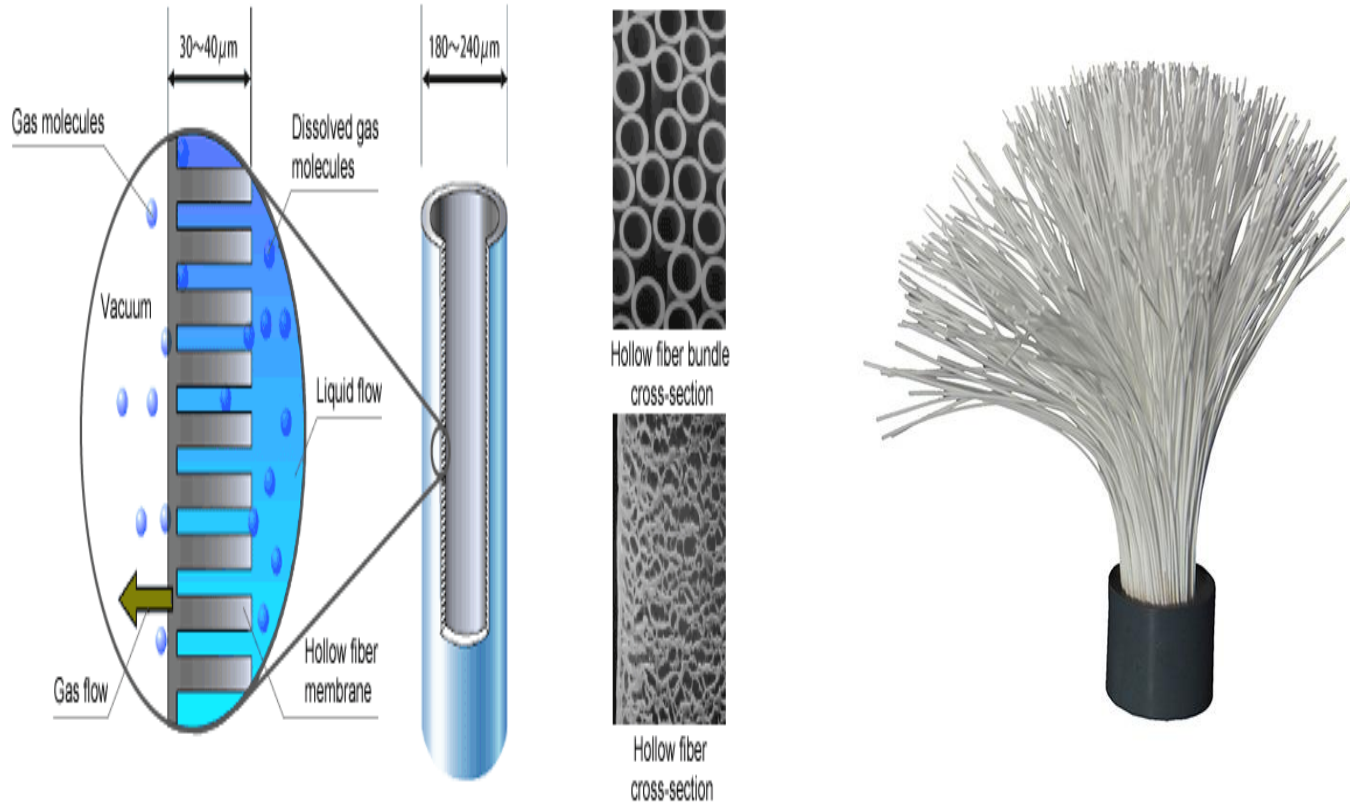
MBRlerde genel olarak: düz tabaka (FS), hollow fiber (HF), ve çok tüplü (MT) konfigürasyonlar kullanılmaktadır.



Düz Tabaka Konfigürasyonu

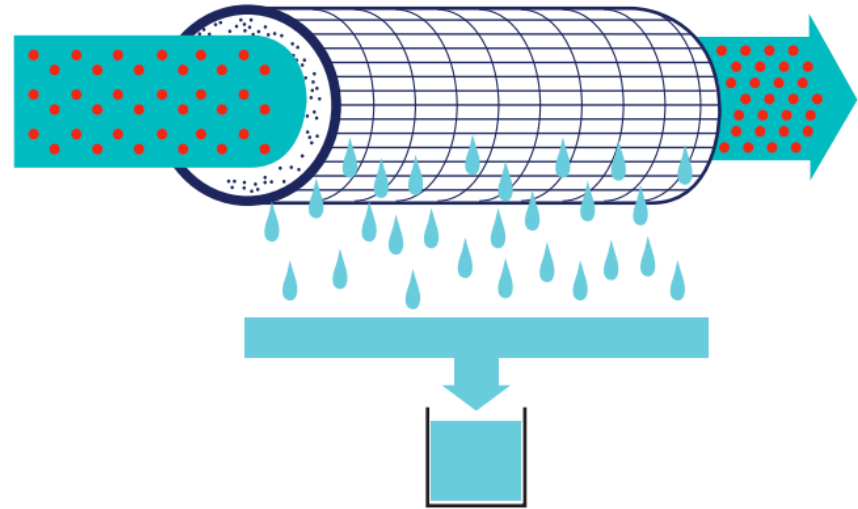
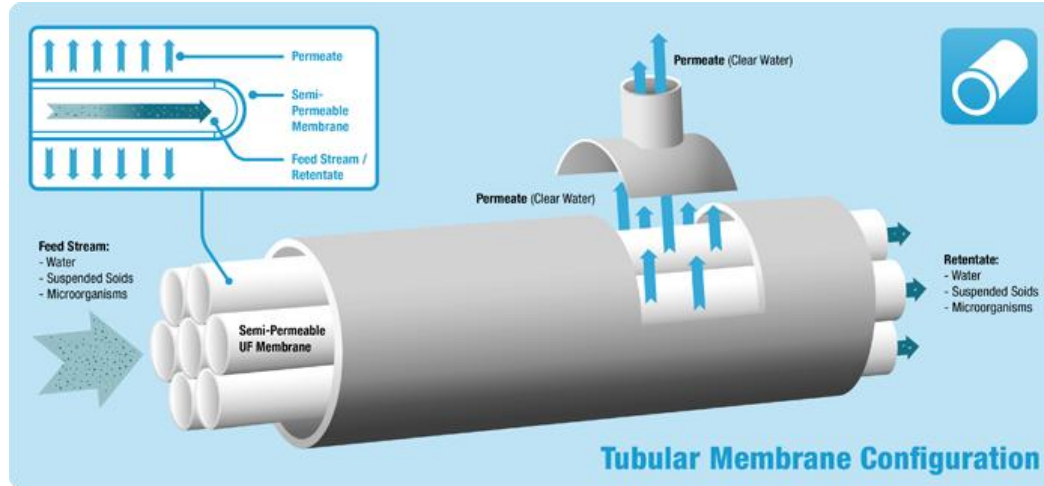


# MEMBRAN KONFÜGÜRASYONLARI



## Hollow fiber Konfigürasyonu

# MEMBRAN KONFÜGÜRASYONLARI



Multi-tube konfigurasyonu

# MBR T<sub>1</sub>KANMA

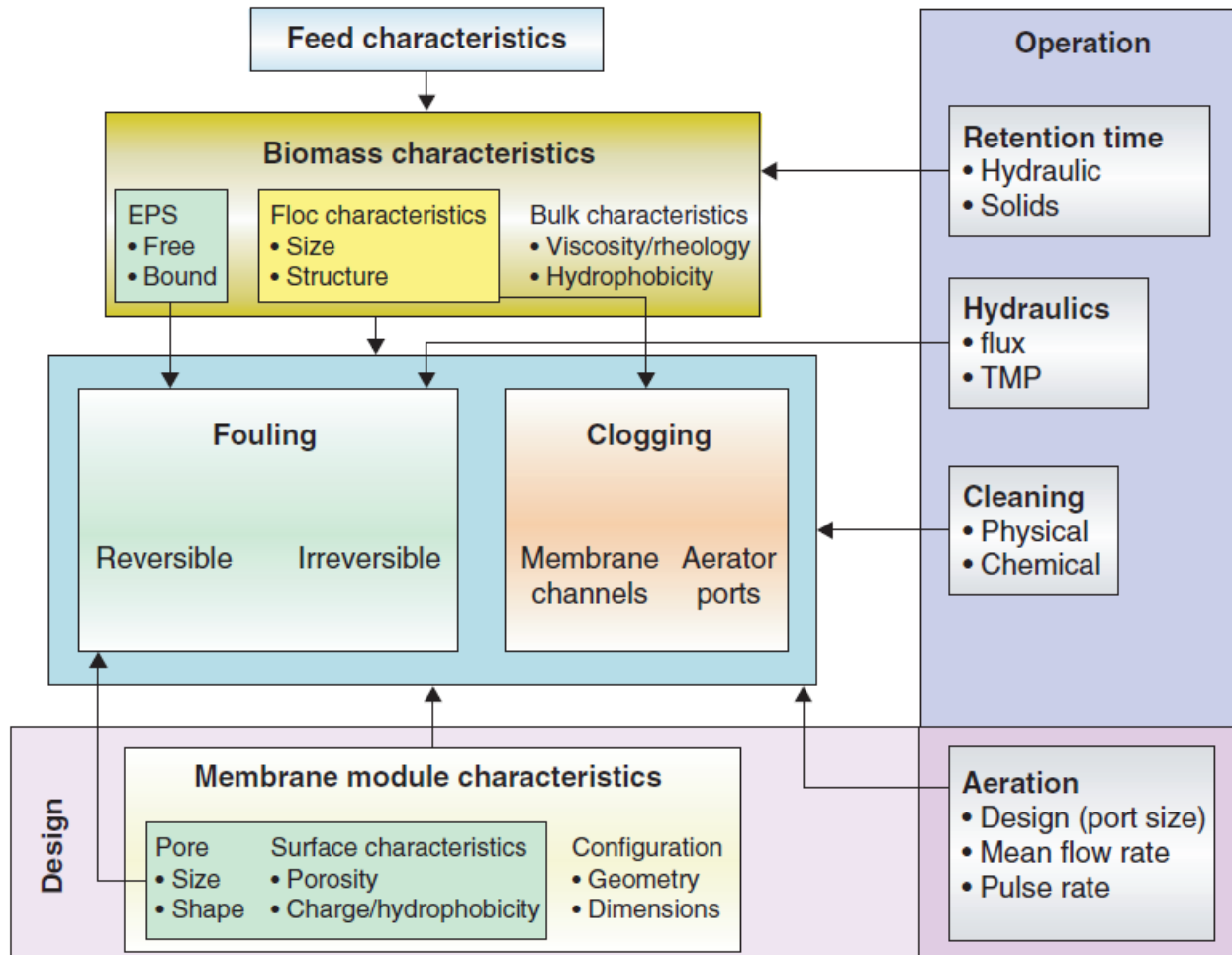
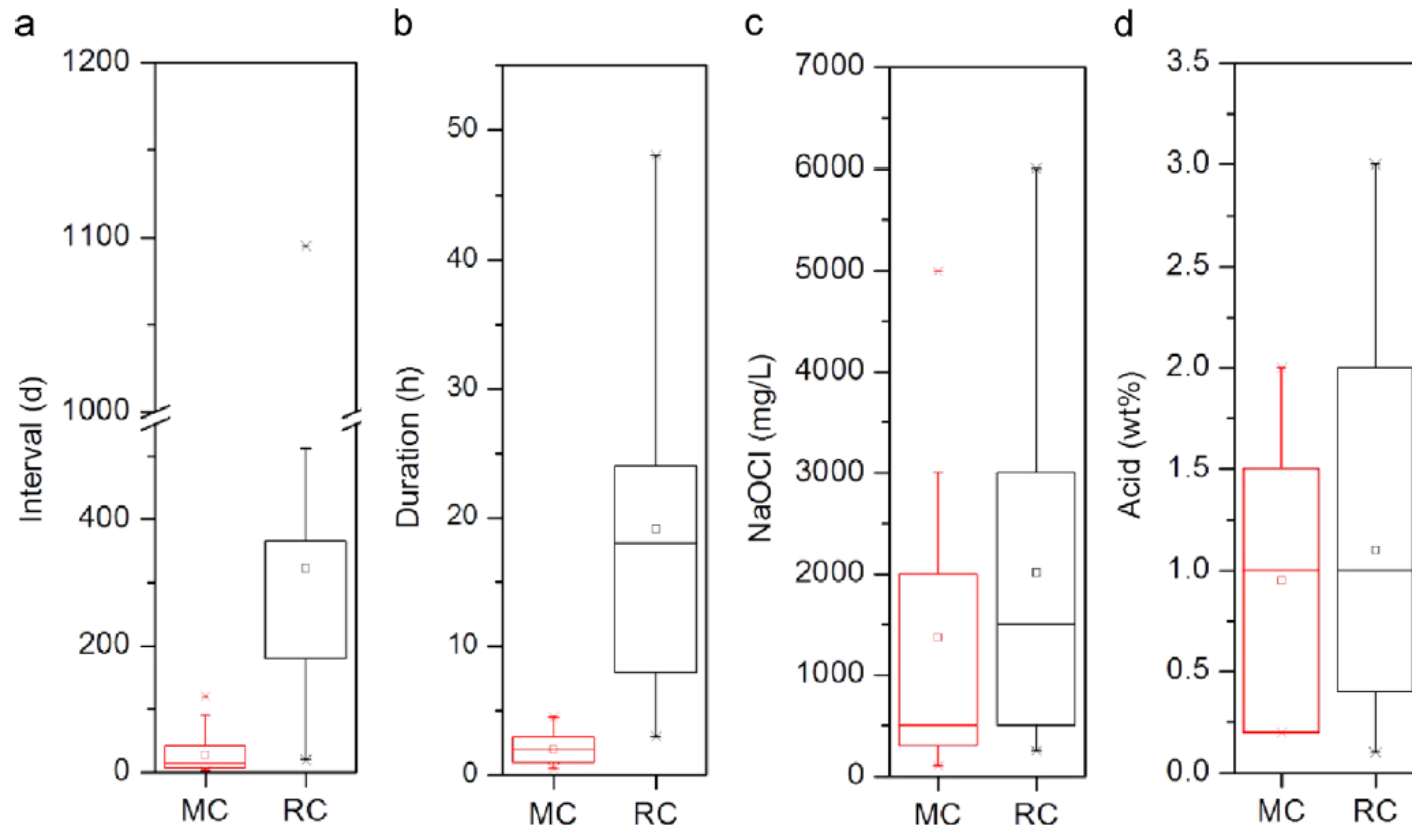


Figure 2.26 Inter-relationships between MBR parameters and fouling

# Maintenance and Recovery Cleanings

292

Z. Wang et al. / Journal of Membrane Science 468 (2014) 276–307



**Fig. 10.** Comparison of maintenance cleaning (MC) and recovery cleaning (RC) in terms of (a) cleaning interval, (b) duration, (c) NaOCl concentration, and (d) acid concentration. Box chart illustration: the horizontal lines of the larger rectangle denote the 25th and 75th percentile; the two short horizontal lines connected with the rectangle means the 5th and 95th percentile; the smaller square indicates the mean value of the data; the line across the larger rectangle shows the median value of the data; in (a), the median value overlaps the 75th percentile; the two asterisks represent the 1st and 99th percentile, respectively.

# The largest MBR plants worldwide?

Last updated: February 2016

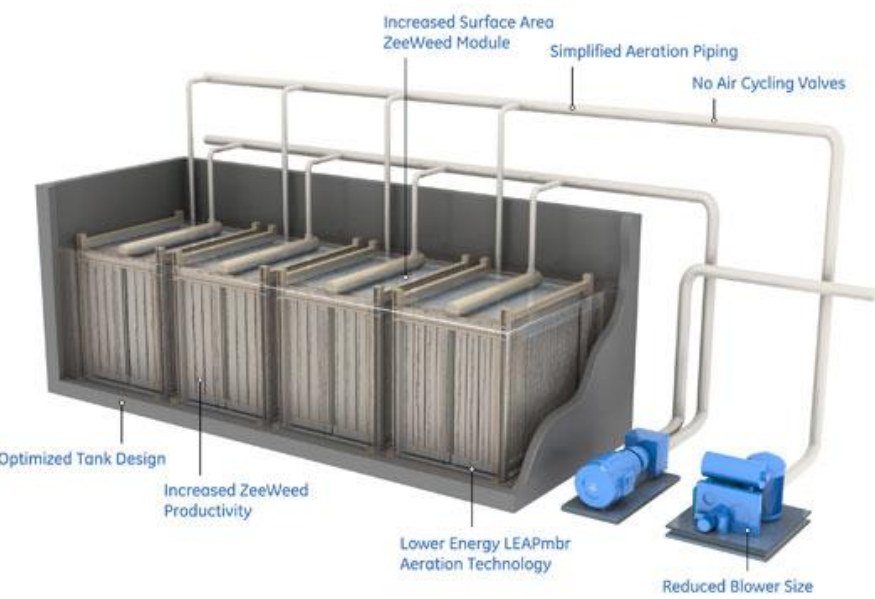
Installations	Location	Technology Provider	(Expected) date of commissioning	PDF (MLD)	ADF (MLD)
Henriksdal, Sweden	nr Stockholm, Sweden	GEWPT	2016-2019	864	536
Seine Aval	Acheres, France	GEWPT	2016	357	224
Canton WWTP	Ohio, USA	Ovivo USA/Kubota	2015-2017	333	159
Water Affairs Integrative EPC	Xingyi, Guizhou, China	OW		307	
Euclid, OH, USA	Ohio, USA	GEWPT	2018	250	83
9th and 10th WWTP	Kunming, Yunnan, China	OW	2013	250	
Shunyi	Beijing, China	GEWPT	2016	234	180
Macau	Macau Special Administrative Region, China	GEWPT	2017	210	210
Wuhan Sanjintang WWTP	Hubei Province, China	OW	2015	200	
Jilin WWTP (Phase 1, upgrade)	Jilin Province, China	OW	2015	200	
Caotan WWTP PPP project	Xian, Shaanxi, China	OW		200	
Brussels Sud	Brussels, Belgium	GEWPT	2017	190	86
Macau	China	GEWPT	2014	189	137
Riverside	California, USA	GEWPT	2014	186	124
Brightwater	Washington, USA	GEWPT	2011	175	122
Visalia	California, USA	GEWPT	2014	171	85
Qinghe WRP (Phase 2)	Beijing, China	OW	2011	150	
Nanjing East City WWTP (Phase 3)	Jiangsu Province, China	OW	2014	150	

# GE Membranes



- Hollow Fibre membran,
- Membran materyali: PVDF
- Membrane pore size: 0,04  $\mu\text{m}$  (ultra filtration membrane)
- Membrane flux (LMH): 15-35,
- Specific air demand  $\text{m}^3$  air/ $(\text{m}^2$  membrane.h) : 0.1-0.25
- Filtrasyon modu: Filtrasyon: 8-10 min, dinlenme: 30-45 s, ters yıkama: 30-45 s,
- Filtrasyon ve hava sıyırma için enerji ihtiyacı: 0.15-0.25  $\text{kw-h}/\text{m}^3$





# Microdyne Nadir

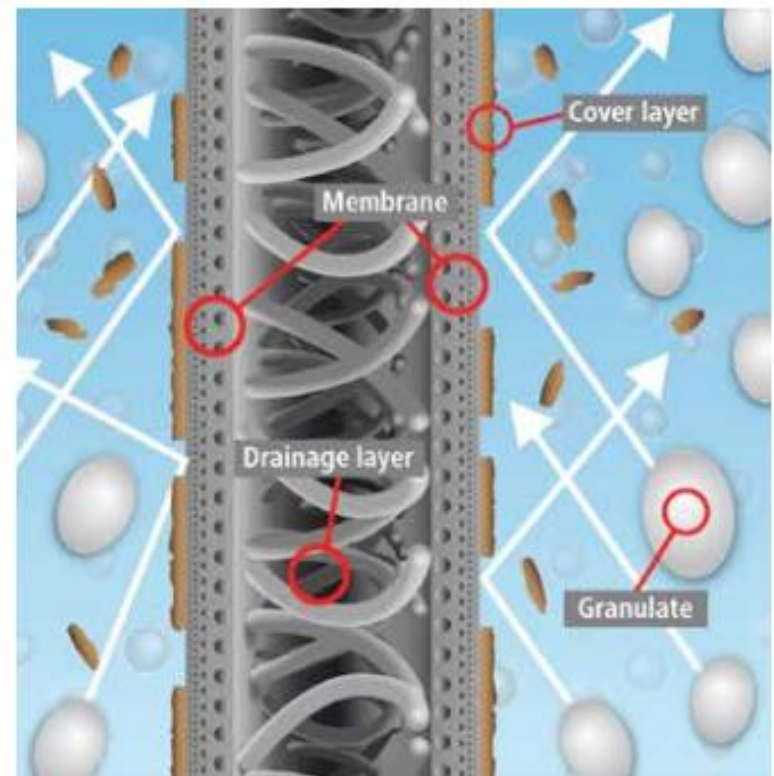
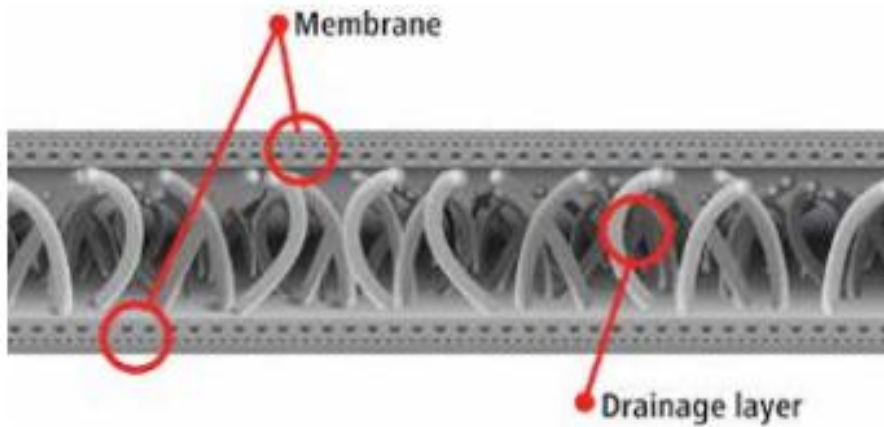


MICRODYN  
NADIR

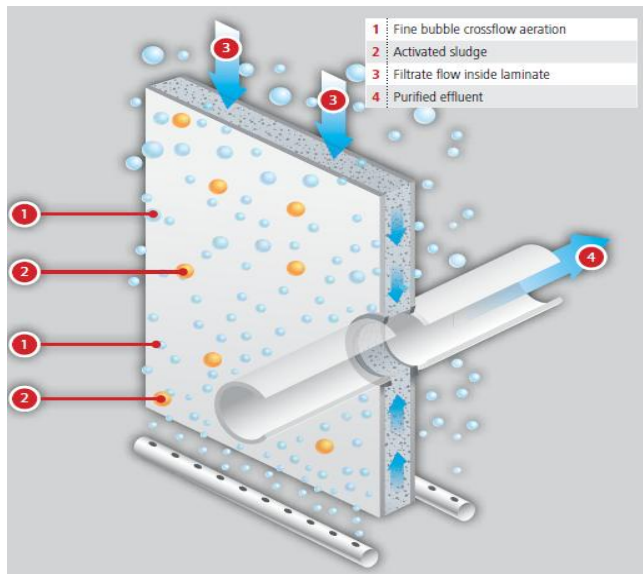
ADVANCED SEPARATION TECHNOLOGIES

- Düz tabaka membran,
- Geri yıkanabilir,
- Membran gözenek çapı: 0,04  $\mu\text{m}$  (ultra filtration membrane)
- Membrane materyal: PES
- Membrane flux (LMH): 15-35,
- Membranlarda çerçeve kullanılmamış olup, incedir (2mm toplam) ve az yer kaplar,
- Specific air demand  $\text{m}^3 \text{ air}/(\text{m}^2 \text{ membrane.h})$  : 0.2-0.4,
- Filtrasyon modu: Filtrasyon: 8-10 dakika, dinlenme: 30-45 s, ters yıkama: 30-45 s,
- Filtrasyon ve hava sıyırma için enerji ihtiyacı: 0.25-0.45  $\text{kw-h}/\text{m}^3$





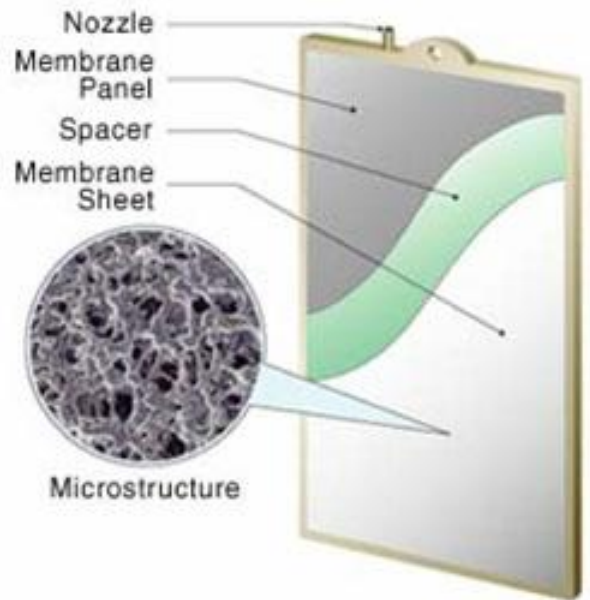
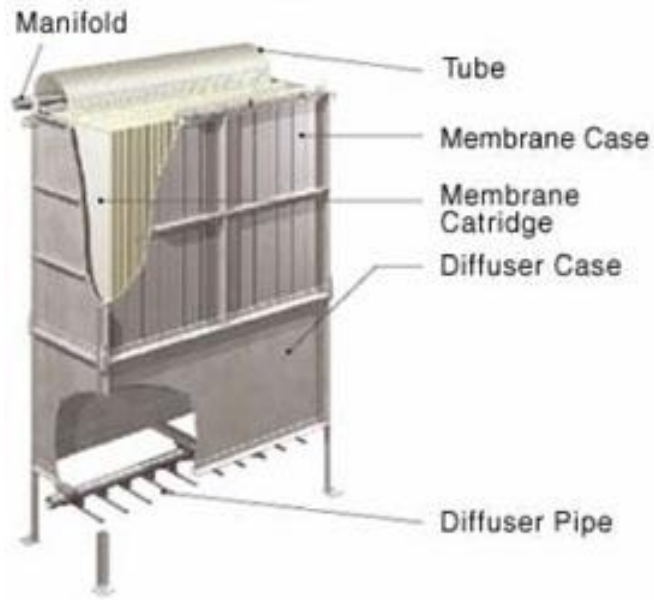
BIO-CEL® combines the benefits of traditional hollow fiber and plate and frame configurations without any of their inherent disadvantages. The self-supporting membrane sheet is just 2 mm thick



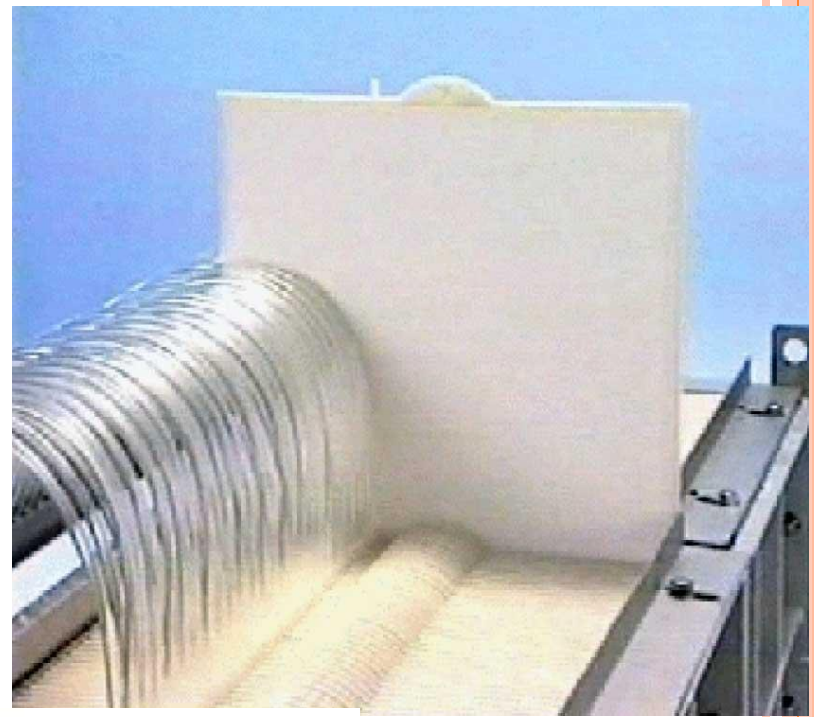
# Kubota Membrane



- Düz tabaka membran,
- Membran gözenek çapı: 0,2-0,4  $\mu\text{m}$  (micro filtration membrane)
- Membrane materyali: Chlorinated polyethylene
- Membrane flux (LMH): 15-35,
- Specific air demand  $\text{m}^3$  air/ $(\text{m}^2$  membrane.h) : 0.2-0.4,
- Filtration modu: Filtrasyon: 8-10 min, dinlenme: 45-60 s,
- Filtrasyon ve hava sıyırma için enerji ihtiyacı: 0.25-0.45 kw-h/ $\text{m}^3$



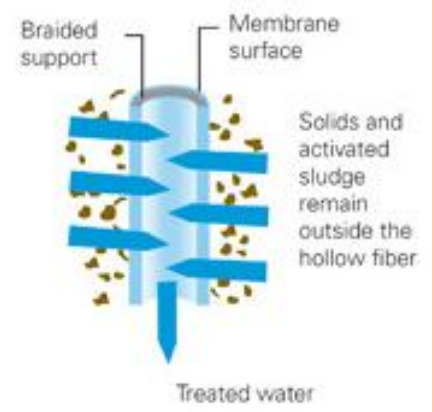
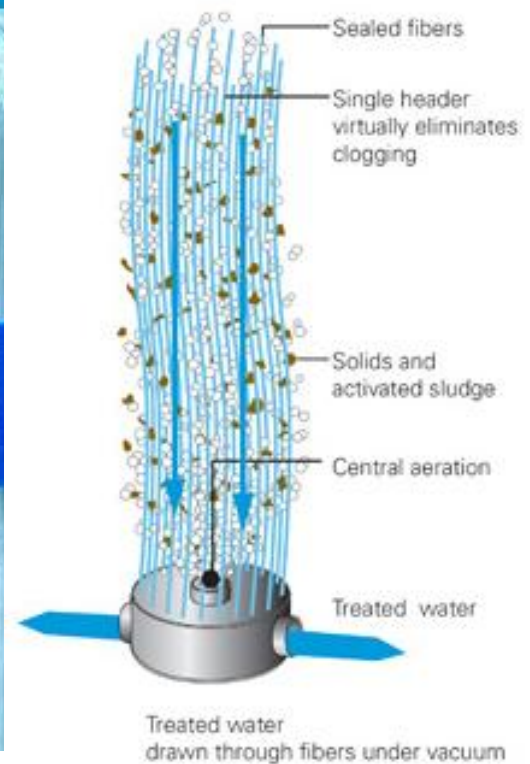




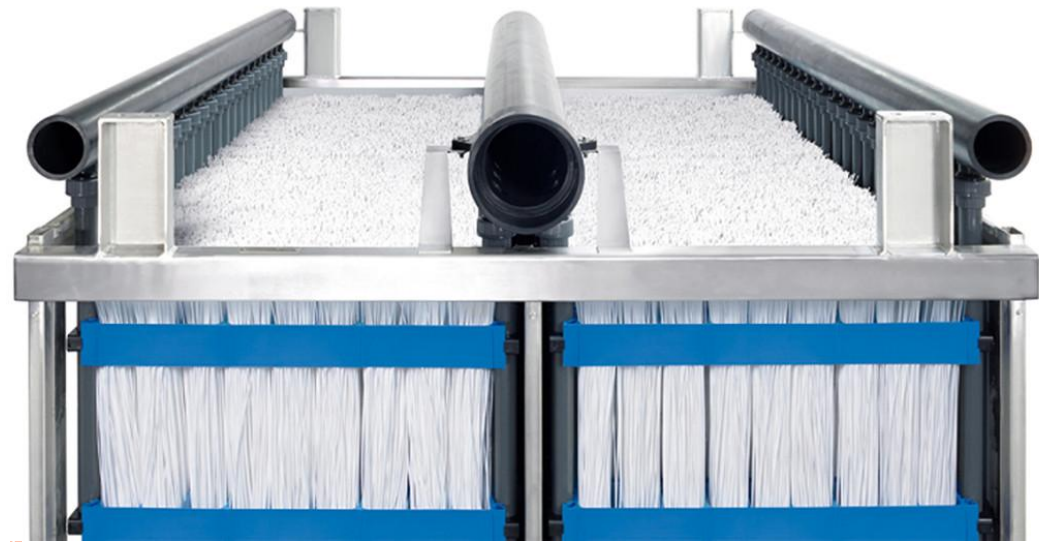
# Koch Membrane



- Hollow Fibre membrane,
- Membran materyali: PVDF
- Membran gözenek çapı: 0,04  $\mu\text{m}$  (ultra filtration membrane)
- Membrane flux (LMH): 15-35,
- Specific air demand  $\text{m}^3$  air/ $(\text{m}^2$  membrane.h) : 0.1-0.25
- Filtrasyon modu: Filtrasyon: 8-10 min, dinlenme: 30-45 s, geri yıkama : 30-45 s,
- Filtrasyon ve hava sıyırma için enerji ihtiyacı: 0.15-0.25 kw-h/ $\text{m}^3$
- Fiberler sadece alttan bağlı olup, üst taraftan kapalıdır. Hava ile sıyırma durumunda kirleticiler daha kolay atılır, enerji ihtiyacı da nispeten daha azdır.



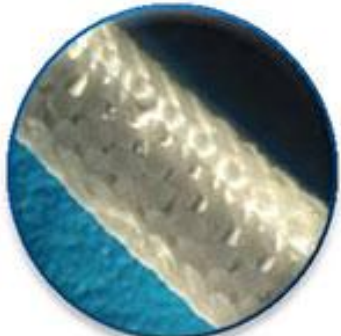








Proprietary fiber tip seal



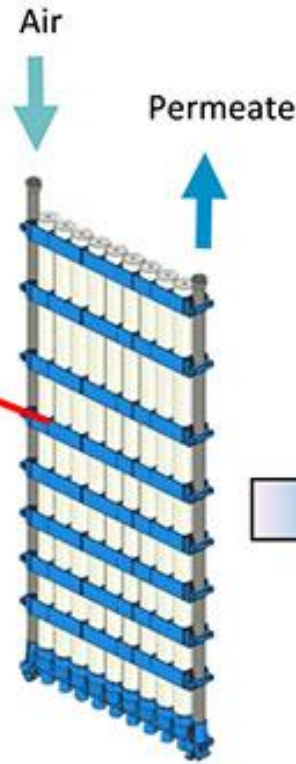
unbreakable reinforced PVDF membranes



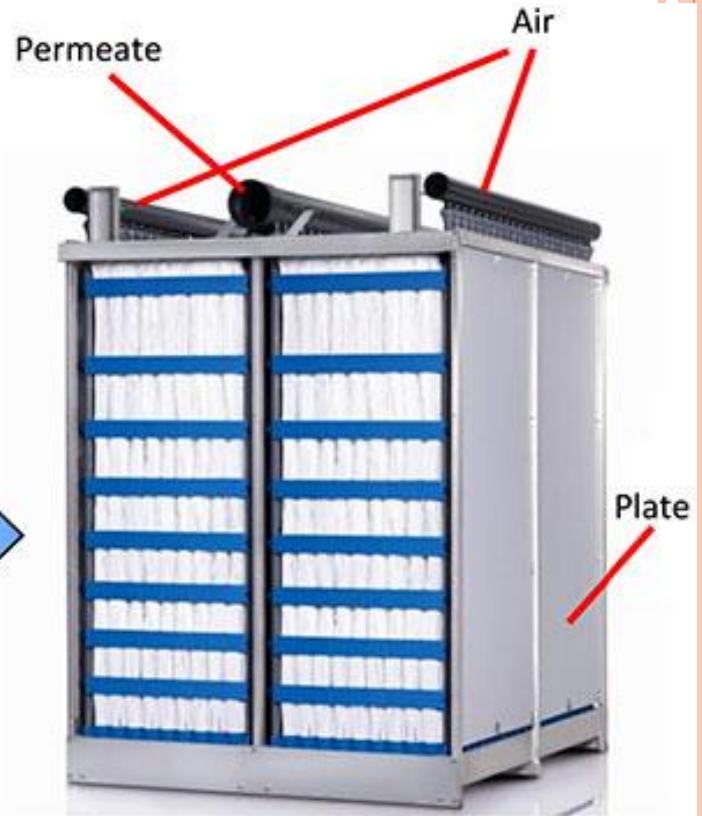
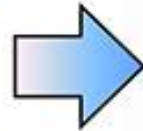
Bundles



Fiber support



Rows



Module

# DEMIRTAŞ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ SU GERİ KAZANIM TESİSİ

# DOSAB ATIKSU ARITMA TESISI

- DOSAB AAT'ye gelen atıksuların %90'a yakını tekstil endüstrilerinden kaynaklanmaktadır.
- DOSAB (Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi) AAT'nde 5-basamaklı Bardenpho prosesi kullanılmaktadır. Oksidasyon havuzlarında farklı bölgelerde anoksik bölgeler oluşturulmuştur.
- Atıksu arıtma tesisi debisi 70.000 m<sup>3</sup>/gün değerine ulaşmış olup, 25.000 m<sup>3</sup>/gün debisine sahip bir MBR tesisi kurulacaktır.
- MBR tesisi çıkış suları RO tesisine verilerek 17.500 m<sup>3</sup>/gün su geri kazanımı hedeflenmektedir.

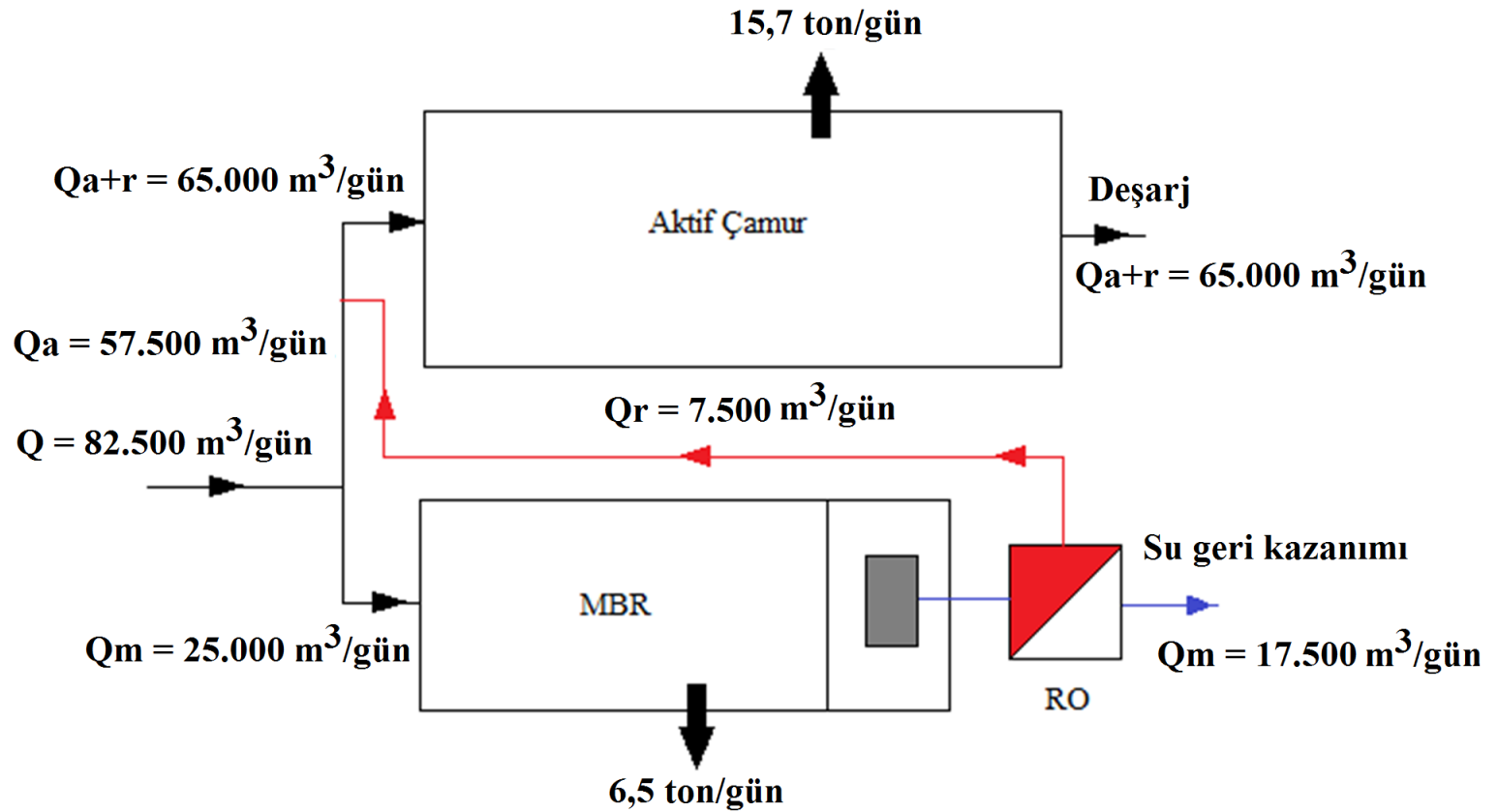
# ATIKSU KARAKTERİZASYONU

Parametere	Birim	Ortalama Değer
KOİ	(mg/L)	1250
Askıda katı	(mg/L)	276
Yağ ve gres	(mg/L)	100
Toplam P	(mg/L)	5,5
Sülfat ( $\text{SO}_4^{-2}$ )	(mg/L)	350
Ca	(mg/L)	60
Alkalinite	(mg $\text{CaCO}_3$ /L)	600
Klorür	(mg/L)	1000
İletkenlik	(mS/cm)	4,8
TKN	(mg/L)	45
pH	-	9
Renk	(Pt-Co)	1000
Sıcaklık	°C	33





# DOSAB SU GERI KAZANIM TESISI



# DOSAB MBR PILOT ÇALIŞMALARı

- DOSAB arıtma tesisinde 4 farklı membran firması tarafından pilot tesis kurularak 6 ay işletilmiş ve farklı alternatifler kıyaslanmıştır.
  - GE
  - KUBOTA
  - Microdyne-Nadir
  - KOCH



# DOSAB MBR PILOT ÇALIŞMALARı

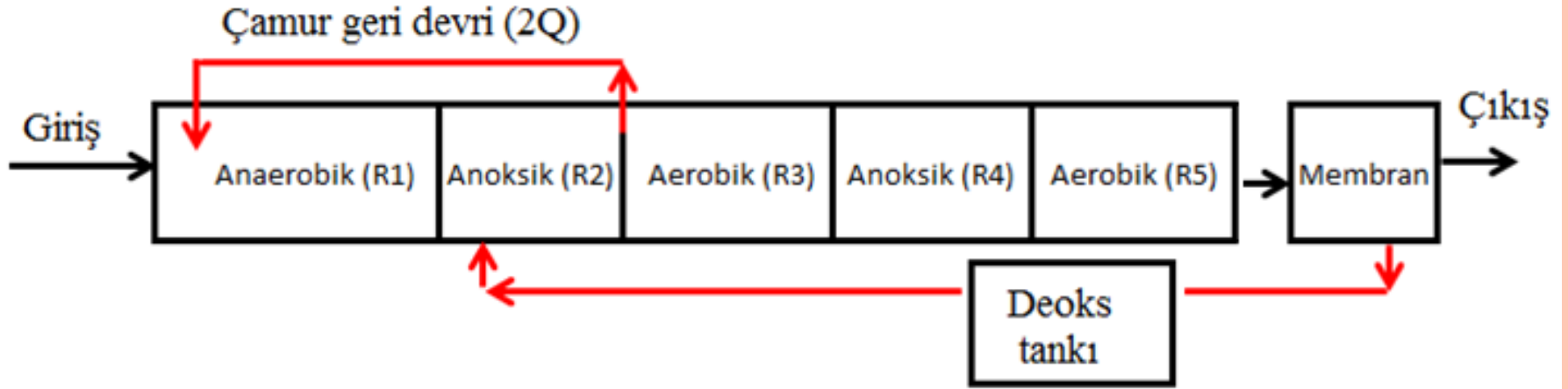




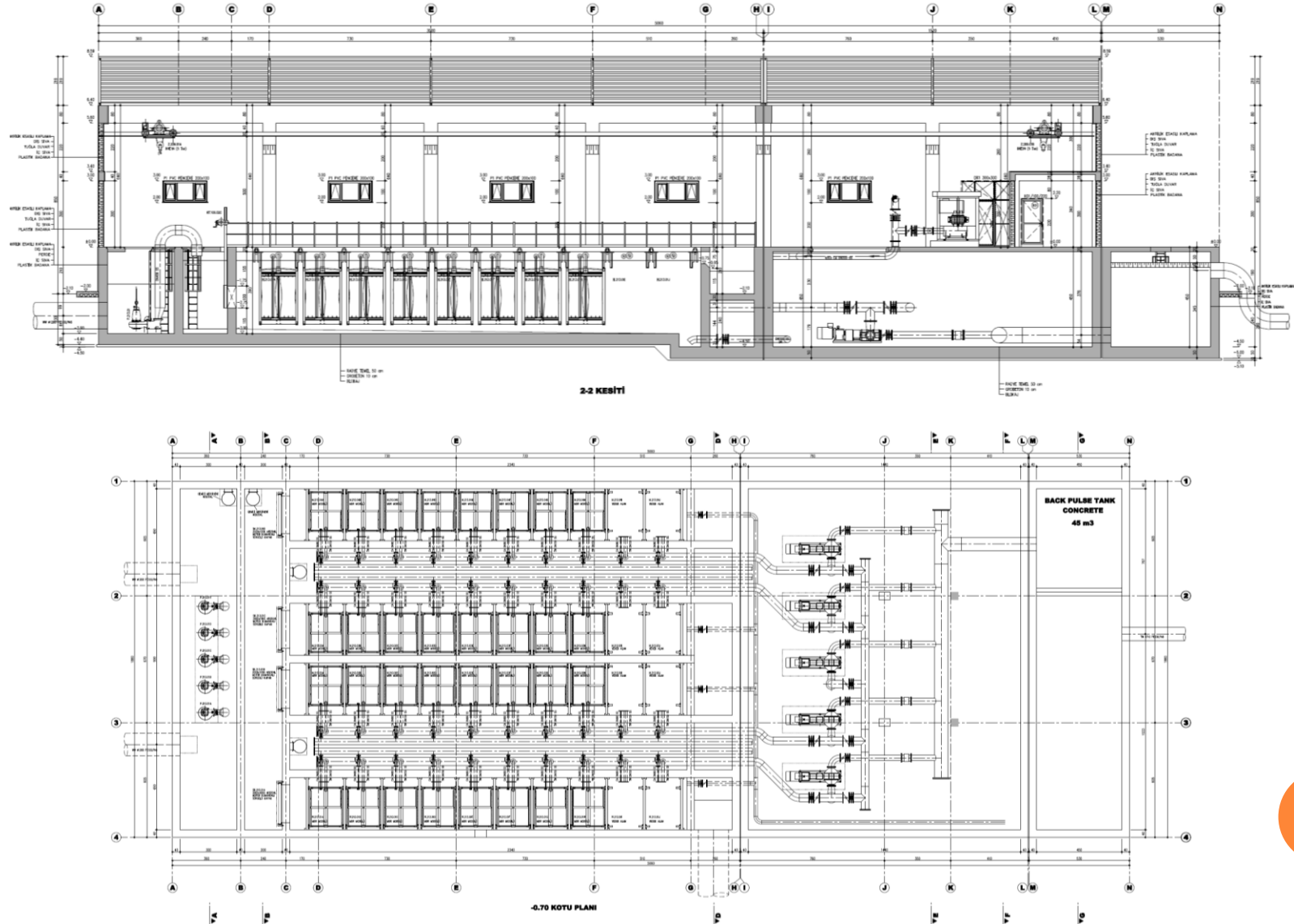
# DOSAB MBR PILOT ÇALIŞMALARı



# KURULACAK MBR TESİSİ

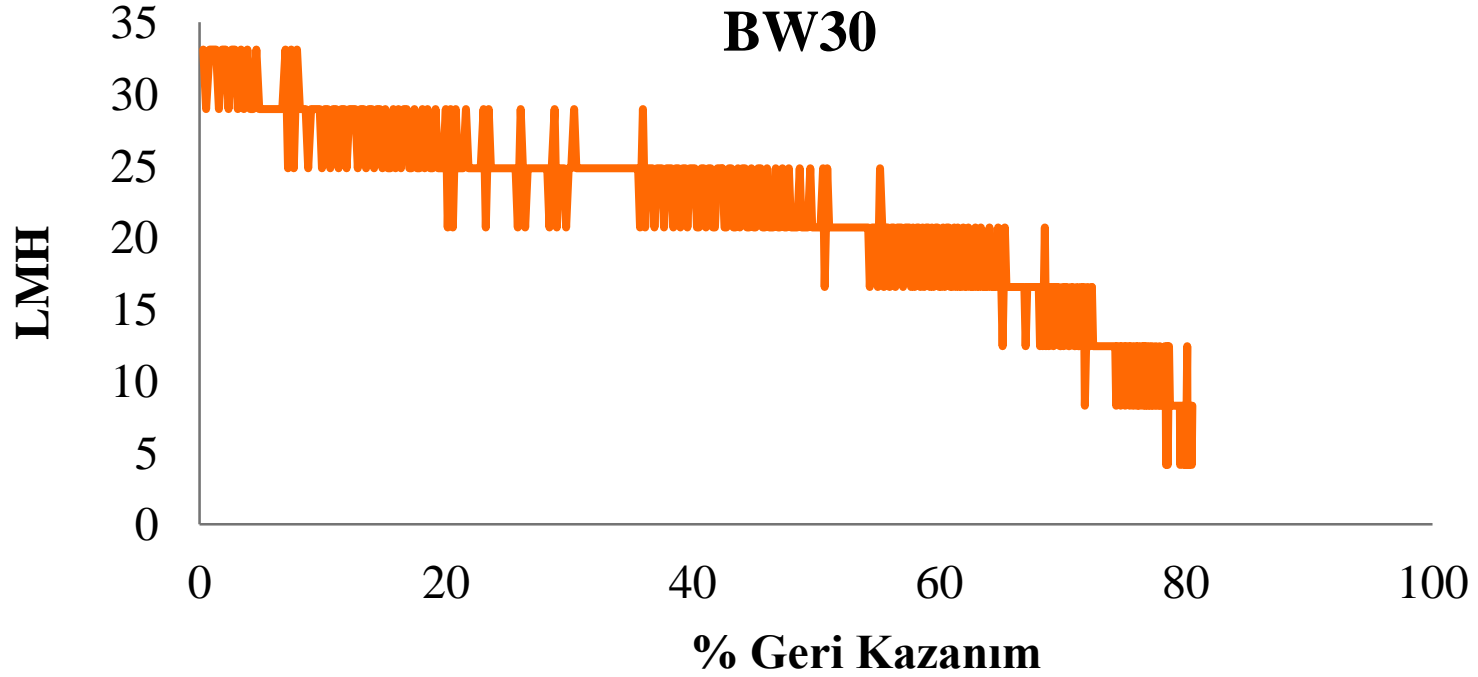


# MBR PROJE AŞAMASI TAMAMLANMAK ÜZERE



# TERS OSMOZ ÇALIŞMALARı

# LABORATUVAR ÖLÇEKLI RO ÇALIŞMALARı



**Şekil .** Biyolojik atıksu arıtma tesisi çıkış suyunun BW-30 (15 bar) ile filtrasyonunda geri kazanım-akı



# LABORATUVAR ÖLÇEKLİ RO ÇALIŞMALARı

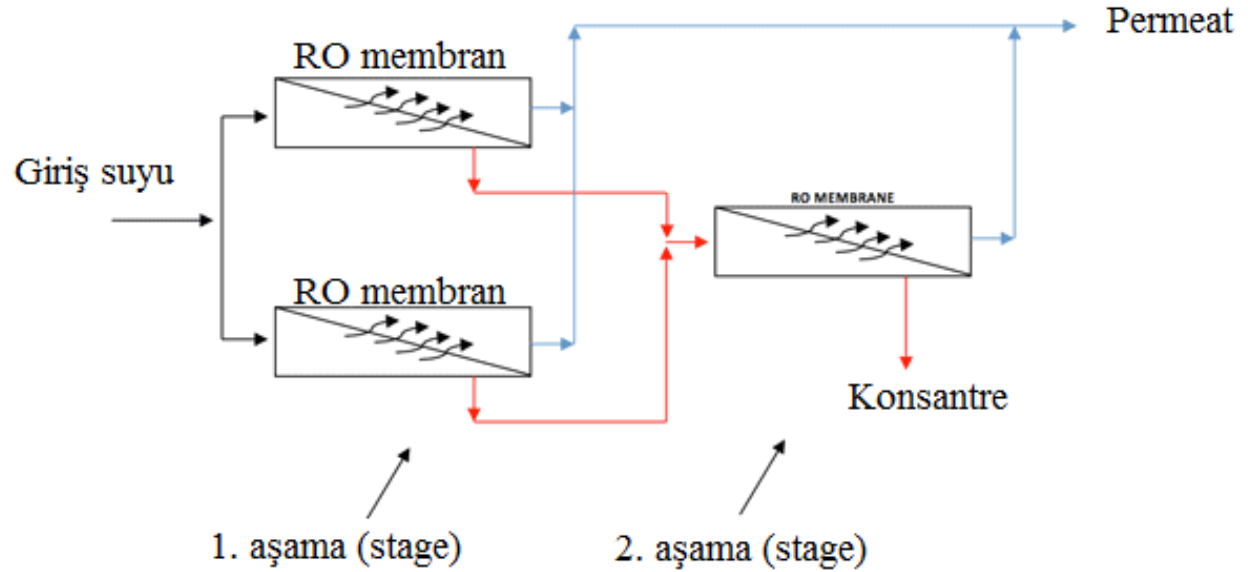
**Tablo.** Kullanılan farklı membran alternatifleri için permeat ve konsantre analiz sonuçları

	KOİ (mg/L)	Pt-Co	İletkenlik (ms/cm)	VRF
Giriş	44.89	196	5150	
BW30 (15 bar) Çıkış	11.22	-	669	5.14
BW30 (15 bar) Konsantre	211.62	1276	23000	

# DOSAB SU GERİ KAZANIM TESİSİNDE KURULACAK RO

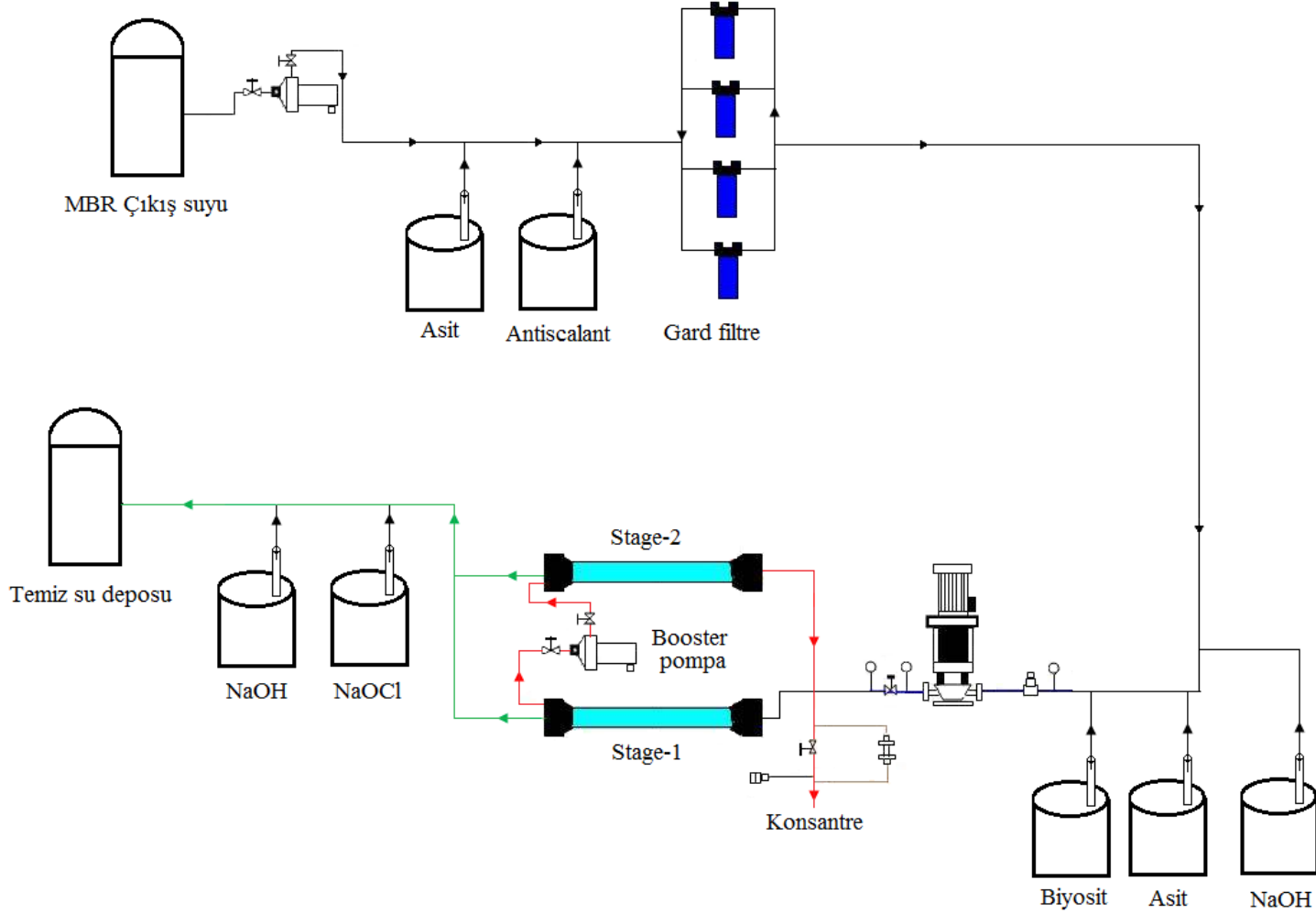
## İki aşamalı (stage) RO tesisi

- Giriş suyu
- Permeat
- Konsantre



**Şekil.** Ters osmoz prosesi akım şeması

# DOSAB SU GERI KAZANIM TESISINDE KURULACAK RO



**Şekil.** Ters osmoz tesisinin genel proses akım şeması ve kimyasal dozaj noktaları

# RO TASARIM

2015-04-28 23:52:45 Modül Ters Osmoz

DOSAB Artıma Tesisi Tasarımı

3/9

## Sistem parametreleri

Su tipi	İkincil çıkış suyu MF/UF filtrasyonu
Sıcaklık	35,00 [°C]
Geri kazanım	70,00 [%]
Hidrolik geri kazanım	70,00 [%]
Besleme debisi	1190,86 [m <sup>3</sup> /h]
Besleme debisi stage 2	1190,86 [m <sup>3</sup> /h]
Permeat debisi	833,60 [m <sup>3</sup> /h]
Sistem permeat debisi	833,59 [m <sup>3</sup> /h]

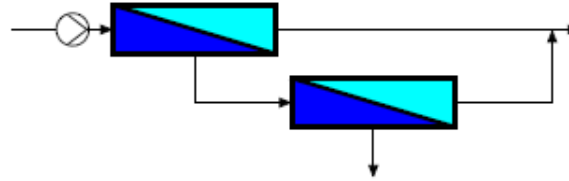
## Sistem konfigürasyonu

Pass	1 / 1
Stage sayısı	2
Permeat karıştırma	Hayır
Permeat sirkülasyonu	Hayır
Konsantre sirkülasyonu	Hayır
Enerji gerikaz. cihazı	Hayır

## pH ayarlaması

pH	7,80
Kimyasal	
Dozaj (100%)	0,00 [mg/l]

## Pass dizaynı 1



## Membran parametreleri

Varsayılan membran yaşı	3,00 [a]
Ortalama membran yaşı	3,00 [a]
Akıda azalma	13,00 [%]
Tuz geçişi artışı	10,00 [%/a]
Ortalama permeat akısı	19,87 [l/m <sup>2</sup> /h]
Permeat tuzluluğu	72,90 [mg/l]
Permeat iletkenliği	154,84 [μS/cm]

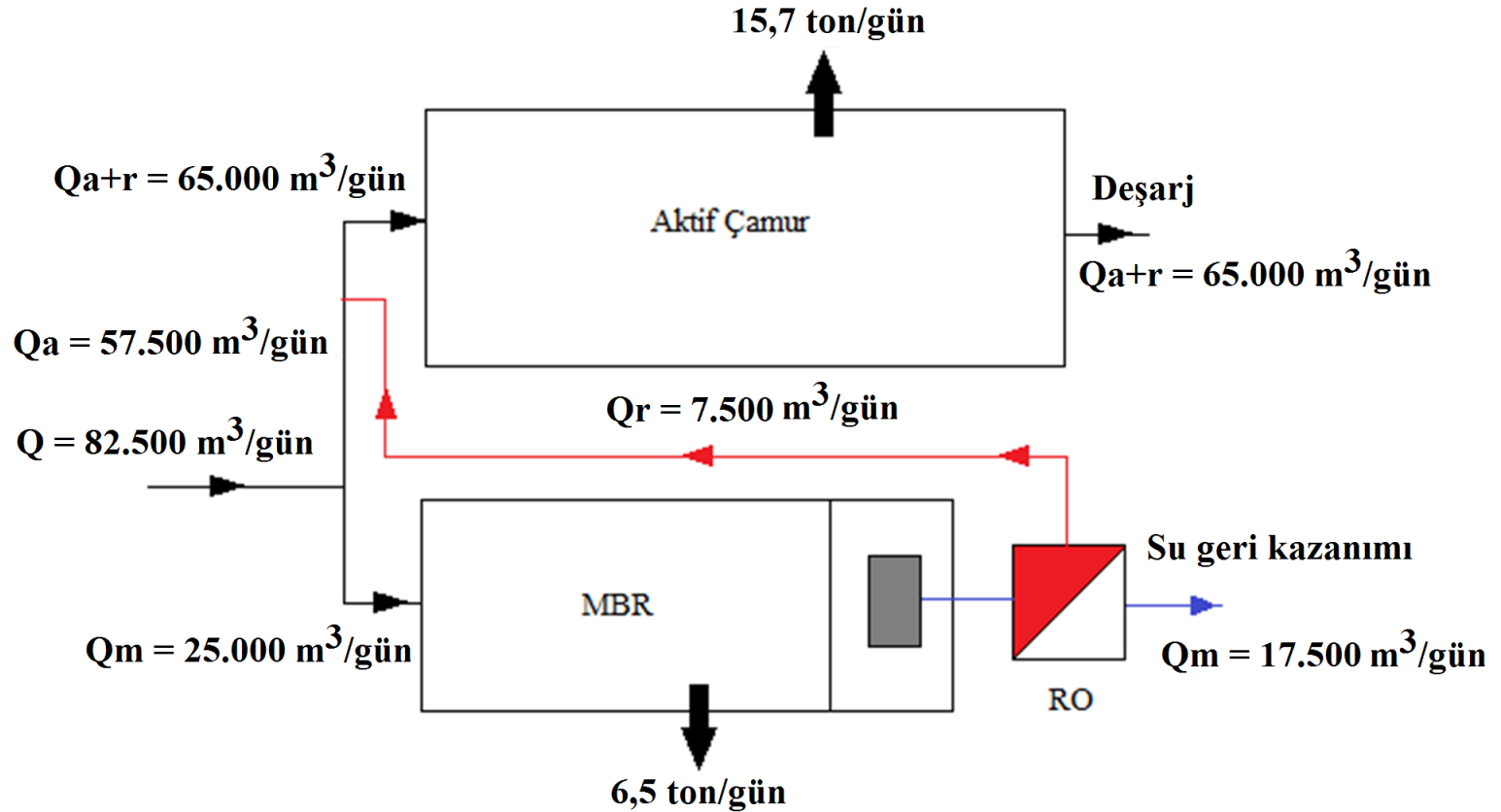
Stage	1	2
Modül tipi	RO B400 FR	RO B400 FR
Dışkap sayısı / Dışkap başına düşen modül sayısı	125 / 6	63 / 6
Besleme basıncı [kPa]	939,93	838,79
Konsantre basıncı [kPa]	838,79	733,76
Permeat basıncı [kPa]	0,00	0,00
Permeat akısı [l/m <sup>2</sup> /h]	23,26	13,13
Dışkap başına düşen besleme debisi [m <sup>3</sup> /h]	9,53	8,60
Dışkap başına düşen konsantre debisi [m <sup>3</sup> /h]	4,34	5,67

# RO TASARIM

Kompozisyon	Besleme Ham Su	Konsantre	Permeat Nihai	Scaling	Besleme suyu
<b>İyonlar</b>	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	CaSO <sub>4</sub> [% Sat.]	1,73
Na	1152,000	3758,240	39,660	BaSO <sub>4</sub> [% Sat.]	144,46
Ca	57,740	191,275	0,701	SrSO <sub>4</sub> [% Sat.]	0,64
Mg	17,140	56,780	0,208	SiO <sub>2</sub> [% Sat.]	17,69
K	42,130	131,101	4,259	CaF <sub>2</sub> [% Sat.]	0,00
Sr	0,328	1,087	0,004	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	-2,06
Ba	0,060	0,199	0,001	LSI	1,00
NH <sub>4</sub>	0,378	1,190	0,032	SDSI	0,86
Fe(II)	0,378	1,257	0,003	<b>Scaling</b>	<b>Konsantre</b>
Mn	0,017	0,057	0,000	CaSO <sub>4</sub> [% Sat.]	7,75
Cl	1130,000	3671,643	36,322	BaSO <sub>4</sub> [% Sat.]	618,76
SO <sub>4</sub>	260,300	861,865	1,688	SrSO <sub>4</sub> [% Sat.]	2,84
CO <sub>3</sub>	7,577	105,236	0,005	SiO <sub>2</sub> [% Sat.]	44,80
HCO <sub>3</sub>	1017,400	3234,925	32,400	CaF <sub>2</sub> [% Sat.]	0,00
NO <sub>3</sub>	77,160	212,324	18,415	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	-0,00
F	0,000	0,000	0,000	LSI	2,46
SiO <sub>2</sub>	22,110	72,151	0,664	SDSI	1,99
B	0,225	0,262	0,209	<b>Scaling</b>	<b>Permeat</b>
PO <sub>4</sub>	1,710	5,682	0,003	LSI	-3,33
CO <sub>2</sub>	20,060	20,060	20,060	RI	13,03
TDS [mg/l]	3786,653	12304,765	134,573	CCPP	-42,43
pH	7,800	8,256	6,374		
İletkenlik [µS/cm]	5807,561	18076,267	225,703		
Ozmotik basınç [kPa]	261,078	808,989	10,043		
LSI	1,005	2,458	-3,328		



# KONSANTRE GERI DEVRI MEVCUT TESISI OLUMSUZ ETKILER MI?



# TERS OSMOZ TESİSİNDE OLUŞAN KONSANTERENİN BERTARAF METOTLARI

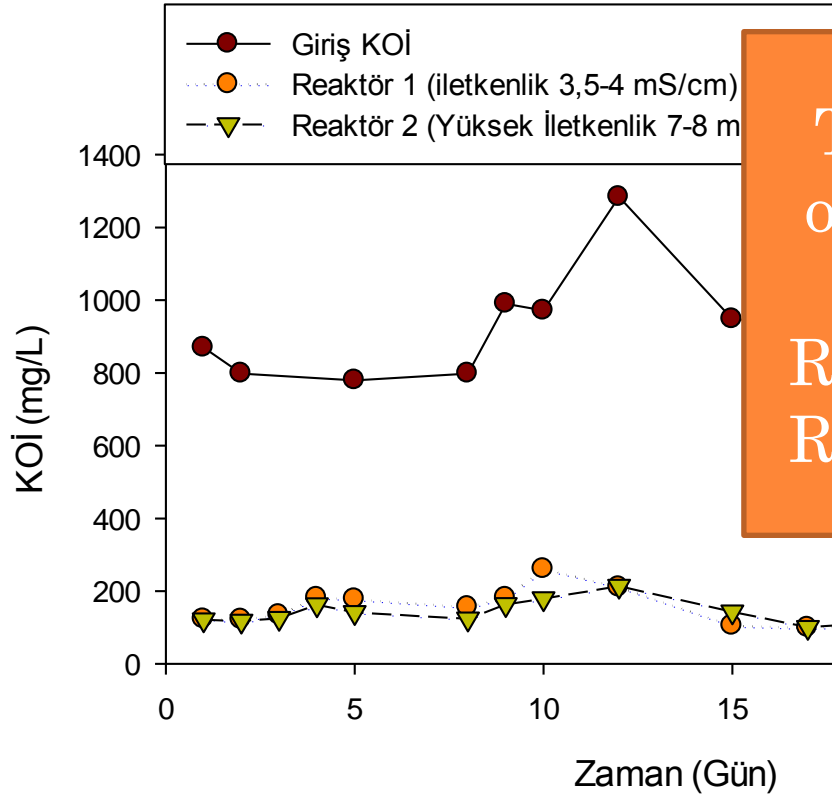
- Tazelenme konsantrasyonunun konsantrasyonunun arttırılması gerekmektedir.

İletkenliğin 7 mS/cm Değerine Çıkması Biyolojik Arıtımı Nasıl Etkiler?

Yükleri

Parametre	Konsantrasyonun Arttırılması		Revize Tesis Girişi Debi = 65.000 m <sup>3</sup> /gün
	Debi = 57.500 m <sup>3</sup> /gün	Debi = 7.500 m <sup>3</sup> /gün	
İletkenlik, mS/cm	5,5	16	6,7
KOİ, mg/L	1.187,50	272	1.081,59
AKM, mg/L	361,00	0	319,35
TKN Azotu, mg/L	70,00	18,315	64,02
Fosfor (P) , mg/L	7,00	6,66	6,95
Renk,Pt-Co	1.300	1665	1342

# LABORATUVAR ÖLÇEKLI ÇALIŞMALAR



Tuz varlığı performansı olumsuz etkilememiştir.

Reaktör-1 =  $150 \pm 48$  mg/L  
Reaktör-2 =  $141 \pm 30$  mg/L

**Şekil** Laboratuvar ölçekli reaktörlerin işletimi sırasında KOİ değerlerinin değişimi. Reaktör 1: DOSAB Atıksuyu ile beslenen reaktör, Reaktör 2: dışarıdan tuz ilave edilen DOSAB atıksuyu ile beslenen reaktör

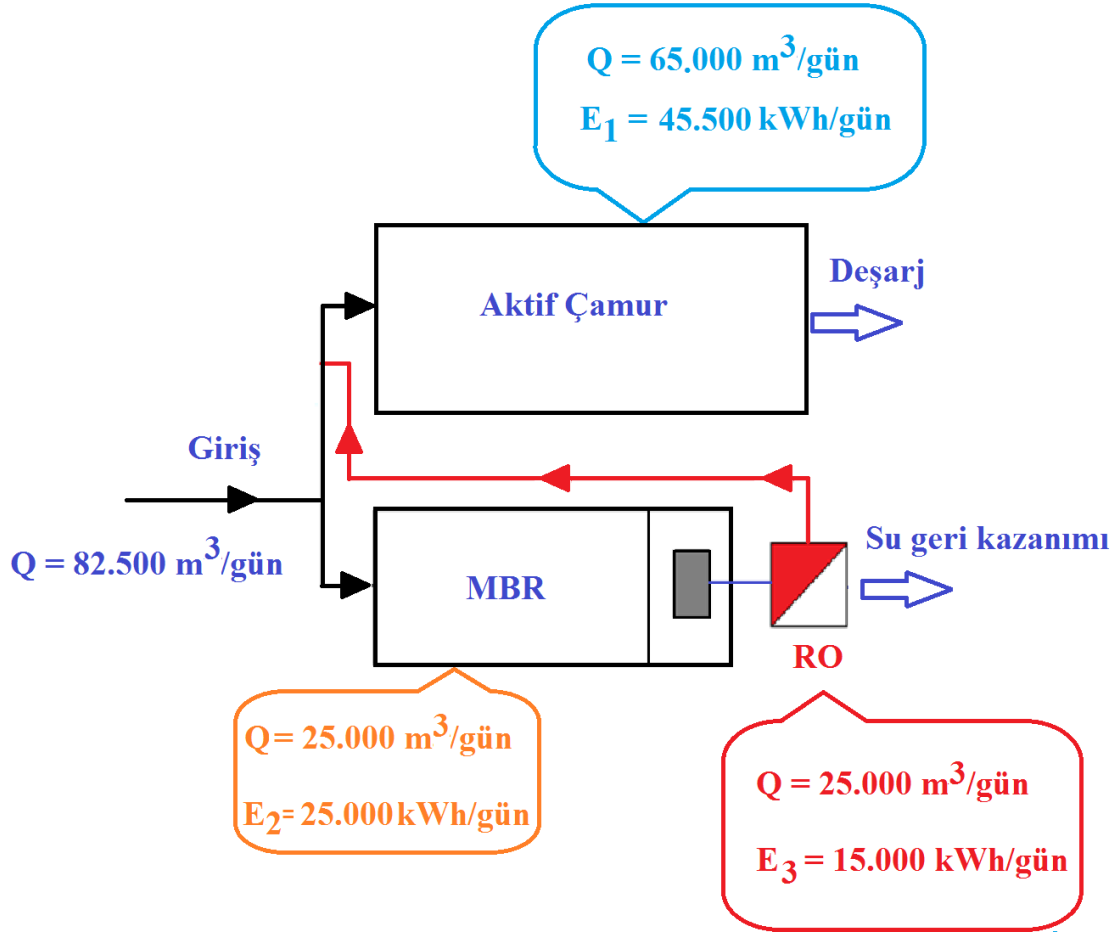
# GERİ KAZANIM TESİSİNİN ENERJİ İHTİYACI

**Mevcut Arıtma Tesisi = 0,7 kWh/m<sup>3</sup>**

**MBR = 1 kWh/m<sup>3</sup>**

**Ters Osmoz = 0,6 kWh/m<sup>3</sup>**

# GERİ KAZANIM TESİSİNİN ENERJİ İHTİYACI



**Toplam Enerji ihtiyacı = 85.500 kWh/gün**

# TEŐEKKÜRLER