



Desalinasyon Teknolojileri

Deniz Suyu Arıtımı

Doç. Dr. Derya Y. Koseoglu-Imer
İstanbul Teknik Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Bölümü



INNOVATIVE AND SUSTAINABLE
MEMBRANE SOLUTIONS FOR
GREEN FUTURE

Su kıtlığı

- Su kıtlığı, tüm dünyada günümüz ve gelecek için önemli bir sorundur. Doğal ve antropojenik faaliyetler nedeniyle tatlı sular hızla tükenmektedir.
- Nüfus artışı, kişi başına artan su tüketimi ve ekonomik büyüme ile bağlantılı artan su talepleri, iklim değişikliği, kirlilik vb.
- Mevcut su kaynaklarının yetersiz hale gelmeye başlamasıyla alternatif çözümler (alternatif su kaynakları) mecburi hale gelmektedir
- Su sorununa çözüm ve iklim değişikliği ile uyum seçeneği olarak deniz suyunun tuzdan arındırılması giderek önem kazanmaktadır
- Mevcut toplam suyun yaklaşık %97,5'ini deniz suyu oluştururken, geri kalan %2,5'lik kısmını yer altı ve yüzeysel su kaynakları oluşturmaktadır. Yer altı ve yüzeysel su kaynaklarının %80'i buzullardaki donmuş sulardır (%2), dolayısıyla mevcut toplam miktarın yalnızca %0,5'i göllerde, nehirlerde ve akiferlerde bulunmaktadır

Denizler

- Desalinasyon, tatlı su üretmek için acı veya deniz suyundan tuzların uzaklaştırılması yöntemidir. Deniz suyunun tuzdan arındırılmasının, "sınırsız", iklimden bağımsız ve istikrarlı yüksek kaliteli su kaynağı sağlayarak, su kaynaklarını hidrolojik döngüden elde edilenin ötesine taşıyabilme kapasitesi vardır
- Dünya üzerindeki denizlerin tuzluluk seviyeleri birbirinden farklıdır. Deniz suyundan tatlı su elde edilmesi yüksek maliyetlere ihtiyaç duyduğu için, tuzluluk oranının kullanılacak tekniğin seçilmesinde etkisi büyüktür.

Denizler*	Tuz Konsantrasyonu (‰)
Baltık Denizi	7
Hazar Denizi	13
Pasifik Okyanusu	34
Atlantik Okyanusu	36
Kızıldeniz	43
Basra Körfezi	43
Karadeniz	18
Marmara Denizi	22
Ege Denizi	38
Akdeniz	43

* Dünya üzerindeki farklı denizlerin tuz oranları (Can ve diğ, 2002)

Tuzluluk

TDS konsantrasyonuna bağlı su tuzluluğu (Saji ve diğ., 2020)

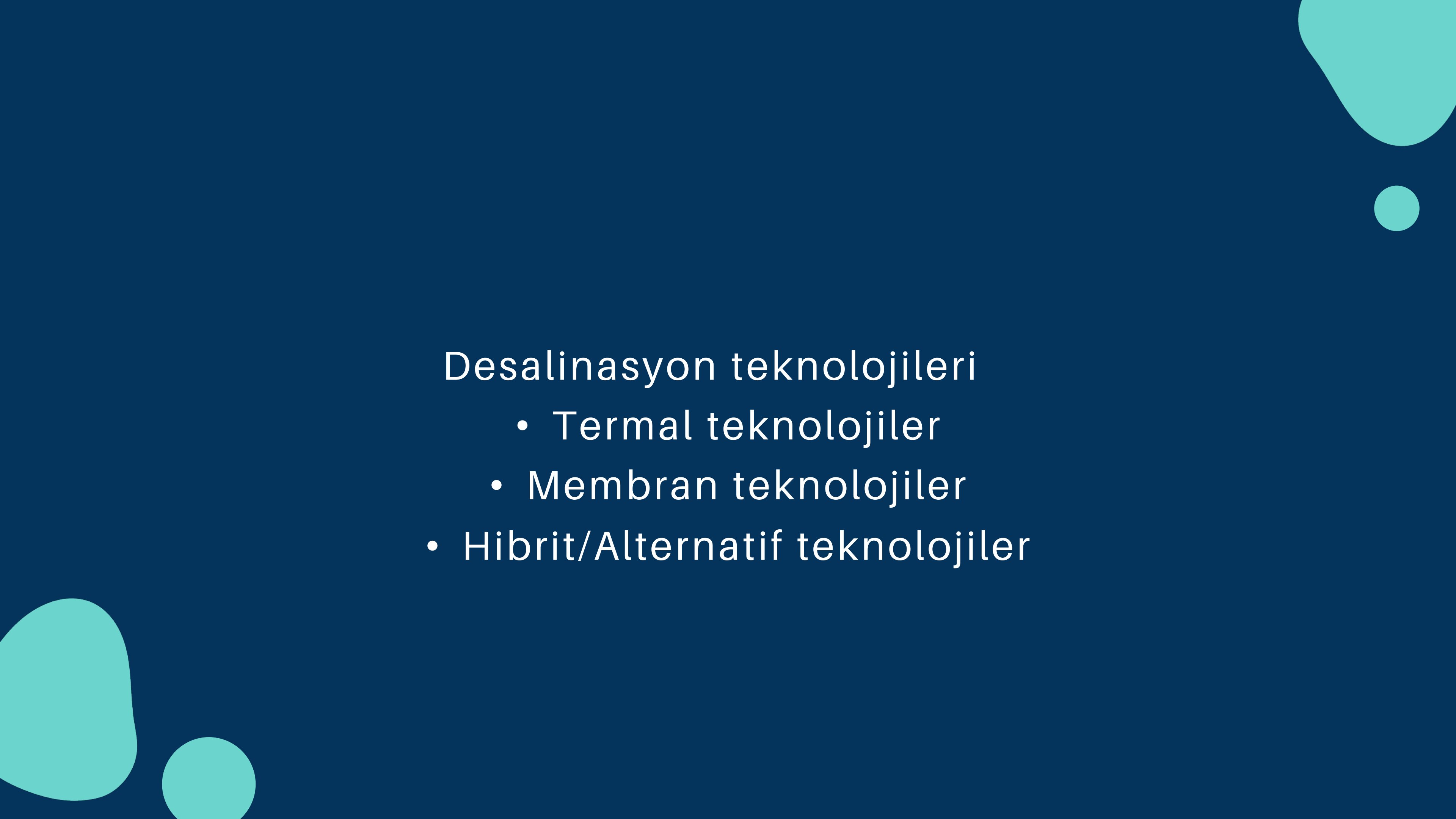
Su kaynağı	TDS konsantrasyonu (mg/L)
Tatlı su (akarsular, nehirler, göller, akiferler)	< 500
Acı su (nehir ağzı/gelgit yüzey suları, kıyı akiferleri, derin iç akiferler)	> 500–30000
Deniz suyu	30000-50000
Tuzlu su	> 50000

Deniz suyunun coğrafi konumlara göre iyonik bileşimi (Saji ve diğ., 2020).

Deniz suyu bileşimleri (mg/l)	Akdeniz	Arap Körfezi	Kızıldeniz
Klorür	21200	23000	22219
Sodyum	11800	15850	14255
Sülfat	2950	3200	3078
Magnezyum	1403	1765	742
Kalsiyum	423	500	225
Potasyum	463	460	210
Bikarbonat	-	142	146
Bromür	155	80	72
Borat	26	72	-
Stronsiyum	13	-	-
TDS	38600	45000	41000

Tarihsel gelişme

- Tuzun değerli olduğu zamanlar
- Modern zamanlar: Buharlaştırma veya osmoz gibi doğal süreçleri taklit eden ileri teknolojiler
- 1912'de Mısır'da, günde yaklaşık 75 m³ su üreten ilk büyük endüstriyel tuzdan arındırma tesisi olan 6 aşamalı Çok Etkili Evaporatör inşa edilmiştir
- II. Dünya Savaşı sırasında kurak bölgelerdeki askeri kuruluşa su sağlamak
- 1950'lerde Suudi Arabistan, Kuveyt, Bahreyn ve Katar'da suyun büyük kum filtreleriyle ön arıtmaya tabi tutulduğu ilk yeni tuzdan arındırma tesisleri kurulmuştur
- ABD İçişleri Bakanlığı 1952 yılında Tuzlu Su Dönüşümü ile Tuzlu Su Ofisi'ni kurmuştur
- 1960'ların sonlarında, dünyanın farklı yerlerinde, çoğu termal prosesler kullanan ve günde yaklaşık 8000 m³ su üreten ticari tuz giderme üniteleri kurulmuştur
- Ters osmoz terimi ilk olarak ABD İçişleri Bakanlığı'nın Tuzlu Su Ofisi'nin 1955'teki yıllık raporunda ortaya çıkmıştır
- 1970'lerde, ters osmoz ve elektrodializ gibi ticari membran süreçlerine odaklanmaya yönelik geliştirme çabaları devam etmiş ve bu teknolojiler yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır

- 
- Desalinasyon teknolojileri
- Termal teknolojiler
 - Membran teknolojiler
 - Hibrit/Alternatif teknolojiler

Termal desalinasyon teknolojilerinin karşılaştırılması (Islam ve diğ, 2018)

Teknoloji	Avantajları	Dezavantajları
MSF Çok aşamalı flaş distilasyon	• Besleme suyunun tuzluluğunun, MSF'nin süreci veya maliyetleri üzerindeki az etkisi • 10 mg/L'den daha az TDS içeren ürün suyu kalitesi	• Yüksek düzeyde teknik bilgi ile birlikte kurulum ve işletme maliyeti • Düşük geri kazanım oranı • Kireçlenme ve korozyon
MED Çok etkili distilasyon	• MSF ile karşılaştırıldığında daha iyi termal performans • Distilasyon işleminde atık ısı kullanıldığında düşük işletme maliyeti	• Damıtma işlemi için atık ısı bulunmadığında yüksek işletme maliyetleri ve korozyon
VC Buhar sıkıştırılmalı distilasyon	• Küçük ve orta ölçekli kurulum, taşınabilir olacak şekilde tasarlanabilir ve minimum ön arıtma gerektirir. • Tesisin sermaye maliyeti makul ve işletimi basit ve güvenilir	• Kolayca bulunamayan büyük, pahalı buhar kompresörlerinin gerekliliği • Kireçlenme ve korozyon

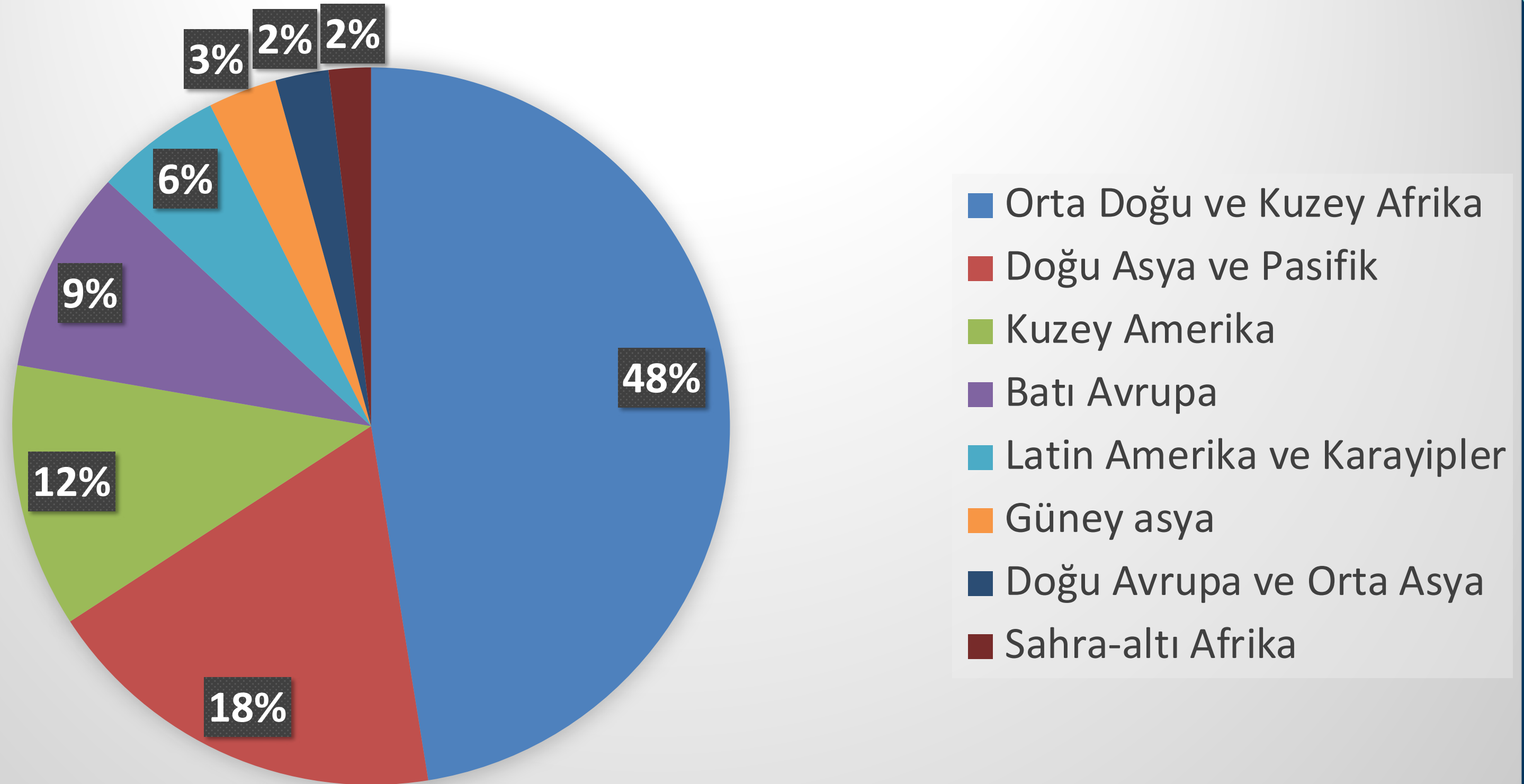
Membran desalinasyon teknolojilerinin karşılaştırılması (Ahmed ve diğ, 2020; Islam ve diğ, 2018)

Teknoloji	Avantajları	Dezavantajları
RO	• Tuzlu sulardan sadece çözünmüş katıları değil, aynı zamanda organik, kolloidal ve bazı mikroorganizmalarda uzaklaştırılır • Yüksek su kalitesi	• Yüksek maliyetli membranlar ve ortalama ömürleri 2-5 yıl arasındadır • Membranların daha uzun süre dayanması için partikülleri uzaklaştırmak için besleme suyunun ön arıtımı gereklidir • RO membranları pH'a, oksitleyicilere, çok çeşitli organiklere, algelere ve bakterilere ve diğer kirleticilere karşı hassastır • Ön arıtma gerekliliği maliyeti artırır
ED	• Daha ekonomik ve kontrolü kolaydır • Daha yüksek membran ömrü	• Ayırma için itici güç bir elektrik alanı olduğundan, çözeltiden yalnızca iyonik bileşenleri uzaklaştırabilir • RO gibi, iyonları çözeltiden ayırmak için gereken enerji konsantrasyonla artar
FO	• Yüksek basınç gerektirmez ve aynı nedenle RO membranları kadar kirlenmeye ve kireçlenmeye eğilimli değildir	• Osmoz yoluyla su, deniz suyundan tuzu reddeden membrandan çekme çözeltisine taşınır. Uygun bir çekme çözeltisi hazırlanmalıdır

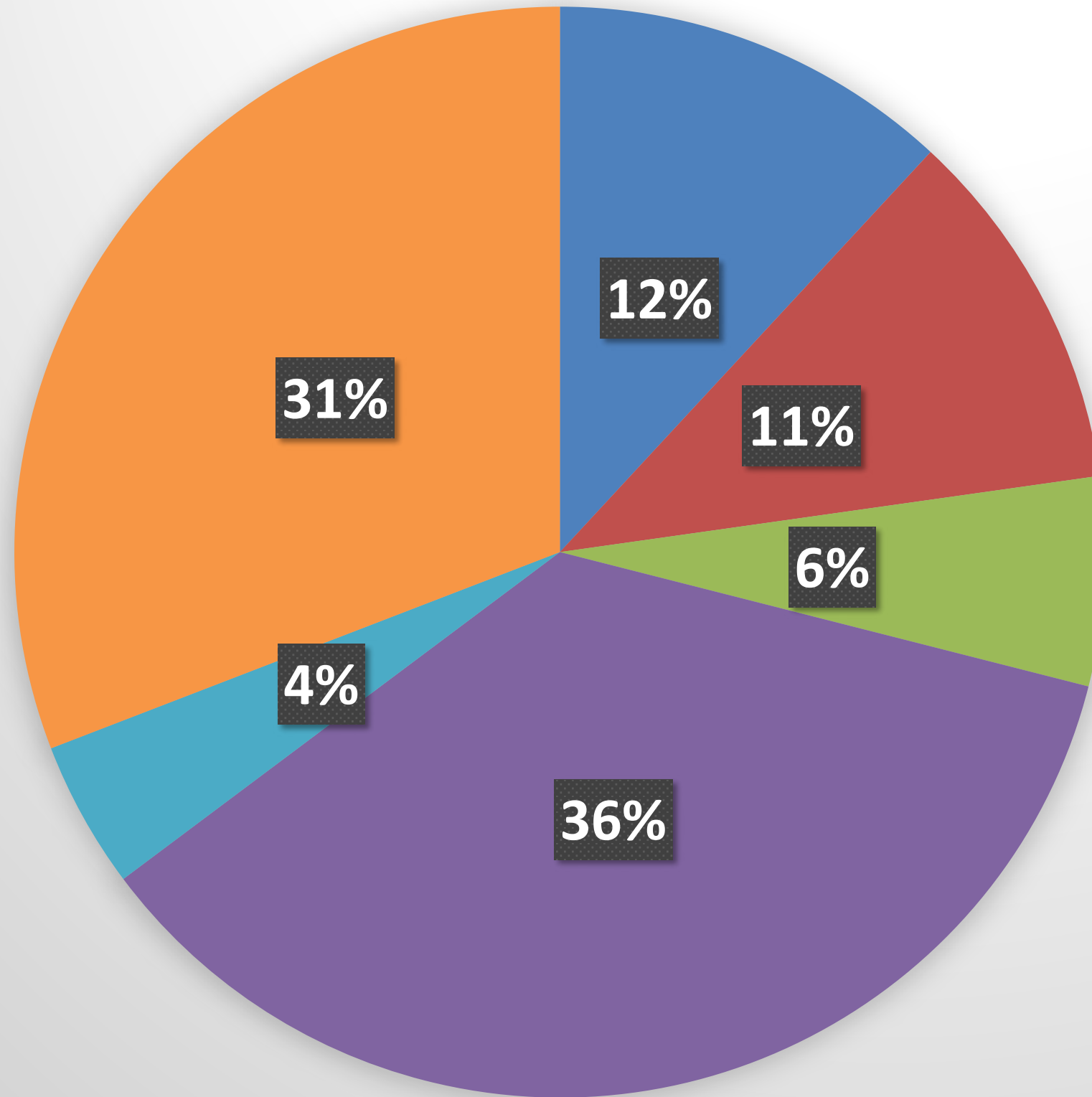
Tesisler

- Deniz suyunun uygun maliyetle tuzdan arındırılmasında kaydedilen ilerleme, kentsel su temini sağlamanın alternatif bir yolunu sağlamıştır
- Tatlı su üretmek için tuzdan arındırma yöntemini kullanan 150'den fazla ülke vardır.
- Dünya genelinde desalinasyon tesislerinin büyüklük ve sayısı 2010'dan bu yana yıllık ortalama yaklaşık %6,8 oranında artmıştır ve bu da yıllık ortalama yaklaşık 4,6 milyon m³/gün üretim kapasitesine eşdeğer bir artışa denk gelmektedir.
- Her gün 300 milyondan fazla insan tuzdan arındırılmış sudan faydalanmaktadır. Yalnızca Ocak 2019'dan Şubat 2020'ye kadar, dünya çapında taahhüt edilen ve kurulan toplam yeni desalinasyon tesisi sayısı 155'tir ve bu da 5,2 milyon m³/gün ek kurulu kapasite sağlamaktadır.

Desalinasyon kapasitesi-Global



Desalinasyon kapasitesi-Körfez ülkeleri



- Kuveyt
- Katar
- Umman
- Suudi Arabistan
- Bahreyn
- Birleşik Arap Emirlikleri

Akdeniz havzasındaki desalinasyon tesislerinin kapasiteleri (European Commission, 2021).

	Ülkeler	Avrupa ülkeleri arasındaki desalinasyon kapasitesi (%)
Akdeniz havzası	İspanya	65
	İtalya	7,5
	Fransa	3,5
	Kıbrıs	3,4
	Malta	2,9
	Yunanistan	2,8
Kuzey Avrupa Ülkeleri	Almanya	4
	Hollanda	3,8
	Belçika	1,9
	İrlanda	1,1

Avrupa'da en yaygın desalinasyon teknolojileri (European Commission, 2021)

Teknoloji	% kapasite
RO	83
ED ve EDR	9
NF	3
MED	3
MSF	1
Diğerleri	1

Konsantre problemi

Konsantre miktarı büyük ölçüde tesis geri kazanımının bir fonksiyonudur ve bu da kaynak suyun toplam çözünmüş konsantrasyonu (TDS) (tuzluluğu) ile orantılıdır. Deniz suyu tuzdan arındırma tesisi geri kazanımı tipik olarak %40 ila %65 ile sınırlıdır ve deniz suyu tuzdan arındırma tesislerinden elde edilen konsantrenin TDS seviyesi genellikle 65000-85 000 mg/l aralığındadır

Teknoloji	RO	MSF	MED	ED	MD
Geri kazanım oranı	%35-50	%20-25	%20-25	%80-90	%50-99

Teşekkürler



Innovative and
Sustainable Membrane
Solutions for Green Future



www.innobrane.com

Innobrane ©2022. All Rights Reserved.