T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ VAKUM DESTİLASYON YÖNTEMİ İLE DENİZ SUYUNDAN TATLI SU ELDESİNİN ENERJİ ANALİZİ

Mükerrem Sinem MUNGAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR
Temmuz 2021

T.C

DİCLE UNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Mükerrem Sinem MUNGAN tarafından yapılan "Güneş Enerjisi Destekli Vakum Destilasyon Yöntemi İle Deniz Suyundan Tatlı Su Eldesinin Enerji Analizi" konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir

Jüri Üyesinin

Ünvanı Adı Soyadı

Başkan: Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN

Üye : Prof. Dr. Vedat ORUÇ

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Orhan ARPA

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 13/07/2021

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../20

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ

ENSTİTÜ MÜDÜR V.

(MÜHÜR)

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecinde bilgi birikimi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, olumlu tavırlarıyla beni cesaretlendiren değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Orhan ARPA'ya, hayatta hep yanımda olan ve aldığım kararları destekleyen annem Müzeyyen MUNGAN ve rahmetli babam Erol MUNGAN'a, yüksek lisans eğitimim boyunca bana her türlü desteği veren ve yol arkadaşlığı eden ablam Suphiye MUNGAN ve kardeşim M.Ekrem MUNGAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz 2021, Diyarbakır

Mükerrem Sinem MUNGAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR I
İÇİNDEKİLER II
ÖZET IV
ABSTRACT V
ÇİZELGE LİSTESİ VI
ŞEKİL LİSTESİ VII
KISALTMA VE SİMGELER IX
1. GİRİŞ 1
1.1. Suyun Önemi ve Kullanımı 2
1.1.1. Suyun Dünyadaki Yeri 2
1.1.2. Ülkemizdeki Su Verileri 4
1.1.3. Türkiye'de Su Kaynakları ve Kullanılabilirliği 5
1.2. Türkiye Güneş Enerji Potansiyeli 6
1.3. Deniz Suyu 7
1.3.1. Deniz Suyu Özellikleri ve Kalitesi 7
1.4. Deniz Suyundan Temiz Su Üretme Yöntemleri 8
1.4.1. Çok İşlemli Damıtma 9
1.4.2. Çok Kademeli Şok Damıtma 10
1.4.3. Buhar Sıkıştırmalı Damıtma 11
1.4.4. Termal Buhar Sıkıştırma 12
1.4.5. Mekanik Buhar Sıkıştırma 12
1.4.6. Güneşle Damıtma 13
1.4.7. Membran Yöntemler 14
1.4.7.1. Ters Ozmos 14
1.4.7.2. Elektrodiyaliz 15
1.4.7.3. Membran Distilasyonu 17
1.5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları 17
1.5.1. Güneş Enerjisi 17
1.5.2. Rüzgar Enerjisi 18
1.5.3. Jeotermal Enerji 18
1.5.4. Hidroelektrik 19
1.6. Güneş Enerjili Su Damıtma Düzeneklerinin Tarihçesi 19
2. KAYNAK ÖZETLERİ 23
3. MATERYAL VE METOT 29

3.1. Güneş Kollektörü: 32
3.2. Buhar Üretici Isı Değiştirici: 33
3.3. Tuzsuz Buhar Miktarının Belirlenmesi : 35
3.4. Yoğuşturucu: 35
3.5. Vakum Pompası: 37
3.6. Pompa: 37
3.7. Basınç Anahtarı: 40
3.8. Selonoid Vana: 40
3.9. Pv Panel: 40
3.10. Temiz Su Tankı: 42
3.11. Tuz Toplama Tankı: 42
3.12. Maliyet Analizi 42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 45
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 57
5.1. Sonuç 57
5.2. Öneriler 58
6. KAYNAKLAR 59
ÖZGEÇMİŞ 62

ÖZET

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ VAKUM DESTİLASYON YÖNTEMİ İLE DENİZ SUYUNDAN TATLI SU ELDESİNİN ENERJİ ANALİZİ

Mükerrem Sinem MUNGAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2021

Günümüzde tüm dünyanın sorunu haline gelen temiz su ihtiyacını karşılamak için yeni çözümler bulunması gerekmektedir. Bu çözümlerden bir tanesi de deniz suyundan tatlı su elde edilmesidir. Üç tarafı denizlerle kaplı olan ülkemiz hem bu açıdan hem de bu sistemler için gerekli olan enerji göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisini kullanmak açısından da oldukça şanslı bir konumda bulunmaktadır.

Bu çalışmada güneş enerji destekli vakum destilasyon yöntemi kullanılarak deniz suyundan tatlı su elde edilmesinin teorik analizi yapılmıştır. Bu analiz için güneş kolektörlerinden elde edilen enerji ile vakum altındaki ısı değiştiricide deniz suyu buharlaştırılarak tuzdan arındırılmış, daha sonra yoğuşturucuda deniz suyu soğutması ile tatlı su elde edilmiştir. Sistem için gerekli olan enerji ihtiyacı da yine güneş enerjisi kullanılarak PV paneller tarafından sağlandığı düşünülmüştür.

Farklı basınçlar altında üretilen tatlı su miktarları hesaplanarak kıyaslanmıştır. Sistemden vakum altında ve atmosferik basınçta üretilecek olan su miktarları hesaplanarak kıyaslama yapılmış ve vakum altında üretim yapılmasının avantajları ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Sistemin maliyet analizi de yapılmış olup yaklaşık olarak üretilecek suyun metreküp fiyatı belirlenmiştir. Bu çalışmada İzmir ili iklim koşulları ve Ege denizi değerleri kullanılmıştır. Güneş enerji tabloları, güneşlenme süresi ve deniz suyu sıcaklığı gibi değerler Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda 100,30,20,10 ve 5 kPa basınç altında elde edilen su miktarları, sistemin enerji ihtiyacı hesaplanmış ve maliyet analizi yapılarak m^3 su maliyeti hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda en yüksek su üretimi 5 kPa basınç altında elde edilmiş olup 1 m^3 su maliyeti 19.50₺ olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler:Güneş tuzdan arındırma,Vakum,Optimum çalışma basıncı.

ABSTRACT

ENERGETIC ANALYSIS OF FRESHWATER PRODUCTION FROM SEA WATER BY VACUUM DISTILLATION WITH SOLAR ENERGY SUPPORT

Mükerrem Sinem MUNGAN

MASTER THESIS

DİCLE UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL&APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

2021

It is necessary to find new solutions to experience the need for clean water, which has become the problem of the whole world today. One of these solutions is to obtain fresh water from sea water. Our country, which is covered by sea on three sides, is in a very lucky position in terms of using solar energy, which is one of the renewable energy sources, both in this respect and considering the energy required for these systems.

In this study, the theoretical analysis of obtaining fresh water from sea water using the solar energy assisted vacuum distillation method has been made. For this analysis, sea water was evaporated and desalinated in the heat exchanger under vacuum with the energy obtained from solar collectors, and then fresh water was obtained by seawater cooling in the condenser. It is thought that the energy need for the system is also provided by PV panels using solar energy.

The amounts of fresh water produced under different pressures were calculated and compared. A comparison was made by calculating the amount of water to be produced from the system under vacuum and at atmospheric pressure, and the advantages and disadvantages of producing under vacuum were evaluated. The cost analysis of the system was also made and the cubic meter price of the water to be produced was determined. In this study, the climatic conditions of the province of Izmir and the values of the Aegean Sea were used. Values such as solar energy tables, sunshine duration and sea water temperature were obtained from the General Directorate of Meteorology.

As a result of the study, the amount of water obtained under 100, 30, 20, 10 and 5 kPa pressure, the energy need of the system was calculated and the cost analysis was made and the m^3 water cost was calculated. As a result of the calculations, the highest water production was obtained under 5 kPa pressure and the cost of 1 m^3 water was calculated as 19.50₺.

Keywords: Solar desalination, Vacuum, Optimum operating pressure

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No:		Sayfa
Çizelge 1.1.	Türkiye su kaynakları potansiyeli	5
Çizelge 1.2.	Kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı	6
Çizelge 1.3.	Dünyadaki denizlerin tuzluluk seviyeleri	7
Çizelge 3.1.	Aylara göre ortalama güneş radyasyon değerleri	30
Çizelge 3.2.	Aylara göre ortalama deniz suyu sıcaklıkları	31
Çizelge 3.3.	Aylara göre ortalama güneşlenme süreleri	31
Çizelge 3.4.	Kollektör teknik özellikleri	32
Çizelge 3.5.	Eşanjör teknik özellikleri	33
Çizelge 3.6.	Denizlerin tuz oranları	35
Çizelge 3.7.	Yoğuşturucu teknik özellikleri	35
Çizelge 3.8.	Vakum pompası teknik özellikleri	37
Çizelge 3.9.	Isı değiştirici pompasının teknik özellikleri	38
Çizelge 3.10 .	Yoğuşturucu pompası teknik özellikleri	39
Çizelge 3.11.	PV panel teknik özellikleri	41
Çizelge 3.12.	Maliyet bileşenleri	43
Çizelge 4.1.	Kollektörlerden elde edilen saatlik ve günlük enerji değerleri	46
Çizelge 4.2.	Hesaplanan buhar debisi	47
Çizelge 4.3.	Hesaplanan günlük toplam su miktarları	48
Çizelge 4.4.	Sistem enerji ihtiyacı	51
Çizelge 4.5.	İzmir iline göre PV panel elektrik üretimi	53
Çizelge 4.6.	Sistem maliyet hesabı	54

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 1.1.	Su Döngüsü	3
Şekil 1.2.	Dünya'daki su dağılımı	4
Şekil 1.3.	Çok İşlemli Damıtma Tesisinin Şematik Şekli	10
Şekil 1.4.	Çoklu ani buharlaştırmalı damıtma ünitesinin diyagramı	11
Şekil 1.5.	Mekanik Buhar Sıkıştırma Tesisinin Şematik Şekli	13
Şekil 1.6.	Güneş Damıtma Ünitesinin Şematik Şekli	14
Şekil 1.7.	Ters Ozmos Tesisi Bileşenleri	15
Şekil 1.8.	Elektrodiyaliz Tesisinin Basit Bileşenleri	16
Şekil 1.9.	Elektrodiyaliz Prosesinin Şematik Diyagramı	16
Şekil 1.10.	İlk güneş enerjili su damıtma tesisi, Las Salinas, Sili, 1872	20
Şekil 3.1.	Tasarlanan sistem	29
Şekil 3.2.	Güneş kollektörü	32
Şekil 3.3.	Shell & tube eşanjör	33
Şekil 3.4.	Buhar üretici ısı değiştirici	34
Şekil 3.5.	Yoğuşturucu	36
Şekil 3.6.	Isı değiştirici için seçilen pompa	38
Şekil 3.7.	Yoğuşturucu için seçilen pompa	39
Şekil 3.8.	Basınç anahtarı	40
Şekil 3.9.	Selonoid vana	40
Şekil 3.10.	PV panel	41
Şekil 4.1.	Üretilen Enerji Miktarı	45
Şekil 4.2.	Aylara göre buhar debisi grafiği	47
Şekil 4.3.	100 kPa basınç altında günlük su üretimi	48
Şekil 4.4.	30 kPa basınç altında günlük su üretimi	49
Şekil 4.5.	20 kPa basınç altında günlük su üretimi	49
Şekil 4.6.	10 kPa basınç altında günlük su üretimi	49
Şekil 4.7.	5 kPa basınç altında günlük su üretimi	50
Şekil 4.8.	Değişen basınç değerlerinde günük su miktarı karşılaştırması	50
Şekil 4.9.	İzmir iline göre PV panel elektrik üretim hesabı	52
Şekil 4.10.	İzmir iline göre PV panel elektrik üretim hesap sonucu	52
Şekil 4.11.	0,5kW panelin günlük enerji üretimi grafiği	53
Şekil 4.12.	Sistem enerji üretim-harcama karşılaştırması	54

Şekil 4.13. Sistem yıllık su üretimi 55
Şekil 4.14. 1m^3 su maliyet karşılaştırması 56

KISALTMA VE SİMGELER

MED :Çok İşlemli Damıtma

MSF :Çok Kademeli Şok Damıtma

VC :Buhar Sıkıştırmalı Damıtma

TVC :Termal Buhar Sıkıştırma

MVC :Mekanik Buhar Sıkıştırma

SD :Güneşle Damıtma

MD :Membran distilasyon

RO :Ters Ozmos

MF :Mikrofiltrasyon

UF :Ultrafiltrasyon

NF :Nanofiltrasyon

ED :Elektrodiyaliz

Z :Deniz tuz oranı

C_p :Özgül ısı kapasitesi, (kJ/kgK)

R :Güneş radyasyon değeri (kWh/m^2)

A :Kolektör alanı (m^2)

η_K :Kolektör verimi

Q :Kolektör enerjisi (kWh)

F :Geliş açısı düzeltme faktörü

$\dot{m}$:Kütle debisi (kg/s)

u :İç enerji (kj/kg)

h :Entalpi (kg/kj)

T :Sıcaklık (^0C)

t_g :Güneşlenme Süresi

1. GİRİŞ

Su doğada farklı şekil ve yerlerde bulunmaktadır. Su yeryüzünün farklı katmanları arasında dolaşmaktadır. Bu rezervlerde bulunan suyun farklı etkenler sonucu buharlaşma ile atmosfere çıkışı ve yoğuşarak tekrar toprağa dönmesine neden olan durumlara hidrolik çevrim denilmektedir.

Desalinasyon yöntemi ile temiz su üretimi basit, verimli ve güvenlidir. Desalinasyon işlemi için gerekli olan enerji için güneşi ısı enerjisi olarak seçilebilir. Desalinasyon işleminde önce su buharlaşır içindeki istemediğimiz bileşenlerden ayrışarak temiz su olarak yoğuşturulur. Güneş enerjili desalinasyon ile elde edilen su piyasadaki şişelenmiş suların çoğundan daha kalitelidir("Devlet Meteoroloji İsleri Genel Müdürlüğü," 2004).

Güvenilir içme suyunun dağıtımı ve kullanılabilirliği ile ilgili durum, gelişmekte olan ve hatta gelişmiş ülkelerde bile ortadadır. Bu durum; gelecekte artan nüfusun baskısı, tarımsal koşullar, iklim değişiklikleri, karaların ve su kaynaklarının aşırı kullanımı yüzünden daha da kötüleşecektir. İnsanlar, su kaynağı olmadığı yerlerde yasayamamaktadırlar. Arıtma ve damıtma, bu tip durumlarda en yaygın yöntemdir(De Koning ve Thiesen 2005).

Tuzdan arındırma süreçlerine güç sağlamak için yenilenebilir enerji kaynakları, özellikle geleneksel enerji kullanımının maliyetli veya mevcut olmadığı uzak ve kurak bölgelerde çok umut verici bir seçenektir. Yenilenebilir enerji kaynaklı tuzdan arındırma sistemleri, suyu ekonomik ve çevre dostu bir şekilde tuzdan arındırmak için yenilikçi bir yaklaşım olarak kapsamlı bir şekilde tartışılmaktadır. Üretilen enerji, tüketimden önce uzun süre ekonomik olarak depolanabilen içme suyu üretimi için tüketilmektedir. Proje kapsamında deniz suyunun tuzdan arındırılmasında yenilenebilir enerjilerin (rüzgar, güneş) kullanımına yönelik entegre bir model geliştirilmiştir. Bu çalışmada, mümkün olan daha düşük maliyetle içme suyu üretmek için tuzdan arındırma teknolojilerinin yenilenebilir enerji kaynaklı güç sistemleri ile birleştirildiği bir model geliştirilmiştir(Koroneos ve ark. 2007).

Dünyadaki suyun % 97'si okyanus suyudur. Kalan % 3'ünün de % 80'i ya tuzludur ya da kullanıma uygun değildir. Ancak % 5'i içilebilecek sudur. Bu yüzden pek çok kişi içecek su bulamamaktadır. Bu durum, düşük yaşam standartlarına ve sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. Temiz ve ucuz su elde etmek için pek çok teknolojiler geliştirilmiştir.

Bunlardan bir tanesi güneş enerjili bazlı teknolojidir. Güneş enerjisiyle arıtma ve damıtmada suyu temizlemek için direkt güneş ısınımı kullanılır. Kullanılan alete güneş havuzu denir. Pek çoğu, bir taban ve şeffaf kapaktan oluşur. Güneş, tabandaki suyu ısıtır ve bu da buharlaşmayı sağlar. Nem yükselir ve kapakta yoğunlaşır. Böylece, damıtılan su tuzu, mineralleri, mikropları geride bırakarak birikir. Kurulması pahalı olmasına rağmen çok etkili ve uzun ömürlüdür. Eğer uygun şekilde inşa edilir, çalıştırılır ve yürütülürse uygun bir fiyatla temiz su elde edilir(Perlin ve Gordes 2005).

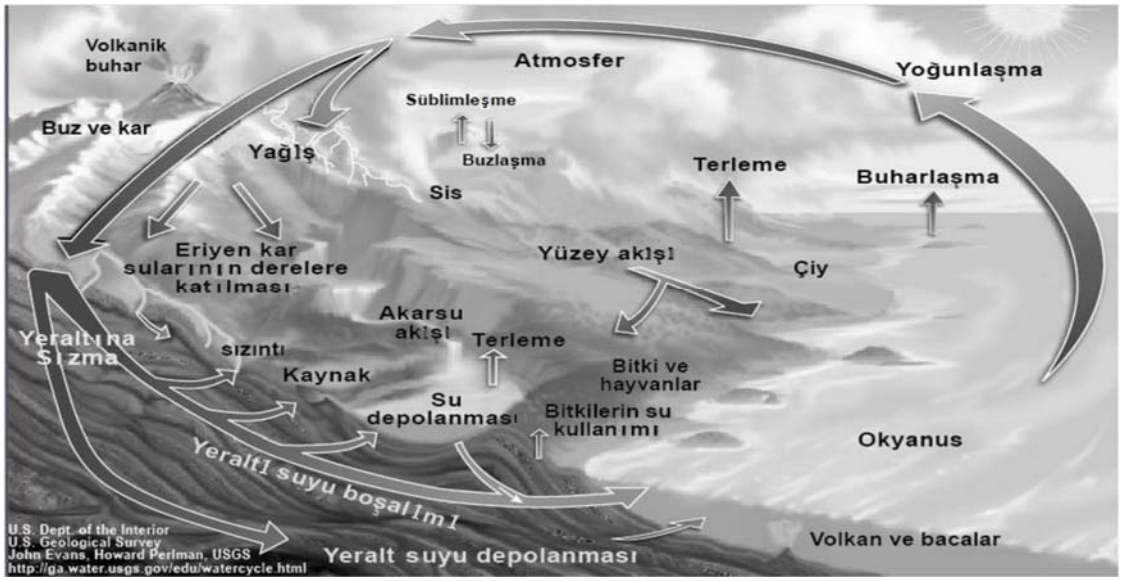
1.1. Suyun Önemi ve Kullanımı

1.1.1. Suyun Dünyadaki Yeri

Önemi giderek artan su dünyadaki canlıların temel ihtiyaçlarındandır. Son dönemlerde yaşanan su rezervlerindeki düşüş ve temiz su kaynaklarındaki azalmanın sebepleri arasında nüfus artışı ve küresel ısınma sayılmaktadır (Kıncay ve Akbulut 2011). Yeryüzündeki insanların yaklaşık dörtte biri önemli anlamda temiz su problemi yaşamaktadır. Yine bu alanlarda bulanan temiz su olarak nitelendirilen sular hijyen koşullarına uygun değildir. Yeryüzünde bulunan su rezervlerinin sadece %0,5'i temiz su olabilecek durumdadır. Deniz suyunun oranı %97 ve diğer tuzlu yer altı suyu olarak adlandırılan kısmın oranı %2,5'tir. Bahsetmiş olduğumuz bu tuzlu su kaynakları içme suyu olarak kullanılabilir hale getirilirse su sorunun çözümü için çok ciddi bir rezerv elde edilmiş olacaktır (Can ve ark. 2002). Yeryüzünde bulunan yerüstü içme suyu kaynaklarının su ihtiyacını karşılamamasından ötürü yeni su temin yöntemleri araştırılmaktadır. Bu konu ile ilgili olarak yağmur sularının tekrar kullanımı, yeraltında bulunan su rezervlerinden yaralanma ve atık suların tekrar kullanılabilmesini sağlayacak yöntemler üzerinde çalışılmaktadır. Saydığımız kaynakların olmadığı alanlarda deniz suyu arıtılarak kullanılabilir hale getirilmektedir. Bu arıtma işleminin yapılması sırasında ciddi enerji gereksinimi olmaktadır. Kullanılan yenilenemez enerji kaynakları oldukça maliyetli ve çevreye zararlıdır.

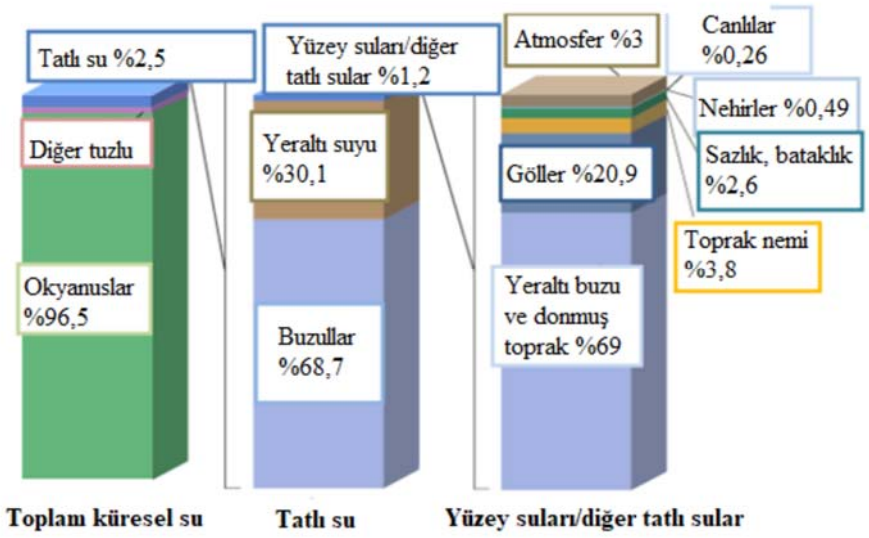
Son dönemlerde enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerjilerin kullanılmasının yaygınlaştırılması için çalışmalar yapılmıştır. Genellikle deniz bulunan bölgeler güneş enerjisi bakımından da şanslı bölgelerdir (Kıncay ve Akbulut 2011). Şekil 1.1.'den görüleceği üzere su, hidrolik döngü içinde anakara, okyanus ve atmosfer arasında sürekli bir devir daim bulunmaktadır. Yeryüzüne yağış ile 119.000 km^3 su düşmektedir. Bu

yağışın 72.000 km^3'ü tekrar buharlaşma yoluyla atmosfere çıkmaktadır. 47.000 km^3'ü ise akarsular aracılığı ile denizlere ve göllere ulaşmaktadır.



Şekil 1.1. Su döngüsü

Temiz su için yapılan çalışmaların önem kazanmasının nedenleri su kaynaklarının sonuna geliniyor olması ve mevcut rezervlerin kullanılabilecek durumda olmamasıdır. Su tüketim miktarı nüfusun artışı ve sanayinin gelişmesi ile sürekli artmaktadır. Başlangıçta canlılar için sorun olmayan su şu anda yeterli gelmemektedir. Kurak ülkelerde su problemi daha ciddi bir sıkıntı olmaktadır. Dolayısıyla bu sanayi ve ekonomi bakımından problemlere yol açmaktadır. Su problemi endüstriyel alanda gelişmiş olsun veya olmasın tüm ülkelerde çözülmüş bir sorun değildir. Tüm dünyada hızla büyüyen bir problemdir. Bu sorunu yaşayan tüm devletlerin su kaynaklarını yönetip korumak konusunda önemli çalışmalar yapması ile sağlanabilecektir. Su sorunu yaşayan ülkelerin çoğunun denize kıyısı bulunmaktadır. Deniz suyunun tuzlu olması nedeniyle bu rezervler doğrudan içme ve kullanım için uygun değildir (Yiğit ve Atmaca 2010).



Şekil 1.2. Dünya'daki su dağılımı

Yukarıda verilen şekle göre yeryüzündeki su miktarının %2,5 i kullanılabilir temiz sudur. Tatlı suyu gösteren kısımda %1,2' sini yüzey sularının oluşturduğunu kalan kısmın buzullar ve yer altı suyu olduğu görülüyor. En sonda da yüzey suları yer almaktadır. Büyük kısmını donmuş ve %20,9'u ise göllerde bulunmaktadır. İçme suyu kaynağı olarak kullanılan nehirlerde %0,49'u bulunmaktadır (Shiklomanov 1993).

1.1.2. Ülkemizdeki Su Verileri

Ülkemizin iklim özelliği yarı kurak olarak nitelendirilmektedir. Yağışlar, iklim özellikleri ve mevsimlere göre değişiklik göstermektedir. Ülkemizin ortalama yıllık yağış miktarı 574 mm, toplam yıllık yağış miktarı 450 milyar m^3'tür.

Türkiye yıllık su akış miktarının 185 milyar m^3 tür. Farklı nedenlere göre kullanılabilir yıllık su miktarının 112 milyar m^3'ü (yer üstü suyu miktarı 94 milyar m^3, yeraltı su miktarı 18 milyar m^3) kullanılmıştır. Ülkemizin toplam su potansiyelinin 2020 yılı gerçekleşmelerine göre 57,44 milyar m^3'ünün farklı nedenlere yönelik olarak sulama, içme ve kullanım suyu ve sanayi suyu olarak kullanılmıştır.

Ülkemizin nüfusu TÜİK'ten alınan bilgilerine göre 31 Aralık 2020 tarihi itibarıyla 83 milyon 614 bin 362 kişidir. Türkiye'de bir kişiye düşen yıllık su miktarı, yıllık kullanılabilir su potansiyelinin 112 milyar m^3 üzerinden hesap edilmesi durumunda, 2020

yılı için 1.339 m^3 olur. Ülkemiz, bu miktar dikkate alındığında, su stresi olan ülkelerden sayılmaktadır. Bundan dolayı su kaynaklarının nedenle suyun çok dikkatli ve dengeli kullanılması önemlidir. Çizelge 1.1 de Türkiye su kaynakları potansiyeli verileri verilmiştir (DSİ 2020 Yılı Faaliyet Raporu 2020).

Çizelge 1.1. Türkiye su kaynakları potansiyeli

SU KAYNAKLARI POTANSİYELİ		
Yıllık ortalama yağış	574	mm/m^2
Türkiye'nin yüzölçümü	783.577	km2
Yıllık yağış miktarı	450	milyar m^3
Yüzey Suyu		
Yıllık yüzey akışı	186	milyar m^3
Kullanılabilir yüzey suyu	94	milyar m^3
Yer Altı Suyu		
Yıllık çekilebilir su miktarı	18	milyar m^3
Toplam Kullanılabilir Su (net)	112	milyar m^3
Gelişme Durumu		
Sulama Suyu		44 milyar m^3
İçme-Kullanma ve Sanayi Suyu		13 milyar m^3
Toplam Kullanılan Su		57 milyar m^3

1.1.3. Türkiye'de Su Kaynakları ve Kullanılabilirliği

Ülkemizin ortalama yıllık yağış miktarı yaklaşık 574 mm'dir. Bu yıl içinde yaklaşık 450 milyar m^3 su anlamına gelmektedir. Bu miktarın yarısından fazlasına denk gelen 274 milyar m^3'ü buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönerken, yer altı sularını besleyen kısmı 69 milyar m^3'tür. 158 milyar m^3'ü farklı akarsularla denizlere ve göllere ulaşmaktadır. Ülkemiz bulunduğu bölge itibari ile su potansiyeli açısından sorunları olmayan bir ülke olarak görülmektedir. Ancak kişi başına temiz su miktarına bakıldığında durumun böyle olmadığı görülmektedir. Uluslararası kriterlerde kişi başına 10.000 m^3 su düşen durumlarda o ülke "su zengini" sayılmakta; su miktarı, 3.000 ile 10.000 m^3 arasında olan ülkelerde "yeterli suyu olan ülke", 1.000 ile 3.000 m^3 arasında olan ülkelerde "su sıkıntısı olan ülke" olarak nitelendirilmektedir. Su miktarı 1000 m^3'ün altında olan ülkeler

su fakiri sayılmaktadır. Türkiye'nin kişi başına düşen kullanılabilir miktarı Çizelge 1.2'de dünya ortalaması ile karşılaştırıldığında su zengini olmayan ülke olduğu görülmektedir (Ünsal 2017).

Çizelge 1.2. Kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı

Ülke Adı	Su Potansiyeli (m3/yıl.kişi)
Irak	2020
Lübnan	1300
Suriye	1200
Asya Ortalaması	3000
Batı Avrupa Ortalaması	5000
Afrika Ortalaması	7000
Güney Amerika Ortalaması	23000
Dünya Ortalaması	7600
TÜRKİYE	1640

1.2. Türkiye Güneş Enerji Potansiyeli

Ülkemiz şanslı coğrafi yerleşimi ile ciddi bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Toplam yıllık güneşlenme süresi 2737 saattir. Toplam güneş enerjisi miktarı ortalama 1527 kWh/m²yıl'dır. Türkiye'nin neredeyse tüm bölgelerinde güneş enerjisi kullanılabilir. Ülkemizde potansiyelinin yüksek oluşu, kullanımının kolaylığı, yenilenebilir olması ve çevreci olması nedenleri ile yenilenebilir enerji kaynakları içinde hızla kullanımı artış göstermektedir (Kılıç 2015).

Kuzeyde 36 -42° paralelleri arasındaki Türkiye güneş enerjisi için uygun konumdadır. Güneşlenme bakımından türkiye 4 bölgeye ayrılabilir.

1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi: 4.000 -4.400 kcal/m^2gün ışınım şiddeti
2. Akdeniz ve Ege Bölgesi'nin İzmir'e kadar uzanan kısmı: 3.700 -4.000 kcal/m^2 gün
3. Çanakkale ile O. Anadolu ve D.Anadolu'ya kadar olan bölge: 3.100-3.700 kcal/m^2gün
4. Marmara ve Karadeniz Bölgesi: 2.800 -3.100 kcal/m^2gün (Dolun 2002)

1.3. Deniz Suyu

1.3.1. Deniz Suyu Özellikleri ve Kalitesi

Yeryüzünde gün geçtikçe artan sorunlardan biri içme suyunun elde edilmesidir. Bu sorunun giderilmesi için gereksiz su harcamalarının önlenmesi, yağmur sularının toplanarak kullanılabilir hale getirilmesi, suyun fazla olduğu yerlerde az olan yerlere taşınmasının sağlanması ve deniz suyu ve benzeri az tuzlu yeraltı sularının tuzlarının çeşitli yöntemlerle giderilmesi gibi yöntemlere başvurulmalıdır. Bu nedenlerle suyun kirletilmesinin ve gereksiz harcamanın önlenmesi gerekmektedir.

Dünyadaki denizlerin tuzluluk oranları Çizelge 1,3'te verilmiş olup tuz seviyeleri % 0,7 - % 4,3 aralığındadır. Bağlı olan tatlı su kaynaklarına göre deniz tuz oranları değişiklik göstermektedir. Ege Denizi ve Karadeniz'i birbirine bağlayan Marmara denizi tuz oranı Karadeniz'den fazla ege Denizi ve Akdeniz'den daha düşük seviyededir. Ege Denizi'nin tuz oranının daha fazla olmasının sebebi, bağladığı denizlerden gelen suların Ege Denizinde 2 km/h ten fazla bir akıntıya sebep olmasından dolayıdır. Oluşan bu akıntı Yunanistan kıyılarını takip ederek Akdeniz'e gelmektedir.

Batı kısmında Ege Denizi'nin daha az tuz oranında olması bu sebepten dolayıdır. Akdeniz'in yazın sıcaklığının fazla olması nedeniyle buharlaşma artmakta ve bunun sonucunda azalan su miktarını geri kazanamadığında tuz oranı yükselmektedir (Can ve ark. 2002).

Çizelge 1.3. Dünyadaki denizlerin tuzluluk seviyeleri

Denizler	**Tuz Konsantrasyonu ‰**
Standart Deniz Suyu	35
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

Deniz suyu doğada mevcut bulunan tüm maddeleri içermektedir. Bu maddeler deniz suyunu arıtmak için kullanılan sistemlerde problem oluşturmaktadır. Arıtma tesislerinde oluşan yosun dışında sistemlerin içinde biriken tortu da temel sorunlardandır (Can ve ark. 2002).

Sıcaklık artışı tuzun çözülmesini azaltacağından çökelme problemi oluşacaktır. Bu sorun yüksek sıcaklıklarda oluştuğu için sistemin 120^{o}C sıcaklığı geçmeyecek şekilde çalışması çökelmeyi engelleyecektir (Can ve ark. 2002).

1.4. Deniz Suyundan Temiz Su Üretme Yöntemleri

Desalinasyon, deniz suyundan tuz ve diğer bileşenlerin ayrıştırılarak temiz su elde edilmesi yöntemidir. Yeryüzü su potansiyelin %97'si tuzlu su olan ve bu şekilde kullanılamayan okyanuslardan oluşmaktadır. Bu nedenle, sadece su ihtiyacı olan alanlarda değil tüm dünyada deniz suyunun ekonomik olarak arıtılması tüm ülkelerin amaçlarından biri olmuştur (Wang 2005).

Desalinasyon tesisleri genellikle başka su kaynağı olmayan Orta Doğu'nun kurak bölgelerinde kurulmaktadır. Desalinasyon tesislerinin en önemli sıkıntısı kurulum ve işletme maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Önerilen yöntemler fazla olmasına karşın tuzlu suyun damıtılması için geçtiğimiz 50 yılda birkaç yöntem ticari olarak faaliyete alınmıştır (Vishwanathappa 2005).

Dünya çapında temiz su elde edebilmek için desalinasyon teknolojisi sürekli artmaktadır. 1994 yılında dünya çapında desalinasyon ile üretilen toplam temiz su miktarı 17.3 milyon m^3/gün, 2009 yılında 68 milyon m^3/gün seviyesine ulaşmıştır. (Drami ve ark 2011).

Membran teknolojileri ve ısıl yöntemler olmak üzere tuzdan arındırma yöntemleri iki bölümde incelenebilir. En eski tuzsuzlaştırma yöntemleri ısıl yöntemlerdir. Ayrılması ve daha sonra buharın yoğuşturulması ile temiz su elde edilmesi yöntemidir (Dölgen ve Alpaslan 2012).

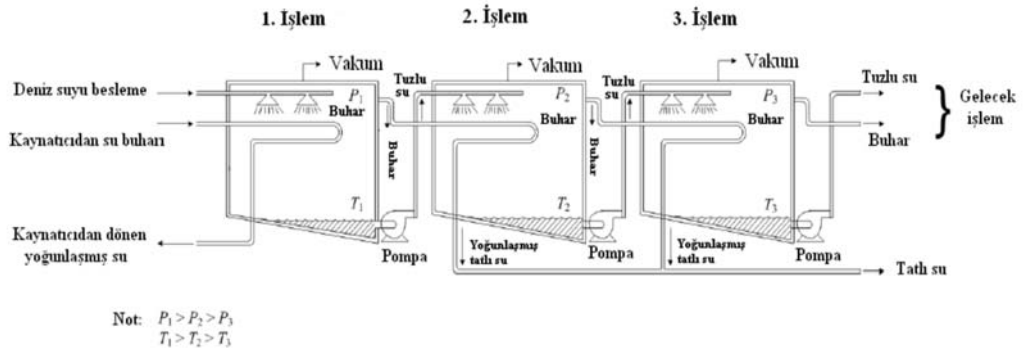
Deniz suyu arıtımında uygulanan damıtma prosesleri:(Khawaji ve ark. 2008)

- Çok İşlemli Damıtma
- Çok Kademeli Şok Damıtma
- Mekanik Buhar Sıkıştırma
- Güneşle Damıtma
- Membran Yöntemi

1.4.1. Çok İşlemli Damıtma

Çok etkili damıtma (MED), endüstriyel damıtma için uzun süredir kullanılmaktadır. İlk su damıtma tesislerinden bazıları MED kullandı, ancak maliyet faktörleri ve kirlenmeye karşı dirençleri nedeniyle bu sürecin yerini MSF birimleri aldı. Ancak, son on yılda MED'e olan ilgi yenilendi ve bir dizi tasarım değişiklikleri yapıldı. Pek çok yeni MED ünitesinin çalışma sıcaklıkları düştü.

Deniz suyu MED tesisinde ilk etkiye girer ve tüplerde önceden ısıtıldıktan sonra kaynama noktasına kadar ısıtılır. Deniz suyu, hızlı kaynama ve buharlaşmayı arttırmak için ince bir film halinde evaporatör tüplerinin yüzeyine püskürtülür veya başka bir şekilde dağıtılır. Tüpler, bir kazandan veya tüplerin karşı tarafında yoğunlaşan başka bir kaynaktan gelen buharla ısıtılır. Kazan buharından gelen yoğuşma, yeniden kullanım için kazana geri dönüştürülür. İlk etkide tüplere uygulanan deniz suyunun yalnızca belli kısmı buharlaştırılır. Kalan besleme suyu ikinci etkiye beslenir ve burada tekrar bir tüp demetine uygulanır. Bu tüpler de ilk etkide oluşan buharlarla ısıtılır. Bu buhar, bir sonraki etkide kalan deniz suyu beslemesinin bir kısmını buharlaştırmak için ısıdan vazgeçerken, tatlı su ürününe yoğunlaştırılır. Şekil 1.3'te çok işlemli damıtma tesisi şematik olarak gösterilmiştir (Vishwanathappa 2005).



Şekil 1.3. Çok işlemli damıtma tesisinin şematik şekli

Bu yöntemin sahip olduğu geri kazanım oranı % 40 - 60 arasında olmakla birlikte, tesis işletme maliyetlerinin yüksek olması ve bakımının zor olması nedeniyle kullanımı günümüzde azalmaktadır (Udono 2005).

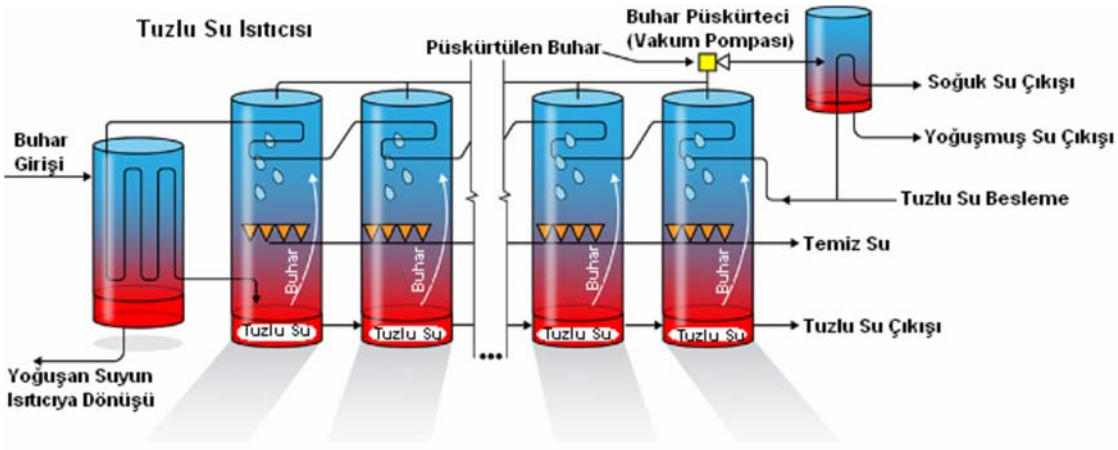
1.4.2. Çok Kademeli Şok Damıtma

Çok aşamalı şok damıtma (MSF) tesisleri 1950'lerden beri ticari olarak inşa edilmiştir. Çok aşamalı flaş damıtma (MSF), deniz suyu, tuzlu su ısıtıcısı adı verilen bir kapta ısıtılır. Bu genellikle, geminin içinden geçen ve deniz suyunu ısıtan bir tüp kümesi üzerinde buharın yoğunlaştırılmasıyla yapılır. Bu ısıtılmış deniz suyu daha sonra, indirgenmiş basıncın suyun kaynamasına veya parlamasına neden olduğu aşama olarak adlandırılan başka bir kaba akar. Genel olarak, bu suyun sadece küçük bir yüzdesi buhara dönüştürülür, çünkü kaynama ancak su kaynama noktasına soğuyana kadar (buharlaşma ısısını sağlayan) devam edecektir. Üretilen parlamalı buhar, ısı eşanjör borularında yoğuşarak tatlı suya dönüştürülür. her aşamadan geçen. Tüpler, tuzlu su ısıtıcısına giden gelen besleme suyu ile soğutulur. Bu da besleme suyunu ısıtır ve böylece deniz suyunun sıcaklığını yükseltmek için tuzlu su ısıtıcısında ihtiyaç duyulan termal enerji miktarını azaltır (Vishwanathappa 2005).

Çok aşamalı şok damıtma sisteminde, deniz suyunu ısıtmak için toplayıcılar ve ısıtılmış deniz suyunun şok olarak buharlaştırıldığı ve çoğunlukla çok kademeli olan ani buharlaştırıcılar bulunmaktadır (Shiklomanov 1993).

Çok aşamalı şok damıtma sistemine giren soğuk su, ani buharlaşma ile oluşmuş buharı yoğuşturarak bir miktar ısınır. Daha sonra, bu deniz suyu toplayıcıya gönderilir. Burada, tasarımdaki kriterlere bağlı olarak 60 -90°C arasında bir sıcaklığa kadar ısıtılan

deniz suyu, çok kademeli ani buharlaştırıcıya yollanarak ani olarak buharlaştırılır. Buhar da; yine soğuk deniz suyu yardımıyla taze su olarak yoğuşturulur. Kalan tuzlu su, atık su olarak dışarı atılır (Şekil 1.4)(Öztürk 2004).



Şekil 1.4. Çoklu ani buharlaştırmalı damıtma ünitesinin diyagramı

Düşük basınçta çalışan bir kap ile suyun damıtılması kavramı yeni değildir ve yüzyılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır. Genel olarak, MSF tesisleri yaklaşık 4 ile 40 aşama içerebilir (etkilerle karıştırılmamalıdır). Genellikle yaklaşık 4000 ila 30.000 m^3/gün'lük birimler halinde inşa edilirler. MSF tesisleri genellikle (tuzlu su ısıtıcısından sonra) 90 – 120ºC'lik en yüksek besleme sıcaklıkları ile çalışır. Tesisin termal verimini etkileyen bir faktör, tesisin soğuk ucundaki tuzlu su ısıtıcısından kondansatöre kadar olan sıcaklık farkıdır. Bir tesisin 120º C gibi daha yüksek sıcaklık limitlerinde çalıştırılması verimliliği arttırır, ancak aynı zamanda zararlı kireç oluşumu ve metal yüzeylerin hızlandırılmış korozyon potansiyelini de arttırır (Vishwanathappa 2005).

1.4.3. Buhar Sıkıştırmalı Damıtma

Buhar sıkıştırmalı damıtma sisteminde buhar herhangi bir ısı kaynağı kullanılarak elde edilir. Kompresör ile buhar sıkıştırılır. Buhar sıkıştırıldığı için basıncı ve sıcaklığı artacaktır. Oluşan bu sıkıştırılmış buharın soğutulması için deniz suyu kullanılır. Soğutma yapan deniz suyu bu arada elde ettiği ısı ile buharlaşır. Bu buhar sistemde kullanılmak üzere tekrar kompresöre gönderilir. Deniz suyunun soğuttuğu buhardan yoğuşan su

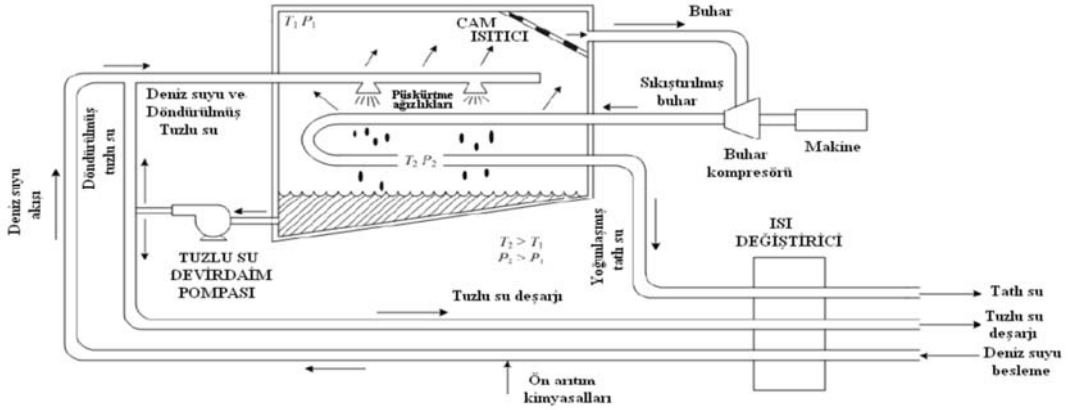
sistemden alınır. Sistemden çıkan su ısı değiştiriciden geçerek sisteme girecek suyun sıcaklığını arttırmak için kullanılır. (FR 2006.)

1.4.4. Termal Buhar Sıkıştırma

Termal Buhar Sıkıştırma (TVC), kimyasal proses endüstrilerinde ve rafinerilerde çok sayıda ve genellikle alışılmadık şekillerde kullanılmaktadır. Çoğu durumda, sağlam ve basit oldukları için proses tesislerinde vakum üretmenin en iyi yolunu sağlarlar; bu nedenle, kolayca korunurlar. Kapasiteleri en küçüğünden çok büyük miktarlara kadar değişebilir. Basitlikleri ve yapım tarzları nedeniyle, en zorlu koşullarda bile zorluklar olağandışıdır. Belirli bir durum için uygun şekilde tasarlanmış olan ejektörler, ele alınacak tahmini miktarlardaki hataları ve operasyondaki bozulmaları çok bağışlayıcıdır ve kesin sonuçları vermek için kolayca değiştirilebildikleri bulunmuştur. Bir buhar jeti ejektörünün temel unsurlarında tam anlamıyla bilgi sahibi olmak için önce çalışma prensibi ele alınacaktır. Bir ejektör, yüksek hızlı bir sıvı jetinin ikinci bir sıvı akışıyla karıştığı bir cihazdır; karışım, ikinci sıvının kaynağından daha yüksek bir basınçta bir bölgeye boşaltılır(Vishwanathappa 2005).

1.4.5. Mekanik Buhar Sıkıştırma

MVC sistemi, buhar sıcaklığını üst etkideki doyma koşullarından daha yüksek bir seviyeye yükseltir. Bu etkideki buharlaşma süreci için sıcaklık farkı esastır. Mevcut buhar kompresörlerinin kapasiteleri ve olası basınç oranları, MVC sistemlerine getirilen sınırlamalarda önemli rol oynamaktadır; bu nedenle, kompresörü çalıştırmak için gereken mekanik enerji girdisini en aza indirmek için küçük etkiler arası sıcaklık farkları olan az sayıda etki uygulanır. Genellikle, yaklaşık 1.58 sıkıştırma oranları önerilir. Sorunsuz çalışma için kompresör bakımı, operatör için büyük bir sorun teşkil etmektedir. Taşıma zorluklara neden olabilir ve ünite performansını etkileyebilir. Bu, buğu çözücüler kullanılarak azaltılabilir, ancak kompresör boyunca basınç düşüşü artacak ve daha yüksek bir sıkıştırma oranı verecektir. Ayrıca düşük sıcaklıklarda çalışmak elleçleme hacmini önemli ölçüde artırır ve buna bağlı olarak kompresör gücü de artar. Bu nedenle, atmosferik basınca yakın sıcaklıklarda sınırlı sayıda etki için MVC kullanmak yaygın bir uygulamadır (Vishwanathappa 2005).



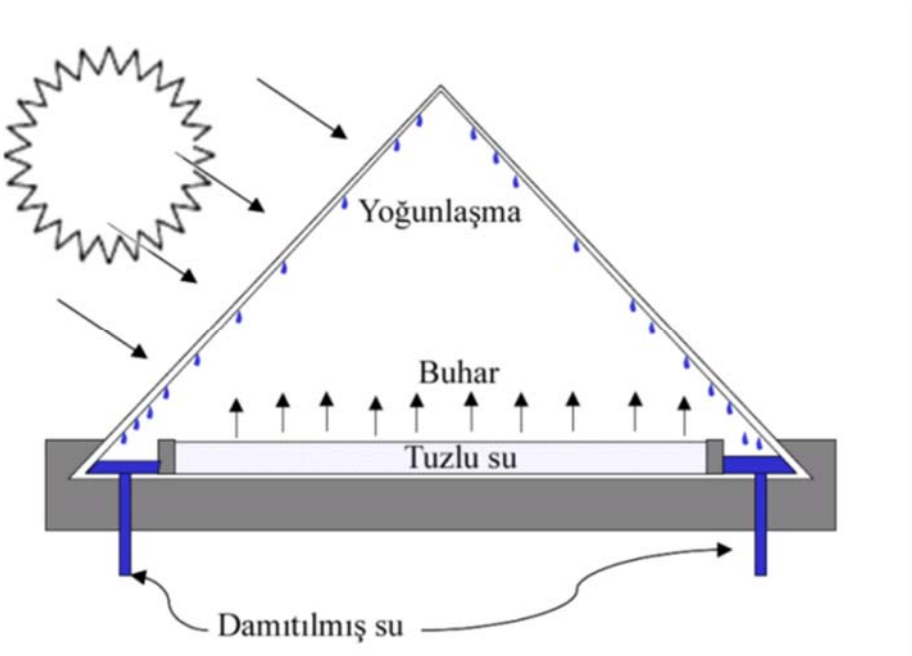
Şekil 1.5. Mekanik buhar sıkıştırma tesisinin şematik gösterimi

1.4.6. Güneşle Damıtma

Güneş ile destilasyon hidrolojik çevrimi oluşturan küçük kapasiteli yöntemlerdir. Basit güneş damıtıcının tasarımı Şekil 1.6'da gösterildiği gibidir.(Miller 2003)

Solar damıtma diğer sistemlere gibi enerji maliyetine sahip değildir çünkü güneş radyasyonundan enerji toplar. Güneş damıtma da boyut kısıtlamalarına sahiptir. Deniz suyu, şeffaf malzeme ile kaplanmış siyah astarlı sığ bir havzada tutulur. Düzenleme güneş radyasyonunu emer ve deniz suyunu buharlaşma noktasına kadar ısıtır. Daha sonra dolaşan hava ile şeffaf kapağın yüzeyine taşınır. Bu noktada yoğuşma meydana gelir ve sıvı kapak üzerinde kalır. Bu daha sonra sonunda tatlı suyun toplandığı kapağın sonuna akar. Konum, güneş enerjisiyle damıtma performansını önemli ölçüde etkilese de, tipik üretkenlik günde m^2 başına 2,5-3,0 litre civarındadır. Bu, günlük yaklaşık 18.000 kJ/m^2 güneş ışınımı ve 1 litre suyu buharlaştırmak için gereken 2.260 kJ enerji dikkate alındığında yaklaşık %30'luk bir verim anlamına gelir. Abu-Arabi ve Zurigat, üç tip güneş tuzdan arındırma sistemini, rejeneratif, konvansiyonel ve çift cam kapaklı soğutmayı karşılaştırdı. Çift cam kapaklı soğutma ve rejeneratif yöntemlerin her ikisinde de iki adet cam kapak bulunurken, geleneksel yöntemde yalnızca bir adet cam kapak bulunur. Çift cam kapaklı soğutma yönteminde su iki cam kapak arasından akar ve alt cam kapak yüzeyinde akan su ile üst cam kapak arasında boşluk kalmaz. Rejeneratif yöntemde, alt cam kapak yüzeyinde akan su ile üst cam kapak arasında bir boşluk vardır. Bu, alt cam kapak üzerinde birinci buharlaşmanın yoğunlaşmasından gelen ısıyı kullanarak ikinci bir buharlaştırmayı mümkün kılar. Bu yazarlar, rejeneratif yöntemin geleneksel sistemden

%70 daha verimli olduğunu, çift cam kapaklı soğutma sisteminin ise en düşük üretkenliğe sahip olduğunu bulmuşlardır (Udono 2005).



Şekil 1.6. Güneş damıtma ünitesinin şematik şekli

Güneş enerjisi ile ters ozmoz, elektrodiyaliz, çok kademeli şok damıtma ve çak işlemli damıtma yöntemleri ile deniz suyunun arıtılmasında kullanılmalı faydalı olacaktır (Ghaffour ve ark 2011).

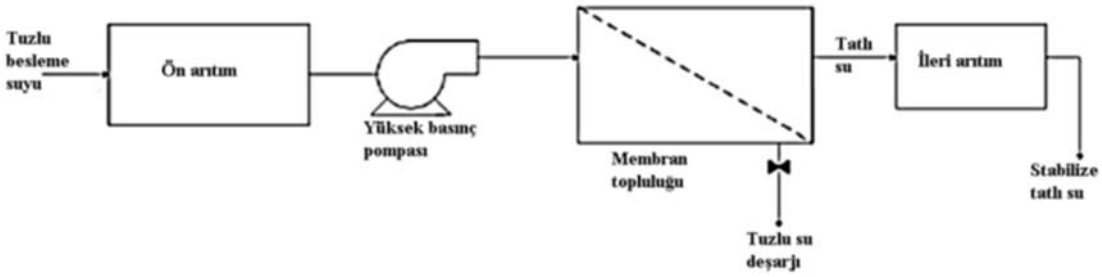
1.4.7. Membran Yöntemler

Membran yöntemler, destilasyon işleminde membran sistemlerinin kullanıldığı yöntemlerdir. Ters ozmos ve elektrodiyaliz deniz suyu destilasyonunda en yaygın kullanılan yöntemlerdir (Aydın ve Ardalı 2012).

1.4.7.1. Ters Ozmos

Ozmoz kelime anlamı, eriyik durumdaki akışkanın kendi cazibesi ile yarı geçirgen bir zardan geçmesi olarak tanımlanır. Bu yöntemle değişik yoğunluktaki iki eriyik çözeltiden ayrıştırılır. Membranlar yarı geçirgen olup ve ince bir malzemeden yapılmıştır. Damıtma işlemi saf birleşene doğrudur. Bu akış ozmotik basınç denge durumuna gelene kadar sürer. Ozmotik basınç iki çözeltinin yoğunluğu ile bağlantılıdır (Bilgiç 2008).

Damıtma ve elektrodiyaliz ile karşılaştırıldığında, RO nispeten yenidir ve 1970'lerin başında başarılı bir ticarileştirme meydana gelmiştir. RO, basınçlı tuzlu su çözeltisinden gelen suyun çözünenlerden ayrıldığı bir membran ayırma işlemidir. Bu ayırma için ısıtma veya faz değişimi gerekli değildir. Tuzdan arındırma için gerekli olan en büyük enerji besleme suyunun basınçlandırılmasıdır. Pratikte tuzlu su kapalı bir kaba pompalanır ve burada membrana karşı basınç uygulanır. Bir miktar su membrandan geçtiği için kalan suyun tuz içeriği artar. Aynı zamanda bu suyun bir miktarı membrandan geçmeden tahliye edilir. Bu kontrollü tahliye olmadan, basınçlı besleme suyu tuz konsantrasyonunda artmaya devam edecek ve aşırı doymuş tuzların çökelmesi ve membranlar boyunca artan ozmotik basınç gibi problemler yaratacaktır. Bu tuzlu su akışında atığa boşaltılan besleme suyunun miktarı, besleme suyunun tuz içeriğine bağlı olarak besleme akışının %20 ila %70'i arasında değişmektedir. Şekil 1.7'de ters ozmos tesisi bileşenlerini göstermektedir (Vishwanathappa 2005).

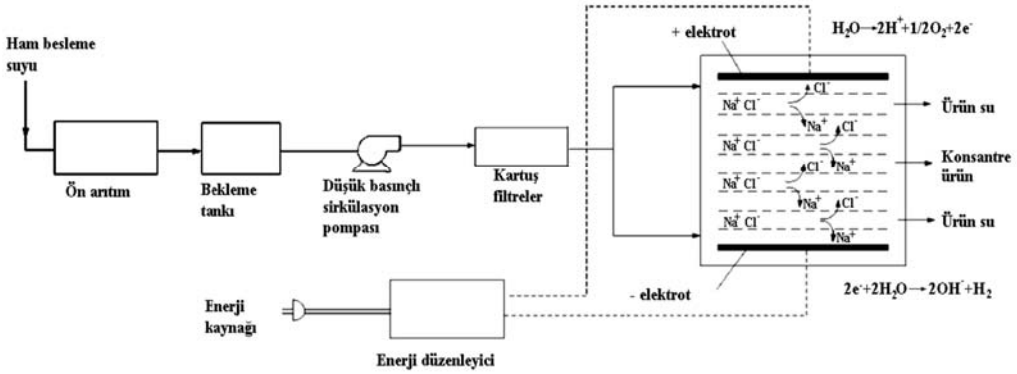


Şekil 1.7. Ters ozmos tesisi bileşenleri

1.4.7.2. Elektrodiyaliz

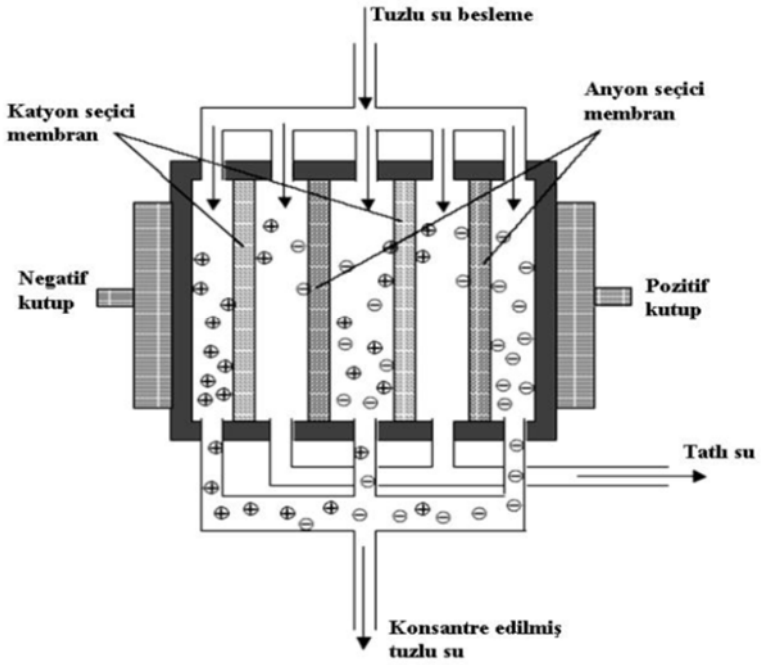
Elektrodiyaliz (ED), özellikle 5.000 mg/L'ye kadar TDS seviyelerine sahip acı sularda ekonomik bir işlem olabilir. Deniz suyunun tuzdan arındırılması için ED, düşük ila orta tuzlu su (<3.000 mg/L) içeren küçük ölçekli tuzdan arındırma tesisleriyle sınırlıdır. ED yöntemi dünyadaki tuzdan arındırma kapasitesinin sadece %5'ini oluşturmaktadır. ED, tuz iyonlarını deniz suyundan membranlardan [DAJ00] ayrı bölmelere geçmeye zorlayarak çalışır. Membranların tıkanmasını önlemek için besleme suyunun bir miktar ön arıtması gereklidir. Membranlar besleme suyu kanalının her iki yanına yerleştirilir. Yanlara elektrotlar yerleştirilir, biri pozitif iyonları, diğeri negatif iyonları çeker. Besleme suyuna bir elektrik akımı uygulandığında, pozitif iyonları bir tarafa ve negatif iyonları diğer tarafa hareket etmeye zorlar, ancak her iki tarafa da değil.

Bu, biri yüksek konsantrasyonlu tuzlu su çözeltisi ve diğeri tatlı su olmak üzere iki çözeltiyle sonuçlanır. pH seviyesini ayarlamak ve hidrojen sülfür gibi gazları uzaklaştırmak için ayrıca bazı son işlemler yapılması gerekebilir (Udono 2005).



Şekil 1.8. Elektrodiyaliz tesisinin basit bileşenleri

Elektrodiyaliz membranlarının verimi kirliliğe bağlı olarak düşmektedir. Bu nedenle suyun ön arıtma basamağından geçmesi önem taşımaktadır. Şekil 1.9 'da Elektrodiyaliz tesisinin birleşenleri gösterilmiştir (Aydın ve Ardalı 2012).



Şekil 1.9. Elektrodiyaliz Prosesinin Şematik Diyagramı

1.4.7.3. Membran Distilasyonu

Yeni destilasyon yöntemlerinden biri de membran distilasyon yöntemidir. 25 yıl öncesine kadar bu yöntem kullanılabilir olarak görülmemekteydi. Günümüzde geniş kullanım alanlarına sahip olan yöntem kullanımını arttırarak gelişmektedir. Bu yöntemde yarı geçirgen membranlar arasından su yüksek basınç altında geçerek arıtılmaktadır. Bu membranlı yöntemler su kalitesini arttırmak için kullanılmaktadır. Bu tip teknolojiler membran bariyer sistemini kullanılırlar ve aralarından suyun geçişine izin verirler, kirleticilerin geçişine ise izin vermezler. Membrandan geçen akış iki kısıma ayrılır. Bunlar, membrandan geçen ve membrandan geçmeyen akıştır. Membrandan geçen akış süzüntü, geçmeyen akış ise konsantre akış olarak adlandırılır (Akdemir 2005).

1.5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Doğal çevrim sürecinde değişmeden kalan, harcanmasına karşın eksilmeyen, kaynaklara yenilenebilir enerji kaynakları denir (Kaya ve Koç 2015).

Ülkeler bulundukları çevre şartları,toprak özellikleri,deniz ülkesi ya da kara ülkesi olmalarına göre değişik yenilenebilir enerji türleri kapasitesi bulunmaktadır. Böylelikle, ülkeler bu enerjileri kendi kaynaklarından karşılayacaklarıdır. Dünyada tükenebilir enerji kaynaklarına sahip ülke az sayıdadır. Sınırlı olan bu kaynaklar göz önüne alındığında tükenmez enerji kaynaklarına sahip ülkelerin değeri artmaktadır (Bekar 2020).
Yenilenebilir enerjinin çeşitleri:

1.5.1. Güneş Enerjisi

Güneşin çekirdeğindeki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi sonucu açığa çıkan büyük enerjiye güneş enerjisi denir. Dünyaya güneş ışınları ile ulaşan bu enerjiden faydalanmak için çeşitli teknolojik sistemler geliştirilmiştir. Bunlar ile doğrudan ısı enerjisi olarak veya elektrik enerjisine dönüşmüş olarak güneş enerjisini kullanabiliriz (Kaya ve Koç 2015).

Güneşten fazla yararlanamayan ülkeler dahi çevreye çok düşük zarar vermesi nedeni ile güneş enerjisini elverişli bir kaynak olarak değerlendirmektedirler. Ayrıca güneş tarafında üretilen enerjinin halihazırda çok düşük bir miktarı kullanılmaktadır.

Güneş enerjisinin yaygın olarak öncelikle fotovoltaik ve termal olmak üzere değişik tekniklerle elektrik üretiminde kullanılmasının temel nedenidir (Bekar 2020).

Hem termal hem de membran yöntemlerle yapılan destilasyon işlemlerinde tükenir enerji kaynakları kullanılabileceği gibi tükenmez enerji kaynakları da kullanılabilmektedir. Örneğin buhar sıkıştırmalı damıtma işleminde su güneş enerjisi ile ısıtılabilecektir. Buharın sıkıştırılması için kompresörde gerekli olan enerji yine güneş pilleri ile sağlanabilir. Güneş enerjisi suyu buharlaştırma ve yoğuşturma için direk olarak ta kullanılabilir (Bilgiç 2008).

1.5.2. Rüzgar Enerjisi

Güneş ışınımının farklı yer yüzeyi ısıtması ile oluşan enerjiye rüzgar enerjisi denir. Hava ve denizin farklı ısınmasından dolayı basınç farkı oluşur. Oluşan basınç farkı havanın hareket etmesini sağlar. Havanın yüksek basınçtan alçak basınca doğru hareket etmesine rüzgar denilmektedir. Mekanik veya elektrik enerjisi üretmek için bu enerjiden faydalanılır (Kaya ve Koç 2015).

Ülkemizde şiddetli rüzgar alan yerlerde kurulan tribğnler ile rüzgar enerjisi elde edilir. Tribünler rüzgarın kinetik enerjisini sırayla mekanik ve elektrik enerjisine çevirir (Bekar 2020).

Elektrik ve mekanik olmak üzere rüzgardan iki türlü enerji elde edilir. Elde edilen elektrik enerjisi, elektrodiyaliz ve ters osmoz yöntemlerinde, mekanik enerji doğrudan ters osmoz işleminde kullanılabilecektir (Bilgiç 2008).

1.5.3. Jeotermal Enerji

Dünyanın doğal ısısı olan jeotermal enerji, yer kabuğunun mağma kısmında olan basınç altındaki sıcak akışkan (su buharı, gaz) ve sıcak kuru kayaların içerdiği termal enerjidir. Jeotermal enerji ile elektrik enerjisi üretilebilirve ısıtma amaçlı kullanılabilmektedir (Kaya ve Koç 2015).

Jeotermal enerji santralleri ilk yatırım maliyeti yüksek yatırımlardır(Bekar 2020). Bu enerji 300 ile 3.000 metre arasından mağmadan elde edilir. Isısı yaklaşık 150 ile 350^0C arasındadır. Bu tabakadan elde edilen buhar ile damıtma işlemine ısı ve elektrik enerjisi sağlamak için kullanılır. ters osmoz ve elektrodiyaliz proseslerinde elektrik enerjisi olarak kullanılabilir. Isı enerjisi olarak da ısıl proseslerde kullanılabilir (Bilgiç 2008).

1.5.4. Hidroelektrik

Yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın kullanılanlarından biridir. Barajlar vasıtası ile kullanımı en yaygın çeşididir. Barajlarda biriken suyun enerjisinden yaralanılarak elektrik enerjisi üretilir. (Kaya ve Koç, 2015)

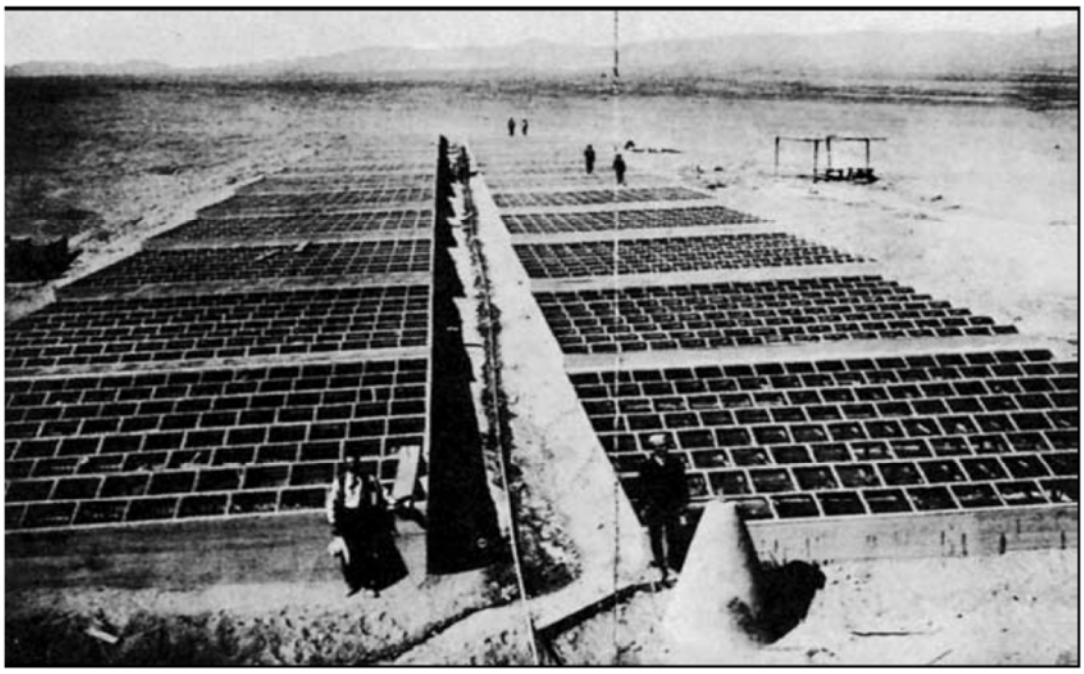
Hidroelektrik santralleri genellikle akışın güçlü olduk yüksek yerlere kurulması tercih edilir (Bekar 2020).

Türkiye elektrik enerjisinin % 29'u hidroelektrik santrallerinden sağlanmaktadır. Hidroelektrik santrallerini % 90–95 civarı barajlardan kalanı nehirlerdeki akışlardan doğrudan elde edilir. damıtma proseslerinde su gücünden elde edilen mekanik enerji basınç artışı için kullanılır. Bu sistem ters osmoz yönteminde kullanılabilir. Elde edilen elektrik enerjisi ise elektrodiyaliz ve ters osmoz proseslerinde kullanılabilir (Bilgiç 2008).

1.6. Güneş Enerjili Su Damıtma Düzeneklerinin Tarihçesi

Güneş enerjisi ile su arıtılması eski Yunanlılar ve Romalılar tarafından bilinen bir işlemdir. 1551 yılında Adam Loncier, 1589 yılında Nebia ve Menozzi tarafından yazılan ve işlemli bilgiler içeren dokümanlar mevcuttur. Güneş enerjili su damıtma olanaklarına ait ilk referanslar İtalyan Nicolo GHEZZİ tarafından 1742 yılında yazılmıştır (Bezk 1992).

Dünya çapında güneş enerjisini kullanan su damıtma tesisinin ilki 1872 yılında Las Salinas-Sili'de, İsveçli mühendis Carlos Wilson tarafından tasarlanıp inşa edilmiştir. Tesis, yakındaki maden ocağının işçileri için kurulmuş ve maden ocağı kapanana kadar yani 40 yıl boyunca işletilmiştir. 7896 m^2'lik alanı işgal eden tesis, günde 22,70 m^3 temiz su üretmekteydi (Delyannis 2003). Sekil 1.11 'de bu ilk güneş enerjili damıtma tesisi gösterilmektedir.



Şekil 1.10. İlk güneş enerjili su damıtma tesisi, Las Salinas, Sili, 1872

Bundan sonra İkinci Dünya Savası yıllarına (1945) kadar, güneş enerjili su damıtma düzeneklerinin kurulması ve isletilmesinde büyük gelişmelere rastlanmamaktadır.

İkinci Dünya Savası sırasında askerlerin su ihtiyacını karşılamak üzere, kurtarma botlarına ve sallara uygun küçük plastik güneş enerjili su damıtma düzenekleri yapılmıştır.

İkinci Dünya Savası'ndan sonra artan nüfus ve sanayi devrimi nedeniyle, temiz suya olan gereksinim, büyüyen bir sorun olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde 1952'de bu soruna yönelik, içişlerine bağlı, su damıtma çalışmalarına destek veren bir ofis kurulmuştur. Bu ofisin desteğiyle kurulan bir çok tesisten biri, Florida'da kurulmuş tesistir.

İkinci Dünya Savaşı ve bunu takip eden on yıl süresince dünyanın bir çok yerinde yaşanan büyük kuraklıklar su kaynakları problemini çok popüler hale getirmiştir. ABD'de Kaliforniya Eyaleti ve Ulusal Çevre Avrupa'da Avrupa Ekonomik işbirliği Organizasyonu tuzlu suyun arttırılması için araştırmalar yapılmasına ilişkin programı kabul etmiştir Mahrum bölgelerdeki ailelerin ihtiyaçlarını karşılayabilecek 50 m2'den küçük alanlı küçük damıtıcılar üzerindeki araştırmalar yapılmıştır. Daha büyük

damıtıcılar üzerindeki çalışmalar ABD İç İşleri Bakanlığı Tuzlu Su Ofisi tarafından desteklenmiş ve daha çok Daytona Beach Florida Güneş Enerjisi Araştırma İstasyonunda yürütülmüştür. Aktif çalışmalar bir çok üniversite endüstride merkezlenmiştir. Özellikle ilk yatırım maliyetini düşürmek ve verimliliklerini artırmak için değişik tipte birçok damıtıcı test edilmiş fakat damıtıcılar diğer damıtma sistemleriyle ekonomik olarak rekabet edecekleri bir düzeye getirilememiştir. Güneş enerjisi ile damıtma konusunda çalışmalar su problemini çözebilmek için Yunanistan, Cezayir, Avustralya, Pakistan ve Hindistan gibi birçok ülkede devam etmektedir. Bütün bu programların ortak amacı büyük kapasiteli damıtıcılar geliştirmektir. Bilinen en büyük güneş enerjili havuz tipi damıtıcı 40 m^3/günlük maksimum kapasite ile Yunanistan'ın Patmos şehrinde bulunmaktadır (Bezk 1992).

Yüksek kapasitelerde klasik arıtma metotları güneş enerjili damıtıcılara göre daha efektif olduklarından gerek ABD de gerekse diğer ülkelerde bu alandaki çalışmalara 1970'e kadar ara vermiştir. Çalışmalar Avustralya'da CSRIO örgütü tarafından devam ettirilmektedir. Bu örgüt çalışmalarını kurak bölgelerdeki damıtıcı maliyetlerinden azaltılması üstüne yoğunlaştırmıştır (Bezk 1992).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

R. Miladi ve ark; (2019) yılın dört mevsimini temsil eden dört tipik günde, güneş enerjisiyle çalışan bir vakum membran damıtmasının enerji performansı üzerine bir araştırma incelenmiştir: ekinokslar (21 Mart ve 21 Eylül) ve gündönümü (21 Haziran ve 21Aralık), spesifik enerji tüketimi, kazanılan çıktı oranı ve ısı geri kazanım faktörü gibi yaygın olarak kullanılan enerji kriterleri yoluyla. Sonuçlar, işlemin enerji performansının güneş ışınımıyla güçlü bir şekilde bağlantılı olduğunu ve VMD güneş enerjisi ile birleştiği sürece, işlemin RO, MSF ve MED gibi endüstriyel tuzdan arındırma teknolojileri ile rekabet edebileceğini göstermektedir. Ayrıca, uygulanan vakum seviyesinin özgül enerji tüketimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Açıkçası, sonuçlar minimum SEEC için optimum vakum basıncının 5000 ile 10000 Pa arasında olduğunu ve buhar yoğunlaşması için kullanılan sıcak soğutma suyunu geri dönüştürerek enerji performansını optimize etmek için bir teknik tartışılmıştır. GOR, SEC ve günlük üretimdeki en soğuk (21 Aralık) en sıcak gün (21 Haziran) boyunca yaklaşık% 35,% 26 ve% 31'lik bir iyileşme ve yaklaşık% 22,% 19 ve% 21'lik bir iyileşme elde edilebileceği görülmüştür.

Xie ve ark; (2020) bu çalışmada, büyük ölçüde geliştirilmiş üretkenliğe sahip yeni bir üç tüplü güneş enerjisi (TSS) etkisi sunmaktadır. Tasarım bir kademeli besleme tasarımına ve vakum işletim sistemine sahiptir ve her bölmenin bir su oluğu ve bir boru şeklindeki kabuk içerdiği üç zarflı damıtma odasından oluşur. Çin'in Chengdu kentinde dört gün boyunca yapılan bir deneyde bir prototip üretilmiş ve test edilmiştir. TSS prototipi, boşaltılmış bir ısı borusu güneş kolektörü ile güçlendirilmiştir. Hareketsiz suyun tatlı su verimi dört çalışma basıncında ölçülmüştür: 95 (yerel atmosferik), 60, 40 ve 20 kPa. Çalışma basıncı düşürüldüğünde hem çalışma sıcaklığı hem de üç oda arasındaki sıcaklık farkı azalmıştır. Tatlı su verimleri sırasıyla 0.77, 1.28, 1.39 ve 0.88 enerji kullanım verimleriyle sırasıyla 3.27, 6.323, 7.056 ve 4.287 kg / gün olmuştur. En iyi toplam performans 40 kPa'lık bir çalışma basıncında görülmüştür. 20 kPa'da, tatlı su verimi ve enerji kullanım verimleri, bu düşük basınçta dış kabukta ısı transferi bozulması nedeniyle nispeten düşüktü. Deneysel sonuçlara dayanarak, hala küçük ölçekli güneş enerjisi için optimum çalışma basıncının 40-60 kPa olduğu belirlenmiştir. Önerilen üç etkili güneş tuzdan arındırma sistemi için ekonomik bir değerlendirme tamamlanmıştır. Buradaki sistem, sirkülasyon ve vakum pompalarına güç sağlamak için bir fotovoltaik modül ile birleştirilmiştir. Tuzdan arındırma sisteminin toplam inşaat maliyeti yaklaşık

345 dolardı. Yıllık% 5 faiz, 20 yıl, ortalama 270 günlük çalışma süresi ve ortalama günlük 5 kg / m^2 / gün verimlilik göz önüne alındığında, önerilen güneş tuzdan arındırma sistemi için tatlı su birim maliyeti yaklaşık olarak 0.0082 $ / kg. hesaplanmıştır.

Li ve Lu (2020); bu çalışmada, su ve güç kaynakları gibi güvenilir bir altyapıya sahip olmayan uzak ada evlerine esnek tatlı su sağlamak için güneş enerjisiyle çalışan bağımsız bir süpürme gaz membran damıtma tuzdan arındırma sistemi önerdi. Güneş enerjisi, sistemi yönlendiren tek enerji kaynağıdır. Termal enerji sağlamak için bir güneş termal kolektörü monte edilir ve sırasıyla doğru akım gücü sağlamak için bir güneş fotovoltaik dizisi kurulmuştur. Sistem performansını değerlendirmek için, sistem ölçeğinde bir matematiksel model oluşturulmuş ve gerçek meteorolojik koşullar altında test sonuçları ile doğrulanmıştır. Güneş termal toplayıcının termal verimliliği, fotovoltaik dizinin elektrik verimliliği, içi boş fiber membran modülünün nemlendirme verimliliği ve kondenserin nem alma verimliliği dahil olmak üzere sistemin ana bileşenlerinin performansı analiz edildi.Özetle, önerilen sistem için günlük ortalama tatlı su üretimi günlük içme suyu talebini karşılamak için yeterli olan 9.98 kg / gün ile 23.26 kg / gün (Ocak ayında 9.98 kg / gün ve Temmuz ayında 23.26 kg / gün) arasındadır. En uygun tatlı su verimini elde etmek için çözelti akış hızının hava akış hızına oranı 4.0-6.0 aralığında seçilmelidir. Sistemin nihai su üretim maliyeti yaklaşık 18.34 $ / m^3'tür.

Ayhan ve Al Madani; (2010) Sürekli artan nüfus ve sanayileşmenin hızlı büyümesi ile tatlı suya artan talebin tuzdan arındırma ile azalan tatlı su kaynaklarına önemli bir alternatif olacağını göstermişlerdir. Bununla birlikte, tuzdan arındırma, bugün çoğunlukla fosil yakıtlardan olmak üzere önemli miktarda enerji kullanır. Bu nedenle güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, okyanus termal enerjisi, endüstriden kaynaklanan atık ısı ve diğer yenilenebilir kaynaklar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına güvenmek daha mantıklı olacağını söylemişlerdir. Çalışmaları yenilenebilir enerji kaynakları ve doğal vakum tekniği kullanan enerji verimli deniz suyu tuzdan arındırma sistemi ile ilgilidir. Natural Vacuum Desalination adlı yeni bir tuzdan arındırma teknolojisi önerilmiştir. Yeni tuzdan arındırma tekniği, deniz suyunun vakum altında buharlaştırılması yoluyla kayda değer bir enerji verimliliği sağlar ve benzer kapasiteye sahip herhangi bir geleneksel tuzdan arındırma tesisine kıyasla çok daha az elektrik enerjisi gerektirdiğini göstermişlerdir. Yenilenebilir enerji kaynaklarıyla avantajlı bağlantı sağlayan umut verici

tekno-ekonomik potansiyele sahip görünen önerilen doğal vakumlu deniz suyu tuzdan arındırma teknolojisinin ana işletim ve bakım özellikleri anlatılmıştır.

Kane ve ark; (2016) Değişken düşük dereceli ısı kaynağı sıcaklığına sahip doğal bir vakumlu tuzdan arındırma ünitesi sayısal olarak incelenmiştir. Amaç, düşük dereceli ısı kaynağının değişken sıcaklığının tuzdan arındırma ünitesinin performansları ve özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Tuzdan arındırma ünitesinin özellikleri, evaporatördeki deniz suyunun yüzey alanı ile doğal olarak vakumlanır ve ısıtma bobini sırasıyla 0,2 m^2 ve 0,188 $m^{2'}$dir. Isıtma bobininin sıcaklığı, Medan kentindeki güneş radyasyonuna dayalı olarak simüle edilir. İleri zaman adımlı yürüyüş tekniğinde temel denklemleri çözmek için bir program geliştirildi. Evaporatörün sıcaklığı, tatlı su üretim hızı ve tuzdan arındırma ünitesinin termal verimliliği analiz edilir. Simülasyon 9 saat boyunca gerçekleştirilir, yerel saatle 8.00'de başlar ve 17.00'de biter. Sonuçlar, 9 saat çalışma süresine sahip tuzdan arındırma ünitesinin 5.705 L tatlı su üretebildiğini ve ısıl veriminin % 81.8 olduğunu göstermektedir. Bu, doğal vakumlu tuzdan arındırma ünitesinin ısı kaynağının değişen sıcaklığının, ısı kaynağının sabit sıcaklığına göre daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Mittelman ve ark; (2009) Konsantre bir fotovoltaik/termal kollektör alanı ve çok etkili buharlaştırma tuzdan arındırma tesisinden oluşan birleştirilmiş bir sistem kullanmışlardır. Kombine sistem güneş enerjisi üretir ve aynı zamanda suyu tuzdan arındırmak için fotovoltaik hücrelerin atık ısısını kullanır. Yıllık elektrik ve su üretimini hesaplamak için detaylı bir benzetim yapılmıştır. Tuzdan arındırılmış suyun maliyeti tahmin edilmiş ve alternatif geleneksel ve güneş enerjisiyle tuzdan arındırma tesisleri ile karşılaştırılmıştır. Önerilen birleştirilmiş tesisin diğer güneş enerjisiyle tuzdan arındırma yaklaşımlarına göre önemli bir avantaja sahip olduğunu göstermişlerdir.

Sagie ve ark; (2001)yaptıkları çalışmada Akdeniz kıyıları ve Orta Doğu'da su damıtılması için kullanılan yöntemleri, maliyet açısından karsılaştırıp değerlendirmişler ve yapılan değerlendirmeler sonucunda maliyet azaltıcı önerilerde bulunmuşlardır. Ayrıca, alternatif enerji kaynaklarının damıtma için kullanılmasıyla maliyetin daha da az olacağını belirtmişlerdir.

Garg ve ark; (2003)bu çalışmada güneş enerjisiyle damıtmadaki çok etkili nemlendirme ve nem alma işleminin deneysel ve bilgisayar simülasyonu yapılmıştır. Su damıtılması için geleneksel metotlar olan MSF, ME, RO tekniklerine dayandırılmıştır ve

yüksek enerji gerektirmektedir. Tuzlu su olan bölgeler için uygun görülmektedir. Güneş enerjisiyle damıtma verimli bir buharlaşma ve yoğunlaşma metodu gerektirir. Çok etkili güneş havuzunun da oldukça verimli olduğu belirtilmiştir. Bu işlem için Hindistan'da, Hint Teknolojisi Enstitüsü (Delhi) bir tasarım yapmış ve bu tasarımı test etmiştir. Isı toplama bölümü (kolektör) sürekli sıcak su üretmek için tasarlanmıştır. Damıtma odası nemlendirme ve nem alma kulelerinden oluşmuştur. Isı depolama bölümü kolektör ve depodan oluşmuştur. İki kule arasındaki hava sirkülasyonu doğal konveksiyonla olmaktadır. Sistemde tuzlu su yoguşturucuda önceden ısıtılmıştır. Kolektörde ısısı arttırılmış, sonra da buharlaştırıcıya gönderilmiştir. Buharlaştırıcının sıcak ve nemli havası yoguşturucunun içindeki nemi almış ve bu döngü nemlendiricide devam etmiştir. Bu sistemin bir takım ısı ve kütle transferi ile nümerik sonuçları bulunmuştur. Geliştirilmiş modelin gelecek için yapılacak tahminlerde gerekli olabileceği belirtilmiştir.

Al-Hinai ve ark; (2002)çift etkili bir damıtıcı ile tek etkili bir damıtıcıyı parametrik olarak incelemişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada kapak eğiminin kış aylarında arttıkça verimin artığını; yaz aylarında ise açıyla ters orantılı olduğunu tespit etmişlerdir. Optimum kapak eğimini 230, izolasyon kalınlığını ise 0,1 m olarak bulmuşlardır. Tek etkili güneş enerjili damıtıcıda günlük üretimin 4,15 kg/ m^2gün olduğunu, çift etkilide ise bu miktarın %39 artarak 6,1kg/ m^2 gün olduğunu ve en fazla saatlik üretiminin 0,72kg/m^2 ile öğleden sonra saat 14:00'de çift etkili güneş enerjili damıtıcıda olduğunu tespit etmişlerdir. Yaptıkları maliyet analizinde tek etkili damıtıcıda 16,3 \$/m^3, çift etkilide ise %15,7'lik bir düşüşle 13,7 \$/m^3 olarak toplam maliyeti bulmuşlardır.

Öz ve ark; (2006)vakumlu termosifon tip güneşli su ısıtma sistemlerinde çalışma akışkanı olarak antifriz-su karışımı kullanımının kollektör performansına etkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada vakumlu termosifon tip ve doğal dolaşımlı güneşli su ısıtma sistemlerinden birer prototip hazırlayarak aynı koşullarda denemişlerdir. Deneylerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında vakumlu sistemin doğal dolaşımlı sisteme göre daha verimli olduğu ve sıcak su ihtiyacını daha etkin bir şekilde karşılayabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Abbaspour ve ark;(2019) güneş doğal vakum tuzdan arındırma sistemini deneysel olarak araştırmışlardır. Barometrik bir su sütunu kullanılarak ve atmosferik basınç ve yerçekimi ile bir denge oluşturularak, buharlaşma odasının içinde gün boyunca vakum koşulları korunmuş ve bu da daha düşük sıcaklıklarda buharlaşmanın başlamasına ve

bunun sonucunda geleneksel yöntemlere kıyasla daha düşük enerji tüketimine yol açmıştır. Güneş tahliye tüpleri, güneş radyasyonlarını daha verimli bir şekilde emmek ve tuzlu su sıcaklığını yükseltmek için kullanılmıştır. Buna ek olarak, sistem başlangıcında, su kolonunu doldurmak ve vakum koşulları oluşturmak için bir vakum pompası kullanılmıştır. Daha sonra sistemdeki mevcut vakum barometrik kolon üzerinden doğal olarak muhafaza edilmiştir. Dört farklı çalışma basıncına sahip bir vakum oluşturmanın tatlı su üretimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonuçlar, sistemin azaltılmış sistem basıncında daha iyi performans gösterdiğini göstermiştir. En yüksek saatlik ve günlük üretimler 1.134 kg/m^2 hr ve 8.065 kg/m^2 gün olmuştur. Üretilen tatlı su maliyeti 0.094 $ / L olarak elde edilmiştir.

Yan ve ark; (2019) vakum koşullarında çalışan iki etkili borulu güneş enerjisi damıtma sisteminin performansı deneysel olarak araştırılmıştır. Vakum, bir vakum pompası kullanılarak oluşturulmuş ve çalışma basıncı 20 ila 101 kPa arasında seçilmiştir. Sonuçlar, sistemin vakum koşulu altında çalıştırılmasının tatlı su verimini önemli ölçüde arttırdığını ve kabul edilebilir elektrik pahasına verimliliğini iyileştirdiğini göstermektedir. Atmosfer basıncına kıyasla 20 kPa basınçta verim oranında iki kat artış sağlandı. Performans oranları ısıtmada sırasıyla 101, 60 ve 20 kPa'da 0,57, 0,70 ve 1,27 olarak hesaplanmıştır. Vakum işleminin, çok etkili güneş damıtıcıları için tek etkili damıtıcılardan daha ekonomik olduğu bulunmuştur.

Banat ve Jwaied (2008) kompakt ve büyük otonom güneş enerjili membran damıtma sistemleri, kurak uzak bölgelerde içme suyu temini için ekonomik olarak incelemiştir. Tuzdan arındırılmış su serbest enerji kullanılarak üretilmesine rağmen, güneş enerjili membran damıtma teknolojisinin diğer tuzdan arındırma işlemlerine kıyasla hala pahalı olduğu bulmuşlardır. Beklenen içme suyu üretim maliyeti kompakt sistem ve büyük sistem için sırasıyla 15$/$m^3$ ve 18$/$m^3$ olarak hesaplanmıştır. Membran damıtma teknolojisinin güvenilirliğini ve tesis ömrünü arttırmanın, üretilen suyun maliyetini önemli ölçüde azaltabileceğini tespit etmişlerdir.

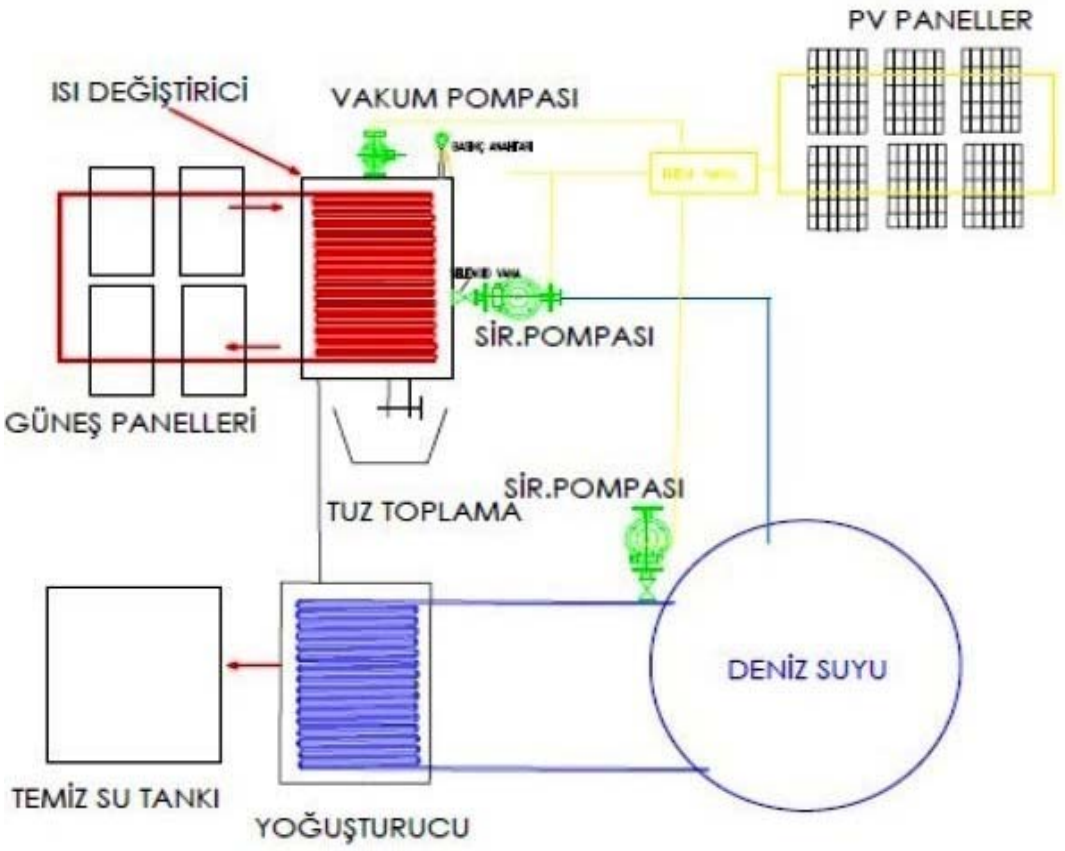
Esfahani ve ark; (2016) bu derlemede yenilenebilir enerjiyle çalışan termal tuzdan arındırma sistemleri kapsamlı bir şekilde araştırılmış ve karşılaştırılmıştır. Açıklanan tüm işlemler arasında, güneş enerjisi damıtıcıları ekonomik olarak en uygun olanıdır, ancak geniş alanları işgal eder. Bir güneş enerjisi tarafından üretilen su hala yüksek kalitededir ancak üretkenlik çok düşüktür, 4 ila 6 L/m^2/gün arasında; bu nedenle, su üretim

maliyetleri 0,5 ila 14 $/m^3$ arasında yüksektir. Güneş enerjisine dayalı nemlendirme-nem alma sistemleri, diğer doğrudan proseslere göre daha esnektir ve verimli çalışması için çok sayıda aşama gerektirir, bu da sistem maliyetlerini yükselterek bu sistemlerin öncelikle düşük kapasiteli merkezi olmayan işlemler için uygun olmasını sağlar. Güneş bacaları sadece elektrik ve su değil aynı zamanda tuz gibi yan ürünler de üretebilmektedir. Güneş bacaları, çalışması için geniş alanlar gerektirir ve bu nedenle yalnızca çorak arazilerde veya kıyı bölgelerinde uygulanabilir. En düşük üretim maliyetlerine sahiptirler, ancak bu tür yapılar çok ağırdır, bu nedenle teknolojiler arasında sermaye maliyetleri en yüksektir. MSF, MED ve VC sistemleri olgun teknolojilerdir, ancak güneş enerjisi sistemleriyle birleştiğinde uzun vadeli işletim sorunlarına ilişkin çok az çalışma vardır. Ayrıca, enerji ve ekonomik analizler, sistem tasarımının değiştirilmesiyle sağlanan yenilenebilir enerjiyle çalışan termal tuzdan arındırma sistemlerinin artan verimliliğinin, daha yüksek sistem maliyetlerine ve dolayısıyla daha yüksek tatlı su üretim maliyetlerine sebep olduğunu göstermektedir. Bu tatlı su üretim maliyetleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının maksimum kullanımı ve minimum bileşen boyutları, ekserji tahribatı ve çevresel emisyonlar sağlanarak azaltılabilir. Yenilenebilir enerjili termal tuzdan arındırma sistemlerinin, tatlı su ve fosil yakıt kaynaklarının azaldığı tüm dünyada şüphesiz değerli olduğuna inanıyoruz. Ancak bu sistemlerin tatlı su üretim maliyetleri konvansiyonel sistemlere göre yüksektir.

Wessley ve Mathews ;(2013) çalışmalarında kıyı ve kurak alanların küçük ölçekli tatlı su ihtiyaçlarını karşılayabilen ani buharlaştırma tabanlı tuzdan arındırma sisteminin deneysel çalışmasını sunmaktadır. Önerilen küçük ölçekli sistem, bir evaporatör, su soğutmalı kondenser ve evaporatörde gerekli vakumu üretmek için bir vakum pompasından oluşmaktadır. Çeşitli akış hızlarında ve evaporatör basıncında giriş tuzlu su sıcaklığının tatlı su verimi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. 0,08 bar'lık bir evaporatör basıncında ve besleme suyu 3,6L/dak hızında püskürtüldüğünde, 56°C'lik bir tuzlu su giriş sıcaklığında 4 L/h'lik bir maksimum tatlı su verimi elde edilmiştir. Tuzdan arındırılmış suyun kalitesinin kabul edilebilir standartlar içinde olduğu tespit etmişlerdir. Böylece önerilen sistem, kıyı ve kurak bölgelerin küçük ölçekli tatlı su ihtiyaçlarının karşılanması için umut verici ve uygulanabilir bir çözüm olarak bulunmuştur.

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmadaki analiz için şekil 3.1 'de gösterilen sistemin kurulduğu düşünülmüştür.



Şekil 3.1. Tasarlanan sistem

Yapılacak olan çalışmada güneş enerjisi ile ısıtılan su direk olarak vakum altındaki ısı değiştiricide bulunan deniz suyunu buharlaştırmak için kullanılacaktır.

Sistemde kullanılacak olan pompaların enerji ihtiyacı PV paneller ile sağlanacaktır.

Buharlaştırılan su denizden alınan soğuk su ile yoğuşması sağlanarak temiz su tankına alınması düşünülmektedir.

Bu çalışmada hangi sıcaklıklarda, hangi basınç değerlerinde ve hangi mevsim şartlarında en verimli kullanılabilir su elde edilebileceği üzerine çalışılacaktır.

Bununla ilgili gerekli hesaplamalar yapılacak sonuçları analiz edilecektir.

Hesaplamalarda İzmir ili ve Ege denizi özellikleri kullanılacaktır.

Ege denizi ve İzmir ilinin seçilmesinin nedeni deniz tuz oranı ve güneşlenme süresi göz önüne alındığında en iyi verimi verebilecek olması ayrıca yapılan literatür çalışmalarında Akdeniz ve Marmara Denizi ile ilgili çalışmaların bulunduğu ancak bizim çalışmamızın koşulları ile ilgili bir çalışma bulunmamasıdır.

Yine yapılan literatür çalışmasında tüm enerjisini güneşten sağlayan bu şekilde tasarlanmış bir vakum sistemi ile tuzdan arındırma çalışması yapılmamış olması bu tasarımı seçme sebebi olmuştur.

Güneş radyasyon değerleri, deniz suyu sıcaklığı, ortalama güneşlenme süreleri meteoroloji genel müdürlüğü verilerinden alınarak aşağıda oluşturulan tablolardaki gibidir.(“Radyasyon Mevsimler - Meteoroloji Genel Müdürlüğü,” n.d.)

Çizelge 3.1. Aylara göre ortalama güneş radyasyon değerleri

AYLAR	**RADYASYON DEĞERİ (kWh/m^2)**
OCAK	2,182
ŞUBAT	2,865
MART	4,004
NISAN	5,391
MAYIS	6,417
HAZIRAN	7,044
TEMMUZ	6,64
AĞUSTOS	6,338
EYLÜL	4,931
EKIM	3,515
KASIM	2,478
ARALIK	1,889

Çizelge 3.2. Aylara göre ortalama deniz suyu sıcaklıkları

AYLAR	DENİZ SUYU SICAKLIĞI ^{0}C
OCAK	13,8
ŞUBAT	13,2
MART	13,9
NISAN	15,8
MAYIS	18,7
HAZIRAN	22
TEMMUZ	24,1
AĞUSTOS	24,5
EYLÜL	23,2
EKIM	20,7
KASIM	17,9
ARALIK	15,4

Çizelge 3.3. Aylara göre ortalama güneşlenme süreleri

AYLAR	ORTALAM GÜNEŞLENME SÜRESİ(Saat)
OCAK	4,3
ŞUBAT	5,2
MART	6,4
NISAN	8
MAYIS	9,8
HAZIRAN	11,6
TEMMUZ	12,3
AĞUSTOS	11,9
EYLÜL	10,1
EKIM	7,6
KASIM	5,6
ARALIK	4,2

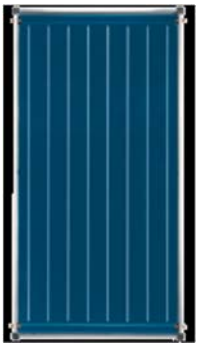
KABULLER:

- Hesaplamalarda sistem kontrol hacim olduğundan sürekli akışlı açık sistem kabul edilmiştir.
- Kinetik ve potansiyel enerji değişimleri ihmal edilmiştir.
- Sistemde meydana gelecek ısı kayıpları ihmal edilmiştir.

- Sistemde iş geçişi yoktur.

Sistemde kullanılacak olan birleşenlerin özellikleri aşağıdaki gibidir.

3.1. Güneş Kollektörü:



Şekil 3.2. Güneş kollektörü

Bu sistem için 4 adet Buderus marka CKN2.0-s model kolektör değerleri alınmıştır. Teknik özellikleri çizelge 3.4' de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Kollektör teknik özellikleri

Kolektör Teknik Özellikleri	Sembol	Birimi	Ölçüsü
Kolektör diyafram alanı	A_{sol}	M^2	1,94
Optik verim	η_c		0,761
Doğrusal ısı iletkenliği katsayısı	a_1	$W/(m^2K)$	4,08
Karesel ısı iletkenliği katsayısı	a_2	$W/(m^2K)$	0,012
Geliş açısı düzeltme faktörü	IAM		0,94

Buradan elde edilen enerji;

$$Q\ \text{kollektör} = R * F * A * \eta K \qquad (8.1)$$

formülü ile hesaplanacaktır.

Q : Kollektörler tarafından üretilen enerji

R : Güneş radyasyon değeri

F : Geliş açısı düzeltme faktörü

A : Kollektör alanı

η_K : Kollektör verimi

3.2. Buhar Üretici Isı Değiştirici

Shell & tube ısı eşanjörleri endüstriyel sıvıları ısıtmak veya soğutmak için tasarlanmıştır. Bu tip eşanjörler distribütör, kabuk ve boru demetinden oluşur.

Boru demeti, değişim yüzeyini arttırmak ve genel boyutları azaltmak için geleneksel U tip borularla veya kanatlı borularla oluşturulurlar.

İki akışkan madde arasında ısı alışverişi yapmak için kullanılır. Akışkanlardan biri boruların dış kısmından akarken diğer akışkan iç kısımdan akarak ısı alışverişini sağlarlar.



Şekil 3.3. Shell & tube eşanjör

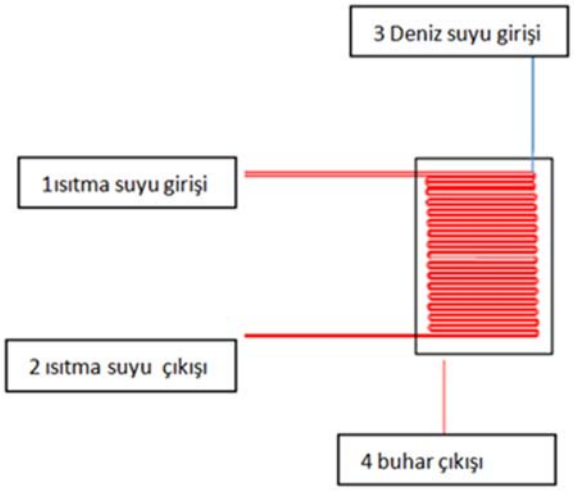
Sistem için YTO marka YTO-SYHE-S-3 modeli buhar üretimi için seçilmiştir. Katalog değerleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3.5. Eşanjör teknik özellikleri

Su Yağ Hava Giriş/Çıkış 80/40 C,Su Giriş/Çıkış :30/35 C Şartlarında

Tip Model YTO-SYHE-S	Kapasite Capacity KW	Alan Arae m2	su water m3/h	Basınç Pressure Bar	su water dm3	Ürün dm3	su/water giris/in d1	su/water çıkış/ouı d2	syh/water giris/in d3	syh/water çıkış/ouy d4	ölçüler dimension A	L	G	D
YTO-SYHE-S-3	2,6	0,16	0,5	0,01	0,6	0,3	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	250	350	100	90
YTO-SYHE-S-4	3,7	0,22	0,6	0,01	1,0	0,4	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	350	450	150	90
YTO-SYHE-S-5	4,7	0,28	0,8	0,01	1,3	0,5	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	450	550	200	90
YTO-SYHE-S-7	7,4	0,44	1,3	0,02	0,4	0,8	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	350	450	150	114
YTO-SYHE-S-12	11,6	0,69	2,0	0,03	2,6	1,3	1"	1"	1"	1"	550	650	250	114
YTO-SYHE-S-16	15,8	0,94	2,7	0,06	3,8	1,8	1"	1"	1"	1"	750	850	300	114

Üretilecek buhar miktarı;



Şekil 3.4. Buhar üretici ısı değiştirici

Kütlenin korunumu ilkesi gereği:

$\dot{m}_g = \dot{m}_ç$

$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_{su}$

$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}_{ds}$

Enerjinin korunumu ilkesi gereği:

$$\dot{E}_g - \dot{E}_ç = dE_{sistem}/dt \qquad (8.2)$$

Sürekli akış olduğu için dt = 0 olur.

$\dot{E}_g = \dot{E}_ç$

$\bar{Q} \cong 0$, $\dot{\widetilde{W}} = 0$, ke $\cong 0$, pe $\cong 0$

$\bar{Q}_{su} = \bar{Q}_{ds}$

$$\bar{Q}_{su} = \dot{m}_{ds} * (u_g - u_{ds}) + \dot{m}_{ds} * h_{fg} \qquad (8.3)$$

3.3. Tuzsuz Buhar Miktarının Belirlenmesi

Çizelge 3.6. Denizlerin tuz oranları

DENİZLERİN TUZ ORANLARI(z)	**(%)**
Karadeniz	**1,8**
Marmara denizi	**2,2**
Ege denizi	**3,8**
Akdeniz	**4,3**

Ege denizi tuz oranı %3,8 olduğu için

$$\dot{m}_b = \dot{m}_{ds} - (\dot{m}_{ds} * z) \quad (8.4)$$

3.4. Yoğuşturucu

Shell & tube ısı eşanjörleri endüstriyel sıvıları ısıtmak veya soğutmak için tasarlanmıştır. Bu tip eşanjörler distribütör, kabuk ve boru demetinden oluşur.
Boru demeti, değişim yüzeyini arttırmak ve genel boyutları azaltmak için geleneksel U tip borularla veya kanatlı borularla oluşturulurlar. İki akışkan madde arasında ısı alışverişi yapmak için kullanılır. Akışkanlardan biri boruların dış kısmından akarken diğer akışkan iç kısımdan akarak ısı alışverişini sağlarla

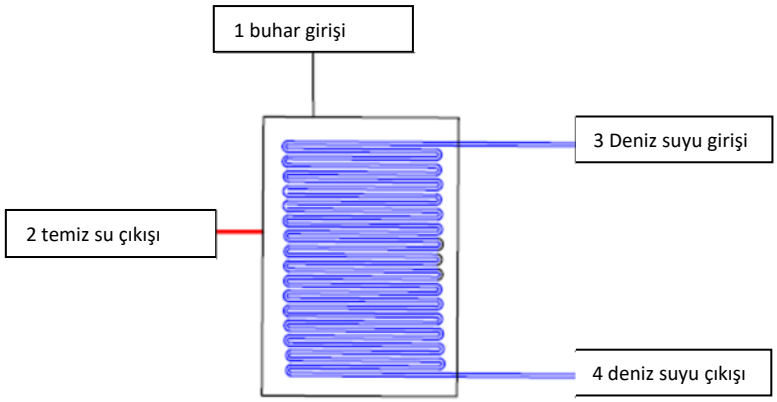
Sistem için YTO marka YTO-SYHE-S-7 modeli yoğuşturucu için seçilmiştir. Katalog değerleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3.7. Yoğuşturucu teknik özellikleri

Su Yağ Hava Giriş/Çıkış 80/40 C,Su Giriş/Çıkış :30/35 C Şartlarında

Tip	Kapasite	Alan	su	Basınç	su	Ürün	su/water		syh/water		ölçüler			
Model	Capacity	Arae	water	Pressure	water		giris/in	çıkış/ou	giris/in	çıkış/ouy	dimension			
YTO-SYHE-S	KW	m2	m3/h	Bar	dm3	dm3	d1	d2	d3	d4	A	L	G	D
YTO-SYHE-S-3	2,6	0,16	0,5	0,01	0,6	0,3	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	250	350	100	90
YTO-SYHE-S-4	3,7	0,22	0,6	0,01	1,0	0,4	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	350	450	150	90
YTO-SYHE-S-5	4,7	0,28	0,8	0,01	1,3	0,5	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	450	550	200	90
YTO-SYHE-S-7	7,4	0,44	1,3	0,02	0,4	0,8	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	350	450	150	114
YTO-SYHE-S-12	11,6	0,69	2,0	0,03	2,6	1,3	1"	1"	1"	1"	550	650	250	114
YTO-SYHE-S-16	15,8	0,94	2,7	0,06	3,8	1,8	1"	1"	1"	1"	750	850	300	114

Soğutma için gerekli deniz suyu miktarı;



Şekil 3.5. Yoğuşturucu

Kütlenin korunumu ilkesi gereği:

$\dot{m}_g = \dot{m}_ç$

$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_{su}$

$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}_{ds}$

Enerjinin korunumu ilkesi gereği:

$\dot{E}_g - \dot{E}_ç = dE_{sistem}/dt$

Sürekli akış olduğu için dt = 0 olur

$\dot{E}_g = \dot{E}_ç$

$\bar{Q} \cong 0,\ \dot{W} = 0,\ ke \cong 0,\ pe \cong 0$

$\bar{Q}_{buhar} = \bar{Q}_{deniz\ suyu}$

$$\dot{m}_{su} = (\dot{m}_b * h_{fg})/(c_p * (T_{çıkış} - T_{ds}) \quad (8.5)$$

3.5. Vakum Pompası

Isı değiştiricinin vakum altında çalışmasını sağlamak için vakum pompası bağlanacaktır.

Vakum pompası için BSC markasının DRV10 modeli seçilmiş olup katalog değerleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3.8. Vakum pompası teknik özellikleri

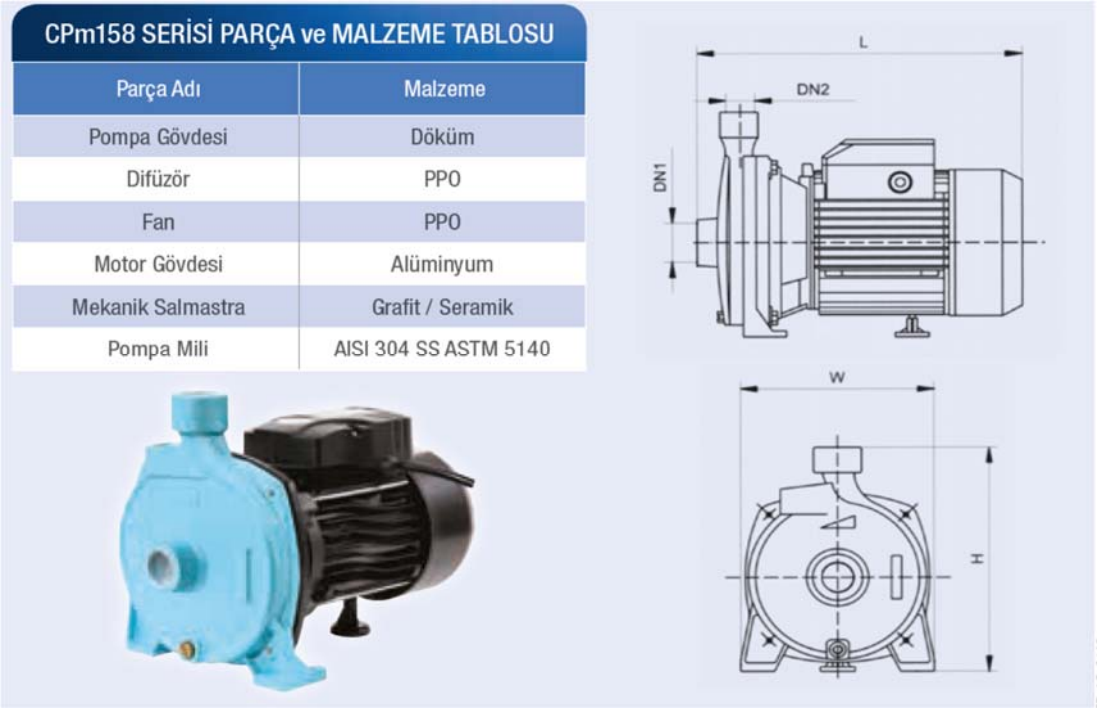
Model			DRV10	DRV16	BSV24
Pumping Rate	m^3/h(L/min)	50 Hz	9.9(165)	14.4(240)	20(336)
		60 Hz	12(200)	17.4(290)	24(403)
Ultimate Pressure	Pa	Gas Ballast Closed	$5x10^{-1}$		
		Gas Ballast Opened	5		
Motor Power(4P)	kW		0.4	0.55	0.75
Voltage	V	Three Phase	380, 400		
		Single Phase	220, 230		
Oil Needs	L		0.55~1.1	0.65~1.2	0.75~1.5
Inlet	KF		25		
Outlet	-		25		
Ambient Temp.	℃		5~40		
Weight	kg		25	27	32

Bu tablodaki değerler esas alınarak güç sarfiyatı ve gerekli PV panel sayısı belirlenecektir.

3.6. Pompa

Her bir eşanjöre deniz suyu basmak için sisteme bağlanacak olan 2 adet pompa gerekli olacaktır.

Isı değiştirici için kullanılacak olan pompa olarak Alarko marka CPM 158/1 seçilmiş olup katalog değerleri aşağıdaki gibidir.



CPm158 SERİSİ PARÇA ve MALZEME TABLOSU	
Parça Adı	Malzeme
Pompa Gövdesi	Döküm
Difüzör	PPO
Fan	PPO
Motor Gövdesi	Alüminyum
Mekanik Salmastra	Grafit / Seramik
Pompa Mili	AISI 304 SS ASTM 5140

Şekil 3.6. Isı değiştirici için seçilen pompa

Çizelge 3.9. Isı değiştirici pompasının teknik özellikleri

PERFORMANS ve BOYUT TABLOSU																			
ALARKO DIAMOND	Motor Gücü (HP)	kW	Toplam Boy (H) mm	Toplam Genişlik (L) mm	Toplam Ağırlık (kg)	Pompa Çıkış (DN) Çapı	Kapasite												
							m³/h	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,6	8,4
							lt/dk	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	110	140
CPm158/1	1	0,75	247	311	12	1"	Hm (mSS)	36	35	34	33	31	29,5	27	24,5	21,5	18	-	-

Yoğuşturucu için kullanılacak olan pompa olarak Alarko marka NPVO modeli seçilmiş olup, katalog değerleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.7. Yoğuşturucu için seçilen pompa

Çizelge 3.10 .Yoğuşturucu pompası teknik özellikleri

	25/1-6	25/1-8
Teknik Özellikler	Temiz suda kullanım (VDI 2035) Su/Glycol (max 1:1)	
Akışkan Sıcaklığı	-10°C +95°C (Umgebung +40°C)	
Max. Ortam Sıcaklığı	+40°C	
Giriş Gerilim ve Frekansı	1~230V, 50Hz	
Max. Sistem Basıncı	6 bar	
Enerji Verim İndeksi (EEI)	EEI ≤ 0.23	
Çektiği Güç [W]	4-40 W	4-75 W
Nominal Akım [A]	0.44 A	0,70 A
Motor Devri [rpm]	800 - 4200	800 - 4800
Koruma Sınıfı	IP X2D	
Max Basınç [mSS]	6 m	8 m
Max. Debi [m3/h]	3,5 m3/h	4,8 m3/h
Çalışma Modları	dp-v (Değişken Basınç) dp-c (Sabit Basınç) 3 Hız Seçim Modu	
Bağlantı Çapı ["]	1"	1"
Eksem Mesafesi [mm]	180 mm	180 mm
Pompa Gövdesi	Dökme Demir GG	
Pompa Mili	Paslanmaz Çelik	
Pompa Fanı	Noryl	
Ağırlık (Net) (Kg)	2,34	

Bu tablodaki değerler esas alınarak güç sarfiyatı ve gerekli PV panel sayısı belirlenecektir.

3.7. Basınç Anahtarı



Şekil 3.8. Basınç anahtarı

Vakum altında olan ısı değiştiriciyi sürekli aynı basınçta tutmak, basıncı kontrol etmek ve ayarlamak için kullanılacaktır.

3.8. Selonoid Vana



Şekil 3.9. Selonoid vana

Isı değiştiriciye istenilen zamanda ve miktarda deniz suyunu kontrollü olarak aktarmak için kullanılacaktır.

3.9. Pv Panel

Sistemdeki pompalar için gerekli olan enerjiyi sağlamak için kullanılacaktır.



Şekil 3.10. PV panel

Bu sistem için SOLİMPEKS Yenilenebilir Enerji Sistemleri katalogundan Panasonic PV SOL - 275W P Güneş paneli seçilmiş olup teknik özellikleri aşağıdaki gibidir. Sistem enerji ihtiyacı için 2 adet PV panel kullanılacaktır. PV panel seçimi yapılırken yılın en az güneşlenme süresi ve en düşük radyasyon değerleri düşünülerek enerji ihtiyacı minimum elektrik üretimi düşünülerek hesaplanmıştır.

Çizelge 3.11. PV panel teknik özellikleri

TEKNİK ÖZELLİKLER

Maksimum Güç	Pmax (W)	275,00
Modül Verimi	%	16,80
Güç Noktası Akımı	Imp (A)	8,54
Kısa Devre Akımı	Isc (A)	9,02
Maks. Güç Noktası Voltajı	Vmp (V)	32,30
Açık Devre Voltajı	Voc (V)	37,71

Mekanik Veriler

Ölçü	1649x992x35 mm
Ağırlık	18 kg
Ön Cam	Temperli Antireflekte Cam
Çerçeve	Alüminyum Çerçeve (Eloksal Kaplamalı)

Çalışma Koşulları

Mekanik Dayanım	5400 Pa (TUV Sertifikası)
Maks. Sistem Voltajı	DC 1000 V
Seri Sigorta Akımı	15 A
Çalışma Sıcaklığı	-40 to 85 C

Sıcaklık Özellikleri

Nominal Hücre Çalışma sıcaklığı			45 C +- 2 C
Sıcaklık Katsayısı			
αIsc %/C	βVoc (% / C)	Pmax γ (% / C)	βVmpp (% / C)
-0,04 %/C	-0,33 %/C	-0,45 %/C	-0,45 %/C

Garanti

Ürün Garantisi	10 yıl
Doğrusal Performans Garantisi	10 yıl %90 üstü - 25 yıl %80 üstü
Güç Toleransı	0-5W

3.10. Temiz Su Tankı

Yoğuşturulmuş olan temiz kullanım suyunu depolamak için kullanılacak paslanmaz çelik modüler temiz su deposu seçilecektir.

Tankın hacmi en uzun güneşlenme süresi ve en çok yoğuşan su miktarı esas alınarak bir günlük depolamaya yetecek şekilde seçilecektir.

Günlük yoğuşan su miktarı:

$$\dot{m}_{sg\ddot{u}nl\ddot{u}k} = \dot{m}_s * 3600 * t_{g\ddot{u}ne\c{s}lenme} \quad (8.6)$$

Buna göre 1000lt lik paslanmaz çelik su deposu maksimum günlük üretim için seçilmiştir.

3.11. Tuz Toplama Tankı

Buharlaşma esnasında ısı değiştiricide biriken tuzun günlük tahliyesi için kullanılacaktır. Hacmi bir günlük tuz miktarı esas alınarak belirlenecektir.

Günlük tuz miktarı :

$$\dot{m}_{tuz} = \dot{m}_{ds} * z * 3600 * t_{g\ddot{u}ne\c{s}lenme} \quad (8.7)$$

Buna göre 20 kg lik tuz deposu maksimum günlük üretim için seçilmiştir.

3.12. Maliyet Analizi

Sistemde kullanılacak olan tüm ekipmanın maliyeti aşağıda gösterilen tablodaki birleşenler için maliyet hesabı değişen basınç ve dönüş suyu sıcaklıklarına göre yapılmıştır.

Çizelge 3.12. Maliyet bileşenleri

MALİYET BİRLEŞENLERİ		
NO	ADI	ADET
1	KOLLEKTÖR	4
2	ISI DEĞİŞTİRİCİ	1
3	YOĞUŞTURUCU	1
4	VAKUM POMPASI	1
5	SANTÜRFÜJ POMPA	1
6	SİRKÜLASYON POMPASI	1
7	PV PANEL	2
8	BASINÇ ANAHTARI	1
9	SELENOİD VANA	1
10	SU DEPOSU (1000 LT)	1
11	TUZ DEPOSU	1
12	BORULAMA, SEHPALAR VE ELEKTRİK BAĞLANTILARI	1

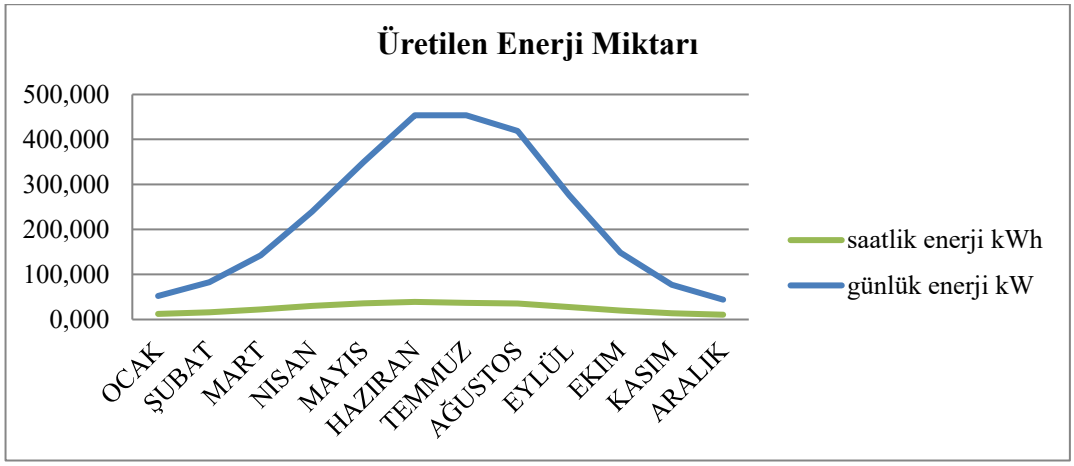
Sistem toplam çalışma süresi,yıllık üretilen su miktarı ve amortisman değerleri düşünülerek elde edilen temiz su birim maliyeti bulunmuştur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Öngörülen sistem üzerinde hesaplamalar :

- 100,30,20,10 ve 5 kPa basınç değerlerine göre yapılmıştır.
- Yoğuşturma için kullanılacak deniz suyu dönüş sıcaklığı ısıl kirlenme düşünülerek 30 ° C ve 40° C ye göre hesaplanmıştır.
- PV panel elektrik üretimi için https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html linki kullanılarak İzmir iline göre 0.5 kW kapasiteli panelin aylara göre ürettiği enerji miktarı hesaplanmıştır.
- Pompalar için harcanacak olan enerji miktarı kataloglardan alınan değerlere göre hesaplanmıştır.
- Sistemde kullanılacak olan tüm ekipmanın maliyeti hesaplanmış buna göre 1 m^3 su fiyatı hesaplanmıştır. 100 kPa için vakum pompası ve bileşenleri hesaba katılmamıştır.
- Hesaplamalar 20 yıl ömür üzerinden %10 yıpranma payı düşünülerek yapılmıştır.

1. İzmir şartlarında aylara göre 4 adet kolektörden elde edilen saatlik ve günlük enerji değerleri hesaplanmıştır. En yüksek enerji değerine ortalama 453 kW ile Haziran ve Temmuz aylarında; en düşük enerji değerine 44 kW ile Aralık ayında ulaşıldığı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda ortalama günlük ışnım değerleri ve güneşlenme süreleri çizelge 3.1 ve 3.3 ten alınmıştır.



Şekil 4.1. Üretilen enerji miktarı

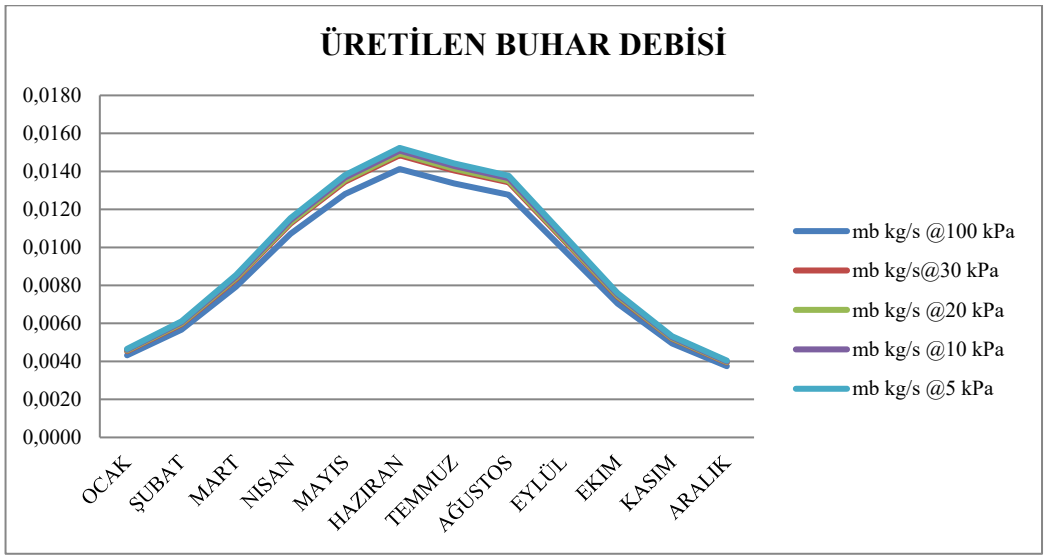
Çizelge 4.1. Kollektörlerden elde edilen saatlik ve günlük enerji değerleri

AYLAR		Saatlik enerji		Günlük enerji	
OCAK	Q_k =	12,112	kWh	52,08	kW
ŞUBAT	Q_k =	15,904	kWh	82,70	kW
MART	Q_k =	22,226	kWh	142,25	kW
NISAN	Q_k =	29,926	kWh	239,41	kW
MAYIS	Q_k =	35,621	kWh	349,09	kW
HAZIRAN	Q_k =	39,102	kWh	453,58	kW
TEMMUZ	Q_k =	36,859	kWh	453,36	kW
AĞUSTOS	Q_k =	35,182	kWh	418,67	kW
EYLÜL	Q_k =	27,372	kWh	276,46	kW
EKIM	Q_k =	19,512	kWh	148,29	kW
KASIM	Q_k =	13,755	kWh	77,03	kW
ARALIK	Q_k =	10,486	kWh	44,04	kW

2. Buharlaştırılan su miktarı ve tuzsuz su buharı miktarı hesaplanmıştır. Ege denizi tuzluluk oranı olan %3,5 kullanılmıştır. Öncelikle buharlaştırılan su miktarı formül 8.5 kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra Ege Denizi tuzluluk oranı olan %3,8 lik kısmı bu değerden çıkarılmıştır.Hesaplamalarda kullanılan basınç değerlerine göre hesaplanan buhar miktarı aşağıdaki gibidir. En yüksek buhar debisi 5 kPa da Haziran ayında 0,0152 kg/s olarak hesaplanmıştır. En düşük buhar debisi 100kPa da Aralık ayında 0,0038 kg/s olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. Hesaplanan buhar debisi

AYLAR	m_b kg/s @100 kPa	m_b kg/s@30 kPa	m_b kg/s @20 kPa	m_b kg/s @10 kPa	$m_b$kg/s @5 kPa
OCAK	0,0043	0,0045	0,0046	0,0046	0,0047
ŞUBAT	0,0057	0,0060	0,0060	0,0061	0,0061
MART	0,0079	0,0083	0,0084	0,0085	0,0085
NISAN	0,0107	0,0113	0,0113	0,0114	0,0115
MAYIS	0,0128	0,0135	0,0135	0,0137	0,0138
HAZIRAN	0,0141	0,0149	0,0149	0,0151	0,0152
TEMMUZ	0,0134	0,0141	0,0141	0,0143	0,0144
AĞUSTOS	0,0128	0,0134	0,0135	0,0136	0,0138
EYLÜL	0,0099	0,0104	0,0105	0,0106	0,0107
EKIM	0,0070	0,0074	0,0074	0,0075	0,0076
KASIM	0,0049	0,0052	0,0052	0,0053	0,0053
ARALIK	0,0038	0,0039	0,0040	0,0040	0,0040

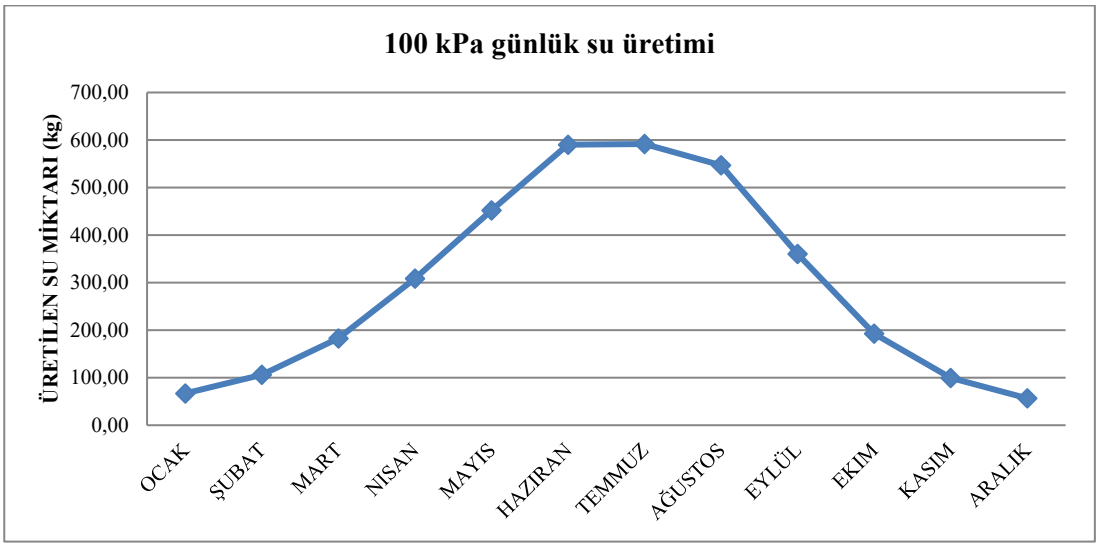


Şekil 4.2. Aylara göre buhar debisi grafiği

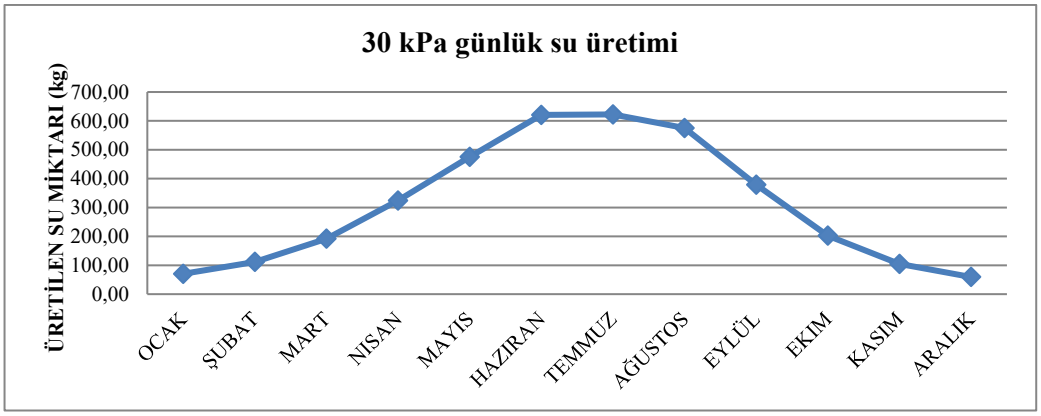
3. Su buharı debisi kullanılarak hesaplamalardaki basınç değerlerine göre günlük güneşlenme sürelerinde çalışıldığı düşünülerek günlük toplam üretilen su miktarları hesaplanmıştır. En yüksek üretim 5 kPa basınçta Temmuz ayında 638,3 kg olarak hesaplanmıştır. En düşük üretim 100 kPa basınçta Aralık ayında 56,7 kg olarak hesaplanmıştır. Elde edilen toplam günlük su miktarları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.3. Hesaplanan günlük toplam su miktarları

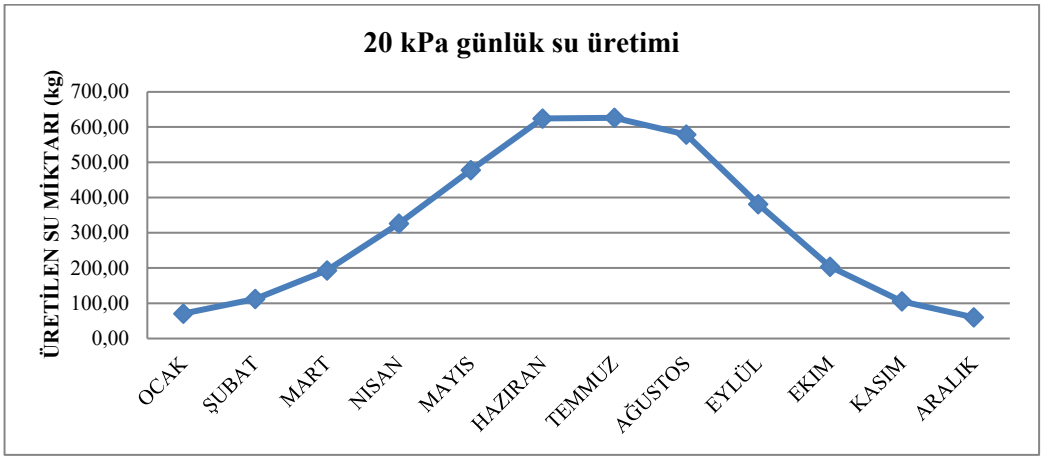
AYLAR	m_s @100 kPa	m_s @30 kPa	m_s @20 kPa	m_s @10 kPa	m_s @5 kPa
OCAK	66,8938	70,2777	70,7079	71,4076	72,0692
ŞUBAT	106,1174	111,4801	112,1619	113,2707	114,3191
MART	182,7277	191,9726	193,1480	195,0596	196,8672
NISAN	308,4418	324,0956	326,0861	329,3236	332,3851
MAYIS	451,7918	474,8302	477,7605	482,5268	487,0345
HAZIRAN	590,0735	620,3275	624,1766	630,4382	636,3606
TEMMUZ	591,7508	622,1965	626,0708	632,3736	638,3355
AĞUSTOS	546,8134	574,9657	578,5483	584,3766	589,8897
EYLÜL	360,3343	378,8460	381,2014	385,0332	388,6577
EKIM	192,5221	202,3718	203,6248	205,6631	207,5909
KASIM	99,5695	104,6402	105,2851	106,3340	107,3261
ARALIK	56,7054	59,5814	59,9471	60,5419	61,1043



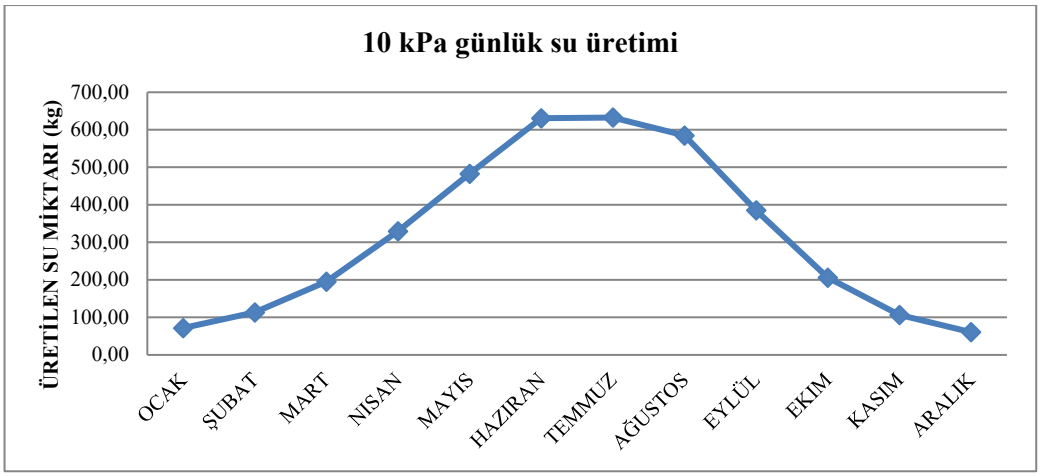
Şekil 4.3. 100 kPa basınç altında günlük su üretimi



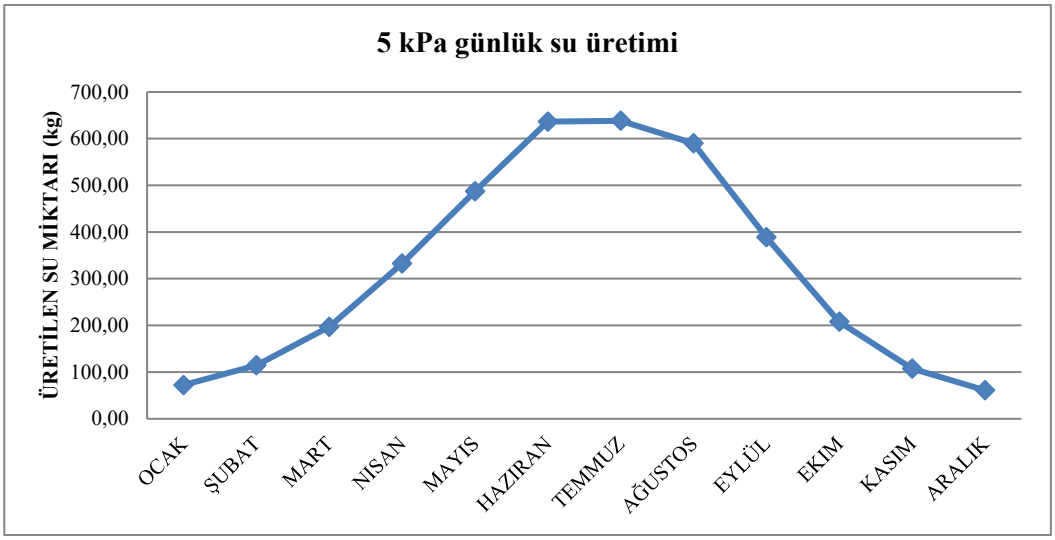
Şekil 4.4. 30 kPa basınç altında günlük su üretimi



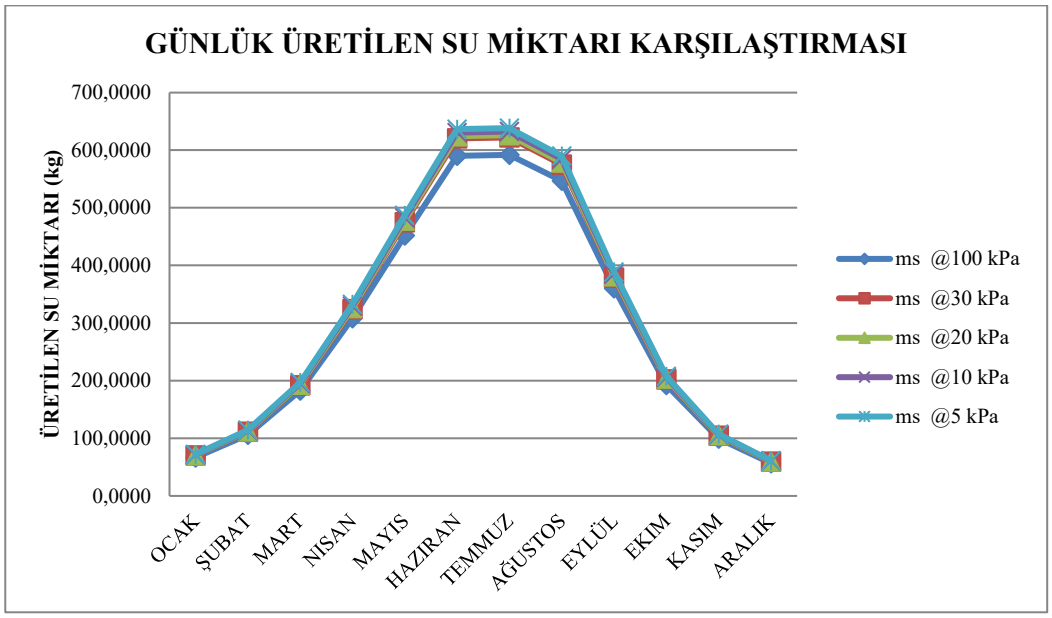
Şekil 4.5. 20 kPa basınç altında günlük su üretimi



Şekil 4.6. 10 kPa basınç altında günlük su üretimi



Şekil 4.7. 5 kPa basınç altında günlük su üretimi



Şekil 4.8. Değişen basınç değerlerinde günlük su miktarı karşılaştırması

4. Sistemin toplam enerji ihtiyacı ortalama 0,5 kW olarak hesaplanmıştır. Hesaplamada vakum pompası ve santürfüj pompa ve sirkülasyon pompasının değişken basınçlarda ve aylarda farklı üretilen su miktarları, radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Debi artışlarında pompa daha fazla enerji harcayacağından bunlar hesaplamalara eklenmiştir. Enerji ihtiyacı aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

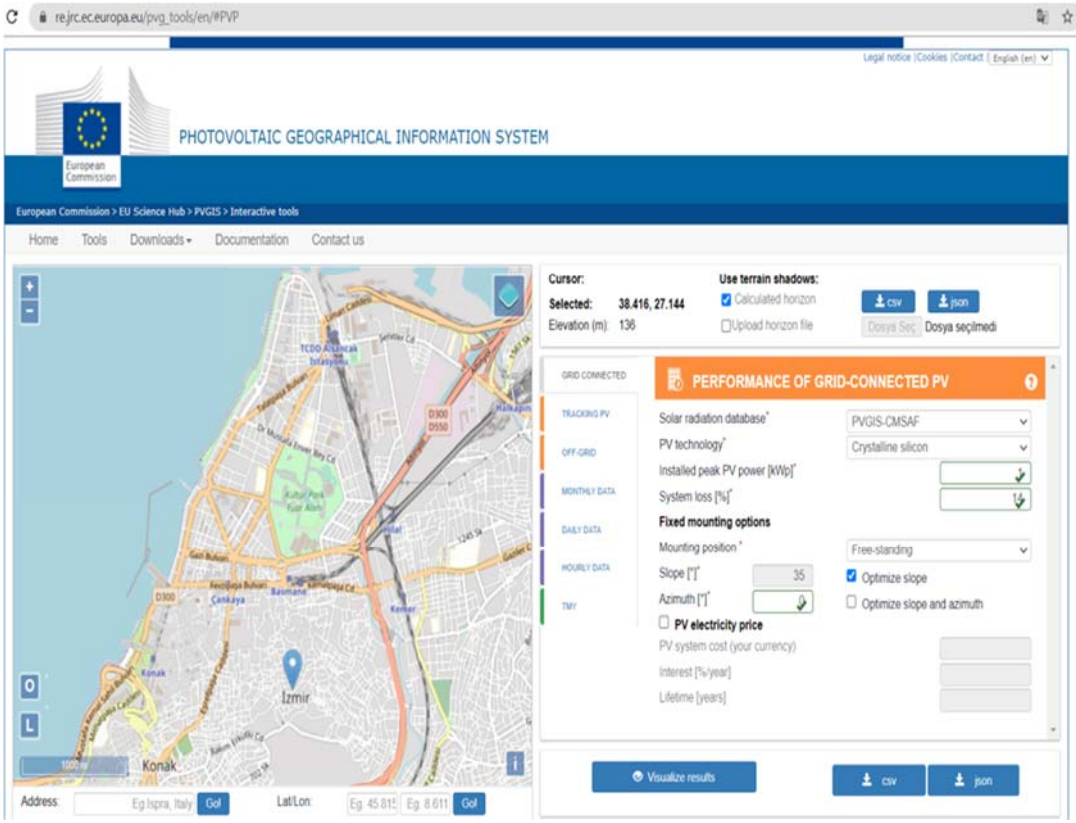
Yoğuşturma kısmında soğutma suyunun 40 ° C veya 30 ° C olması arasında harcanan enerji açısından büyük bir kayıp olmadığı için ısıl kirlenme de düşünülerek dönüş ısısını 30 ° C olması daha uygun olacaktır.

Çizelge 4.4. Sistem enerji ihtiyacı

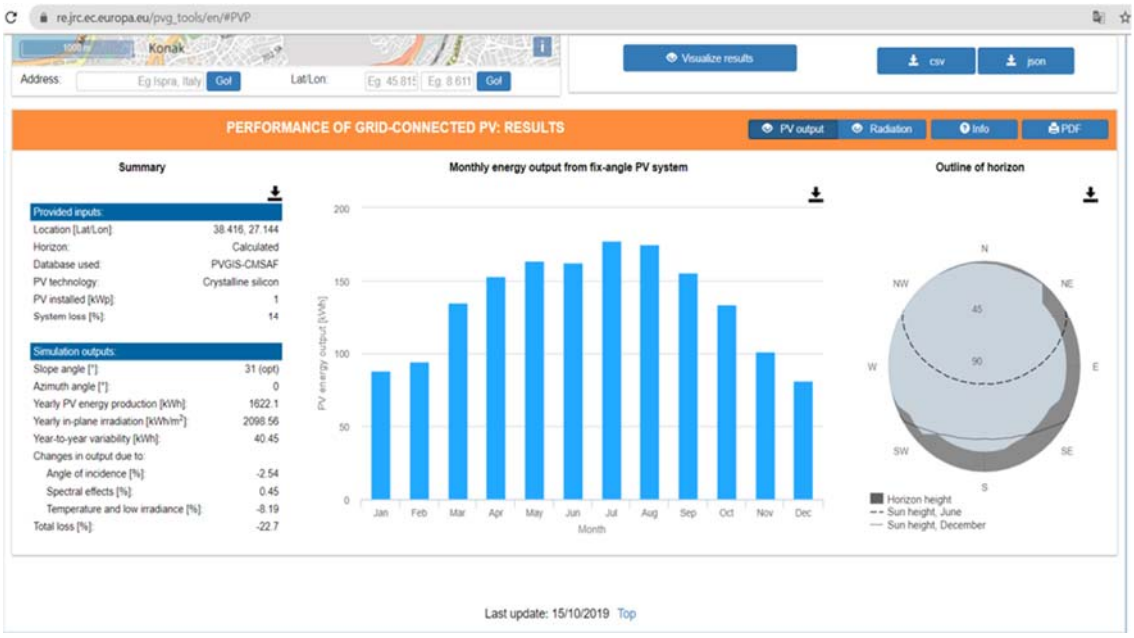
AYLAR	vakum pompası	Santürfüj pompa	S.P. T_d =40° C	S.P. T_d =30° C	TOPLAM T_d =40° C	TOPLAM T_d =30° C
OCAK	0,4	0,75	0,01	0,01	1,16	1,16
ŞUBAT	0,4	0,75	0,01	0,02	1,16	1,17
MART	0,4	0,75	0,01	0,02	1,16	1,17
NISAN	0,4	0,75	0,01	0,03	1,16	1,18
MAYIS	0,4	0,75	0,02	0,04	1,17	1,19
HAZIRAN	0,4	0,75	0,02	0,06	1,17	1,21
TEMMUZ	0,4	0,75	0,02	0,08	1,17	1,23
AĞUSTOS	0,4	0,75	0,02	0,08	1,17	1,23
EYLÜL	0,4	0,75	0,02	0,05	1,17	1,20
EKIM	0,4	0,75	0,01	0,03	1,16	1,18
KASIM	0,4	0,75	0,01	0,02	1,16	1,17
ARALIK	0,4	0,75	0,01	0,01	1,16	1,16

5. PV panel elektrik ile üretilecek enerji miktarını hesaplamak için European Commission (“JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission,” n.d.) internet uygulaması kullanılarak İzmir iline göre 0,5KW kapasiteli panelin aylara göre ürettiği enerji miktarı hesaplanmıştır. PV panellerin günlük enerji üretimi hesaplanmış ve sistem enerji tüketimi ile karşılaştırılmıştır. PV panellerin en yüksek enerji üretimi Temmuz ayında 2,96 kWh olarak hesaplanmıştır. Sistemin en yüksek enerji sarfiyatı Temmuz ve Ağustos aylarında 1,23 kWh olarak hesaplanmıştır.

Üretilen enerji miktarı sistemin yıl boyunca ihtiyacını karşılayacak kapasitede olduğu görülmüştür. Enerji üretim ve üretim-harcama karşılaştırması aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir.



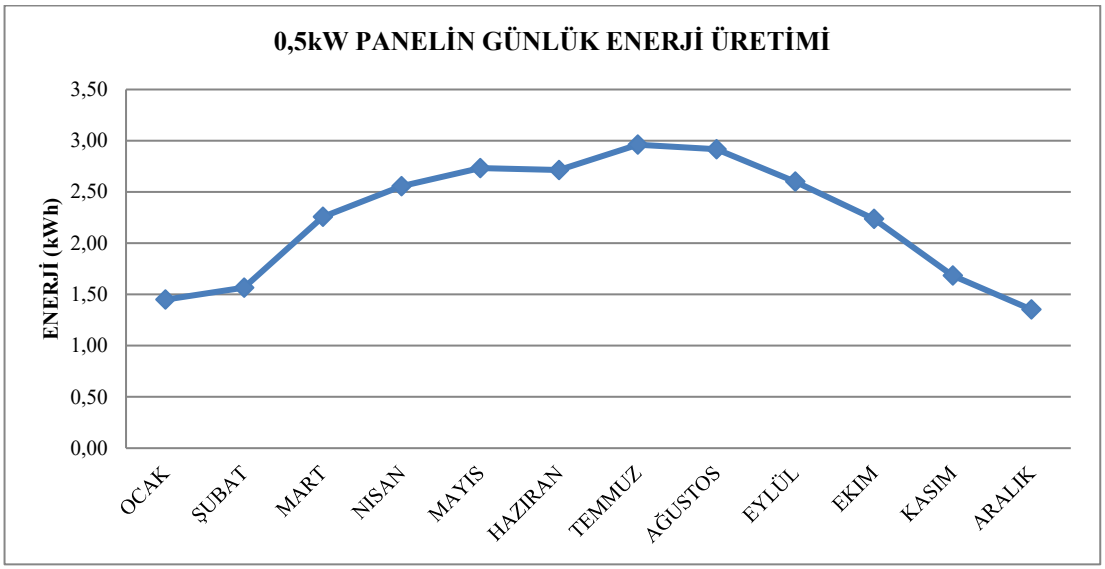
Şekil 4.9. İzmir iline göre PV panel elektrik üretim hesabı



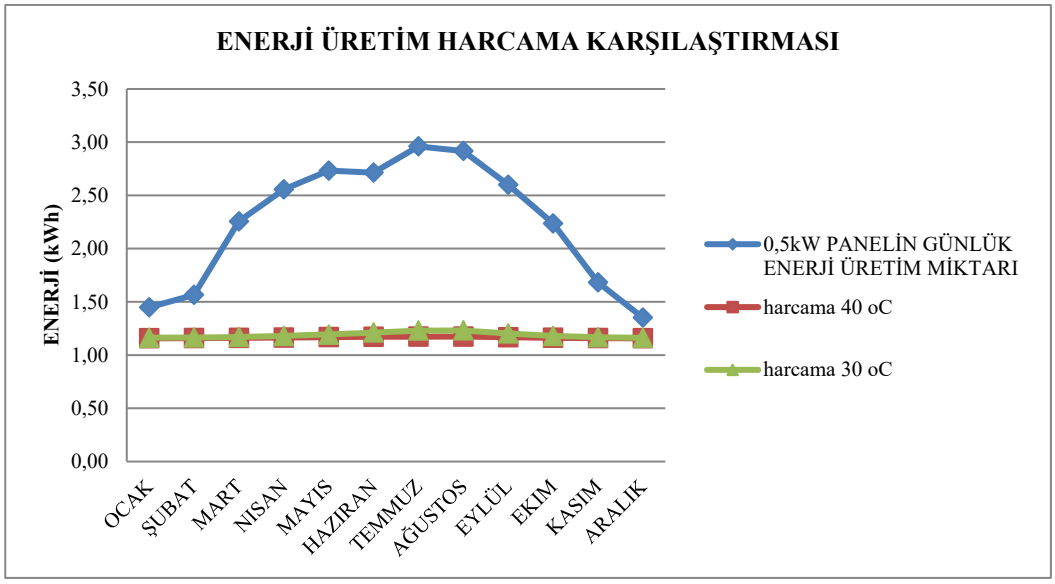
Şekil 4.10. İzmir iline göre PV panel elektrik üretim hesap sonucu

Çizelge 4.5. İzmir iline göre PV panel elektrik üretimi

AYLAR	0,5kW PANELİN ENERJİ ÜRETİM MİKTARI (aylık) kWh	0,5kW PANELİN ENERJİ ÜRETİM MİKTARI (günlük) kWh
OCAK	43,465	1,45
ŞUBAT	46,945	1,56
MART	67,68	2,26
NISAN	76,675	2,56
MAYIS	81,96	2,73
HAZIRAN	81,4	2,71
TEMMUZ	88,83	2,96
AĞUSTOS	87,495	2,92
EYLÜL	77,99	2,60
EKIM	67,075	2,24
KASIM	50,485	1,68
ARALIK	40,56	1,35



Şekil 4.11. 0,5kW panelin günlük enerji üretimi grafiği



Şekil 4.12. Sistem enerji üretim-harcama karşılaştırması

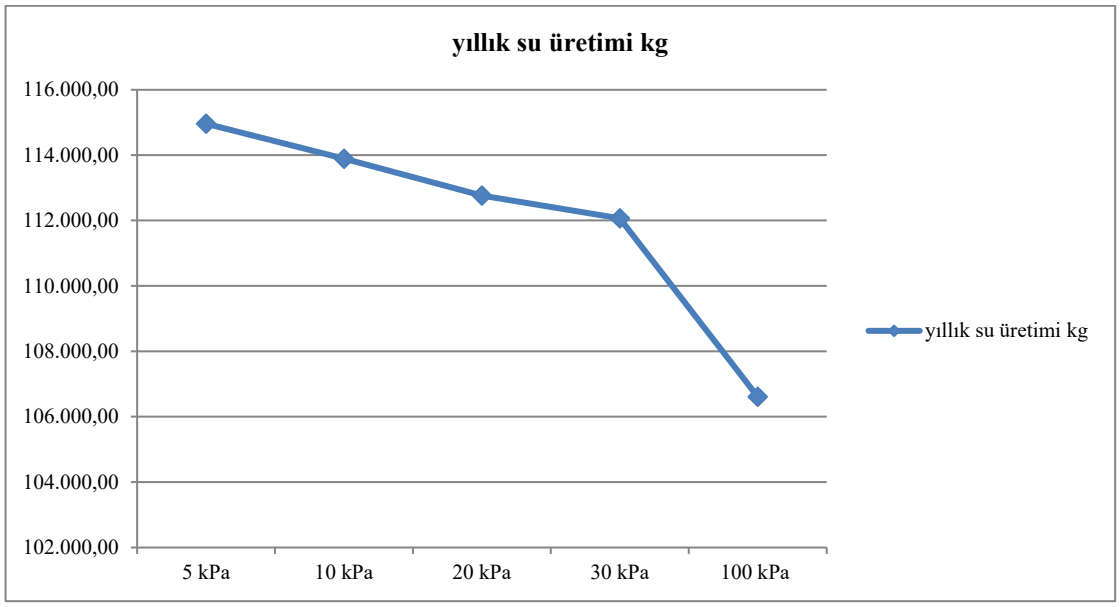
6. Son olarak sistemin tüm birleşenlerin maliyet hesapları yapılarak aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Sistem maliyet hesabı

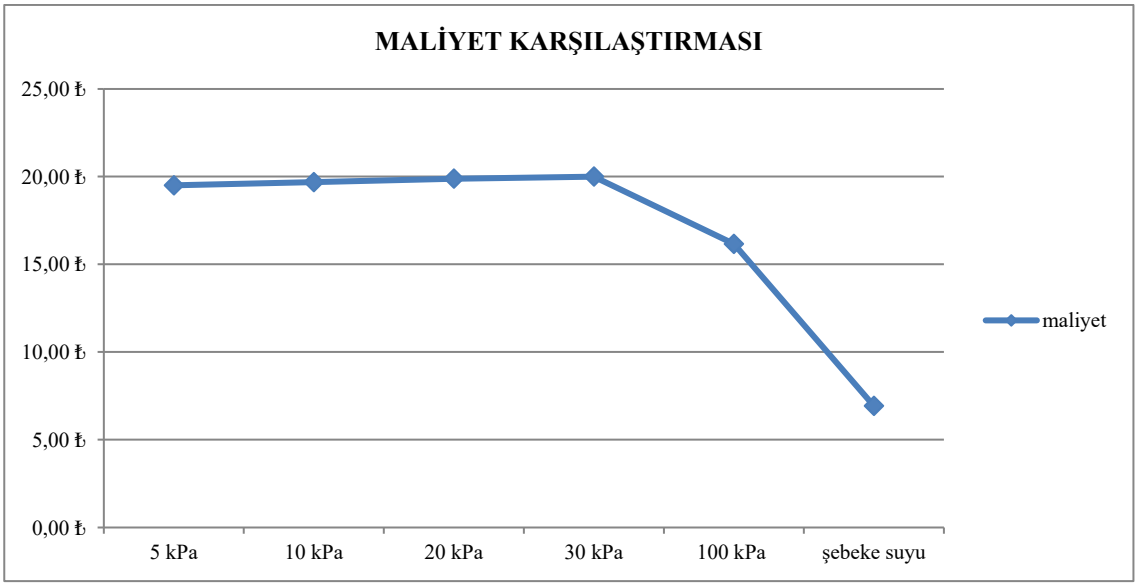
TOPLAM MALİYET HESABI				
NO	**ADI**	**ADET**	**FİYATI**	**TOPLAM**
1	KOLEKTÖR	4	2.600,00 ₺	10.400,00 ₺
2	ISI DEĞİŞTİRİCİ	1	4.500,00 ₺	4.500,00 ₺
3	YOĞUŞTURUCU	1	6.000,00 ₺	6.000,00 ₺
4	VAKUM POMPASI	1	9.250,00 ₺	9.250,00 ₺
5	SANTÜRFÜJ POMPA	1	1.467,00 ₺	1.467,00 ₺
6	SİRKÜLASYON POMPASI	1	1.600,00 ₺	1.600,00 ₺
7	PV PANEL	2	1.350,00 ₺	2.700,00 ₺
8	BASINÇ ANAHTARI	1	375,00 ₺	375,00 ₺
9	SELENOİD VANA	1	255,00 ₺	255,00 ₺
10	SU DEPOSU (1000 LT)	1	3.000,00 ₺	3.000,00 ₺
11	TUZ DEPOSU	1	150,00 ₺	150,00 ₺
12	BORULAMA, SEHPALAR VE ELEKTRİK BAĞLANTILARI	1	3.000,00 ₺	3.000,00 ₺
			TOPLAM	**42.697,00 ₺**

Farklı basınç değerlerinde yıllık üretilen su miktarı dikkate alınarak 1 m^3 suyun üretim bedeli belirlenmiştir. Bu hesaplama yapılırken sistem yıpranma payı ve sistem ömrü düşünülerek hesaplanmıştır. Hesaplamalar 20 yıl üzerinden aylık 30 gün, güneşlenme süreleri boyunca ve %10 yıpranma payı eklenerek yapılmıştır. 100 kPa için vakum pompası ve bağlantıları hariç olarak hesaplama yapılmıştır. 100 kPa m^3 su bedeli bu nedenle daha ucuz çıkmıştır. En yüksek yıllık su üretimi 5 kPa basınç altında toplam 114.958 kg olarak hesaplanmıştır. En düşük yıllık su üretim miktarı 100 kPa basınç altında toplam 106.612 kg olarak hesaplanmıştır.

7. En düşük metreküp su maliyeti 100 kPa da 16,16 ₺ olarak hesaplanmıştır. En yüksek metreküp su fiyatı 30 kPa da 20 ₺ olarak hesaplanmıştır. İzmir için İZSU dan alınan verilere göre konutlar için suyun m^3 fiyatı 6,92 ₺ dir. Bu fiyata göre kıyaslama yapıldığında üretilen suyun maliyeti oldukça yüksek çıkmaktadır.



Şekil 4.13. Sistem yıllık su üretimi



Şekil 4.14. 1m^3 su maliyet karşılaştırması

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Yeryüzünde canlıların en önemli ihtiyaçlarının başında su gelmektedir. Su sıkıntısının tüm dünyayı tehdit etmeye başladığı günümüzde alternatif su kaynakları önem kazanmıştır. Bu konuda şanslı konumda olan ülkemiz hem denizlerle çevrili olması hem de yenilebilir enerji kaynakları açısından uygun konumda olması sebebi ile deniz suyunun arıtılarak tatlı su olarak kullanılabilmesi açısından şanslı bir ülkedir.

Bu tez çalışması Ege denizine kıyısı olan İzmir ili analiz için seçilmiştir. Seçim yapılırken deniz tuz oranı ile güneşlenme süresi ve ışınım değerleri göz önüne alınarak daha verimli olacağı düşünülmüştür. Güneş enerji destekli vakum destilasyon yöntemi ile tatlı su elde etmek için güneş kolektörü,ısı değiştirici,yoğuşturucu vakum, santürfüj ve sirkülasyon pompaları seçilerek sistem tasarımı yapılmıştır. Sistemin ihtiyacı olan enerjiyi karşılamak üzere PV paneller kullanıldığı düşünülmüş ve bu paneller ile enerji üretimi hesaplanmıştır.

Seçilen konum olan İzmir ili için güneş radyasyon değerleri, güneşlenme süreleri,deniz suyu sıcaklığının aylara göre ortalama değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü sitesinden alınarak hesaplamalara dahil edilmiştir.

Kolektörler yardımıyla elde edilen enerji ile vakum altındaki ısı değiştiricide deniz suyu buharlaştırılarak tuzdan arındırılmıştır. Daha sonra yoğuşturucuya gelen su buharı denizden alınan su kullanılarak yoğuşturulmuş burada ısıl kirlenme düşünülerek olabilecek minumun çıkış suyu sıcaklığı dikkate alınmıştır. Yoğuşan su günlük depolama tankına alınarak destilasyon işlemi bitirilmiştir.

Vakum altında üretilecek olan su miktarını belirlemek ve kıyaslama yapabilmek için 100,30,20,10 ve 5 kPa değerleri alınarak hesaplanmış ve kıyaslama yapılmıştır.

Tüm bu hesaplamalar sonucunda şu sonuçlara ulaşılmıştır:

100 kPa basınç altında hesaplanan yıllık toplam tatlı su üretimi 106.612 kg olup 1 m^3 maliyeti 16,16 ₺ olarak hesaplanmıştır.

30 kPa basınç altında hesaplanan yıllık toplam tatlı su üretimi 112.067 kg olup 1 m^3 maliyeti 20,00 ₺ olarak hesaplanmıştır.

20 kPa basınç altında hesaplanan yıllık toplam tatlı su üretimi 112.761 kg olup 1 m^3 maliyeti 19,88 ₺ olarak hesaplanmıştır.

10 kPa basınç altında hesaplanan yıllık toplam tatlı su üretimi 113.890 kg olup 1

m^3 maliyeti 19,68 ₺ olarak hesaplanmıştır.

5 kPa basınç altında hesaplanan yıllık toplam tatlı su üretimi 114.958 kg olup 1 m^3 maliyeti 19,50 ₺ olarak hesaplanmıştır.

100 kPa da su miktarının az olmasına karşılık birim maliyetin düşük olma sebebi vakum pompası kısmının olmayışıdır. Çalışma sonucunda en yüksek su üretimi 5 kPa basınç altında gerçekleşmiş olup en uygun fiyat 100 kPa da karşımıza çıkmaktadır.

Her ne kadar 100 kPa da birim su maliyeti düşük çıkmış olsa da büyük ölçekli tesisler düşünüldüğü zaman düşük basınçtan elde edilecek su miktarı göz önüne alındığında su ihtiyacını karşılamak açısından düşük basınç değerlerinde çalışmak daha avantajlı olacaktır.

İzmir ilinde belediyeden alınan şebeke suyu fiyatı İZSU internet sitesinde 6,92 ₺ dir. Görüldüğü üzere destilasyon ile su üretimi oldukça maliyetli bir yöntemdir. Ancak dünyada sürekli artan su sorunu ve teknolojinin de ilerlemesi ve bu sistemlerin yaygınlaşması ile bu maliyetin giderek daha çok düşecektir. Daha önce yapılan çalışmalar ile kıyasladığımız zaman şu andaki hesaplamalara göre birim m^3 maliyetinin daha düşük olduğu görülmektedir.

Yapılan literatür araştırmalarına kıyasla üretilen su miktarı ve maliyeti diğer bazı çalışmalarla yakın bazılarından daha ekonomik değerlerde çıkmıştır.

Ancak günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları teknolojisinin hızla ilerlemesi sistem kurulum maliyetlerini düşürecektir. İncelenen sistem çevreci ve tamamen kendi enerjisini kendi üreten bir sistem olduğu için uzun vadede temiz su ihtiyacı için kullanımının yangınlaşacak ve buna bağlı olarak maliyeti düşecektir.

5.2. Öneriler

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre aşağıda belirtilen önerilerin dikkate alınması daha sonraki çalışmalarda su üretimini arttıracaktır.

- Yoğuşturucu kısmında soğutma için kullanılan deniz suyu ısı kazanmış olduğunda buharlaştırma kısmında su kaynağı olarak kullanılarak bir miktar daha enerji tasarrufu yapılabilecek ve buharlaştırılacak su miktarı artacaktır.
- PV paneller vasıtası ile elde edilen enerjinin bir kısmı güneş pilleri ile depolanarak enerjiye daha fazla ihtiyaç duyulan zaman dilimlerinde kullanılabilecektir.

6. KAYNAKLAR

Abbaspour,M.J.,Faegh,M.,& Shafii, M. B. 2019. Experimental examination of a natural vacuum desalination system integrated with evacuated tube collectors. ***Desalination***, 467, 79–85.

Akdemir, E. 2005. Deniz Suyundan Tatlı Su Üretiminin Teknik Ve Ekonomik Etüdü Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi İstanbul.

Al-Hinai, H., Al-Nassri, M. S., & Jubran, B. A. 2002. Parametric investigation of a double-effect solar still in comparison with a single-effect solar still. ***Desalination***, 150(1), 75–83.

Aydın, F., Ardalı, Y. 2012. Seawater Desalination Technologies. ***Journal of Engineering and Natural Sciences***, (362), 156–178.

Ayhan, T., & Al Madani, H. 2010. Feasibilty study of renewable energy powered seawater desalination technology using natural vacuum technique. ***Renewable Energy***, 35(2), 506–514.

Banat, F., & Jwaied, N. 2008. Economic evaluation of desalination by small-scale autonomous solar-powered membrane distillation units. ***Desalination***, 220(1–3), 566–573.

Bekar, N. 2020. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye'nin Enerji Jeopolitiği. ***Türkiye Siyaset Bilimi Dergisi***, 3(1), 37–54.

Bezk O. 1992. Su damıtma işleminde güneş enerjisinden yararlanma ve güneş enerjili havuz tipi damıtıcıların incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.

Bilgiç, Y. 2008. Güneş enerjili su damitma sistemlerinde genişletilmiş yüzeylerin isi ve kütle transferi üzerindeki etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Elazığ.

Can, M., Etemoğlu A.B., Avcı, A. 2002. Deniz Suyundan Tatlı Su Eldesinin Teknik ve Ekonomik Analizi. ***Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi***, 7, 147–160.

De Koning, J. and Thiesen, S. 2005. Aqua Solaris- an Optimized Small Scale Desalination System with 40 Litres Output Per Square Meter Based Upon Solar-Thermal Distillation. ***Desalination***, 182, 503–509.

Delyannis, E. 2003. Historic background of desalination and renewable energies. ***Solar Energy***, 75(5), 357–366.

Desalination for water supply. 2006. R0013, 2006,Foundation for water Research, U.K www.fwr.org (Mart 2006).

Devlet Meteoroloji İsleri Genel Müdürlüğü. 2004. Kurs Notları, 26–27.

Dölgen ve Alpaslan. 2012. Deniz Kıyısı Yerleşimlerde Su Temini İçin Tuzdan Arındırma (Desalinasyon) Tesislerinin Kullanılması. Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları IX. Ulusal Kongresi, Bildiriler Kitabı.

Dolun, L. 2002. Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretimi ve Kullanılan Kaynaklar. Türkiye Kalkınma Bankası A.S., Araştırma Müdürlüğü, 61–62.

Drami, D., Yacobi, Y.Z. , Stambler, N., Kress, N. 2011. Seawater Quality and Microbial

Communities at a Desalination Plant Marine Outfall. A Field Study at the Israeli Mediterranean Coast. ***Water Research***, 45, 5449–5462.

DSİ 2020 Yılı Faaliyet Raporu. (n.d.). Retrieved 13 Haziran 2021, https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/KonuIcerik/759/1107/DosyaGaleri/DSİ 2020-yili-faaliyet-raporu.pdf

Esfahani, I. J., Rashidi, J., Ifaei, P., & Yoo, C. K. 2016. Efficient thermal desalination technologies with renewable energy systems: A state-of-the-art review. Korean Journal of ***Chemical Engineering***, 33(2), 351–387.

Garg, H. P., Adhikari, R. S., & Kumar, R. 2003. Experimental design and computer simulation of multi-effect humidification (MEH)-dehumidification solar distillation. ***Desalination***, 153(1–3), 81–86.

Ghaffour, N., Reddy, V. K., & Abu-Arabi, M. 2011. Technology development and application of solar energy in desalination: MEDRC contribution. ***Renewable and Sustainable Energy Reviews***, 15(9), 4410–4415.

JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission. (n.d.). Retrieved 15 Haziran 2021, https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

Kane, S. N., Mishra, A., & Dutta, A. K. 2016. Preface: International Conference on Recent Trends in Physics (ICRTP 2016). Journal of Physics: Conference Series, 755(1).

Kaya, K., & Koç, E. 2015. Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu. ***Mühendis ve Makina***, 56(668), 36–47.

Khawaji, A.D., Kutubkhanah, I.K., Wie, J.2008. Advances in seawater desalination technologies. ***Desalination***, 221, 47–69.

Kılıç, F. Ç. 2015. Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu Ve Üretim Teknolojileri. ***Mühendis ve Makina Dergisi***, 56(671), 28–40.

Kıncay,O.,Akbulut,U. 2011. İstanbul Şartlarında Deniz Suyundan Temiz Su Eldesi. ***Academic Emergency Medicine***, 18, S257–S258.

Koroneos, C., Dompros, A., & Roumbas, G. 2007. Renewable energy driven desalination systems modelling. ***Journal of Cleaner Production***, 15(5), 449–464.

Li, G., & Lu, L. (2020). Modeling and performance analysis of a fully solar-powered stand-alone sweeping gas membrane distillation desalination system for island and coastal households. ***Energy Conversion and Management***, 205(October 2019)

Miladi, R., Frikha, N., Kheiri, A., & Gabsi, S. 2019. Energetic performance analysis of seawater desalination with a solar membrane distillation. ***Energy Conversion and Managemen***t, 185(February), 143–154.

Miller, J. E. 2003. Review of water resources and desalination techniques, (March 2003).

Mittelman, G., Kribus, A., Mouchtar, O., & Dayan, A. 2009. Water desalination with concentrating photovoltaic/thermal (CPVT) systems. ***Solar Energy,*** 83(8), 1322–1334.
Öz, E.S., Deniz, E., Özbaş, E. 2006. Vakumlu Termosifon Tip Güneşli Su Isıtma Sistemlerinde

Antifriz-Su Karışımı Kullanımının Sistem Performansına Etkileri. ***Tesisat Mühendisliği Dergisi***, 94, 41–48.

Öztürk, Y. 2004. Güneş enerjisiyle tuzlu su damıtılması", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Perlin, J. and Gordes, J. N. 2005. An Historical and Prospective Review of Solar Water Purification, Bringing Water to the World, ASES, Riverton, Santa Barbara.

Radyasyon Mevsimler - Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (n.d.). Retrieved 16 Haziran 2021, https://www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon_iller.aspx?il=izmir

Sagie, D., Feinerman, E., & Aharoni, E. 2001. Potential of solar desalination in Israel and in its close vicinity. ***Desalination***, 139(1–3), 21–33.

Shiklomanov, I. 1993. Chapter "World freshwaterresources" in Peter H.Gleick (editor), Water in Crisis: A Guide totheWorld's Fresh WaterResources, Oxford University Press, New York .

Udono K. 2005. Modelling Seawater Desalination with Waste İncineration Energy Using Dynamic Systems Approach, Degree of Doctor of Philosophy, Faculty of Engineering and Information Technology, Griffith University, Queensland, Australia.

Udono, K. 2005. Modelling Seawater Desalination With Waste Incineration Energy Using Dynamic Systems Approach, (December), 197.

Ünsal, H. 2017. Güneş Enerjisi Destekli Su Damıtma Sistemi Performansının Araştırılması Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi.

Vishwanathappa, M. D. 2005. Desalination of seawater using a high- efficiency jet ejector, (May), 1–146.

Wang Y. 2005. Composite Fouling of Calcium Sulfate and Calcium Carbonate in a Dynamic Seawater Reverse Osmosis Unit, Master of Science, The University of New South Wales, Sydney, Australia.

Wessley, G. J., & Mathews, P. K. 2013. Investigations on low temperature flash evaporation desalination for small-scale applications. ***International Journal of Engineering and Technology***, 5(5), 4109–4115.

Xie, G., Chen, W., Yan, T., Tang, J., Liu, H., & Cao, S. 2020. Three-effect tubular solar desalination system with vacuum operation under actual weather conditions. ***Energy Conversion and Management***, 205(November 2019)

Yan, T., Xie, G., Sun, L., Du, M., & Liu, H. 2019. Experimental investigation on a two-effect tubular solar still operating under vacuum conditions. ***Desalination***, 468.

Yiğit, A. ve Atmaca, İ. 2010, Güneş Enerjisi, Alfa-Aktüel Yayınları, Bursa.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mükerrem Sinem MUNGAN

EĞİTİM

Lise : Mardin Anadolu Lisesi

Üniversite : Gaziantep Üniversitesi

Yüksek Lisans : Dicle Üniversitesi

İŞ DENEYİMLERİ

Mardin Artuklu Üniversitesi, 2009-Halen

Mardin Bayındırlık İl Müdürlüğü, 2005-2009

Mardin Belediyesi ,2005-2005

Mardin Milli Eğitim Müdürlüğü, 2003-2005

YABANCI DİL

İngilizce

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ İNTİHAL FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	Mkerrem Sinem MUNGAN
ÖĞRENCİ NO	18818008
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2020-2021
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ A.B.D.
PROGRAM	Yüksek Lisans / ~~Doktora~~
TEZ KONUSU	Güneş Enerjisi Destekli Vakum Destilasyon Yöntemi ile Deniz Suyundan Tatlı Su Eldesinin Enerji Analizi
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	74
BENZERLİK ORANI	%15
RAPORLAMA TARİHİ	30/07/2021

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 74 sayfalık kısmına ilişkin, 30/07/2021 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından *TURNITIN* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %15 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

☐ Kabul/Onay sayfaları hariç,
☐ Kaynakça hariç
☒ Alıntılar ~~hariç~~/dâhil
☐ Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esaslarını inceledim ve bu Uygulama Esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Öğrencinin
Adı ve Soyadı: Mükerrem Sinem MUNGAN
Tarih: 30/07/2021
İmza:

…….	…….
Tez Danışmanı	**Anabilim Dalı Başkanı**
Adı ve Soyadı: Dr. Öğr. Üyesi Orhan ARPA	Adı ve Soyadı: Prof. Dr. Vedat ORUÇ
Tarih: 30/07/ 2021	Tarih: 30/07/ 2021
İmza:	İmza: