

Organik Rankine Çevriminin (ORC- Organic Rankine Cycle) Termodinamiksel ve Enerji Transfer İmkân ve Kabiliyetleri ile Uygulama Alanlarının Araştırılması

(Investigation of the Thermodynamic and Energy Transfer Possibility and Application Areas of the Organic Rankine Cycle - ORC)

Emin Taner ELMAS*¹

*¹ Assistant Professor Dr., Vocational School of Higher Education for Technical Sciences, Division of Motor Vehicles and Transportation Technologies, Department of Automotive Technology, Iğdır University, Turkey & Graduate School of Natural and Applied Sciences - Major Science Department of Bioengineering and Bio-Sciences, Iğdır University, Turkey

Iğdır University, 76000

Iğdır – TURKEY

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7290-2308>

Özet

Termodinamiksel olarak ORC-Organik Rankine Çevrimi prensibi dahilinde çalışılan bir enerji üretim sistemi özellikle düşük sıcaklıklı ısı enerjisi kaynaklarının elektrik enerjisine dönüştürülmesi açısından en uygun teknik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 2013 yılı Ağustos ayı itibariyle 11,766 MW'dır. Yıllık elektrik üretim miktarı yaklaşık 68,6 milyar kWh olup, jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk 5 ülke; ABD, Filipinler, Endonezya, Meksika ve İtalya şeklindedir. Elektrik dışı kullanım ise 50.000 MW'tır. Dünya'da jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke ise Çin, ABD, İsveç, Türkiye ve Japonya'dır.

Türkiye, Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer aldığından oldukça yüksek jeotermal potansiyele sahip olan bir ülkedir. Ülkemizin jeotermal potansiyeli teorik olarak 31.500 MW'tır. Ülkemizde potansiyel oluşturan alanların % 79'u Batı Anadolu'da, % 8,5'i Orta Anadolu'da, % 7,5'i Marmara Bölgesinde, % 4,5'i Doğu Anadolu'da ve % 0,5'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın % 94'ü düşük (20 – 70 °C) ve orta sıcaklıklı (70 – 150 °C) olup, doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral eldesi v.s.) için uygun olup, % 6'sı ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur.

Ağrı ili Diyadin İlçesi Mollakara Köyü Bölgesi için yenilenebilir enerji nitelikli jeotermal sıcak su kaynakları kullanılarak, bu makalenin yazarı olan ve Iğdır Üniversitesi öğretim üyesi Emin Taner ELMAS danışmanlığında kurulması düşünülen bir elektrik enerjisi üretim santrali projesi kapsamında enerji elde edebilme çalışmaları ile ilgili olmak üzere bölgeye ait mevcut durum, genel veriler ve ulaşılması hedeflenen çıktılar, hesaplama ve öngörüler detaylı bilimsel ve teknik enerji transferi hesaplamaları gerçekleştirilerek ayrı bir makalede daha önce ortaya konmuş idi. Ayrıca saha inceleme, değerlendirme ve fizibilite etüdü çalışmaları da gerçekleştirilmişti.

Tüm dünyada elektrik enerjisinin üretimi için kullanılabilecek kaynakların kıtlığı düşünüldüğünde, elektrik enerjisinin üretiminde ve elektrik enerjisinin kullanıldığı sistemlerde verimlilik artırılmalıdır. Sanayisi ve nüfusu hızla büyüyen ülkemizin enerji ihtiyacı da aynı hızla artmaktadır. Bundan dolayı sahip olduğumuz enerji kaynaklarının maksimum verim ile kullanılması, sanayide atık enerjinin değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Organik Rankine Çevrimi, düşük sıcaklıklardaki doğal kaynaklardan ve sanayideki düşük sıcaklıklardaki atıklardan elektrik üretilmesi konusunda çözüm olmaktadır.

Çeşitli ısı kaynaklarından (jeotermal, güneş, atık ısı vb.) elektrik enerjisinin elde edilmesinde kullanılan organik Rankine çevrimlerinin, orta ve büyük ölçekli güç santrallerinde kullanılan ve iş yapan akışkan olarak su kullanılan Rankine çevrimlerine göre bazı avantajları bulunmaktadır. Organik Rankine çevrimlerinde kritik sıcaklığı ve basıncı düşük, moleküler kütlesi yüksek ve korozyon tehlikesi daha az olan hidrokarbon bileşikleri iş yapan akışkan olarak kullanılmaktadır. Bileşiğin yüksek moleküler kütlesinin olması akışkanın ORC sistemlerindeki türbinin kanatçıklarına düşük hızla çarpması ve bu sebeple türbinin dolayısıyla sistemin ömrünün uzun olmasını sağlamaktadır. Ayrıca ORC sistemlerinde akışkan daha düşük sıcaklık ve basınçta çalıştığı için sistemdeki ekipmanların mekanik ve termal gerilimi daha azdır. Bu ve buna benzer avantajlar düşük sıcaklık ve basınçtaki kaynaklardan güç üretimi için ORC sistemlerini daha cazip hale getirmektedir.

Teknik anlamda düşük sıcaklıktaki ısı kaynaklarından faydalanmak ve verimli projeler oluşturmak çeşitli zorluklar içermektedir. Isıdan elektrik üretimi için kullanılan en bilindik sistem buhar türbinidir ancak uygun işletim için yüksek sıcaklık ve basınç gerektirmektedir. Özellikle düşük sıcaklıklarda tercih edilen teknoloji Organik Rankine çevrimidir (ORC). [1-50]

Anahtar Kelimeler:

Termodinamik, Enerji Transferi, Enerji Verimliliği, Enerji Dönüşümü, Jeotermal Sıcak Su Kaynakları, Yenilenebilir Enerji, Elektrik Enerjisi, Isı Enerjisi, Akışkanlar Mekaniği, Isı Transferi, Organik Rankine Çevrimi (ORC), Enerji Sistemleri, Atık Isı Geri Kazanımı

Abstract

Thermodynamically, an energy production system operating within the framework of the ORC (Organic Rankine Cycle) principle is the most suitable technique, especially for converting low-temperature thermal energy sources into electrical energy.

As of August 2013, the installed geothermal energy capacity in the world was 11,766 MW. Annual electricity production is approximately 68.6 billion kWh, and the top 5 countries in geothermal electricity production are the USA, the Philippines, Indonesia, Mexico, and Italy. Non-electrical use is 50,000 MW. The top 5 countries in the world in geothermal heating and spa applications are China, the USA, Sweden, Turkey, and Japan.

Turkey, situated on the Alpine-Himalayan belt, possesses a very high geothermal potential. Theoretically, Turkey's geothermal potential is 31,500 MW. 79% of the areas with potential are located in Western Anatolia, 8.5% in Central Anatolia, 7.5% in the Marmara Region, 4.5% in Eastern Anatolia, and 0.5% in other regions. 94% of our geothermal resources are low-temperature (20-70°C) and medium-temperature (70-150°C), suitable for direct applications (heating, thermal tourism, mineral extraction, etc.), while 6% are suitable for indirect applications (electricity generation).

This article, authored by Emin Taner ELMAS, a faculty member at Iğdır University, previously presented a separate article detailing the current situation, general data, targeted outputs, calculations, and predictions for the Mollakara Village region of Diyadin District, Ağrı Province. The article also included detailed scientific and technical energy transfer calculations, along with field investigation, evaluation, and feasibility studies. Furthermore, the project involved the establishment of an electricity generation plant utilizing renewable geothermal hot water resources.

Given the scarcity of resources available for electricity generation worldwide, efficiency in electricity production and the systems that use it must be increased. Our country, with its rapidly growing industry and population, is experiencing a corresponding increase in energy needs. Therefore, utilizing our energy resources with maximum efficiency and harnessing waste energy in industry are of paramount importance. The Organic Rankine Cycle offers a solution for generating electricity from low-temperature natural resources and low-temperature industrial waste.

Organic Rankine cycles, used to generate electrical energy from various heat sources (geothermal, solar, waste heat, etc.), have several advantages over Rankine cycles used in medium and large-scale power plants that utilize water as the working fluid. In organic Rankine cycles, hydrocarbon compounds with low critical temperature and pressure, high molecular weight, and lower corrosion risk are used as the working fluid. The high molecular weight of the compound allows the fluid to strike the turbine blades at a low speed, thus extending the life of the turbine and consequently the system. Furthermore, because the fluid operates at lower temperatures and pressures in ORC systems, the mechanical and thermal stress on the equipment is reduced. These and similar advantages make ORC systems more attractive for power generation from low-temperature and low-pressure sources.

Technically, harnessing low-temperature heat sources and creating efficient projects presents various challenges. The best-known system for generating electricity from heat is the steam turbine, but it requires high temperatures and pressures for proper operation. The Organic Rankine Cycle (ORC) is a preferred technology, especially at low temperatures. [1-50]

Keywords:

Thermodynamics, Energy Transfer, Energy Efficiency, Energy Conversion, Geothermal Hot Water Resources, Renewable Energy, Electrical Energy, Heat Energy, Fluid Mechanics, Heat Transfer, Organic Rankine Cycle (ORC), Energy Systems, Waste Heat Recovery

Giriş

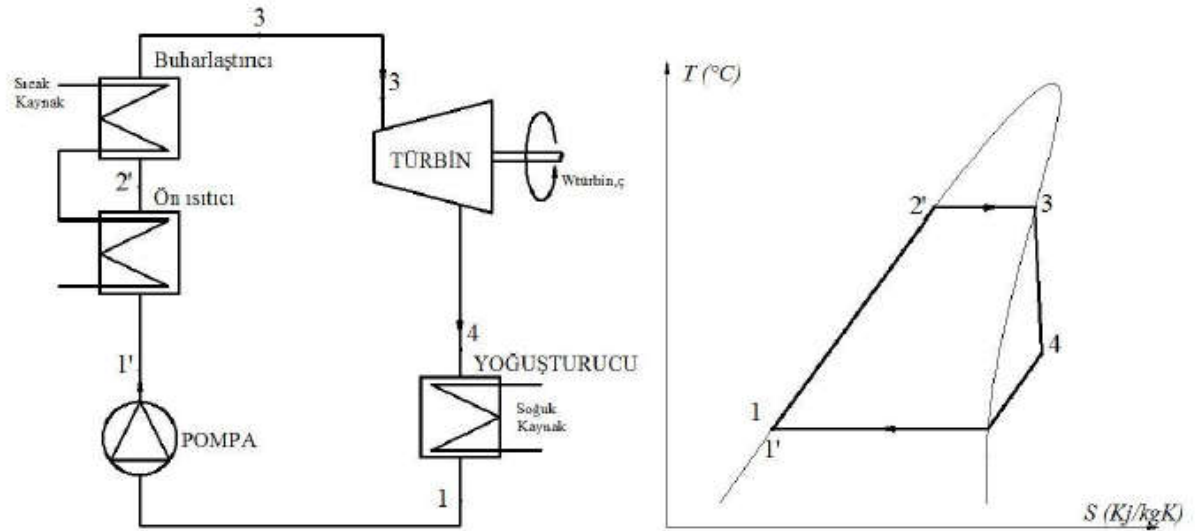
ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİ

Tüm dünyada elektrik enerjisinin üretimi için kullanılabilecek kaynakların kıtlığı düşünüldüğünde, elektrik enerjisinin üretiminde ve elektrik enerjisinin kullanıldığı sistemlerde verimlilik artırılmalıdır. Sanayisi ve nüfusu hızla büyüyen ülkemizin enerji ihtiyacı da aynı hızla artmaktadır. Bundan dolayı sahip olduğumuz enerji kaynaklarının maksimum verim ile kullanılması, sanayide atık enerjinin değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Organik Rankine Çevrimi, düşük sıcaklıklardaki doğal kaynaklardan ve sanayideki düşük sıcaklıklardaki atıklardan elektrik üretilmesi konusunda çözüm olmaktadır. [1-50]

ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİ NEDİR?

Bilindiği gibi, termodinamiksel Rankine Çevrimi ısı enerjisini işe çeviren termodinamik bir döngüdür ve bu çevrimde iş yapan akışkan olarak da uzun yıllardır su kullanılmaktadır. Rankine Çevriminde akışkan olan su, orta ve büyük güç santrallerinde elektrik enerjisi üretmek için tercih edilmektedir (*Verschoor vd 1995, Tchanche vd 2011*). Son yıllarda Rankine Çevriminde su yerine, sudan daha yüksek moleküler kütlesi olan hidrokarbon bileşenli akışkanlar kullanılmaya başlanmıştır. Bu akışkanların kullanılması ile bu sistemler Organik Rankine Çevrimi adını almış ve çoğunlukla biyokütle, egzoz gazı, güneş enerjisi, jeotermal vb. uygulamalarda oldukça yaygın enerji üretim prosesleri arasına girmiştir (*Gand vd 2010, Roy vd 2010, Gozdur vd 2007*).



Şekil 1: Basit Organik Rankine Çevrimi ve T- S Diyagramı [1-50]

Son zamanlarda iklim değişikliği nedeni ile ortaya çıkan çevresel endişeler ve artan petrol fiyatları, atık ısı veya ısı geri kazanımıyla elektrik üretiminde Organik Rankine Çevriminin temiz ve güvenilir en iyi yol olduğunu göstermektedir. (Şekil 1) (Şekil 2) [1-50]



Şekil 2: OPCON Organik Rankine Türbin Sistemi ORC-HT 800 kW [1-50]

Rankine Çevriminde kullanılan bazı akışkanların termodinamik özellikleri Tablo 1' de verilmiştir. Yapılan birçok araştırma, Organik Rankine Çevrim sistemlerinde kullanılan hidrokarbon bileşenli organik akışkanlardan, moleküler ağırlığı yüksek, kritik sıcaklığı ve basıncı düşük, aynı zamanda

kuru-izentropik tip olanlarının daha uygun olduğunu göstermiştir (Bertrand vd,2009, Dresher vd, 2007, Rayegan vd, 2011, He vd, 2012). [1-50]

Organik akışkan	$\xi=dT/ds$	Akışkan Tipi	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Kritik Sıcaklık (K)	Kritik Basınç (Mpa)
R717	-10.48	Islak	17.03	405.4	11.3
R718	-17.78	Islak	18.00	647.1	22.0
R22	-1.33	Islak	86.47	369.3	4.99
R32	-4.33	Islak	52.02	351.2	5.78
R600a	1.03	Kuru	58.12	407.8	3.63
R142b	0.00	İzentropik	100.5	410.2	4.06
R600	1.03	Kuru	58.12	425.1	3.8
R245fa	0.19	İzentropik	134.05	427.2	3.64
R123	0.26	İzentropik	152.93	456.8	3.66
R601	1.51	Kuru	72.15	469.7	3.37
R21	-0.78	İzentropik	102.92	451.4	5.18
R141b	0.00	İzentropik	116.95	477.5	4.21
R290	-0.79	İzentropik	44.1	369.8	4.25
R218	0.45	İzentropik	188.02	345.0	2.64

Tablo 1: Bazı iş yapan akışkanların termodinamik özellikleri [1-50]

Yöntem, Bulgular ve Tartışma

ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİ – ORC – (ORGANIC RANKINE CYCLE)

Binaların solar radyasyon ile elektrik enerjisi ihtiyaçlarının karşılanması ve ilave olarak ısıtılması ile soğutulması imkanları aşağıda tarif edilen araştırma projesi ile hedeflenmektedir. Şu an bu çalışma, ASME - Amerikan Makina Mühendisleri Odası, ORC Güç Sistemleri Komitesi ile bağlantılı KCORC (Knowledge Center Organic Rankine Cycle) tarafından tanıtılmakta ve duyurulmaktadır. Bu proje ile, binaların kendi enerji ihtiyaçlarını karşılayabilecek ve tamamen güneş enerjisi ile çalışan sistemlerin üretimi hedeflenmektedir. [1-50]

Projede kullanılan sistem; “ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİ – ORC – (ORGANIC RANKINE CYCLE)” olarak adlandırılmaktadır. Sistem binanın elektriksel, ısıtma ve soğutma olmak üzere enerji ihtiyaçlarını güneş enerjisinden elde etmesini sağlayacak imkân ve kabiliyete sahip

olacaktır. Elektriksel verimi %20 oranında olup, ayrıca ısıtma ve soğutma kojenerasyonu, hatta trijenerasyonu ile termal enerji depolanması olanağı da mevcut olacak ve son derece yüksek toplam çevrim verimlerine ulaşılabilir. Nihayetinde, bu sistem güneş enerjisinden aldığı enerjiyle binaların, konutların elektrik enerjisi ihtiyacı ile ısıtma ve soğutmalarını temin edebilecektir. [1-50]

Projenin orijinal adı “SOLAR ORC TURBOGENERATOR FOR ZERO-ENERGY BUILDINGS”

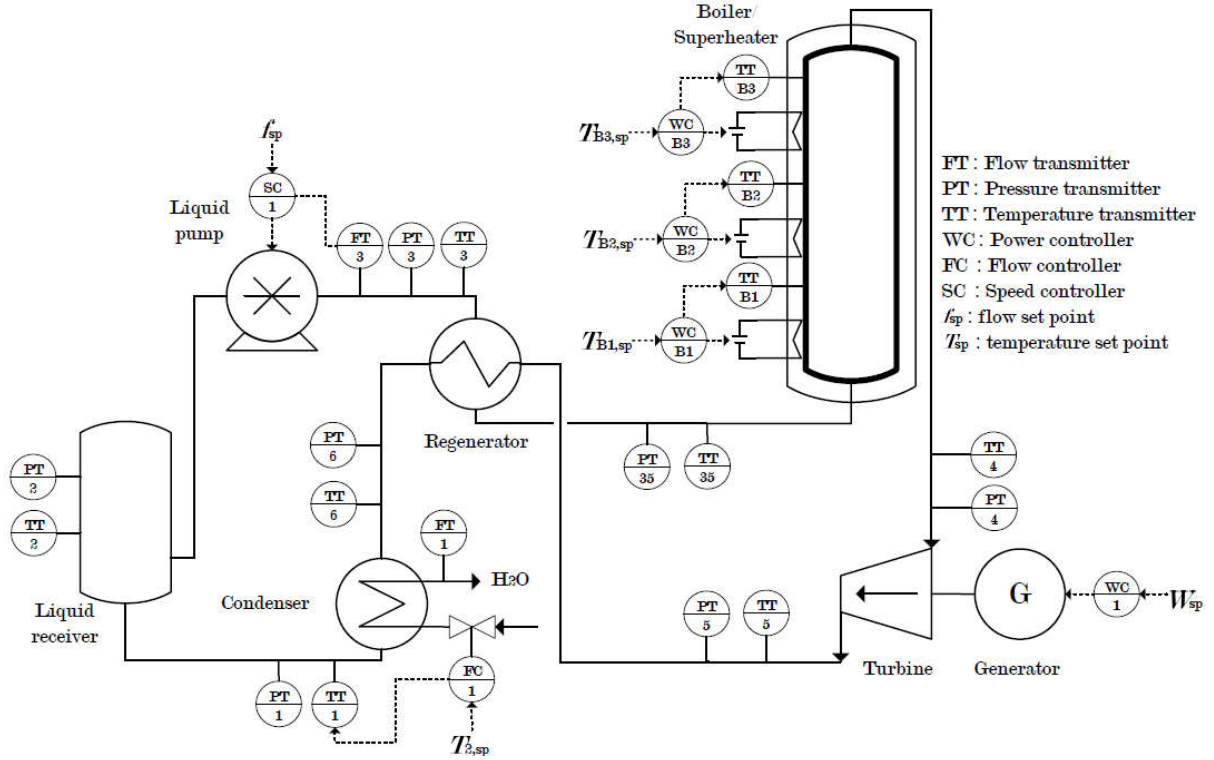
Araştırma zaman aralığı :2014 – 2019

Projenin Partnerleri:

- Delft University of Technology - NL
- Bosch Corporate Research - DE
- NEP solar - SW
- Asimptote - NL

Finans: STW (Dutch Technology Foundation), Bosch Corporate Research, Energy Storage and Conversion sector [1-50]

Sistemin genel çevrim şeması aşağıdaki gibidir (Şekil3): [1-50]



Şekil 3: SOLAR ORC TURBOGENERATOR FOR ZERO-ENERGY BUILDINGS [1-50]

Yüksek enerji verimliliği ve çevre dostu olması açısından son derece önem arz eden “ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİ – ORC – (ORGANIC RANKINE CYCLE)” sistemi ve uygulamaları detaylı olarak aşağıdaki bölümlerde anlatılmakta ve tanıtılmaktadır: [1-50]

ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİ – ORC – (ORGANIC RANKINE CYCLE)

Çeşitli ısı kaynaklarından (jeotermal, güneş, atık ısı vb.) elektrik enerjisinin elde edilmesinde kullanılan organik Rankine çevrimlerinin, orta ve büyük ölçekli güç santrallerinde kullanılan ve iş yapan akışkan olarak su kullanılan Rankine çevrimlerine göre bazı avantajları bulunmaktadır. Organik Rankine çevrimlerinde kritik sıcaklığı ve basıncı düşük, moleküler kütlesi yüksek ve korozyon tehlikesi daha az olan hidrokarbon bileşikleri iş yapan akışkan olarak kullanılmaktadır. Bileşiğin yüksek moleküler kütlesinin olması akışkanın ORC sistemlerindeki türbinin kanatçıklarına düşük hızla çarpması ve bu sebeple türbinin dolayısıyla sistemin ömrünün uzun olmasını sağlamaktadır. Ayrıca ORC sistemlerinde akışkan daha düşük sıcaklık ve basınçta çalıştığı için sistemdeki ekipmanların mekanik ve termal gerilimi daha azdır. Bu ve buna benzer avantajlar düşük sıcaklık ve basınçtaki kaynaklardan güç üretimi için ORC sistemlerini daha cazip hale getirmektedir. [1-50]

Teknik anlamda düşük sıcaklıktaki ısı kaynaklarından faydalanmak ve verimli projeler oluşturmak çeşitli zorluklar içermektedir. Isıdan elektrik üretimi için kullanılan en bilindik sistem buhar türbinidir ancak uygun işletim için yüksek sıcaklık ve basınç gerektirmektedir. Özellikle düşük sıcaklıklarda tercih edilen teknoloji organik Rankine çevrimidir (ORC). [1-50]

ORC sistemlerinde yüksek basınçlı buhar ve su yerine, organik akışkan kullanılmaktadır. Bir diğer deyişle, ORC teknolojisinde, sudan daha düşük kaynama noktasına sahip olan akışkanlar kullanılmaktadır. Bu özellik ile enerji üretimi ekonomik olmayan sistemler çok daha verimli bir hal almaktadır. Endüstriyel atık ısı, pistonlu motor ceketinin su ısısı, jeotermal ısı, güneş havuzu, petrol ve gaz alanları bu ısı kaynakları arasında yer almaktadır. [1-50]

Organik Rankine çevrimi düşük sıcaklıktaki ısı kaynaklarını kullanarak güç üretebilen bir çevrimdir. Bu çevrimin klasik Rankine çevriminden tek farkı su ve buhar yerine organik akışkan kullanmasıdır. Organik akışkanların ana avantajları ise düşük kaynama noktalarına ve yüksek molekül ağırlıklarına sahip olmalarıdır. Bu karakteristikler, organik akışkanların düşük sıcaklıktaki ısı girdilerinde daha uygulanabilir olmasını sağlamaktadır. [1-50]

Burada bahsedilen termodinamik çevrimde ısı transfer yağı bir ısı kaynağı tarafından ısıtılır. Isıtılan ısı transfer yağı ise organik akışkanın gaz fazına geçirileceği, buharlaştırıcı olarak adlandırılan ısı değiştiricisine girer. Isıtılan ve bir pompa vasıtasıyla basınçlandırılan organik akışkan genleşeceği ve sıcaklığının düşeceği genişleticiye /türbine girer. Genleştirici aynı zamanda kendisine bağlı olan jeneratörü de elektrik elde etmek amacıyla döndürür. Daha sonra organik akışkan, yoğunlaştırıcı olarak adlandırılan ve chiller ünitesi adı verilen sistemden aldığı soğuk su ile akışkanın soğutulduğu ısı değiştiricisine aktarılır. Buradan ise düşük sıcaklık ve basınçtaki organik akışkan pompa emişine gelir. Kapalı çevrim bu şekilde tekrar eder. [1-50]

ORC ya da Organik Rankine Çevrimi nedir?

Organik Rankine Çevrimi (ORC), atık ısıyı elektrige dönüştürür. Bu teknoloji dünyanın her yerinde başarılı biçimde uygulanmış olan Rankine ilkesine dayalıdır. Rankine Çevrimi, sabit basınç altındaki bir iş akışkanı aracılığıyla ısıнын işe dönüştürüldüğü bir termodinamik süreçtir. Akışkan buharlaştırılır ve elektrik üreten bir jeneratörü tahrik eden bir türbinin içinde genişletilir. ORC, kaynama noktası sudan düşük olan bir organik akışkan kullanır ve düşük sıcaklıktaki ısı kaynaklarından ısı geri kazanımı sağlanabilmesini ve dolayısı ile bununla bir türbinin çalıştırılıp elektrik üretilmesini sağlar. [1-50]

ORC uygulamaları

ORC teknolojisi, 90°C sıcaklığında atık ısı (veya daha fazla) tahliye eden tüm organizasyonalar için özellikle uygundur. Atık ısı, farklı süreçlerden kaynaklanabilir: [1-50]

- Yoğunlaştırıcı güneş enerjisi sistemleri
- Dizel motorların egzoz gazları ve gaz türbinleri
- Endüstriyel süreçlerdeki atık ısı
- Derin jeotermal enerji
- Biyokütle tarafından üretilen sıcaklık

Neden ORC?

Atık ısı doğrudan üretim sürecinde kullanılamıyorsa (ön ısıtma olarak) ve kaybediliyorsa, ORC, özellikle bu rölatif düşük atık ısıdan faydalanabilecek bir teknolojidir. [1-50]

Tüm avantajları sıralamak gerekirse:

- Birincil yakıt tüketimini yükseltmeden yerinde dikkate değer miktarda enerji üretilebilir.
- Az bakım ve işçi çalıştırma
- Baca gazı emisyon salınımı düşer, çevre dostudur.
- Farklı üretim süreçlerinde rahatça kullanılabilir ve uygulanabilir
- Basit ve kompakt tasarım

Organik Rankine Çevrimine (ORC) Dayalı Buharlı Güç Sistemleri

ORC, çevrim akışkanı olarak organik akışkanların kullanımına dayalı, farklı ısı kaynaklarından ısı geri kazanımıyla güç üretiminde gelişmekte olan bir teknoloji olarak göz önüne alınmaktadır. ORC piyasası, 1980'li yılların başından beri, esas itibarıyla biyokütle, güneş enerjisi, jeotermal enerji ve atık ısı geri kazanımı alanlarında gitgide hızlanarak büyümektedir. Mevcut piyasa verisinden, gerçek tesislerin boyutunun, çoğunlukla birkaç yüz kWe'lık minimum bir güç çıkışıyla sınırlı olduğunu göstermektedir. Düşük kapasiteli sistemler, hali hazırda gelişmekte veya prototip aşamasındadır; ancak endüstriyel üretimini başlatmak ve maliyetini düşürmek için halen odaklı pazarlar gerekmektedir. Birçok sanayi uygulamasında, düşük sıcaklık nedeniyle faydalı enerjiye

dönüştürülerek kullanılamayan değişik formlarda ısı kaynakları ile karşılaşmaktadır. Düşük sıcaklıklı ısı kaynaklarının karşılaştığı uygulamalardan bazıları; endüstriyel tesislerdeki atık ısılar (demir-çelik, çimento, tekstil, rafineri, kimya, gıda, seramik, cam, vb. sanayi sektörleri), proses atık ısıları (kompresör soğutma, motor soğutma, yoğusturucu, vb. uygulamalar) ve yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, jeotermal, biyokütle yakıt enerjileri, vb.leri) şeklinde sayılabilir. ORC teknolojisinin yerleştirilmesi, teknolojik gelişime katkı sağlama yanında ülkemizdeki atık ve atıl durumda olan düşük sıcaklıktaki enerji kaynaklarının kullanımını sağlayacaktır. Bu yerleştirme sayesinde, mevcut endüstriyel uygulamalardaki ve proseslerdeki atık ısıların, kullanımı en kolay elektrik enerjisi şeklinde geri kazanımı ile komple sistem verimliliklerinde artış sağlanması amaçlanmaktadır. Buna ek olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının da enerji üretimi açısından efektif kullanımına katkı sağlanacaktır. [1-50]

Komple sistem verimi artışına yönelik sanayideki ve proseslerdeki atık ısıların kullanımı ve atıl ya da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için komple ORC sistemi ve bileşenlerinin yerli imalatı için ilgili teknolojilerinin geliştirilmesi son derece önemli bir konudur. ORC sisteminde kullanılan akışkanların yerli üretimi de aynı derecede öneme haizdir. [1-50]

Bu çerçevede aşağıda belirtilen sistem ve/veya ekipman teknolojilerinin geliştirilmesi amaçlanmalıdır:

- Komple ORC sistemleri
- ORC sisteminde kullanılacak yüksek verimli ısı değiştiriciler - (buharlaştırıcı, yoğusturucu, ara ısı eşanjörü)
- ORC'ye özgün pompalar
- ORC'ye özgün türbinler
- ORC akışkanları
- Teknik ve ekonomik açılardan ORC sistemi için uygulama potansiyeli olan diğer yenilikçi ekipman ve elemanlar

Bu konudaki üretim teknolojileri yanı sıra özellikle yerli bilgi (know-how) edinimi ve teknoloji gelişimine yönelik tasarım ve analiz konularında yoğunlaşılması, ilgili mühendislik disiplinlerinde ilgili modellemelerin, analizlerin (ısıl-akışkan analizleri, yapısal analizler, malzeme, test, vb.leri), optimizasyon ve performans değerlendirmelerinin yapılması da hedeflenmelidir. [1-50]

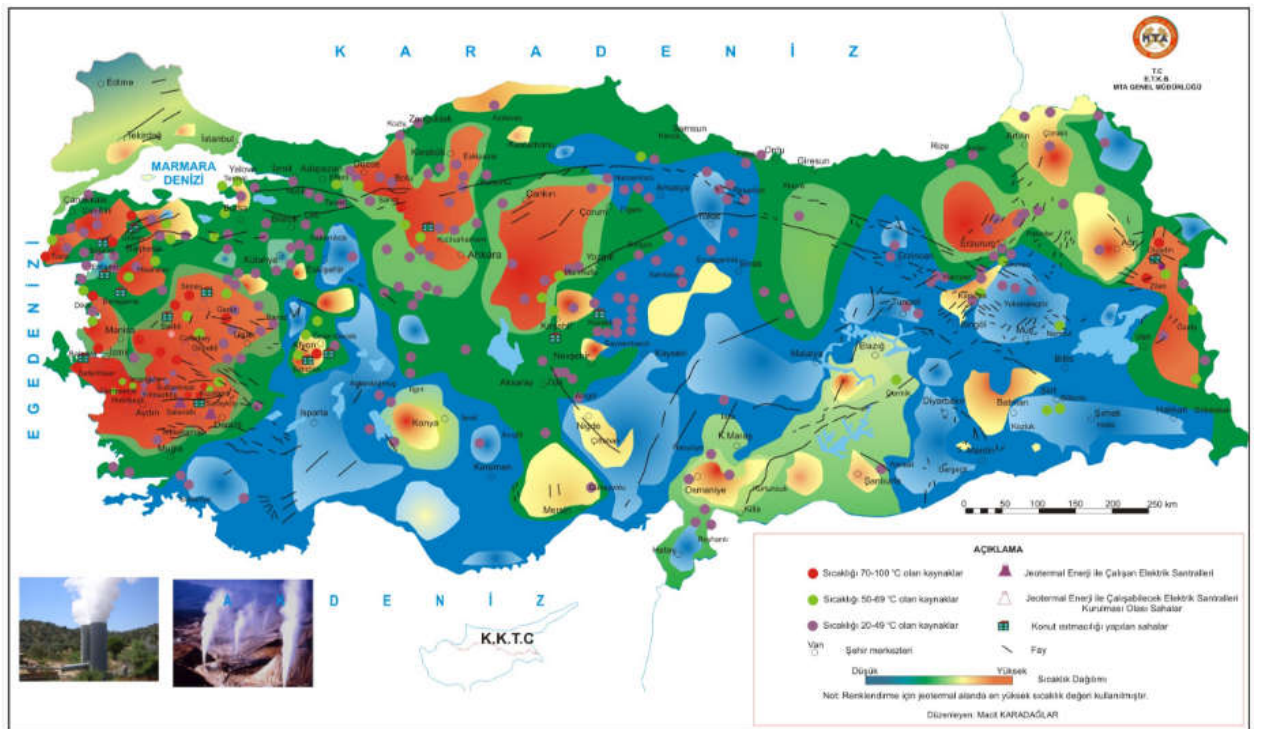
Sonuç

ORGANİK RANKİN ÇEVİRİMİ SİSTEMLERİNİN UYGULAMA ALANLARI

1- DÜŞÜK SICAKLIKTAKİ JEOTERMAL KAYNAKLARDAN ELEKTRİK ÜRETİMİ

Dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 2013 yılı Ağustos ayı itibariyle 11,766 MW'dır. Yıllık elektrik üretim miktarı yaklaşık 68,6 milyar kWh olup, jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk 5 ülke; ABD, Filipinler, Endonezya, Meksika ve İtalya şeklindedir. Elektrik dışı kullanım ise 50.000 MW'tır. Dünya'da jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke ise Çin, ABD, İsveç, Türkiye ve Japonya'dır. [1-50]

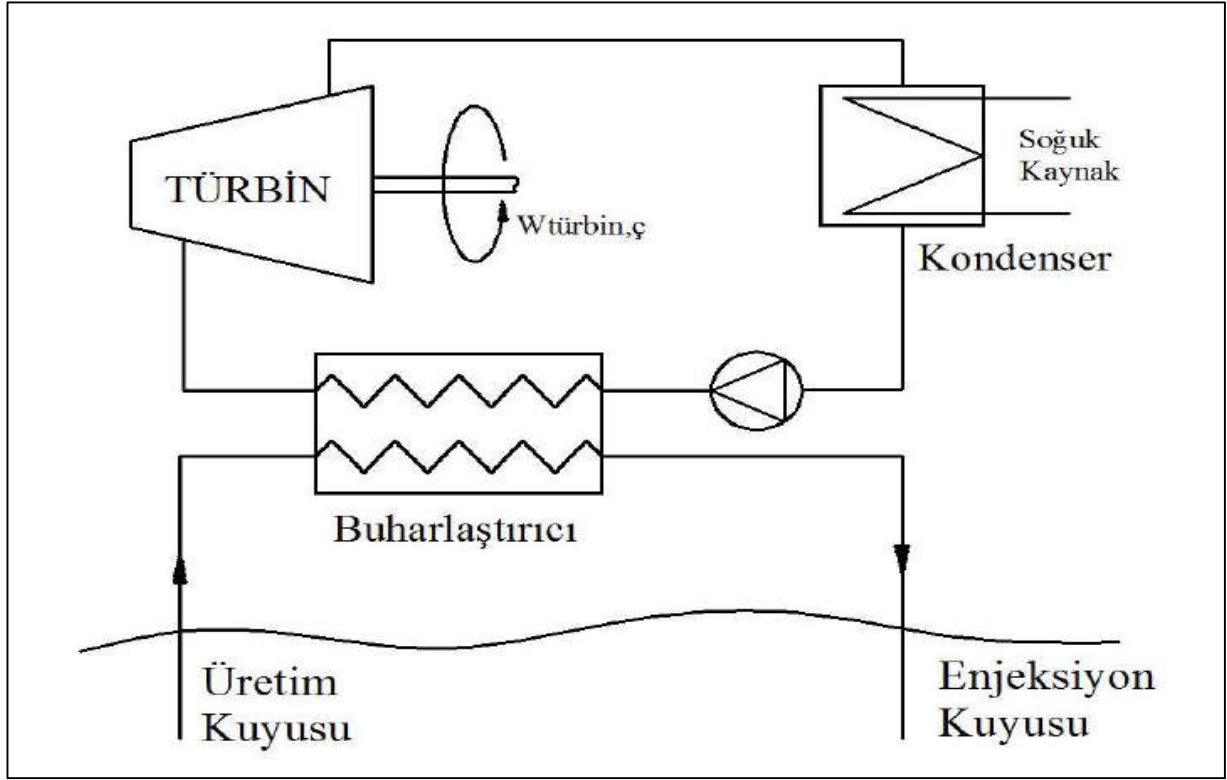
Türkiye, Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer aldığından oldukça yüksek jeotermal potansiyele sahip olan bir ülkedir. Ülkemizin jeotermal potansiyeli teorik olarak 31.500 MW'tır. Ülkemizde potansiyel oluşturan alanların % 79'u Batı Anadolu'da, % 8,5'i Orta Anadolu'da, % 7,5'i Marmara Bölgesinde, % 4,5'i Doğu Anadolu'da ve % 0,5'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın % 94'ü düşük (20 – 70 °C) ve orta sıcaklıklı (70 – 150 °C) olup, doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral eldesi v.s.) için uygun olup, % 6'sı ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur. (Şekil 4) [1-50]



Şekil 4: Türkiye Jeotermal Kaynaklar Haritası ve Uygulama Alanları [1-50]

Ülkemizde Jeotermal Kaynaklardan elektrik üretimi 2015 yılı sonu itibarı ile 612,83 MW a ulaşmıştır. Organik Rankine Çevrimi Sistemleri ile yeterli debideki düşük ve orta sıcaklıktaki Jeotermal Kaynaklardan verimli şekilde elektrik üretimi yapılabilir. [1-50]

Jeotermal Kaynak ile elektrik üretilen Basit Organik Rankine Çevrimi Şekil 5' de gösterilmiştir.



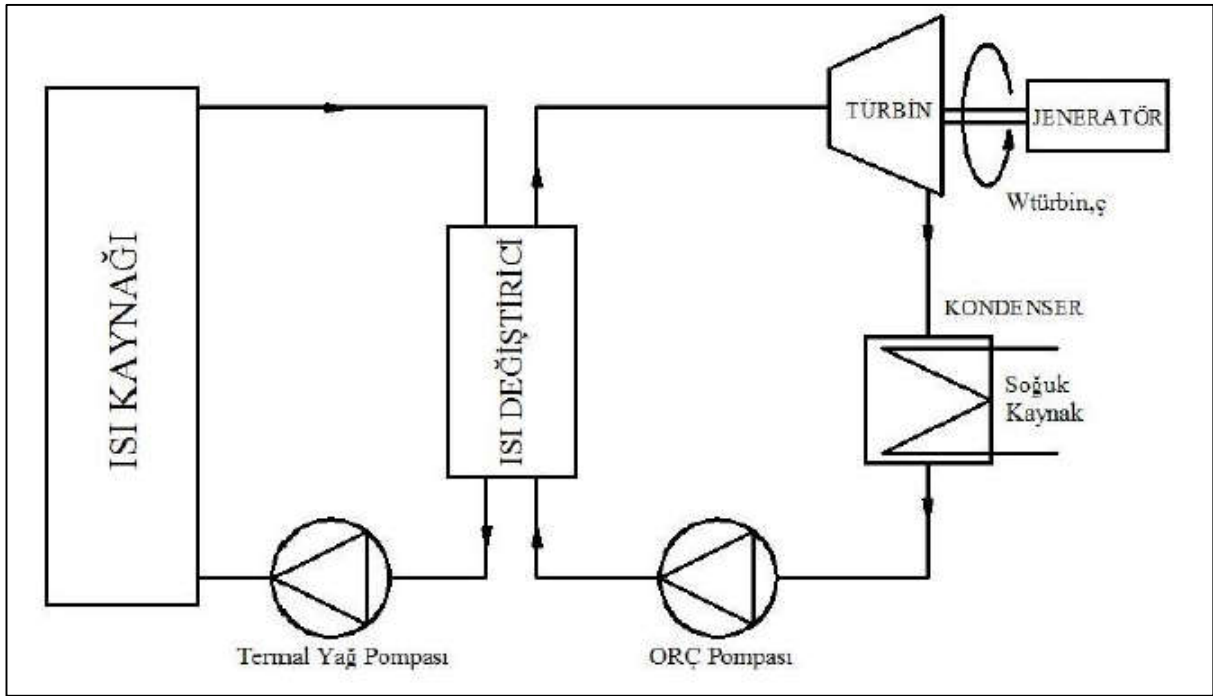
Şekil 5: Jeotermal Kaynak ile Elektrik Üretilen Basit Organik Rankin Çevrimi [1-50]

2- ATIK ISI GERİ KAZANIMINDAN ELEKTRİK ÜRETİMİ

Atık ısı, yanma veya benzeri bir kimyasal tepkime sonucunda ortaya çıkan egzoz gazındaki sıcaklıktır. Atık ısının geri kazanılması için günümüzde birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bir tanesi de atık ısı geri kazanımlı Organik Rankine Çevrim sistemleridir. Yanma işlemi sonucunda ortaya çıkan gazın yeterli sıcaklık ve debide olması sonucunda, egzoz gazındaki enerji Organik Rankine Çevrim sisteminde kullanılan organik akışkana aktarılarak elektrik üretimi yapılabilir. Bu şekilde egzoz gazlarındaki atık enerjinin değerlendirilmesi sağlanırken, aynı zamanda bu gazların meydana getirdiği çevresel problemlerinde azaltılmasına olanak tanınmaktadır. [1-50]

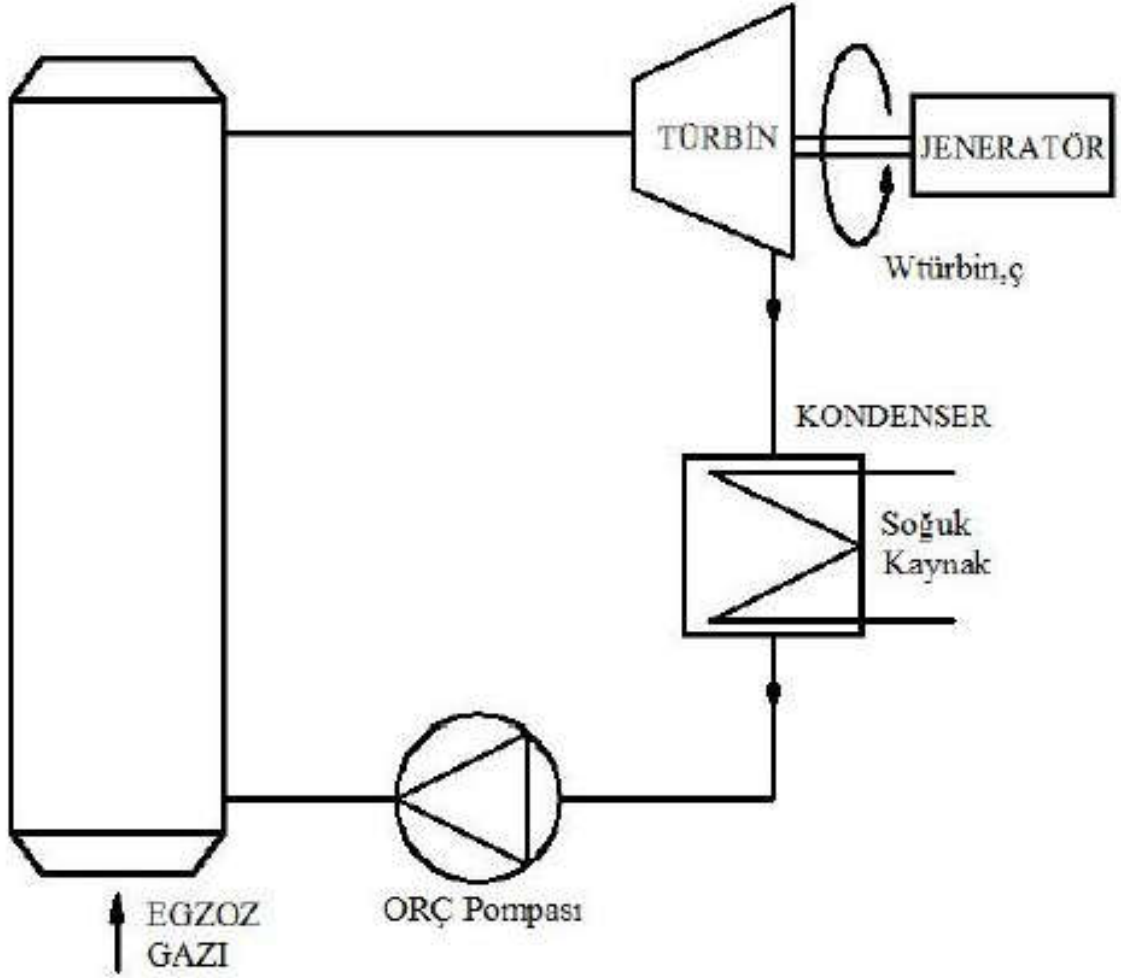
Atık ısının kullanılmasında ısı değiştiricilerin seçilmesi çok önemlidir. Mevcut kaynaktaki enerji iki farklı yolla değerlendirilebilir. Bunlardan birincisi, egzoz ısısının önce termal yağa aktarılarak,

ardından yağdaki enerjinin ısı değıştircisi aracılığıyla organik akışkana iletilmesi ile gerçekleşir. Şekil 6’da bu sistem gösterilmektedir. [1-50]



Şekil 6: Termal Yağ ile Atık Isıdan Elektrik Üretilen Organik Rankine Çevrimi [1-50]

Atık ısının kullanılmasında kullanılan ikinci yöntem ise, egzoz gazının doğrudan bir ısı değıştircisine gönderilmesi ile gerçekleştirilir. Organik akışkana aktarılan bu enerji ile çevrim için gerekli ısı enerjisi sağlanmış olur. Bu sistem de Şekil 7’ de gösterilmiştir. [1-50]



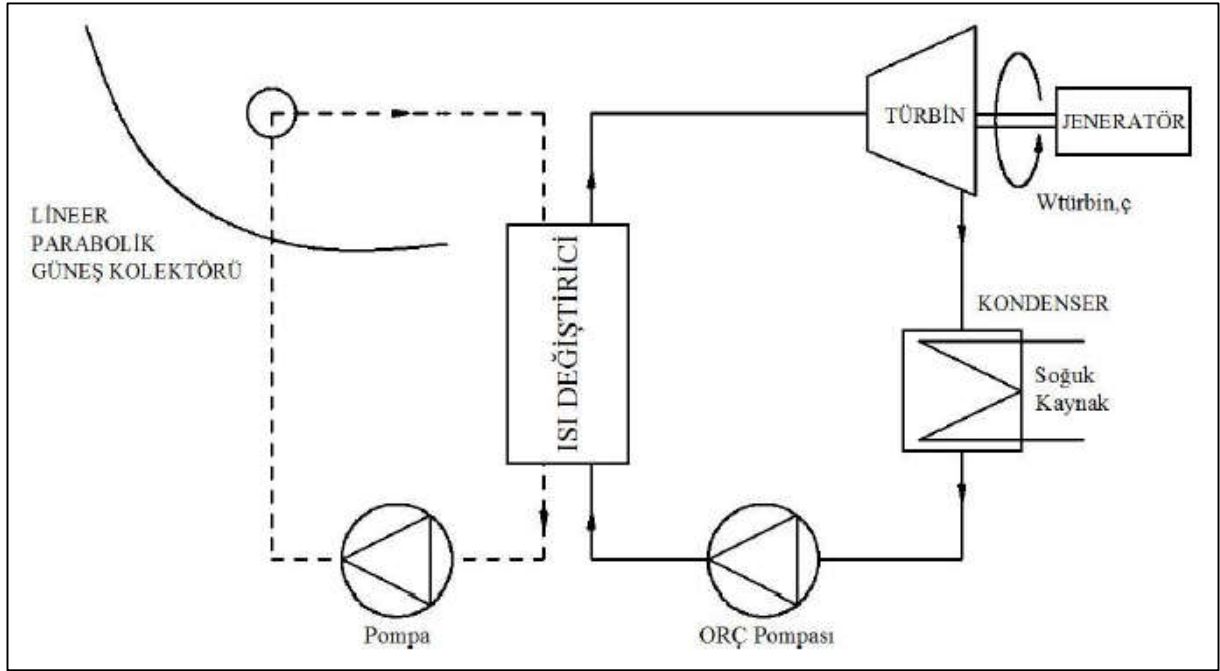
Şekil 7: Doğrudan Isı Değiştiricili Organik Rankine Çevrimi [1-50]

3- GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ

Güneş enerjisi sınırsız ve tükenmeyen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Ayrıca çevre dostu olan bu enerjinin kullanımı fosil yakıtların tükenmesi ve çevresel etkilerden dolayı gün geçtikçe artmaktadır. Güneş enerjisi, endüstride birçok uygulamada kullanılmaktadır. Özellikle sıcak su üretimi, proses ısıtma, endüstriyel kurutma sistemleri ve fotovoltaik piller aracılığıyla elektrik üretimi güneş enerjisi kullanım alanlarının başlıcalarıdır. [1-50]

Gelişen teknoloji sayesinde güneş enerjisi uygulamalarında yüksek sıcaklıklara çıkmak mümkün olmaktadır. Bu sıcaklıklar ile Organik Rankine Çevrim Sistemleri kurulup elektrik üretmek mümkün hale gelmiştir. Bu çevrimde güneş enerjisi kullanılarak buhar elde edilir, buhar türbinden geçirilerek elektrik üretilir. (Şekil 8) [1-50]

Bu sistemlerde elektrik üretmek, fotovoltaik pillerden daha ucuza mal olmaktadır. Ayrıca kondenser suyu farklı uygulamalarda kullanılabilir. Fakat yeterli güneş ışınlamının olmadığı zamanlarda, sistem çalışmayacağı için bu tarz sistemler genellikle başka bir enerji kaynağı ile entegre edilerek (hibrit) çalıştırılmaktadır (biyokütle, fosil yakıtlı kazan, atık ısılar vb.). [1-50]



Şekil 8: Parabolik Güneş Kollektörlü Organik Rankine Çevrimi [1-50]

YAZARIN BİYOGRAFİSİ (Dr. Öğr. Üyesi Mak.Yük.Müh. Emin Taner ELMAS):



Dr. Öğr. Üyesi Emin Taner ELMAS, Makina Yüksek Mühendisi olup 1974 yılı Sivas doğumludur.

Doktora öğrenimini Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Termodinamik Bilim Dalı'nda, Yüksek Lisans - Master öğrenimini Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Bilim Dalı'nda tamamlamış olup , Lisans öğrenimini de Hacettepe Üniversitesi Z.M.F. Makina Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamış ve 1995 yılında fakülteyi derece ile bitirerek makina mühendisi olmuştur. Fakültede ilk 3 sınıfın sonunda birinci olması nedeni ile 4. sınıfta Makina Mühendisleri Odası tarafından karşılıksız burs ile ödüllendirilmiştir. 1991 yılında ise İzmir Atatürk Lisesi'nden mezun olmuştur.

Yedek Subaylık görevini Bosna Hersek'te, Saraybosna'da NATO bünyesinde SFOR Çok Uluslu Barış Gücü'nde İngilizce Tercüman olarak tamamlamış olup, 2 adet NATO Madalyası ile Türk Silahlı Kuvvetleri Hizmet Övünç Belgesi (Bosna Hersek) sahibidir.

Üniversitelerdeki akademisyenlik görevlerinin yanı sıra, çeşitli endüstriyel kurum, kuruluş ve şirketlerde mühendislik ve yöneticilik yapmış olup; Şantiye Şefi, Proje Yöneticisi, Yönetim Temsilcisi, Kalite Müdürü, Üretim Müdürü, Enerji Müdürü, CSO-CTO, CBDO, Fabrika Müdürü, Genel Müdür Yardımcısı ve Genel Müdür pozisyonlarında görevler almıştır.

Dr. Öğr. Üyesi Emin Taner ELMAS, Iğdır Üniversitesi öğretim üyesi olup Iğdır Teknik Bilimler MYO Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü (Otomotiv Teknolojisi) – Bölüm Başkanı ve Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilimdalı öğretim üyesidir. Akademik ve endüstriyel alanlarda yaklaşık olarak toplamda 30 yıllık mesleki tecrübeye sahiptir.

NASA da dahil olmak üzere ASME, TÜBİTAK ve birçok bilimsel kurum, kuruluş ve üniversite için bilimsel hakemlik ve panelistlik görevleri yapmış ve yapmaktadır.

“Makina Mühendisliği, Enerji Transferi, Termodinamik, Akışkanlar Mekaniği, Isı Transferi, Yüksek Matematik, Evaporasyon, Isı Boruları, Uzay Bilimleri, Otomotiv, Biyomühendislik, Tıp Mühendisliği Uygulamaları, Nöromühendislik, Tıp Tekniği” akademik ve bilimsel çalışma alanları olup; “Isıtma-Havalandırma Klima Uygulamaları, Basınçlı Kaplar, Isı Değiştiriciler, Enerji Verimliliği, Buharlı Kazanlar, Enerji Santralleri, Kojenerasyon, Su Saflaştırma, Su Arıtımı, Endüstriyel Ekipman ve Makinalar, Kaynaklı İmalat, Saç Şekillendirme, Talaşlı İmalat” ise endüstriyel tecrübe alanlarıdır.

Dr. Öğr. Üyesi Emin Taner ELMAS aynı zamanda müzisyen olup, saz (bağlama) icrası sanatçısı ve neyzendir. Saz-Bağlama çaldığı ve Ney üflediği ses kayıtlarından bazılarının yer aldığı bir YouTube Müzik Kanalı (Emin Taner ELMAS) mevcuttur. Babası Hâkim “Raşit ELMAS” için

büyük ozan Âşık Veysel ŞATIROĞLU'nun "Raşit Bey" ismi ile yazdığı şiiri "Raşit Bey Türküsü" olarak bestelemiş, notaya almış ve akademik makale olarak da yayınlayarak kendi müzik kanalında neşretmiştir. Ayrıca babası için kaleme aldığı ve akademik edebiyat dergisinde yayınlanmış "Canım Babam" ve "Geldim Babam" isimli şiirleri yazmıştır, bu şiirlere ait enstrümental müzikler yapmıştır. "Annem Annem Türküsü" isimli enstrümantal bir eser bestelemiş ve annesi Avukat Tuna ELMAS'a 11.05.2025 Anneler Gününde hediye etmiştir. "Ney ve Neyzen" isimli bir şiiri de mevcuttur. Arkeolog ve İngilizce Öğretmeni olan kızkardeşi "Esra ELMAS"a yazdığı ve hediye ettiği "Esra Kardeşim" isimli şiiri de bulunmaktadır. "Kazana Düşürdüm Başparemi" isimli türkü karakterli hicivli şiirin yazarıdır. "Saz- Bağlama Akort Sistemi Metodu" ile "Ney ve Neyzen; Ney'de Perdeler, Ses Devreleri, Oktavlar, Yapısı, İcrası, Ney Bakımı ile Temel Musiki Nazariyatı" isimli kitapları basılmıştır. Muhtelif makale, kitap, şiir, manzume, nesir, güfte, beste ve repertuar çalışmalarına da devam etmektedir, ayrıca fotoğrafçılık ile ilgilenmektedir.

Referanslar

- [1] EMİN TANER ELMAS (2017), TMMOB – MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI - İZMİR ŞUBESİ ENERJİ VERİMLİLİĞİ KOMİSYONU ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİ – ORC – (ORGANIC RANKINE CYCLE) HAKKINDA BİLGİ NOTLARI ÇALIŞMASI – KAYNAKÇA DERLEMELERİ (Emin Taner ELMAS, TMMOB – MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI - İZMİR ŞUBESİ ENERJİ VERİMLİLİĞİ KOMİSYONU ÜYESİ VE MMO İZMİR ŞUBE KOORDİNASYON KURULU ÜYESİ)
- [2] Emin Taner E. (2023). Thermodynamical And Experimental Analysis of Design Parameters of a Heat Pipe Air Recuperator. Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences, 3(6), 6–33. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10116309>
- [3] Elmas, Emin Taner (2019) Thermodynamical Balance Associated with Energy Transfer Analysis of the Universe Space as a Pressure Vessel Analogy. Journal of Applied Sciences, Redelve International Publications 2019(1): RDAPS- 10002.
- [4] Elmas, Emin Taner (2017) Productivity and Organizational Management (The Book) (Chapter 7): Prospective Characteristics of Contemporary Engineer (By the Approach of Mechanical Engineering) Contribution and Role of the Mechanical Engineer to the Organization Management

and Productivity. Machado Carolina, Davim J Paulo (Eds.), DEGRUYTER, Walter de Gruyter GmbH, Berlin / Boston, Spain (ISBN:978-3-11-035545-1)

[5] Elmas, Emin Taner (2017) Prospective Characteristics of Contemporary Engineer (By the Approach of MechanicalEngineering) Contribution and Role of the Mechanical Engineer to the Organization Management and Productivity). DeGruyter, Germany (DOI 10.1515 / 9783110355796-007)

[6] Elmas, Emin Taner, Evaporation Plant for Recycling of Caustic Soda, INTERNATIONAL JOURNAL of ENGINEERING TECHNOLOGIES-IJET Emin Taner Elmas., Vol.3, No.3, 2017

[7] Elmas, Emin Taner, (2014), Çağımızın Mühendisinden Beklenenler, Gece Kitaplığı, ISBN:9786053244158

[8] Emin T. E. (2023). Design, Production, Installation, Commissioning, Energy Management and Project Management of an Energy Park Plant Consisting of Renewable Energy Systems Established at Iğdır University. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 3, Number 6, pp. 67–82). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10406670>

[9] Iğdır Üniversitesi, Basın Yayın Merkezi Haberi 1: Dr. Öğr. Üyesi Emin Taner ELMAS, TRT ERZURUM RADYOSU Doğu'nun Sesi Programına canlı yayın konuğu oldu.

[10] Iğdır Üniversitesi Teknik Bilimler M.Y.O. Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri – Otomotiv Bölüm Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Emin Taner ELMAS, TRT ERZURUM RADYOSU Doğu'nun Sesi Programında 18 Ekim 2020 Pazar günü saat 10:50'de canlı yayın konuğu oldu ve Iğdır ilimizde bulunan Tuz Mağaralarının mevcut kullanım amaçlarının yanı sıra “Enerji Depolama Sistemi” olarak da değerlendirilebilmesine olanak sağlayan Proje hakkında bilimsel ve teknik içerikli bilgiler verdi.

[11] Iğdır Üniversitesi, Basın Yayın Merkezi Haberi 2: Iğdır Üniversitesi Teknik Bilimler M.Y.O. Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri – Otomotiv Bölüm Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Emin Taner ELMAS, Iğdır ilimizde bulunan Tuz Mağaralarının mevcut kullanım amaçlarının yanı sıra “Enerji Depolama Sistemi” olarak da değerlendirilebilmesine olanak sağlayan Proje hakkında bilgiler verdi.

- [12] Essentials of Energy Technology; Sources, Transport, Storage, Conservation, Jochen Fricke and Walter L. Borst; 2013 Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Germany, ISBN: 978-3-527-33416-2
- [13] Energy Storage in Power Systems, Francisco Diaz-Gonzalez, Andreas Sumper, Oriol Gomis-Bellmunt, WILEY, John Wiley & Sons Inc., 2016, United Kingdom, ISBN: 9781118971321
- [14] ÇELİK ÜRETİMİNDE ELEKTRİK ARK OCAKLARINDA ENERJİ MALİYETLERİNİN VE ENERJİ VERİMLİLİK FAKTÖRLERİNİN ARAŞTIRILMASI INVESTIGATION ON ENERGY COSTS AND ENERGY EFFICIENCY FACTORS OF ELECTRIC ARC FURNACE FOR STEEL PRODUCTION, Fenerbahçe Üniversitesi Tasarım, Mimarlık ve Mühendislik Dergisi - Journal of Design, Architecture & Engineering Hasan TAMSÖZ *, Emin Taner ELMAS ** FBU-DAE 2021 1 (3): 163-180
- [15] SİNER TESİSLERİNDE ENERJİ KULLANIM NOKTALARI VE ENERJİYİ VERİMLİ KULLANACAK YÖNTEMLERİN BELİRLENMESİ DETERMINATION OF ENERGY UTILIZATION POINTS AND THE METHODS USING THE EFFICIENT ENERGY FOR SINTERING PLANTS, Fenerbahçe Üniversitesi Tasarım, Mimarlık ve Mühendislik Dergisi - Journal of Design, Architecture & Engineering Adem KAYA*, Emin Taner ELMAS** FBU-DAE 2022 2 (2): 170-181
- [16] Emin Taner ELMAS. (2024). The Electrical Energy Production Possibility Research Study by using the Geothermal Hot Water Resources, which is a kind of Renewable Energy Resource, located at the Region of Mollakara Village which is a part of Diyadin Town and City of Ağrı, Turkey. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 1, pp. 90–101). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10729333>
- [17] ELMAS, Emin Taner. (2024). Energy Analysis, Energy Survey, Energy Efficiency and Energy Management Research carried out at Iğdır University. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 2, pp. 12–30). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10828077>
- [18] ELMAS, Emin Taner. (2024). A Research Study of Salt Dome (Salt Cave) Usage Possibility for CAES – Compressed Air Energy Storage Systems. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 2, pp. 128–131). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10980421>

- [19] ELMAS ET (2025), Tam Akışlı Isı Borulu Hava Kanalları İçin Geliştirilmiş Bir Reküperatör Sistem Tasarımı, *Studies in Science of Science* | ISSN:1003-2053, <https://sciencejournal.re/> | Volume 43, Issue 10, 2025
- [20] ELMAS ET (2025), Thermal & Mechanical Design and Production of a Cooling Machine Heat Exchanger with Thermoplates for Granular Solids Using the Solid-Liquid-Gas Energy Transfer Mechanism, *Studies in Science of Science* | ISSN:1003-2053, <https://doi.org/10.5281/zenodo.17346071>, <https://sciencejournal.re/> | Volume 43, Issue 10, 2025
- [21] ELMAS ET (2025), Rankine Çevrimine Göre Çalışan; Buhar Türbini Çıkışından 10 Mwatt Güç Elde Edilecek Şekilde, Yakıt Doğal Gaz Olmak Üzere, Bir Enerji Santrali Dizaynı Ve Projelendirilmesi, *Studies in Science of Science* | ISSN:1003-2053, <https://doi.org/10.5281/zenodo.17346226>, <https://sciencejournal.re/> | Volume 43, Issue 10, 2025 |
- [22] ELMAS ET (2025), DOĞAL GAZ YAKITLI KOJENERASYON TERMODİNAMİK ÇEVİRİMLİ ENERJİ SANTRALİ SİSTEM, *Studies in Science of Science* | ISSN:1003-2053, <https://doi.org/10.5281/zenodo.17346584> <https://sciencejournal.re/> | Volume 43, Issue 10, 2025|
- [23] Elmas, Emin Taner, "ELMAS's Theory of Thermodynamics": A Scientific Approach for 5th Law of Thermodynamics -A Theoretical Application Example for Medical Thermodynamics. *Op Acc J Bio Sci & Res* 2(1)-2020. DOI: 10.46718/JBGSR.2020.01.000030
- [24] Presentation File / Sunum Dosyası: published by Desa Otak Mühendislik ve Taahhüt Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Desa Otak Engineering and Contracting Inc. İzmir, Turkey) which is a member company of Yaşar Holding.
- [25] The catalogue of Waste Heat Recovery Boilers (DESA-OTAK Atık Isı Kazanları / Waste Heat Recovery Boilers) published by Desa Otak Mühendislik ve Taahhüt Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Desa Otak Engineering and Contracting Inc. İzmir, Turkey) which is a member company of Yaşar Holding.
- [26] The catalogue of "DESA-OTAK Kazanları" / Üç Geçişli Alev-Duman Borulu Buhar ve Kızgın Su Kazanları / Three_Pass Fire Tube Boiler for Steam and Hot Water / published by Desa Otak Mühendislik ve Taahhüt Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Desa Otak Engineering and Contracting Inc. İzmir, Turkey) which is a member company of Yaşar Holding.
- [27] ELMAS, Emin Taner. (2024). Three – Pass Fire Tube Boilers for production of Steam, Hot Water and Superheated Water. In *Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences* (Vol. 4, Number 4, pp. 29–38). <https://doi.org/10.5281/zenodo.12741030>

- [28] ELMAS, Emin Taner. (2024). An innovative solar dish type collector – concentrator system having an original – unique geometrical mathematical model called as DODECAGON which has 12 equal segments. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 3, pp. 31–38). <https://doi.org/10.5281/zenodo.11397848>
- [29] Emin Taner ELMAS*. Waste Heat Recovery Boilers (WHRBs) and Heat Recovery Steam Generators (HRSGs) used for Co-generation and Combined Cycle Power Plants. Op Acc J Bio Sci & Res 12(1)-2024. DOI: 10.46718/JBGSR.2024.12.000284
- [30] Iğdır Üniversitesi, Basın Yayın Merkezi Haberi 1: Iğdır Üniversitesi Teknik Bilimler M.Y.O. Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölüm Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Emin Taner ELMAS, Iğdır Üniversitesi tarafından yürütülen “Ağrı ili, Diyadin ilçesi, Yenilenebilir Enerji Nitelikli Jeotermal Sıcak Su Kaynakları Kullanılarak Elektrik Enerjisi Elde Edebilme Çalışmaları Projesi” hakkında bilgiler verdi.
- [31] ELMAS, Emin Taner. (2024). Energy Analysis, Energy Survey, Energy Efficiency and Energy Management Research carried out at Iğdır University. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 2, pp. 12–30). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10828077>
- [32] <http://www.kcorc.org/en/rd-projects/test-mini-orc-turbo/>
- [33] Organik Rankine Çevrimi (ORC) ile Birlikte Çalışan Buhar Sıkıştırıcı Bir SoğutmaÇevriminin Ekserji Analizi, *Barış KAVASOĞULLARI & Ertuğrul CİHAN, Tesisat Mühendisliği - Sayı 150 - Kasım/Aralık 2015*; https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/ccaccc010cc2223_ek.pdf
- [34] <http://upgrade-energy.com/tr/teknolojiler/organik-rankine-cevrimi/>
- [35] Ertuğrul Cihan, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 34,1,101,109, 2014
- [36] Alper Ergün, Mehmet Özkaymak, Erdoğan Kılıçaslan, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4 (2016) 686-696
- [37] <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita>
- [38] TÜBİTAK / 1511 – Öncelikli Alanlar Araştırma Teknoloji Geliştirme Ve Yenilik Projeleri Destekleme Programı Enerji Verimliliği Çağrı Duyurusu (ORC Güç Sistemleri)

[39] <http://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/1511-enerji-2014-ev-10.pdf>

[40] <http://www.vat.com.tr/sistem-cozumleri/organik-rankine-cevrimi-orc>

[41] <http://buret.boun.edu.tr/facilities/organic-rankine-cycle/?lang=tr>

[42] Emin T. E. (2023). Design, Production, Installation, Commissioning, Energy Management and Project Management of an Energy Park Plant Consisting of Renewable Energy Systems Established at Iğdir University. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 3, Number 6, pp. 67–82). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10406670>

[43] ELMAS, Emin Taner. (2024). Dimensional Unit Analysis Applications for Heat Pipe Design. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 5, pp. 12–26). <https://doi.org/10.5281/zenodo.13741540>

[44] ELMAS, Emin Taner. (2024). Calculation of the Filling Amount of Working Fluid to be Placed in a Heat Pipe. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 5, pp. 100–108). <https://doi.org/10.5281/zenodo.13844847>

[45] ELMAS, Emin Taner. (2024). Providing Fully Developed Flow for Waste Exhaust Gas at the Inlet Region of a Heat Pipe Air Recuperator. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 4, Number 5, pp. 118–124). <https://doi.org/10.5281/zenodo.13931542>

[46] Emin Taner ELMAS, Doktora (Ph.D.) Tezi, “Yüksek Sıcaklıklı, Isı Borulu, Isı Geri Kazanım Ünitelerinin Tasarım Parametrelerinin Termodinamiksel ve Deneysel Analizi”, Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali Güngör, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Termodinamik Bilim Dalı, İzmir, 2011

[47] Elmas, Emin Taner, (1999), Yüksek Lisans (M.Sc.) Tezi, “Evaporation Plant For Recyling of Caustic Soda”, Thesis Advisor: Prof. Dr. Fehmi Akdoğan, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Enerji Bilim Dalı, İzmir.

[48] ELMAS, Emin Taner, & ALMA, M. H. (2025). Iğdır University ISO 50001 Energy Management System Certification Studies. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences (Vol. 5, Number 2, pp. 6–24). <https://doi.org/10.5281/zenodo.15011984>

[49] Emin Taner Elmas. A Review for Combined Cycle Power Plants. Biomed J Sci & Tech Res 58(1)-2024. BJSTR. MS.ID.009087. DOI: 10.26717/BJSTR.2024.58.009087

[50] Emin Taner Elmas, Thermodynamic Cycle and Energy Transfer Fundamentals by a P&ID principle diagram for "Salt Caves" (Salt Domes) in Iğdır, Tuzluca province to be used as an "Energy Storage System", Journal of Systems Engineering and Electronics (ISSN NO: 1671-1793) Volume 36 ISSUE 1, 2026