

Low Temperature Heat Conversion Methods

Birkut Guler (Corresponding author)

Giresun University, Technical Sciences Vocational School, Giresun, Turkey
birkut.guler@gmail.com

Mukrimin Sevket Guney

Giresun University, Faculty of Engineering,
Department of Mechanical Engineering, Giresun, Turkey

Abstract

Increasing energy demand and limited fossil fuel resources in today's world necessitate turning to alternative energy sources. Although it is an energy production process dependent on fossil fuels, it is known that fossil fuels will be consumed in the near future. Due to the reduction of fossil fuel reserves, environmental pollution and high costs, more eco-friendly, more efficient energy production systems have been sought. Low heat-source power generation systems are a priority because they can be indirectly used in energy production from renewable energy sources and waste heat generated in other processes can be used. This study is related to way and methods of eligible conversion system of low temperature heat sources.

Keywords: Waste Heat, Low Temperature, Energy Cycle.

Düşük Sıcaklıklı Isı Dönüştürme Yöntemleri

Özet

Artan enerji ihtiyacı ve fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olması alternatif enerji kaynaklarına yönelişi gerektirmiştir. Dünyada çoğunlukla henüz fosil yakıtlara bağımlı bir enerji üretim düzeni olsa da yakın bir gelecekte fosil yakıtların tükeneceği bilinmektedir. Fosil yakıt rezervlerin azalması, çevre kirliliğine neden olması ve azdıkça maliyetlerinin yükselmesi nedeniyle, daha çevreci, daha verimli enerji üretim sistemleri arayışı içine girilmiştir. Gerek yenilenebilir enerji kaynaklarının endirekt olarak enerji üretiminde kullanılması hem de diğer proseslerde oluşan atık ısının kullanılabilmesi nedeniyle düşük ısı kaynaklı enerji üretim sistemleri ön plana çıkmaktadır. Bu çalışma düşük sıcaklıklı ısı kaynaklarının nitelikli enerjiye dönüştürülebilmesi yol ve yöntemleriyle ilişkilidir.

Anahtar Kelimeler: Kriz, Kriz Liderliği, Küreselleşme, Teknolojik Gelişmeler, Kriz Yönetimi.

1.Giriş

Gelişen ve değişen tüketim alışkanlıklarıyla birlikte enerji gereksinimleri de artmaktadır. Birincil enerji kaynağı durumunda olan fosil yakıtların sınırlı miktarlarda bulunması, giderek azalması ve çevreye olan olumsuz emisyon etkilerinden dolayı yeni, temiz ve daha çevre dostu enerji kaynaklarına yönelik hızlanmaktadır. Diğer yandan enerjinin ve kaynakların daha etkin kullanılmasına yönelik araştırma ve önlemlerde sürmektedir. Enerjiyi daha etkin kullanmanın iki önemli anahtarı sırasıyla kaynakları dönüştüren teknolojilerin geliştirilmesi ve düşük sıcaklıklı enerji kaynaklarının daha efektif kullanımının sağlanmasıdır. Bu manada, öncelikle güneş enerjisi değerlendirme yol ve yöntemlerini gözden geçirmek, hem de proseslerde oluşan atık ısılardan sıcaklığa bağlı olarak uygun teknik ve yöntemlerle değerlendirilmesini sağlamak gerekecektir. Güneş enerjisi direkt olarak elektrik eldesinde kullanılabildiği gibi endirekt olarak ısı kaynağı olarak da kullanılabilir. Düşük bir sıcaklık farkıyla çalışabilen ısı

makineleri veya motorlarının güneş enerjisi destekli veya proseste oluşan atık ısılar yardımıyla çalıştırılabilmeleri mümkündür.

Geleneksel şekilde enerji üretiminde (SCHP: Soğutma, ısıtma ve güç üretimini ayrı yapılması), merkezi elektrik santrallerinde elektrik üretilmekte, ulusal veya uluslararası elektrik şebekesi vasıtasıyla iletilmekte ve dağıtılmaktadır. Sanayi veya konutsal kullanımda gereken ısıtma ve soğutma yükleri, şebeke elektriği kullanılarak sağlanmaktadır. Burada enerji dönüştürme verimleri, iletim ve dağıtım kayıpları vb nedenler göz önüne alındığında toplam kullanım verimi yaklaşık% 30 olarak tahmin edilmektedir, ayrıca ısıtma ve soğutma proseslerinde de ortam şartları ve seçilen sistemlere bağlı olarak kayıplar oluşmaktadır (Ebrahimi ve Keshavarz, 2015).

Enerji gereksinimlerinin yerinde veya mahallere yakın olarak karşılanabilmesi bahsedilen kayıpları belli oranlarda azaltabilecek önlemler olarak görülmektedir. Bu amaçla birleşik ısı güç veya birleşik soğutma, ısı ve güç sistemlerinin gerektiğinde ve mümkün olduğunca kullanılması etkin bir yöntem oluşturmaktadır. Bu yöntemleri destekleyecek biçimde ve bağımsız olarak düşük sıcaklıklı ısı kaynaklarının kullanımının yaygınlaşması da olumlu katkılar yapabilecektir. Düşük sıcaklıklı ısıyı değerlendirip dönüştürebilen yol ve yöntemlerin bilinmesi, bu amaçla ilgili ısı makinesi veya motorların termodinamik çevrimlerinin tanıtılması önem arz etmektedir. Bu motorların veya çevrimleri içinde Stirling motorlar öne çıkmaktadır, bunlar herhangi bir enerji kaynağını (yanma enerjisi, güneş enerjisi) kullanabilmesinin yanı sıra, geleneksel motorlardan daha az çevre emisyon etkilerine sahiptirler (Tlili 2012).

Bu çalışmada olabildiğince, düşük sıcaklıklı ısı kaynakla çalışabilen termodinamik çevrimlerin tanıtımı kullanım alanları, olası etkileri çalışma prensipleriyle birlikte verilmektedir. Konuyla ilgili literatürdeki gelişmeler, çevrim performansları çalışmanın içeriğini oluşturmaktadır.

2. Materyal ve Metotlar

Atık ısı ya da ikincil ısı olarak da adlandırılan düşük dereceli bir ısı kaynağı, orijinal enerji kaynağından daha az ekserji yoğunluğu ya da daha yüksek entropi değerine sahip ve diğer güç kaynağına (örneğin, elektrik, mekanik) geleneksel yöntemlerle dönüştürülemeyen düşük ve orta sıcaklıkta bir ısıdır. Düşük ısının sıcaklık değerini belirtmek için belirli bir sıcaklık aralığı yoktur, ancak genel olarak 370° C'ye kadar ısı kaynağı düşük dereceli bir ısı kaynağı olarak tanımlanmaktadır (Nag ve Gupta, 1998).

Düşük sıcaklıklı ısı; güneş enerjisi, jeotermal enerji, diğer bazı yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilebileceği gibi, enerji santralleri atık ısıları, petrokimya tesisleri atık ısıları, çelik üretim tesisleri atık ısıları gibi büyük miktardaki endüstriyel işlemlerin atık ısılarından da kazanılabilir. Tüm bunlar kısmen, dünya elektrik talebini karşılayabilecek potansiyel olarak umut verici enerji kaynaklarıdır (Tamrat, 2014).

Ülkemizde üretilen elektriğin önemli bir kısmı yaklaşık %70'ı termik santrallerde elde edilmektedir. (<http://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi>) Termik santrallerde kullanılan Gaz türbinleri 1600°C civarında (İlbaş ve ark., 2006) buhar türbinli sistemler ise 600° C civarında ısı kaynak sıcaklıkları gerektirmektedir. (Zhou S. ve Turnbull A., 2002). Termodinamiğin ikinci yasasından bilindiği gibi ısı makineleri ısıyı elektriğe dönüştürürken bir kaynaktan alıp atık ısıyı ikinci bir kaynağa vermek durumundadır. Bu atık ısı çoğunlukla iyi değerlendirilemeden çevre ortama atılmaktadır. Bu ise çevrim toplam verimlerinin düşük kalmasına yol açmaktadır. Diğer yandan hem jeotermal kaynaklardan hem de yoğunlaştırılmamış güneş enerjisinden düşük sıcaklıklı ısı enerjisi elde edebilmek mümkündür. Ayrıca her türlü proses atık ısıları ve içten yanmaları motorların egzost ısıları düşük sıcaklıklı ısı kaynaklarıdır. Sistem toplam verimlerini yükseltebilmek ve enerjiyi daha etkin kullanabilmek amacıyla ikili (kombine ısı ve elektriksel güç üretimi) ve üçlü (kombine soğutma, ısı ve elektriksel güç üretimi) kojenerasyon sistemlerinin hem endüstride hem de akıllı bina teknolojilerinde daha fazla kullanılmasının yararlı olacağı bilinmektedir. Tüm bu durumlarda atık ısıların ve düşük sıcaklıklı kaynakların değerlendirilmesinin yol ve yöntemi kullanılması mutlaka yararlı olacaktır. Bu amaçla düşük sıcaklıklı ısıyı dönüştürebilen çevrimler öne çıkmaktadır. Merkezi elektrik üretimi ve buna bağlı olarak uzun iletim ve dağıtım hatlarının varlığı ilave olarak güç kaybı ve verimsizliğe yol açmaktadır. Büyük binaların ısıtma ve soğutma ihtiyaçları, bağımsız enerji ile donatılmış bina fikri gibi yaklaşımlar küçük ölçekli bir ısı kaynağı ile çalışabilen sistemlere olan eğilimleri artırmıştır.

2.1. Organik rankine çevrimi (ORÇ)

Bu çevrimde aracı akışkan olarak su buharı yerine, daha düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından ısıyı geri kazanabilmek için düşük kaynama noktalı organik iş akışkanları kullanılmaktadır. Düşük sıcaklıktaki ısılarından yararlanmak için en sık kullanılan çevrimdir. Çevrimde dört temel eleman bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla pompa, kazan, genleşme türbini ve kondenserdir. ORÇ çalışma prensibi olarak atık

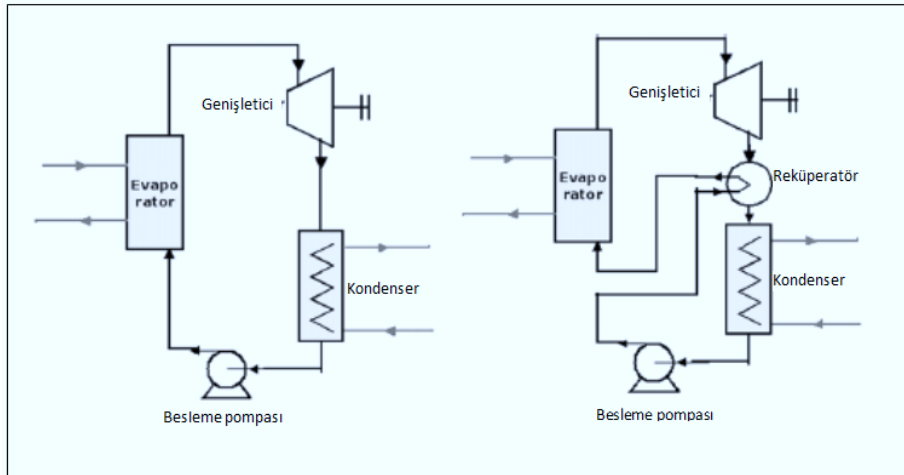
ısıdan kazanılan ısı enerjisi sistemde dolaşan organik akışkana transfer edilmektedir. Su buharını aracı akışkan olarak kullanan buhar türbinli Rankine çevriminden kazana bağlı buhar su dramı olmaması tek bir ısı eşanjörünün ön ısıtma, buharlaştırma ve aşırı ısıtma evreleri için kullanılabilmesi gibi nedenlerle kısmen farklılaşmaktadır. (Sylvain Q. ve ark., 2013). Organik rankine çevrimi uygulama alanlarını aşağıda verilen sistemlerde bulunabilmektedir.

-Güneş havuzları güç sistemleri; Solar ORÇ-RO tuzdan arındırma sistemleri (deniz suyundan içme suyu eldesi),

-Okyanus termal enerji dönüşüm sistemleri, (Tchance ve ark.,2011).

Soğutma sistemleri ;(ORÇ sisteminin şaft gücü soğutma kompresörünü tahrik etmektedir.) (Velez ve ark. 2012)

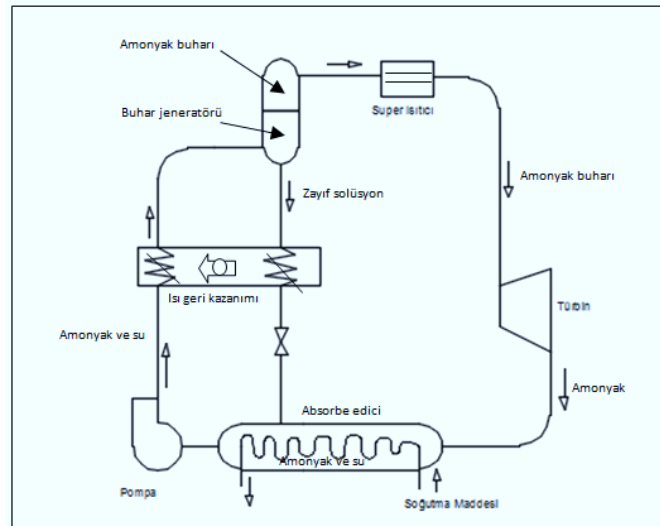
Sistem çalışma prensibi aşağıda Şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Reküperatörlü ve reküperatörsüz Organik Rankine Çevrimi (Sylvain Q. ve ark.,2013)

2.2. Kalina Çevrimi

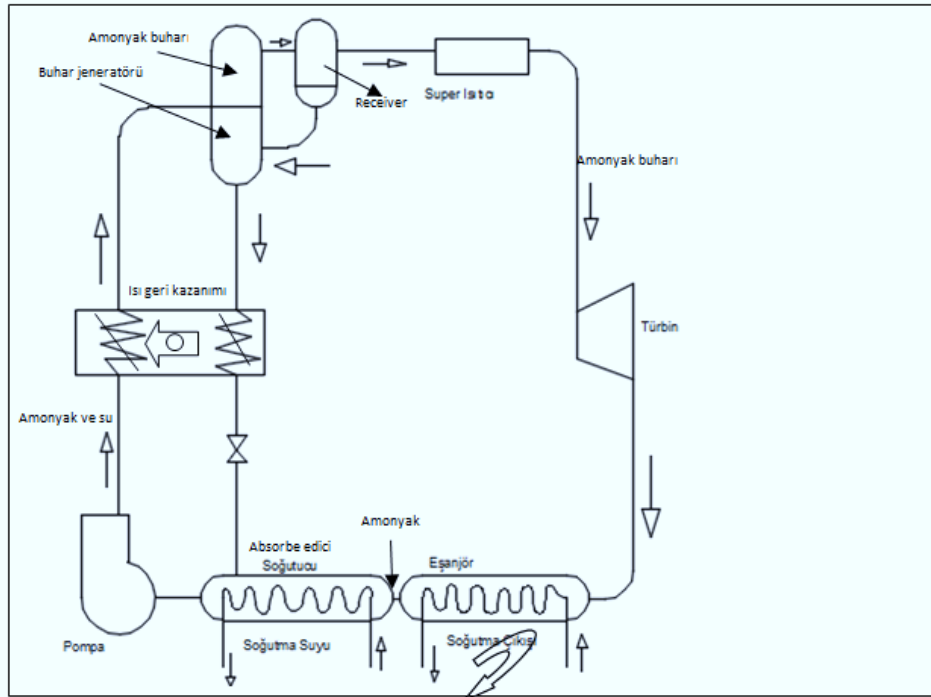
Kalina çevriminde aracı akışkan olarak Amonyak-su ikilisi kullanılmaktadır. Bu çevrimde elektrik üretimi yanısıra soğutma gücü eldesi de mümkün olmaktadır. Çevrim Alexander I. Kalina, tarafından yeni bir güç döngüsü olarak tasarlanmıştır. ve ilk kez 1980 li yıllarda ortaya konulmuştur. (Kalina, 1984). Kalina çevrimli santraller özellikle çok düşük sıcaklıklı jeotermal kaynaklar için tasarlanmıştır (Serpen,2005). Kalina döngüsü ekserji verimliliği bakımından diğer kıyaslanabilir çevrimlere göre daha öne çıkmaktadır. Çevrimin termodinamik verimi, değişik türbin giriş sıcaklıkları için % 16.4 ila % 28.97 arasında gerçekleşmektedir (Öztürk,2006).



Şekil 2. Kalina çevrimi (Kalina, 1984)

2.3. Goswami Çevrimi

Goswami çevrimi, Rankine güç çevrimi ve soğurmalı (absorpsiyonlu) soğutma çevriminin bir kombinasyonudur. Bu çevrimde güç ve soğutma üretimi, güç ve soğutmanın herhangi bir kombinasyonunu üretmek için tasarım esnekliği, orta sıcaklıktaki ısı kaynaklarının verimli bir şekilde dönüştürülmesi ve ayrı güç ve soğutma sistemlerine kıyasla kaynak kullanımının geliştirilmesi imkânı bulunmaktadır. Başlangıçta amonyak-su ikili karışımı kullanılırken daha sonraki dönemlerde alternatif ikili akışkanlarda denenmiştir. Bu çevrimde elektriksel güç elde edilirken diğer yandan soğutma gücü de üretebilmek mümkündür. Böylece Goswami döngüsünden elde edilen ilave soğutma gücü sayesinde geleneksel Rankine çevrimine kıyasla verimliliğinin daha fazla olması sağlanabilmektedir. (Goswami, 1998).



Şekil 3. Goswami çevrimi (Goswami,2006)

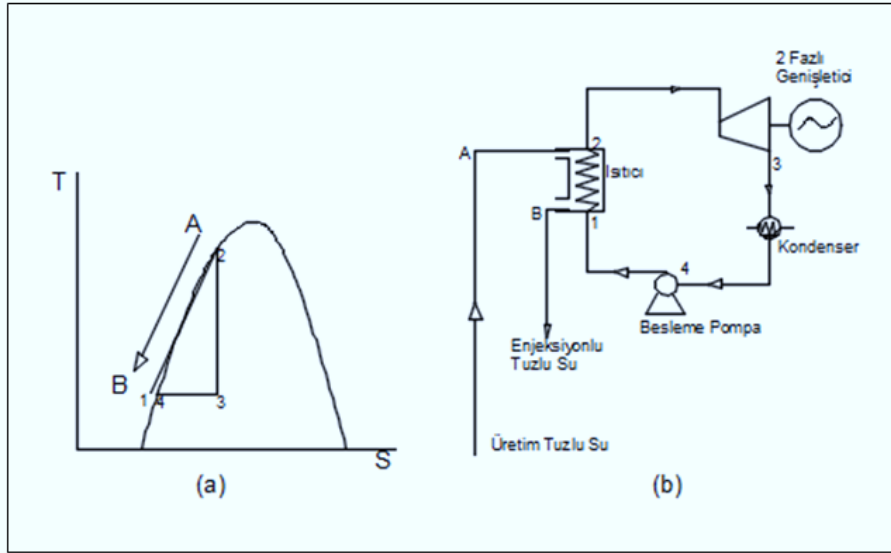
2.4. Trilateral flash çevrimi (TFÇ)

Düşük dereceli ısı dönüşümü için kullanılan Trilateral Flaş çevrimi, doymuş, aşırı ısıtılmış veya süperkritik buhar fazından ziyade doymuş sıvıdan genişlemenin başladığı noktalarda avantajlı olmaktadır. Bu çevrimde içten tersinmezlikler oldukça düşürülebilmektedir. Ayrıca yapısı itibarıyla potansiyel enerji geri kazanımı olabilmektedir. Bu ise iki fazlı genişleme işleminin verimli olması koşuluyla, ORÇ veya flaş buhar sistemlerine göre güç üretimleri ve verimlerinde avantajlar oluşturabilmektedir.

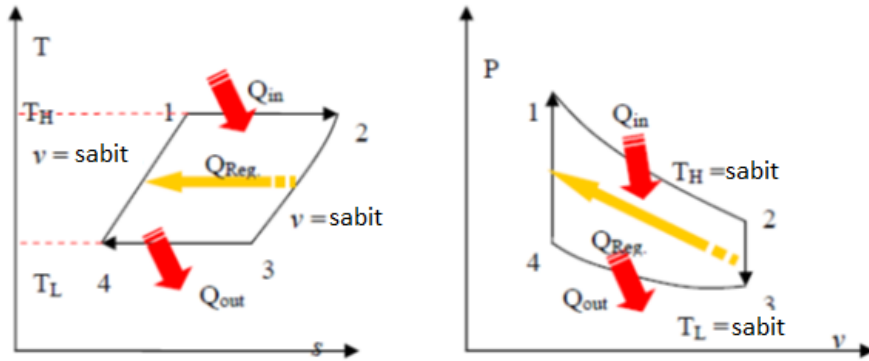
2.5 Stirling çevrimi

Stirling çevrimi, ilk kez Robert Stirling tarafından 1816'da önerilmiştir. Stirling Çevrimi geleneksel güç eldesi yöntemlerine nazaran, yenilikçi bir donanımı gerektirmektedir. Stirling motorlarında aracı akışkan olarak hava, helyum hidrojen, su, sodyum potasyum ötektik gibi akışkanlar kullanılmaktadır. Bu akışkanlardan hava dışındakilerin kullanımı pratikte özel önlemler gerektirmektedir. Bu ise uygulamada bazı zorluklar yaratmaktadır. (Bahrami 2011)

Sistemin termodinamik hal değişimleri T-s ve P- v diyagramlarında Şekil 5 de verilmiştir.



Şekil 4. Trilateral flash Çevrimi a)T-s diyagram b) Genel Konfigürasyon (Goswami, 2006)

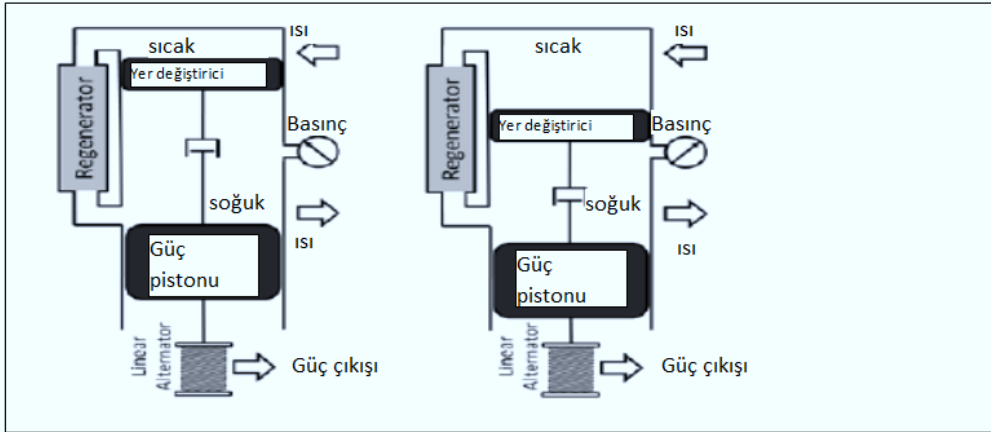


Şekil 5. Stirling çevrimi için T-s ve P-v diyagramı (Bahrami, 2011)

Çevrimde sırasıyla aşağıdaki hal değişimleri gerçekleşmektedir.

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1-2 izotermal genişleme | dış kaynaktan ısı girişi |
| 2-3 Sabit hacimde ısı transferi | gazdan rejeneratöre ısı geçişi |
| 3-4 izotermal sıkıştırma | dış ortama ısı atma |
| 4-1 sabit hacimde ısı transferi | rejeneratörden gaza ısı geçişi |

Stirling Çevrimi, Carnot çevrimine bazı bakımlardan benzemektedir. Carnot çevriminde tanımlanan ve var olan izentropik sıkıştırma ve izentropik genişleme hal değişimlerinin, iki sabit hacimli rejenerasyon işlemi ile gerçekleştirilmesi suretiyle elde edilmektedir. Çevrimdeki rejenerasyon işlemi sırasında ısı, bir bölüm boyunca bir termal saklama cihazına (rejeneratör) aktarılmakta ve çevrimin başka bir bölümünde çalışma akışkanına geri aktarılmaktadır. Rejeneratör, bir tel, seramik bir kafes veya yüksek ısıl kapasiteli, her türden gözenekli tampon yapı biçiminde olabilmektedir. Rejeneratör aslında bir ısı geri kazanım ekipmanıdır.



Şekil 6. Stirling motor şematik diyagramı (Hofacker ve ark.,2009)

3. Tartışmalar ve Sonuç

Kojenerasyon ve trijenerasyon sistemleri enerji verimliliğini artırırken buna paralel olarak CO₂ emisyonlarını da azaltmaktadır. Bu sistemler yenilenebilir enerji kaynakları veya düşük ısı kaynağı kullanan çevrimlerle birleştirildiğinde özel fayda sağlamaktadır. Termodinamik sistem performansları açısından bakıldığında, düşük dereceli ısıyı enerjiye (elektrik) dönüştürmek için uygulanabilen çevrimlerin geliştirilmesinin giderek daha da yaygınlaşması beklenmelidir. Düşük sıcaklıklı ısı kaynakları kullanan farklı çevrimlerin, uygulamada birbirlerine göre üstünlükleri ve uygun kullanım alanları bulunmaktadır.

ORÇ' de genel izentropik verimler farklılık göstermektedir, jeneratör kayıpları dahil edildiğinde yaklaşık % 70, mekanik izentropik verimlilik için % 80' civarında olmaktadır. Mevcut olan atık ısı miktarıyla orantılı olarak; 200 kW ve 20 mW güc aralığında enerji üretimi sağlanabilmektedir. Sistemin güç ve performans değerleri seçilen akışkandan bağımsız olarak atık ısı miktarına bağlı olarak değişmektedir. (Tchanche ve ark., 2011)

Kalina çevrimi enerji ve ekserji bakımından Rankine ve Organik Rankine çevriminden daha verimlidir. Düşük sıcaklık kaynağı kullanarak elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Kalina çevriminin farklı uygulama alanları olsa da yaygın olarak kullanımı jeotermal ısı kaynağından elektrik üretimi süreçlerinde olmaktadır. Diğer yandan, geleneksel buhar türbini çevrimiyle karşılaştırma yapılırsa, Organik Rankine çevrimi orta dereceli güc aralıkları ve / veya düşük sıcaklıklı atık ısı geri kazanımı veya jeotermal gibi düşük sıcaklık uygulamaları için daha uygun yöntem olabilmektedir.

Amonyak su karışımını iş akışkanı olarak kullanan Rankine çevrimi ve absorpsiyonlu soğutma çevriminin bir kombinasyonu olan Goswami çevriminde türbin giriş basıncı önemli bir parametredir. çünkü aşırı ısıtıcıdaki ısı girişi, basınç çok fazla olduğundan sıfıra inerken, basınç düştükçe özgül soğutma sıfıra düşmektedir. Sistem için türbin giriş basıncının optimum bir değeri bulunmaktadır.

Trilateral flash çevrimi, basit ekipmanlar kullanılabilmesi nedeniyle ilk kurulum maliyeti diğer sistemlere göre daha düşük kalmaktadır. Bu nedenle sistem boyutu kritik bir faktör değilse ve 100⁰ C-150⁰ C aralığında bir ısı kaynağı bulunuyorsa kullanımı uygun olmaktadır.

Stirling motorlarında verimlerini artırabilmek için gaz sabiti yüksek aracı akışkan kullanmak gerekmektedir. Bu ise bu tip motorlarda helyum ve hidrojen gibi gazların tercih edilmesini gerektirmektedir. Ancak bu gazlar çok ince olduğu için hassas bir biçimde sızdırmazlık önlemleri alınması gerekmektedir. Ayrıca hidrojenin patlayıcı bir gaz olduğu da düşünüldüğünde bunun içinde ilave önlem gerektirmektedir. İhtiyaç duyulan ısı ve güç miktarına bağlı olarak kullanım alanı bulabilmektedir. Stirling motorları basit bir tasarıma sahip oldukları ve yüksek devirlerde çalışmadıkları için yüksek performanslı ve uzun ömürlü olarak imal edilebilmektedirler. Dıştan yanmalı motorlardır, silindir içinde yanma söz konusu değildir. Dolayısıyla egzost çıkışı veya emisyonu yoktur. Stirling motoru yalnızca yüzeyler arasında gerçekleşen ısı geçişiyle çalışmaktadır. Yoğunlaştırılmalı parabolik güneş sistemlerinde çıktı olarak elektrik enerjisi isteniyorsa kullanımı yaygın ve verimli olmaktadır. Atık ısı olarak ortaya çıkan ve entropi artışı şeklinde yok olacak olan ısının tekrar geri kazanımı açısından önemli bir çevrimdir. (Ng ve ark.,1990)

ORÇ, aynı şartlar altında en düşük enerji verimliliğini gösterirken, tek flaşlı buhar döngüsü ve çift basınçlı buhar döngüsü atık ısılarını iyileştirmede daha iyi bir performansa sahip olabilmektedir. Düşük dereceli atık ısının iyileşmesinde üstün olan ORÇ'nin, atık ısı kaynaklarının nispeten yüksek sıcaklığından dolayı fabrika uygulamalarında atık ısı geri kazanımı için uygun olmayabileceği düşünülmektedir. Aynı sıcaklık aralığı ile Kalina çevrimi, Rankine çevrimine göre %20 ila %40 oranında daha verimlidir.(Mirolli 2006). Tüm simüle Kalina çevrimi yapılandırmaları, çift basınçlı buhar döngüsü ile karşılaştırılmış basit bir Kalina döngüsü konfigürasyonu haricinde buhar döngülerinden daha fazla güç üretmektedir. En iyi Kalina boşaltma çevrimi Tek basınçlı bir buhar döngüsüne kıyasla % 40-50 Çift basınçlı buhar döngüsüne kıyasla % 20-24 daha fazla güç üretebilmektedir. Bir kalina çevrimi gaz motorlarından % 6-8 tek basınçlı buhar çevriminden ise %5 daha verimli olmaktadır (Xinxin ve ark., 2012).

Atık ısılar dahil her türlü düşük sıcaklıklı kaynakların nitelikli enerjilere dönüştürülmesi özel önlemler alınmış konuya uygun çevrimlerin kullanılması ile mümkün olabilmektedir. Bu çevrimlerin daha da geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Olası bu gelişmelerle tasarılan sistemlerin toplam verimlerinin daha da iyileştirilmesi mümkün olacaktır. Yakın gelecekteki önemli araştırma konuları arasında olmaları beklenmelidir.

Kaynaklar

- Ebrahimi, M., Keshavarz, A., (2014). Combined Heating and Power. *Decision-making, Design and Optimization.*, 1.ed. Amerika, Esvier 218
- Tlili I., (2012). Thermodynamic Study on Optimal Solar Stirling Engine Cycle Taking Into Account the Irreversibilities Effects., *Energy Procedia* 14, 584 – 591.
- Nag P.K., ve Gupta A.V.S.S.K.S., (1998). Exergy analysis of the Kalina cycle. *Applied Thermal Engineering*, 18, 427-439.
- Tamrat A.G., (2014), *Analysis of Stirling engine and comparison with other technologies using low temperature heat sources*, Yüksek Lisans Tezi, Süper Teknik Enstitüsü, Lizbon
- URL-1: <http://www.enerjiatlasi.com/elektrik-uretimi>, (Erişim Tarihi: 5 Temmuz 2017).
- İlbaş M., Yılmaz İ.,Özkan F.,(2006) Gaz türbini yanma odasında hidrojen ve hidrokarbon yanmasının modellenmesi ve NOX oluşumunun incelenmesi, *Mühendis ve Makine*, 47,559
- Zhou S., ve Turnbull A., (2002) Steam Turbine Operating Conditions, Chemistry of Condensates, and Environment Assisted Cracking – A Critical Review, NPL Report MATC (A) 95
- Sylvain Q. Martijn V.D.B.,Sebastien D., Pierre D.,Vincent L.,(2013). Techno-economic survey of Organic Rankine Cycle (ORC) systems., *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22 168–186.
- Velez F.,Segovia J.,Martí C.,Antolin G.,Chejne F.,Quijano A.,(2012) A technical, economical and market review of Organic Rankine Cycles for the conversion of low-grade heat for power generation., *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 6:4175–89.
- Kalina A.I.(1984) Combined-cycle system with novel bottoming cycle. *ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*; 106,737–42.
- Serpen U.,(2005) Jeotermal enerji teknolojisinde yeni gelişmeler, *Jeotermal enerji semineri*, Web site:http://www.jeotermal.com/dokumanlar/dosyalar/JEOTERMAL_ENERJ_TEKNOLOJSN_DE_YEN_GELAMELER.pdf
- Öztürk İ.T., (2006), Güneş enerjisinden absorpsiyon teknolojisi yardımı ile güç üretimi., *Mühendis ve makine.*, 47, 563.

- Goswami, D. (2006), Solar thermal power: status of technologies and opportunities for research. In *Proceedings of the 2nd ISHMT-ASME Heat and Mass Transaction Conference*, 57–60.
- Goswami, D., (1998), Solar thermal power technology: present status and ideas for the future. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 20(2), 137–145.
- Bahrami, M., (2011), Labarotavory for alternavive Energy concumption, Principle Investigator Teaching Notes. Kanada
- Hofacker M., Kong J., Barth E.J.,(2009) A lumped-parameter dynamic model of a thermal regenerator for free-piston stirling engines.,*Researchgate* DOI: 10.1115/DSCC2009-2741.
- Xinxin Z., Maogang H., Ying Z.,(2012) A review of research on the Kalina cycle, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 5309–5318.
- Mirolli M.D.,(2006), Cementing Kalina cycle effectiveness, The Kalina cycle for cement klin waste-heat-recovery power plants. *IEEE Industry Applications Magazine* ,60,4,.
- Tchanche B.F., Lambrinos G., Frangoudakis A.,Papadakis G.,(2011) Low-grade heat conversion into power using organic Rankine cycles—a review of various applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*;15:3963–79.
- Ng, K.C., Bong T.Y., ve Lim T.B.,(1990) A thermodynamic model for the analysis of screw expander performance. *Heat Recovery Systems and CHP*,10, 119-133.