



SOLKANE PROGRAMI İLE ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİNİN ETKİNLİK ORANI ANALİZİ

Emre ARABACI, *Bayram KILIÇ

*Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Emin Gülmez T.B.M.Y.O., Otomotiv Teknolojisi Bölümü, Burdur, earabaci@mehmetakif.edu.tr , bayramkiliç@mehmetakif.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, organik rankine çevriminin etkinlik oranı analizi yapılmıştır. Sistemde soğutucu akışkan olarak R123 ve R125 kullanılmıştır. Bu soğutucu akışkanları kullanan organik rankine çevriminin değişik çalışma şartlarında etkinlik oranı incelenmiş ve sistemin uygun çalışma şartları belirlenmiştir. Sonuçlar grafiksel olarak verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Organik Rankine Çevrimi, Solkane, Etkinlik oranı analizi.*

THE EFFICIENCY RATIO ANALYSIS OF ORGANIC RANKINE CYCLE USING SOLKANE PROGRAM

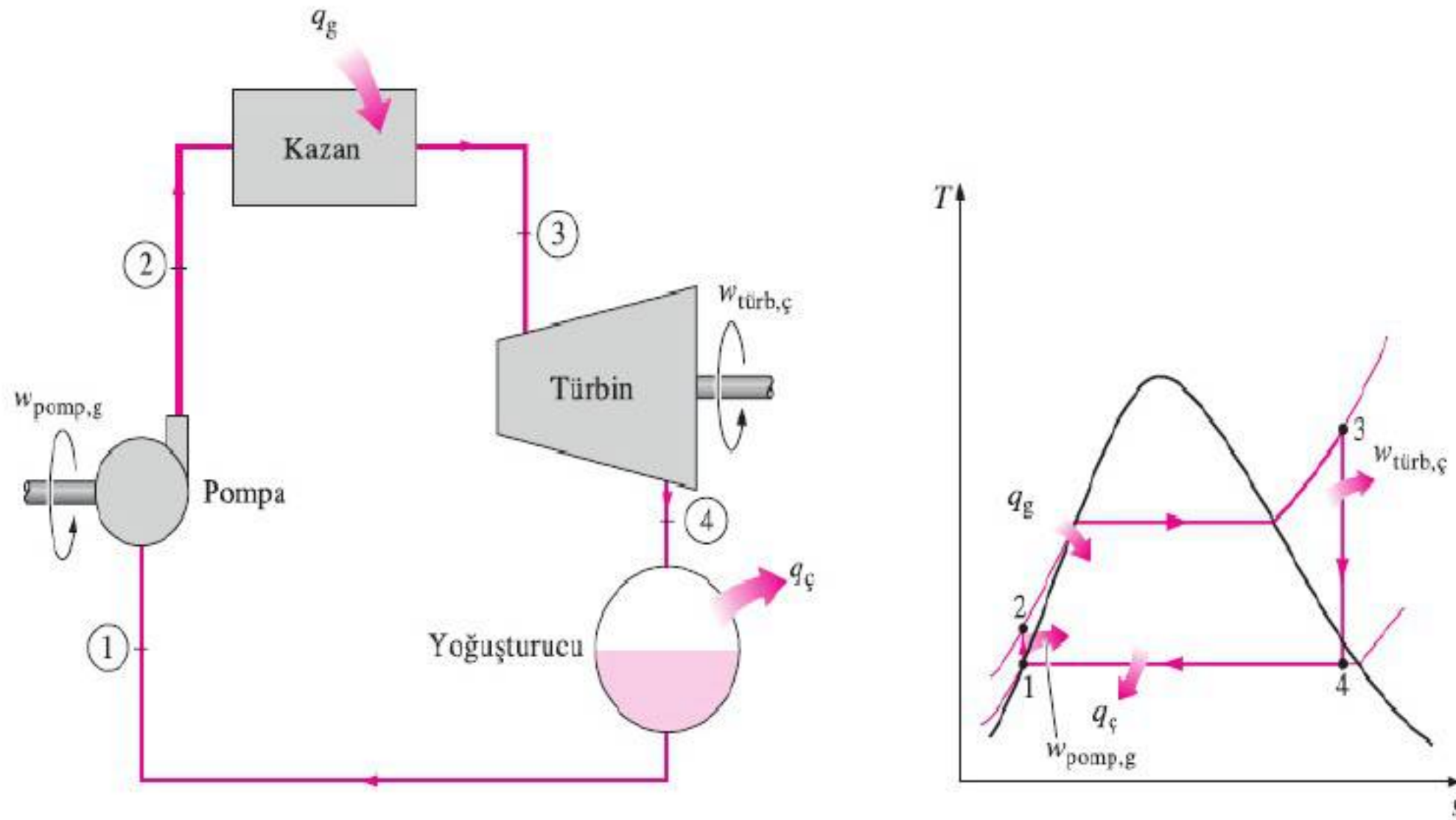
ABSTRACT

In this study, the efficiency ratio analysis of organic Rankine cycle (ORC) was made. R123 and R125 as refrigerant in the system were used. The efficiency ratio of organic Rankine cycle (ORC) was investigated in various operating conditions and optimum operating conditions of system were determined. Results are given as graphically.

Keywords: *Organic Rankine Cycle, Solkane, Efficiency ratio analysis.*

1. GİRİŞ

Rankine çevrimi ısı enerjisini işe çeviren termodinamik bir döngüdür ve bu çevrimde iş yapan akışkan olarak da su kullanılmaktadır. Rankine çevriminde geleneksel akışkan olan su, orta ve büyük güç santrallerinde elektrik enerjisi üretmek için tercih edilmektedir. İş yapan akışkan olarak su güvenli, çevreci ve yüksek ısı transferi özelliklerinden dolayı tercih edilmesine rağmen bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantajlarından bazıları yüksek derecede korozyon olması ve donma sıcaklığının yüksek olmasıdır [1-2]. 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, egzost gazı, güneş enerjisi, jeotermal vb. uygulamalarda oldukça yaygın enerji üretim prosesleri arasına girmiştir [3-5].



Şekil 1. Organik Rankine Çevrimi şematik gösterimi ve T-s diyagramı [6].

2. MATERYAL VE METOT

Buharlı güç santralini oluşturan makinelerin tümü (pompa, türbin, kazan ve yoğuşturucu) sürekli akış makineleridir, bu nedenle Organik Rankine Çevrimi de dört sürekli akışlı açık sistemden oluşan bir çevrimdir. Bu yüzden sürekli akışlı açık sistemde enerjinin korunumu denklemi aşağıdaki gibi yazılır;

$$q - w = h_ç - h_g \quad (1)$$

Kazan ve yoğuşturucuda iş etkileşimi yoktur, ayrıca pompa ve türbindeki hal değişimleri izantropik kabul edilebilir. Bu durumda her bir sistem için enerjinin korunumu denklemi aşağıdaki gibi olur;

Pompa,

$$w_{pompa,g} = h_2 - h_1 \quad (2)$$

Kazan,

$$q_g = h_3 - h_2 \quad (3)$$

Türbin,

$$W_{türbin,ç} = h_3 - h_4 \quad (4)$$

Yoğuşturucu,

$$q_ç = h_4 - h_1 \quad (5)$$

Organik Rankine Çevriminin ısı verimi şöyle ifade edilebilir;

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{q_g} = 1 - \frac{q_ç}{q_g} \quad (6)$$

burada,

$$W_{net} = q_g - q_ç = W_{türbin,ç} - W_{pompa,g} \quad (7)$$

olmaktadır.

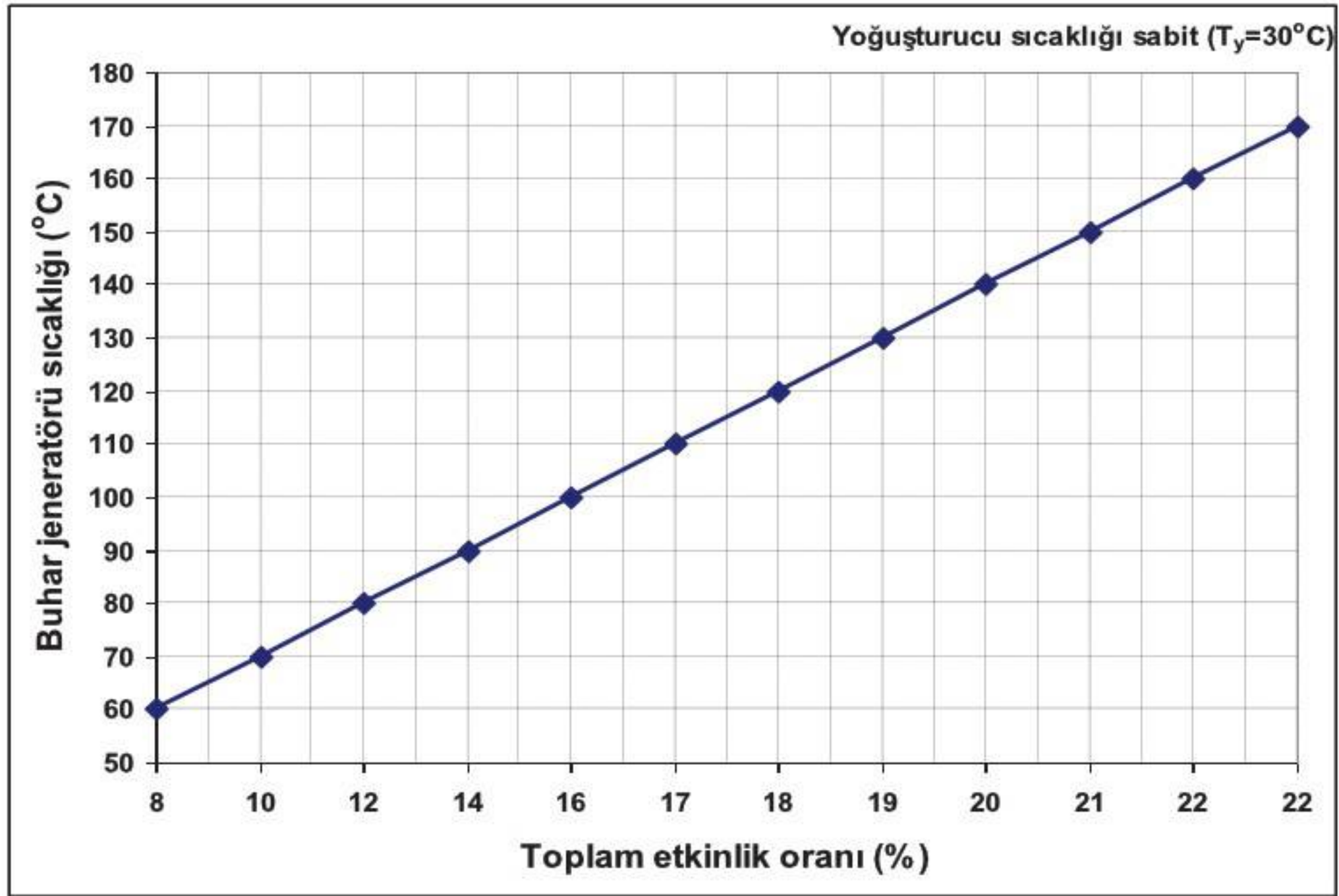
Analiz için gerekli termodinamik değerler Solkane 7.0 bilgisayar programı ile hesaplanmıştır. Solkane 7.0 bilgisayar programı içinde bulundurduğu 23 adet soğutucu akışkana ait tüm termodinamik özellikleri hesaplayan bir programdır. Bunun yanında 5 adet farklı soğutma çevrimi ve 2 adet farklı Rankine çevrimini bünyesinde bulundurur. Bu çevrimlere ait giriş değerlerine bağlı olarak sistemin her bir noktasındaki termodinamik özellikleri hesaplama özelliğine sahiptir. Ayrıca kullanılan sisteme ait P-h ve T-s diyagramlarını da görüntüleyebilmektedir. Solkane 7.0 bilgisayar programı Almanca, İngilizce, Fransızca, İspanyolca, İtalyanca, Rusça, Arapça ve Çince dillerinde işlem yapılabilmesini desteklemektedir.



Şekil 2. Solkane 7.0 bilgisayar programı arayüzü.

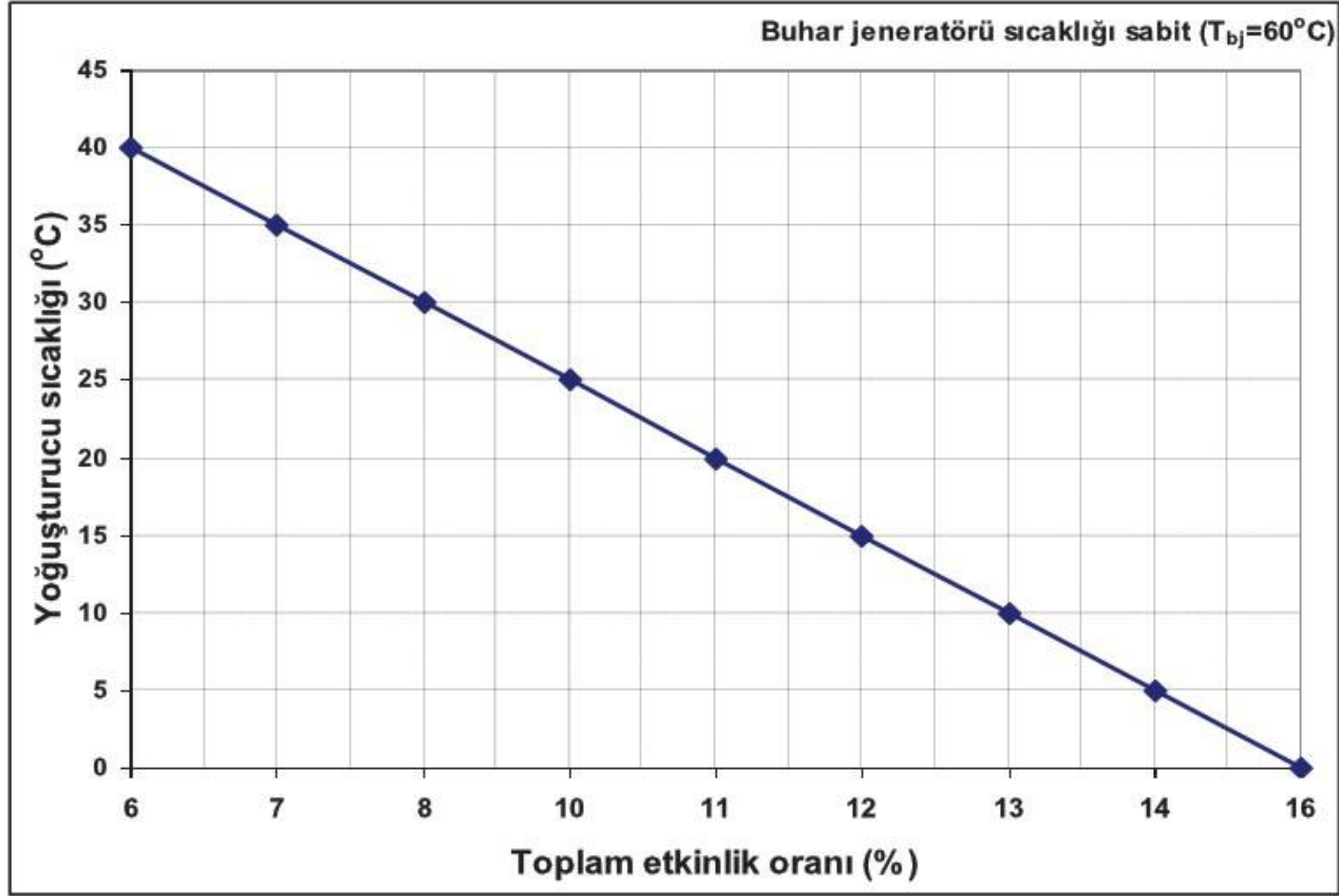
3. BULGULAR

R123 soğutucu akışkanın kullanıldığı organik Rankine çevriminde yoğuşturucu sıcaklığı $T_y=30$ °C de sabit tutulup buhar jeneratörü sıcaklığı değişimine bağlı olarak bulunan toplam etkinlik oranı değerleri Şekil 3’de verilmiştir. ORC’de buhar jeneratörü sıcaklığı arttıkça toplam etkinliğin arttığı görülmektedir. Buhar jeneratörünün sıcaklığı $T_{bi}=170$ °C ve yoğuşturucu sıcaklığı $T_v=30$ °C olan çalışma şartlarında en yüksek toplam etkinlik oranı olan %22 değerine ulaşılmıştır.



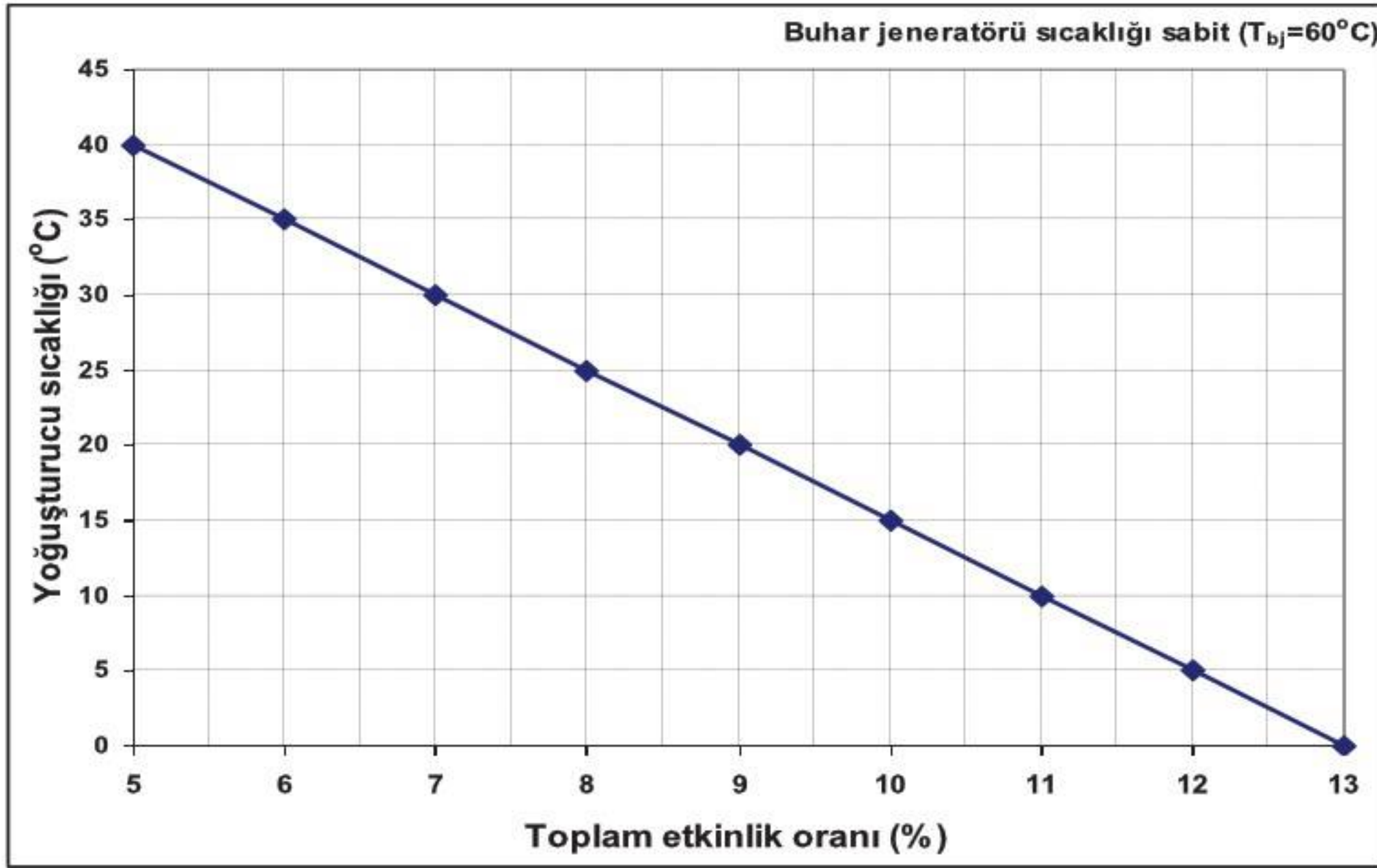
Şekil 3. Toplam etkinlik oranının buhar jeneratörü sıcaklığı ile değişimi (R123 için).

Yine R123 soğutucu akışkanın kullanıldığı organik Rankine çevriminde buhar jeneratörü sıcaklığı $T_{bj}=60^\circ\text{C}$ de sabit tutulup yoğuşturucu sıcaklığı değişimine bağlı olarak bulunan toplam etkinlik oranı değerleri Şekil 4’de verilmiştir. R123 soğutucu akışkanın kullanıldığı ORC de buhar jeneratörü sıcaklığı $T_{bj}=60^\circ\text{C}$ de sabit tutulup, yoğuşturucu sıcaklığı azaltıldığında toplam etkinlik oranının arttığı gözlemlenmiştir. Buhar jeneratörü sıcaklığının $T_{bj}=60^\circ\text{C}$ de sabit tutulduğu ve yoğuşturucu sıcaklığı $T_y=0^\circ\text{C}$ olan çalışma şartlarında en yüksek toplam etkinlik oranı % 16 olarak bulunmuştur.



Şekil 4. Toplam etkinlik oranının yoğuşturucu sıcaklığı ile değişimi (R123 için).

R125 soğutucu akışkanın kullanıldığı organik Rankine çevriminde buhar jeneratörü sıcaklığı $T_{bj}=60^{\circ}\text{C}$ de sabit tutulup yoğuşturucu sıcaklığı değişimine bağlı olarak bulunan toplam etkinlik oranı değerleri Şekil 5’de verilmiştir. R125 soğutucu akışkanın kullanıldığı ORC’de buhar jeneratörü sıcaklığı $T_{bj}=60^{\circ}\text{C}$ de sabit tutulup, yoğuşturucu sıcaklığı azaltıldığında toplam etkinlik oranının arttığı gözlemlenmiştir. Buhar jeneratörü sıcaklığının $T_{bj}=60^{\circ}\text{C}$ de sabit tutulduğu ve yoğuşturucu sıcaklığı $T_y=0^{\circ}\text{C}$ olan çalışma şartlarında en yüksek toplam etkinlik oranı % 13 olarak bulunmuştur.



Şekil 5. Toplam etkinlik oranının yoğuşturucu sıcaklığı ile değişimi (R125 için).

4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Buhar jeneratörünün sıcaklığını yükseltmek, buharlaşmanın gerçekleştiği sıcaklığı yükselttiğinden soğutucu akışkan buharına ısı verilen ortalama sıcaklık ve buna bağlı olarak da etkinlik yükselmiş olmaktadır. Düşük yoğuşturucu sıcaklıklarında artan etkinlikten yararlanabilmek için organik Rankine çevrimleri çoğunlukla atmosfer basıncı altında çalışmaktadırlar. Çevrim kapalı olduğundan bu durum sorun yaratmayacaktır. Yapılan çalışmada görülmüştür ki; R123 soğutucu akışkanın kullanıldığı organik Rankine çevriminde toplam etkinlik oranının artırılmasının en uygun yolu buhar jeneratörünün sıcaklığının artırılmasıdır. R125 soğutucu akışkanın kullanıldığı organik Rankine çevriminde ise soğutucu akışkan özelliğine bağlı olarak buhar jeneratörü sıcaklığını arttırmak mümkün olmamaktadır bu sebeple yoğuşturucu sıcaklığını düşürmek toplam etkinlik oranının artırılmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada, organik rankine çevriminin etkinlik oranı analizi yapılmıştır. Sistemde soğutucu akışkan olarak R123 ve R125 kullanılmıştır. Bu soğutucu akışkanları kullanan organik rankine çevriminin değişik çalışma şartlarında etkinlik oranı incelenmiş ve sistemin uygun çalışma şartları belirlenmiştir. R123 soğutucu akışkanın kullanıldığı organik Rankine çevriminde Buhar jeneratörünün sıcaklığı $T_{bj}=170^{\circ}\text{C}$, yoğuşturucu sıcaklığı $T_y=30^{\circ}\text{C}$ olan çalışma şartlarında en yüksek toplam etkinlik oranı olan %22, R125 soğutucu akışkanın kullanıldığı ORC'de ise Buhar jeneratörü sıcaklığı $T_{bj}=60^{\circ}\text{C}$, yoğuşturucu sıcaklığı $T_y=0^{\circ}\text{C}$ olan çalışma şartlarında en yüksek toplam etkinlik oranı %13 olarak bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] B. Tchanche, G. Lambrinos, A. Frangoudakis, and G. Papadakis, "Low-grade heat conversion into power using organic Rankine cycles-A review of various applications", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 3693 (2011).
- [2] M.J.E. Verschoor, E.P. Brouwer, "Description of the SMR cycle which combines fluid elements of steam and organic Rankine cycles", *Energy*, 20, 295 (1995).
- [3] P. Gang, L. Jing, and J. Jie, "Analysis of low temperature solar thermal electric generation using regenerative Organic Rankine Cycle", *Applied Thermal Engineering*, 30, 998 (2010).
- [4] A.B. Gozdur, W. Nowak, "Maximising the working fluid flow as a way of increasing power output of geothermal power plant", *Applied Thermal Engineering*, 27, 2074 (2007).
- [5] J.P. Roy, M.K. Mishra, and A. Misra, "Parametric optimization and performance analysis of a waste heat recovery system using Organic Rankine Cycle", *Energy*, 35, 5049 (2010).
- [6] A.Y. Çengel, A.M. Boles, "Thermodynamics: An Engineering Approach", McGraw-Hill, New York, 1994.