

# BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ



## ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİ (ORÇ)

TEORİ – TEMELLER – OLASILIKLAR

---

Prof. Dr. Akın B. ETEMOĞLU

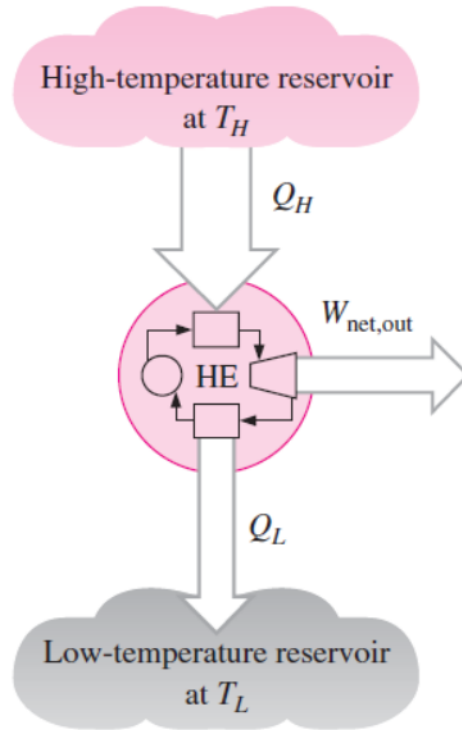


*Nedir ?*  
*Dünya ilgileniyor mu ?*  
*Bizim ilgilenmemize değer mi ?*



William John Macquorn Rankine  
1820-1872

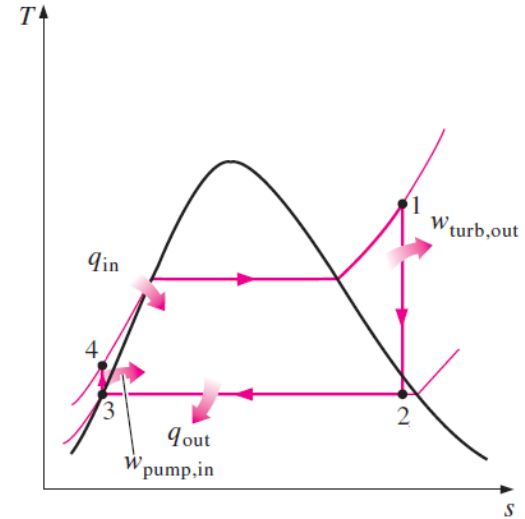
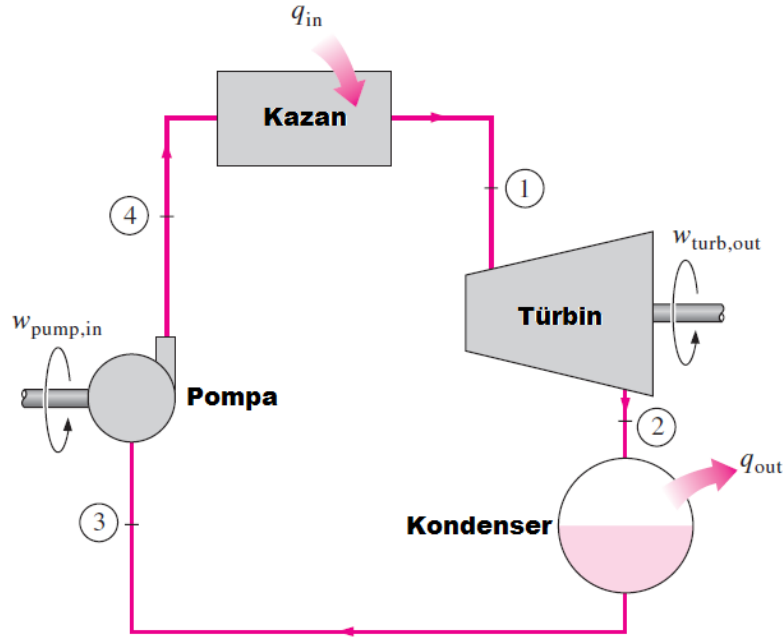
## Isı Makinası Kavramı



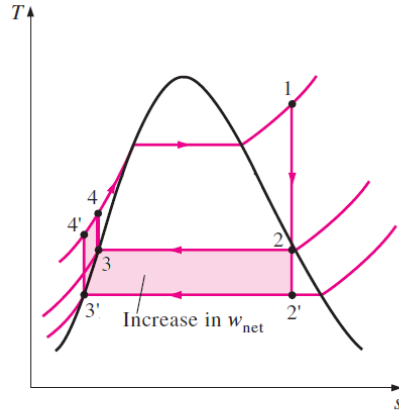
$$\eta_{th} = \frac{W_{net,out}}{Q_{in}}$$

# Rankine Çevrimi

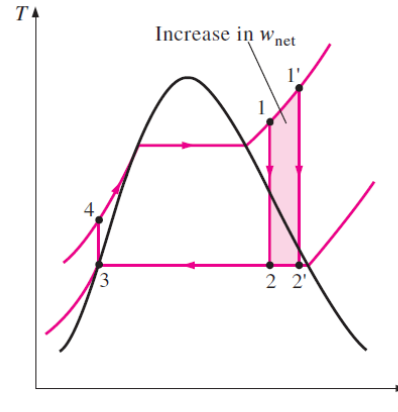
$$\eta_{th} = \frac{W_{net,out}}{Q_{in}}$$



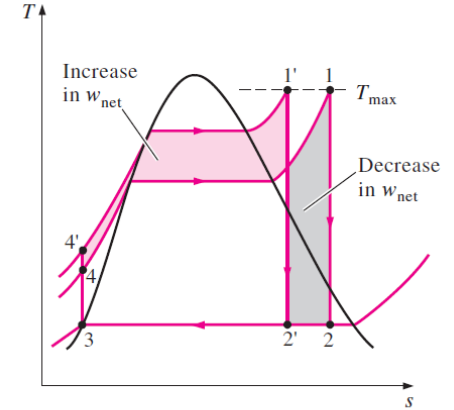
## Rankine Çevrimi – Verim Nasıl Artar?



**Kondenser basıncını düşürmek**



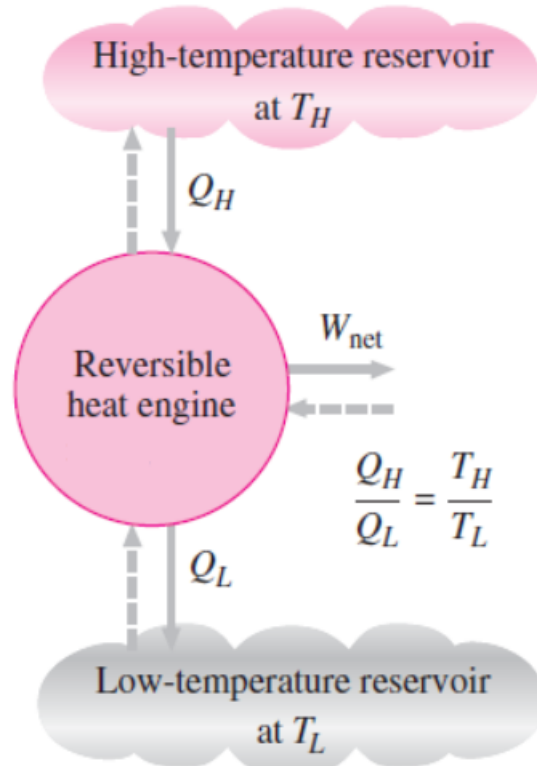
**Kazan çıkış sıcaklığını yükseltmek**



**Kazan basıncını yükseltmek**

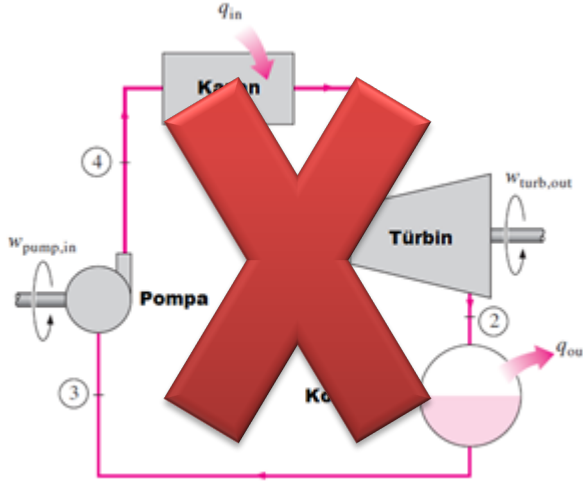
$$\eta_{th} = \frac{W_{net,out}}{Q_{in}}$$

## Rankine Çevrimi – Verim Nereye Kadar Artar?



$$\eta_{\text{th}} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

## Organik Rankine Çevrimi



Klasik Rankine Çevrimi

Organik Rankine Çevrimi,

Yeni ihtiyaçlara göre adapte olmuş

Rankine Çevrimidir.

Temel Fark

- Isının sisteme verilmiş şekli,
- Çevrimde kullanılan akışkan ve
- Uygun genleşme cihazının seçilmiş olmasıdır.

Yani

- Kazan yerine bir tür **ısı eşanjörü**,
- Su yerine düşük kaynama sıcaklığına sahip bir **organik akışkan** ve
- Uygun bir **genleşme cihazının** sistemde bulunmasıdır.

Düşük ve orta sıcaklıklı ısı kaynakları için organik akışkanlar sahip oldukları avantajlarıyla öne çıkmakta ve ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİNİ güç üretiminde kabul edilebilir bir seçenek olarak bize sunmaktadır.



## Organik Rankine Çevrimi

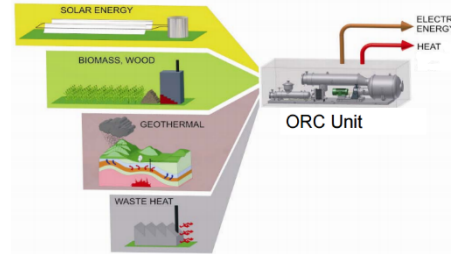
### Temel Fark - 1

Isının sisteme verilmiş şekli :

Kazan gerekli değil. Yani ısı enerjisi sisteme bir **evaporatör (buharlaştırıcı)** ile verilebilir.

Isı Kaynağı olarak:

- Bio-kütle
- Güneş
- Atık ısı kaynakları
- Jeotermal enerji



### Kaynak Sınıflandırması

Düşük sıcaklıklı kaynaklar :  $< 150\text{ }^{\circ}\text{C}$

Orta sıcaklıklı kaynaklar :  $150\text{--}300\text{ }^{\circ}\text{C}$

Yüksek sıcaklıklı kaynaklar:  $> 300\text{ }^{\circ}\text{C}$

### Kapasiteler

Küçük :  $<10\text{--}100\text{ kW}$

Orta :  $100\text{--}400\text{ kW}$

Büyük :  $400\text{ kW}\text{--}birkaç\text{ MW}$

[literatürden>>>](#)

## Organik Rankine Çevrimi

## literatürden

Applications	Heat source temperature	Evaporation temperature	Condensation temperature	Performance indicators	Recommended fluids	Source
WHR	140 °C	-	20 °C	A multi-objective criteria included A/Wnet and heat recovery efficiency	R123 for 100–180 °C 141b for higher than 180 °C	[53]
WHR	292 °C	277 °C	27 °C	First law efficiency Second law efficiency Work output	R123	[43]
WHR	327 °C	Te <sup>h</sup>	27–87 °C	First law efficiency Total irreversibility	R245fa, R245ca	[124]
Geothermal	80–115 °C	65–100 °C	25 °C	First law efficiency Work output	Propene	[105]
Geothermal	70–90 °C	-	-	A/Wnet	Ammonia	[126]
Geothermal	120 °C	100 °C	30 °C	First law efficiency	RE134, RE245, R600, R245fa, R245ca, R601	[66]
Geothermal	91.1 °C	Te <sup>l</sup>	28 °C	First law efficiency Second law efficiency A/Wnet	R601a, R601	[122]
Biomass	-	250–350 °C	90 °C	First law efficiency	Butylbenzene	[49]
Biomass	-	170 °C	50 °C	First law efficiency	Ethanol	[50]
Solar	-	60–100 °C	35 °C	First law efficiency Second law efficiency Total irreversibility	R134a	[69]
Solar	-	70– (T <sub>c</sub> -10) °C	30 °C	A/Wnet	R245fa	[108]
Solar	-	120–150 °C	15 °C	First law efficiency	Solkatherm	[130]
-	-	80–200 °C	20 °C	First law efficiency Exergy efficiency	R227ea for 80–160 °C R245fa for 160–200 °C	[70]
-	60–160 °C	55–155 °C	30 °C	First law efficiency Second law efficiency	Hexane	[65]



## Organik Rankine Çevrimi

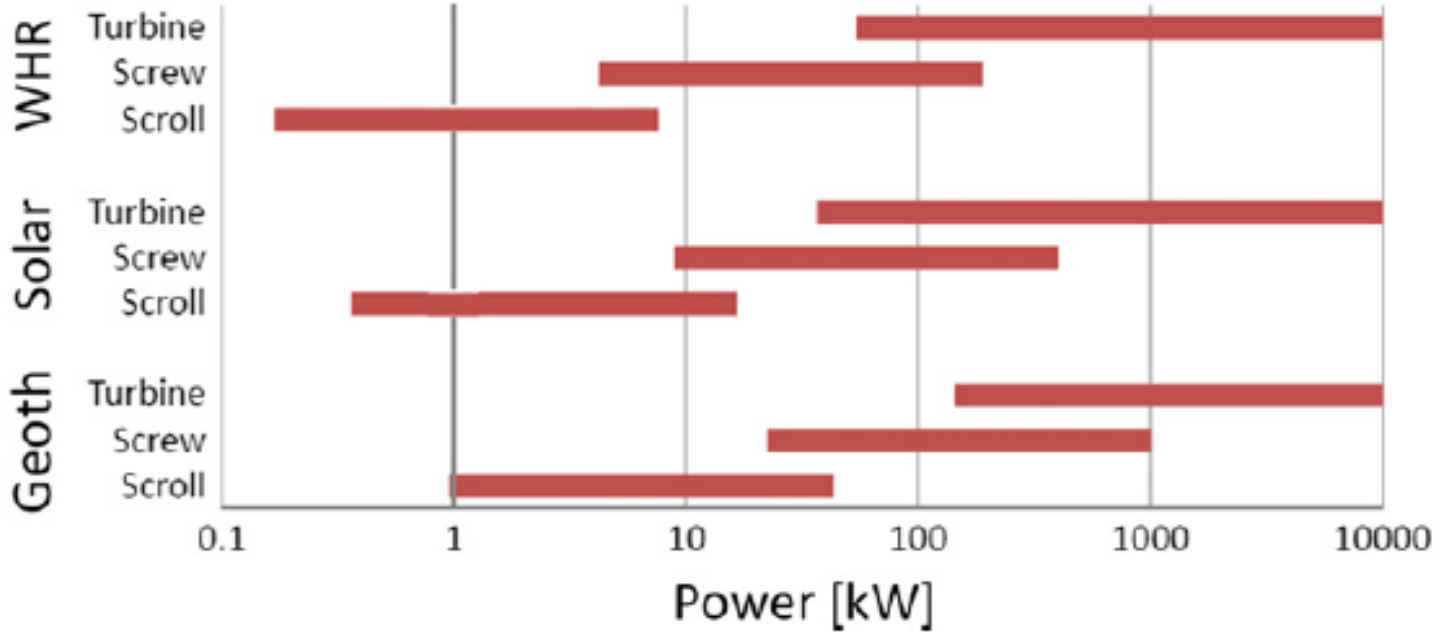
## literatürden

Category and name	Alt. name	$P_c$ (bar)	$T_c$ (°C)	Source
<b>Siloxanes</b>				
Hexamethyldisiloxane	MM	19.1	245	[63,113,134,135,147]
Octamethyltrisiloxane	MDM	14.4	291	[63,113,147]
Decamethyltetrasiloxane	MD2M	12.2	326	[63,113,147]
Dodecamethylpentasiloxane	MD3M	9.3	354	[83,113,136]
Octamethylcyclotetrasiloxane	D4	13.1	312	[134,135,147]
Decamethylcyclopentasiloxane	D5	11.6	346	[136,147]
Dodecamethylcyclohexasiloxane	D6	9.5	371	[136,147]
<b>Alcohols</b>				
Methanol	-	81.0	240	[54,69]
Ethanol	-	40.6	241	[40,50,54,69,117,125]
<b>Fluorinated ethers</b>				
Pentafluorodimethylether	RE125	33.6	81	[66]
Bis-difluoromethyl-ether	RE134	42.3	147	[63,66,112]
2-Difluoromethoxy-1,1,1-trifluoroethane	RE245	34.2	170	[63,66,112]
Pentafluoromethoxyethane	RE245mc	28.9	134	[66]
Heptafluoropropyl-methyl-ether	RE347mcc	24.8	165	[66]
<b>Ethers</b>				
Dimethyl-ether	RE170	53.7	127	[9,66]
Diethyl-ether	R-610	36.4	193	[63]
<b>Inorganics</b>				
Ammonia	R-717	113.3	132	[3,4,9,12,43,54,69,107,108,110,114,117,120,126,148]
Water	R-718	220.6	374	[3,4,69,110,111,114,127,131]
Carbon dioxide	R-744	73.8	31	[3,8]

## Organik Rankine Çevrimi

### Temel Fark - 3

Kullanılması muhtemel genişleme (expanders) araçları :



## Organik Rankine Çevrimi

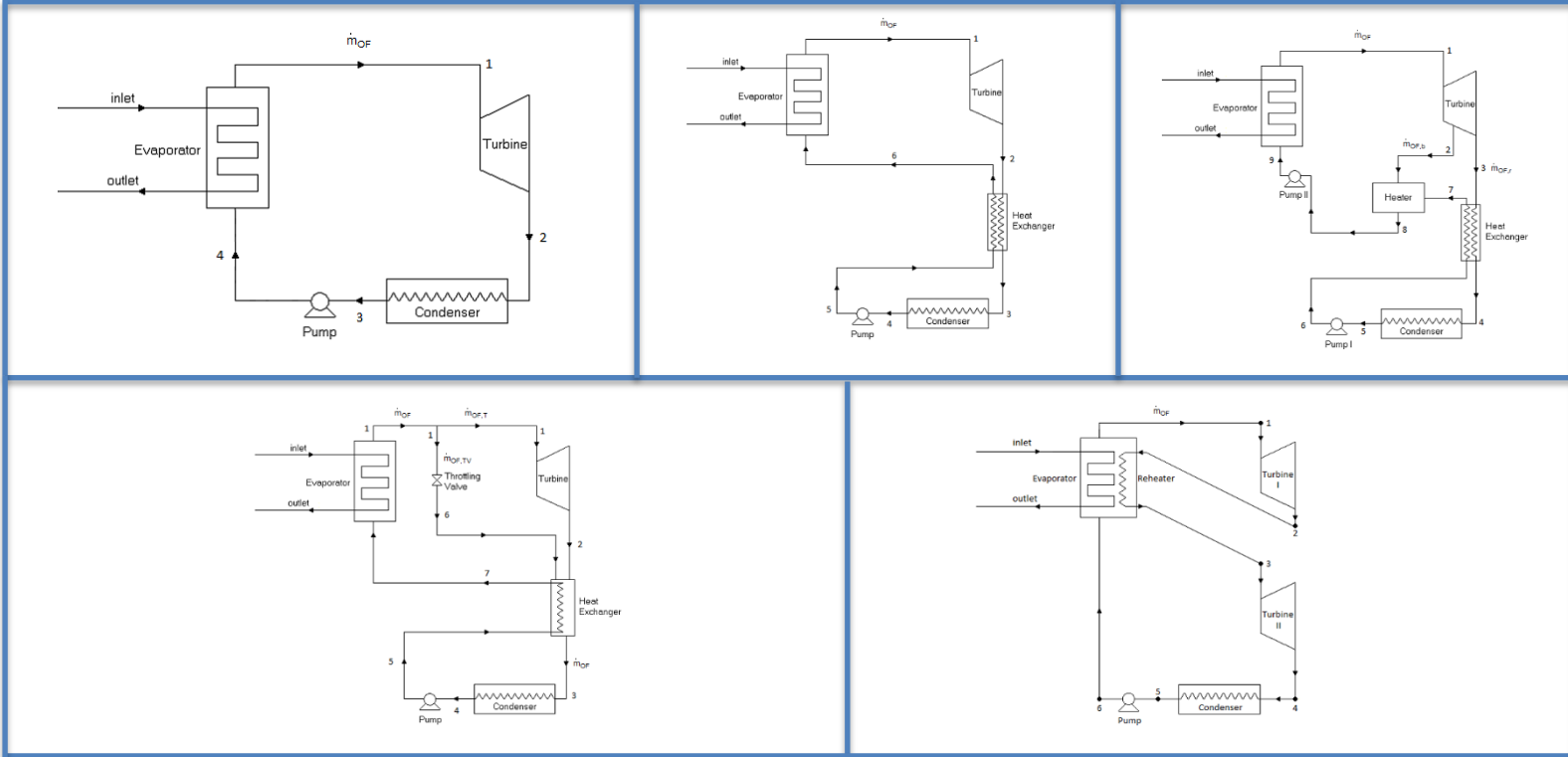
## literatürden

Bazı sayısal veriler...

Model	Manufacturer	Power output (kW)	Working fluid	Expansion device	Heat source /thermal oil /evaporating temperature (°C)	Cooling/condensing temperature (°C)	Electrical efficiency (%)
IT10	Infinity turbine	10	R134a	Screw	80–120	15–30	–
PureCycle®	Pratt & Whitney Power Systems	280	R245fa	Radial inflow turbine	80–120	–	–
TD4HR	Turboden	418		Turbine	150–275	25–35	18.2
TD12HRS	Turboden	1188		Turbine	206–305	25–35	23.6
TD27HR	Turboden	2740		Turbine	155–285	25–48	19.5
TD7CHP	Turboden	738		Turbine	240–300	60–80	18.4
Green Machine	Electratherm	50	R245fa	Twin screw	80–93	21	12
BEP module	BEP Europe	50	R245fa	Single and Z-screw	80–120	20	12
Triogen module	Tri-o-gen	80–165	Toluene	High speed turbogenerator	> 350	35–50	20–22
Calnetix series S, P, M	Calnetix Power systems	125	R245fa	High speed turbine	121	21	–
AD300 TF-plus	Adoratec	300		Turbine	155/245	60/80	17.03
AD625 TF-plus	Adoratec	625		Turbine	155/245	60/80	17.90
AD2400 TF-plus	Adoratec	2400		Turbine	160/250	60/90	17.35
ENEFCOGEN <sup>Plus</sup> 05PLU-01	Eneftch	5	–	Scroll	160–200	20–50	–
PROMETHEUS-25	ENERBasque	20	–	–	80–90	10–25	4–8
EP60-ERS	Exergy	400–650	–	Radial outflow turbine	230–315	–	15–22

# Organik Rankine Çevrimi

## Zengin Termal Mimari Olasılıkları



## Organik Rankine Çevrimi

Düşük ve orta sıcaklığa sahip ısı kaynaklarımız için avantajlı/net bir kullanım olasılığı sunmaktadır.

### Avantajlar:

- Buharlaşma için daha az ısı enerjisi gerektirir.
- Buharlaşma daha düşük basınç ve sıcaklıkta gerçekleşir.
- Genişleme işlemi kızgın buhar bölgesinde sonlanır ve bu nedenle aşırı kızdırmaya ihtiyaç duyulmaz. Bu durum türbin kanatlarında erozyon riskini ortadan kaldırır.
- Buharlaşma ve yoğuşma arasındaki düşük sıcaklık farkı, düşük basınç düşümü oranı demek olup daha küçük ve basit (1-2 kademeli) türbin tasarımlarının kullanımını mümkün kılar. Türbin devirleri düşüktür. Bu aynı zamanda düşük mekanik ve ısıl gerilimler demektir ki buna bağlı olarak türbin ömürleri nispeten uzundur.
- Yüksek yoğunluk nedeniyle daha kompakt bir tasarım yapılabilir.
- Su şartlandırma ünitelerine gerek duyulmaz.



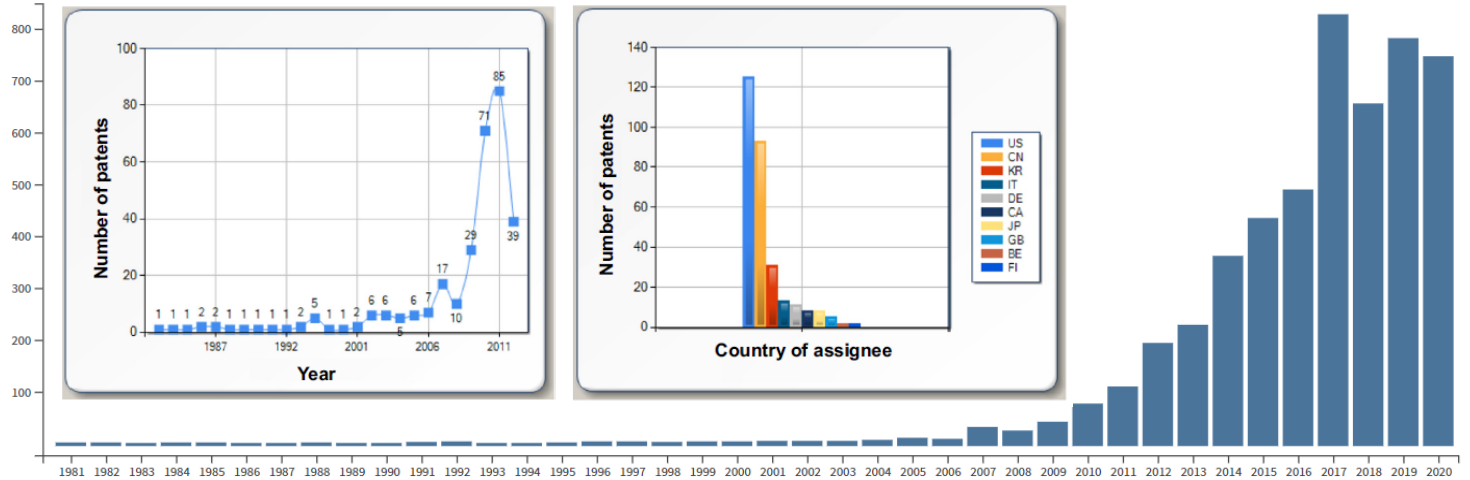


*Dünya ilgileniyor mu ?  
Bizim ilgilenmemize değer mi ?*

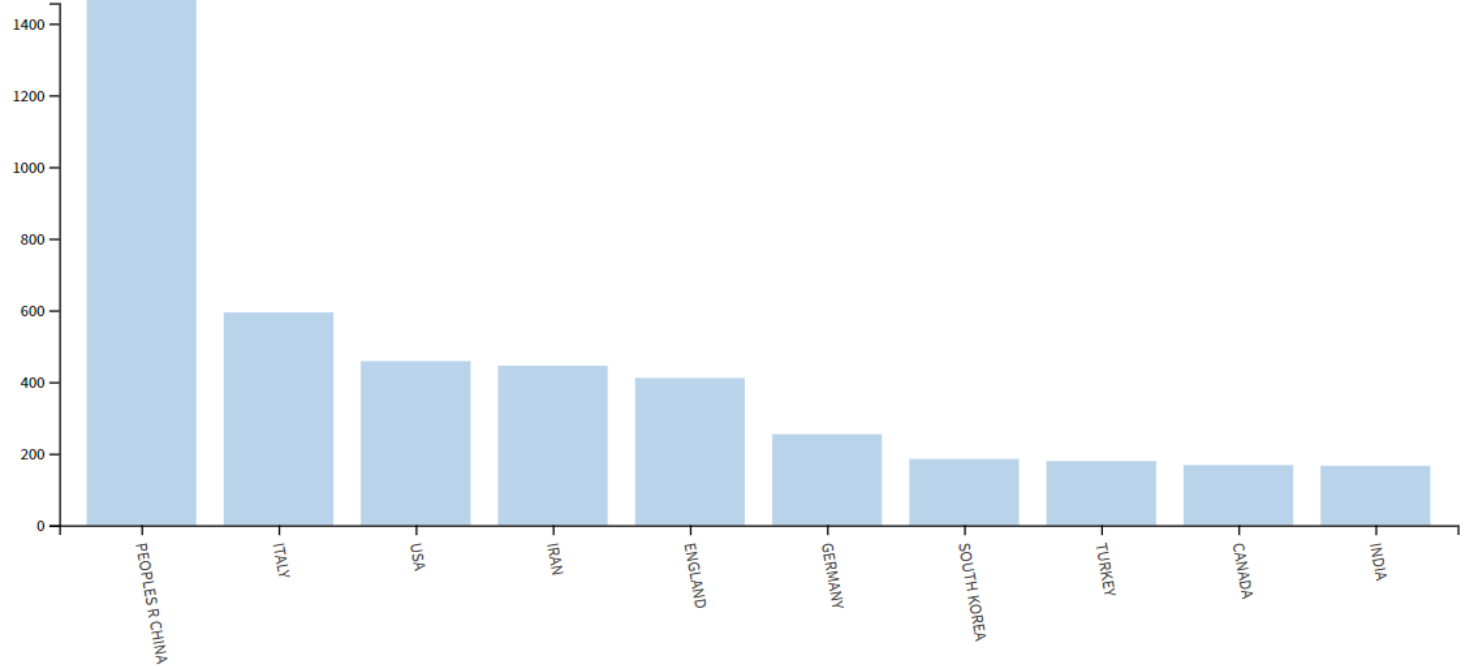
# Organik Rankine Çevrimi

Total Publications

**5.096** Analyze



## Organik Rankine Çevrimi



## Organik Rankine Çevrimi

ORÇ teknolojisine Dünyada ve Ülkemiz Bilim Camiasında İlgi Var.

### NEDEN?

Verimlilik  
Küresel Rekabet

Düşük sıcaklıklı enerji kaynakları ve atık ısı kullanımı vazgeçilemeyecek kadar önemli hale geldi.

Sizler de Firmalarınızda bu teknolojiyi değerlendirme fikrine açık olmalısınız.

1511 – ÖNCELİKLİ ALANLAR ARAŞTIRMA TEKNOLOJİ GELİŞTİRME VE YENİLİK PROJELERİ DESTEKLEME PROGRAMI

ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÇAĞRI DUYURUSU  
(ORC GÜÇ SİSTEMLERİ)

Çağrı Kodu

1511-ENERJİ-2014-EV-10

Çağrı Başlığı

Organik Rankine Çevrimine (ORC) Dayalı Buharlı Güç Sistemleri

Çağrı Takvimi

Çağrı Açılış Tarihi	2 Nisan 2014
Çağrı Kapanış Tarihi	8 Ağustos 2014
Ön kayıt Son Tarih*	1 Ağustos 2014. Saat: 17:30
Proje Öneri Başvuru Tarihleri	6 Mayıs 2014 - 8 Ağustos 2014. Saat:14:00

\*: Proje başvuruları yapabilmek için proje öneri başlığını ve kuruluşunuz durumu ile ilgili belgeleri TÜBİTAK'a sunarak bir proje giriş yetkisi almanız gerekmektedir. Burada belirtilen tarih bu evrakların TÜBİTAK'a evrak girişinin yapılabileceği en son tarihi ifade etmektedir.

Çağrıya Özel Şartlar

Proje süresi üst sınırı : 24 ay  
Proje bütçesi üst sınırı : 2.000.000 TL  
İşbirliği yapısı : Kısıt yok.  
Diğer hususlar :

- Sistem ana bileşenlerinin tümünün yerli tasarım ve imalatı durumunda proje süresi üst sınırı 36 ay ve proje bütçesi üst sınırı 3.000.000 TL olarak dikkate alınacaktır.
- Sadece sistem entegrasyonu, otomasyon ve kontrol sistemi içeren projeler çağrı kapsamı dışındadır.

# ORÇ Teknolojisinin Ekonomi ve Çevre Boyutları



Bu sistemin çalışma sürelerini düşünün.

## Ekonomi

Yakıt kullanmadan yani atık enerji kapasitesinden faydalanarak elektrik elde edebileceksiniz. Literatürde verilen verim değerlerine dikkat ediniz. Bu sistem kendini karşılayacak.

## Çevre

Unutmayın, bu enerji miktarına eşdeğer yakıt kullanılmadı. Dolayısıyla, artık çevreye atılmayacak olan CO<sub>2</sub> miktarı nedeniyle, karbon ayakizi azalacak.

## SON SÖZ

ORÇ sistemlerinde;

- uygun ve yeni akışkanlar,
- komponent gelişmeleri,
- inovatif çevrim mimarileri,
- kaynakların optimum kullanımı

çalışmalarını görmeye devam edeceğiz.





# İletişim

Olası sorularınız için...

**Prof. Dr. Akın B. ETEMOĞLU**  
Bursa Uludağ Üniv. Mühendislik Fak.  
Makine Müh. Blm. Nilüfer - BURSA

☎ 0 224 294 19 76 – 0 535 244 36 94

✉ [aetem@uludag.edu.tr](mailto:aetem@uludag.edu.tr)