

# KOJENERASYON VE BÖLGESEL ISITMA SİSTEMLERİNDEKİ GELİŞMELER

Erdem IŞIK \*, Mustafa İNALLI \*\*

*Nüfusun ve endüstrinin hızla gelişmesi ile birlikte dünyanın enerji ihtiyacı da hızla artmaktadır. Yaklaşık olarak elli yılda doğal gaz ve kömür rezervlerinin tükeneceği tahmin edilmektedir.*

*Birleşik ısı-güç üretim sistemleri veya kojenerasyon sistemleri, kullanılabilir ısı ve elektrik enerjisinin birlikte eş zamanlı olarak üretimi şeklinde tanımlanmaktadır. Proseste atık ısının kullanılması ile, % 85-90 düzeyinde toplam verime ulaşılmakta ve önemli miktarda yakıt tasarrufu sağlanmaktadır. Bu makalenin ilk kısmında bölgesel ısıtma ve kojenerasyon sistemlerinin dünyadaki gelişmeleri ve önemi tartışılmıştır. Daha sonra ise bölgesel ısıtmada kullanılan santral türleri anlatılmış ve sonuçta kojenerasyon sistemi ile bölgesel ısıtmanın avantaj ve dezavantajları sıralanmıştır.*

**Anahtar sözcükler:** Bölgesel ısıtma, kojenerasyon sistemleri.

*With high growth rates of population and industry World's energy need is also increasing at a high speed. Natural gas and coal reserves will be depleted approximately in fifty years.*

*Combined heat and power generation (CHP) or Cogeneration systems could be defined as the production of both heat and power. When the waste energy is used in a process, overall efficiency could be increased up to 85 - 90 % and significant amount of fuel saving could be achieved.*

*The importance and development of district heating and cogeneration systems in the world are discussed in the first part of his paper. After this, central type of district heating is explained. Finally, advantages and disadvantages of district heating with cogeneration systems has been enumerated.*

**Keywords:** District heating, cogeneration systems

\* Mak. Yük. Müh. Meteoroloji Meydan Müdürlüğü

\*\* Doç. Dr., Fırat Üniversitesi, Müh. Fak. Mak. Müh. Bölümü

## GİRİŞ

**T**ermodinamikteki enerji korunumunu en iyi şartlar da sağlayan birkaç teknikten biri; mekanik ve ısı enerjisinin eş zamanlı olarak üretilmesidir. Son yıllarda yaygın kullanım alanı bulan bu yöntem kojenerasyon adı verilmektedir. Kojenerasyon sistemi ile mükemmel termodinamik performans sağlanmaktadır. Kojenerasyona endüstriyel enerji ihtiyacının karşılanması açısından da ilgi duyulmaktadır. Özellikle sınırlı ulusal mali imkanlar ile az enerji kaynaklarına sahip gelişmekte olan ülkelerin sosyo-ekonomik gelişmeleri için gerekli enerjiyi sağlamak amacı ile endüstriyel kojenerasyon ulusal enerji kaynaklarına ek olarak bir fırsat sunmaktadır. Böylece kojenerasyon toplumun yaşam kalitesini artırma amaçlı kalkınma programlarını sürdürmeye yardımcı olmaktadır. Çünkü gelişmekte olan ülkeler için en önemli sorunlar; ekonomik büyüme ve yetersiz enerji arzıdır.

1750 Sanayi Devrimi hızlı bir kentleşmeye neden olmuştur. Sonuçta su, kanalizasyon, toplu taşıma gibi sosyal faaliyetler de paralel olarak artmıştır. Diğer servislerde olduğu gibi ısının da merkezi bir yapıda üretilip, dağıtımının yapılabileceği fikri kendini göstermiştir. İlk bölgesel ısıtma sistemi 1877 yılında ABD'nin New York Eyaleti'ndeki Lockport'ta kurulmuştur [1, 2, 3, 4].

Bölgesel ısıtma veya uzaktan ısıtma çok sayıda blokun tek merkezden ısıtılması şeklinde tarif edilebilir. Bölgesel ısıtmada genellikle iki devre bulunur. Birincil (primer) devre; ısı merkezinde üretilen ısıyı bloklara taşıyan devredir. İkincil (sekonder) devre ise; blok bazında ısı dağıtımını yapan devredir. Birincil ve ikincil devreler blok altında eşanjör dairesi adı verilen noktada kesişirler. Burada da iki farklı çözüm vardır. Dolaylı sistemde arada bir ısı değiştirici (eşanjör) bulunur. Bu eşanjörde primer devre akışkanı vasıtasıyla sekonder devre akışkanı ısıtılır. Dolaysız sistemde ise bir pompa yardımı ile primer devre akışkanı doğrudan sekonder devrede dolaştırılmaktadır [5, 6].

## KOJENERASYON VE BÖLGESEL ISITMA

Ekonomideki büyüme hızı, yaklaşık olarak enerji tüketimi ile doğru orantılıdır. Enerji gereksinimindeki ve enerji fiyatlarındaki hızlı artış ile

enerji teminindeki dışa bağımlılık, üretimin sürekliliğini, maliyetini ve dış ödemeler dengesini etkilemektedir. Enerji teminindeki dar boğazlar, mevcut enerji dönüşüm teknolojilerinin alışılmamış enerji kaynaklarından yararlanılmasındaki yetersizliği ve maliyeti, enerjinin tutumlu kullanılmasını zorunlu kılmaktadır [7].

Şekil 1.'de geleneksel ısıtma sistemi ve kojenerasyon sistemlerindeki enerji üretiminin karşılaştırılması bir Sankey diyagramında gösterilmiştir. Görüleceği üzere; 40 birim elektriksel, 53 birim ısı güce ihtiyacı olan bir tesisin bu ihtiyaçlarını karşılamak için; geleneksel sistemde 168 birim enerji gerekirken, kojenerasyon sistemleri ile 100 birim enerji yeterli olmaktadır.

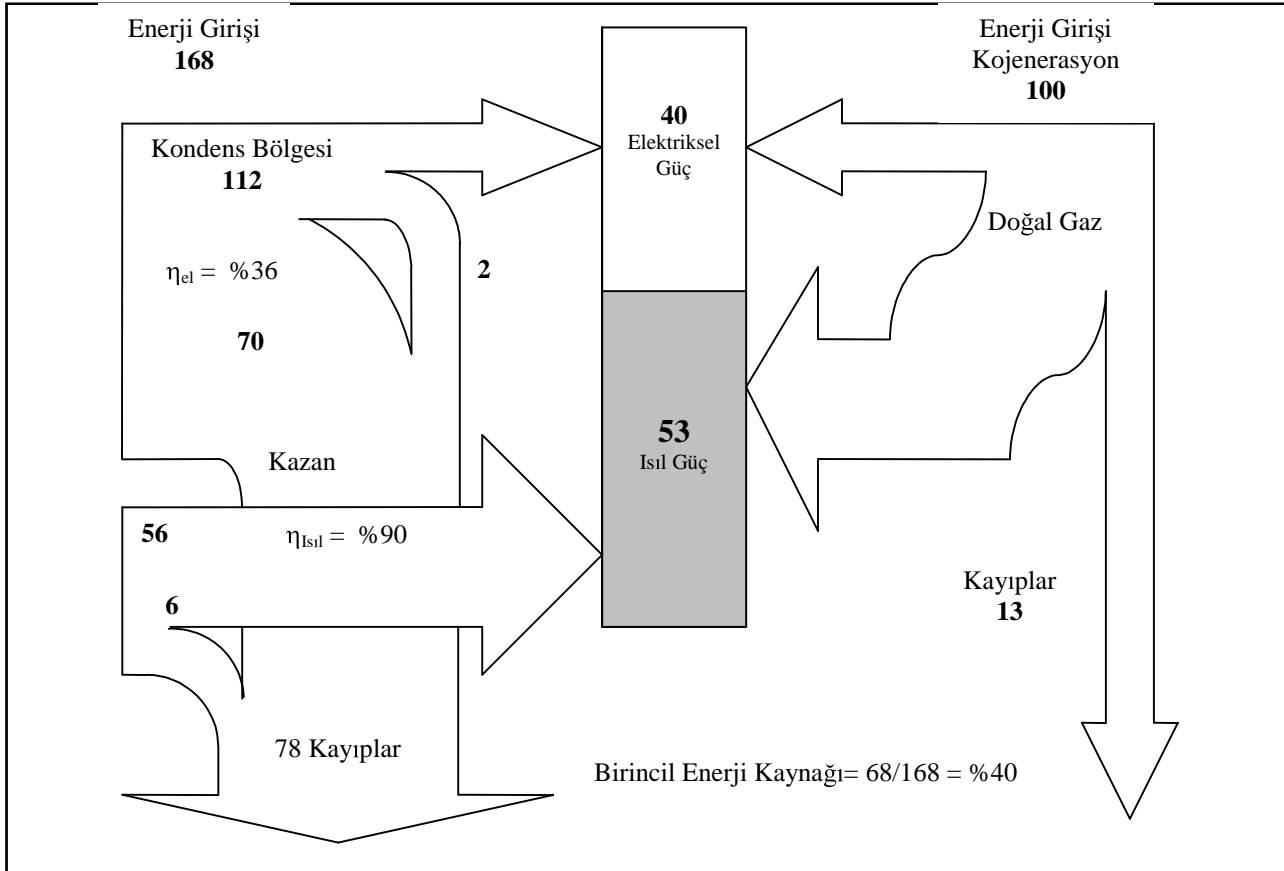
Klasik güç santrallerinde fosil esaslı yakıt enerjisinin yaklaşık üçte biri elektrik enerjisine dönüştürülebilmekte ve üçte ikisi ise çevreye atılmaktadır. Buna karşılık bir kojenerasyon sisteminde elektrik üretimi sırasında ortaya

çıkan atık ısı, eşanjörler yardımı ile çeşitli ısı ihtiyaçları için (sıcak su, buhar, absorpsiyonlu soğutma v.b.) değerlendirilebilmektedir. Gazla çalışan kojenerasyon sistemlerinde elektrik ve ısının eş zamanlı olarak üretilmesi ile %80-90 oranında verim elde edilebilmektedir. Böylece primer enerjinin atık kısmı minimum düzeyde tutulmaktadır. Bu yüksek sistem verimi sayesinde kojenerasyon sistemi, ilk yatırım tesis giderini 1.5-6 sene gibi kısa bir sürede geri ödemektedir [5, 8].

Şekil 2.'deki ısı makinasından da görüleceği üzere, bir ısı makinasında üretilen işin (W), sisteme verilen enerjiye ( $Q_H$ ) oranı, ısı verimi ( $\eta$ ) verir.

$$\eta = \frac{W}{Q_H} \quad (1)$$

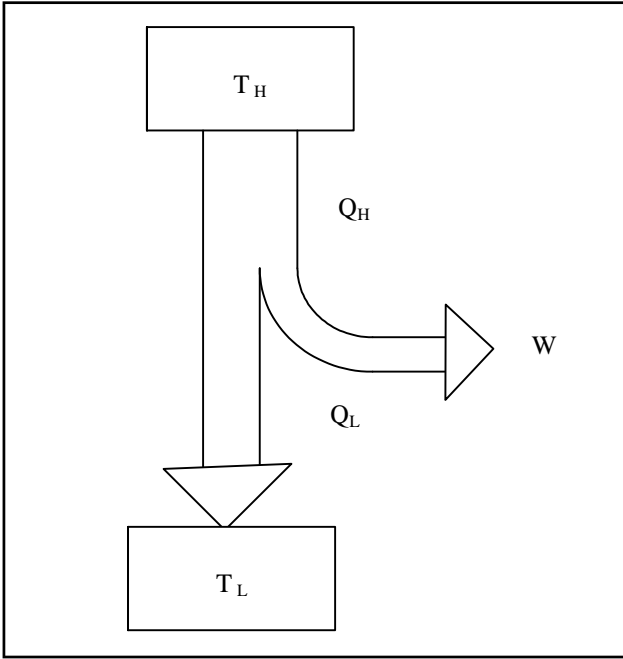
Bu ısı verime kojenerasyon uygulamalarında elektrik çevrim verimi adı da verilmektedir.



Şekil 1. Kojenerasyon ve Geleneksel Sistemler İle Enerji Üretimlerinin Sankey Diyagramı İle Karşılaştırılması [9].

Çevreye aktarılan ısı enerjisi,  $Q_L$ , kojenerasyon sisteminde kullanılan ısıdır. Böylece enerjiden yararlanma oranı (EYO) maksimum düzeye çıkartılmaktadır.

$$EYO = \frac{W + Q_L}{Q_H} \quad (2)$$



Şekil 2. Bir Isı Makinası [10].

EYO'ya kojenerasyon uygulamalarında toplam verim de denilmektedir. Her ne kadar EYO, termodinamiğin birinci yasasına göre '1' olsa da, uygulamada atık ısının tümünden yararlanılmadığından bu mümkün olmamaktadır. Bu atık ısıdan, doğrudan ısı olarak yararlanılmadıkça, % 35 - 55 aralığında uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bileşik çevrimde dünyadaki en iyi örneklerinden biri olmasına rağmen, İstanbul Ambarlı Birleşik Çevrim Santrali'nde ısı verim değeri % 50 civarında kalmaktadır. Oysa atık ısıdan yine ısı olarak faydalanılan kojenerasyon sisteminde toplam sistem veriminin yani EYO'nun % 80 - 90'lara kadar çıkarılması mümkündür.

Bileşik ısı-güç santrallerinde üretilen işin (elektriğin) faydalanılan ısıya oranı, elektrik ısı oranı, (EIO) diye

tanımlanır. Termodinamiğin birinci yasası uyarınca ısı verimle de gösterilebilir. EIO, kojenerasyon sisteminin önemli özelliklerinden biri olup aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$EIO = \frac{W}{Q_L} = \frac{\eta}{1-\eta} \quad (3)$$

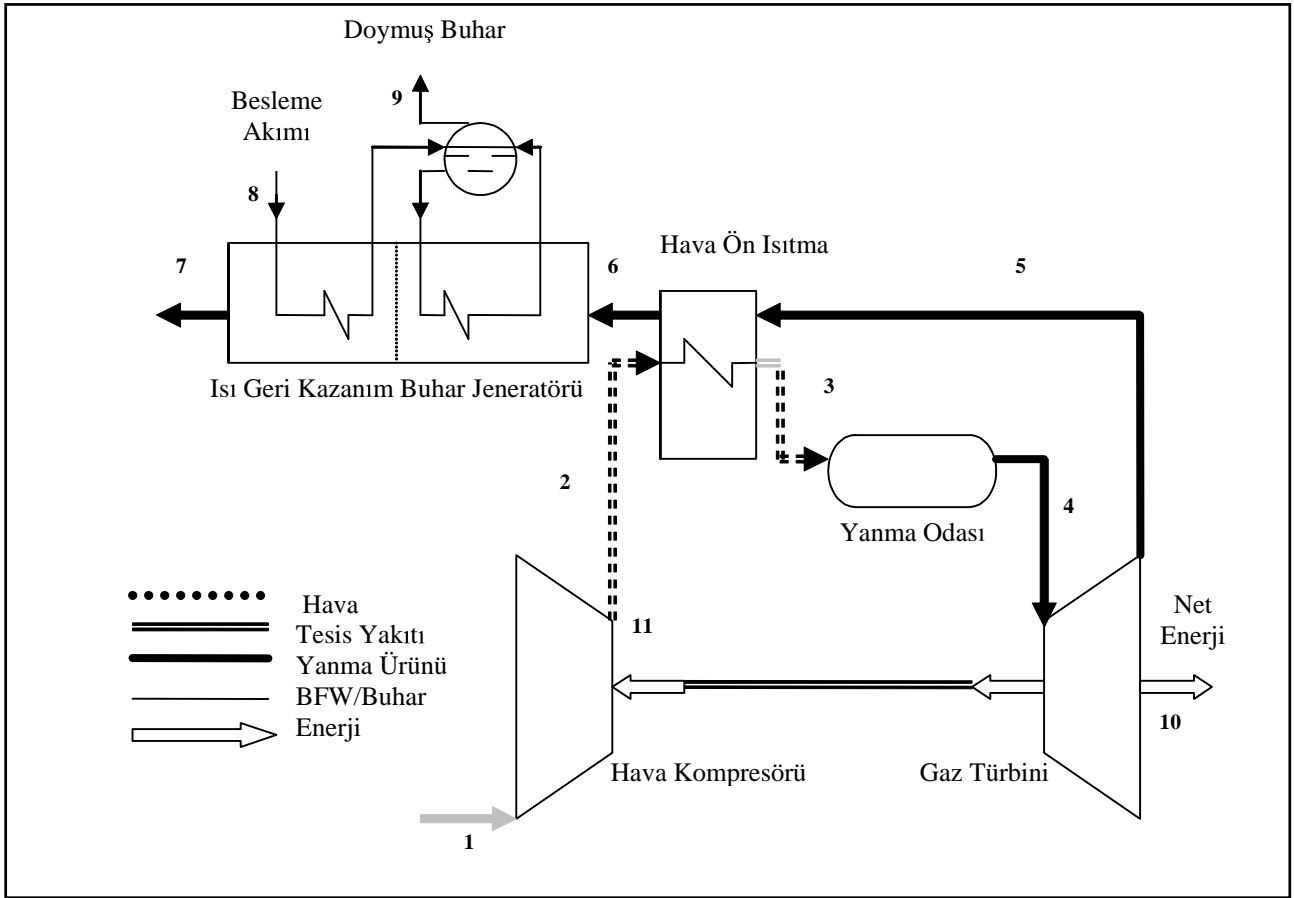
Türbinlerde ise genellikle EIO'nun tersi (1/EIO) olan Isı Oranı temel parametrelerden birisi olarak verilir:

$$\text{Isı Oranı} = \frac{Q_L}{W} = \frac{1-\eta}{\eta} \quad (4)$$

Şekil 3'de hava kompresörü, hava ön ısıtma ünitesi, yanma odası, gaz türbini ve ısı geri kazanım buhar jeneratöründen oluşan bir kojenerasyon sistemi için genel bir akış diyagramı görülmektedir [10].

Kojenerasyonun (bileşik ısı - güç santrallerinin) bölgesel ısıtmada kullanılması durumunda, büyük boyutlarda yakıttan tasarruf edilebilmekte ayrıca elektrik enerjisi de üretilebilmektedir. Kojenerasyon santrallerinde yakıt enerjisinin yaklaşık % 15-30'u elektriğe dönüşmekte, % 40-60'ı ise ısı tüketicilerine verilmektedir [11].

19. yüzyılın son çeyreği ile 20. yüzyılın ilk çeyreğinde Almanya, Danimarka, İsveç, Fransa, Hollanda, Avusturya, Norveç, İsviçre, Belçika, İngiltere, SSCB ve Polonya gibi birçok Avrupa ülkesinde bölgesel ısıtma sistemleri kurulmuştur. En büyüklerden biri olan Moskova bölgesel ısıtma sisteminde, boru şebekesinin uzunluğu 600 km'yi aşmaktadır. İkinci Dünya Savaşı'nın yıkımı ardından Avrupa'da başlayan yeniden yapılanma süreci içinde bölgesel ısıtmaya büyük önem verilmiştir. Buna en çarpıcı örnek; Polonya'da daha önceden yapımına başlanan sistemlerin devreye girmesiyle, toplam kapasitenin 1958 yılında iki katına çıkarılmasıdır. Bugün yukarıda sözü edilen ülkelerde bölgesel ısıtma; elektrik, gaz, su gibi yaygın bir uygulama haline gelmiştir [4]. İskandinav ülkeleri bölgesel ısıtmada dünya lideri durumundadırlar ve bu konuda sürekli olarak gelişme göstermektedirler. Kullanılan sistemler genellikle sıcak su üreten büyük programlar



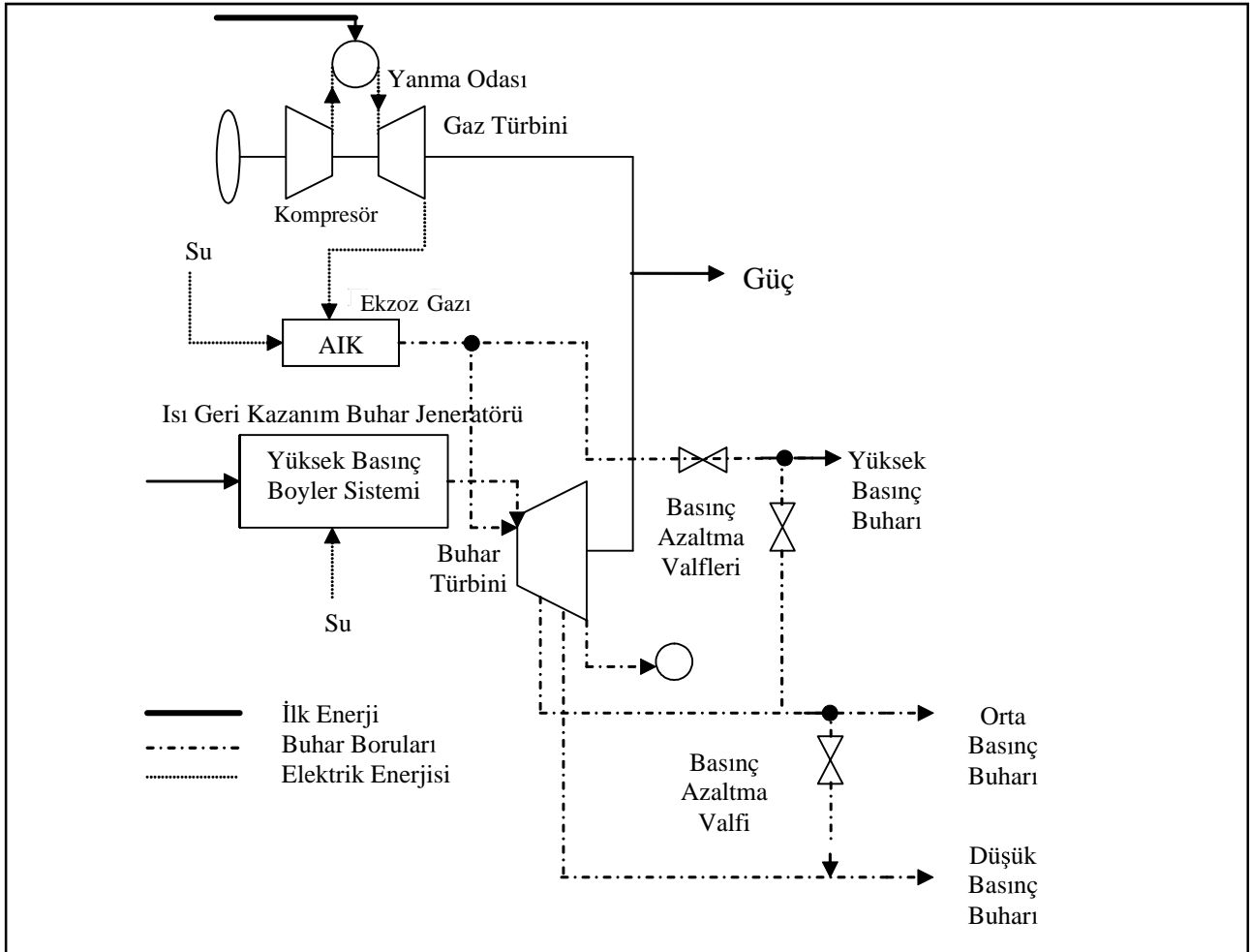
Şekil 3. Kojenerasyon Sistemi İçin Akış Diyagramı [10].

şeklinde. İsveç'te ısı temininin büyük bir bölümü bölgesel ısıtma ile gerçekleştirilmektedir. 2000 yılında toplam üretim 45.6 TWh olmuştur. Bu değer toplam temin edilen ısı ve elektriğin % 15'idir. Birçok belediye sınırları içerisindeki ısı ihtiyacını karşılamak amacıyla iyi işleyen bir bölgesel ısıtma şebekesine sahiptir [12, 13].

Ülkemizde üniversite kampüsleri ve resmi lojmanların tek merkezden ısıtılması dışında, diğer ülkelerde uygulandığı anlamda bir bölge ısıtma sistemi mevcut değildir. Ancak son yıllarda toplu konut yapımının desteklenmesiyle, bölge ısıtmasına çekirdek oluşturabilecek toplu ısıtma çalışmaları yapılmaktadır [4]. Endüstriyel prosesler veya bölgesel ısıtma için elektrik ve ısının birlikte üretilmesi, enerji verimini arttıran bir tercihtir. Kojenerasyon sisteminin uygulanmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonu da azalmaktadır. 1990'ların ortalarında Avrupa

Birliği'nde elektrik üretiminin % 10'undan daha azı, üye ülkeler arasında önemli değişiklikler ile birlikte üretilmekteydi. Bu değişiklikler; endüstriyel yapıdaki farklılıklardan veya kentsel fiziksel yapıdan daha ziyade farklı yasaların gücü ve ulusal kanunlardan kaynaklanmaktadır. 'Tek enerji taşıma (single energy carrier)' yönergesi kojenerasyon gelişimini desteklemekte fakat bölgesel ısıtma altyapı sistemlerinin gelişmesini ve genişlemesini desteklememektedir [14].

Karbon miktarının azaltılmasında, etkili bir enerji teknolojisi olarak değerlendirilen kojenerasyon, ilk enerji girdisinin büyük miktarlarını muhafaza etmesinden dolayı endüstriyel tesisler içinde olası bir alternatif olarak düşünülmektedir. Yaklaşık olarak % 10-30 oranında yakıt tasarrufu sağlayarak, çeşitli yakıtlardan ısı ve elektrik enerjisi üreten kojenerasyon sistemleri, kağıt ve kağıt



Şekil 4. Endüstriyel Kojenerasyon [15].

hamuru, kimyasal madde, gıda, petrol rafineleri, tekstil ve gübre endüstrileri gibi çok çeşitli endüstrilerde kullanılmaktadır. Şekil 4.'de bir endüstriyel kojenerasyon sistemi örneği görülmektedir [15-17].

Kojenerasyon; tekstil, kağıt, seramik, kimya, sunta, gıda, metal işleme gibi ısı ve elektriğin yoğun olarak kullanıldığı sektörlerde enerjinin maliyetini yarıya yakın düşürmekte ve bu sektörlerde rekabetin vazgeçilmez araçlarından biri olmaktadır [18, 19].

Kojenerasyon sistemleri enerji verim değerinin gerekliliği üzerine kurulduğu kadar, endüstriyel enerji alanında karbon miktarının azaltılması yönündeki politikaları desteklemek temeli üzerine de kurulmuştur. Çünkü insanın neden olduğu CO<sub>2</sub> emisyonlarının kaynağını; endüstri sektörü ve enerji üretimi sağlayan

sistemler oluşturmaktadır. Fosil yakıtların yakılması sonucu oluşan yüksek CO<sub>2</sub> konsantrasyonları sera etkisinin oluşmasına neden olmaktadır. Bu ise önemli bir çevresel problemdir. Kojenerasyon, üretilen CO<sub>2</sub> miktarının düşürülmesi ve enerji korunumu için en iyi ve en pratik yollardan biridir. Bu nedenle, günümüzde mevcut tesislerde yeni veya daha verimli çift amaçlı kojenerasyon sistemleri kurulmaktadır [16, 20, 21, 22].

## SANTRAL TÜRLERİ

**Klasik ısı santralleri:** Bu tip santraller sıcak su, kaynar su veya buhar üreten kazanlardan oluşmakta ve fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Santralden çıkan suyun sıcaklığı 110 - 150 °C arasında değişmektedir. Ancak bazı eski sistemlerde su sıcaklığı 180 °C'ye kadar

çıkabilmektedir. Yüksek basınçlı buhar kazanlarının maliyeti fazla olduğu için daha çok endüstriyel ısı ihtiyacının olduğu bölgelerde tercih edilmektedirler.

**Bileşik ısı - elektrik santralleri:** Gaz türbinli, buhar türbinli veya dizel motorlu türdendirler. Bileşik ısı - elektrik üretiminde sık kullanılan bir terim olan ısı - elektrik oranı santralden alınan ısının santralde üretilen elektrığe oranıdır. Bu oranın alt sınırını termodinamik, üst sınırını ise ekonomik faktörler belirler.

**Jeotermal enerjiyle bölgesel ısıtma:** Jeotermal kuyulardan sağlanan suyun sıcaklığı elektrik üretimi amacıyla kullanılmayacak kadar düşüktür. Bu durum en ideal kullanım yeri olarak bölgesel ısıtmayı ön plana çıkarmaktadır. Jeotermal enerji ile bölgesel ısıtmanın ilk ve en önemli uygulaması Reykjavik'te (İzlanda) yapılmıştır. Sistem 1930 yılında kurulmuş, daha sonra iki kez büyütülmüştür. Son kapasitesi 250 MW'tır. Su sıcaklığı ise 80 - 127 °C arasında değişmektedir. Boru şebekesinin yarısı tek boruludur. Bölgesel ısıtmada kullanılacak düşük entalpili jeotermal kaynaklara örnek olarak, şu an ön çalışması yapılmış olan Yunanistan Traianoupolis Evros bölgesi verilebilir. Bu bölgedeki jeotermal su sıcaklığı 53 - 92 °C arasındadır. 200 m derinlikteki kuyulardan 250 m<sup>3</sup>/h üzerinde su çekilmektedir. Bu çalışmaya göre jeotermal bölgesel ısıtma sistemi ile bu bölgede bulunan üç belediyenin ısı ihtiyacının tamamı karşılanabilecek durumdadır [4, 23].

Türkiye'deki jeotermal enerji ile bölgesel ısıtma yapılan yerler, kurulan tesislerin kapasiteleri, jeotermal akışkan sıcaklıkları, geri dönüş sıcaklıkları, ısıtılması düşünülen konut sayısı ile mevcut ısıtılmış konutların sayısı Tablo 1.'de verilmiştir.

**Katı atık yakma santralleri:** Ekonomikliği tartışılmakla birlikte bu santrallerden de bölgesel ısıtma için faydalanılmaktadır. Kentlerin büyümesi ve kalabalıklaşması ile miktarı hızla artan çöp ve benzeri katı atıkların klasik yöntemlerle ekonomik ve kolay bir şekilde stabil bir hale getirilmesi önemli bir sorun oluşturmaktadır. Çözümü otoriteler; çöpün bir santralde yakılıp, elde edilen ısının bölgesel ısıtmada kullanımında görmüşlerdir. Ancak bu yolla elde edilen ısının maliyeti diğer üretim metotlarına göre çok yüksektir. Çünkü çöpün ısı değeri en iyi halde bile linyitin ısı değerinden azdır ve yanmayan madde miktarı ile nem oranı oldukça yüksektir. Ayrıca katı atık yakma santrallerinde yatırım maliyeti klasik ısı santrallerinkinden çok yüksek ve yanma verimi en iyi halde bile % 60'ı geçmemektedir. Çöpün ısı değerini yükseltmek için fosil yakıtlarla karıştırılarak yakılması da mümkündür. Atık yakmayı sadece alternatif enerji kaynağı olarak değil aynı zamanda depolama alanlarındaki bertaraf yöntemlerinin fiyatını da düşürmesi bakımından değerlendirmek gerekmektedir [4, 25].

Katı atık yakma santralinin bölgesel ısıtmada

**Tablo 1.** Türkiye'deki Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemleri [24].

Yer	İl	Kapasite, MW <sub>t</sub>	Jeotermal Akışkan Sıcaklığı, °C	Kurulma Yılı	Akışkanın Geri Dönüş Sıcaklığı	Konut Kapasitesi / mevcut ısıtılmış konutların sayısı
Gönen	Balıkesir	32	80	1987	-	4.500/3.400
Simav	Kütahya	25	120	1991	50	6.500/3.200
Kırşehir	Kırşehir	18	54-57	1994	42	1.800/1.800
Kızılcahamam	Ankara	25	80	1995	-	2.500/2.500
Balçova	İzmir	72	115	1996	60	20.000/6.849
Kozaklı	Nevşehir	11,2	90	1996	-	1.250/1.000
Afyon	Afyon	40	95	1996	45	10.000/4.000
Sandıklı	Afyon	45	70	1998	40	5.000/1.700
Diyadin	Ağrı	42	78	1998	45	2.000/1.037
Salihli	Manisa	142	94	Devam Ediyor	-	20.000

kullanılabilmesi için yıllar boyunca tam yükte çalışması, çöp miktarının 3 ton/h değerinden az olmaması ve ısı maliyetinin diğer yollarla üretilmesi halinde oluşan farkın atıktan sorumlu otorite tarafından karşılanması gerektiği görülmüştür.

Katı atıklar İsveç'te önemli bir enerji kaynağıdır. Yaklaşık olarak 5.1 TWh katı atıkların yakılmasından, 0.4 TWh ise depolama gazlarından ve organik atıkların anaerobik olarak ayrışması ile elde edilen biyogazdan elde edilmektedir. Enerjinin büyük bir bölümü bölgesel ısıtma amacı ile kullanılmaktadır. Toplamda güç tesisleri, kojenerasyon ve bölgesel ısıtma tesislerinde yakılan yakıtın %7' si atıklardan temin edilmektedir. Son yıllarda İsveç'te hizmet sektöründe ve konutlarda su ve yer ısıtması için gerekli enerjinin %40'ı bölgesel ısıtma tesislerinden elde edilmektedir. Biyoyakıt kullanımı İsveç'te bölgesel ısıtma sektöründe 1990 yılında yaklaşık 38 PJ iken hızlı bir gelişme göstererek 1999 yılına kadar 99 PJ' ye yükselmiştir. İsveç'te biyoenerjinin kullanımı konut sektörü gibi birkaç sektörde gelişme göstermektedir. Atmosferdeki sera etkisine neden olan gazların emisyonlarını düşürmesi nedeni ile biyoyakıt kullanımının arttığı düşünülmektedir [26, 27, 28].

**Nükleer enerji santralleri :** Şu anda ısı santrallerine tam bir alternatif olmamakla birlikte bazı bölgesel ısıtma sistemlerinde ısı santrali olarak kullanılmaktadırlar. Nükleer enerji santralleri ucuz yakıt ve iyi bir kontrolle yok denecek kadar az çevre kirliliği gibi avantajlarının yanında, yüksek ilk yatırım, santralin yerleşim yerlerinden uzağa kurulması ve kısmi yükte çalışmama gibi dezavantajlara sahiptirler. Nükleer enerji ile bölgesel ısıtma ancak birleşik ısı -elektrik üretimi ile birlikte yapılmak zorundadır. Çünkü nükleer reaksiyonun ve dolayısıyla ısı üretiminin zamanla artırılıp azaltılması oldukça zordur. Aynı zamanda ilk yatırım maliyetinin yüksek oluşu enerji maliyetinin düşük tutulabilmesi için santralin tam yükte çalışmasını zorunlu kılmaktadır. Bölgesel ısıtma için nükleer enerjiden faydalanılan ilk uygulama Fransa'daki Agesta santralidir. Santral 1957 yılında yapılmış olup birleşik ısı - elektrik santrali olarak çalışmaktadır ve ısı gücü 55 MW' tır. Bu

güç kentin toplam ısı yükünün % 60' ını karşılamaktadır. Santral granite oyulmuş bir hacim içinde yeraltına yapılmış, en yakın konuta 2 km uzakta yerleştirilmiştir.

## SONUÇ

Son zamanlarda bölgesel ısıtma sistemleri; hava kirliliğinin önlenmesi, yer kazanılması ve enerji korunumu nedeni ile yerleşim bölgelerinde enerji temin sistemi olarak büyük ilgi görmektedir [29]. Bölgesel ısıtma sisteminin seçimini etkileyen faktörlerin başında ekonomik olması gelir. Sistemin ekonomik olarak kurulup işletilebileceği boyutların belirlenmesinde faydalanılacak genel bir kriter mevcut değildir. Bu kriterler her ülke için farklıdır. Bölgesel ısıtmanın ekonomik sınırlarının belirlenmesinde kullanılan önemli parametrelerden biri ısı yük yoğunluğudur. Almanya'da yapılan bir çalışma, ülkede bölgesel ısıtmanın 62-65 MW/km<sup>2</sup> ısı yük yoğunluğunda ekonomik olduğunu göstermektedir. Seçimi etkileyen diğer faktörler; ülkede uygulanan ekonomi ve enerji politikalarıdır. Ülke enerji politikasının bölgesel ısıtmaya etkisini gösteren en iyi iki örnek; Danimarka ve Almanya'daki uygulamalardır. Danimarka'da yakıt tamamen ithal edildiği halde, petrol türevli hafif yakıtlara uygulanan yüksek vergi, bölgesel ısıtmayı teşvik etmiştir. Almanya'daki Ruhr bölgesinde ise madencilik bölgesi ekonomisi üstündeki etkisini göz önüne alan yönetim, daha ucuz olan ithal kömür yerine bölge kömürünü kullanan ısıtma sistemlerine ekonomik destek vermektedir. Ülkenin hava kirliliği standartları da bölgesel ısıtma sisteminin seçiminde olumlu yönde rol oynar. Çünkü küçük kapasiteli ısıtıcılarda hava kirliliğini önlemek için yapılacak yatırım bölgesel ısıtma santralinkine oranla hayli yüksektir [4].

Yatırım maliyetinin yüksekliği, boru döşenmesi ve personel masrafı bölgesel ısıtmanın dezavantajlarını oluşturmaktadır.

Elektrik enerjisinin yanı sıra, ısıtma ve sıcak su tüketimi bulunan bölgesel ısıtma projeleri kojenerasyon sistemlerinin en geniş uygulama alanı bulduğu tesislerin başında gelmektedir. Bölgesel ısıtma projesinin uyguladığı alanın özelliğine göre, ısıtma yanı sıra soğutma yapılmasına da

olanak sağlayan kojenerasyon sistemlerinin, kurulduğu bölgesel ısıtma projelerine; kesintisiz, kaliteli, ekonomik ve çevreci şekilde enerji üretmenin yanı sıra konforda sağladığı göz önüne alındığında ülkemiz için öneminin artacağı düşünülmektedir.

### KAYNAKÇA

1. **Consonni, S., Lozzo, G., Macchi, E.,** 1989, Optimisation of Cogeneration Systems Operation Part a: Prime Movers Modelization, 3.rd International Symposium on Turbo Machinery, Combined-Cycle Technologies and Cogeneration (1989 ASME Cogen-Turbo), G.K. Serovy, T.H. Frensson, J. Farbi (Editörler), 313-322.
2. **Roy-Aikins, J.E.A.,** 1994, Cogeneration in Rural Development, *Energy*, 20, 2, 95-104.
3. **Aras, U.,** 1997, Enerji Üretimi ve Kojenerasyon, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 955.
4. **Pelit, E.,** 1996 İzmit Yenişehir Toplu Konut Alanının Bölgesel Isıtmasının Termodinamik ve Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 133 s.
5. **Önen, A.,** 1999, Çorlu Emlak Konut Sitesinde Isı Kuvvet santralinin uygulanabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 44s.
6. **Arısoy, A.,** 1998, Bölgesel Isıtma, Bölgesel Isıtma ve Kojenerasyon Konferansı (24 - 25 Ekim 1998) Bildirileri, Makine Mühendisleri Odası Yayın No: 210, İstanbul, 73-84.
7. **Tüter, A.,** 1999, Doğal Gaz Yakıtlı Kombine Çevrim Santrali ile Atık Isı Kazanımın Tasarım Hesapları, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 43s.
8. **İmal, M.,** 1991, Endüstriyel Tesislerde Kullanılan Buharlı Birleşik ısı güç sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 69s.
9. **Koçak, T., ve Gülşen Aksa, O.,** 1998, Kojenerasyon nedir? Kojenerasyon Teknikleri ve Sistem Seçimi, Bölgesel Isıtma ve Kojenerasyon Konferansı, (24-25 Ekim 1998) Bildirileri, Makina Mühendisleri Odası Yayın No: 210, İstanbul, 35-58.
10. **Tsatsaronis, G. and Pisa, J.,** 1994, Exergoeconomic Evaluation and Optimisation of Energy Systems-Application to the CGAM Problem, *Energy - The International Journal*, 19, 3, 287-321.
11. **Bavbek, M.,** 1990, Bölgesel Isıtma Bileşik Isı-Güç Santrali Tasarımı ile İlgili Bilgisayar Programı Geliştirme, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 126s.
12. **Urbanek, J.,** 1988, Optimization of Heat Supply From Atomic power stations, 2nd. International Symposiums on Turbo Machinery, Combined-Cycle Technologies and Cogeneration (1988 ASME Cogen-Turbo), G.K. Serovy and T.H. Fronsson (Editörler), 253-258.
13. **Gebremedhin, A. and Carlson, A.,** 2002, Optimisation of Merged District Heating Systems Benefits of Co-Operation in the Light of Externality Costs, *Applied Energy*, 73, 223-235.
14. **Grohnheit, P.E. and Martensen, B.O.G.,** 2003, Competition in the Market for Space Heating. District Heating as the Infrastructure for Competition Among Fuels and Technologies, 2003, *Energy Policy*, 31, 817-826.
15. **Jain, D.K. and Mora, J.C.,** 1992, Cogeneration Potential in the Indian Pulp and Paper Industries, *Energy*, 17, 12, 1249-1234.
16. **Bonilla, D., Akisawa, A., Koshiagi, T.,** 2003, Modelling the Adoption of Industrial Cogeneration in Japon Using Manufacturing Plant Survey Data, *Energy Policy*, 31, 895-910.
17. **Cormio, C., Dicoroto, M., Minoia, A., Trovato, M.,** 2003, A Regional Energy Planning Methodology Including Renewable Energy Sources and Environmental Constraints, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 7, 99-130.
18. **Tomsic, M., and Mansour, F.,** 1989, Optimal Operation of Cogeneration Plants in Industry, *Energy*, 14, 8, 483-490.
19. **Sönmez, A.,** 1988, Kojenerasyon Teknolojisi ve Bir Kombine Çevrim Santralinde Çalışma Şartlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 61s..
20. **Wahlund, B., Yan, J., Westermark, M.,** 2002, A Total Energy System of Fuel Upgrading by Drying Biomass Feeds to for Cogeneration: A Case Study of Skelleftea Bio Energy Combine, 2002, *Biomass and Bio Energy*, 23, 271-281.
21. **Taki, Y., Babus' Haq, R.F., Probert, D.,** 1993, A Cogeneration-District Heating Scheme for Leicester city, UK, *Energy*, 18, 6, 687-698.
22. **Sucuoğlu, S.,** 1999, Kojenerasyonun İklim Bölgelerine Göre Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 69s.
23. **Karytsos, C., Mendrinis, D., Goldbrunner, J.,** 2003, Low Enthalpy Geothermal Energy Utilisation Schemes for Greenhouse and District Heating at Traianoupolis Evros, Greece, *Geothermic*, 32, 69-78.
24. **Hepbaşlı, A. and Canakci, C.,** 2003, Geothermal District Heating Applications in Turkey: A Case Study of İzmir-Balçova, *Energy Conversion and Management* 44, 1285-1301.
25. **Porter, R. W.,** 1985, Economic Distribution Distance for Cogenerated District Heating and Cooling, *Energy*, 10, 7, 851-859.
26. **Söderman, M. L.,** 2003, Recovering Energy From Waste in Sweden-a Systems Engineering Study, *Resources, Conservation and Recycling*, 38, 89-121.
27. **Roos, A., Bohlin, F., Hektor, B., Hillring, B.,** 2003, Wood Fuel Procurement Strategies of District Heating Plants, *Enerji*, 28, 127-140.
28. **Gustovsson, L. and Karlsson, A.,** 2003, Heating Detached Houses in Urban Areas, *Energy*, 28,851-875.
29. **Sakawa, M., Kato, K., Ushiro, S., İnoaka, M.,** 2001, Operation Planning of District Heating and Cooling Plants Using Genetic Algorithms for Mixed Integer Programming, *Applied Soft Computing*, 1, 139-150.