

HASTANELERDE KOJENERASYON / TRİJENERASYON UYGULAMALARININ SAĞLADIĞI FAYDANIN VAKA ANALİZİ ÜZERİNDEN İNCELENMESİ

Abdulhalik Emre TEKSAN*¹, Günnur KOÇAR², Ahmet ERYAŞAR², Emre AYTAV²,

1. TEKSAN GeneratorFactory, Istanbul, Turkey
abdulhalik.teksan@teksanjenerator.com.tr

2. Ege Uni. Solar EnergyInstituteEnergyTechnologyDepartment, Izmir,
Turkeyemreaytav@gmail.com, gkocer@gmail.com, ahmeter@gmail.com

ÖZET

Günümüzde teknolojiden yararlanarak insanoğlunun yaşamını geliştirmek ve idame etmek gereksinimleri artarak devam etmektedir. Ülkelerin sanayileşmesi enerji tüketimlerinin artmasına sebep olmakla birlikte enerji verimliliğinin önemi de artmaktadır. Verimliliğin yükseltilmesi, enerji tüketiminin artması ve bunların karşısında çevreye daha duyarlı hareket edilme zorunluluğu sayesinde farklı yakıtların kullanımı ile birlikte farklı enerji üretim sistemleri de geliştirilmeye başlanmıştır. Bu sistemler içerisinde kojenerasyon sistemleri geçerliliğini kanıtlayarak kullanımı yaygınlaşmıştır. Tesislerin ihtiyacı olan elektrik ve ısı enerjisinin tek bir kaynaktan ve ihtiyacın bulunduğu lokasyonda üretilmesi, hem tesislerin enerji üretim maliyetlerini, hem de elektrik ve ısı enerjisinin ayrı üretilmesinin sebep olacağı verim kaybını düşürmektedir. Bu sebeple hem elektrik, hem ısı ihtiyacı olan hastanelerin enerji ihtiyacının kojenerasyon ve trijenerasyon sistemleri ile karşılanması verimliliğin artırılması yolunda önemli bir girişimdir.

1.GİRİŞ

Kojenerasyon sistemleri, tek çeşit yakıt enerjisini, tek bir proses ile hem elektrik hem de ısı enerjisine dönüştürebilen sistemler olarak tanımlanmaktadır (Duymaz, 2016; Çalışıcı, 2005; Anonim 1). Diğer bir ifade ile enerjinin birden fazla yararlı biçiminin (proses ısısı veya elektrik gücü gibi) aynı enerji kaynağından üretilmesi olarak da ifade edilebilmektedir (Çengel ve Boles, 1996). Basit bir enerji

üretim çevrimi ile çalışan sistemlerde motor verimi oranında (% 30-35) elektrik üretilirken, ısı ve elektrik üretimi birleşik güç sistemleri sayesinde bu verim % 70-90 arasına çıktığı ifade edilmektedir (İnalı ve ark., 2002). Termodinamikteki enerji korunumunu en iyi şartlarda sağlayan birkaç teknikten biri; mekanik ve ısı enerjilerini eş zamanlı olarak üretebilmektir. Dolayısıyla kojenerasyon sistemleri bu anlamda çok iyi performans sergilemektedir. Bu sistemler gaz türbini veya motoru olmak üzere iki şekilde uygulanabilmektedir. Basit bir kojenerasyon sistemi Şekil 1’de gösterilmektedir. Bu sistemlerde ısı ve elektrik üretimi aynı anda aynı kimyasal reaksiyonun meydana gelmesi sonucu olduğundan verim diğer enerji üretim santrallerine kıyasla daha yüksek olarak elde edilebilmektedir. Bir kojenerasyon sisteminde elektrik üretimi sırasında ortaya çıkan ısı, eşanjörler yardımıyla çeşitli ısı ihtiyaçlarına göre (sıcak su, buhar, absorpsiyonlu soğutma vb.) değerlendirilmesi mümkündür.



Şekil 1. Temel kojenerasyon sisteminde ısı enerji dağılımı (Anonim 2).

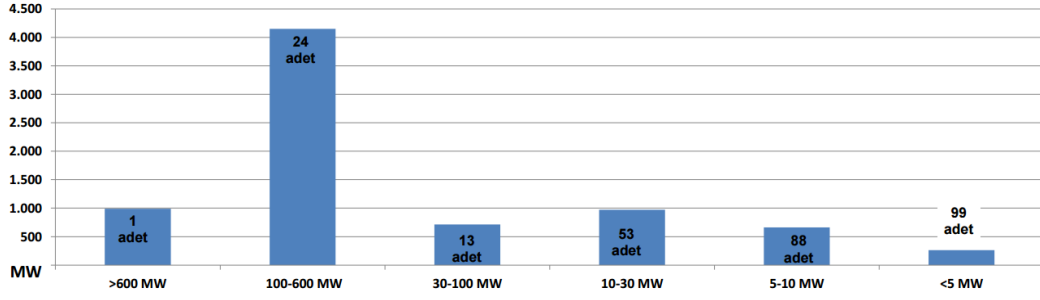
Kojenerasyon sistemlerinin tarihsel gelişimi incelendiğinde, ilk temel örneklerinin 20.YY'ın ilk yarısına kadar gittiği görülmektedir. Ancak, o dönemdeki düşük maliyetli yakıt temininin söz konusu olması ve kojenerasyon teknolojisinin altyapısının geliştirilmesinin ve yaygınlaştırılmasının bir dizi maliyetlere sebep olması nedeniyle kısa zamanda terkedildiği görülmektedir. 70'li yılların ardından yakıt fiyatlarındaki yükselişler ve küresel istikrarsızlıklar sebebiyle bu teknoloji yeniden gündeme gelerek günümüze kadar popülaritesini korumuştur (Duymaz, 2016; Solarenergy, 2017; Bluestein ve Lihn, 1999).

Kojenerasyon sistemlerinde, doğalgaz ile çalışan bir içten yanmalı motor, elektrik üretimi amacı ile bir alternatöre akuple edilmektedir. Motorun egzozundan, motor soğutma suyundan ve yağ soğutma devresinden normal şartlarda atmosfere atılan ısı toplanarak, % 40-50 civarında ısı verimi, motora montajı yapılmış olan alternatörden de % 30-50 dolaylarında elektriksel verim elde edilebilmektedir. Bu sistemler için en yaygın yakıt seçeneği doğalgazdır.

Doğalgazın birçok ülkede yaygın olarak gaz şebekesi aracılığı ile dağıtımı söz konusu olduğundan kojenerasyon sistemleri için kolay erişilebilir ve sürdürülebilir bir yakıttır. Doğalgaza alternatif yakıtlar ise biyogaz ve diğer biyo yakıtlardır.

Türkiye'de 1984 yılına kadar elektrik üretimi, iletimi ve dağıtımı o günkü ismiyle Türkiye Elektrik Kurumu tarafından yapılmakta iken 1984 yılında çıkarılan 3096 sayılı kanun ile elektriğin özel sektör tarafından da üretilmesine imkân tanınmıştır. Otoprodüktör denilen, kendi elektriğini üreten ve ürettiğinin fazlasını da şebekeye satan tüzel kişiliklerin ortaya çıkması sağlanmıştır. Yine 2013 yılında çıkartılan 6446 sayılı Elektrik Piyasası Yasası ile bu otoprodüktörlük kaldırılmış ve tümüne üretim şirketi lisansı verilmiştir. Bu yasa ile çevrim verimleri % 80'in üzerinde olan kojenerasyon tesislerinin kurulması, kapasitelerine bakılmaksızın lisanstanmuaf tutulmuştur. Türkiye'de kojenerasyon uygulamaları bu şekliyle başlamış ve yayılmaya devam etmektedir (6446 Sayılı Kanun).

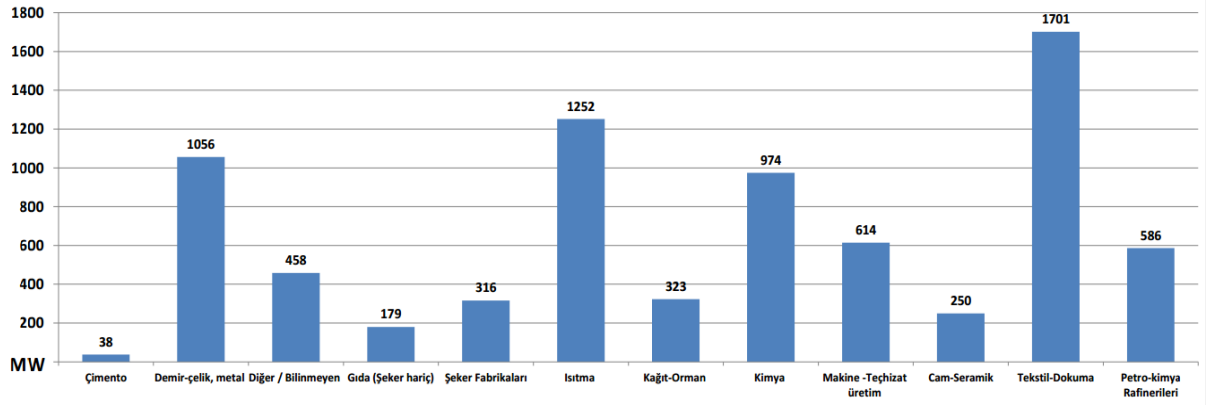
Türkiye'de 2014 yılı verilerine göre, kurulu kojenerasyon sayıları ve kapasiteleri Şekil 2'de gösterilmektedir. Bu değerler incelendiğinde, 5 MW'dan daha küçük kapasiteye sahip kojenerasyon tesislerinin yaygın olarak tercih edildiği görülmektedir. Bununla birlikte kapasite artışına bağlı olarak kojenerasyon tesis sayılarında düşüş olduğu kaydedilmektedir.



Şekil 2. Kojenerasyon tesislerinin kapasiteleri, Türkiye. (Türkiye Kojenerasyon Derneği, 2014).

Mevcut kojenerasyon tesislerinin sektörlere göre dağılımı Şekil 3’de sunulmuştur. Bu veriler incelendiğinde,

yoğunluklu olarak tekstil/dokuma ve ısıtma sektörlerinde kullanımın olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Kojenerasyon tesis kapasitelerinin sektörlere göre dağılımı, Türkiye. (Türkiye Kojenerasyon Derneği, 2014).

Türkiye’de, kojenerasyon teknolojisine yönelik olarak yapılan akademik çalışmalar ile saha çalışmalarının birleştirildiği ve olumlu/olumsuz yönler ile geliştirilmesine ihtiyaç duyulan alanlarailişkin yeterli çalışmanın olmadığı değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, özellikle Türkiye içerisinde kurulan ve halen aktif olarak kullanımı devam eden kojenerasyon tesislerinin kurulumu, enerji üretimi, verimlilikleri, teknik altyapıları, yenilikçi yönleri ve bunların sahada geri dönüşlerinin birleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu sayede hem saha çalışmaları ve örnekler hakkında ayrıntılı ve gerçekçi bilgiler paylaşılacak hem de mevcut AR-GE çalışmalarında sahadan alınan bu verilerin işlenmesine yardımcı olunması amaçlanmaktadır. Bu sayede hem

yatırımcılara hem de akademik anlamda çalışmalarını kojenerasyon tesisleri ve teknolojileri üzerine devam ettiren akademisyenlere farkındalık yaratabilmek amaçlanmaktadır.

2. MATERİYAL

Sağlık Bakanlığının aldığı karar ile 200 Yatak kapasitesinden büyük ve en az 20.000 m² kapalı alana sahip, bulunduğu yerde doğalgaz imkanıbulunan veya yakın zamanda (1-3 yıl) doğalgaz hattının gelmesi planlanana yeni hastane inşaatlarının projelerinde kojenerasyon veya trijenerasyonun uygulanması zorunlu hale getirilmiştir.

Sağlık Bakanlığına bağlı mevcut çalışan hastanelerde yapılan ölçüm ve analizlere

göre söz konusu hastanelerde kurulu bulunan ısıtma gücünün %20'sine göre

kurulması planlanan kojenerasyonun ısıtma gücünün seçilmesi kararlaştırılmaktadır.



Şekil 4. Uşak Devlet Hastanesi'nin enerji demand eğrisi

Kurulacak olan sistemlerinin elektrik, ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarının temin edilmesi amacıyla lisanssız elektrik üretimi ve üretilen elektriğin sadece tesis içinde kullanılması planlanmıştır.

Hastanelerin gün içerisindeki güç ihtiyacının dalgalanması ve yedeklilik prensibi sebebiyle de kurulacak gücün en az iki adet üniteye bölünerek karşılanmasının daha uygun olacağı değerlendirilmiştir. Bu şekilde arıza anında tek ünite ile çalışmaya devam edilerek kayıp minimize edilebilmektedir.

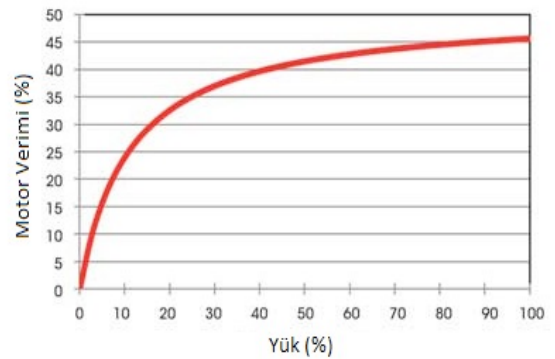
Bunun yanında yükün azaldığı, daha az yoğunluk yaşanan gece saatlerinde gaz yakıtlı motorun en verimli noktası olan tam yüke yakın çalışması da tesis edilmiş olmaktadır. Uşak Devlet Hastanesinin enerji ihtiyacının zamana bağlı olarak değişimi Şekil 4'de gösterilmektedir. Yukarıda ifade edilen hususlar bu grafik üzerinde de net olarak görülmektedir.

Daha çok acil durumlara hizmet eden dizel jeneratör motorlarının aksine gaz motorları devamlı çalışmaya uygun olarak tasarlanmaktadır. Buna bağlı olarak turboşarj haritaları tam yük altında en verimli çalışacak şekilde oluşturulmaktadır.

Motorların tam yükün altında çalışması buna bağlı olarak turboşarjın verimli alanının dışında ve düşük kompresyon veriminde çalışmasına sebep olmaktadır.

Parsiyel yükte çalışma, sıkıştırma zamanı sonucunda daha düşük yanma basıncına ulaşılmasına yol açmakta bunun sonucunda düşük yanma verimliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun ile birlikte düşük ve orta yük kademelerinde motorun hacimsel verimi de olumsuz olarak etkilenmektedir. Tüm bu verimsiz çalışma koşulları son kullanıcıya birim yakıtla daha az elektrik elde edilmesi olarak geri dönmektedir. Bu sayede motorun özgül enerji maliyeti ve özgül yakıt tüketimi yükselmektedir.

Düşük elektrik verimi sebebiyle motordan daha fazla ısıtma enerji elde etmek mümkün olmaktadır fakat birim elde etme maliyeti sebebiyle elektrik verimi her zaman ısıtma veriminden daha fazla kazanç elde edilmesini sağlamaktadır. Jeneratör motorlarında motor yüküne bağlı değişimin verim üzerindeki etkisi Şekil 5'de ifade edilmiştir.



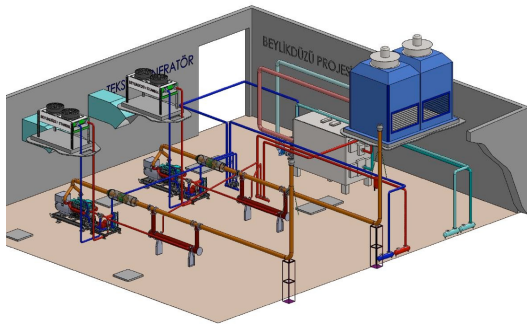
Şekil 5. Gaz motorunun veriminin yüke bağlı olarak değişimi

3.Tasarım

Hastanelere kurulan kojenerasyon / trijenerasyon sistemlerinde lokasyon ve iklim koşullarına göre değişmekle beraber genellikle 6 ay ısıtma ve 5 ay soğutma sağlanmaktadır.

Eğer ısıtma ihtiyacının yıl geneline yayıldığı hastaneler mevcut ise bu tesislere trijenerasyon yerine kojenerasyon kurulması daha verimli bir olarak değerlendirilmektedir.

Bunun sebebi, hem trijenerasyon sistemindeki absorpsiyon çiller ve soğutma kulesinin getirdiği ilk kurulum maliyetleri hem de doğalgaz kazanlarından elde edilen birim ısıtmanın elde etme maliyetinin, bina soğutmasında kullanılacak soğutma birim maliyetinden yüksek olmasıdır.



Şekil 6. Beylikdüzü Devlet Hastanesi Trijenerasyon Sistemi'nin oda içi tasarımı

Bu sebeple hastanenin ısıtma ihtiyacı göz önüne alınarak tasarım yapılması optimum verimliliği sağlamak adına önem arz etmektedir. Trijenerasyon sistemine sahip Beylikdüzü ve Edirne Devlet Hastanelerindeki sistem şemaları Şekil 6 ve 7'de görülmektedir.

Kurulacak sistemlerin toplam verimliliğinin iyileştirilmesi amacıyla ısıtma olarak tasarımın kurgusunun yapılması, yanma hava sıcaklığına etki etmesi sebebiyle oda havalandırma hesaplarının uygun değerlerde, tercihen dış ortam sıcaklığının 5 dereceden fazla üstüne çıkmayacak şekilde hesaplanması, bakım onarım işlemlerinin hızlıca gerçekleştirilmesine uygun şekilde oda

yerleşimi kurulması, tesisat kurulumunun basınç kayıplarını minimize edilecek şekilde yapılması ve tüm ekipmanların yüksek verim seviyeli seçilmesi toplam verimliliğin en yüksek seviyede tutulmasında önemli etkenlerdir.



Şekil 7. Edirne Devlet Hastanesi Trijenerasyon Sistemi'nin oda içine yerleşimi

4. SİSTEM ÖLÇÜM DEĞERLENDİRMELERİ

4.1 Sistem Bilgileri

Ülkemizde Trijenerasyon sisteminin devlet hastanesine uygulanmasının ilk örneklerinden birisi Edirne 1. Murad Devlet Hastanesi'dir. Hastane 400 yatak kapasitesi ile bölgenin en büyük hastanesi olma özelliğini taşımaktadır.

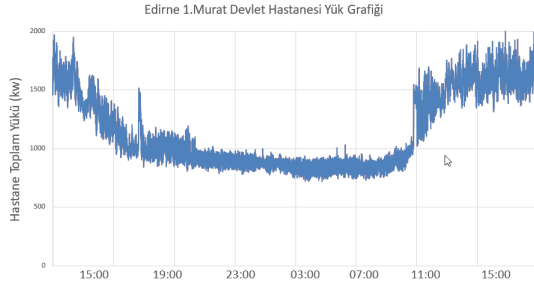
Şartname koşullarına uygun olarak ilgili hastaneye 2 adet 400kW elektrik ve 539kW ısıtma gücü olan ve toplamda 675kW soğutma kapasitesinde trijenerasyon sistemi kurulmuştur.

Sistemin kurulma aşamasında yıllık 8000 saatlik operasyon süreci planlanmıştır. Sistemin yıl içinde ısıtma işlemi yapacağı operasyon süreci yıllık 5100 saat (Ekim ila Mayıs ayları arasında), absorpsiyon çilleri ile soğutma yapacağı süre ise yıllık 2000 saat (Haziran ila Eylül ayları arasında) olarak düşünülmüştür.

Her bir gaz yakıtlı kojenerasyon ünitesinin saatlik yakıt tüketimi tam yükte 109 m³/h olup, yapılan hesaplamalarda, tesisteki

mevcut elektrikli Çillerlerin COP değeri 4 ve doğalgazlı kazanların çevrim verimleri %90 olarak baz alınmıştır. (8250kcal /m³ alt ısı değerine göre)

4.2 Ölçüm Sonuçları



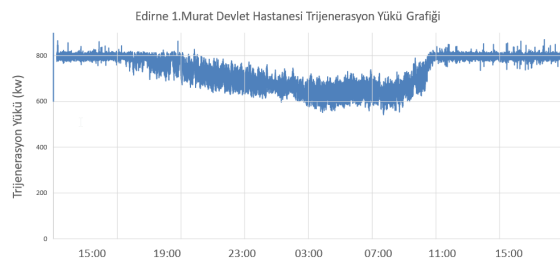
• 09.12.2015 – 10.12.2015 Tarihleri Arasındaki Hastane Toplam Yük Grafiği

Şekil 8. Edirne Devlet Hastanesi 09-10.12.2015 tarihleri arasındaki demand eğrisi.

09-10.12.2015 tarihleri arasında hastanede yapılan yük ölçümlerinde (Şekil 8), yükün gün içi ve akşam saatlerinde dalgalandığı görülmüştür. Gündüz poliklinik ve diğer birimlerin aktif olması sebebiyle tüketim 1500kW ila 2000kW arasında dalgalanırken, gece saatlerinde tüketim 700kW ila 900kW değerlerinde gerçekleştiği görülmüştür.

Yapılan ünite seçimlerinin bu şekilde bir çalışma esnasında gündüz ve gece tam kapasiteye yakın şekilde çalışmasının mümkün olduğu görülmüştür.

Bu seçimin doğru olduğu, böylelikle düşük yük oranında çalışmasının önüne geçildiği görülmektedir.



• 09.12.2015 – 10.12.2015 Tarihleri Arasındaki Trijenerasyon Yükü Grafiği

Şekil 9. Edirne Devlet Hastanesi 09-10.12.2015 tarihleri arasında trijenerasyon sisteminin yük eğrisi

Aynı tarihler arasında yapılan ölçümlerde (Şekil 9) ise trijenerasyon sisteminin

ortalama yük oranının %88,5 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Kayıt edilen verilerde sistemin hastanenin operasyon saatleri sırasında yüksek yük oranı altında ve yüksek verimle çalıştığı ölçülmüştür.

4.3 Trijenerasyon Sisteminin Fizibilitesi

Edirne Devlet Hastanesi'nde bulunan trijenerasyon sisteminin aylık elektrik üretimi 510.000 kWh olarak gerçekleşmektedir. Sistemin iki cihaz için yakıt tüketimi ise %88,5 ortalama yük faktörü altında 192 m³/h olarak ölçülmüştür.

Bu koşullar altında hastanenin birim doğalgaz fiyatı olan 0,76 TL/m³ ile aylık yakıt tüketimi 105.060 TL'na tekabül etmektedir. Hastanenin şebeke üzerinden elektrik alış fiyatının 0.26 TL/kWh olduğu değerlendirildiğinde elektrik üretiminden aylık 29.070 TL tasarruf sağlandığı hesaplanmaktadır.

Trijenerasyon sistemi ortalama %88.5 yük faktörü altında elektrik üretirken aynı zamanda 960kW ısı üretmektedir. Hastanede bulunan doğalgaz yakıtlı kazan sisteminin çevrim veriminin %90 olduğu baz alındığında birim ısı kW maliyetinin 0.08 TL olduğu baz alınarak aylık ortalama 60.480 TL ısı üretildiği ve bunun karşılığında 72000 m³ doğalgaz sarfiyatının önlendiği hesaplanmıştır.

Hastanenin ısıya yılın 5100 saatinde yani 7 ayında ihtiyacı olduğu değerlendirilmiştir. Hastanede bulunan elektrikli Çillerlerin COP'sinin 4 olduğu baz alındığında ortalama yük faktörü üzerinden 640kW soğutma ile 32.256 TL'lıksoğutma sağlanabildiği hesaplanmaktadır.

Sistemin çalışabilmesi için gerekli olan masraflar ise genel olarak yağ giderleri, iç elektrik giderleri ve bakım giderleri olarak sıralanmaktadır. Trijenerasyon sisteminin aylık yağ giderinin 4500 TL, iç elektrik giderinin 4400 TL ve motor bakım giderlerinin 20.000 TL olduğu baz alındığında aylık olarak sistemin çalışması

için 28.900 TL giderin olduğu hesaplanmaktadır.

Tüm gelir ve masraflar hesaplandığında ise Edirne Devlet Hastanesi özelinde kış ayları için 60.650 TL yaz ayları içinse 32.426 TL olarak aylık tasarruf edildiği hesaplanmaktadır.

5. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada bir devlet hastanesinde kojenerasyon ve trijenerasyon sistemi kurulmasının fizibilitesi incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Elektrik ve ısı aynı anda üretilip tüketildiği sistemlerin hem devamlı çalışan yapılar olması hem de devamlı enerji tüketimi olması sebebiyle hastaneler için çok uygun olabileceği değerlendirilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda Edirne Devlet Hastanesinde kurulan trijenerasyon sistemi ile aylık olarak ortalama 45.000 TL üzerinde tasarruf elde edilmektedir.

Bu sistem sayesinde atık ısı değerlendirilerek ısı ihtiyaçları için sarf edilecek doğalgaz sebebiyle ortaya çıkacak aylık 163 ton CO₂ emisyonunun oluşmasına engel olunmaktadır.

Bu şekilde hastanenin enerji giderlerinde ciddi bir düşüş elde edilmektedir. 81 ilde de doğalgaz için altyapı kurulması ile beraber Türkiye üzerinde bulunan tüm devlet hastaneleri için aynı potansiyelin bulunduğu değerlendirildiğinde ülkemiz genelinde büyük bir tasarruf elde edilmesinin olası olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

Duymaz, M.M., Bir Kojenerasyon Tesisinin Enerji, Ekserji Ve Eksergoekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 2016.

Çalışıcı, M.Ü., Kojenerasyon Sistemleri ve Bir İşletmenin İhtiyacını Karşılacak Kojenerasyon Sisteminin Teknik ve Ekonomik Uygulanabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, 2005.

Anonim, PNQ/ENER-G, Küçük Ölçekli Kojenerasyon Sistemleri İçin Başlangıç El Kitabı <http://pnq.com.tr/pdf/ElKitabi.pdf> erişim tarihi: 12.06.2017.

Solarenergy, History of Cogeneration, Energy Professional Symposium, 2017, erişim tarihi: 10.06.2017 <http://energyprofessionalsymposium.com/?p=35794>

Çengel, Y., Boles, M.A., Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, literatür yayıncılık, 867.s, 1996.

İnalı, M., Işık, E., Yücel, H., Koje ve ark., Kojenerasyon Sistemlerinin Teknik ve Ekonomik Uygulanabilirliği, Mühendis ve Makine Dergisi, MMO Yayınları, 506, 2002.

Bluestein, J., Lihn, M., Historical Impacts and Future Trends in Industrial Cogeneration, American Council for an Energy - Efficient Economy, 1999.

Anonim 2, <http://jeotekniker.blogspot.com.tr/2014/03/kojenerasyon.html> erişim tarihi 11.06.2017.

T.C. Resmi Gazete, 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu.

Türkiye Kojenerasyon ve Temiz Enerji Teknolojileri Derneği, 2014 Yılı Türkiye Kojenerasyon Tesisleri Envanteri, 2014.