

TEKSTİL SANAYİNDE ATIK ISIDAN YARARLANILARAK ENERJİ TASARRUFUNDA KLASİK SİSTEM İLE ISI POMPASININ KARŞILAŞTIRILMASI

*Nurettin YAMANKARADENİZ**

*Salih COŞKUN**

*Muhiddin CAN***

Özet: Ülkemizin enerji kaynakları açısından dışa bağımlı bir ülke olması yüzünden, enerjinin üretiminden tüketimine kadar tüm evrelerde verimli kullanımı zorunlu kılmaktadır. Bu açıdan enerji tasarrufu oldukça önemlidir. Bugün ülkemizde endüstride, özellikle tekstil endüstrisinde atık ısıdan yararlanmak amacıyla plakalı eşanjörler yaygın olarak kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise endüstride bir çok uygulamada ısı pompaları yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle düşük sıcaklıktaki atık ısıdan ısı geri kazanımı sağlanmasında öncelikle tercih edilmektedirler. Bu çalışmada, Bursa da yer alan bir tekstil fabrikasından elde edilen gerçek verilerden yararlanılmıştır. Bu fabrikada, boyahaneden 65°C'de çıkan atık suyun enerjisinden yararlanmak için plakalı ısı eşanjör kullanılmaktadır. Uygulamada plakalı eşanjör yerine ısı pompası kullanılması halinde, her iki sistemin ekonomik analizi yapılmış ve ilk yatırım maliyeti, yıllık enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri karşılaştırılmıştır. Çıkan sonuçlara göre yüksek sıcaklıklarda plakalı eşanjörü kullanmak daha avantajlı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Isı Pompası, Plakalı Eşanjör, Enerji, Enerji Tasarrufu.

Comparison Between Conventional System and Heat Pump for Energy Saving in Textile Industry by Utilizing Waste Heat

Abstract: Since our country is client in point of energy source, every stage of energy from production to consumption effective usage is enforced. In point of this, energy saving is too important. Today, plate heat exchangers have been using widely for recovery heat in industry, especially textile industry in our country. Heat pumps have been using widely in many applications in developed country for many years. They are especially preferred to provide heat recovery from waste heat at low temperature. In this study, we practiced on real data from textile factory in Bursa. Plate heat exchanger is used to benefit waste water heat leaving from dyehouse at 65°C in this factory. When the heat pump was used in stead of plate heat exchanger, economic analysis was achieved in case of using for each two systems and first investment cost, annualy energy saving cost and pay back time were calculated.

Key Words: Heat Pump, Plate Heat Exchanger, Energy, Energy Saving.

1. GİRİŞ

Günümüzde tükenen enerji kaynakları dünyada varolan enerji kaynaklarının kullanımı ve yeni enerji kaynaklarının bulunmasında dikkat çekici araştırmaların yapılmasına neden olmuştur. Bu konuda yapılan cesaretlendirici araştırmalar ve gelişmelerin sonucu dünya, alternatif enerji kaynaklarına yönelmiştir. Alternatif enerji kaynakları içinde olan ve atıl durumda olan enerjinin geri kazanımı da önemli ölçüde dikkate alınır olmuştur. Bu amaçla yapılan bu çalışmada bir tekstil fabrikası boyhanesinden atılan atık ısıdan yararlanmak amacıyla kullanılan plakalı eşanjör ile kullanılması düşünülen ısı pompası sistemleri karşılaştırılmıştır. Ülkemizde plakalı ısı eşanjörler yaygın bir kullanım alanına sahip iken, ısı pompaları henüz pek rağbet görmemektedir. Bunun sebebi, yüksek ilk yatırım maliyeti, yüksek elektrik girdisi ve bu konu üzerindeki yetersiz çalışmalardır. Gelişmiş ülkelerde ısı pompaları konfor amaçlı kullanımın yanında, endüstri de kurutma, damıtma, kağıt, tekstil v.b. gibi bir çok proseslerde ısı geri kazanım amaçlı yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Ülkemizde ısı pompalarının konfor amaçlı uygulamaları hızla yaygınlaşırken,

* Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İklimlendirme Soğutma Programı, Görükle, Bursa.

** Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Görükle, Bursa.

endüstriyel alanda henüz yaygınlaşmamıştır. Yapılan bu çalışmanın amacı, ülkemizde endüstride, özellikle tekstil endüstrisinde mevcut atık ısılarından yararlanarak ısı geri kazanımını gerçekleştirmek için ısı pompalarının uygulanabilirliğinin araştırılmasıdır.

Dünyamızda gelişmiş ülkelere dikkat edilecek olursa enerjinin en çok harcandığı yer çeşitli alanlarda çalışan endüstriyel kuruluşlardır. Bu oran yaklaşık olarak % 30-40 arasında değişmektedir. Endüstrilerde harcanan enerjinin büyük bölümü proses ısı olarak kendini göstermektedir. Proses ısı, ürünün işletmeye girişinden çıkışına kadar üretimde doğrudan kullanılan ısı enerjisidir. Atıl durumda olan ısı enerjisi harcanan toplam enerjinin % 70-80 arasında bir değere sahiptir. Bu oranlardan da anlaşılacağı üzere kaybedilen enerji küçümsenmeyecek miktarda olduğu için enerji tasarrufu konusunda önemli bir potansiyele sahiptir (Al-Rabghi ve diğ. 1993, Lazzarin, 1999).

Ülkemizde endüstriyel kuruluşların enerji tüketimi %38'lik bir orana sahiptir. Kullanılan bu enerjinin %75'lik bölümü proses ısıyı içermektedir. Kullanım alanlarına göre endüstride kullanılan ısı enerjisi yapılan işlemlere göre farklı sıcaklıklara sahiptir. Örnek vermek gerekirse 1200°C civarındaki yüksek sıcaklıklara seramik, çimento, demir-çelik endüstrisinde; 150-200°C arasında olan daha düşük sıcaklık değerlerine ise gıda, tekstil ve kimya endüstrilerinde ulaşılmaktadır. Bugün sanayide kullanılan enerjinin %60'dan fazlası 300°C'nin altındadır. Enerjinin %20-30 oranı ise 150°C'nin altındadır. Atık ısının büyük oranda ortaya çıktığı sektörlerden biri de tekstil endüstrisidir. Tekstil endüstrisi; örgü kumaş üretimi ve dokuma, baskı, boya ve apre proseslerinden oluşmaktadır. Dokuma bölümünün esasını mekanik enerji kullanımı oluştururken, ısıtma ve kurutma proseslerinde ise 70-200°C aralığında değişen sıcak su kullanılır. Boya-apre işlemlerinde kullanılan su, bir sonraki işlem açısından zararlı kimyasal maddeler içerdiği için belli işlemlerden geçirilip atılmaktadır. Atıl enerjinin büyüklüğü, enerji tasarrufunun ve seçilecek yöntemin önemini vurgulamaktadır (Wallin ve Berntsson, 1994).

2. TEKSTİL FABRİKALARINDA ATIK SUDAN ISI GERİ KAZANIMI

Türkiye'nin tekstil sektörünün amacı ilk etapta yalnızca üretim yapabilmek idi. Değişen dünya ekonomik yapısı içinde daha kaliteli ve daha fazla üretim yapabilmek önem kazandı. Bu arada aynı alanda çalışan işletmelerin artması ve piyasanın daralması sebebi ile, daha ucuz boyamak ve düşük kar marjları ile çalışmak zorunda kalınmıştır. Artık günümüzde kaliteli ve daha ucuza üretim yapabilmek işletmelerin gereken politikası haline gelmiştir. Maliyetleri düşürmek için yoğun ve çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Yani bir kg kumaş için ne kadar su harcandığı, ne kadar elektrik ve ısı enerjisi harcandığı titizlikle hesap edilmektedir. Isı geri kazanımı, Türkiye'nin gelişen sanayileşme sektörünün, mevcut enerji dar boğazı için yapabileceği en önemli faaliyetlerden biri haline gelmiştir. Bu boyutta benzeri ancak uzak doğu da görülebilen Türkiye'nin tekstil sektörü, bu sanayinin en hızlı gelişenleri arasındadır. Diğer sanayi dallarıyla karşılaştırma yapıldığında tekstil sektörü enerji tüketimi açısından ortalarda bir yer almaktadır. Tekstil endüstrisinin en çok ihtiyaç duyduğu enerji biçimi ise ısı enerjisidir. Ürünün ne olduğuna bağlı olarak istenen sıcaklık ve ısı değerleri değişmektedir örneklandırmek gerekirse ürünün cinsine bağlı olarak (pamuklu, yünlü, sentetik vb) gibi her ürünün kendine özgü ısı değeri mevcuttur. Tekstilde enerjinin özellikle ısı enerjisinin en çok kullanıldığı yer terbiye bölümü olmaktadır. İşletmenin toplam ısı enerjisinin %70'ini kullanan terbiye bölümüdür. Tüketilen enerjiyi sınıflandıracak olursak; %45-75 yaş işlemler (boyama), %15-40 kurutma işlemleri, % 8-18 diğer işlemler oluşturmaktadır (Moser ve Schnitzer, 1985).

2.1. Isı Geri Kazanımının Faydaları

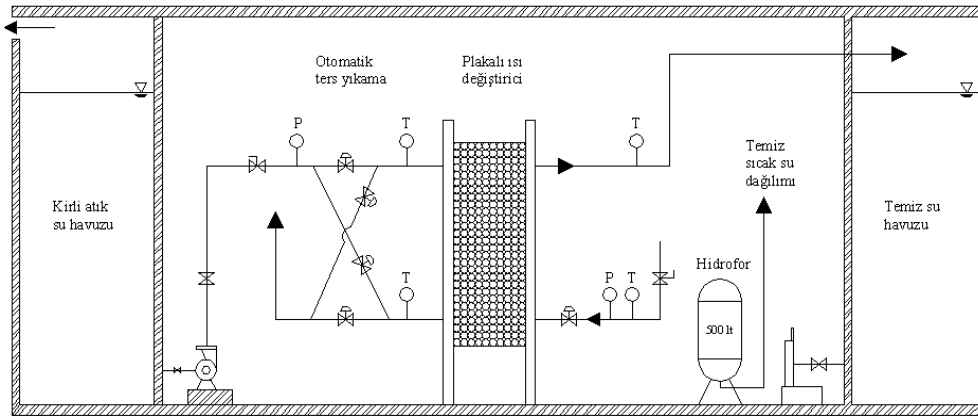
- Çevreye Faydaları
 - Daha az yakıt tüketimi olması sebebi ile hava kirliliğinin azalması sağlık,
 - Atık sıcak suyun düşük olması sebebi ile termal kirlenmeyi engellemek huzur,
 - Atık su arıtma tesisine soğuk gireceği için aerobik arıtmanın tam olması güvence.
- İşletmeye Faydaları
 - Azalan yakıt tüketimi sebebi ile karlılık,
 - Azalan boyama süresi sebebi ile birim zamanda daha fazla üretim karlılık,
 - Sıcak su ile işletmeye başlanması sebebi ile makine içi termal gerilimin azalması, bakım giderlerinin düşmesi, kar ve zaman tasarrufu.
- Ulusal Ekonomiye Faydaları
 - Maliyetleri düşürebilmemiz sebebi ile dünyada rekabet şansımızın artması karlılık,

- İş gücü ve öz kaynaklarımızın ekonomik kullanımı sebebi ile sağlanacak kazanç,
- Enerji kaynaklarını ekonomik kullanım sebebi ile döviz kazancı,
- Sektörde karlı şirketlerin arması ile yatırımcıyı teşvik etmek ekonomik canlılık.

2.2. Klasik Sistem İle Isı Geri Kazanımı

Tekstil ürünlerinin yıkanması, boyanması gibi işlemler yoğun bir şekilde yumuşak temiz suyun kullanımını gerektirmekte, bu su bir çok uygulamada da 90°C sıcaklıklara kadar ısıtılmakta ve tahliye edilmektedir. Boyalı olması ve diğer maddelerle kirlenmiş olması nedeniyle bu suyun direkt olarak kullanılması mümkün değildir. Boyahaneden çıkan boyalı atık suya fabrikanın kendi arıtma sistemine gönderilmekte yada merkezi arıtma sistemine gönderilmektedir. Arıtma sistemine giden atık suyun giriş sıcaklığı etkili bir arıtma için 30°C'nin altında olmalıdır. Atık su kapasitesi günlük boyanacak kumaş miktarının yaklaşık 100 misli civarındadır. Atık sudan ısı geri kazanımına uygun olarak planlanmış bir fabrikada, boyama makineleri soğuk ve sıcak su tahliyelerinin ayrılmasını sağlayacak şekilde ekipmanlarla donatılmış, fabrika içerisindeki deşarj kanalları da soğuk ve sıcak atık sular için ayrı ayrı düzenlenmiştir. Makinelerin beslemesi de sıcak ve soğuk temiz su beslemesi olarak iki ayrı hattan gerçekleştirilmiştir. Atık sıcak boyalı su bir filtreden geçirilerek içerisinde olması muhtemel kirlilikler giderilir. Bunun içinde otomatize edilmiş dönel filtreler, statik filtreler veya kanala yerleştirilmiş bir dizi ızgara tip filtre kullanılabilir. Böylece sisteme yerleştirilecek pompaların, plakalı tip ısı değiştiricilerin ve diğer ekipmanların tıkanması önlenmelidir. Sıcak kirli su, deşarj kanalının kotuna uygun olarak düzenlenmiş bir dengeleme havuzuna alınır (Bkz. Şekil 1). Havuzun tabana yakın bir kottan santrifüj pompadan (bir adedi yedek) alınan sıcak su plakalı tip ısı değiştiricinin primer devresine gönderilir. Multipass (çok geçişli) olarak bilgisayarda dizayn edilen serbest akışlı plakalı eşanjörde ısıyı temiz suya aktaran kirli atık su, soğumuş olarak arıtma tesisine sevk edilir. Plakalı ısı değiştiricisinin plakaları AISI 316 kalite paslanmaz çelik olup, su ile temas eden yüzeylerde paslanma riski mevcut değildir. Kirli su giriş hattı üzerinde, otomatik olarak çalışması düzenlenen ters yıkama sistemi, eşanjöre girebilecek elyafların sistemden dışarı atılmasını temin eder. Soğuk temiz su, eşanjörün ilgili bağlantısından eşanjör sekonder devresine girerek kirli suyun verdiği enerji ile ısıtılır ve temiz su deposuna gönderilir. Temiz su deposu tabanına yerleştirilen bir alıcıdan hidrofor ünitesine alınan temiz sıcak su, fabrika sıcak su hattına gönderilir.

Çizimlerde de görüldüğü gibi, havuzların zemin altında yapıp makine dairesini de iki havuz arasında, tamamen zemin altında oluşturmak mümkündür. Bu olanak özellikle yer sıkıntısına iyi bir çözümdür.



Şekil 1:

Isı geri kazanımında klasik sistem uygulaması (Demir, 2003)

Havuz kapasiteleri yaklaşık 100'er m³ yapmak yeterli olmaktadır. Havuzlar dıştan izolasyonlu, içerden ise sızdırmazlık izolasyonlu olarak imal edilmektedir. Havuz seviyeleri seviye şalterleri ile kontrol edilmekte, kirli su havuzu minimum seviyeye indiğinde kirli su pompası otomatik olarak kapanmakta, seviye normale geldiğinde ise pompa çalışıp ventil de açılmaktadır. Temiz su deposu minimuma geldiğinde hidrofor pompası durmakta, normale dönünce tekrar çalışabilecek konuma geri dönmektedir. Temiz su havuzu maksimum seviyeye geldiğinde kirli su pompası durmakta, temiz su giriş ventili otomatik olarak kapanmaktadır. Seviye normale dönünce pompa çalışmakta, ventil açılmaktadır. Sistemin kurulması havuzlar dahil 2 ayda mümkün olabilmekte sistem kendini amorti süresi 4-6 ay arasında olmaktadır.

Isı değişiminin gerçekleştiği plakalı ısı değiştiricilere plakalı ilavesi yapılarak kapasite belirli sınırlar içerisinde artırılabilir. Plakaların sökülerek, kolayca temizlenip tekrar yerine bağlanması mümkündür.

Plakalı eşanjör seçiminde dikkat edilmesi gereken özelliklerin en önemlisi, plaka tipinin uygun seçilmesidir. Plaka üzerindeki kanalların yapısı ve plakalar arası mesafe, atık su eşanjörlerinde büyük önem taşımaktadır (Demir, 2003).

2.3. Isı Pompası İle Isı Geri Kazanımı

Isı pompaları gelişmiş ülkelerde konfor amaçlı olduğu kadar, endüstride de yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle kağıt, gıda, tekstil endüstrilerinde kullanım alanı bulmaktadır. Gıda ve tekstil endüstrisinde mevcut kurutma proseslerinde büyük enerji tasarrufu sağlamaktadırlar (Coşkun, 1993 ve Durgun, 1996). Atık ısıdan ısı geri kazanımında, 40°C nin altında atılan atık suların ısısının değerlendirilmesinde, düşük sıcaklıkta verimli çalışan ısı pompalarının kullanılması daha uygundur. Çünkü endüstride kullanılan ısı eşanjörleri, sıcaklıkları 40°C ila 100°C arasında bulunan atık akışkanlardan ısı geri kazanımında etkilidirler (Kaya ve Güngör, 2002). 40°C nin altındaki sıcaklıklarda verimleri düşmektedir.

3. ISI POMPASI

Isı pompası basit olarak ısı enerjisini bir ortamdan diğer bir ortama taşıyan ve elektrikle beslenen bir sistemdir. Bilindiği üzere enerji vardan yok, yoktan var edilemez, sadece biçim değiştirir yada bir yerden bir yere taşınır. Isı pompası da adını, ısı enerjisini bir ortamdan diğer bir ortama "pompalama" veya "taşımaya" kabiliyetinden alır. Isıtma sektöründe çoğu insan için ısı pompası terimi yenidir. Oysaki evlerimizdeki buzdolabı, klima, nem giderici ve dondurucular aynı mantığın ürünüdürler. Çalışma prensibi ısıyı taşıma mantığına uyduğundan "ısı pompası" başlığı altında toplanabilirler. Soğutma makineleri ısıtma veya ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılırlarsa ısı pompası adını alırlar. Isı pompası çalışma prensibi yönünden bir soğutma makinesidir. İki sistemin birbirinden farkı sadece çalışma amaçlarıdır. Soğutma makinesinde ortamdan ısı çekilirken, ısı pompasında düşük ise sıcaklıktaki kaynaktan ısı çekilerek yüksek sıcaklıktaki kaynağa verilmektedir. Termodinamiğin ikinci kanununa göre, ısının soğuk kaynaktan sıcak kaynağa kendiliğinden akması mümkün değildir. Bunun için mutlak suretle dışarıdan bir iş verilmesi gerekir. Isı pompası buhar sıkıştırımlı soğutma sisteminin tersi bir çevrime sahiptir. İki sistemde termodinamik olarak aynı temeller üzerinde çalışmaktadır. Bu özelliğinden dolayı ısı pompası zıt yönlü çalıştırıldığında da soğutma işlemi yapabilmektedir. Bu da ısı pompasının kullanım avantajlarından biridir (Reay ve Macmichael, 1979).

Soğutucu akışkanın zıt yönde bir çevrimi sağlayabilmesi için, soğuk kaynaktan sıcak kaynağa ısı geçirmek için, soğutma devresinde bir kompresör kullanılır. Bu şekilde soğuk kaynaktan buharlaştırıcı ile alınan ısı enerjisi kompresör yardımıyla, soğutucu akışkan sistemde dolaştırılır ve soğutucu akışkan yardımıyla sıcak kaynağa pompalanır. Isı pompasının tesisat çevrimi Şekil 2a'da ve çevrimin basınç-entalpi diyagramı da Şekil 2b'de gösterilmektedir (Yamankaradeniz ve diğ., 2002).

Çevrim aşamalarında aşağıdaki adımlar izlenmektedir:

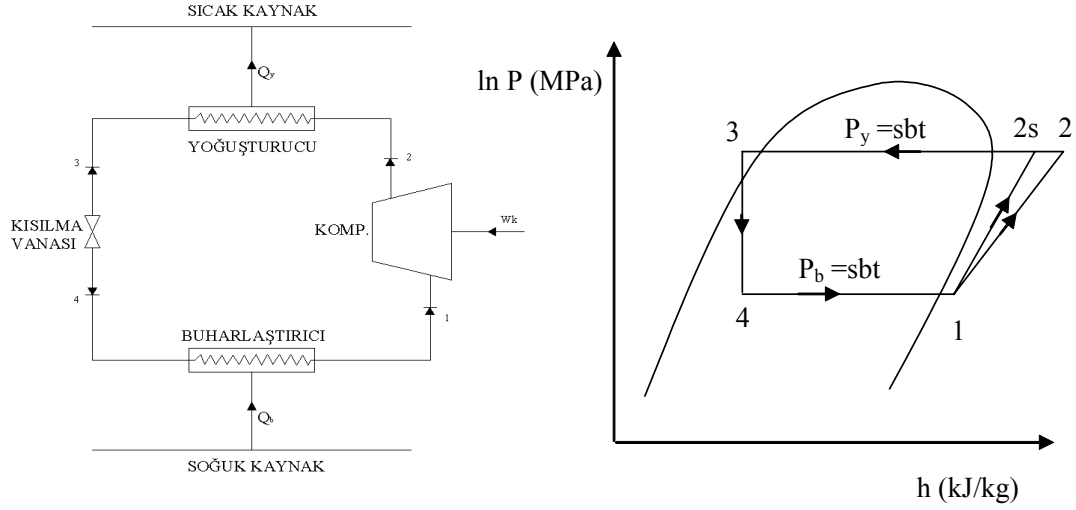
- 1-2: Soğutucu akışkan doymuş buhar evresinde iken kompresör tarafından emilir, ve emilen buhar kompresör tarafından izentropik olarak sıkıştırılır ve soğutucu akışkan kompresör tarafından yoğunlaştırıcıya basıncına çıkarılır.
- 2-3: Soğutucu akışkan, dış ortama ısısını vererek kızgın buhar fazdan sıvı fazına geçer. Burada amacımız olan ısıtma işlemi gerçekleşir.
- 3-4: Sıvı fazındaki soğutucu akışkan kısımla vanasında basıncı düşürüldükten sonra buharlaştırıcıya girer.
- 4-1: Düşük basınçtaki soğutucu akışkan, kendisinden daha yüksek sıcaklığa sahip çevreden ısıyı çekerek buharlaşır ve tekrar kompresör tarafından emilir ve böylece çevrim tekrarlanır (Yamankaradeniz ve ark. 2002).

3.1. Teorik Analiz

Bir ısı pompasının temel denklemleri termodinamiğin I. kanununa dayanmaktadır. Gerekli hesaplamalar, Termodinamiğin I. kanunundan türetilen denklemler yardımıyla hesaplanmaktadır.

Buharlaştırıcı kapasitesi:

$$\dot{Q}_b = \dot{m}_{asu} c_{p_{su}} (T_{asg} - T_{asç}) \quad (1)$$



Şekil 2:

(a) Isı pompası tesisat çevrimi, (b) Basınç-entalpi diyagramı

Sistemde dolaşması gereken soğutucu akışkan debisi:

$$\dot{m}_s = \dot{Q}_b / (h_1 - h_4) \quad (2)$$

Yoğuşturucu kapasitesi:

$$\dot{Q}_y = \dot{m}_s (h_2 - h_3) \quad (3)$$

Yoğuşturucuda dolaşan temiz su debisi:

$$\dot{m}_{tsu} = \dot{Q}_y / (c_{p_{su}} (T_{tsç} - T_{tsg})) \quad (4)$$

Kompresör kapasitesi:

$$\dot{W}_K = \dot{m}_s (h_2 - h_1) / \eta_{mk} \eta_i \quad (5)$$

Isıtma tesir katsayısı ise:

$$ITK = \frac{\dot{Q}_y}{\dot{W}_K} \quad (6)$$

şeklinde hesaplanır (Yamankaradeniz, 1987).

Burada

\dot{Q}_b = Buharlaştırıcı kapasitesi, (kW)

\dot{Q}_y = Yoğuşturucu kapasitesi, (kW)

\dot{m}_s : Devrede dolaşan soğutucu akışkan debisi, (kg/s)

M_{asu} = Atık su debisi (kg/s)

$c_{p_{su}}$ = Suyun özgül ısı, kJ/kg°C

T_{asg} = Atık su giriş sıcaklığı, (°C)

$T_{asç}$ = Atık su çıkış sıcaklığı, (°C)

T_{tsg} = Temiz su giriş sıcaklığı, (°C)

$T_{tsç}$ = Temiz su çıkış sıcaklığı, (°C)

h = Özgül entalpi (kJ/kg)

M_{tsu} = Temiz su demisi (kg/s)

η_{mk} = Kompresör mekanik verimi

η_i = Kompresör iç verimi

4. EKONOMİK ANALİZ

4.1. Enerji Geri Kazanımında Klasik Sistemin Kullanılması

Bursa'da 2007 yılı rakamları ile 230 boyahane faaliyet göstermektedir. Bu çalışma Nilüfer organize sanayi bölgesinde bulunan bir tekstil fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de bir tekstil fabrikasında ısı geri kazanımında kullanılan klasik sistem görülmektedir. İncelediğimiz bu işletmedeki veriler:

Atık su debisi: 700 ton/gün = 35 ton/h

Atık suyun eşanjöre giriş sıcaklığı: 65 °C

Atık suyun eşanjöre çıkış sıcaklığı: 25 °C

Soğuk temiz suyun eşanjöre giriş sıcaklığı: 20 °C

Soğuk temiz suyun eşanjörden çıkış sıcaklığı: 60 °C

4.1.1. Yıllık Enerji Tasarruf Oranı

35 ton/h debisindeki atık sudan çekilen enerji aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_{asu} c_{p_{su}} (T_{asg} - T_{asç}) = 35000 \text{ kg/h} \times 4.18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (65 - 25)^\circ\text{C}$$

$$\dot{Q}_e = 5852000 \text{ kJ/h} = 5852 \text{ MJ/h}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ doğal gazın taşıdığı enerji} = C_p = 34.485 \text{ MJ/m}^3$$

$$\text{Soğuk suyun ısıtılması ile kazanılan enerjinin doğal gaz eşdeğeri} = \frac{Q_e}{C_p} = 5852 / 34,485$$

$$\text{Soğuk suyun ısıtılması ile kazanılan enerjinin doğal gaz eşdeğeri} = 169,69 \text{ m}^3 / \text{h}$$

İşletmenin günde ortalama 20 saat çalıştığı ve yılda 300 iş gün çalıştığı düşünülürse yıllık tasarruf:
20 saat x 300 gün x 169.69 m³ / saat = 1018140 m³ doğal gaz / yıl

Ortalama doğal gaz fiyatı = 0.257 Euro / m³ Mayıs 2007 fiyatı alındığında;

Enerji tasarrufundan sağlanan yıllık kazanç: 1018140 m³ x 0.257 Euro / m³ = 261662 Euro

4.1.2. Klasik Sistemli Projenin Maliyeti

Projenin maliyetine teşkil eden temel elemanlar ve tutarlar Bursa organize sanayi bölgesinde kurulu bulunan eşanjör, kazan, tank ve pompa konusunda üretim, satış ve montaj yapan çeşitli firmalar ile T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Tesiat birim fiyat ve tarifeleri (2007)'ten alınmıştır. Toplam teçhizat tutarı (izolasyon dahil) 20000 Euro dur.

Yatırım maliyeti hesaplanırken aşağıdaki maliyetlerin de göz önüne alınması gerekmektedir. Bunlar sırasıyla ekipman, mühendislik, bağlantılar ve kablolar, montaj, testler ve ayarlar, üretim kayıpları, beklenmeyen harcamalar olup toplam tahmini maliyet 100000 Euro dur.

Bir yatırımın ekonomik olup olmadığının değerlendirmek için birkaç metot vardır. Bunlardan en basiti geri ödeme metodudur. Bu ise yatırımda sarf edilen tüm paranın geri alınması için geçen süredir (Etemoğlu ve diğ.2006).

$$\text{Geri Ödeme Süresi (Ay)} = \frac{\text{Yatırım Maliyeti}}{\text{Yıllık Tasarruf}}$$

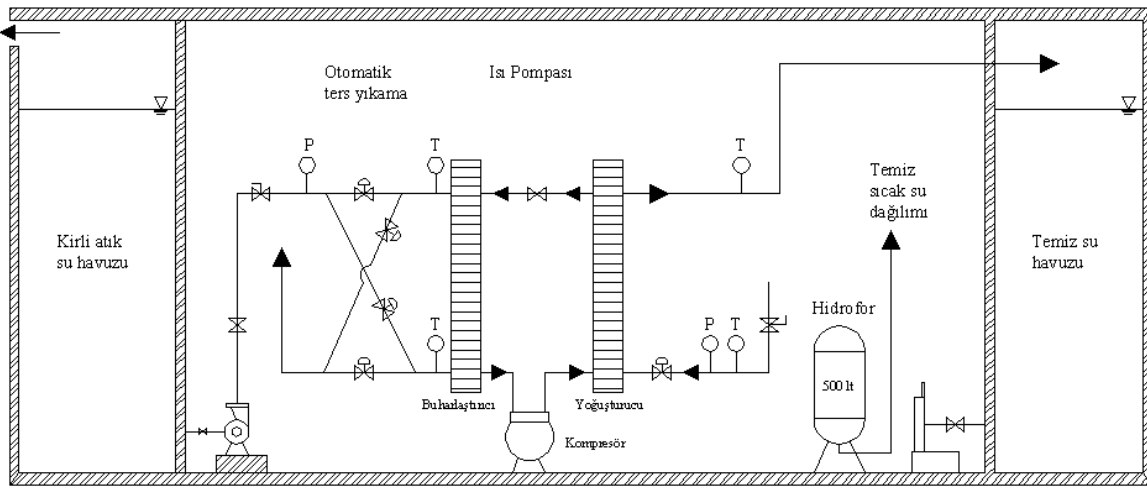
$$\text{Geri Ödeme Süresi (Ay)} = \frac{100000}{261662} \times 12 = 4.7$$

Geri Ödeme Süresi yaklaşık 5 aydır.

4.2 Enerji Geri Kazanımında Plakalı Eşanjör Yerine Isı Pompalı Sistemin Kullanılması

Tekstil fabrikalarında enerji geri kazanımında klasik sistem yerine ısı pompası uygulaması Şekil 3'de görülmektedir. Kirli atık su havuzundan atılan atık su plakalı eşanjör yerine ısı pompası buharlaştırıcısına gönderilir. Atık suyun ısısını alan soğutucu akışkan buharlaşır ve kompresör tarafından emilerek, yoğuşturucuya gönderilir. Yüksek basınç ve sıcaklıkta kızgın buhar fazında yoğuşturucuya giren soğutucu akışkan, ısısını buraya gönderilen temiz kullanma suyuna vererek yoğuşur.

Bu çalışmada tasarlanan ısı pompasında dolaşan soğutucu akışkan R134a olarak seçilmiştir. Tasarım buharlaştırıcı sıcaklığı, buharlaştırıcıya gönderilen atık su giriş sıcaklığından 5°C düşük seçilirken, yoğuşturucu sıcaklığı ise, yoğuşturucuya giren temiz su sıcaklığından 5°C yüksek seçilmiştir. Kompresör girişinde 5°C aşırı kızdırma, yoğuşturucu çıkışında ise 5°C aşırı kızdırma gerçekleştiği kabul edilmiştir. Tablo 1'de ısı pompası tasarım değerleri detaylı şekilde verilmektedir. R134a soğutucu akışkanına ait basınç entalpi diyagramı yardımıyla, ısı pompasında dolaşan R134a soğutucu akışkanının özgül entalpi değerleri kolaylıkla bulunmuştur. Bu değerler kullanılarak yapılan hesaplamalar ise Tablo 2'de verilmektedir.



Şekil 3:
Isı geri kazanımında ısı pompası uygulaması

Tablo 1.
Isı pompası tasarım değerleri

Tasarım parametreleri	Sembol	Değerleri
Sistemde dolaşan soğutucu akışkan		R134a
Yoğuşturucu sıcaklığı	T_y	65 °C
Buharlaştırıcı sıcaklığı	T_b	20 °C
Temiz su giriş sıcaklığı	T_{tsg}	20 °C
Temiz su çıkış sıcaklığı	$T_{tsç}$	60 °C
Atık su giriş sıcaklığı	T_{asg}	65 °C
Atık su çıkış sıcaklığı	$T_{asç}$	25 °C
Atık su miktarı	\dot{m}_{asu}	35 ton / h
Kompresör mekanik verimi	η_m	% 85
Kompresör iç verim	η_i	%80

Tablo 2.
Hesaplanan değerler

Hesaplanan parametreler	Sembol	Değerleri
Kompresör girişindeki soğutucu akışkanın özgül entalpi değeri	h_1	415 kJ/kg
Kompresör çıkışındaki soğutucu akışkanın özgül entalpi değeri	h_2	446 kJ/kg
Yoğuşturucu çıkışındaki soğutucu akışkanın özgül entalpi değeri	h_3	285 kJ/kg
Buharlaştırıcı girişindeki soğutucu akışkanın özgül entalpi değeri	h_4	285 kJ/kg
Buharlaştırıcı kapasitesi	\dot{Q}_b	1625 kW
Sistemde dolaşan soğutucu akışkan miktarı	\dot{m}_s	12.5 kg/s
Yoğuşturucu kapasitesi	\dot{Q}_e	2013 kW
Kompresör kapasitesi	\dot{W}_k	460 kW
Temiz su debisi	\dot{m}_{tsu}	43.2 ton/h
Isıtma tesir katsayısı	ITK	4.37

4.2.1. Isı Pompalı Projenin Maliyeti

Projenin maliyetine teşkil eden temel elemanlar ve tutarlar Bursa organize sanayi bölgesinde kurulu bulunan evaporatör, kondenser, kompresör konusunda üretim, satış ve montaj yapan çeşitli firmalar ile T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Tesisat Birim Fiyat ve Tarifeleri (2007)'ten alınmıştır. Toplam teçhizat tutarı (izolasyon dahil) 70000 Euro dur.

Yatırım maliyeti hesaplanırken aşağıdaki maliyetlerin de göz önüne alınması gerekmektedir. Bunlar sırasıyla ekipman, mühendislik, bağlantılar ve kablolar, montaj, testler ve ayarlar, üretim kayıpları, beklenmeyen harcamalar olup toplam tahmini maliyet 120000 Euro dur. Doğal gaz ile ilgili teknik veriler bursagaz firmasından alınmıştır.(www.bursa-gaz.com.tr)

4.2.2. Yıllık enerji tasarrufu

$$\dot{Q}_e = 2013 \text{ kW} = 2013 \text{ kJ} / \text{s} = 7246800 \text{ kJ} / \text{h} = 7246.800 \text{ MJ} / \text{h}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ doğal gazın taşıdığı enerji} = C_p = 34.485 \text{ MJ} / \text{m}^3$$

$$\text{Soğuk suyun ısıtılması ile kazanılan enerjinin doğal gaz eşdeğeri} = \frac{\dot{Q}_e}{C_p} = 7246.800 / 34.485$$

$$\text{Soğuk suyun ısıtılması ile kazanılan enerjinin doğal gaz eşdeğeri} = 210.14 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\text{Ortalama doğal gaz fiyatı} = 0.257 \text{ Euro} / \text{m}^3 \text{ Mayıs 2007 fiyatı alındığında;}$$

$$\text{Enerji tasarrufundan sağlanan saatlik kazanç: } 210.14 \text{ m}^3 / \text{h} \times 0.257 \text{ Euro} / \text{m}^3 = 54 \text{ Euro} / \text{h}$$

$$\text{Kompresörden dolayı harcanan elektrik maliyeti: Kompresör kapasitesi} = 460 \text{ KW}$$

$$\text{Ortalama sanayi elektrik fiyatı} = 0.121 \text{ YTL} / \text{KWh} \text{ Mayıs 2007 fiyatı alındığında;}$$

$$\text{Ortalama sanayi elektrik fiyatı} = 0.067 \text{ Euro} / \text{KWh} \text{ Mayıs 2007 fiyatı alındığında;}$$

$$\text{Kompresörden harcanan elektrik maliyeti} = 460 \text{ KWh} \times 0.067 \text{ Euro} / \text{KWh} = 31 \text{ Euro}$$

$$\text{Toplam Kazanç} = 54 \text{ Euro} - 31 \text{ Euro} = 22 \text{ Euro} \text{ (saatlik)}$$

$$\text{İşletmenin günde ortalama 20 saat çalıştığı ve yılda 300 iş gün çalıştığı düşünülürse yıllık tasarruf; } 22 \text{ Euro} \times 20 \text{ saat} \times 300 \text{ gün} = 132000 \text{ Euro} \text{ (yıllık)}$$

$$\text{Geri ödeme süresi (Ay)} = \frac{\text{Yatırım Maliyeti}}{\text{Yıllık Tasarruf}}$$

$$\text{Geri ödeme süresi (Ay)} = \frac{120000}{132000} \times 12 = 10.9$$

Geri ödeme süresi yaklaşık 11 aydır.

4.3. İki Sistemin Karşılaştırılması

Her iki sistemin ekonomik olarak karşılaştırılması Tablo 5’de verilmektedir. Tablo 5’de görüldüğü gibi, plakalı eşanjörün ilk yatırım maliyeti ile ısı pompasının ilk yatırım maliyet değerleri arasında 20000 Euro’luk bir fark mevcut iken, yıllık enerji tasarrufunu açısından da plakalı eşanjör daha üstün gözükme-
tedir. Plakalı ısı eşanjörün geri ödeme süresi 5 ay iken ısı pompasının ise geri ödeme süresi 11 aydır. Elde edilen sonuçlara göre, 65°C deki atık ısıdan enerji geri kazanımı her bakımdan plakalı eşanjör yerine ısı pompası kullanılmasının avantajlı olmadığı görülmektedir.

Tablo 5.
Enerji geri kazanımında kullanılan sistemlerin ekonomik olarak karşılaştırılması

Sistem	İlk yatırım maliyeti (Euro)	Yıllık enerji tasarrufu (Euro)	Geri ödeme süresi (ay)
Plakalı eşanjör	100000	261662	5
Isı pompası	120000	132000	11

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Günümüzde atıkların çevreye olan zararı büyük boyutlara ulaşmıştır. Dünya bu konuda yeterli duyarlılığı geç de olsa fark etmiştir. Ülkemiz açısından da bu durum çok iç açıcı değildir. Denetleme imkanlarının yetersizliğinden dolayı sanayiciler atık konusunda tedbir almamakta ve bunun sonucunda nehirlerimiz, göllerimiz ve denizlerimiz hızla kirlenmekte ve kullanılamaz hale gelmektedir. Bütün bu olumsuzluklara rağmen ülkemiz bu konuda geç kalmış değildir. Alınacak önlemlerle hem bu kirlenmeler önenebilir hem de enerji tasarrufu sayesinde karlılık oranları ciddi şekilde artabilir.

Özellikle son zamanlarda gerek Dünya platformunda gerekse Türkiye de küresel ısınma sıkça tartışılan ve önlem alınması gereken başlıca konu durumundadır. Küresel ısınma’dan korunmanın ve zararlarını azaltmanın başlıca yöntemi de her alanda ciddi bir enerji tasarrufu yapmaktır. Enerji tasarrufu kar demektir. Enerjiyi sorumsuzca kullanmak ve savurganca harcamak milli ekonomimiz için büyük bir kayıptır. Türkiye enerji kaynakları (petrol, doğal gaz, su) bakımından çok zengin ülke değildir. Geleceğin dünyasında var olmak için enerjinin en büyük güç olacağı düşünülür ise bir an önce devletin ilgili kurum ve kuruluşları el birliği ile konuya gereken hassasiyeti bir an önce göstermelidir.

Bu çalışmada bir tekstil fabrikası boyahanesinde 65°C’de atılan atık suyun ısısından yararlanmak amacıyla plakalı eşanjör ve ısı pompası kullanılması ekonomik yönden araştırılmıştır. Yapılan ekonomik analizin sonucu olarak, plakalı eşanjör kullanımı, ısı pompasına nazaran ilk yatırım maliyeti açısından 20000 Euro, yıllık enerji tasarrufu açısından yaklaşık 130000 Euro, geri ödeme süresi açısından 6 ay daha avantajlı görülmektedir.

6. KAYNAKLAR

1. Al-Rabghi, O. M, Beirutty, M., Akyurt, M., Najjar, Y., ve Alp, T. (1993) Recovery and utilization of waste heat, *Heat Recovery Systems & Chp.*, 13(5), 463-470.
2. Coşkun, S. (1993) *Kurutma işlemlerinde ısı pompası ile enerji tasarrufu sağlanmasının incelenmesi*, Y. Lisans Tezi, U. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
3. Demir, Y. (2003) Tekstilde plakalı tip ısı değiştiricilerinin ısı geri kazanımı uygulamalarındaki avantajları, *Tesisat Dergisi*, 86, 146-150.
4. Durgun, İ. (1996) *Isı pompasının endüstriyel uygulamaları*, Y. Lisans Tezi, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

5. Etemoğlu, A. B., İşman, M. K. ve Can, M. (2006) Bursa ve çevresinde jeotermal enerjinin kullanılabilirliğinin incelenmesi, *U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(1), 55-64.
6. Kaya, D. ve Dünder, C. (2002) Sanayide enerji tasarrufu potansiyeli-II, *Mühendis ve Makine*, 515.
7. Lazzarin, R. M. (1998) Heat pump in industry equipment, *Heat Recorvey Systems & Chp.*, 14(6), 581-597.
8. Moser, F. ve Schnitzer, H. (1985) *Heat pump in industry*, Elsevier, New York.
9. Macmichael, R. (1979) *Heat pumps design and application*, Pergamon Pres, Great Britain.
10. Wallin, E. ve Berntsson,T. (1994) Integration of heat pumps in industrial processes, *Heat Recorvey Systems & Chp.*, 14(3) 287-296.
11. www.bursa-gaz.com.tr.
12. Yamankaradeniz, R. (1987) Tekstil sanayinde kurutma işlemlerinde ısı pompası kullanılarak enerji tasarrufu sağlanması, *Tekstil ve Teknik*, 56-58.
13. Yamankaradeniz, R., Horuz, İ. ve Coşkun, S. (2002) *Soğutma tekniği ve Uygulamaları*, Vipař, Bursa.

Makale 21.06.2007 tarihinde alınmış, 25.07.2007 tarihinde düzeltilmiş, 26.07.2007 tarihinde kabul edilmiştir. İletişim Yazarı: M. Can (can@uludag.edu.tr).