

ISITMA VE SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Süleyman KARSLI
Hüseyin GÜLLÜCE
Hanifi SARAÇ

ÖZET

Klima sektöründe enerji mühendislerinin en çok sorguladığı konulardan biri farklı ısıtma ve soğutma sistemlerinde işletme maliyetlerinin karşılaştırılmasıdır. Isıtma ve soğutma sistemlerinde kaynak olarak elektriğin yaygın bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Özellikle yaz aylarında klima ve soğutma sistemlerinin sürekli bir şekilde işletmeye alınmasıyla beraber elektrik endüstrisindeki talep artmaktadır. Elektrik tüketimindeki artışta sistemin işletim maliyetlerinde beklenenin üzerinde çıkmakta ve bazı bölgelerde üretimde kısıtlamalara bile sebep olmaktadır. Son yıllarda klima sektöründe elektrik ve LPG'nin yerine doğal gazlı sistemler kullanılarak enerji talebinin yüksek olduğu periyotlarda işletmecilerin enerji maliyetlerinde önemli tasarruflar sağlandığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda işletme maliyetlerinde klasik sistemlere göre %30-60'lık bir azalmanın sağlanabileceği görülmüştür. Klima sektöründe klasik sistemlerin doğalgaza dönüşümü konusunda son yıllarda artan rekabet ortamı yeni doğal gazlı klima sistemlerinin geliştirilmesine sebep olmuştur. Günümüzde doğal gazlı klima sistemleri elektrikli ve LPG'li klasik sistemlere göre daha az maliyetli ve çevre uyumludur. Bu çalışmada klima sektöründe kullanılan ısı pompası, boylar, fırın, absorpsiyonlu soğutma sistemleri gibi değişik yakıtlara göre modifiye edilmiş yeni teknolojik ürünlerin işletme maliyetleri bakımından karşılaştırılması yapılmıştır. İşletme maliyetlerinin tespitinde ilk yatırım maliyetleri, sistemin montajı ve işletmeye alınması dikkate alınmıştır. Sistemin kullanılan yakıt türüne bağlı olarak verimli bir şekilde işletilmesi sonuçları doğrudan etkilemiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Klima, Isıtma, Soğutma, Enerji Verimliliği, Ekonomik Analiz

ABSTRACT

One of the most questioned of energy engineer's topics in the air-conditioning sector is compare the operating costs of different heating and cooling system. Heating and cooling systems have been used extensively as a source of electricity. Especially in the summer air conditioning and cooling systems operate in a continuous manner with the receipt of industry demand for electricity is increasing. Electricity consumption growth higher than expected operating costs of the system causes a rise in production in some areas and even leads to restrictions. In recent years, rather than LPG and electricity used for gas systems in the air-conditioning sector, and in such cases high energy demand periods using the operators provided significant savings in energy costs have been identified. In studies, operating costs than conventional systems with a 30%-60% reduction were achieved. In air-conditioning industry, in terms of the transformation of traditional systems of natural gas, increased competition in recent years have led to the development of new natural gas air conditioning systems. Today, natural gas air conditioning systems, such as electric and LPG systems less cost than conventional systems and is compatible with the environment. In this study, such as heat pump, boiler, furnace, absorption cooling systems used in air conditioner industry have been modified according to the different fuels are compared to the care of operating costs of new technological products.

Determining the initial investment costs, operating costs, installation and commissioning of the system were taken into consideration. Depending on the type of fuel used in the system, the operation efficiency directly affects on the results.

Keywords: Energy, air-conditioning, heating, cooling, energy efficiency, economical analysis

1.GİRİŞ

Dünyamızda enerji ihtiyacı her yıl yaklaşık %4-5 oranında artmaktadır. Talepteki bu artışa paralel olarak enerji maliyetleri de artmakta ve kullanıcılara her ay ağır bir fatura bedeli çıkarmaktadır. Dolayısıyla yönetilebilir bir seviyede enerji maliyetlerini düşürmek için tüketiciler yeni yollara başvurmaktadır. Optimum ölçekli bir ısıtma/soğutma sistem donanımı, ekipmanlarda etkin bir enerji kullanımı ve uygun bir ekipman/yakıt sistemi seçimi ile beraber sistemin bakım/onarım maliyetinin düşük tutulması bu açıdan önemli bir mühendislik yaklaşımı olmaktadır. Bulunulan iklim koşulları bir birimin gereksinim duyduğu ısıtma/soğutma ihtiyacının belirlenmesinde en büyük faktördür. Bir yerin iklim koşulları ve yakıt konfigürasyonu çoğu zaman kullanıcıların inisiyatifi dışındadır. Bu nedenle bu iki temel faktör çerçevesine işletilecek sistemin minimum maliyet koşullarında ve maksimum sistem ömrünü sağlayacak bir tasarım yapmak en pratik çözüm yolu olmaktadır. Enerji maliyetleri genel olarak bölgeden bölgeye farklılık arz edebilir. Kaynak seçiminde kullanıcı için birinci faktör çevre ve maliyet olmalıdır. Kullanıcının bundan sonra dikkat edeceği en önemli konu yeni ve yüksek verimli sistem seçimi yapması ve böylece aylık enerji giderlerini minimize etmesidir.

Özellikle yaz aylarında klima ve soğutma cihazlarının devreye girmesinden dolayı elektrik endüstrisindeki talebin artması farklı elektrik tarifelerinin uygulanması ve yeniden yapılanma bazı bölgelerde üretimde daralmalara sebep olmaktadır. Doğal gazlı soğutma; soğutma yüklerinin en yüksek olduğu zamanlarda, elektrik sarfiyatını düşürmek suretiyle ticari ve endüstriyel kullanıcıların enerji maliyetlerini düşürmeye yardımcı olmaktadır. Burada işletme maliyetleri; klasik elektrik tahrikli soğutma gruplarına göre %30-60 azaltılabilmektedir [1,2].

Bu çalışmada çeşitli binalarda kullanılan enerjinin maliyeti, enerjinin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayacak yüksek verimli yeni modern sistemlerin avantajları, binalarda enerji yönetiminin uygulanması, değişik yakıtlara göre sistemlerin mali açıdan karşılaştırılması ve çevresel kriterler detaylı olarak irdelenmiştir. Farklı yakıt konfigürasyonları için doğru karşılaştırma yapmak amacıyla ülkemizdeki iklim koşullarıyla aynı koşullara sahip ABD'deki bazı bölgeler için yapılmış çalışmalar baz alınarak ekonomik analizler yapılmaya çalışılmıştır [3].

2. ISITMA/SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Bir binaya ait ısıtma/soğutma sisteminin enerji verimliliği açısından optimum koşullarda işletilmesi bu kapsamda en önemli yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Gerek binadaki mevcut sistemin gerekse yeni teknolojilerin, proses ve diğer ekipmanların, işletme ve bakım prosedürlerinin ve enerji dokümantasyon metotlarının mevcut bir tesise uygulanması birçok seviyede eğitimi gerektirmektedir. Özellikle, enerji verimliliği yüksek yeni ekipmanlar için büyük çapta harcamalar yapıldığı zaman detaylı bir eğitime ihtiyaç doğmaktadır. Bu tür sistemlerden maksimum verim ve maksimum tasarruf ancak sistemin doğru işletilmesi ve uygun bir bakım/onarım periyodu ile sağlanır.

Enerji tasarrufu aynı işi daha az enerji kullanarak yapmaktır. Enerji tasarrufu sadece enerjinin az kullanılması anlamına gelmez. Enerji tasarrufu, bilinen klasik yöntemleri geliştirerek ve yeni teknolojileri kullanarak enerjiyi daha etkin kullanmak anlamına gelir. En ucuz enerji tasarruf edilen enerjidir. Türkiye'de enerji tüketiminin % 41'i endüstriyel tesislerde, % 31'i binalarda ve % 20'si taşımacılıkta gerçekleşmektedir. Türkiye'de endüstriyel tesislerde yıllık 3,7 milyon TEP (ton eşdeğer

petrol) denk düşen bir enerji tüketimi mevcuttur. Yapılan bazı çalışmalar, binalarda kullanılan enerjinin % 30-%60'ının tasarruf edilebileceğini göstermektedir. Aşağıda, ısıtma/soğutma sistemlerinin etkin bir enerji yönetimi ve enerji muhasebesi ile optimum koşullarda işletilmesi ve mevcut sistemlerde yapılması düşünülen uygun modifikasyonlar yakıt konfigürasyonlarına göre ekonomik bakımdan mukayeseli olarak anlatılmaktadır [4,5,6].

2.1. Enerji Yönetimi ve Enerji Muhasebesi

Sistemin enerji maliyeti birçok durumda o sistemin karına eşittir veya daha fazladır. Karı artırmak için sistemin enerji verimliliği artırılarak enerji maliyetinin düşürülmesi en pratik yaklaşımdır. Bina enerji yönetimiyle ilgilenen kişiler enerji maliyetinin düşürülmesini yeni bir kaynak olarak görmelidir. Bu kaynak üretimin arttırılmasında, sistemin modernizasyonunda veya başka bir amaçla kullanılabilir. Ancak bu kaynağı elde etmek için öncelikle bir *Enerji Yönetimi Programı* dizayn edilmelidir. Bu programla; sistemin enerji maliyetlerinin azaltılabilmesine yönelik gerçekçi bir hedefin belirlenmesi, sistemin işletilmesinde istihdam edilecek uzman ekibin oluşturulması, periyodik olarak enerji yönetim programının fayda maliyet analizlerinin yapılması, teknolojik gelişmelere uygun olarak programın güncelleştirilmesi ve etkinlik yönünden farklı sistemlerle karşılaştırılması sürekli olarak yapılmaktadır.

Enerji Muhasebesi diğer maliyet muhasebesi uygulamalarında olduğu gibi enerji yönetimi bakımından son derece önemli bir yöntemdir. Bu yöntem ile sisteme; enerji maliyetlerinin kontrolünde, kısa ve uzun vadede sistemin enerji kullanım eğiliminin belirlenmesinde, bütçe ve plan hazırlıklarının yapılmasında, yatırımların karlılığını ortaya çıkarılarak yönetimin enerji tasarrufu için daha fazla kaynak ayırmasına destek teşkil etmesinde faydalar sağlar. Binalarda enerji performans yönetmeliğinin harfiyen uygulanması sonucu; %20 daha az primer enerji, %20 daha az CO₂ emisyonu ve %20'lik yenilenebilir enerji kaynağı payı söz konusu demektir [7].

2.2. İlk Yatırım Maliyeti

Sistem seçiminde kullanıcı açısından belki en önemli kriterlerden biri ilk yatırım maliyetidir. Sistem ucuz olmalıdır. Özellikle Türkiye açısından ilk yatırım maliyeti büyük önem taşımaktadır. Kaynakların kısıtlı olması kullanıcıyı çoğu zaman ucuz tercihlere yöneltmektedir. Aslında önemli olan toplam maliyet değeridir. Yani sistemin ekonomik ömrü içinde ortaya çıkan işletme ve yatırım maliyetleri toplamıdır. Bir klima sisteminin \$/m² olarak ifade edilen ilk yatırım maliyeti binada yapılan faaliyetlere, sistem konfigürasyonuna ve binanın büyüklüğüne bağlıdır. Örneğin Amerika'da okul binaları için ilk yatırım masrafları şu şekildedir; tek zonlu sabit debili paket sistem için : 57,8 \$/m², çok zonlu tekrar ısıtmalı sabit debili merkezi sistem için : 72,6 \$/m², çok zonlu çift kanallı merkezi sistem için 90,8 \$/m² olarak hesaplanmıştır [8].

2.3. Geri ödeme Süresi (Payback Periyodu)

Bir yatırımın ekonomik olup olmadığını değerlendirmek için birkaç metot vardır. Bunlardan en pratiği payback periyodu olarak bilinen geri ödeme süresidir. Geri ödeme süresi, yatırımda harcanan tüm paranın geri alınması için geçen süreyi ifade etmektedir.

2.4. İşletme Maliyeti

Sistemin kullanılmaya başlanılmasının bedeli işletme maliyetidir. Bu tip maliyetlerde en önemli pay yakıt ve enerji giderleridir. Enerji giderlerinin anormal derecede artması işletme maliyetlerini ön plana çıkarmıştır. İyi bir sistemde enerji maliyeti düşük olmalıdır. Ucuz fakat işletmesi pahalı bir sistem günümüzde yanlış bir seçim olarak kabul edilmektedir.

2.5. Yüksek Verimli Elektrikli Cihazların Kullanımı

Üretim sektöründe kullanılan endüstriyel ekipmanların çoğu gücü elektrik motorları yardımıyla üretmektedirler. Bir elektrik motorunun belirli bir güç çıkışı için çektiği enerji verimi ile ters orantılıdır. Bütün motorlar gibi elektrik motorları da kullandıkları enerjinin tamamını mekanik enerjiye çeviremezler. Motorun mekanik güç çıkışının, çekilen elektrik gücüne oranı motor verimi olarak

adlandırılır ve motor tipi ve büyüklüğüne göre % 70 ile % 96 arasında değişir. Isıtma/soğutma sistemlerinde çok sık kullanılan ekipmanlardan olan fanlarda bir elektrik motoru yardımıyla çalışmaktadır. Fanlar için farklı devir aralıklarındaki motor seçeneklerinin yanı sıra son yıllarda kullanım alanları hızla artan EC Motor teknolojisi kondenser uygulamalarında da kullanılmaktadır. EC fanlar fan motorunun tüm hızlarda kontrol edilebilmesini sağlamaktadır. Bu teknoloji sayesinde ortalama % 10 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Ayrıca EC motor sistemlerinde daha düşük ses seviyeleri söz konusudur [9].

2.6. Hava Kaçaklarının Kontrolü

Bir birimin ısını kaybedeceği ya da nem muhtevasının etkileneyeceği en basit yol; kapı ve pencerelerden gerçekleşen hava sızıntısı, dış ortama açık duvar, tavan ve döşemelerden, ısıtma kanallarından gerçekleşen ısı ve nem transferleridir. Kullanıcı kapı ve pencerelerden gerçekleşen hava sızıntısı için uygun conta ve fitil kullanarak kendi imkânlarıyla gerekli tedbirleri alabilir. Ayrıca hava sızıntısını azaltmak için kanalların, kapı ve pencerelerin iyi ayarlanması, fitil ve conta ile sızdırmazlıklarının sağlanması gerekmektedir. Duvarlar, döşemeler ve tavanlarda özellikle tesisat borularının ya da elektrik tellerinin geçtiği yerlerden hava sızıntısına sebep olan boşluklar tamir edilmelidir. Isıtma/soğutma sistemlerinin birçoğunda kompresörler en çok enerji harcayan ekipmanların başında gelmektedir. Kompresörler, kurutucular ve diğer destek ekipmanlarının bir yıllık çalışma maliyetleri toplam yıllık ödenen elektrik faturasının % 70'ini oluşturmaktadır Basıncılı hava sisteminde oluşacak muhtemel bir arıza birçok tesiste üretimin durmasına sebep olmaktadır. Çeşitli çalışmaların gösterdiğine göre, üretilen basınçlı havanın yaklaşık % 25'i sızıntılar nedeniyle kayıp olmaktadır. Örneğin yılda 4000 saat çalışan bir kompresörün basınçlı hava hattındaki bulunan 5 mm'lik bir kaçak yerinden yılda 4380 TL'lik bir maddi kayıp söz konusu olmaktadır[10].

2.7. Yalıtım

Termal yalıtım enerji verimliliğinin söz konusu olduğu bütün sistemlerin dizaynında önemli bir rol oynamaktadır. Birçok birim çatı, duvar, tavan ve döşeme, temel ve toprak teması yerlerinden kışın büyük oranda ısı kayıp, yazın büyük oranda ısı kazanç yaşayabilir. Binalarda iyi yalıtılmış bir çatı yıllık ısıtma/soğutma sistemlerinde %30'dan daha fazla bir tasarruf sağlayabilmektedir. Dış duvarların uygun yalıtımı sonucu bu tasarruf oranı %20 civarındadır. Standartlara uygun olarak bir binaya yapılan yalıtım uygulamasıyla yıllık ısıtma ihtiyacında yaklaşık yüzde 60'lık azalma hesaplanmıştır [11,12].

2.8. Isı Geri Kazanım Sistemleri ve Kazanlarda Termal Verimin Artırılması

Isıtma/soğutma sistemlerinde birçok uygulama sonucunda atık ısı meydana gelir ve bu atık ısı atmosferde atılmadan önce işletmede farklı faydalı amaçlar için kullanılması ile önemli miktarlarda enerji ve para tasarrufu sağlanabilir. Bir örnek vermek gerekirse, elektrik tüketimini azaltmak için, kompresörler bazen doğrudan hava ile bazen de su, yağ gibi bir sıvının etrafından dolaştırılmasıyla soğutulurlar. Su veya yağ tarafından kompresörden alınan ısı bir sıvı-hava ısı değiştiricisi ile atmosfere atılır. Atılan bu ısı miktarı kompresörde harcanan işin % 60'ı ile %90'ı arasında değişir. Bu atık ısı, kış aylarında ortamın ısıtılması, kazanda hava veya suyun ön ısıtılması veya işletmede diğer faydalı bir amaç için kullanılabilir. Örneğin 110 kW gücünde bir kompresörün gücünün % 60'ının atık ısı olarak atıldığı varsayılırsa 66 kW'lık bir ısıtıcının vereceği bir ısı faydalı amaçlar için kullanılabilir. Çoğu birimde enerjinin önemli miktarını kazanlar tüketmektedir. Bu nedenle kazanların çalışması optimize edilerek önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanabilir. Bu sistemlerde yapılacak küçük iyileştirmelerin enerji tüketim ve enerji maliyetlerindeki azalmada önemli yansımaları olabilir. Sabit bir kazan ısı çıkışı oranı için, yanma veriminde olacak her % 1'lik bir artış, % 1'lik bir yakıt tasarrufu demektir. Bazı kazanlarda sistem gereği devamlı blöf yapılır. Bu tür kazanlarda ısı geri kazanım sistemleri uygulanarak blöfden dolayı meydana gelen enerji kayıpları minimize edilebilir [13].

2.9. Yüksek Verimli Aydınlatma ve Güç Faktörü

Binaların ve değişik işletmelerin elektrik tüketiminde aydınlatmanın payı oldukça düşüktür. Ancak bazı sektörlerde bu oran toplam enerji tüketiminde önemli miktarlara çıkmaktadır. Aydınlatma yükünün çok az olduğu yerlerde bile, enerjide önemli bir tasarruf sağlanabilir. Aydınlatma, ABD'de konutlarda

kullanılan enerjinin % 7'sini, ticari binalarda ise % 25'ini oluşturmaktadır. Akkor flamanlı ampullere göre; flüoresanlar yaklaşık % 50, kompakt flüoresanlar ise % 80 daha az enerji tüketmektedir. Düşük güç faktörü tesisin dağıtım şebeke kayıplarını daha da artırmaktadır. Bu nedenle, tesiste ana kullanıcıların yakınına da kondansatör yerleştirmek elektrik tüketiminde tasarrufa sebep olmaktadır [14].

2.10. Gürültü Kontrolü

Ses problemleri büyük çoğunlukla iyi tasarlanmayan sistemlerde ve fan, kompresör ve pompa seçimlerinde yapılan hatalardan kaynaklanmaktadır. Bazı klima sistemleri tasarımları gereği potansiyel bir ses problemi oluştururlar. Oda tipi klimalar ve su kaynaklı ısı pompaları genellikle gürültü dezavantajına sahiptirler. Bazı yeni modern sistemlerde kanat şekli ve ağırlığı üzerinde yapılan tasarımlar sonucu daha yüksek performans ve daha düşük seviyeleri elde edilmiştir. Bu sistemlerde fan hızı ve kompresör frekansı kontrol altında tutularak ses seviyeleri minimize edilebilir.

2.11. Otomatik Kontrol

Kontrolün gerekliliği her klima sisteminde performansın optimize edilmesi ve işletim maliyetinin azaltılması bakımından son derece önemlidir. Klima sistemini uygun olmayan bir kontrol ile çalıştırmak pahalıya mal olabilir. Bu nedenle her sistemin ihtiyaç duyduğu kontrol derecesinin belirlenmesi önemlidir. Geliştirilen yeni modern sistemleri çok geniş bir kontrol sistemine sahip olup, ihtiyacı karşılayacak şekilde bireysel kontrol sistemlerine sahiptir. Klima cihazları değişik hacimlere sahip odalar, insan sayısı, iklimsel değişiklikler gibi pek çok faktöre cevap verebilir olmalıdır. Yani uygulama hangi koşullarda gerçekleştirilirse gerçekleştirilsin klima sisteminin optimum kontrolü önemlidir ve sürekli konforlu bir ortamı enerji ve maliyette tasarruf ile sağlamalıdır. Bir klima sistemi uygun otomasyon sistemi ile kontrol edildiği takdirde %5'lik bir tasarruf sağlanabilir [15].

2.12. Performans Faktörleri

Isıtma/soğutma sistemlerinde en çok kullanılan ısı pompası sistemlerinin enerji verimliliği bakımından değerlendirilmesi bu tip sistemler için tanımlanmış performans faktörleriyle ifade edilmektedir. Isı pompası ve soğutma sistemleri için etkinlik katsayısı (COP) ve soğutma etki katsayısı (SEK) ifadeleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. , Bu faktörler sistemin kW soğutma yada ısıtma başına ürettiği enerjinin, toplam çektiği enerjiye oranı şeklinde tanımlanmıştır. Kıyaslama amaçları için kullanıldığı zaman, COP ne kadar büyükse, sistem o kadar çok verimlidir. Isı pompaları düşük dış hava sıcaklıklarında daha az verimlidir. COP, dış hava sıcaklığının değeri düştükçe azalır. Klima sistemlerinin ve ısı pompalarının üzerine enerji verimlilik oranının (EVO veya EER) değeri bulunması bir zorunluluktur (EER ne kadar yüksek ise, sistem o kadar verimlidir. EER Amerika standartlara göre minimum 9'dur. EER tanımı gereği COP'un 3,412 katıdır. Bu tip sistemler için kısaca IMPF veya HSPF ile gösterilen ve Isıtma Mevsimsel Performans Faktörünü ifade eden bu faktörler tüm ısıtma sezonu boyunca, ısı pompasıyla verilen ısı enerjisinin, elektrik enerjisi tüketimine oranını ifade etmektedir. Isıtma mevsimsel performans faktörü, günümüz ısı pompası teknolojisiyle, 2' den daha yüksektir. Bu faktör genelde 17 kW'tan az olan ısı pompalarında kullanılır. HSPF birimi Btu/Wh 'dır. Bugün itibariyle, IMPF = 7.5 veya daha fazlası yüksek verimli olarak değerlendirilir, günümüzde kullanılan en yüksek HSPF verimi 10'dur. Mevsimsel Enerji Verimlilik Oranı (SEER) ısı pompası sisteminin ortalama yıllık soğutma verimini belirlemek için kullanılır. SEER; EER ile benzerdir. Hava kaynaklı bir cihaz SEER ve jeotermal kaynaklı bir cihaz ise, EER ile değerlendirilir [16].

2.13. Emniyet

Birimlerde kullanılan ısıtma sistemlerinin neden olduğu sınırlı sayıdaki ölüm yada kaza yakıt kullanımına engel teşkil etmemektedir. Tüm ısıtma ekipmanlarının neden olduğu yangın ve ölümler birimlerde oluşan yangınların ellide birinden daha az olduğu hesaplanmıştır. Bu tip sistemlerde oluşan yangınların çoğu portatif birim ısıtıcılarından ve bacalardan kaynaklanmaktadır [17].

2.14. Çevre ve Sağlık Etkisi

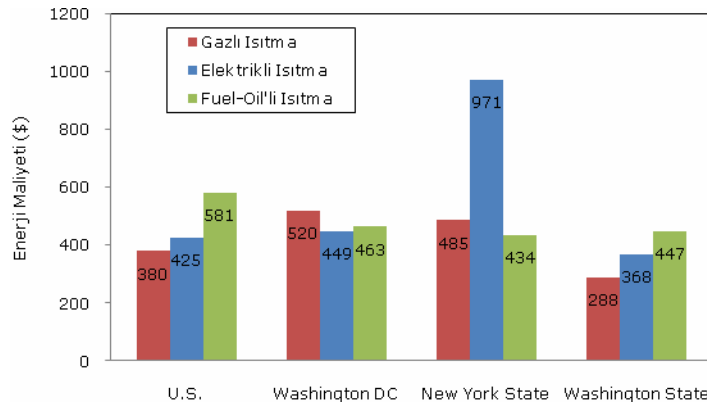
Teknik şartlara uygun tarzda işletilen sistemler kullanıcı bakımından hemen hemen bir risk taşımamaktadır. Bununla beraber bazı istenmeyen problemler oluşabilir. Baca gazlarının emniyetli bir şekilde bacadan atılması ve ortamın yeterince havalandırılması gerekmektedir. Sistemim bulunduğu mahalde uygun özellikte emniyet cihazlarının bulundurulması ve sistemin işletilmesinde kalifiye elemanların kullanılması gerekmektedir. Isıtma santrallerinde gerçekleşen yanmanın ideal şartlarda olması çevre kirliliğinin azaltılması bakımından önemli yer tutmaktadır. Doğalgazlı sistemler diğer yakıt türlerine göre daha temiz bir baca emisyonuna sahiptir [18].

3. ISITMA/SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE YAKIT MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Isıtma/soğutma sektöründe ısınma, soğutma, buhar, sıcak su veya soğu ihtiyacını karşılamak için çeşitli enerji kaynakları kullanılmaktadır. Bu yakıtlar arasında yerli linyit ve ithal kömür, doğalgaz, ağır fuel-oil, hafif fuel-oil (kalerifer yakıtı), LPG, motorin ve elektrik sayılabilir. Enerji kaynaklarının birbirine göre enerji tasarrufu potansiyelleri ve buna bağlı olarak ekonomiklikleri yakıtın birim fiyatına, yakıtın ısı değerine ve yakıtın yakıldığı kazan ve brülörün verimine bağlıdır. Yakıt fiyatları çeşitli nedenlere bağlı olarak sürekli değiştiği için farklı yakıtları kullanan sistemlerin karşılaştırılması sürekli olarak tekrarlanmalıdır.

Klasik bir verimsiz ısıtma/soğutma sistemi yeni ve verimli biriyle değiştirildiği zaman enerji faturalarında önemli oranda azalmalar görülecektir. Klasik bir ısıtma/soğutma sisteminin yüksek verimli yeni modeliyle değiştirmenin en doğru kriteri kullanıcının yıllık enerji faturalarında ne kadarlık bir tasarrufun sağlanacağı düşüncesinde yatmaktadır. Aynı zamanda alınacak yeni sistemin kaç yılda kendini amorti edeceğine yani payback periyoduna dikkat edilmelidir. Örneğin yüzde 50 verimli eski bir ünitenin veriminin yüzde 78 gibi standart verime yükseltilmesiyle yıllık sağlanacak tasarruf yıllık yakıt faturalarının her bir 100 doları için 36 dolar civarında olacağı hesaplanmaktadır. Şayet yıllık faturanın 400 dolar ve yeni ünitenin maliyetinin 2000 dolar olduğu ön görülürse kendini amorti etme süresi yaklaşık 14 yıldır. Yüzde 95 verime sahip en yeni ünitelere geçerek yıllık yakıt faturalarında her bir 100 dolar için 47 dolar civarında olmaktadır. Şayet yeni ünite 2500 dolar ise onun payback periyodu 13 yıl civarındadır [19,20].

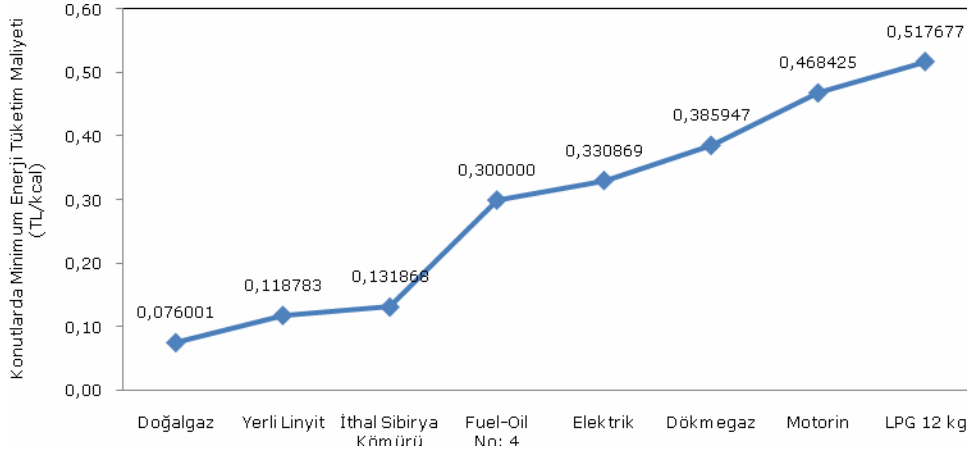
Şekil 1'de gösterildiği gibi enerji maliyetleri bölgeden bölgeye farklılık arz etmektedir. Şekil 1'e dikkat edilirse doğalgazlı ısıtma diğer yakıt türlerine göre genel olarak daha düşüktür.



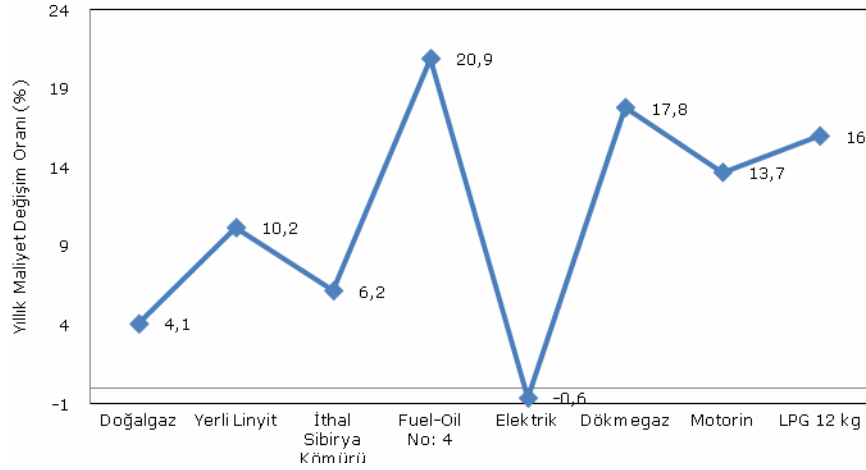
Şekil 1. ABD'de bulunan yoğun nüfusa sahip üç özel bölge için elde edilen ısıtma faturaları

Şekil 2'de Temmuz 2011 Tarihi itibariyle Türkiye de konutlarda kullanılan çeşitli yakıtlar için minimum enerji tüketim maliyetleri gösterilmiştir. Şekil 2'ye dikkat edilirse her bir yakıt için evsel tüketim halinde 1 kcal'lik bir enerji üretiminin TL cinsinden ortalama maliyetleri grafiksel ortamda karşılaştırılmıştır. En düşük maliyet 0,076001 TL/kcal ile doğalgaz olurken en yüksek maliyet LPG yakıtında elde edilmiştir.

Şekil 3'de ise Temmuz 2011 Tarihi itibariyle Türkiye de konutlarda kullanılan çeşitli yakıtlar için yıllık minimum maliyet değişim oranları karşılaştırılmıştır. Yıllık bazda en düşük maliyet artışı-%0,6 ile elektrik enerjisinde yaşanırken en büyük değişim %20,9 ile 4 nolu fuel-oil yakıtında görülmüştür. Şekil 4'te Temmuz 2011 tarihi itibariyle Türkiye'de konutlarda kullanılan çeşitli yakıtlar için maksimum enerji tüketim maliyetlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. En düşük yıllık maliyet doğalgaz için 0,097382 TL/kcal elde edilirken en yüksek değer LPG için 0,517677 TL/kcal elde edilmiştir. Şekil 5'de Temmuz 2011 tarihi itibariyle Türkiye'de konutlarda kullanılan çeşitli yakıtlar için yıllık maksimum maliyet değişim oranları gösterilmiştir. Yıllık maliyet artışı en düşük elektrik enerjisi için -%0,6 elde edilirken en yüksek yıllık artış yine %20,9 ile LPG yakıtı için elde edilmiştir. Şekil 6'da Temmuz 2011 tarihi itibariyle Türkiye'de konutlarda kullanılan çeşitli yakıtlar için maksimum enerji tüketim maliyetleri verilmiştir. En düşük artış 0,097382 TL/kcal ile doğalgaz olurken en yüksek artış 0,517677 TL/kcal ile LPG olmuştur. Şekil 7'de Temmuz 2011 tarihi itibariyle Türkiye'de konutlarda kullanılan çeşitli yakıtlar için yıllık maksimum maliyet değişim oranları verilmiştir. En düşük artış -%0,6 ile elektrik enerjisinde gerçekleşirken en yüksek artış %20,9 ile 4 nolu fuel-oil de yaşanmıştır. Şekil 8'ye dikkat edilirse her bir yakıt için sanayide tüketim halinde 1 kcal'lik bir enerji üretiminin TL cinsinden ortalama maliyetleri grafiksel ortamda karşılaştırılmıştır. En düşük maliyet 0,064431 TL/kcal ile doğalgaz olurken en yüksek maliyet LPG yakıtı için 0,455592 TL/kcal elde edilmiştir. Şekil 9'da ise Temmuz 2011 Tarihi itibariyle Türkiye de sanayide kullanılan çeşitli yakıtlar için yıllık minimum ortalama maliyet değişim oranları karşılaştırılmıştır. Yıllık bazda en düşük maliyet artışı-%0,6 ile elektrik enerjisinde yaşanırken en büyük değişim dökme gaz için %29,1 olarak hesaplanmıştır. Şekil 10'da Temmuz 2011 tarihi itibariyle Türkiye'de sanayide kullanılan çeşitli yakıtlar için maksimum ortalama enerji tüketim maliyetlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. En düşük yıllık maliyet doğalgaz için 0,078014 TL/kcal elde edilirken en yüksek değer LPG için 0,45592 TL/kcal elde edilmiştir. Şekil 11'de Temmuz 2011 tarihi itibariyle Türkiye'de sanayide kullanılan çeşitli yakıtlar için yıllık maksimum ortalama maliyet değişim oranları gösterilmiştir. Yıllık maliyet artışı en düşük elektrik enerjisi için -%0,6 elde edilirken en yüksek yıllık artış yine %9,1 ile 6 nolu fuel-oil yakıtı için elde edilmiştir [21,22].



Şekil 2. Temmuz 2011 Tarihi itibariyle Türkiye de konutlarda kullanılan çeşitli yakıtlar için minimum enerji tüketim maliyetlerinin karşılaştırılması



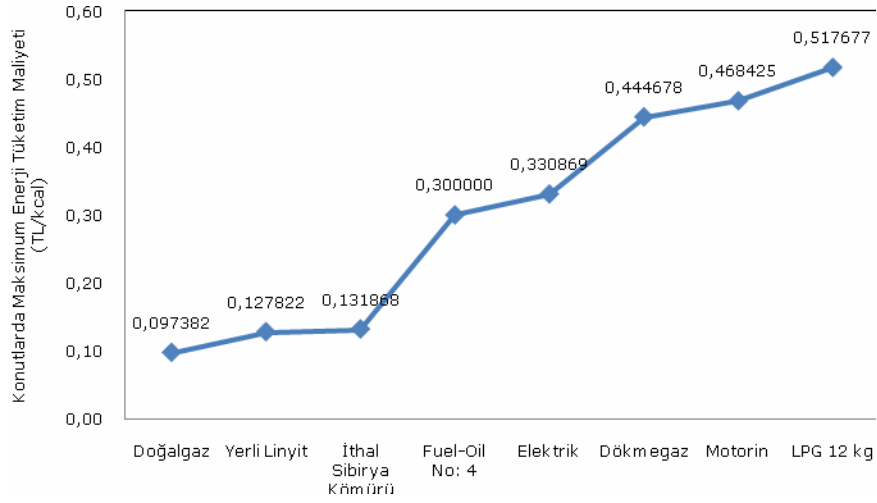
Şekil 3. Temmuz 2011 Tarihi itibarıyla Türkiye de konutlarda kullanılan çeşitli yakıtlar için yıllık minimum maliyet değişim oranlarının karşılaştırılması

3.1. Fuel-Oil’li Isıtma

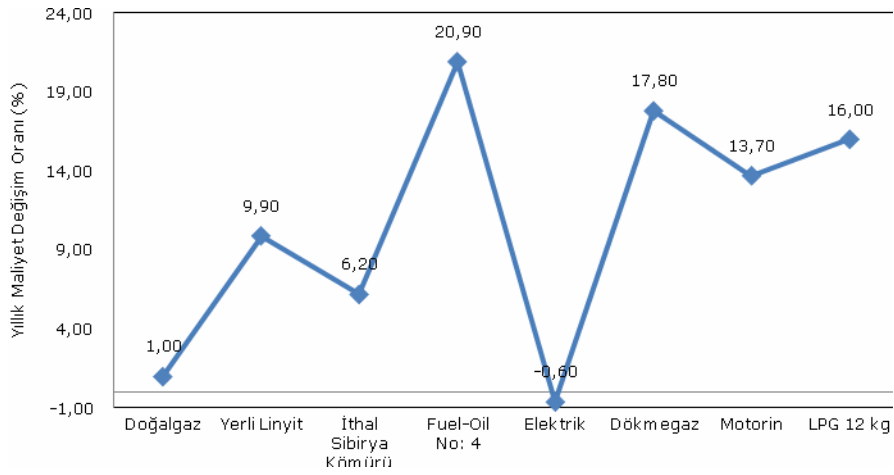
Fuel-oil’le çalışan yeni modern fırınların yıllık verimleri yüzde 78’den yüzde 86’ya, boilerlerin verimleri ise yüzde 89’a yükselmiştir. Fuel-oil’le çalışan yüzde 85 verimli bir fırının yaklaşık 2500 dolarlık bir maliyeti vardır. Soğuk iklimlerde yaşayan kullanıcıların fuel-oil’li fırınları yüzde 65 verime sahiptir ve 976 dolarlık yıllık ısıtma faturalarında bu eski fırınlarının yerine yüksek verimli bir ünite kullanmaları halinde yılda 230 dolar civarında tasarruf söz konusudur. 2500 dolar maliyetli yeni bir fırının payback periyodu ise 11 yıl civarındadır. Şekil 12’de ABD’de iklimlendirme ve ünite verimliliği bakımından fuel-oil’li ısıtma minimum faturaları gösterilmiştir [23].

3.2. Gazlı Isıtma

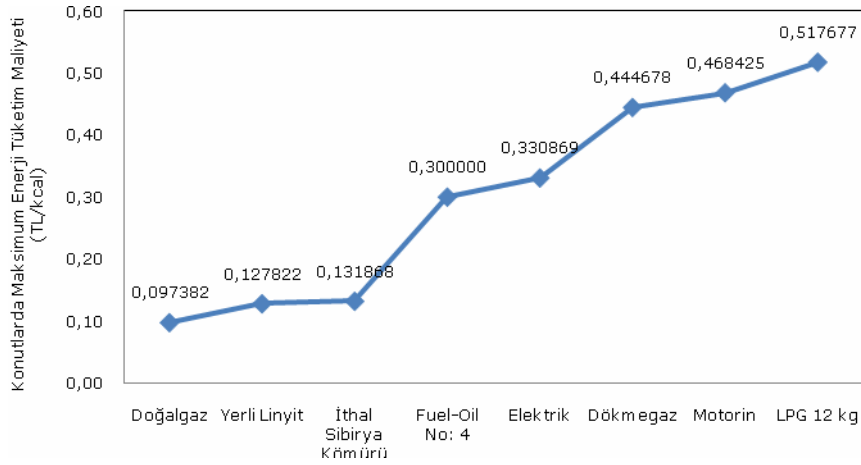
Gazlı birim ısıtması mükemmel yanma şartlarından ve geliştirilen yüksek verimli cihaz teknolojilerinden dolayı en popüler yakıt formasyonunu teşkil etmektedir. Bu özelliğinden dolayı gazlı ısıtma her geçen gün hızlı bir şekilde yaygınlaşmaktadır. Bu sektörde uzman kişilerce yapılan öngörülere göre sıvı ya da katı yakıtlı eski tip fırınların yüksek verimli ve gazlı yeni modelleriyle tamamen değiştirilmesi uzun zaman alacaktır. Bilindiği gibi yeni doğalgazlı fırınlar fuel-oil’li ünitelerden çok daha yüksek bir verime sahiptirler. Ayrıca %85 oranında ortalama yakıt kullanım verimine sahip bu tip fırınlar klasik fırınlara göre oldukça ekonomik işletme şartları sunmaktadırlar. Bu fırınlarda bir ısı geri kazanım metodu olan baca ısısından faydalanılmakta ve mevcut verim %95’e ulaşmaktadır. Böyle %95 lik bir verime sahip bir fırının maliyeti yaklaşık 2800\$’dır. Soğuk iklimlerde yaşayan kullanıcıların çoğu eski tip ve verimi %65 olan fırınlar kullanmaktadır. Bu kullanıcıların yıllık ısıtma faturaları 985\$ civarındadır. Bu kullanıcılar yapılan teşvikler sonucu eski fırınlarını yüksek verimli yeni gazlı modellerle değiştirmişler ve yıllık tasarrufları 311\$’a ulaşmıştır. Sonuçta yüksek verimli yeni bir gazlı fırın için geri ödeme süresi olan payback periyodu 9 yıl olarak hesaplanmıştır. Şekil 12 ve Şekil 13’de sırasıyla ABD’de iklimlendirme ve ünite verimliliği bakımından minimum ve maksimum fuel-oil’li ısıtma faturalarının değerleri gösterilmiştir [24].



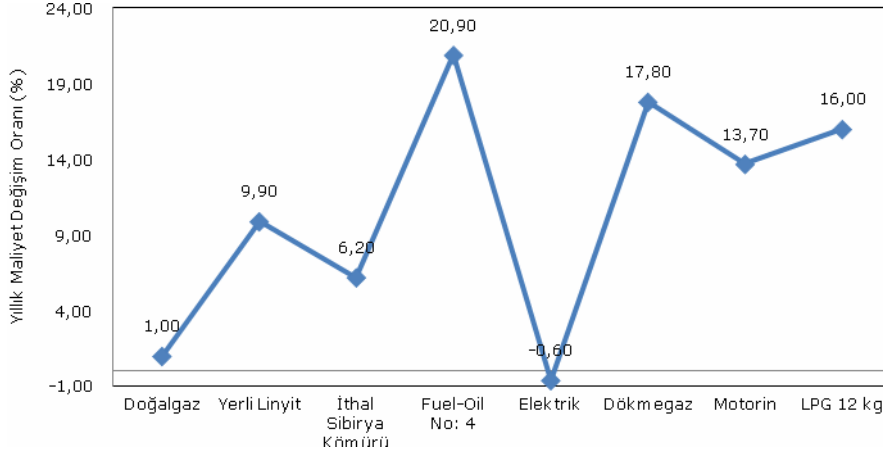
Şekil 4. Temmuz 2011 Tarihi itibariyle Türkiye de konutlarda kullanılan çeşitli yakıtlar için maksimum enerji tüketim maliyetlerinin karşılaştırılması



Şekil 5. Temmuz 2011 Tarihi itibariyle Türkiye de konutlarda kullanılan çeşitli yakıtlar için yıllık maksimum maliyet değişim oranlarının karşılaştırılması



Şekil 6. Temmuz 2011 Tarihi itibariyle Türkiye de konutlarda kullanılan çeşitli yakıtlar için maksimum enerji tüketim maliyetlerinin karşılaştırılması



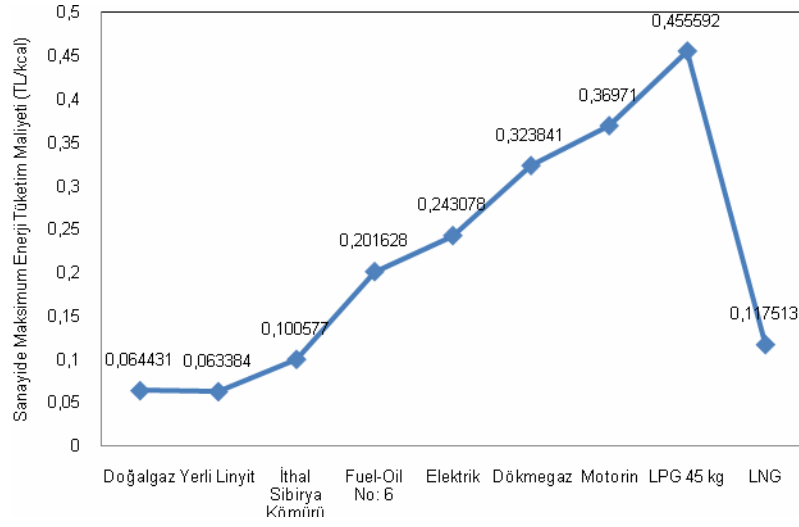
Şekil 7. Temmuz 2011 Tarihi itibariyle Türkiye de konutlarda kullanılan çeşitli yakıtlar için yıllık maksimum maliyet değişim oranlarının karşılaştırılması

3.3. Elektrikli Isıtma

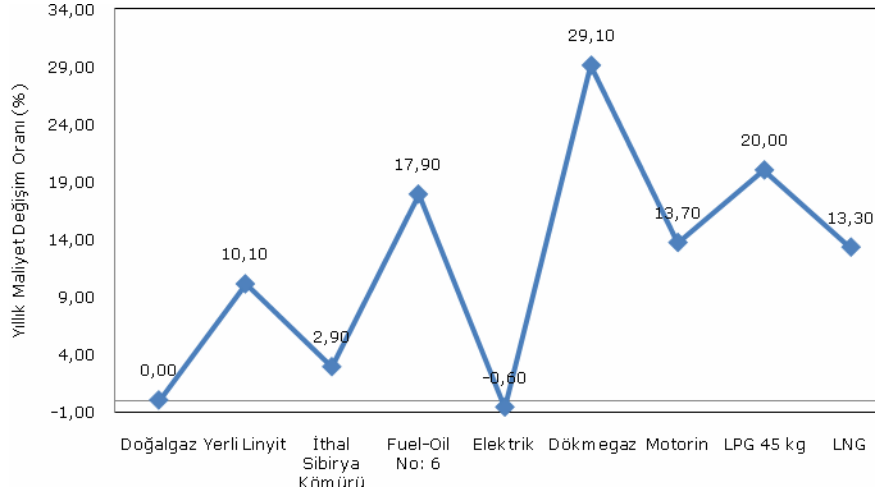
Elektrikli ısıtma iki türlü yapılmaktadır. Biri elektrik direnç ısıtması, diğeri elektrikli ısı pompalarıdır. Elektrikli direnç ısıtıcıları genellikle en pahalı ısıtma tarzıdır. Ancak bu tip ısıtıcılar ısıl gereksinimi daha az olan iklim bölgeleri için tavsiye edilmektedir. Çünkü elektrikli fırınların ya da döşeme altı ısıtıcıların montajı diğer tiplere göre genellikle daha ekonomik olmaktadır. Elektrikli fırınının verimi %100'e yakındır. Çünkü elektrik enerjisinin hemen hemen tamamı faydalı ısıya çevrilebilir. Aslında güç şirketi tarafından üretilen elektriğin düşük verimi ve tüketiciye kayıplı iletim hesaba katılmalı ve primer verimin yüzde 33 civarında olduğu hatırlanmalıdır.

Isı pompaları için standart verim 6,8 dir. En verimli ısı pompaları 10 ya da daha fazla HSPF'ye sahiptir. Toprak kaynaklı ısı pompalarının HSPF değerleri 14 ya da daha fazla olmaktadır. En verimli ısı pompalarının montajı ısı pompası ve hava damperleri dâhil kanal maliyetleri hariç 900\$ civarındadır. Hali hazırda kullanılan eski model ısı pompasının yerine bu tip ısı pompaları seçilirse ılıman iklimlerde en pahalı elektrik kullanılsa bile yılda 187\$'lık bir tasarruf yapma imkânı doğmaktadır. Isı pompalarının işletme maliyetleri kışın havanın soğukluk derecesine bağlı olarak değişmektedir.

Şekil 14'de iklimlendirme ve ünite verimliliği bakımından elektrikli ısıtma minimum faturaları gösterilmiştir [25].

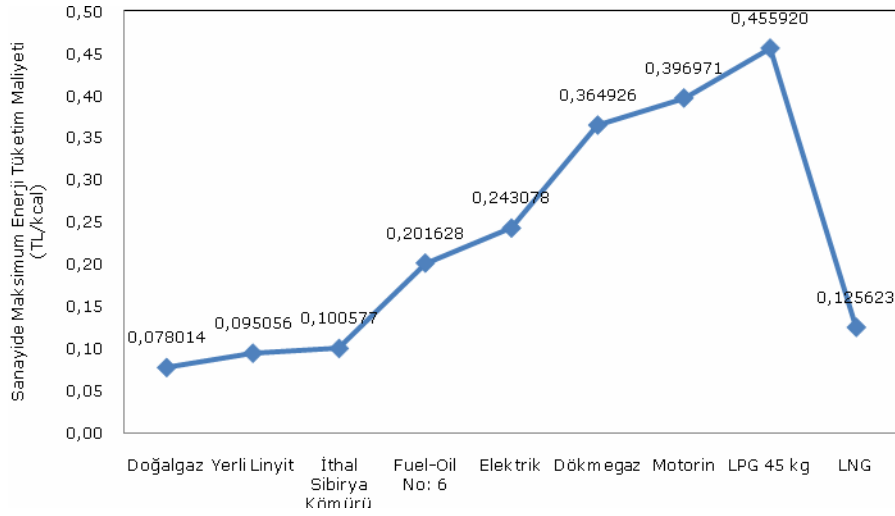


Şekil 8. Temmuz 2011 Tarihi itibariyle Türkiye de sanayide kullanılan çeşitli yakıtlar için minimum enerji tüketim maliyetlerinin karşılaştırılması

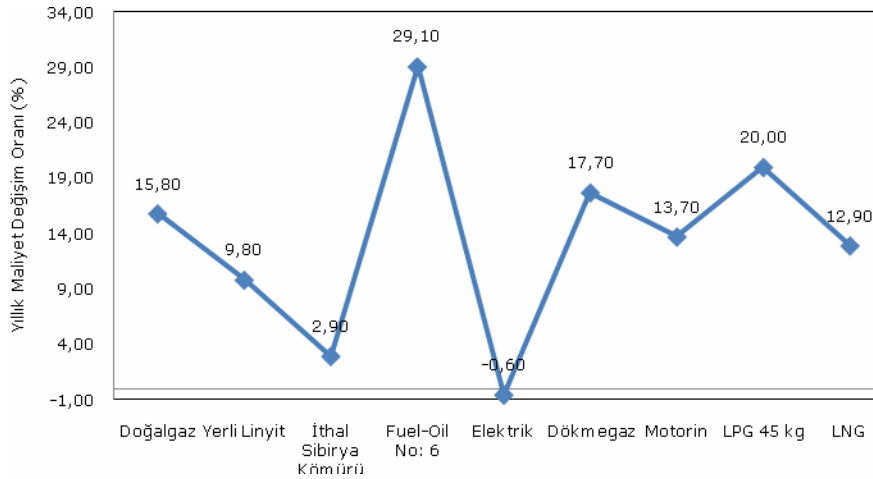


Şekil 9. Temmuz 2011 Tarihi itibariyle Türkiye de sanayide kullanılan çeşitli yakıtlar için yıllık minimum maliyet değişim oranlarının karşılaştırılması

Şekil 14 ve Şekil 15'de gösterilen ısı pompası maliyet oranlarına bakılırsa ısıyı yedekleme etkisi görülmemektedir ve bu yüzden bir ısı pompası sistemi için toplam işletme maliyeti olduğundan daha küçük görünmektedir. Isı pompası genellikle yedek bir ısı kaynağına sahiptir ve dış ortam sıcaklığı donma noktasının altına düştüğü zamanlarda otomatik olarak devreye girmektedir. Yedek ısı kullanımının pahalılığı nedeniyle soğuk iklimlerdeki çok az evde ısı pompası kullanılmaktadır. Bununla beraber toprak kaynaklı ısı pompaları ki onların ısı kaynakları olan toprak son derece güvenli ve kararlıdır soğuk havalara daha az elverişlidir ve ülkenin daha kuzey eyaletlerinde daha iyi bir seçim olarak lanse edilmektedir.



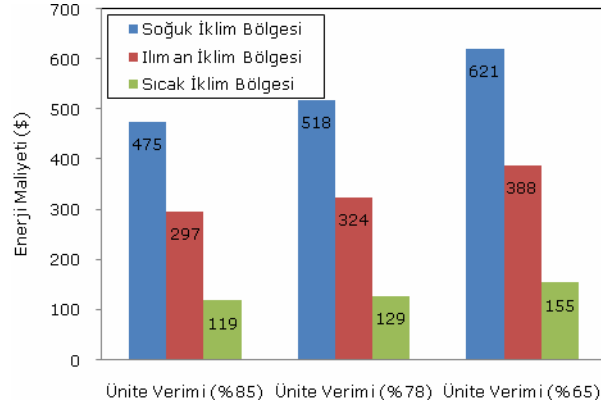
Şekil 10. Temmuz 2011 Tarihi itibariyle Türkiye de sanayide kullanılan çeşitli yakıtlar için maksimum enerji tüketim maliyetlerinin karşılaştırılması



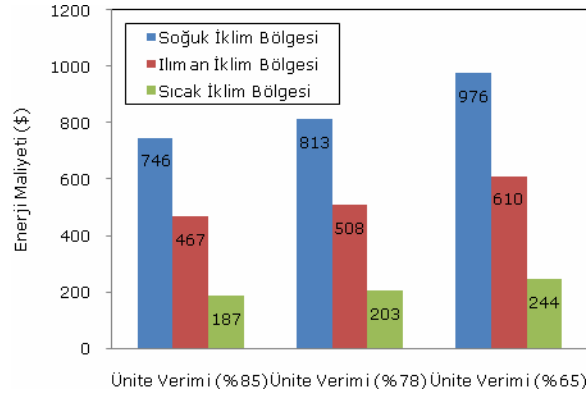
Şekil 11. Temmuz 2011 Tarihi itibariyle Türkiye de sanayide kullanılan çeşitli yakıtlar için yıllık maksimum maliyet değişim oranlarının karşılaştırılması

Isı pompalarının yedek ısı kaynağı genellikle elektrikli direnç ısıdır. Bu yedek ısı kaynağı eski bir fırında olabilir. Elektrik yedek ısı sistemin maliyetini önemli oranda artırabilir. Çünkü elektrikli fırın normal bir ısı pompasını işletmek için ihtiyaç duyulandan çok daha fazla yaklaşık iki kat kadar bir maliyete sahiptir. Mevcut bir fuel-oil'li ya da gazlı fırını yedek ısı kaynağı olarak kullanırsak maliyet daha da azaltılmış olacaktır [26].

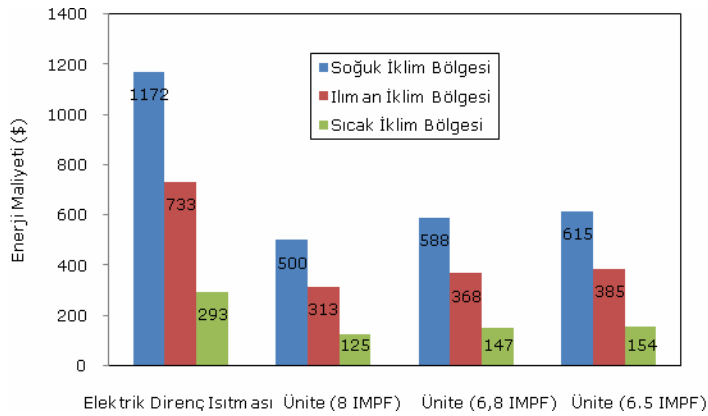
Şekil 16'ya bakılırsa, Nisan 2011 tarihi itibariyle Erzurum'da konutlarda kullanılan yakıt maliyetlerinin karşılaştırılması görülecektir. Enerji maliyeti ısınma amaçlı kullanımda en yüksek değer 4384 TL ile elektrik enerjisinde elde edilirken en düşük değer 1264 TL ile doğalgaz için elde edilmiştir. Sıcak su ve mutfaktaki tüketim için 1440 TL ile en yüksek değer hem kömürlü hem de sıvı yakıt için ortaya çıkmıştır. 152 TL ile en düşük değer doğalgaz için bulunmuştur. Olaya toplam maliyet açısından bakılırsa 5824 TL ile en yüksek elektrikli sistemler için elde edilmekte, bunu 3215 TL ile kömürlü sistemler takip etmekte ve en düşük değer ise burada 1416 TL ile doğalgaz için elde edilmiştir [27].



Şekil 12. İklimlendirme ve ünite verimliliği bakımından fuel-oil'li ısıtma minimum faturaları



Şekil 13. İklimlendirme ve ünite verimliliği bakımından maksimum fuel-oil'li ısıtma faturaları



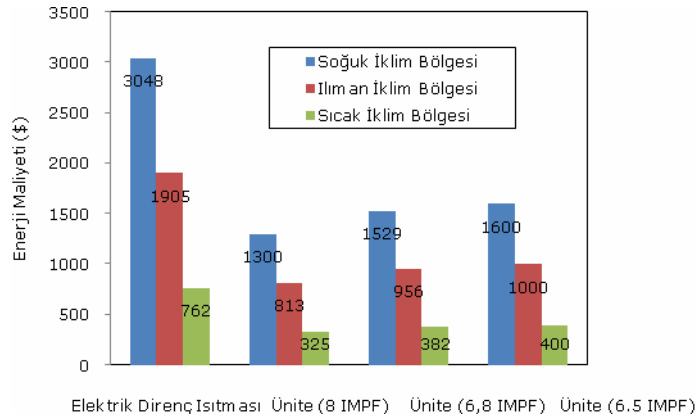
Şekil 14. İklimlendirme ve ünite verimliliği bakımından elektrikli ısıtma minimum faturaları

3.4. Klima

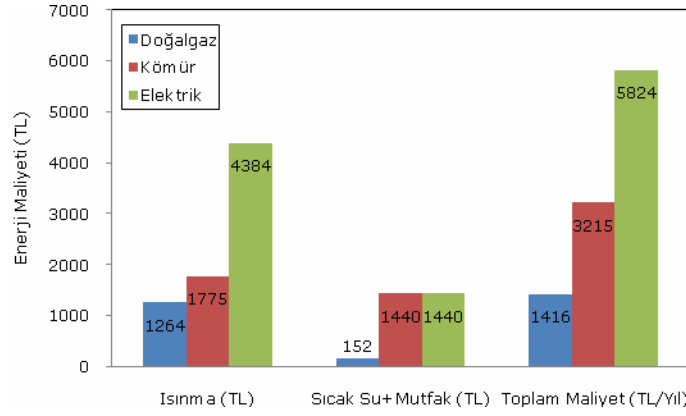
Genel olarak daha sıcak iklim bölgeleri için klimalı sistem ısıtma sistemleri içinde en elverişli sistem modu olarak kabul edilir. 1990'da en soğuk iklimlerde bulunan kullanıcıların sadece %25'i, en sıcak bölgelerde ise kullanıcıların %60'ı merkezi klima sistemi kullanmaktaydı. Uzmanların öngörülerine bakılırsa bu tip klasik klima sistemleri de ısı pompaları gibi ortalama 12 yıllık bir sürede işletmede kalabilmektedir. Merkezi klima ve ısı pompaları için SEER standardı 10 dur. Ancak birçok ünite bu rakam 16'yı aşmaktadır. Çünkü SEER çekilen ya da atılan ısının kullanılan elektrige oranıdır ve bir elektrik birimine karşılık 3,4 ısı birimi üretilmektedir. 10 değerindeki SEER ki bu standart bir değerdir bu sistemin tükettiği elektrik enerjisine karşılık 3 kat daha fazla ısı çektiği anlamına gelmektedir.

Daha yüksek verimli sistemler sezonsal maliyetlerin önemli oranda düşmesi sağlanabilir. Örneğin SEER değeri 8,6 olan eski bir klima sisteminin SEER i 13 olan yenisiyle değiştirilmesiyle eski soğutma faturalarında 1/3 oranında bir tasarruf sağlanacaktır. Bir ısı pompası ya da klima sisteminin kapasitesi ton soğutma kapasitesiyle ölçülmektedir ki bu da bir günde eritilen bir ton buza eş değerdir. Soğutma uzmanları bu kapasitenin mümkün olduğunca küçük olması gerektiğini önermektedirler. Çünkü sistem en sıcak hava şartlarında ki yüklerde sürekli olarak daha verimli şartlarda çalışacak ve nem giderme işlemi daha etkili yapılmış olacaktır. Aksi takdirde aşırı kapasiteye sahip bir sistem nemi istenilen orana getirmeden önce oda soğuyabilir ve oda konfordan uzaklaşır.

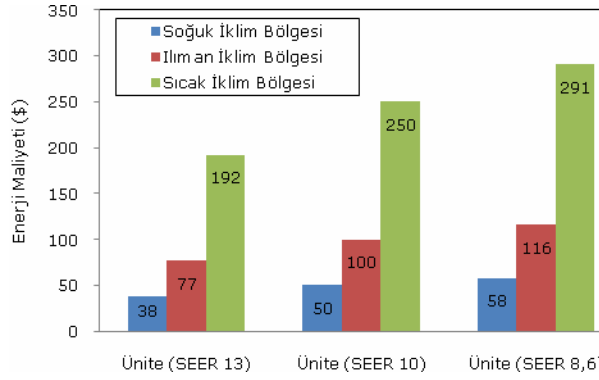
Bugün Avrupa'da tüketilen enerjinin %41 gibi önemli bir kısmı binalarda tüketilmektedir. Klima sektörü de %33'lük oranla gene Avrupa'da en büyük enerji tüketen kesimi oluşturmaktadır. Alan ısıtması ve sıcak su ısıtması en büyük payı alırken konfor soğutmasında da önemli artışlar gözlemlenmektedir. Alan ısıtması, sıcak su ısıtması ve konfor soğutmasında kullanılan ekipmanlar için etkili bir enerji verimliliği iyileştirmesinin yapılması gerekmektedir. Şekil 17 ve Şekil 18'de ABD'de iklimlendirme ve ünite verimliliği bakımından soğutma faturaları karşılaştırılmıştır [26,28,29].



Şekil 15. İklimlendirme ve ünite verimliliği bakımından elektrikli ısıtma maksimum faturaları



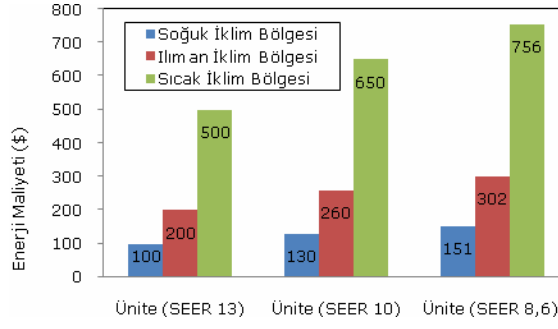
Şekil 16. Nisan 2011 Tarihi İtibariyle Erzurum'da Konutlarda Kullanılan Yakıt Maliyetlerinin Karşılaştırılması



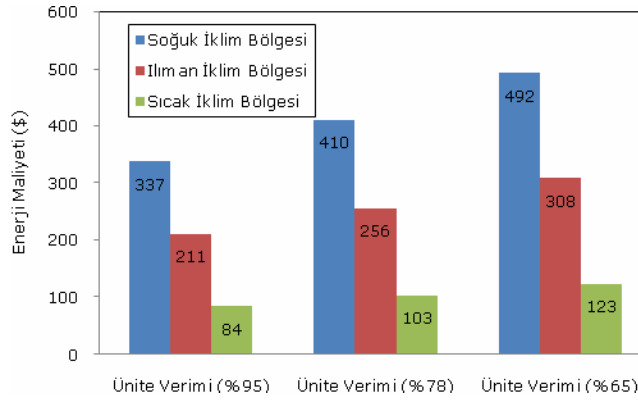
Şekil 17. İklimlendirme ve ünite verimliliği bakımından minimum soğutma faturaları

3.5. Klasik Fuel-Oil'li ve Gazlı Sistemlerin Teknolojik Bakımdan Revize Edilmesi

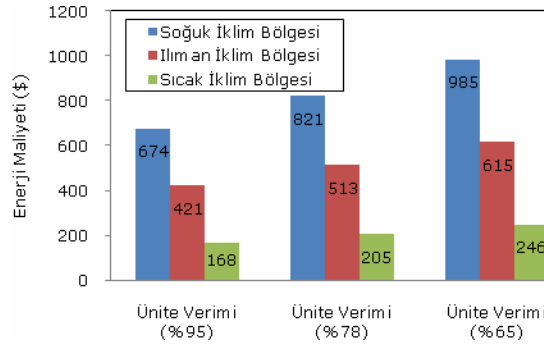
Klasik gazlı ve fuel-oil'li fırın ve boylerlere elektronik ateşleme sistemi ve bir hava damperi eklenerek yapılan basit modifikasyonlarla ısıtma faturalarında önemli azalmalar sağlanabilmektedir. Fuel-oil'li fırın ve boylerlere aynı zamanda yeni ve daha verimli bir brülör monte edilebilir. Elektronik ateşleme bir gazlı sistemde bulunan pilot ışığını ortadan kaldırır. Bunun maliyeti yaklaşık 250\$'dır ve bu revizyonun bedeli sağlanan tasarruf sayesinde kendini 3 ila 6 yıl arasında amorti etmektedir. Bir hava damperinin maliyeti 400\$ civarındadır ve %3 ile %10 arasında ısıtma faturalarında tasarruf sağlayabilir. Şekil 19 ve Şekil 20'de ABD'de iklimlendirme ve ünite verimliliği bakımından revize edilmiş gazlı ve fuel-oil'li ısıtma sistemlerinin maliyetleri karşılaştırılmıştır [30].



Şekil 18. İklimlendirme ve ünite verimliliği bakımından maksimum soğutma faturaları



Şekil 19. İklimlendirme ve ünite verimliliği bakımından minimum gazlı ısıtma faturaları



Şekil 20. İklimlendirme ve ünite verimliliği bakımından maksimum gazlı ısıtma faturaları

SONUÇ

Isıtma/soğutma sistemlerinin enerji verimliliği bakımından optimum koşullarda işletilebilmesi için binalarda periyodik olarak güncellenen ve uzman kişiler tarafından denetlenen bir bina enerji yönetimi ve enerji muhasebesinin olması gerekmektedir. Isıtma/soğutma maliyetlerinin minimize edilmesi için; yapı bileşenlerinde hava kaçaklarına, ısıtmada kayıplara soğutmada kazançlara neden olan yerlerin tamir edilmesi ve uygun conta/fital elemanlarıyla sızdırmazlıklarının mükemmel manada sağlanması

gerekmektedir. Kullanıcı bulunduğu bölgeye göre en uygun yakıt ve sistem seçimini yapmalı, mevcut düşük verimli klasik ünitelerini yüksek verimli yeni modelleriyle değiştirmelidir. Bu modifikasyonlarda ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti, geri ödeme süresi ve çevresel kriterler dikkate alınmalı, ekonomik olmayan modifikasyonlar yerine yeni yüksek verimli modeller tercih edilmelidir.

Ekstrem iklim koşullarının olduğu bölgelerde yakıt faturalarını minimize edebilmek için uygun sistem ve işletme modu devreye alınmalı, ısıtma yükü yüksek soğuk iklim şartlarında ısı pompaları ısıtma amaçlı kullanılmamalı, soğutma yükü yüksek olan sıcak iklimlerde ise ısı pompalarının kullanımı performans kriterleri bakımından daha doğru bir yaklaşım olmaktadır. Doğalgazlı ısıtma/soğutma üniteleri verimlilik, çevre ve maliyet açısından birçok bölgede diğer yakıt türlerine göre daha avantajlı olmaktadır. Yukarıda detaylı olarak irdelenen sonuçlara bakarak Türkiye’de doğalgazlı ısıtma/soğutma ünitelerinin işletmeye alınmasıyla farklı yakıtlara göre çevresel, emniyet, sağlık ve diğer tüm enerji verimlilik kriterleri bakımından daha fazla tasarruf yapma imkânı sağladığı görülmektedir. Doğal gazlı soğutma; soğutma yüklerinin en yüksek olduğu zamanlarda, elektrik sarfiyatını düşürmek suretiyle ticari ve endüstriyel kullanıcıların enerji maliyetlerini düşürmeye yardımcı olmaktadır. Burada işletme maliyetleri; klasik elektrik tahrikli soğutma gruplarına göre %30-60 azaltılabilmektedir. Ekstrem koşullarda kullanıcının artan ısıtma/soğutma faturalarını minimize etmek için satıcı firmaların da satış maliyetlerini mevsimsel yüklere göre tüketiciye en ucuz şartlarda yansımaları sağlamaktadır.

Yeni yapılması düşünülen bir bina ile beraber ısıtma/soğutma sisteminin enerji verimlilik tasarımı yapılırken iklim, gün ışığından maksimum oranda yararlanma ve temiz çevre kavramları tasarımın temel birer kriteri olarak düşünülmelidir. Erken tasarım sürecinde mimari ve mühendislik disiplinlerinin birleştirilmesi sürdürülebilir bir enerji tasarrufu amacını yakalamada önemli bir adımı teşkil etmektedir. Erken tasarım sürecinde alınacak tedbirler ısıtma/soğutma sistemlerinde daha sonra yapılacak modifikasyonları en aza indirerek maliyetlerin minimum düzeyde kullanıcıya yansıtılmasını sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] İman, H., Bahçe, İ.G., Doğalgazlı Soğutma, VII. Ulusal Tesisat Müh. Kong., 65-82, TESKON, 2005.
- [2] Güneş, M.B., Investigation of a fuel cell based total energy system for residential applications, Renewable Energy, 29, pp. 179-195, 2004.
- [3] John D.Pearson, Reducing home heating and cooling costs, SR/EMEU/94-01, 1994
- [4] Keçebaş, A., Kayfeci, M., Alternatif evsel klima sistemlerinin klasik buhar sıkıştırımlı sistemlerle karşılaştırılması, VII. Ulusal temiz enerji sempozyumu, 2008.
- [5] Küçükyalı, R., Merkezi ve bireysel sistemlerde enerji tüketimi, Tesisat Müh. Dergisi, 99, 5-25, 2007.
- [6] Arıoğlu, E., Doğalgaz ve konutlarda enerji tasarrufu, TMMOB Çalışma Raporu 4, 1997.
- [7] Aktacir, M.A., Nacar, M.A., Yeşilata, B., Binalarda enerji verimliliği amaçlı yazılımlar üzerine kısa değerlendirme, X. Ulusal Tes. Müh. Kongresi, 853-861, 2011.
- [8] Energy Information Administration, Annual Energy Outlook 1994, DOE/EIA-0383, Washington DC, 1994.
- [9] Dolun, L., Türkiye’de elektrik enerjisi üretimi ve kullanılan kaynaklar, SA-02-6-18, 2002.
- [10] Brown, Marilyn A., et al., National Impacts of the Weatherization Assistance Program in Single-Family and Small Multifamily Dwellings, ORNL/CON-326, U.S. Department of Energy, Washington DC, 1993.
- [11] DOE/EERE (United States Departments of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy), Buildings energy data book, DOE/EERE/Washington DC, 2003.
- [12] TS 825 - Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği
- [13] Darrow, K. G., Smit, K. L., "Analysis of Residential and Small Commercial Cogeneration Technology," Gas Research Institute, GRI-93/0168 (1993).
- [14] Pontikakis, N., Ruth Douglas, W., "Electrical Residential Water Heating: A Consumption and Conservation Survey," ASHRAE Transactions 100, Iss. 2 74-91 1994.
- [15] Energy Information Administration, "Annual Energy Outlook Supplement Reference Case Forecast (1999-2020)" <http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/supplement/supref.html>, 2000.

- [16] Hepbaşı, A., Hancıoğlu, E., Toprak Kaynaklı ısı pompalarının tasarımı, testi, fizibilitesi, V.Ulusal Tes. Müh. Kongresi ve Sergisi, TESKON, 2009.
- [17] Hall, John R. Jr., U.S. Home Heating Fire Patterns and Trends Through, National Fire Protection Association, 1991.
- [18] U.S. Department of Energy, "Improving The Efficiency of Your Gas Heating System" (Washington, DC, 1993.
- [19] Gas Appliance Manufacturers Association, Consumer's Directory of Certified Efficiency Ratings (Arlington, VA, 1993.
- [20] Yoshitaka Uno, Reiko Kubara, Yoshiyuki Shimoda, Energy saving potential of cooperative operation between district heating and cooling plant and building HVAC systems, Eleventh international IB PSA conference, Scotland, 2009.
- [21] <http://www.thesisat.com.tr>, Konutlarda ve sanayide çeşitli yakıtların karşılaştırılması, 2011.
- [22] Energy Information Administration, Monthly Energy Review, DOE/EIA-0035-94/03, Washington DC, 1994.
- [23] L'Ecuyer, Michael, and others, "Review of Existing and Emerging Space Conditioning Technologies," Space Conditioning: The Next Frontier, Environmental Protection Agency, EPA-430-R93-004, Washington DC, 1993.
- [24] Energy Information Administration, Natural Gas Monthly, DOE/EIA-0130-94/03, Washington DC, 1994.
- [25] Air-conditioning and Refrigeration Institute, Directory of Certified Unitary Air-Conditioners and Unitary Air-Source, 1994.
- [26] "Life Expectancy/Replacement Picture," Appliance Magazine, pp. 71, 1990.
- [27] <http://www.palen.com.tr>, Konutlarda yakıt maliyetlerinin karşılaştırılması, 2011.
- [28] J. Mark Hannifan, Joe E. King, Ground source heat pumps an efficient choice for residential and commercial use, pp. 1-6, AIA, 1995.
- [29] Bayrakçı, H.C., Özgür, A.E., Akdağ, A. E., Aynı soğutma yükü için karbondioksitli ısı pompalarının enerji sarfiyatlarının karşılaştırılması, 25-29, 2011.
- [30] Wilson, Alex and John Morrill, Consumer Guide to Home Energy Savings, American Council for an Energy Efficient Economy, Washington DC, 1993.

ÖZGEÇMİŞ

Süleyman KARSLI

1989 Erciyes Üniv. Mak. Müh. Böl. Mezunu. Y.lisans ve Doktora çalışmalarını Atatürk Üniv. Fen Bilim. Enstitüsünde yaptı. Y.Lisansta Isı Pompalarını, Doktorada İki Fazlı Akış Kararsızlıklarını araştırdı. 2010 yılında Termodinamik ve Isı Tekniği Ana Bilim Dalından Doçentliği kazandı. Halen Atatürk Üniv. Müh. Fak. Enerji Sis. Müh. Böl. Atatürk Üniv. Müh. Fak. Enerji Sis. Müh. Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

Hüseyin GÜLLÜCE

1988 İ.T.Ü. Mak. Müh. Böl. Mezunu. Y.lisans ve Doktora çalışmalarını Atatürk Üniv. Fen Bilim. Enstitüsünde yaptı. Y.Lisansta Yalıtım Malzemelerini, Doktorada Güneş Enerjisini inceledi. Halen Atatürk Üniv. Pasinler M.Y.O. Elektrik ve Enerji Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

Hanifi SARAÇ

1986 Gazi Üniv. Kimya Müh. Böl. Mezunu. Y.lisans çalışmasını Atatürk Üniv. Fen Bilim. Enstitüsünde, Doktora çalışmasını İngiltere de Exeter Üniversitesinde yaptı. Y.Lisansta Doğal konveksiyon ısı ve kütle iletimini, Doktorada Çok fazlı Akış, kaynama ve yoğunlaşmayı araştırdı. 1994 yılında Kimya Mühendisliği Temel İşlemler ve Termodinamik Ana Bilim Dalından Doçentliği kazandı. 1999 yılından beri profesör olarak Atatürk Üniv. Müh. Fak. Kimya Müh. Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.