

**ERZURUM'DA KULLANILAN ISITMA  
SİSTEMLERİNİN EKONOMİK ANALİZİ**

**Şükran EFE**

**Y. Lisans Tezi  
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yrd.Doç.Dr. Kemal ÇOMAKLI  
2007**

**Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ERZURUM'DA KULLANILAN ISITMA SİSTEMLERİNİN  
EKONOMİK ANALİZİ**

**Şükran EFE**

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ERZURUM  
2007**

**Her hakkı saklıdır**

Yrd.Doç.Dr. Kemal ÇOMAKLI'nın danışmanlığında Şükran EFE tarafından hazırlanan bu çalışma 19.09.2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Cafer ÇELİK

İmza : 

Üye : Doç.Dr. Mehmet YILMAZ

İmza : 

Üye : Yrd.Doç.Dr. Kemal ÇOMAKLI

İmza : 

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ERZURUM'DA KULLANILAN ISITMA SİTEMLERİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Şükran EFE

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Kemal ÇOMAKLI

Bu çalışmada Erzurum'da kullanılan ısıtma sistemlerinin ve sıcak su sistemlerinin ekonomik analizi yapılmıştır. Bunun için 6 farklı bina tipi ele alınmıştır. Çalışmada vurgulanmak istenen temel nokta; enerjinin verimli kullanımı ve bina nizamının ısı kaybına etkisidir. Bu nedenle ısıtma sistemlerinde kullanılan yakıtlar (katı, sıvı, gaz) hem ekolojik hem ekonomik yönden incelenmiş ve gerek ilk yatırım, gerek işletme maliyetlerinin analizi yapılmıştır.

Isıtma sistemi olarak; doğalgazlı bireysel, doğalgazlı merkezi, fuel-oil merkezi ve kömürlü merkezi olmak üzere dört farklı ısıtma sistemi incelenmiştir. Bu çalışmada fiyat analizi; hem yeni bina tasarımı düşünülerek hem de daha önce kömürlü merkezi ısıtma sistemi olan binanın doğal gaza dönüşümü göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Maliyet analizinde “Yıllık Eşdeğer Maliyet Metodu” kullanılmıştır.

Sonuç olarak; ısıtma sistemlerinin karşılaştırılmasında merkezi ısıtma sisteminin daire sayısının artmasına paralel olarak ekonomikleştiği ve doğalgazın en ekonomik yakıt olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ısıtma sistemlerinde yakıt olarak doğalgaz kullanılmasının çevre kirliliğini azaltmak açısından önemli olduğu tespit edilmiştir.

**2007, 107 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Isıtma sistemleri, ekonomik analiz, çevre kirliliği, Erzurum

## ABSTRACT

MS Thesis

### ECONOMIC ANALYSIS OF HEATING SYSTEMS USED IN ERZURUM

Şükran EFE

Ataturk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mecanical Engineering

Supervisor: Assoc.Prof.Dr. Kemal ÇOMAKLI

In this study, economic analiys of heating systems and hot water heating systems which are used in Erzurum, have been done. Therefore, buildings which is six different types, have been searched. It is important which is relation heat losses with buildings design between for using efficient of energy, in this study. The fuels (solid, liquid, gas) which are used to heating sytems had been researched both economics and ecology and had been analysed both cost of first investment and cost of operatings.

Four different heating systems which are individual heating system with natural gas, cetral heating system with natural gas, central heating system with fuel-oil and central heating system with coal had been researched. In this study, both analysis of cost for building which had been designed new and analysis of changed cost of buildings which had been used central heating systems with coal, had been done. The annual aquivalence cost method are used for cost analysis.

As a result of this study, when heating systems are compareted, cost of central heating systems are decreased with increased of number of flat in buildings. And natural gas is determined the cost economic fuel. Also, using of natural gas at heating systems have been important for decreasing of environmental population.

**2007, 107 pages**

**Keywords:** Heating systems, life cycle cost analysis, environmental pollution, Erzurum

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmasında her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen, bilgisi ve tecrübesi ile beni yönlendiren tez danışmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Kemal ÇOMAKLI'ya içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Piyasa araştırmalarımnda yardımcı olan, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Sayın Raci BAŞTEPE'ye şükranlarımı sunarım.

Her zaman ve her konuda yanımda olan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme en içten dileklerle teşekkür ederim.

Şükran EFE

Ekim 2007

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGELER DİZİNİ .....	vi
KISALTMALAR .....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KURAMSAL TEMELLER .....</b>	<b>19</b>
2.1. Isıtma Sistemleri .....	19
2.2. Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Temel Elemanlar .....	24
2.2.1. Kalorifer kazanı .....	24
2.2.2. Brülör .....	27
2.2.3. Genleşme deposu .....	28
2.2.4. Sirkülasyon pompası .....	28
2.2.5. Kat kaloriferi .....	29
2.2.6. Kombi .....	29
2.2.7. Soba .....	30
2.2.8. Isıtma elemanları (radyatör ve kanallar) .....	31
2.3. Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Yakıtlar .....	31
2.3.1. Kömür .....	32
2.3.1. Fuel-oil .....	33
2.3.2. Doğalgaz .....	34
<b>3. MATERYAL YÖNTEM.....</b>	<b>39</b>
3.1. Binalarda Isı Kaybı .....	39
3.2. Binalarda Isı Yalıtımı .....	43
3.3. Isıtma Sistemi Elemanlarının Seçimi .....	46
3.4. Ekonomik Analiz .....	49
3.5. Çevresel Etki .....	51
3.6. Binaların Tanımı .....	52
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....</b>	<b>62</b>
4.1. Isı Kaybı Analizi .....	62
4.2. Yeni Sistemlerde İlk Yatırım Maliyet Analizi .....	66
4.3. Eski Sistemlerde Doğalgaz Dönüşüm Maliyet Analiz. ....	68
4.4. İşletme Maliyet Analizi .....	70
4.5. Toplam Maliyet Analizi .....	74
4.6. Emisyon Değerleri .....	75
<b>5.SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>78</b>
KAYNAKLAR .....	84
EKLER .....	87
EK 1 .....	87
EK 2 .....	101
EK 3 .....	102
EK 4 .....	103
EK 5 .....	104
EK 6 .....	106

EK 7 .....	107
ÖZGEÇMİŞ.....	108



## SİMGELER DİZİNİ

$a$	Hava sızıntı katsayısı
$A$	Isı transfer yüzey alanı
$A_d$	Taban/döşeme alanı,
$A_{dsts}$	Düşük sıcaklıktaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı
$A_D$	Dış duvarın alanı,
$A_i$	$i$ yönündeki toplam pencere alanı
$A_p$	Pencere alanı,
$A_T$	Tavan alanı,
$A_t$	Taban/döşeme alanı,
$A/P, A/F$	Bileşik faiz faktörü
$B$	Yakıt sarfiyatı
$B_p$	Depolanacak yakıt miktarı
$B_Y$	Yıllık yakıt sarfiyatı
$C$	Suyun özgül ısınma ısısı
$D$	$Z_D$ artırımında kullanılan katsayı
$F$	Pencere veya kapı alanı
$F$	Paranın gelecekteki değeri
$g$	Suyun yoğunluğu
$g_{i,ay}$	Güneş enerjisi geçirme faktörü ( $i$ yönünde saydam elemanların)
$H$	Yapı durum katsayısı (Rüzgar etkinliği katsayısı)
$H$	Özgül ısı kaybı
$H_i$	Isı geçişi yoluyla gerçekleşen ısı kaybı
$H_h$	Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı
$H_p$	Sirkülasyon pompasının basıncı
$H_u$	Yakıtın alt ısıl değeri

$I_{i,ay}$	i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti
$KKO_{ay}$	Aylık kazanç kayıp oranı;
$I$	Yapı elemanında (varsa) ısı köprüsü uzunluğu
$\dot{I}$	Yıllık faiz oranı
$L$	Pencere/kapının açılan kısımların çevre uzunluğu (m)
$L$	Sistemdeki toplam boru metrajı
$M_{ilk}$	İlk yatırım maliyet
$M_{iş}$	İşletme maliyet
$M_H$	Hurda değeri
$\dot{M}$	Yakıtın mol ağırlığı
$N$	Sistemin ekonomik ömrü
$n_h$	Hava değişim katsayısı (1/h)
$P$	Paranın şimdiki değeri
$P_0$	Kapalı genleşme tankı ön basıncı
$P_e$	Kapalı genleşme tankı üst basıncı
$P_{ef}$	Effektif basınç
$P_{hst}$	Hidrostatik basınç
$Q$	Toplam ısı kaybı
$Q_{ay}$	Aylık ısı kaybı miktarı
$Q_i$	İletimsel ısı kaybı
$Q_k$	Kazan kapasitesi
$Q_s$	Enfiltrasyon ısısı
$Q_{yu}$	Yıllık ısı kaybı miktarı
$Q_0$	Artırımsız ısı kaybı
$R$	Oda durum katsayısı (boyutsuz)
$R$	Boru çapında metre başına düşen basınç kaybı
$r_{i,ay}$	i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörleri

$T_{du}$	Dış ortam sıcaklığı
$T_{d,ay}$	Aylık ortalama dış hava sıcaklığı
$T_{iç}$	İç ortam sıcaklığı
$T_{i,ay}$	Aylık ortalama iç hava sıcaklığı
$U$	Isı transfer katsayısı
$U_i$	Isı köprüsünün doğrusal geçirgenliği
$U_D$	Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı,
$U_P$	Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı,
$U_T$	Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı,
$U_t$	Zemine oturan tabanın/döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı,
$U_d$	Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı,
$U_{dsis}$	Düşük sıcaklıktaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı,
$V$	Yakıt tankı hacmi
$V_e$	Isıtma sisteminde genişleyen su miktarı
$V_h$	Havalandırılan hacim
$V_n$	Genleşme deposu hacmi
$V_p$	Sirkülasyon pompasının debisi
$V_s$	Sistemde (kazan, borular, radyatör) dolaşan gerçek su hacmi
$V_v$	Isıtma sisteminde su ön hacmi
$w$	Sabit ( $w = L / F$ )
$Z$	Zamlar
$Z$	Sistemdeki toplam kayıplar
$Z_A$	Soğuk dış yüzey ısı kaybı artırımını
$Z_D$	Birleştirilmiş artırım katsayısı

$Z_e$	Katsayı (Hacmin pencere sayısına göre tespit edilir)
$Z_g$	Günlük çalışma süresi
$Z_H$	Yön Zammı
$Z_R$	Sabit (Ana borular ve kat borularına göre tanımlanmış)
$Z_U$	Kesintili ısıtma rejimi artırımı
$Z_W$	Kat zammı
$Z_y$	Yıllık çalışma süresi zammı
$\Delta T$	Sıcaklık farkı
$\gamma$	Yakıtın yoğunluğu
$\eta$	Verim
$\eta_{ay}$	Kazanç kullanım faktörü
$\eta_k$	Kazan verimi
$\lambda$	Isı iletim katsayısı
$\Phi_{g,ay}$	Aylık iç sıcaklık kazancı
$\Phi_{i,ay}$	Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı;

## KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
BK	Bodrum kat
BYKP	Beş Yıllık Kalkınma Planı
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
EİE	Elektrik İşleri Etüd İdaresi
EPDK	Enerji piyasası denetleme kurulu
GSYİH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
GTZ	Alman Teknik İşbirliği Kurumu
KEP	Kilogram eşdeğer petrol
MTEP	Milyon ton eşdeğer petrol
NK	Normal kat
PETDER	Petrol Sanayi Derneği
TEP	Ton eşdeğer petrol
TS	Türk standartları
ZK	Zemin kat
YEM	Yıllık eşdeğer maliyet

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Dünya enerji tüketiminin dağılımı (MTEP).....	3
Şekil 1.2. Enerjinin sektörel dağılımı (2002).....	10
Şekil 1.3. Binalarda enerji kayıp oranları.....	10
Şekil 1.4. Enerji tasarruf oranlarının sektörlere göre dağılımı.....	11
Şekil 1.5. Lojman binası termal kamera görüntüleri - Erzurum (EİE).....	13
Şekil 1.6. Atmosferdeki CO <sub>2</sub> konsantrasyonunun yıllara göre değişimi.....	15
Şekil 2.1. Hermetik kombinin ana elemanları.....	30
Şekil 2.2. Türkiye doğalgaz haritası.....	37
Şekil 3.1. Bina yapı malzemeleri konstrüksiyonu .....	53
Şekil 3.2. TİP-1 bina vaziyet planı (ölçeksiz).....	54
Şekil 3.3. TİP-2 bina vaziyet planı (ölçeksiz).....	55
Şekil 3.4. TİP-3 bina vaziyet planı (ölçeksiz).....	56
Şekil 3.5. TİP-4 bina vaziyet planı (ölçeksiz).....	57
Şekil 3.6. TİP-5 bina vaziyet planı (ölçeksiz).....	58
Şekil 3.7. TİP-6 bina vaziyet planı (ölçeksiz).....	59
Şekil 3.8. İki dairesel normal kat planı (TİP-1,2 ).....	60
Şekil 3.9. Dört dairesel normal kat planı (TİP-3,4,5 ve 6).....	61
Şekil 4.1. Bina tipi ile ısı kaybı arasındaki bağıntı.....	63
Şekil 4.2. Yeni sistemlerde ilk yatırım maliyetleri (YTL/Daire).....	67
Şekil 4.3. Yeni sistemlerde doğalgazlı merkezi sistem ısıtma sistemi ile bireysel ısıtma sisteminin ilk yatırım maliyetlerinin karşılaştırılması.....	68
Şekil 4.4. Kömürlü merkezi ısıtma sisteminden doğalgaza dönüşümün ilk yatırım maliyet değerleri (YTL/Daire).....	70
Şekil 4.5. Toplam işletme maliyetlerinin karşılaştırılması (YTL/yıl/daire).....	70
Şekil 4.6. Yıllık Eşdeğer Maliyet (YTL/yıl/daire).....	75
Şekil 4.7. CO <sub>2</sub> emisyon miktarları.....	76
Şekil 4.8. SO <sub>2</sub> emisyon miktarları.....	77

## 1. GİRİŞ

Enerji temel ihtiyaçların karşılanması ve yaşamın sürdürülebilmesi için vazgeçilmez bir unsurdur. Ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel girdilerinden biri olan enerjinin, dünyanın ve insanlığın geleceğindeki belirleyici konumu, her geçen gün daha da artmaktadır. Günümüz toplumlarında modern enerji hizmetlerinin yaygınlaşması kalkınma ve sosyal gelişme açısından yaşamsal önemdedir.

Dünya enerji tüketimi hızla artmaktadır. Özellikle, dünyada sık sık gündeme gelen enerji veya enerji hammadde krizleri; ülkeleri, enerji politikalarını olası krizleri gözeterek planlamaya, kaynak kullanımında dikkatli olmaya ve ekonominin enerjiye olan bağımlılığını azaltacak önlemleri almaya yöneltmiştir. Bu çerçevede, ulusal kaynakların etkin, verimli ve rasyonel kullanımları ülkelerin enerji yönetimleri için hayati önem taşımaktadır.

Enerji üretimi halen büyük ölçüde petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil yakıtlara dayalı olup ve bu durumun da yakın gelecekte de süreceği öngörülmektedir. Özellikle petrol ve doğalgazın dünyada belirli bölgelerde yoğunlaşmış olması, bu kaynaklar açısından zengin olan bölgelerin ve buralardaki enerji kaynaklarının kontrolünü son derece önemli hale getirmektedir.

Enerji dünyanın var oluşundan beri doğada bulunmakta olup zaman içinde insanoğlu için su-hava kadar önemli bir yaşam kaynağı haline gelmiştir. Enerji ekonomik gelişmede temel taş olması nedeniyle toplumların kalkınma ve refaha ulaşmasında çok önemli bir yere sahiptir. Bu bağlamda insanlığın hizmetine sunulan enerji; gerek nüfus yoğunluğu gerek gelişen teknolojiyle paralel olarak tüketilmektedir.

Enerjinin kullanılmasında iki önemli unsur mevcuttur. Bunlardan ilki, enerjinin kesintisiz olarak sağlanması ve istenilen yere, istenilen zamanda ulaştırılmasıdır. Bu durumun önemi, enerji talebinin yapıldığı yerle enerji kaynaklarının farklı coğrafyalarda

bulunmasıdır. Gelecekte daha da artacağı belli olan enerji talebinin sürdürülebilir şekilde karşılanabilmesi için enerji arzının güvenle ve kesintisiz olarak ulaştırılması gereklidir. Bu durumu önceden fark etmiş olan ülkeler enerji çeşitlendirmesine gitmekte, talepleri karşıladığı ülke sayılarını artırmaktadırlar. Bu ülkelerden ABD, dünyada en fazla petrol tüketen bir ülke olmakla birlikte, 57 farklı ülkeden petrol ithalatı yapmaktadır. Herhangi bir ülkeye en fazla %17 oranında bağımlıdır. Bu amaca yönelik olarak ABD petrol şirketleri çok sayıda ülkede yatırım yapmaktadırlar. Enerji hammaddesinin temininde tek ya da az sayıda ülkeye bağımlılığın kaldırılması yanında, bu hammaddeleri yurt içinde depolayarak, herhangi bir kriz anında hammadde sıkıntısının çekilmesini önlemek de önemlidir. Tüm bu yapılanları enerji güvenliği olarak adlandırmak mümkündür. Enerji güvenliğinde ülke dışından yapılan hammadde tedarikinin devamlılığı, hem çok taraflı bağlantılar, hem de bu bağlantı hatlarının kesintisiz akışının emniyetle sağlanmasını zorunlu kılmaktadır. Enerji güvenliğinde yurt içindeki ulaşım imkânlarının varlığı da önemli rol oynamaktadır. Keza, dünyada çıkabilecek kısa ve orta süreli krizlerde yurt dışından enerji hammaddesi akışının kesintiye uğraması hallerinde, ekonomi çarkının ve günlük yaşamın zarar görmemesi için yurt içi stoklarından kullanım da büyük önem kazanmaktadır. Bu nedenledir ki, enerji güvenliğine önem veren ülkelerin enerji hammaddesi depolama kapasiteleri oldukça yüksektir. Enerji güvenliğini dikkate alan ülkelerden ABD’de 417 adet doğal gaz deposu mevcut olup, toplam tüketiminin %18’ini bu depolarla sağlamaktadır. Dünyanın bir numaralı doğalgaz üreticisi Rusya’da bile 23 adet büyük doğalgaz deposu bulunmakta ve tüketiminin %27’sini depolardan karşılayabilmektedir. Bu oranlar Ukrayna’da doğalgazın %49’unu, Almanya’da %19’unu, İtalya’da ise %30’unu depolayacak şekildedir (Yavuz 2007).

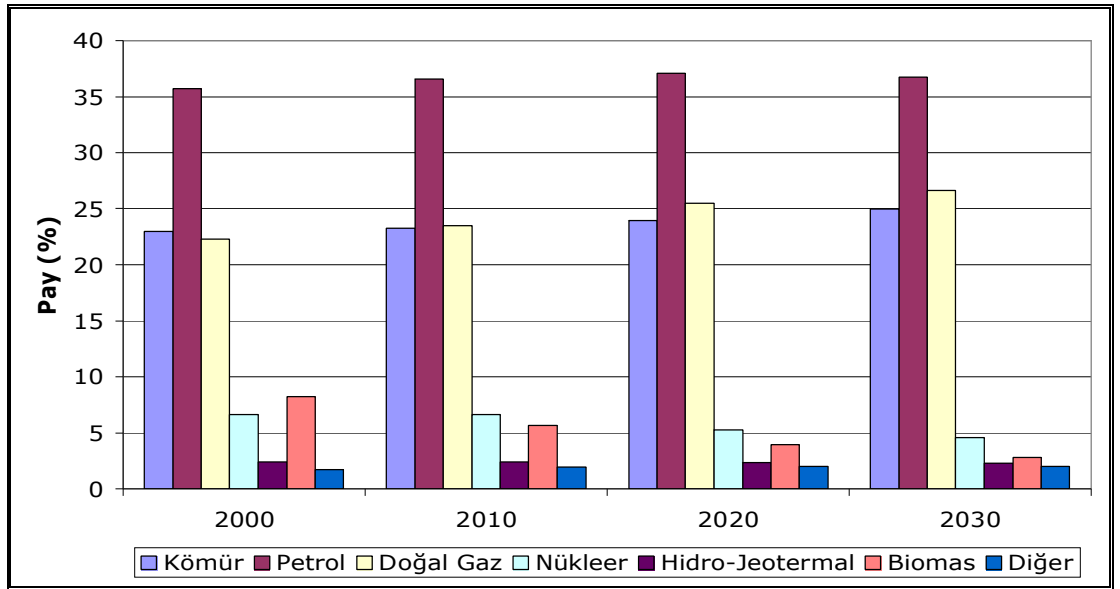
Enerji hammaddelerinin sağlanmasında ikinci önemli sorun çevreye verilen tahribattır. Kömür başta olmak üzere, özellikle fosil yakıtların yanmasından sonra sera gazı etkisiyle atmosferde değişiklikler yaşanmakta, çevre kirliliği yanında iklim değişiklikleri de beraberinde gelmektedir. Gerek fosil yakıtların azlığı ve pek çok ülkede yurt dışından tedarik zorunluluğu, gerekse çevre kirlenmesinin önlenmesi gibi



nedenlerle, fosil yakıtların dışında da enerji üretim imkanlarına yönelinmiştir (Yavuz 2007).

Kullanılabilir enerji dünyada iki farklı formda bulunmaktadır. Bunlar birincil ve ikincil enerji kaynaklarıdır. Birincil enerji kaynakları; doğada buldukları formda kullanılarak enerji üretebilen kaynaklardır. İkincil enerji kaynakları ise birincil enerji kaynaklarının kullanılması ile elde edilen enerji kaynaklarıdır. Kömür, petrol gibi fosil yakıtlar birincil enerji kaynağı olup bunların kullanılması ile elde edilen elektrik enerjisi ikincil enerji kaynağıdır.

Dünya enerji kaynaklarının mevcut durumlarını inceleyecek olursak; enerji tüketim dağılımı Şekil 1.1’de, dünya fosil yakıtların üretim-tüketim miktarları Çizelge 1.1’de, dünya fosil yakıtların rezerv miktarları Çizelge 1.2’de ve dünya fosil yakıt rezervlerinin kullanılabilme süreleri Çizelge 1.3’de verilmiştir.



Şekil 1.1. Dünya enerji tüketiminin dağılımı (MTEP) (Tonus 2004)

**Çizelge 1.1.** Dünya fosil yakıt üretim ve tüketimi (MTEP) (Eğilmez 2002)

<b>BÖLGE</b>	<b>Üretim</b>	<b>%</b>	<b>Tüketim</b>	<b>%</b>
Kuzey Amerika	1932	25.2	1957.2	29.8
Orta ve Güney Amerika	458	6.0	464	4.2
Avrupa	0	11.0	11	19.6
Eski SSCB Ülkeleri	1146	15.0	1161	10.9
Ortadoğu	0	16.0	16	5.0
Afrika	579	7.5	586.5	3.3
Asya ve Okyanusya	1478	19.3	1497.3	27.2
<b>TOPLAM</b>	<b>5593</b>	<b>100</b>	<b>5693</b>	<b>100</b>

**Çizelge 1.2.** Dünya fosil yakıt rezerv miktarları (Eğilmez 2002)

<b>BÖLGE</b>	<b>Petrol (Milyon Ton)</b>	<b>Doğalgaz (Trilyon m<sup>3</sup>)</b>	<b>Kömür (Milyar Ton)</b>	
			<b>Taş Kömürü</b>	<b>Linyit</b>
Kuzey Amerika	8.4	7.3	116.7	139.8
Orta ve Kuzey Amerika	12.9	6.3	7.8	13.7
Avrupa	2.7	5.1	41.7	80.4
Eski SSCB Ülkeleri	9.0	56.7	97.5	132.7
Ortadoğu	91.5	49.5	0.2	-
Afrika	10.0	11.2	61.2	0.2
Asya ve Okyanusya	5.9	10.3	184.4	107.9
<b>TOPLAM</b>	<b>140.4</b>	<b>146.4</b>	<b>509.5</b>	<b>474.7</b>

**Çizelge 1.3.** Dünya fosil yakıt rezervlerinin kullanılabilirlik süreleri (Yıl) (Eğilmez 2002)

<b>BÖLGE</b>	<b>Petrol</b>	<b>Doğalgaz</b>	<b>Kömür</b>
Kuzey Amerika	14	11	239
Orta ve Güney Amerika	38	66	474
Avrupa	8	18	161
Eski SSCB Ülkeleri	24	82	>500
Ortadoğu	87	>100	175
Afrika	28	98	268
Asya ve Okyanusya	16	40	164
<b>TOPLAM (ortalaması)</b>	<b>41</b>	<b>62</b>	<b>230</b>

Dünyada kullanılan enerji kaynaklarının tüketim oranlarına (Şekil 1.1) bakıldığı zaman, fosil kökenli enerji tüketiminin, fosil kökenli olmayan diğer enerji kaynaklarına nazaran çok daha fazla olduğu görülmektedir. Böylece; enerji tüketim hızı (Çizelge 1.1) göz önünde bulundurularak belirlenen, rezervlerin kullanılabilirlik süreleri (Çizelge 1.3) ise fosil kökenli enerji kaynaklarının bir sonu olduğunu göstermektedir. Enerjideki bu yok oluşu önlemek için;

1. Aktif olarak kullanılan enerjinin kullanım oranları, dünya rezervleri ve mevcut rezervlerin üretim-tüketim miktarlarına bağlı olarak kullanılabilirlik süreleri incelendiğinde; tüketilerek azaltılan enerjinin artırılması için yeni enerji kaynaklarının araştırması hedeflenmektedir. Bu nedenle dünya genelinde yeni enerji kaynakları için çalışmalar hızlı bir şekilde devam etmektedir.

2. Mevcutta var olan enerji kaynaklarımızı korumak, sahip çıkmak maksadıyla, tüketilen enerjinin tüketim hızının azaltılması hedeflenerek yeni enerji tüketim politikalarını araştırmaktır. Araştırmalar sonucunda ise ana hat olarak karşımıza;

enerjinin etkin kullanımını yani faydalanılan birim enerjiden alınan verimin artırılması çıkmaktadır.

Verimlilik ifadesinin;

$$\eta = \frac{\text{ÇIKANENERJİ}}{\text{GIRENENERJİ}}$$

\* Çıkan enerji ifadesiyle sistemde kullanılabilen (faydalı) enerji ifade edilmektedir.

olduğu hatırlanırsa enerjinin etkin kullanımının artırılması sayısal olarak iki farklı şekilde mümkündür.

$$\eta = \frac{\text{ÇIKANENERJİ}}{\text{GIRENENERJİ} \downarrow}$$

Bunlardan biri paydayı azaltmak, yani giren enerjiyi azaltmaktır. Bu işlem sisteme uygun özellikte enerji girdisiyle mümkündür. Örnek olarak binanın ısı kaybına yakın/eşdeğerde kazan seçimi veya ısıtma sistemindeki kazan besi suyunun baca gazı ile ısıtılarak sisteme verilmesi verilebilir.

$$\eta = \frac{\text{ÇIKANENERJİ} \uparrow}{\text{GIRENENERJİ}}$$

Diğeri ise payı artırmak yani, çıkan enerjiyi artırmaktır. Bu durumda sistemdeki enerji kayıpları minimize edilerek birim enerjinin tüketimindeki verimliliğin artırılması hedeflenmektedir. Örnek olarak kalorifer ısıtma sistemindeki kazan veriminin artırılması verilebilir.

Yukarıda belirtilen her iki verim artırma analizinde de; sistemden elde edilen enerjinin sabit olması gerekçesiyle giren enerjinin azaltılması hedeflenerek enerjinin verimliliği ön plana çıkarılmıştır.

Türkiye’de enerji verimliliği ile ilgili ifadeler 7. ve 8. Beş Yıllık Kalkınma Planları (BYKP)’nda yer almıştır;

- 7. BYKP’nda, “Yurt içi enerji kaynaklarının miktar ve kalite olarak yetersiz ve yüksek maliyetli olması, ithal enerji kaynakları için gerekli döviz ihtiyacı, aşırı enerji kullanımının çevre sorunu yaratması gibi nedenlerden dolayı, sanayide ve toplumsal yaşamın her kesiminde enerji yoğunluk değerlerinin aşağıya çekilmesi, verimliliğin artırılması ve tasarruf programlarının hayata geçirilmesi sağlanacaktır.” denilmektedir (DPT 1995).

- 8. BYKP’nda ise aynı doğrultuda; enerjinin, ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel girdisi olduğu; artan nüfus, şehirleşme, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah artışına paralel olarak tüketiminin arttığı; buna bağlı olarak da enerji tüketiminin en düşük düzeyde tutulması ve enerjinin en tasarruflu ve verimli bir biçimde kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca planın ilerleyen bölümlerinde, “Günümüzde, kişi başına enerji tüketimi bir gelişmişlik göstergesi olmaktan çıkmıştır. Amaç, kişi başına enerji tüketimini artırmak değil, bir birim enerji tüketimi ile en fazla üretimi ve refahı yaratmak” denilmektedir (DPT 2000).

Böylece enerji verimliliğinin belirleyicisi olan enerji yoğunluğu kavramına da vurgu yapılmıştır. Her iki kalkınma planında da önem ve gerekliliği belirtilen enerji tasarrufu ve enerji verimliliğinin artırılması konusunda çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca Türkiye’de enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması amacıyla 01.06.2006 tarihinde “Enerji Verimliliği Kanunu Tasarısı” Taslağı oluşturulmuştur. Taslak 2 Mayıs 2007 tarihinde onaylanmıştır (EİE 2007).

Enerji verimliliğinin göstergelerinden biri olarak tüm dünyada enerji yoğunluğu kullanılmaktadır. Enerji yoğunluğu, birim hâsıla başına birincil ya da nihai enerji tüketimini göstermekte olup, birincil ya da nihai enerji tüketiminin gayri safi yurt içi

hâsılaya (GSYİH) bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Çizelge 1.4'de bazı ülkelere ait enerji tüketim ve enerji yoğunluğu arasında ilişki gözükmektedir. (Narin ve Akdemir 2006).

**Çizelge 1.4.** Çeşitli bölgelerdeki kişi başına enerji tüketimleri ve enerji yoğunluğu (2003 yılı verileri) (Narin ve Akdemir 2006)

Bölgeler	Nüfus (Milyon)	Tüketilen Enerji (MTEP)	GSYİH -2000 yılı- (Milyar Dolar)	Kişi Başına Enerji Tüketimi (KEP)	Enerji Yoğunluğu (TEP/Bin Dolar)
<b>Dünya</b>	<b>6268</b>	<b>10578</b>	<b>33391</b>	<b>1688</b>	<b>0,32</b>
<b>OECD</b>	<b>1154</b>	<b>5395</b>	<b>26792</b>	<b>4675</b>	<b>0,20</b>
<b>Ortadoğu</b>	<b>177</b>	<b>446</b>	<b>679</b>	<b>2520</b>	<b>0,66</b>
<b>Eski Sovyet Ül.</b>	<b>286</b>	<b>962</b>	<b>454</b>	<b>3364</b>	<b>2,12</b>
<b>OECD-Dışı Avr.</b>	<b>55</b>	<b>103</b>	<b>136</b>	<b>1873</b>	<b>0,76</b>
<b>Çin</b>	<b>1295</b>	<b>1426</b>	<b>1550</b>	<b>1101</b>	<b>0,92</b>
<b>Asya</b>	<b>2018</b>	<b>1224</b>	<b>1697</b>	<b>607</b>	<b>0,72</b>
<b>Lâtin Amerika</b>	<b>432</b>	<b>464</b>	<b>1443</b>	<b>1074</b>	<b>0,32</b>
<b>Afrika</b>	<b>851</b>	<b>559</b>	<b>641</b>	<b>657</b>	<b>0,87</b>
<b>Japonya</b>	<b>128</b>	<b>517</b>	<b>4876</b>	<b>4039</b>	<b>0,11</b>
<b>Türkiye</b>	<b>71</b>	<b>79</b>	<b>210</b>	<b>1113</b>	<b>0,38</b>

Enerji verimliliği ile enerji yoğunluğu ters yönlüdür. Bir ülkede veya bir sektörde hesaplanan enerji yoğunluğu ne kadar düşükse, enerji verimliliği o kadar yüksektir. Genel olarak enerji yoğunluğu, ekonominin ilk kalkınma aşamalarında artma, ancak gelişmiş ekonomilerde azalma eğilimindedir. Bir ülkenin gelişmişlik düzeyi, kişi başına enerji tüketimi ve enerji yoğunluğu göstergeleri ile izlenmektedir. Öyleyse bir ülkede enerji açısından gelişmişliğin göstergesi, kişi başına enerji tüketiminin yüksek, enerji yoğunluğunun düşük olmasıdır (Narin ve Akdemir 2006).

Çizelge 1.5. Türkiye'nin enerji üretim-tüketim dağılımı

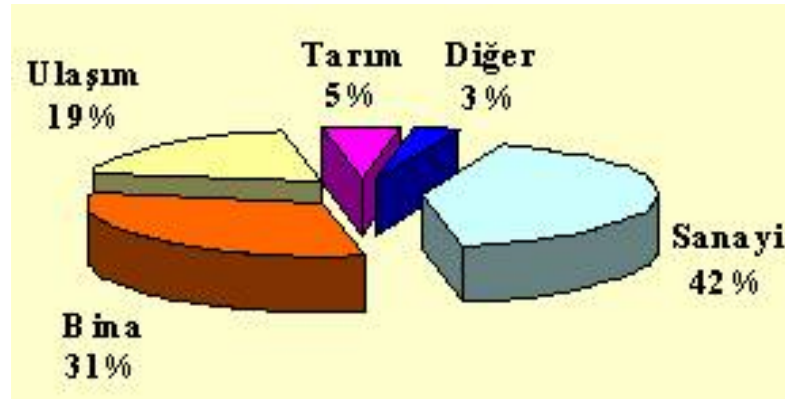
YILLAR	TAŞKÖMÜRÜ		LİNYİT		PETROL		DOĞAL GAZ		HİDROLİK		RÜZGAR		GÜNEŞ		ELEKTRİK İTHALATI	ELEKTRİK İHRACATI	TOPLAM*	
	(BinTon)		(BinTon)		(BinTon)		(106 m3)		(GWh)		(GWh)		(BinTep)		(GWh)	(GWh)	(BinTep)	
	ÜRETİM	TÜKETİM	ÜRETİM	TÜKETİM	ÜRETİM	TÜKETİM	ÜRETİM	TÜKETİM	ÜRETİM	TÜKETİM	ÜRT	TKT	ÜRET.	TÜKET.	TÜKETİM	TÜKETİM	ÜRETİM	TÜKETİM
1970-1975	28273	28601	44604	44306	20297	64243			20710	20710					96		92436	138855
1976-1980	20981	24286	66040	65033	13205	79337	112	112	47919	47919					3830		85898	157401
1981	3970	4522	16476	16179	2363	15090	16	16	12616	12616					1616		18299	32049
1982	4008	5044	17804	17716	2333	16127	45	45	14167	14167					1773		19186	34388
1983	3539	5336	20956	20663	2203	16705	8	8	11343	11343					2221		19313	35697
1984	3632	5678	26115	25632	2087	16990	40	40	13426	13426					2653		20322	37425
1985	3605	6189	35869	34767	2110	17270	68	68	12045	12045					2142		21935	39399
1986	3526	6545	42284	42354	2394	18688	457	457	11873	11873			5	5	777		23538	42472
1987	3461	7220	42896	40653	2630	21239	297	735	18618	18618			10	10	572		25077	46883
1988	3256	7525	35338	33080	2564	21302	99	1225	28950	28950			13	13	381		24607	47910
1989	3038	6825	48762	47557	2876	21732	174	3162	17940	17940			19	19	559		25754	50705
1990	2745	8191	44407	45891	3717	22700	212	3418	23148	23148			28	28	176	-907	25478	52987
1991	2762	8824	43207	48851	4451	22113	203	4205	22683	22683			41	41	759	-506	25501	54278
1992	2830	8841	48388	50659	4281	23660	198	4612	26568	26568			60	60	189	-314	26794	56684
1993	2789	8544	45685	46086	3892	27037	200	5088	33951	33951			88	88	213	-589	26441	60265
1994	2839	8192	51533	51178	3687	25859	200	5408	30586	30586			129	129	31	-570	26511	59127
1995	2248	8548	52758	52405	3516	27918	182	6937	35541	35541			143	143	0	-696	26719	63679
1996	2441	10892	53888	54961	3500	29604	206	8114	40475	40475			159	159	270	-343	27386	69862
1997	2513	12537	57387	59474	3457	29176	253	10072	39816	39816			179	179	2492	-271	28209	73779
1998	2156	13146	65204	64504	3224	29022	565	10648	42229	42229	6	6	210	210	3299	-298	29324	74709
1999	1990	11362	65019	64049	2940	28862	731	12902	34678	34678	21	21	236	236	2330	-285	27659	74275
2000	2392	15525	60854	64384	2749	31072	639	15086	30879	30879	33	33	262	262	3791	-437	26047	80500
2001	2494	11176	59572	61010	2551	29661	312	16339	24010	24010	62	62	287	287	4579	-433	24576	75402
2002	2319	18830	51660	52039	2420	29776	378	17694	33684	33684	48	48	318	318	3588	-435	24259	78331
2003	2059	17535	46168	46051	2375	30669	561	21374	35330	35330	61	61	350	350	1158	-588	23783	83826
2004	1946	18904	43709	44823	2276	31729	708	22446	46084	46084	58	58	375	375	464	-1144	24332	87818
2005	2170	19421	55282	56577	2281	30016	980	27314	39561	39561	59	59	385	385	636	-1798	25185	91576

\* Bazı Kaynakların Enerji Üretim-Tüketim Değerleri Tabloda Belirtilmeyip Toplamda Mevcuttur.

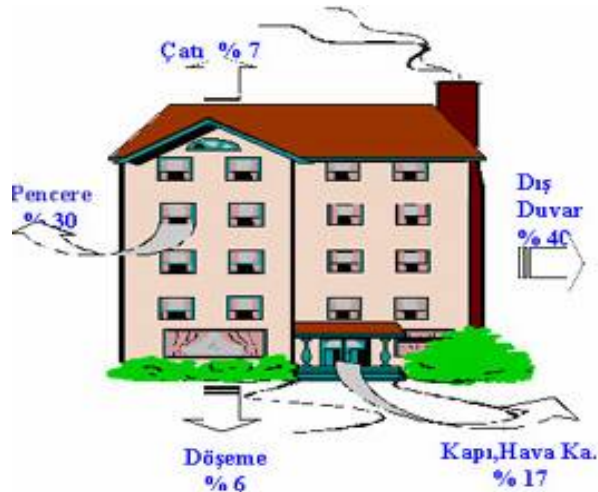
Kaynak: ETKB BASIN MERKEZİ 2006

Çizelge 1.5'deki "Enerji Üretim-Tüketim Dağılımın" değerleri göz önünde bulundurulacak olursa 2005 yılındaki enerji tüketimimiz 91 MTEP, üretimimiz ise sadece 25 MTEP değerindedir. Yani Türkiye'nin enerji tüketim oranını karşılama değeri %27,5 dir. Bu nedenle enerji üretimi, tüketime yakın bir değerde artırılamayacağı için enerji tüketiminin azaltılması hedeflenmelidir.

Dünyada binalarda tüketilen enerji, toplam enerji tüketimi içinde önemli bir paya sahiptir. Binalarda uygulanacak çeşitli teknikler ile önemli bir enerji tasarrufunun sağlanması mümkündür. Türkiye'de konutlarda kullanılan enerji, toplam enerji tüketiminin %31'ne ve kullanılan elektrik ise, toplam elektrik tüketiminin %43'üne karşılık gelmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Enerjinin sektörel dağılımı (2002) (EİE 2004)



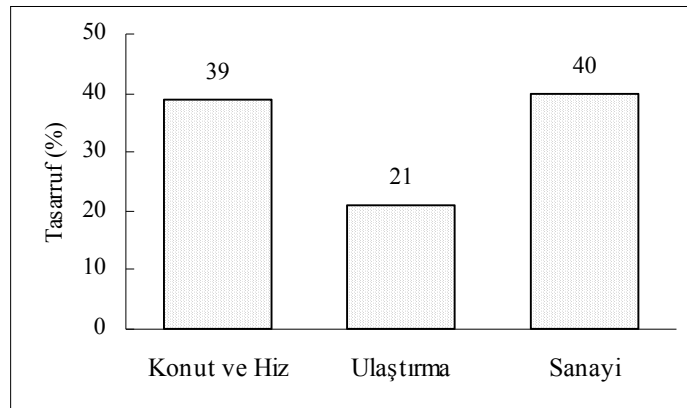
Şekil 1.3. Binalarda enerji kayıp oranları



Bir binada çatı, cam, duvar ve döşemeden kaynaklanan ısı kayıplarının binanın toplam ısı kaybının %60-70'ine tekabül ettiği bilinmektedir (Şekil 1.3). AB ülkelerinde çift cam kullanımı min %50 iken ülkemizde %12 civarındadır. Yine AB ülkelerinde çatı yalıtımı %40 oranında iken ülkemizde bu oran %10'dır.

Binalarda %31 oranında tüketilen enerjinin %82'si ısınma enerjisi olarak tüketilmektedir. Bu nedenle genel dağılım içinde ısınma enerjisinin payı büyüktür. Enerjinin, tüketildiği diğer sektörlerde olduğu gibi ısınmada da %100 verimle kullanım söz konusu değildir. Ancak belirli miktarlarda kullanılan enerjiden oluşan kayıpların minimize edilmesi durumunda elde edilen enerjinin %25-50 arası arttığı tespit edilmiştir.

Şekil 1.2'de belirtildiği gibi ihtiyacı karşılamak amacıyla kullanılan enerjinin toplam tüketim içindeki payı göz önüne alınacak olunursa, bu alanda enerjinin etkin ve verimli kullanımı yolunda yapılacak çalışmalar sonucunda elde edilecek ekonomik kazancın büyüklüğü Şekil 1.4'de açıkça görülmektedir. Dolayısıyla konutlarda enerji verimliliği ve ekonomikliği, enerji tüketimi açısından önem arz etmektedir. Bu konu iki ayrı kısımda ele alınarak incelenebilir. Birinci kısmı; konutların yapı özellikleri ve bileşenlerini, ikincisi ise ısıtma sistemlerinin türü ve özelliklerini kapsamaktadır.

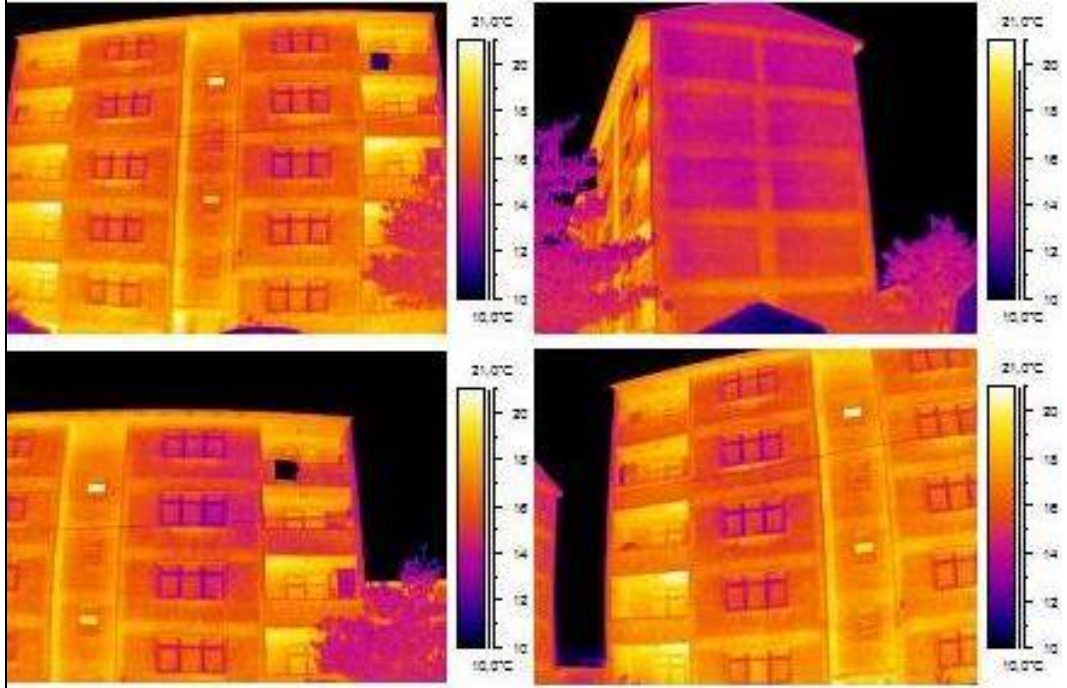


**Şekil 1.4.** Enerji tasarruf oranlarının sektörlere göre dağılımı

Binalarda enerjinin etkin kullanılması ile yerel kaynakların korunması, ithal enerji talebinin düşürülmesi ve buna bağlı olarak daha az yakıt tüketilmesi ile zararlı emisyonların çevreye olumsuz etkilerinin azaltılması hedeflenerek; Almanya Federal Cumhuriyeti ile Türkiye Cumhuriyeti arasında yapılan "Hükümetler Arası Ekonomik İşbirliği Görüşmelerinde" alınan kararlar doğrultusunda, Türkiye'de "Binalarda Enerji Verimliliği" alanında bir proje yürütülmesine karar verilmiştir. Alman Teknik İşbirliği Kurumu (GTZ) tarafından yapılan hazırlık çalışmaları neticesinde; GTZ, Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE) Genel Müdürlüğü ve Erzurum Büyükşehir Belediyesi'nin işbirliği ile yürütülmek üzere "Türkiye'de Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması - Erzurum İlinde Uygulama" adlı bir proje metni oluşturulmuştur. Proje; EİE Genel Müdürlüğü, Erzurum Büyükşehir Belediyesi ve Devlet Planlama Teşkilatının (DPT) onayları alınarak, 17.05.2002 tarihinde Dışişleri Bakanlığımızca imzalanmıştır. Bakanlar Kurulu'nca 21.06.2002 tarihinde onaylanan anlaşma, 31.07.2002 tarih ve 24832 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu proje ile;

- Türkiye'de enerjinin verimli kullanılması sağlanılarak, büyük oranda ithal edilen enerji tüketiminin azaltılması,
- Kaynakların dengeli tüketimi ile çevre kirliliğinin azaltılmasının sağlanması,
- Yapılacak çalışmalar ile kamuoyunun enerjiiyi verimli kullanılma konusunda bilinçlendirilmesi,
- Alınacak önlemlerle birim alanın veya hacmin ısıtılmasında gerekli olan enerji ihtiyacının azaltılması hedeflenmiştir.

Projeye Erzurum ilindeki binaların mevcut durum analizi yapıldıktan sonra örnek olabilecek binaların seçimi ile başlanılmıştır. Örnek bina olarak tespit edilen Atatürk Üniversitesinde bir lojman ile Cansever Yapı Koop. Binaları için verimlilik analizi yapılmıştır. Binaların yaklaşık enerji tasarruf potansiyelini ve enerji tasarruf uygulaması yapılabilecek bölümleri termal kamera kullanarak tespit edilmiş ve Şekil 1.5'de tanımlanmıştır.



**Şekil 1.5.** Lojman binası termal kamera görüntüleri - Erzurum (EİE)

Bina projeleri üzerinde yapılan çalışmalar ile binaların; TS-825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre sahip olması gereken yalıtım kalınlıkları hesaplanmış, mevcut durumdaki tüketimler ile TS-825 Isı Yalıtım Kuralları'na uygun yalıtım yapılması halinde ortaya çıkacak tüketim arasındaki fark (binaların yakıt tüketim tasarruf potansiyelleri) bulunmuştur. Bina yalıtımı, pencere değişimi, kazan sistemi rehabilitasyonu işlemleri yapılarak sonuçlar yıllık periyotlar halinde değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalardan elde edilecek sonuçlar binaların 2003-2004 kış sezonunda tükettikleri ve 2004-2005 kış sezonunda tükettikleri enerji değerleri kıyaslanarak bulunmuştur. Bu çalışmalarda dış hava şartlarının her iki kış sezonu için değişken olacağı da göz önüne bulundurulmuş ve tüm değerler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler ışığında hesaplanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bina yalıtımı ile yaklaşık %50 oranında enerji tasarrufu yapıldığı tespit edilerek enerji tüketiminde ısı yalıtımının önemi vurgulanmıştır.

Çomaklı ve Yüksel (2002, 2003), Çelik ve Yüksel (1992), yaptıkları çalışmalarda, Erzurum için dış duvarlarda optimum yalıtım kalınlığını hesaplamışlardır. Yapılan bu

çalışmalarda, Erzurum için optimum yalıtım kalınlığı 10 cm bulunmuş ve bu yalıtım kalınlığına uyulması durumunda dış duvarlardaki ısı kaybının yalıtımsız duvara göre yaklaşık %80 oranında azalacağı vurgulanmıştır.

Aydın (2000), pencerelerdeki iki cam arasındaki hava tabaka kalınlığının ısı kayıplarına etkisini inceleyerek, Ankara, Kars, Trabzon ve Antalya illeri için optimum hava tabaka kalınlıklarını hesaplamıştır. Bu çalışmaya göre hava tabaka kalınlıkları, Antalya için 18-21, Ankara ve Trabzon için 15-18, Kars için 12-15 mm olarak bulunmuştur. Bu değerlere uyulması halinde pencerelerden olan ısı kayıplarının, Antalya'da %40, Trabzon'da %34, Ankara'da %29 ve Kars'ta %21 azalacağı ifade edilmiştir.

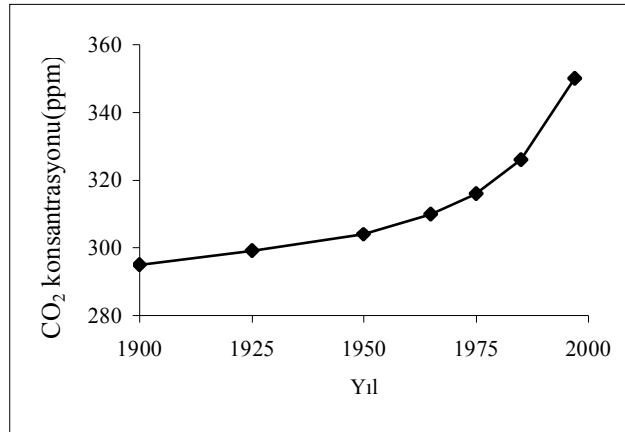
TS-825'e göre yapılan bina yalıtımı ile hem enerji tasarrufu sağlanılmakta hem de binanın ilk yatırım maliyeti (ısı kaybı dıştuğu için kazan kapasitesi dışmekte ve buna bağlı olarak radyatörlerin ısıtma yüzey alanları) azaltılmaktadır. Ayrıca fazla tüketilen enerji sonucu ortama verilen egzoz gazlarının miktarı azaldığı için çevreye olan olumsuz etkisi azaltılmaktadır. Hava içerisinde yoğunluğu artan sera gazları dünyayı bir katman olarak çevrelemekte ve dünyanın ısınmasına (küresel ısınma) sebep olarak yaşamı tehdit etmektedir. Bu nedenle enerjinin verimli kullanılması tüm dünya genelinde önem arz etmektedir. Ayrıca yalıtım yapılan bir binada ısı köprüleri nedeniyle oluşan su buharları azaltıldığı için binaların ömürleri de uzatılmış olmaktadır.

Song (2000), ısıtma sistemlerini, toplam enerji sistemi açısından inceleyerek gerçek yakıt maliyetlerini hesaplamıştır. Ayrıca bu sistemleri, çevreye yaydıkları zararlı emisyon açısından da incelemiştir. Bakos *etal.* (1999), merkezi ısıtma sistemlerinde yakıt tasarrufu için enerji yönetim metodu geliştirerek bu metodu gerçek bir sistemde uygulamışlar ve %14 lk bir yakıt tasarrufu sağlamışlardır.

Temel yaşamsal ihtiyaçların karşılanması, ekonomik ve sosyal kalkınmanın sağlanması ve sürdürülmesi için vazgeçilmez olan enerji temini aynı zamanda önemli evre sorunları oluşmasına neden olmaktadır. Canlıların doğal yaşam ortamını ve doğal

kaynaklarımızı tehdit eden, yerel ve küresel ölçekteki çevre sorunlarının artmasıyla birlikte çevre bilinci oluşmaya başlamıştır. Böylece enerjinin üretimi, dönüşümü ve tüketilmesinden kaynaklanan çevre sorunlarının önlenmesi de enerji politikalarının ayrılmaz bir parçası haline dönüşmüştür.

Avrupa’da binaların enerji tüketimi, CO<sub>2</sub> emisyonundaki artışların ana nedenlerindedir (Şekil 1.6). AB iklim değişikliğini önlemek konusunda yakın geçmişe kadar topluluk olarak bütünsel ve etkili bir politika oluşturamamış, “enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak yoluyla enerji tüketimini azaltmak” için kapsamlı ve koordineli önlemler alınması konusunda geç kalmıştır. Önlemleri hızlandırmak ve disiplin altına almak amacı ile 2002/91/EC “Binaların Enerji Performansı” Yönergesi yayınlanmıştır. 4 Ocak 2003 tarihinde yürürlüğe giren, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi’nin Binalarda Enerji Performansı Yönergesi (2002/91/EC), Avrupa’da hem mevcut hem de yeni yapılacak binalarda enerji performansı değerlendirmesine ilişkin belirli standartlar ve ortak bir yöntem getirmenin yanı sıra, düzenli bir denetim ve değerlendirme mekanizması kurarak, binalarda enerjinin daha verimli kullanılmasını sağlamayı amaçlamaktadır.



**Şekil 1.6.** Atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun yıllara göre değişimi (Çomaklı and Yüksel 2004)

Dünyanın önde gelen sanayi bölgelerinden AB ve sanayileşme bakımından lider ülkelerden Almanya, bölgenin çevresel geleceğine yönelik sorumlulukları doğrultusunda iklimsel koruma hedefleri belirlemişlerdir. Onaylamış oldukları KYOTO

Protokolü çerçevesinde 2008–2012 dönemine kadar CO<sub>2</sub> emisyon oranlarında önemli düşüşler kaydetmeyi amaçlamaktadırlar. AB'nin bu konudaki hedefi %8 emisyon düşüşü sağlamak iken Almanya %21 emisyon azalması hedeflemektedir.

Özellikle kömür ve petrol gibi fosil yakıtlardan atmosfere atılan kükürtdioksit, azot oksitler ve karbon gazları, yağmur damlları ile birleşerek sırayla sülfürik asit, nitrik asit ve karbonik asiti oluşturur. Yer yüzünde tarım alanlarına, binalara, insanlara ve tüm canlılara zarar veren bu asit yağmurları nedeniyle Avrupa, Amerika ve daha bir çok ülkede ormanlık alanlar zarar görmüştür. Bu zararlar 1985 yılından sonra hesaplanmaya başlanmış ve fosil yakıtların sosyal maliyeti, insanlığa verdiği zarar altında toplanmaya başlanmıştır (Dinçer ve Rosen 1999).

Hava kirliliğinin ana sebepleri fosil yakıtların yanmasından kaynaklanmaktadır. Yakıtların yanması sonucu bazı zararlı gazlar atmosfere atılmaktadır. Bunların en önemlileri CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve isdir. Yanma sonucu oluşan bu gazların baca gazı içindeki konsantrasyonları yakıt tipine, yakıtın moleküler yapısına ve yanma verimine bağlıdır.

Özellikle yanmanın iyi bir şekilde sağlanamadığı lokal tip (soba ve küçük kazanlar) yakıcılarında atmosfere atılan zararlı gaz ve atıkların miktarı, diğer yakma sistemlerine göre oldukça yüksektir. Bölge ısıtılmasında, yanma verimi daha yüksek olan kazanlar kullanıldığından ve ayrıca baca gazları filtre edilebildiğinden, yanma gazları içindeki zararlı emisyonlar minimize edilmiş olmaktadır (Çomaklı 2003).

Can (1994) yaptığı çalışmada, hava kirliliğinin teknik, ekonomik ve sosyal etkilerini incelemiş hava kirliliğinin önemli boyutlarda olduğunu vurgulamıştır. Subherwal (1986) ve Talbert (1992) yaptıkları çalışmalarda bir ailenin ısınma ve sıcak su tüketimi için günlük kazan verimlerini analiz ederek sezon boyunca su sıcaklık aralıklarını belirlemişlerdir.

Son yıllarda, birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalarda, enerji tüketimeyle ortaya çıkan evre sorunlarını gidermenin yolları araştırılmış ve bu sorunlara çözümler önerilmiştir. Bütün araştırmacıların vardıkları ortak noktalar;

- Enerjinin verimli bir şekilde tüketimi,
- Enerji tüketen sistemlerin ekserji açısından analiz edilmesi,
- Düşük enerji kayıplı binaların geliştirilmesi,
- Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması,
- Enerji tüketimi konusunda insanların eğitilmesi

şeklinde özetlenebilir (Mohsen and Akash 2001; Bakos 2000; Bowitz and Trong 2001; Rosen ve Dinçer 1997; Dinçer 1999; Dinçer ve Rosen 1999; Wang and Feng 2000; Rosen ve Dinçer 1999).

İleri ve Moshiri (1996) tarafından yapılan çalışmada farklı tipteki ısıtma sistemlerinin farklı iller için enerji ve ekonomik analizi yapılmıştır.

Enerjinin giderek önem kazandığı günümüzde en ekonomik ve en çevreci ısıtma sisteminin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada; farklı bina nizamlarına göre farklı cinsten (katı, sıvı ve gaz) yakıtların analizi yapılmıştır. Çalışma, ısıtma sistemlerinde kullanılan enerji kaynaklarının maliyetleri doğrultusunda yapılarak, hem ilk yatırım maliyeti hem de işletme maliyetinin değerlendirilmesi ile en ekonomik yakıtın tespit edilmesini içermektedir. Kriterler Erzurum ili ve iklim özellikleri baz alınarak, Erzurum piyasası genelinde yapılan veri analizleri sonucu değerlendirilmiştir. Bu alışma ile; yaklaşık olarak Türkiye genelinin bir kısmına, Erzurum genelinde %90'lık bir çoğunluğa hitap edilmesi hedeflenmiştir.

İkinci bölümde ısıtma sistemleri tanımlanmış olup; ısıtma sistemlerinin uygulama şekilleri, ısıtma sistemlerinde kullanılan temel elemanlar ve yakıtlar hakkında genel bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde; binalarda ısıtma sistemlerinin kullanılma nedeni olan ısı kayıplarının tespit edilmesi için gerekli ısı kaybı ve ısı yalıtım hesapları tanımlanmıştır. Ayrıca en verimli ısıtma sisteminin tespit edilebilmesi için; ısıtma sistem elemanlarının seçim kriterleri, ısıtma sistem maliyetlerinin ekonomik analizleri,

ısıtma sistemlerinde kullanılan yakıtların çevresel etkileri ve 6 farklı tipte tasarlanan binaların tanımı yapılmıştır.

Bulgular bölümünde 6 farklı tipte tasarlanan her bir bina modeli tek tek incelenerek; bina nizamı ile ısı kaybı arasındaki ilişki vurgulanmıştır. Isıtma sistemlerinde ilk yatırım maliyeti ve işletme maliyet değerleri tespit edilerek yıllık eşdeğer maliyet analizi yapılmıştır. Ayrıca yakıtların emisyon değerleri hesaplanarak çevreye etkisi tespit edilmiştir.



## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1. Isıtma Sistemleri

Dünyanın güneş eksenini etrafında dönmesi sonucu oluşan mevsimlere bağlı olarak dış ortam sıcaklığı yılın 365 gününde farklılıklar göstermektedir. Özellikle kuzey yarımkürede bulunan ülkelerde (dünya ile güneş arasındaki mesafenin artması sonucu) kış mevsimi nedeniyle, dış ortam sıcaklıklarında ciddi düşüşler görülmektedir. Bu düşük sıcaklıkların yaşam fonksiyonlarına olan olumsuz etkilerini gidermek amacıyla; ortamın ısıtılması hedeflenmiş ve bu kapsamda ısıtma sistemleri oluşturulmuştur.

Kâinattaki tüm olgular gibi ısıtma sistemi de insana hizmet kapsamında geliştirilmiştir. Maksat insan yaşamını konforla birlikte kolaylaştırmaktır. Isıtma sisteminde temel kriter olarak; insan vücudunun konfor sıcaklığında sabit tutulması hedeflenmiştir. Bu nedenle çeşitli çalışmalar yapılmış ve öncelikli olarak insan için konfor sıcaklıkları tespit edilmiştir. Belirlenen konfor sıcaklıkları doğrultusunda TS-825 standartları da göz önünde bulundurularak bina tasarımları yapılmış ve insan hizmetine sunulmuştur. Fakat artan dünya nüfusuna paralel kullanılan enerji kaynaklarının rezerv miktarlarının azalması nedeniyle, enerjinin etkin kullanımı amacıyla ısıtma sistemleri incelemeye alınmıştır.

Enerjinin etkin kullanımı kapsamında -Şekil 1.2'deki enerjinin sektörel dağılımı da incelenerek - enerjinin %31 oranında konutlarda kullanıldığı ve kullanılan bu enerjinin de %82 oranında ısıtma için tüketildiği hatırlanılacak olursa ısıtma sistem analizlerinin önemi ortaya çıkmış olur. Bu nedenle ısıtma sistemleri incelenmiştir.

Isıtma sistemlerini;

➤ **Kullanış Şekline Göre:**

Bölgesel Isıtma

Merkezi Isıtma

Bireysel Isıtma

➤ **Akışkana Göre:**

Sıcak sulu ısıtma sistemleri

Kızgın sulu ısıtma sistemleri

Buharlı ısıtma sistemleri

Sıcak havalı ısıtma sistemleri (hava apereyleri)

Radyant ısıtma sistemleri

➤ **Yakıtı Göre:**

Katı yakıtlı

Sıvı yakıtlı

Gaz yakıtlı

Diğer (güneş, jeotermal ısıtma)

şeklinde gruplandırmak mümkün olup açıklamaları aşağıda sunulmuştur.

**Bölgesel ısıtma sistemi;** bir bölgedeki binaların, küçük bir kentin tamamının veya büyük bir kentin bir kısmının bir merkezde üretilen ısı tarafından ısıtılması şeklindedir (üniversite kampüsleri gibi). Bölgesel ısıtma sisteminde kullanılan akışkanın özelliğine, ısı dağıtım şebeke türüne ve üretilen ısının kullanım amaçlarına göre sınıflandırma yapılır (Çomaklı vd 2006 ).

Bölgesel ısıtma sistemleri diğer sistemlerine göre işletme maliyetlerinin düşük olması, çevreyi daha az kirletmesi, daha az tehlikeli olması, daha sağlıklı ve konforlu ısıtma sağlaması avantajlarına sahiptir. Fakat dağıtım hattı maliyetleri, sistem çalıştırma ve kontrol maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle ılıman bölgelerde nispeten tercih edilmeyen bir ısıtma sistemidir.

Bölgesel ısıtma sistemlerinde, bir ısı merkezinde üretilen ısı, boru şebekesi ile primer devre akışkanı tarafından ısıtılacak binalara taşınır. Her binanın altındaki ısı değiştiricisinde sekonder devrede dolaşan ısıtıcı akışkan ısıtılır. Primer devre sıcak su, kızgın su veya buhar, sekonder devrede ise genellikle sıcak su dolaşır. Bölgesel ısıtma

sistemlerinde uygulanan diğerk bir sistem de primer devrede üretilen sıcak akışkanın doğrudan bloklara verilmesidir. Burada işletme basıncına dikkat edilmelidir (Elele ve Çanakçı 2001).

**Merkezi ısıtma sistemi;** genel olarak soğuk iklimlerdeki apartman veya kamu binalarında kullanılır. Sistem, kullanılacak akışkanı (su, hava veya buharı) ısıtmak için merkezi kazan veya ısıtıcı, ısıtılmış akışkanın dağıtımı için boru tesisatı ve ısıyı ortam havasına transfer etmek için radyatörleri içerir.

Merkezi sistem, birden fazla bağımsız bölümün bir kazan dairesinden ısıtılmasıdır. Genellikle 12 veya daha fazla bağımsız bölüm içeren binalarda ilk yatırım maliyeti ve tesisatın işletme şartları açısından tavsiye edilir. Merkezi ısıtma sisteminde yakıt ekonomisini sağlamak için, tesisatta bir otomatik kontrol panelinin bulunması önerilmektedir (Anonim 2004b).

**Bireysel ısıtma sistemi;** dairelerin binadan bağımsız olarak ısıtma yapılabildiği sistemlerdir. Bireysel ısıtma sistemlerinde genel olarak gaz veya katı yakıt tercih edilir. Yakıtın cinsine göre; kombi, kat kaloriferi genel olarak; soba, klima, şömine de kısmen kullanılmaktadır. Kombi ve kat kaloriferinde elde edilen sıcak su -merkezi sistemde olduğu gibi- radyatörler vasıtasıyla ortamı ısıtmada kullanılır. Bu cihazlar küçük kapasiteli ve kompaktırlar. Genellikle sirkülasyon pompaları cihazların üzerindedir. Isıtmak istenilen ortam sıcaklığı, binadan bağımsız olarak ayarlanabildiği için bireylere ısınmada özgürlük ve konfor sağlamaktadır.

**Sıcak sulu ısıtma sistemleri;** genel olarak merkezi ısıtma sistemlerinde veya bölgesel ısıtma sistemlerinin sekonder devrelerinde kullanılırlar. Isıtıcı akışkan olarak sıcaklığı 110°C değerinin altında bulunan sıcak su kullanılır. Sıcak su sistemlerinin büyük çoğunluğu atmosfere açıktır ve su sıcaklığı 90°C değerini aşmaz. Sıcak su kazanında üretilen sıcak su borularla ısıtılacak hacimlere yerleştirilmiş radyatör, konvektör, sıcak hava apareyi gibi ısıtıcı elemanlara taşınır. Burada soğuyarak ısınıp oda hacmine

bırakan sıcak su, kazana geri döner. Suyun dolaşımı eski sistemlerde doğal olarak yeni sistemlerde ise daha ekonomik ve konforlu olduğu için sirkülasyon pompaları ile sağlanır. Sistemde mevcut suyun ısınması sırasında artan hacim, genişleme kabı adı verilen bir depoda toplanır (Anonim 1999).

**Kızgın sulu ısıtma sistemleri;** enerji ihtiyacının sıcak sulu ısıtma sistemine göre daha fazla olduğu sistemlerde kullanılır. Genel olarak bölgesel ısıtma sistemlerinde primer devrede kullanılırlar. Kazan suyu sıcaklığı 110°C'den yüksek olan sistemlerdir. Sistemde enerji verimliliği nedeniyle genellikle bakır boru alüminyum kanat dizaynı yapılır (Anonim 1999).

**Buharlı ısıtma sistemleri;** enerji ihtiyacının çok fazla olduğu sistemlerde kullanılır. Yakıtın yakılması sonucu açığa çıkan enerji kapalı bir kap içinde bulunan sıvıya aktarılarak sıvının gaz (buhar) haline gelmesini sağlar. Enerjinin gereksinim miktarına göre buhara enerji yüklemesi yapılır. Böylece taşıyıcı konumundaki sıvı (buhar) enerjisini ihtiyaç duyulan noktada bıraktıktan sonra tekrar kazana dönerek enerji taşıma sirkülasyonunu devam ettirir. Bu sistemlerde genellikle çift eşanjörlü sistemler kullanılmakta olup eşanjörün bir tanesi sıvı-gaz eşanjörüdür. Buharlı sistemlerde ise çelik boru, çelik kanat veya çelik boru üzerine alüminyum kendinden kanatlı borular kullanılmaktadır. Çoğunlukla bölgesel ısıtma sistemlerinde primer devrede kullanılırlar (Anonim 1999).

**Sıcak havalı ısıtma sistemleri (hava apereyleri);** daha çok yüksek tavanlı geniş hacimlerin ısıtılması nedeniyle kullanılırlar. Bu cihazların üfleme kanatçıkları (jaluziler) çevre havasını da sürükleyerek cihazdan çok büyük miktarda ve hızda çıkar. Üfleme sıcaklığı ortam havası sıcaklığından birkaç derece daha yüksektir. Bu sayede izotermal şartlara yakın ve atış mesafesi yüksek bir jet elde edilmektedir. Üflenen hava yukarı kıvrılmayıp uzun mesafelere ulaşır, ortam havası ile karışır ve oda içerisinde sıcaklık gradyanlarının oluşması önlenir. Enerji tasarrufu sağlanarak ortam ısıtılmış olur. Bu cihazların seçiminde ve yerleştirilmesinde bütün ısıtılacak hacmin homojen bir şekilde ısıtılmasına, havanın insanların çalışma düzeyine uygun bir şekilde üflenmesine

ve rahatsız edici hava akımlarının oluşmamasına dikkat edilmelidir. Daha çok fabrika, depo, hangar, atölye gibi büyük hacimlerin ısıtılmasında kullanılır. İdeal olarak yerden 2 m yüksekliğe yerleştirilirler. Bu cihazlarda ısıtıcı akışkan olarak yüksek sıcaklıkta su veya buhar kullanılır ( Anonim 2000).

**Radyant ısıtma sistemleri;** ısınan cisimler ve yüzeylerdeki sıcaklığın ortamdaki havayı ısıtması ile ısınma sağlanır. İnsanlar radyant ısıtıcının sıcaklığı ile direkt olarak temas kurarlar. Oda oturulabilir rahatlıktaki sıcaklığa ulaştığında içerideki havanın ısınması oldukça yavaşlar. Bu durumda radyant ısıtıcılar ortamda toplanan sıcak havanın fazla ısınmasını da önlemiş olurlar. Radyant ısıtıcılar aynı zamanda sıcaklığı ortama eşit dağıtırlar. Düşey sıcaklığın eşit dağıtılması enerjinin korunmasına büyük ölçüde katkı sağlar. Işıma sonucunda meydana gelen ısı, cisimlerin elektromanyetik ışıması sonucunda enerji yaymasından doğar. Sıcaklık, radyant ısıtıcıdan gelen dalga boyu ve ışıma yoğunluğuna bağlıdır. Işıma yoğunluğu yüksek olan radyant ısıtıcının dalga boyu daha kısa, element sıcaklığı ise daha yüksek olur (Anonim 2005a)

**Katı yakıtlı ısıtma sistemleri;** kömür, odun, fındık kabuğu, pirina vb. katı yakıtların ısıtma elemanlarında yakılması ile elde edilen enerjinin kullanım şeklidir. Fakat kullanım oranlarına, birim ısı verimliliğine ve doğadaki rezerv oranlarına bakıldığı zaman, kömürün kullanılan diğer katı yakıt türleri arasında vazgeçilmeyecek bir yerinin olduğu görülmektedir.

**Sıvı yakıtlı ısıtma sistemleri;** sıvı yakıt olan fuel-oilin ısıtma elemanlarında yakılması sonucu elde edilen enerjinin kullanım şeklidir. Fuel-oil bir petrol türevi yakıt olduğu için petroldeki azalan rezerv, artan arza bağlı olarak fiyat artışlarından olumsuz etkilenmekte ve yerini zamanla katı veya gaz yakıtı bırakmaktadır.

**Gaz yakıtlı ısıtma sistemleri;** gaz yakıt olan doğalgazın ısıtma elemanlarında yakılması sonucu elde edilen enerjinin kullanım şeklidir. Katı yakıtın ekolojik sıvı yakıtın hem ekolojik hem ekonomik olumsuzlukları nedeniyle dünya, gaz yakıt

kullanma yolunda hızlı bir geçiş yaşamaktadır. Bu kapsamda dünya çapında çeşitli anlaşmalar yapılmıştır.

**Diğer (güneş, jeotermal) ısıtma sistemleri;** çok aktif bir kullanıma sahip olmamakla beraber, özellikle jeotermal enerji kaynağının sıcaklık ve kapasitesinin yeterli olduğu yerlerde, bölgesel ısıtma sistemi olarak karşımıza çıkması mümkündür.

## **2.2. Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Temel Elemanlar**

### **2.2.1. Kalorifer kazanı**

Isıtma sistemlerinin ve endüstriyel tesislerin en önemli elemanı kazanlardır. Tükettikleri enerjinin büyüklüğü nedeniyle, enerji tasarrufu açısından üzerinde öncelikli çalışma yapılması gerekli elemanlardır. Yapılan çalışmalar kazanlarda yapılabilecek iyileştirmeler ile, önemli enerji tasarrufunun sağlanabileceğini ortaya koymaktadır (Durmaz ve Özkan 1983).

Katrakis and Zawacki (1993) tarafından yapılan çalışmada gaz yakıtlı bir kazanın kararlı durumdaki verimi %70–85,5 ve kısmi yük durumlarında %73–89 olduğu gösterilmiştir. Akman (1990) ise bir fuel-oil kazanında bazı modifikasyonlar ile verimin %73 den %85'e çıkarılabileceğini göstermiştir.

Kazanların verimliliği, yakıt türüne ve yanma koşullarına bağlıdır. Özellikle sıvı ve gaz yakıtlı kazanlarda kullanılan otomatik kontrol sistemlerinin kolay kullanılabilirliği ve bu sistemlerin önemli düzeyde gelişmiş olması nedeniyle bu kazanların işletme verimleri, katı yakıt yakan kazanlara göre daha yüksektir. Arısoy (1983), ısı amaçlı kullanılan sıvı yakıt yakan bir kazanda, otomatik kontrol sistemi kullanılarak (radyatör su giriş sıcaklıklarını devamlı kontrol ederek) yakıttan %8 civarında tasarruf sağlanacağını belirtmiştir.

Enerji tasarrufu ile ilgili olarak çeşitli fabrika ve ısıtma sistemlerinde kullanılan kazanlarda yapılan incelemelerde, ısı verimlerin yaklaşık olarak kömürlü kazanlarda %60-65, fuel-oil yakan kazanlarda ise %70-75 olduğu görülmüştür. Bu verimlerin basit ve ucuz bir takım önlemlerle %10-15 artırılabilceği ortaya çıkmıştır (Durmaz ve Özkan 1983).

Terzioğlu (1997), Atatürk üniversitesinin ısı merkezinde bulunan kazanların yanma verimi üzerine yaptığı bir çalışmada, kazanların yüksek hava fazlalık katsayısı ile çalıştığını ifade etmiş ve kazanların optimum hava fazlalık katsayısı ile çalışması durumunda yıllık yakıt tüketiminde %5 (450 ton) fuel-oil tasarruf sağlanacağını tespit etmiştir.

Lokal ve küçük merkezi ısıtma sistemlerinde, ısı değeri yüksek ve temiz yakıtların kullanılması arzu edilir. Bu tür yakıtların fiyatlarının yüksek olması, ithal edilmeleri ve düşük verimle çalışan kazanlarda yakılması işletme masraflarını artırmaktadır. Bölge ısıtılmasında, yanma tek merkezde ve büyük kazanlarla yapıldığından verimli ve ayrıca otomatik kontrol sistemlerinin kullanılması sebebiyle daha yüksek verimle ve çok değişik, ucuz yakıtlarla tesisler işletilebilmektedir (Çomaklı 2003).

**Çizelge 2.1.** Kazan performans değerleri (Bayram 1990)

Kriter	Katı yakıtlı sistem		Sıvı yakıtlı Sistemler
	Mekanik beslemeli	Elle beslemeli	
Verim (%)	57-93	35-84	65-94
HFK	1,41-5,97	1,99-9,08	1,03-2,98
CO <sub>2</sub> (%)	7,8	5,7	10,3
O <sub>2</sub> (%)	12,0	14,78	7,1

Bayram (1990) tarafından yapılan çalışmada, 27 adet mekanik beslemeli, 22 adet elle beslemeli katı yakıt ile, 71 adet sıvı yakıtlı kazanlar incelenerek elde edilen değerler Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Isıtma sistemlerinde otomatik kontrolün etkisi Arısoy (1991) tarafından incelenmiştir. Bu çalışmada farklı kontrol tipleri incelenmiş ve yıllık yakıt tasarrufu hesaplanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları Çizelge 2.2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.2.** Otomatik kontrolün kazan verimine etkisi

<b>Kontrol Tipi</b>	<b>Yıllık Verim (%)</b>	<b>Yıllık Yakıt Tüketimi (kg/y)</b>
Termostat 90°C Sabit	61	74.905
Elle ayarlamalı Termostat	72	58.419
Dört yollu vana kontrolü	75	55.927
Elektronik kontrol	76	54.970

Yapılan başka bir çalışmada kontrol tipine bağlı olarak kazan seçimi ile yıllık yakıt tüketimi arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu incelemeye göre düşük kapasitelerde verimde düşme olduğu, buna bağlı olarak yakıt tüketiminde yıllık %18–28 arasında bir artış olduğu tespit edilmiştir (Holms 1978).

Kalorifer kazanlarını özelliklerine göre birçok farklı kategoride incelemek mümkündür (Anonim 1999).

- **Kazan malzeme cinsine göre;**
  - Dökme Dilimli Kazanlar
  - Çelik Kazanlar
- **Kullanılan Yakıt Cinsine Göre;**
  - Gaz Yakıtlı Kazanlar
  - Sıvı Yakıtlı Kazanlar
  - Katı Yakıtlı Kazanlar



- **Isıtıcı Akışkanın Cinsine Göre;**
  - Sıcak Sulu Kazanlar
  - Kaynar Sulu Kazanlar
  - Alçak Basıncılı Buharlı Kazanlar
  - Yüksek Basıncılı Buharlı Kazanlar
- **Yakıt Odası Basıncına Göre;**
  - Karşı Basıncılı Kazanlar
  - Karşı Basıncısız Kazanlar

### 2.2.2. Brülör

En az kazanlar kadar önemli olup, kullanıcı tarafından en az bilinen elemanlardan biridir. Sıvı ve gaz yakıtların püskürtülerek hava ile karıştırılmasını ve yakılmasını sağlayan yakıt sistemi elemanıdır. Kullanılan yakıtın cinsine göre; sıvı ve gaz yakıtlı olmak üzere iki farklı çeşittir.

Sıvı yakıtlı brülörlerde yakıt olarak fuel-oil kullanılmaktadır. Fuel-oil brülörde ısıtılarak viskozitesi azaltılır ve basınçlı olarak püskürtülür. Gaz yakıtlı brülörleri atmosferik ve üflemeli brülörler olarak genelde ikiye ayırmak mümkündür. Üflemeli brülörlerde gaz yakıt tam yanma için gereken miktarda yakma havası ile önceden karıştırılır. Böylece elde edilen yanıcı karışım yanma odasına gönderilir. Burada her türlü yanma şartında karışımdaki hava oranı aynı kalmaktadır. Dolayısıyla yanma sonucundaki baca gazı bileşimi de değişmeyecektir. Atmosferik brülörlerin üflemeli brülörden ana farkı, havayı yanma odasına tabii olarak alması ve karışımla birlikte yanmayı sağlamasıdır. Bunlarda baca, yanma hücresi ve yakma havası uyumlu olmak zorundadır. Atmosferik brülörler ancak sınırlı ısı kapasitelerinde (300.000 kcal/h'e kadar) kullanılabilir (Küçükçalı 2001).

### 2.2.3. Genleşme deposu

Sıcak sulu ısıtma sistemleri 90/70<sup>0</sup>C su sıcaklığında çalışırlar. Yani ortalama 80<sup>0</sup>C sıcaklıktadır. Sistemdeki besi suyu sıcaklığı ise 10<sup>0</sup>C dir. Bu durumda sistemdeki suyun sıcaklığı 10<sup>0</sup>C ile 80<sup>0</sup>C arasında değişecektir. Suyun belirtilen sıcaklık değerleri arasındaki özgül hacmi yaklaşık %3 civarında değişmektedir. Hacimde oluşan bu değişimi karşılamak ve basıncın kontrolünü sağlamak amacıyla genleşme depoları oluşturulmuştur. Açık ve kapalı olmak üzere iki farklı tip genleşme deposu bulunmaktadır (Anonim 2002).

**Açık genleşme depoları**, sistemin en üst noktasından en az pompa basıncı kadar üst noktaya yerleştirilmek şartıyla atmosfere açık olarak çalışırlar. Atmosfere açık olması tesisattaki basıncın atmosfer basıncının üstüne çıkmasını engeller. Sistem sıcak iken genleşen suyun fazlası depoda biriktirilirken, sistem soğuduğunda azalan suyun takviyesi yine buradan sağlanır (Anonim 2002).

**Kapalı genleşme depoları**, açık genleşme depolarının hem yerleşme hem de işletmedeki aksaklıklarının giderilmesi amacıyla geliştirilmiş ve yeni binalarda tercih edilen bir sistemdir. En önemli özelliği kalorifer suyunun hava ile temasını önlemesidir. Böylece hem ısıtma sisteminin oksitlenmesi engellenerek ömrü uzatılmış, hem de atmosfere açık olan suyun zamanla buharlaşıp yok olması engellenmiş olur (Anonim 2002).

### 2.2.4. Sirkülasyon pompası

Bölgesel veya merkezi ısıtma sistemlerinde su sirkülasyonunun kolay ve verimli olması amacıyla genellikle dönüş hattına yerleştiren pompa(lar)dır. Pompa seçiminin kazan kritik hattına göre yapılması dikkat edilmesi gereken en önemli kriterdir. Pompa seçimi ve ısıtma sistemine montajı, kazan verimini etkilediği için ısıtma sistem verimini de dolaylı olarak etkilemektedir.

### 2.2.5. Kat kaloriferi

Küçük kapasiteli ve tek daire için kullanılan kazanlardır. Kazanlardaki gibi içindeki suyun ısıtılarak bir pompa vasıtasıyla borulardan geçirip radyatörlere verilme prensibine göre çalışır. Genel olarak tek daire için kullanılmakla birlikte, 2-3 daire için olan kapasiteleri de vardır. Kat kaloriferlerinde genellikle atmosferik brülör kullanılır. Kat kaloriferleri kombiden farklı olarak her mahalde kullanılamaz. Bunlar sadece ısıtma için kullanılan sistemlerdir. Bu nedenle sıcak su ihtiyacı kazana monte edilen boyler ile sağlanabilir.

### 2.2.6. Kombi

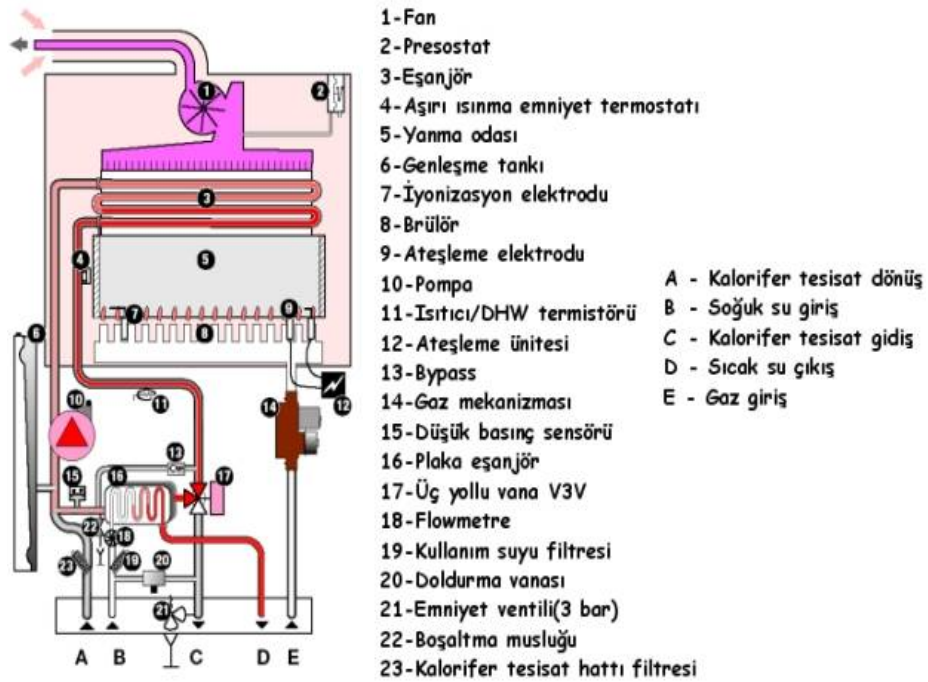
Kombi ısıtma cihazları, şofbenlerde olduğu gibi borulardan gelen suyun ısıtılması ilkesi üzerine çalışırlar. Yanma odasında yanan yakıttan elde edilen enerji, bir eşanjör kullanarak suya aktarma prensibine göre çalışır. Bu nedenle hem ısıtma hem sıcak su temini için kullanılabilirler. Bazı (tek eşanjörlü) kombilerde; yanma odası hem ısıtma suyu eşanjörü hem de sıcak su boruları ile irtibatlıdır. Bu nedenle bu kombilerin sıcak su verimi diğer tip (çift eşanjörlü) kombilere göre daha yüksektir. Çift eşanjörlü kombilerde ise yanma odası sadece ısıtma suyu eşanjörü ile irtibatlıdır. Sıcak su ise ısıtma suyu kullanılarak sıvı-sıvı eşanjöründe ısıtılır.

Az yer kaplayan ve montajı kolay olan kombiler sessiz çalışırlar. Kombiler yanma havasının temini yönünden bacalı, baca fanlı ve hermetik olmak üzere üçe ayrılırlar.

**Bacalı kombilerde** yanma odası cihazın bulunduğu ortama açıktır ve yanma sırasında cihaz, ortamın havasını kullanır. Bacalı kombiler banyoya, yatak odalarına, apartman boşluğu gibi ortamlara ve hacmi 8 m<sup>3</sup>'ten az olan yerlere monte edilemez. Bacalı kombilerde yanma sonucu oluşan atık gazlar, mevcut baca aracılığıyla dışarıya atılır (Anonim 2004a).

**Baca fanlı kombiler** bacanın yetersiz olduğu durumlarda bu tip cihazlar kullanılabilir. Yanmış gazlar bir baca fanı ve baca gazı borusu ile pencere veya atmosfere açık duvardan dışarı atılır. Bacalı kombilerin montaj mahalleri ile ilgili kısıtlamalar bu cihazlar için de aynen geçerlidir (Anonim 2004a)

**Hermetik Kombilerde** bacaya gerek yoktur. Ortamın havasını kullanmadığı için kısıtlama getirmeden kullanılırlar. Yanma için gerekli havayı bir fan vasıtasıyla ve özel iç içe geçen iki borudan oluşan hava akım borusu sayesinde dışarıdan alırlar. Hermetik kombiler mutlaka dış duvara veya dış duvara yakın bir yere monte edilmeli ve hava akım borusu atmosfere açık olmalıdır. Apartman aydınlıklarına bağlanmamalıdır. Şekil 2.1’de örnek bir hermetik kombi modeli vardır. (Anonim 2004a).



**Şekil 2.1.** Hermetik kombinin ana elemanları (Anonim 2004a)

### 2.2.7. Soba

Hem katı yakıtta hem gaz yakıtta kullanılan ve sadece bulunduğu ortamı ısıtmaya yarayan ısı elemanıdır. Atmosferik brülörlüdürler. Yanma için gerekli havayı ortamdan

alıp yanma sonucu oluşan gazları baca vasıtasıyla dışarı atan sistemlerdir. Gaz yakıtta bacalı sisteme alternatif olarak hermetik sobalarda mevcuttur. Bunlar dış duvara yakın yerlere monte edilerek, tek bir boruyla (iç içe geçmiş iki borudan oluşmaktadır.) dış ortamdaki temiz havayı alır yine aynı boruyla dış ortama yanmış gazları atar. Bu nedenle hermetik sobalar; istenilen her hacimdeki mekânın ısıtılmasında kullanılabilirken, bacalı sobalar yanma için ortam havasını kullanmaları nedeniyle  $8 \text{ m}^3$  ün altındaki hacimlerin ısıtılmasında kullanılamazlar.

### **2.2.8. Isıtma elemanları (radyatör ve kanallar)**

Isıtma sisteminin en son elemanı olup sistemde depolanan enerjinin iletim ve/veya taşınım ile ısıtılmak istenen ortama bırakıldığı kısımdır. Radyatör veya aparey şeklinde kullanılan ortamın özelliğine göre farklı dizayn edilmişlerdir. Fakat çoğunlukla radyatör (alüminyum, döküm, sac, panel) kullanılır. Kazanda ısıtılan akışkan radyatörlerde geçerek önce iletimle radyatörün yüzeyini ısıtır. Isınan radyatörün yüzeyi ısıtılmak istenilen ortamın havasıyla temas ederek ısınıp havaya bırakır. Böylece sudaki enerji ortama verilmiş olur. Radyatörlerin montajı ortamdaki ısı kaybını karşılayacak şekilde en soğuk kısma monte edilmelidir. Bu kısımlar genellikle ısı kaybının en fazla olduğu pencere altlarıdır. Böylece ortamın ısıtılmasından ziyade soğutulması engellenmiş olur.

### **2.3. Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Yakıtlar**

Ülkemizde, 2002 yılı itibariyle toplam birincil enerji arzı, 75,42 milyon ton petrol eşdeğeri olmuştur. Söz konusu arzın kaynaklara dağılımında, %40,5 ile petrol ilk sıradadır. Petrolü, %26,2 ile kömür (%15,3'ü yerli kömür ve %10,9'u ithal kömür), %19,5 ile doğalgaz, %8 ile odun, hayvan ve bitki artıkları, %3,8 ile hidrolik ve %2 ile diğer kaynaklar izlemektedir. Söz konusu yılda toplam enerji arzının %32,4'ü yurtiçi kaynaklardan ve %67,6'sı ise ithal kaynaklardan sağlanmıştır. Toplam 24,43 milyon ton petrol eşdeğeri tutarındaki yurtiçi birincil enerji üretimi içerisinde kömürün payı %47,6'dır. Diğer kaynaklar ise, sırasıyla, %24,8 odun, hayvan ve bitki artıkları, %11,9

hidrolik kaynaklar, %9,8 petrol ve %5,9 diğer kaynaklar şeklindedir. İthal kaynakların dağılımında ilk sırayı %54,9 ile petrol almaktadır. Petrolü %28,3 ile doğalgaz ve %16,3 ile kömür izlemektedir. Toplam enerji arzının 2020 yılında 222,27 milyon ton petrol eşdeğeri olacağı, bu miktarın %30'unun yurtiçi kaynaklardan ve %70'inin ise ithal kaynaklardan karşılanacağı öngörülmektedir (Tamzok ve Torun 2005).

Türkiye süratle gelişen ve enerji ihtiyacı hızla artan bir ülkedir. Bu nedenle hem artan enerji ihtiyacını karşılamak hem de hızla azalan enerji kaynaklarına alternatif oluşturmak zorundadır. Türkiye ihtiyaç duyduğu enerji arzını jeopolitik konumu vasıtasıyla en kolay sağlayabilecek ülkedir. Bu nedenle Türkiye enerji piyasasının önde gelen transit terminali durumundadır.

### **2.3.1. Kömür**

Homojen olmayan, kompakt, çoğunlukla lignoselülozik bitki parçalarından meydana gelen, tabakalaşma gösteren, içerisinde çok miktarda C, az miktarda H - O - S ve N elementlerinin bulunduğu ama inorganik (kil, silt, elementleri gibi) maddelerinde olabildiği, bataklıklarda oluşan, kahverengi ve siyah renk tonlarında olan, yanabilen, katı fosil organik kütlelerdir (Anonim 2004b).

Çoğunlukla bitkisel maddeler ya da bitki parçaları uygun bataklık ortamlarda birikip, çökelir ve jeolojik işlevlerle birlikte yeraltına gömülürler. Yerin altında, bu organik kütleler, gömüldükten sonra, önceleri gömülmenin oluşturduğu basınç şartları, daha sonrada ortamın ısısal şartlarından etkilenirler. Sıcaklık ve basınç şartlarının bu kütlelere etkimesi sonucu, bu ortamdan, sırasıyla önceleri (turbadan-taşkömürü aşamasına kadar) su ve su buharı, karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), oksijen (O<sub>2</sub>) ve en ileri aşamalarda hidrojen (H<sub>2</sub>) (antrasit aşamasında) uzaklaşır (Anonim 2004b).

Dünya toplam birincil enerji arzı, 2003 yılında 10.579 milyon ton petrol eşdeğeri olmuştur. Söz konusu arzın kaynaklara dağılımında incelendiğinde %24,4 ile kömürün

petrolden sonra ikinci sırada olduğu görülmektedir. Toplam arz içerisinde 1973 yılında %24,8 olan kömürün payı 2003 yılında %24,4 olmuştur. Enerji kaynaklarının kalan ömürleri dikkate alındığında, kömürün özellikle 2030 yılından sonra çok daha büyük önem kazanacağı anlaşılmaktadır. 2004 yılı sonu itibariyle dünya toplam kanıtlanmış kömür rezervi 909 milyar ton olup, dünya kömür üretim büyüklüğü dikkate alındığında kömür rezervlerinin 164 yıl ömrü bulunmaktadır.

Kömür rezervleri dünya üzerinde 70'den fazla ülkede bulunmaktadır. En büyük rezerv miktarı 247 milyon ton ile ABD'ye aittir. Bu ülkeyi, 157 milyon ton ile Rusya ve 114,5 milyon ton ile Çin izlemektedir (Tamzok ve Torun 2005).

### **2.3.2. Fuel-oil**

Fuel-oil petrol türevi bir yakıt olup ham petrolden elde edilmektedir. Ham petrolün rafinerilerde arıtılması ve işlenmesi sonucunda, ortalama olarak %43 benzin, %18 fuel-oil ve motorin, %11 LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı, propan veya propan-bütan karışımı), %9 jet yakıtı, %5 asfalt ve %14 diğer ürünler elde edilmektedir (Anonim 2007).

PETDER (Petrol Sanayi Derneği) tarafından 18.02.2007 tarihinde yayınlanan "2006 yılı Sektör Raporu"nda; tüketilen petrol %3 kalorifer yakıtı, %14 fuel-oil no:6, %13 kurşunsuz benzin, %64 motorin ve %2 katkıli benzin olarak değerlendirilmektedir.

Türkiye'de fuel-oil tanımı TS 2177'de verilmektedir. Bu standarda göre; fuel-oil, damıtma esnasında, damıtma kolonundan dip ürünü olarak elde edilen, doğrudan yada belirli oranlarda damıtma ürünü yakıt eklenmesiyle (kalorifer yakıtı olarak bilinir) piyasaya verilen ve ön ısıtma yapılarak atomizörlü yada buharlaştırılmalı yakıcılarda kullanılan bir petrol ürünüdür. Rafineri standartları ise, üretici kuruluş olan TÜPRAŞ tarafından ASTM standartları temel alınarak saptanmıştır. Fuel-oil türünü belirlemede temel alınan parametreler "yoğunluk" ve "viskozite" dir. 1 ve 2 numaralı fuel-oil ev

yakıtı (kalorifer yakıtı) olarak, 5 ve 6 numaralı yakıtlar ise ağır sanayi yakıtı olarak tanımlanmaktadır. İzin verilen en çok kükürt (S olarak) içeriği kalorifer yakıtında ağırlıkça %1,5 iken, ağır fuel-oilde (No.6) % 4 'dür. Yurdumuzda "Fuel-oil No.6" ve "Kalorifer yakıtı" türleri daha yaygın olarak üretilmekte ve kullanılmaktadır.

27 Nisan 2004 tarihinde Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre ve Yönetim Müdürlüğü tarafından yayımlanan Genelgenin I-c maddesine göre "Hava kirliliğine neden olan emisyonlar arasında yer alan kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) emisyonunun azaltılması için yaklaşık %3,5 kükürt (S) içeren 6 nolu fuel-oil'in ısınma ve sanayide ısınma ve üretim amaçlı kullanılması yasaklanmıştır." ibaresi yer almaktadır. Bu genelge ile kalorifer yakıtı olarak tanımlanan 6 nolu fuel-oil'in kullanılmayacağı yani, daha az kükürt (S) içeren kaliteli fuel-oil kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Bu genelge bize artan fuel-oil fiyatlarını açıklamaktadır. Bu durumun sonucunu en iyi Çizelge 2.3 açıklamaktadır.

**Çizelge 2.3.** Türkiye'de petrol ürünlerinin tüketim dağılımı (PETDER 2007)

YIL	PETROL ÜRÜNLERİ		
	Beyaz Ürünler (m <sup>3</sup> )	Kalorifer Yakıtı (Mton)	Fuel-Oil No:6 (Mton)
2001	15.353.556	1.103.946	4.030.523
2002	15.336.131	1.035.482	3.842.605
2003	30.683.651	951.716	3.784.642
2004	32.950.225	720.482	3.746.051
2005	44.686.989	612.175	3.399.622
2006	32.289.676	426.056	2.276.172

### 2.3.3. Doğalgaz

Diğer fosil yakıtlar gibi doğalgaz da milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve artıklarından oluşmuştur. Yeryüzü kabukları arasına gömülen bu artıklar, basınç ve sıcaklık etkisiyle,



kimyasal değişikliklere uğrayarak doğalgazı meydana getirmiştir. Doğalgaz esas olarak metan ( $\text{CH}_4$ ) ve daha az oranda etan ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) ve propan ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) gibi hidrokarbonlardan meydana gelir. Ayrıca bileşiminde azot ( $\text{N}_2$ ), karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ), hidrojen sülfür ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ile helyum (He) gazları da bulunabilir. İlk doğalgaz yatağı 1815 yılında Batı Virginia'da bir tuz ocağında bulunmuştur.

Fosil yakıtların kullanımına bağlı oluşan olumsuz etkileri gidermek maksadıyla çoğu ülkenin desteklediği çevre politikaları geliştirilmiş ve çevreye en az zarar veren yakıt olan doğalgazın kullanılması sonucu çıkmıştır. Bu nedenle dünya genelinde doğalgaz kullanılması yönünde hızlı adımlar atılmıştır.

Doğal gaz tüketicisi olan ülkelerin tümünde; arz güvenliğini sağlama ve arz esnekliğini arttırmak amacıyla, doğalgaz yeraltı veya yer üstünde depolanmaktadır. Yeraltında depolama, doğalgazın en çok tercih edilen depolama şeklidir. Doğalgazı yer üstünde depolamanın teknolojisi ise;  $-168^{\circ}\text{C}$ 'da sıvılaştırılarak, gazın sıvı halde depolanmasıdır. Doğalgaz ticaretinin sıvılaştırılmış olarak yapılması halinde, doğalgaz ihracatçısı ülkede sıvılaştırma ve ihraç terminali ithalatçı ülkede ise, ithal terminali ile depolama ve tekrar gazlaştırma ünitelerine ihtiyaç duyulmakta ve bu nedenle de gaz maliyetleri artmaktadır (Bayraç 2005).

Doğalgaz kullanımının diğer yakıtlar ile kıyaslandığında aşığıda belirtilen avantajlarının olduğu tespit edilmiştir:

- Alternatifi olduğu yakıtlara (kömür, fuel-oil) göre daha ucuzdur.
- Solunması halinde zehirleyici ve öldürücü etkisi yoktur.
- Yoğunluğu havadan düşük olduğundan hava içinde yükselme eğilimindedir. Dolayısıyla herhangi bir kaçak durumunda, gaz hava ile karışmadan önce yükseklerde toplanır. Bu yüzden havalandırma bacalarından kolaylıkla dışarı atılabilirler. Tüp gaz gibi zeminde birikip tehlike oluşturmaz.
- Gazın içinde su buharı olmadığı için, kuru bir gazdır.
- Çevreyi kirleten üç ana faktör doğalgaz dumanı içerisinde bulunmamaktadır. Kükürt oksitler (bu madde duman gazındaki ve havadaki nemle, sülfirik aside dönüşür),

uçan kül parçacıkları ve yanmamış gazlar (içinde özellikle karbonmonoksit belirli dozlara ulaştığında öldürücü etkisi olan son derece zararlı bir maddedir).

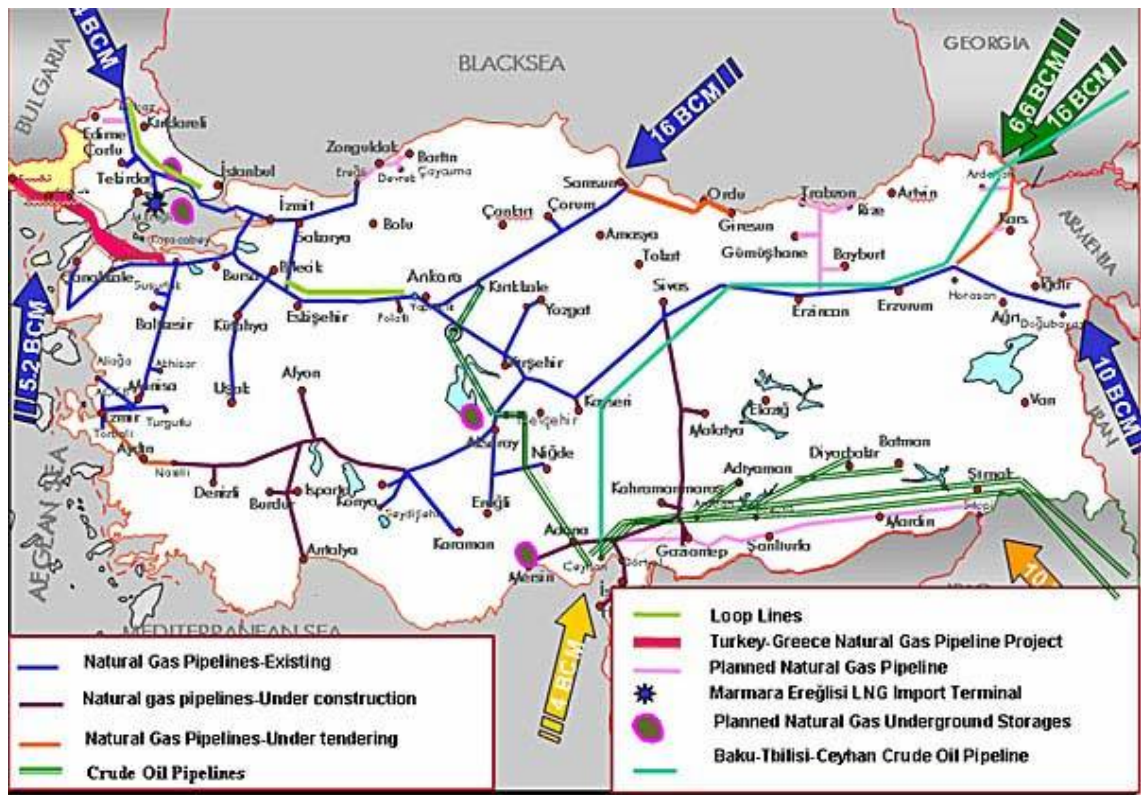
- Kullanım açısından kolay ve temiz bir yakıttır.
- Doğalgazın yakılması için ön hazırlama ve depolama gerekmez. Bu nedenle yakıt tankı veya depolama için ekstra bir hacim gerektirmez.
- Gaz kullanılan cihazlar açısından otomatik kontrole uygundur.
- Doğalgaz kazanları yüksek verimlidir. Ayrıca kazan boyutları diğer yakıt cinslerine göre daha küçüktür. Bu da kazan dairesinde hacim tasarrufu sağlar.
- Yıl bazında tüketim miktarına bakıldığı zaman birim metreküp olarak diğer yakıtlardan daha ucuzdur.
- Düşük basınçta çalıştığı için patlama ve parça tesiri riski yoktur.
- İşletme ve bakım maliyeti diğer yakıtlara nazaran daha düşüktür.

Doğalgazın belirtilen avantajlarının yanında aşağıda belirtilen dezavantajları da mevcuttur:

- Dünya üzerinde rezervlerin dağılımına bakıldığı zaman birkaç ülkede mevcut olduğu görülmektedir. Bu nedenle özellikle Türkiye olarak dışa bağımlılık yaratır.
- Doğalgazın yanması sonucu  $NO_x$  ve %18-20 oranında su buharı oluşmaktadır. Bu nedenle yanma sonucunda hem bacada hem çevrede olumsuz etkiler gözlemlenmektedir.
- Doğalgaz %5-15 oranında hava ile karışım oluşturduğunda küçük bir kıvılcımla patlayabilen bir gazdır.
- Doğal gazın ısı değeri düşüktür. Doğal gazın ısı değeri hava gazına göre daha fazla, tüp gaza göre daha düşüktür.

Türkiye'nin doğal gazla tanışması 1970'li yılları bulmuş, TPAO tarafından 1970 yılında Hamitabat ve Kumrular sahaları keşfedilmiştir. 01 Ekim 1986 tarihinde yapımına başlanan 850 km'lik SSCB-Türkiye doğal gaz boru hattının Nisan 1988'de bitirilmesi ile de yaygın olarak kullanıma başlanılmıştır (Anonim 2005b).

1984 yılından itibaren, Türkiye’de BOTAŞ tarafından çalışmalara başlanmış ve 1985 yılında yaptırılan Türkiye Doğal Gaz Kullanım Etüdü ile doğal gaz tüketim potansiyeli ve muhtemel güzergâh belirlenmiştir. Bu kapsamda Kuzey Batı Anadolu’nun enerji tüketim potansiyelinin yüksek olduğu değerlendirilerek bu doğrultuda çalışmalara başlanılmıştır. Günümüzde mevcut doğal gaz boru hattı Şekil 2.2’de verilmiştir. 2006 yılı itibariyle Türkiye çapında 55 şehirde gaz dağıtım ihalesi gerçekleştirilmiştir (Bayraç 2005).



Şekil 2.2. Türkiye doğalgaz haritası

Erzurum gerek coğrafi konumu gerekse yükseklik bakımından Türkiye’nin en soğuk şehirleri arasında yer alır. Doğu Anadolu Bölgesi’nin yer yüzeyi büyüklüğü bakımından en büyük ili olması nedeniyle de nüfus miktarının göz ardı edilemeyecek büyüklükte olduğu bilinmektedir. Hem soğuk bir şehir hem de etkin bir nüfus nedeniyle önemli miktarda ısınma ihtiyacı doğmaktadır. Anılan sebeplerden dolayı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından 13 Ağustos 2003 tarihinde ihale yapılmış, firma

ile 6 Şubat 2004 tarihinde 30 yıl süre sözleşme imzalanmış ve Eylül 2004 tarihi itibarıyla Erzurum'da gaz kullanılmaya başlanılmıştır.

### 3. MATERYAL YÖNTEM

Isı bir enerji çeşidi olup, yüksek sıcaklıktaki bir ortamdan düşük sıcaklıktaki bir ortama kendiliğinden geçtiği ve bunun iletim, taşınım, ışınım olmak üzere üç farklı şekilde gerçekleştiği bilinmektedir. Türkiye gibi dış ortam sıcaklıklarının geniş bir aralıkta farklılık gösterdiği bir ülkemizdeki binalarda, soğuk havalarda oluşabilecek ısı kaybının ve sıcak havalarda oluşabilecek ısı kazancının engellenmesi gerekmektedir. Bu nedenle yapı elemanının (duvarın), ısı geçirgenlik katsayısının düşürülmesi gerekmektedir. Isı iletkenlik katsayısı ya duvar kalınlığı artırılarak yada ısı iletim kabiliyeti çok küçük olan malzeme kullanılarak sağlanabilir. Duvarın çok kalın olması; kullanılan hacimlerin küçülmesi, binanın fazla yük taşıması nedeniyle maliyet artışı ve işçilik artışına neden olduğu için uygulanan bir sistem değildir. Duvarda ısı iletim kabiliyeti çok küçük malzeme kullanılması nedeniyle binalarda yalıtım ön plana çıkmıştır. Bu kapsamda iç-dış ortam sıcaklık farkından dolayı binalarda oluşan ısı transferini minimum değere indirmek amacıyla Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı'nın da yaptırımları doğrultusunda binalarda yalıtım yapılmaktadır. Isı yalıtımının iki farklı etkisi vardır. Bunlardan birincisi binalarda oluşan ısı kaybını azaltarak ekolojik ve ekonomik fayda sağlamak iken ikincisi ısı transferinin gerçekleştiği dış duvarlarda oluşan (gaz halindeki buharın yoğunlaşmasına bağlı olarak) ısı köprülerini azaltarak binanın ömrünü uzatmaktır.

#### 3.1. Binalarda Isı Kaybı

İki tarafında farklı sıcaklıkta hava bulunan duvardan geçen iletimsel (transmisyon) ısı transferi ( $Q_i$ ) ve pencere, kapı, odalardan sızan ısının (enfilitrasyon) ısı ( $Q_s$ ) değerlerinin toplamı binadaki toplam ısı kaybını ( $Q$ ) verir (Anonim 2002).

$$Q = Q_i + Q_s \quad (3.1)$$

➤ Burada  $Q_i$  iletimsel ısı kaybı olup;

$$Q_i = Q_0 \times Z \quad (3.2)$$

$Z$  : Zamlar (  $Z = 1 + \%Z_D + \%Z_W + \%Z_H$  )

$Q_0$  : Artırimsız ısı kaybı (W)

$Z_D$  : Birleştirilmiş artırım katsayısı (  $Z_D = Z_A + Z_U$  )

$Z_W$  : Kat Zammı

$Z_H$  : Yön Zammı

- $Z$  (artırimsız ısı kaybı) nın hesaplanması;

$Z_D$  (birleştirilmiş artırım katsayısı ) Hesabı;

$$Z_D = Z_A + Z_U \quad (3.3)$$

$Z_A$ ; soğuk dış yüzey ısı kaybı artırımıdır. Isıtılan hacimde soğuk dış yüzeylere radyasyonla olan ısı kaybının olumsuz etkilerini karşılamak için kabul edilen bir artırım katsayısıdır.

$Z_U$ ; kesintili ısıtma rejimi artırımıdır. Isıtma rejimi azaltılmasından veya ısıtmaya bir süre ara verilmesinden sonra, soğuyan yapı bileşenlerinin ve ısıtma sistemleri elemanlarının kısa zamanda tekrar eski sıcaklıklarına getirilmesi için göz önüne alınan ısı kapasitesi artırımıdır. Yapı ve ısıtma sistemi ne kadar ağırsa ve ne kadar kesintili çalışıyorsa bu artırım o kadar büyük olmalıdır.

$Z_A$  ve  $Z_U$  değerlerinin birlikte kıyaslanmasına bağlı olarak aşağıdaki formül yardımı ile  $D$  sabiti ve  $D$  sabitine bağlı olarak da TS 825'e göre  $Z_D$  değeri bulunur.

$$D = Q_0 / F_{TOP} \times (T_{iç} - T_{dış}) \quad (3.4)$$

$Z_w$  (kat zammı) Hesabı: Yapının konumu ne olursa olsun belirli birkaç kattan daha yukarılardaki katlarda rüzgâr hızının artması nedeniyle ısı taşınım miktarı da buna bağlı olarak artacaktır. Ayrıca ısıtma sistemindeki kolon hatları yukarı çıktıkça taşıdığı suyun sıcaklığı düşecektir. Bu da yeterli verim sağlayamayacaktır. Bu aksaklığın giderilmesi maksadıyla TS 825'te belirtilen kat yüksekliğine bağlı kat zamları kullanılmalıdır.

$Z_H$  (yön zammı) Hesabı: Binalarda olan ısı transferine güneş ışınlarının radyasyonu etki etmektedir. Bu nedenle binanın yönüne bağlı olarak TS 825'te verilen sabitler kabul edilerek zamsız ısı kaybına etki ettirilir.

- $Q_0$  (artırımsız ısı kaybı) değerinin hesaplanması;

$$Q_0 = A \cdot U \cdot \Delta T \quad (\text{W}) \quad (3.5)$$

A : Isı Transfer Yüzey Alanı ( $\text{m}^2$ )

$\Delta T$  : Sıcaklık Farkı (K) ( $\Delta T = T_2 - T_1$ )

U : Isı Transfer Katsayısı ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )

Isı Transfer Katsayısı (U); yapısı ve kalınlığı belirli olan bir yapı bileşeninin iki tarafındaki hava sıcaklıklar farkı  $1^\circ\text{C}$  (1 K) iken,  $1 \text{ m}^2$ 'den 1 saatte geçen ısı miktarı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{dış}} \quad (3.6)$$

Burada;  $\lambda$  değeri duvarda bulunan yapı malzemelerine ait ısı iletkenlik değeri ve  $\alpha_{iç}, \alpha_{dış}$  değerleri ise bina tasarımına –ısı kaybı hesabı yapılan mekânın dış ortama göre pozisyonu- göre TS 825'te verilen değerlerden tespit edilir.

➤  $Q_s$  değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$Q_s = \sum a.L.R.H.\Delta T.Z_e \quad (3.7)$$

a : Hava sızıntı katsayısı ( $m^3/mh$ )

L : Pencere veya kapının açılan kısımlarının metre olarak çevre uzunluğu (m)

R : Oda durum katsayısı (boyutsuz)

H : Yapı durum katsayısı (Rüzgar etkinliği katsayısı) ( $kWh/m^3 \text{ } ^\circ C$ )

$Z_e$  : Katsayı (Birimsiz)

$\Delta T$  : Sıcaklık Farkı (K) ( $\Delta T = T_2 - T_1$ )

- A (Sızdırmazlık katsayısı); TS 825’de belirtilen pencere ile kapının hem malzemesi hem de tasarımı göz önünde bulundurularak tespit edilen katsayıdır.
- L değeri (pencerelerin açılan kısımlarının çevre uzunluğu) bilinmiyorsa yaklaşık olarak hesaplanabilir. Bunun için  $w = L/F$  formülünden faydalanılabilir. Böylece L değeri; TS 825’te verilen pencerenin veya kapının yüksekliğine bağlı bir  $w$  sabit değeri ile F pencere veya kapı alanının çarpımı ile hesaplanabilir.
- R (oda durum katsayısı) değeri;  $\sum a.L$  değeri ile oda içine giren havanın akıp gidebilme durumunu belirtir. Çoğu zaman pencereler vasıtasıyla içeri, iç kapılardan dışarı ve istem dışı odaya giren hava miktarı kadar dışarıya sızıntı olur. R katsayısı ise oda durumunun göstermiş olduğu direnci belirtir. R değerinin tam olarak hesabı imkânsızdır. Bu değer normal boyutlarda pencere veya kapıları olan odalar için 0,9 olurken, büyük pencereleri ve bir tek iç kapısı olan odalar için ise 0,7 alınır.
- H (yapı durum katsayısı) değeri; bölgenin rüzgâr durumuna ve inşaatın tasarıma bağlı olarak TS 825’e göre tespit edilen katsayıdır.



- $Z_e$  değeri; ısı kaybı hesabı yapılan odanın pencere sayısına göre tespit edilen katsayıdır.

Denklem (3.1)'de belirtilen ısı kaybı değeri; TS 825'te tanımlanan kriterler doğrultusunda denklem (3.2) ve denklem (3.7)'de belirtilen formüller yardımıyla hesaplanmaktadır.

Tanımlanan 6 farklı tipteki bina modelleri için ısı yalıtım hesabı yapılmıştır.

### 3.2. Binalarda Isı Yalıtımı

Isı yalıtımı TS 825 standartları çerçevesinde yapılmaktadır. TS 825'e göre yapılan ısı kaybı hesabı; duvarların belirli bir kalınlıkta yalıtım yapıldığı kabul edilerek mevcut durumdaki ısı kaybı ve binada olmasına izin verilecek değerdeki ısı kaybının birbiriyle kıyaslanması ile ısı yalıtımının yeterliliğine karar verilerek yapılır. Sistemdeki ısı kaybı, bina yüzeyinden iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle olan ısı transfer miktarı olup denklem (3.5) ile hesaplanır.

Binalarda ısı kaybının tamamen engellenemediği fakat mümkün olduğu kadar minimum değere indirilmesi istenmektedir. Bu nedenle TS 825 standardına uygun olarak binanın özellikleri kapsamında belirli bir miktar ısı kaybına müsaade edilmektedir. Müsaade edilen yıllık ısı kaybı miktarı (Karakoç 2001);

$$Q_{y1} = \sum Q_{ay} \quad (3.8)$$

$$Q_{ay} = [H(T_i - T_d) - \eta_{ay} (\varphi_{i,ay} + \varphi_{g,ay})] t \quad (3.9)$$

şeklinde hesaplanır. Burada;

- $\phi_{i,ay}$ ; aylık iç sıcaklık kazancı; (konutlarda, okullarda ve normal donanımlı (büro binaları v.b.) binalardaki)

$$\phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n \quad (W) \quad (3.10)$$

- $\phi_{g,ay}$ ; aylık ortalama güneş enerjisi kazancı;

$$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_{i,ay} \quad (W) \quad (3.11)$$

$r_{i,ay}$  : i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörleri

$g_{i,ay}$  : i yönünde saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü

$I_{i,ay}$  : i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti ( $W/m^2$ )

$A_i$  : i yönündeki toplam pencere alanı ( $m^2$ ) dir.

- $\eta_{ay}$ ; kazanç kullanım faktörü;

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (3.12)$$

- Bu  $KKO_{ay}$ ; Aylık kazanç kayıp oranı;

$$KKO_{ay} = \frac{(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})}{H(T_{i,ay} - T_{d,ay})} \quad (3.13)$$

$T_{i,ay}$  : Aylık ortalama iç hava sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )

$T_{d,ay}$  : Aylık ortalama dış hava sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )

- H; binanın özgül ısı kaybı ( $W/K$ ) şeklinde tanımlanmakta olup aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$H = H_i + H_h \quad (3.14)$$

$H_i$  : Isı geçişi yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ( $W/K$ )

$H_h$  : Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (W/K)

- $H_i$  değerinin hesaplanması;

$$H_i = \sum AU + IU_i \quad (3.15)$$

$\sum AU$  : Yapı elemanlarında iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı,

$I$  : Yapı elemanında (varsa) ısı köprüsü uzunluğu (m)

$U_i$  : Isı köprüsünün doğrusal geçirgenliği (W/mk)

$$\sum AU = U_D A_D + U_P A_P + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + 0.5 U_{dsis} A_{dsis} \quad (3.16)$$

Burada,  $U_D$  dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı,  $U_P$  pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı,  $U_T$  tavanın ısı geçirgenlik katsayısı,  $U_t$  zemine oturan tabanın/döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı,  $U_d$  dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı,  $U_{dsis}$  düşük sıcaklıktaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı,  $A_D$  dış duvarın alanı,  $A_P$  pencerenin alanı,  $A_T$  tavan alanı,  $A_t$  zemine oturan taban/döşeme alanı,  $A_d$  dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı,  $A_{dsis}$  düşük sıcaklıktaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı şeklinde ifade edilmekte olup alan değerleri  $m^2$ , ısı geçirgenlik katsayısı  $W/m^2K$  cinsindedir.

- $H_h$  değerinin hesaplanması;

$$H_h = 0,33 n_h V_h \quad (3.17)$$

$n_h$  : Hava değişim katsayısı (1/h)

$V_h$  : Havalandırılan hacim ( $V_h = 0,8 \cdot V_{brüt}$ ) ( $m^3$ )

Denklem (3.5) ve denklem (3.8) ile bulunan ısı miktarları karşılaştırılarak yapılan ısı yalıtımının yeterli olup olmadığı değerlendirilir. Eğer  $Q_0 \geq Q_{yıl}$  ise yapılan yalıtım

kalınlığı yeterli değildir. Hesaplamalarda başa dönülerek farklı kalınlıkta ısı yalıtım malzemesi için yeni hesap yapılır.

### 3.3. Isıtma Sistemi Elemanlarının Seçimi

Oluşan ısı kaybını gidermek için binanın bölgesel veya merkezi ısıtma sistemleriyle ısıtılması gerekmektedir. Isı kaybının tespit edilmesinden sonra en önemli nokta kazan, ve radyatör seçimidir. Çünkü bunlar verime direkt etki eden ısıtma elemanlarıdır. Bunun yanında brülör, genleşme deposu, sirkülasyon pompası seçimi de önem gerektirir.

➤ **Kazan** seçiminde en önemli kriter kazan verimidir. Esas olarak kazan sistemin ısı kaybına miktarına göre seçilmelidir. Eğer sistemde boyler varsa boylerin sisteme getirmiş olduğu ısı yük de ısı kaybı miktarına eklenmelidir. Kazan seçiminde net ısı kaybı miktarından fazla büyük seçilen kazan ekonomik yönden sarfiyat, ekolojik yönden zarar oluştururken, ısı kaybı miktarından küçük seçilen kazan yeterli ısıtma sağlayamadığı için sistemden verim sağlanılamamaktadır. Kazan kapasitesi formül 3.18 ile hesaplanır. Bu formülde  $Q_k$  ; kazan kapasitesini,  $Q_s$  ; binanın toplam ısı kaybını,  $Z_R$  ise ana borular ve kat borularına göre tanımlanmış bir sabittir.

$$Q_k = Q_s(1 + Z_R) \quad (3.18)$$

➤ **Radyatörler** ısıtılacak mekânın ısı ihtiyacına göre belirlenir. Radyatör miktarı denklem (3.19)'a göre hesaplanabilir. Bazı radyatör yerleştirilemeyen (antre, hol veya çok küçük hacimlere) mekanların ısı ihtiyaçları, bitişik mekanlardan ısı transfer yoluyla sağlanacağı için ısı ihtiyacı bitişik mekanın ısı ihtiyacına ilave edilerek radyatör seçimi yapılmalıdır. Radyatörler odanın en soğuk kısmına yerleştirilirler. Buralar genellikle pencere önleri veya dış duvarlardır. Maksat genel soğuk havayı ortama nüfuz etmeden absorbe etmektir.

$$\text{Radyatör Miktarı} = \frac{\text{Oda ısı kaybı}}{\text{Radyatör birim ısı deger}} \quad (3.19)$$

➤ **Brülör** öncelikle kullanılacak yakıtın cinsine (sıvı veya gaz) göre seçilmelidir. Kazan kapasitesi ve sistemin çalışma rejimi dikkat edilmesi gereken diğer hususlardır. Kazan kapasitesi brülörün çalışma aralığında olmalıdır (Anonim 2002).

- Brülör Yakıt Debisi (B) Hesabı:

$$B = Q_k / H_u \eta_k \quad (3.20)$$

- Yıllık Yakıt Sarfiyatı (B<sub>y</sub>) Hesabı;

$$B_y = Q_k \times Z_g \times Z_y / 2 \times H_u \times \eta_k \quad (3.21)$$

- Yakıt Tankı Hacim (V) Hesabı;

$$V = B_p / \gamma \quad (3.22)$$

$Q_k$  kazan ısı kapasitesi (kW),  $H_u$  yakıtın alt ısı değeri (kWh/kg),  $\eta_k$  kazan verimi,  $Z_g$  günlük çalışma süresi (saat),  $Z_y$  yıllık çalışma süresi (gün),  $B_p$  depolanacak yakıt miktarı (periyotluk, kg),  $\gamma$  yakıtın yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ ) değerlerini göstermektedir.

➤ **Genleşme deposu** sistemdeki sıcaklık farkından dolayı oluşan hacim değişikliklerini karşılamak amacıyla kullanılır ve tesisatın güvenliği ve ömrü açısından önem arz eder. Yapılan çalışmada kömürlü sistemde açık genleşme deposu kullanıldığı, doğalgazlı ısıtma sisteminde kapalı genleşme deposu kullanıldığı tasarlanmıştır (Dağsöz 1998).

- Açık Genleşme Deposu Hacmi (V<sub>n</sub>) Hesabı;

$$V_n = 0,0025 \times Q_k \quad (3.23)$$

- Kapalı Genleşme Deposu Hacmi (V<sub>n</sub>) Hesabı;

$$V_n = (V_v + V_e) \frac{P_e + 1}{P_e - P_o} \quad (3.24)$$

Kalorifer ısıtma sisteminde genişleyen su miktarı ( $V_e$ );

$$V_e = n.V_s \quad (3.25)$$

Kalorifer ısıtma sisteminde su ön hacmi ( $V_v$ );

$$V_v = 0,0005.V_s \geq 3 \quad (3.26)$$

Kapalı genişleme tankı ön basıncı ( $P_0$ );

$$P_0 = P_{hst} + P_{eff} \quad (3.27)$$

Kapalı genişleme tankı üst basıncı ( $P_e$ );

$$P_e = P_{açma} - P_{kapama} \quad (3.28)$$

Burada  $V_s$  sistemde (kazan, borular, radyatör) dolaşan gerçek su hacmi (l),  $P_{hst}$  hidrostatik basınç (Pa),  $P_{eff}$  efektif basınç (Pa) şeklinde tanımlanabilir.

➤ **Sirkülasyon pompası** kazan verimine direkt etki eden faktörlerdendir. Bu nedenle kazan kapasitesi göz önünde alınarak doğru seçim yapılması gerekmektedir. Dikkat edilmesi gereken önemli bir husus da değişken debilerde tek bir pompa yerine birden fazla pompa kullanılması ve basma yüksekliğinin gerekenden fazla seçilerek pompa veriminin düşürülmemesidir (Karakoç 2001).

Sirkülasyon Pompasının Basıncının ( $H_p$ ) Hesaplanması;

$$H_p = \sum R.L + \sum Z \quad (3.29)$$

Sirkülasyon Pompasının Debisinin ( $Q_p$ ) Hesaplanması;

$$V_p = \frac{3,6.Q_k}{C.g.(T_g - T_d)} \quad (3.30)$$

Burada;  $R$  boru çapında metre başına düşen basınç kaybı (mSS/m),  $L$  sistemdeki toplam boru metrajı (m),  $Z$  Sistemdeki toplam kayıplar (m),  $g$ , suyun yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ ),  $C$  suyun özgül ısınma ısısı ( $C=4,186 \text{ kJ/kgK}$ ),  $T_g - T_d$  sisteme gidiş-dönüş sıcaklıkları arasındaki fark (K) olarak tanımlanmıştır.

### 3.4. Ekonomik Analiz

Enerji sistemlerinin seçiminde verimliliğin yanında diğer önemli kriter ekonomiktir. Hangi sistemin seçileceği iyi bir ekonomik analiz yapılarak belirlenir. Isıtma sistemlerinde de maliyet analizi çok önemlidir. Çünkü özellikle soğuk iklimlerde ısınma için ciddi bir bütçe ayrılmaktadır. Isıtma sistemlerinin; kullanılan yakıtın cinsi, maliyeti, kullanım kolaylığı, çevreye etkisi, güvenliği gibi etkileri de göz önünde bulundurularak en optimum maliyet analizi yapılmalı ve bu doğrultuda yatırım gerçekleştirilmelidir.

Bir sistemin ekonomik değerinin ölçümü ve alternatif yatırımların mukayesesi için bir çok metot vardır. Bunlardan bazıları:

- Şimdiki değer metodu
- Yıllık eşdeğer metodu
- Gelecek değer metodu
- Geri ödeme oranı metodu
- Kar/yatırım oranı metodudur.

Bu metotların hepsi eşdeğerdir. Bu nedenle bir enerji sistemin analizinde hangisi kullanılırsa kullanılsın aynı alternatif sonuç elde edilir (Aybers ve Şahin 1995).

Enerji sistemlerinin ekonomik analizi hayat dönemi giderleri (Life-Cycle Cost, LCC) ile yapılır. Hayat dönemi giderleri, sistemin ilk yatırım maliyetini, işletme gideri, bakım gideri, hurda değerini, vb kapsar. Bu tez kapsamında ekonomik analizlerde yaygın

olarak kullanılan; yıllık eşdeğer maliyet metodu kullanılmıştır. Bu metod aşağıda kısaca açıklanmıştır.

**Yıllık eşdeğer maliyet metodu;** mühendislik alanında yaygın kullanılan bir metottur. Bu metot ile zaman içindeki tüm giderler eşdeğer ve üniform yıllık para değerine dönüştürülerek, alternatif sistemler karşılaştırılır. Yıllık eşdeğer maliyeti düşük olan sistem tercih edilir. Yıllık eşdeğer maliyet değeri (YEM);

$$YEM = M_{İLK} (A/P, \%İ, N) + M_{İŞ} - M_H (A/F, \%İ, N) \quad (3.31)$$

Burada,  $M_{İLK}$  sistemin ilk yatırım maliyeti,  $M_{İŞ}$  işletme maliyeti,  $M_H$  hurda değeri,  $İ$  yıllık faiz oranı,  $N$  sistemin ekonomik ömrü,  $A/P, A/F$  bileşik faiz faktörleri olup bazıları Çizelge 3.1’de verilmiştir. İşletme maliyeti; yakıt maliyeti, servis-tamir maliyeti ve işçilik maliyetlerinden oluşmaktadır.

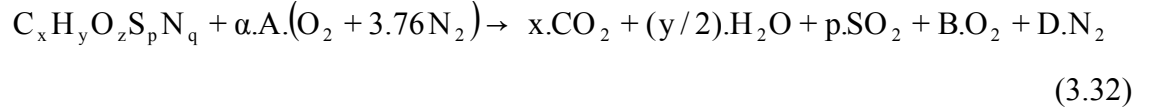
**Çizelge 3.1.** Bazı kesikli bileşik faiz formülleri ve sembolle gösterimi (Okka, 2006)

Aranan	Verilen	Formül	Sembol
F	P	$(1+i)^N$	(F/P, %i, N)
P	F	$1/(1+i)^N$	(P/F, %i, N)
F	A	$[(1+i)^N - 1]/i$	(F/A, %i, N)
A	F	$i/[(1+i)^N - 1]$	(A/F, %i, N)
P	A	$[(1+i)^N - 1]/[(1+i).i]$	(P/A, %i, N)
A	P	$[(1+i).i]/[(1+i)^N - 1]$	(A/P, %i, N)



### 3.5. Çevresel Etki

Temel yaşamsal ihtiyaçların karşılanması, ekonomik ve sosyal kalkınmanın sağlanması ve sürdürülmesi için vazgeçilmez olan enerjinin kullanımı aynı zamanda önemli çevre sorunları oluşmasına neden olmaktadır. Canlıların doğal yaşam ortamını ve doğal kaynaklarımızı tehdit eden yerel ve küresel ölçekteki çevre sorunlarının giderilmesi, çevre bilincinin oluşması ile birlikte ısıtma sistemlerinde kullanılan yakıt türünün uygun seçilmesi ile mümkündür. Kirliliğe sebep olan önemli emisyonların başında CO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> gelir. Bir yanma sisteminde yakıt ile havanın yanması; C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub>S<sub>p</sub>N<sub>q</sub>,



Şeklinde olduğu kabul edilirse oksijen denkleğinden A, B, D aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$A = ( x + \frac{y}{4} + p - \frac{z}{2} ) \quad (3.33)$$

$$B = (\alpha - 1)( x + \frac{y}{4} + p - \frac{z}{2} ) \quad (3.34)$$

$$D = 3,76.\alpha.( x + \frac{y}{4} + p - \frac{z}{2} ) + \frac{q}{2} \quad (3.35)$$

Burada CO, NO<sub>x</sub> emisyonları ihmal edilmiştir. Yukarıdaki yanma denkleminde birim yakıt başına emisyonlar aşağıdaki şekilde hesaplanır (Çomaklı and Yüksel 2004).

$$M_{CO_2} = \frac{xCO_2}{\dot{M}} \equiv \text{kg.CO}_2/\text{kg.yakıt} \quad (3.36)$$

$$M_{SO_2} = \frac{pSO_2}{\dot{M}} \equiv \text{kg.SO}_2/\text{kg.yakıt} \quad (3.37)$$

Bacadan atılan toplam emisyon ise yukarıdaki değerlerin yıllık yakıt tüketimi ile çarpılmasıyla hesaplanır:

$$M_{CO_2} = \frac{44.x}{\dot{M}} \cdot M_F \quad (3.38)$$

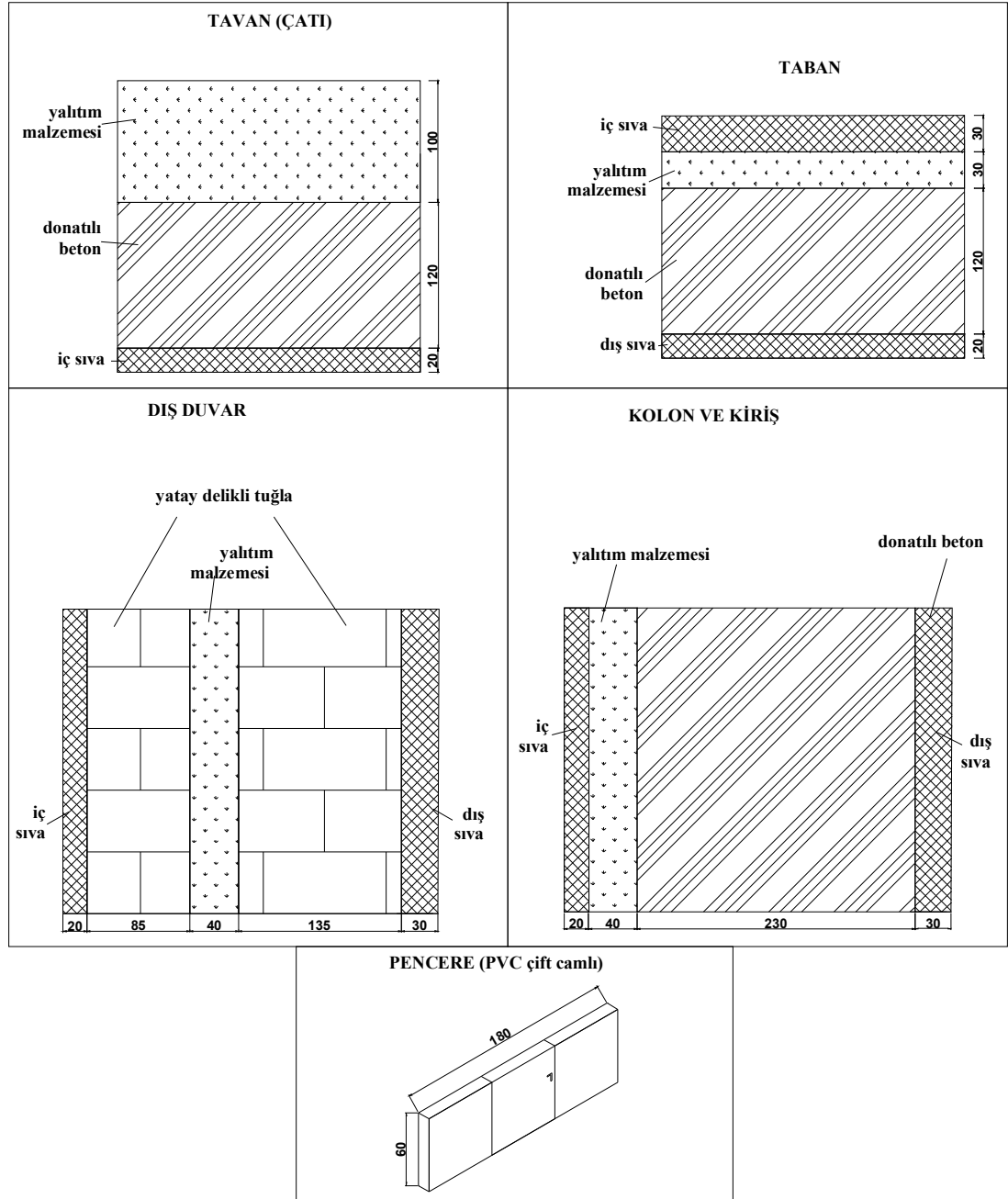
$$M_{SO_2} = \frac{32.p}{\dot{M}} \cdot M_F \quad (3.39)$$

Burada  $\dot{M}$  yakıtın mol ağırlığıdır.

### 3.6. Binaların Tanımı

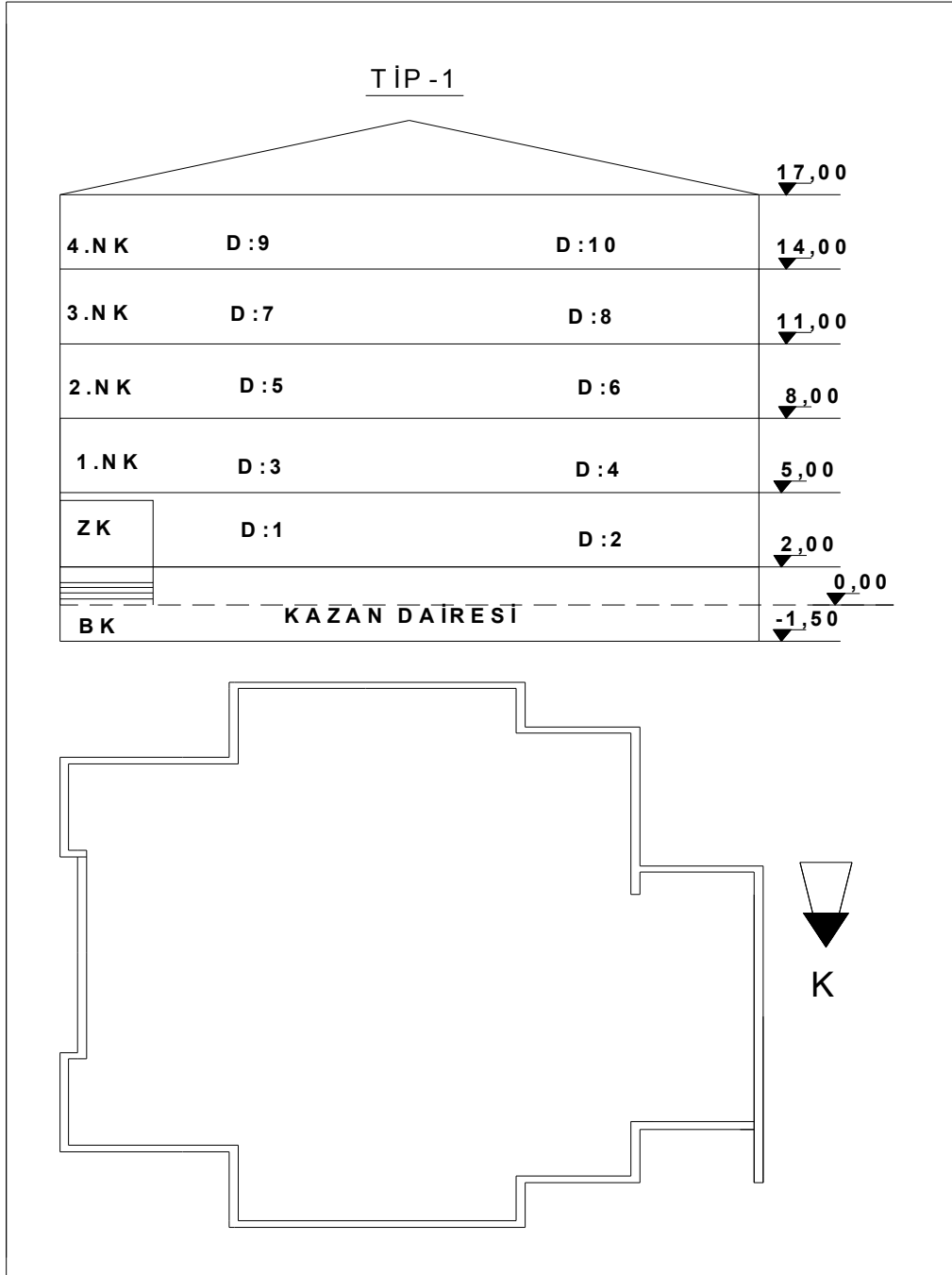
Bu çalışma farklı tipteki binalarda hem enerjinin verimlilik analizini hem de maliyet analizini kapsamaktadır. Bu nedenle enerji verimliliği kapsamında; aynı mimaride fakat farklı nizamdaki binalar üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Maliyet analizi olarak; farklı enerji kaynaklarının kullanılması durumunda ilk yatırım maliyeti itibariyle, sadece doğalgaz kullanımında ise sistemin dönüşüm maliyeti analiz edilmiştir. Yapılan çalışmanın hem kullanılan enerjinin ilk yatırım maliyeti, hem de işletme maliyeti hakkında tüketiciye yol göstermesi beklemektedir.

- Çalışmaya öncelikli olarak dairenin mimarisinin belirlenmesiyle başlanılmış ve bu nedenle mevcutta var olan bir daire modelinden (Özyunus Sitesi / Kayakyolu Senti / Erzurum) örnek alınmıştır.
- Bina modelleri tasarlanmıştır. Çalışma Erzurum için yapılmış olup Erzurum'daki mevcut bina modelleri göz önünde bulundurularak tespit edilmiştir. Bu kapsamda bina modelleri 10, 16, 20, 32, 64 ve 96 dairelerden oluşmakta olup altı farklı tipte belirlenmiştir.
- Şekil 3.1'de tanımlanan yapı elemanlarından oluşan bina modelleri için ısı yalıtımı kalınlığının uygun olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca binalardaki ısı kayıp değerleri de hesaplanmıştır.



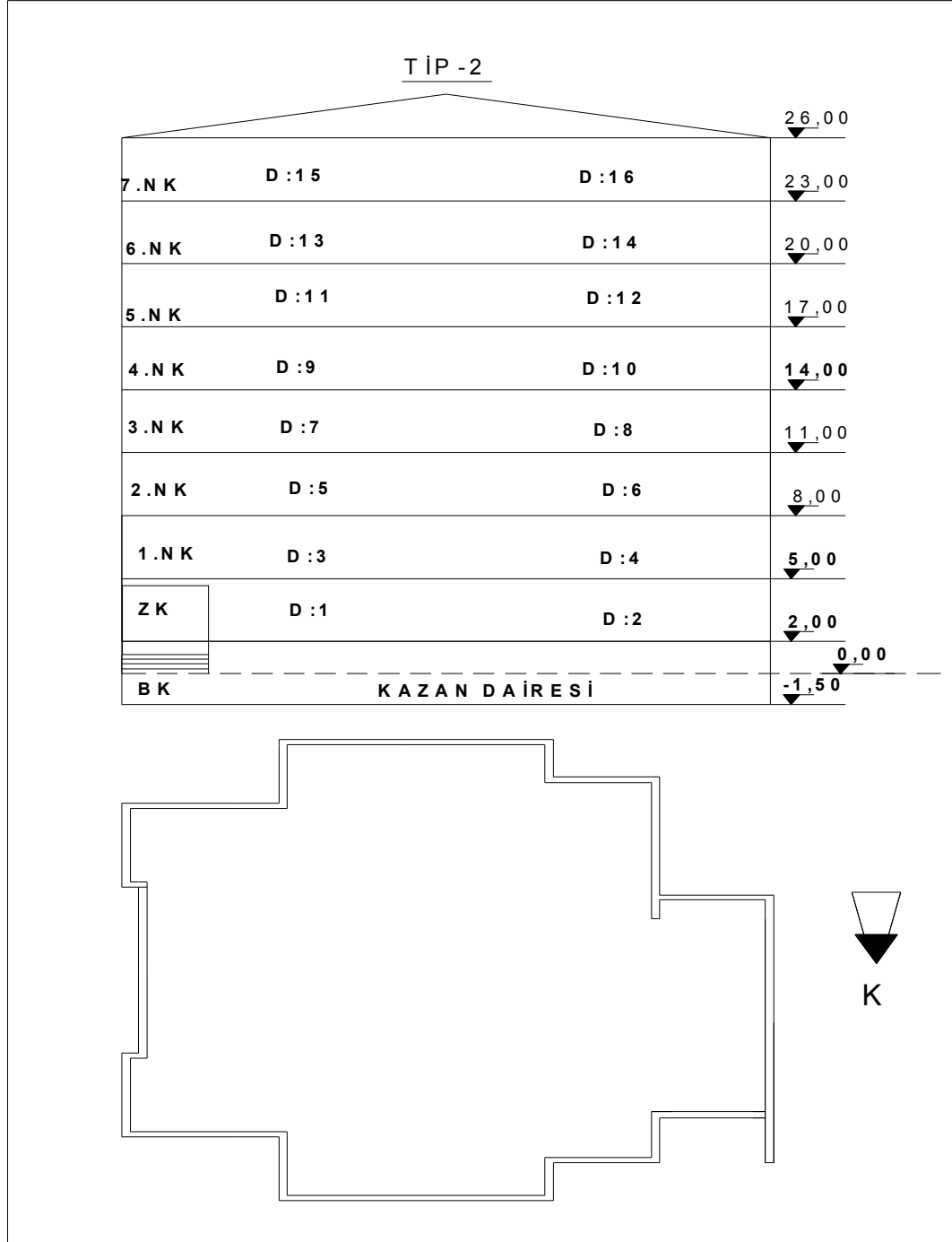
Şekil 3.1. Bina yapı malzemeleri konstrüksiyonu

- Tanımlanan 6 farklı tipteki binaların vaziyet planı Şekil 3.2.-3.7.'de verilmektedir.
- *TİP-1* : 1 BK + 1 ZK + 4 NK olmak üzere 6 katlı ve her bir katta 2 daire bulunan ve toplamda 10 daireden oluşan tek bir apartman modelidir.



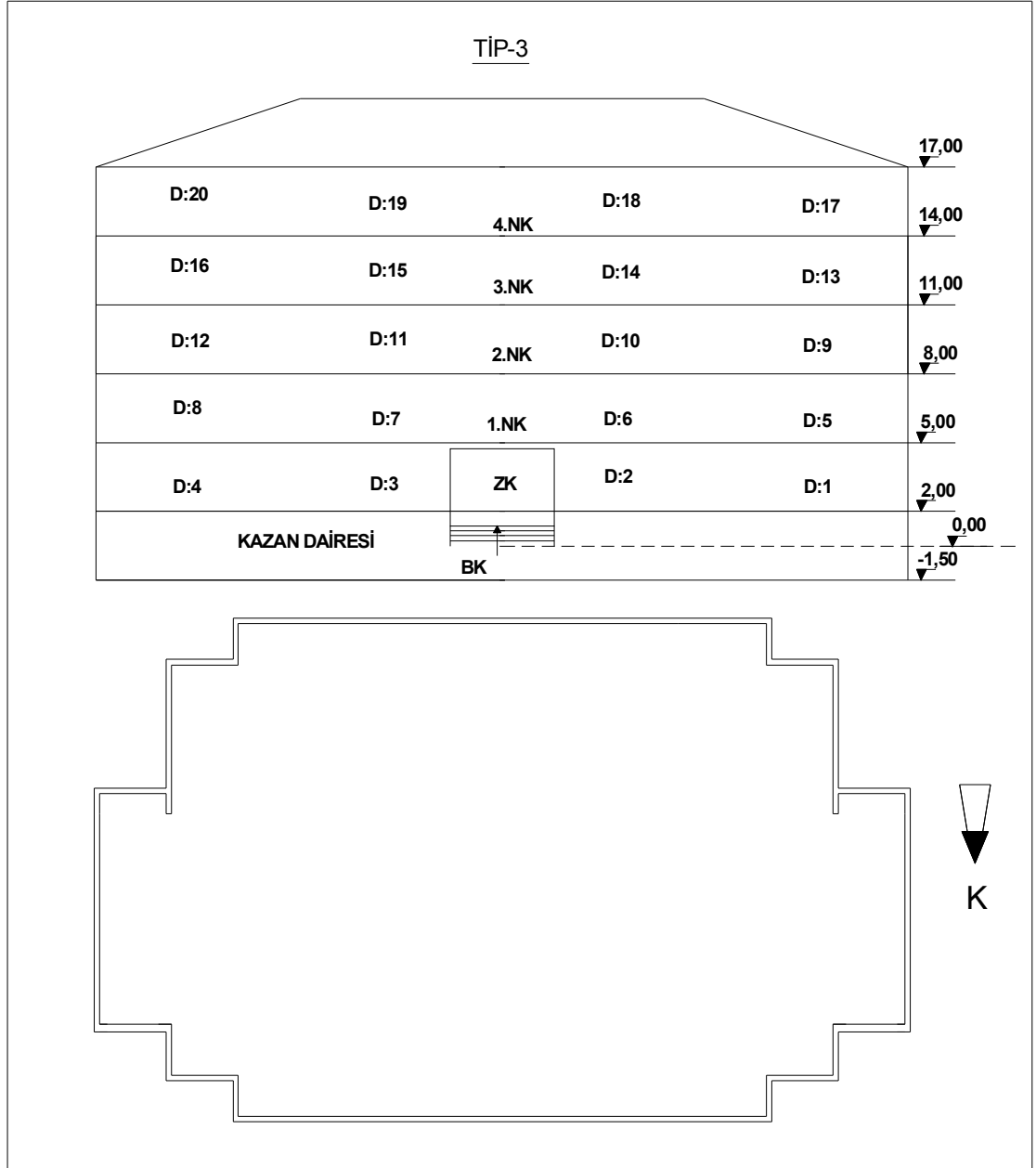
Şekil 3.2. TİP-1 bina vaziyet planı (ölçeksiz)

- *TIP-2* : 1 BK + 1 ZK + 7 NK olmak üzere 9 katlı ve her bir katta 2 daire bulunan ve toplamda 16 daireden oluşan tek bir apartman modelidir.



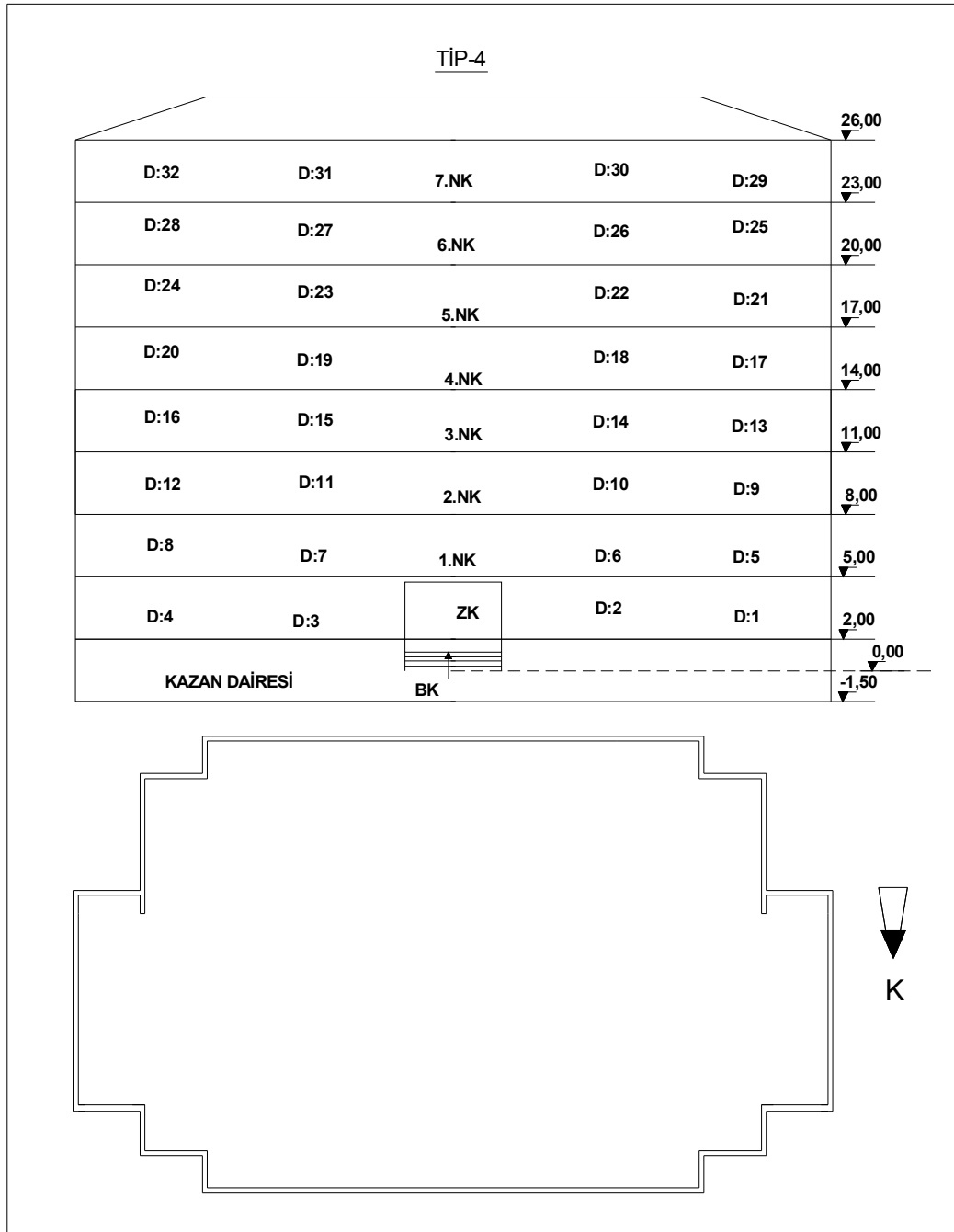
Şekil 3.3. TİP-2 bina vaziyet planı (ölçeksiz)

- *TİP-3* : 1 BK + 1 ZK + 4 NK olmak üzere 6 katlı ve her bir katta 4 daire bulunan ve toplamda 20 daireden oluşan tek bir apartman modelidir.



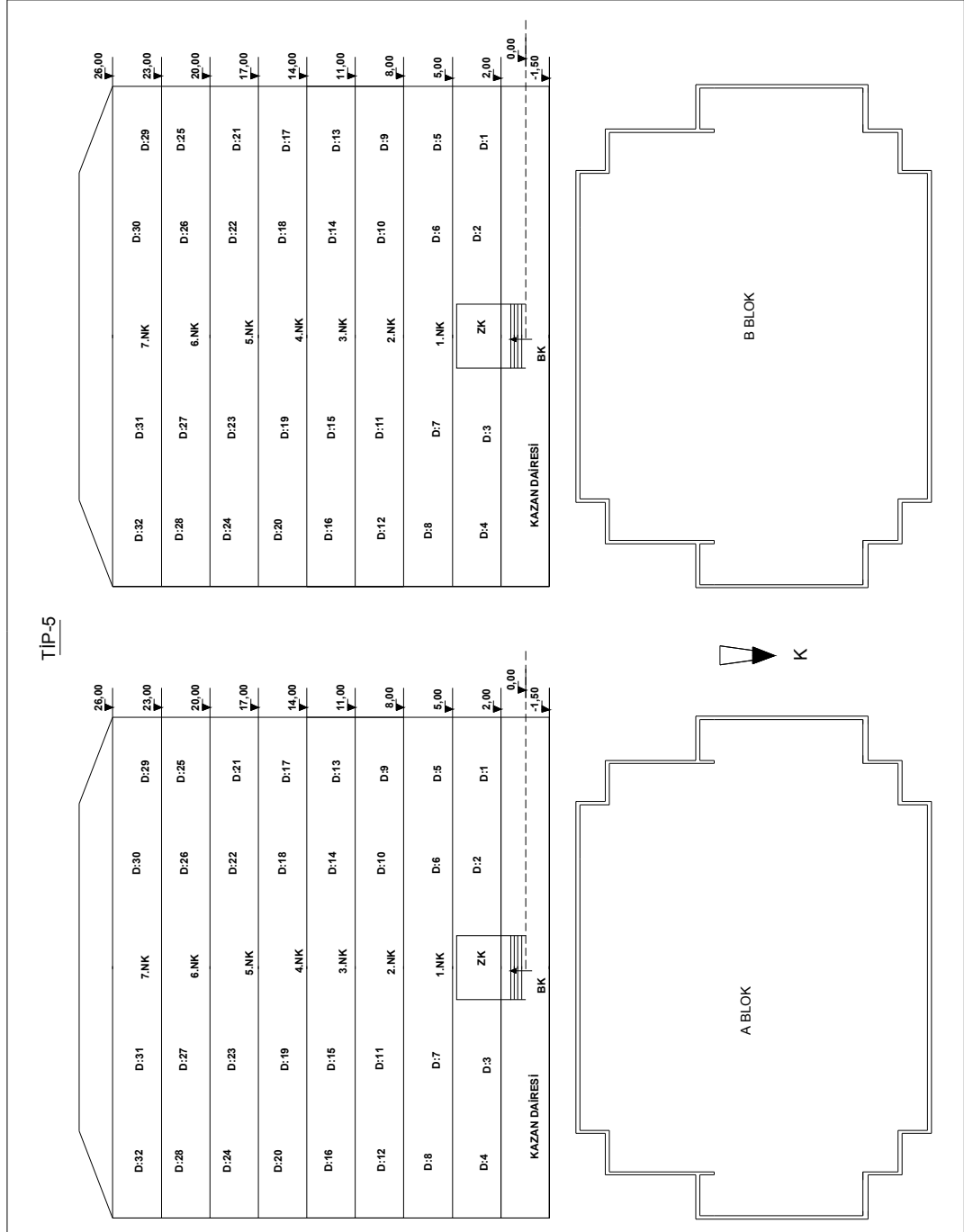
**Şekil 3.4.** TİP-3 bina vaziyet planı (ölçeksiz)

- *TİP-4* : 1 BK + 1 ZK + 7 NK olmak üzere 9 katlı ve her bir katta 4 daire bulunan ve toplamda 32 daireden oluşan tek bir apartman modelidir.



**Şekil 3.5.** TİP-4 bina vaziyet planı (ölçeksiz)

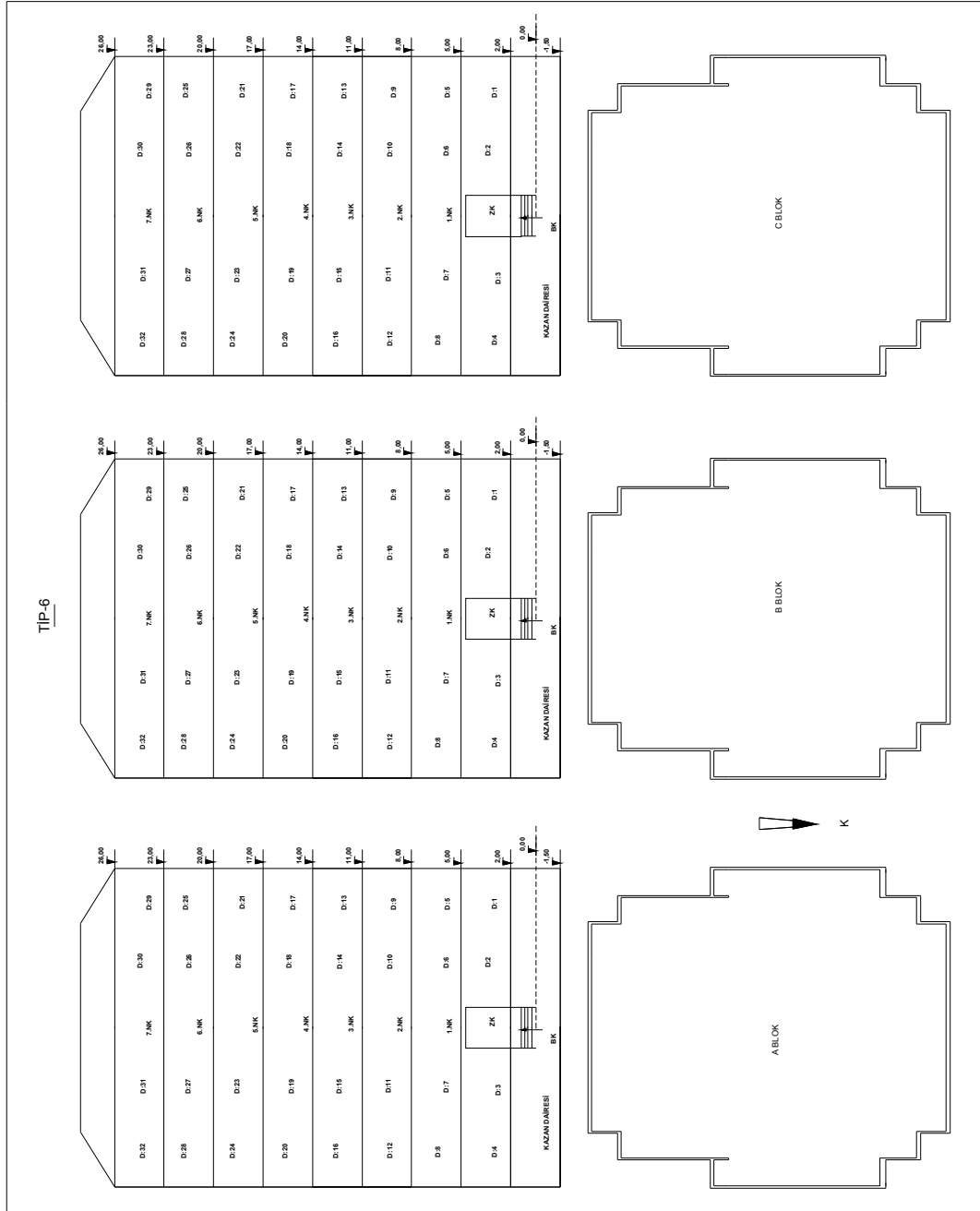
- TIP-5** : 1 BK + 1 ZK + 7 NK olmak üzere 9 katlı ve her bir katta 4 daire bulunan ve toplamda 32 daireden oluşan apartman olup iki ayrı blok şeklinde konumlanmıştır.



**Şekil 3.6.** TIP-5 bina vaziyet planı (ölçeksiz)

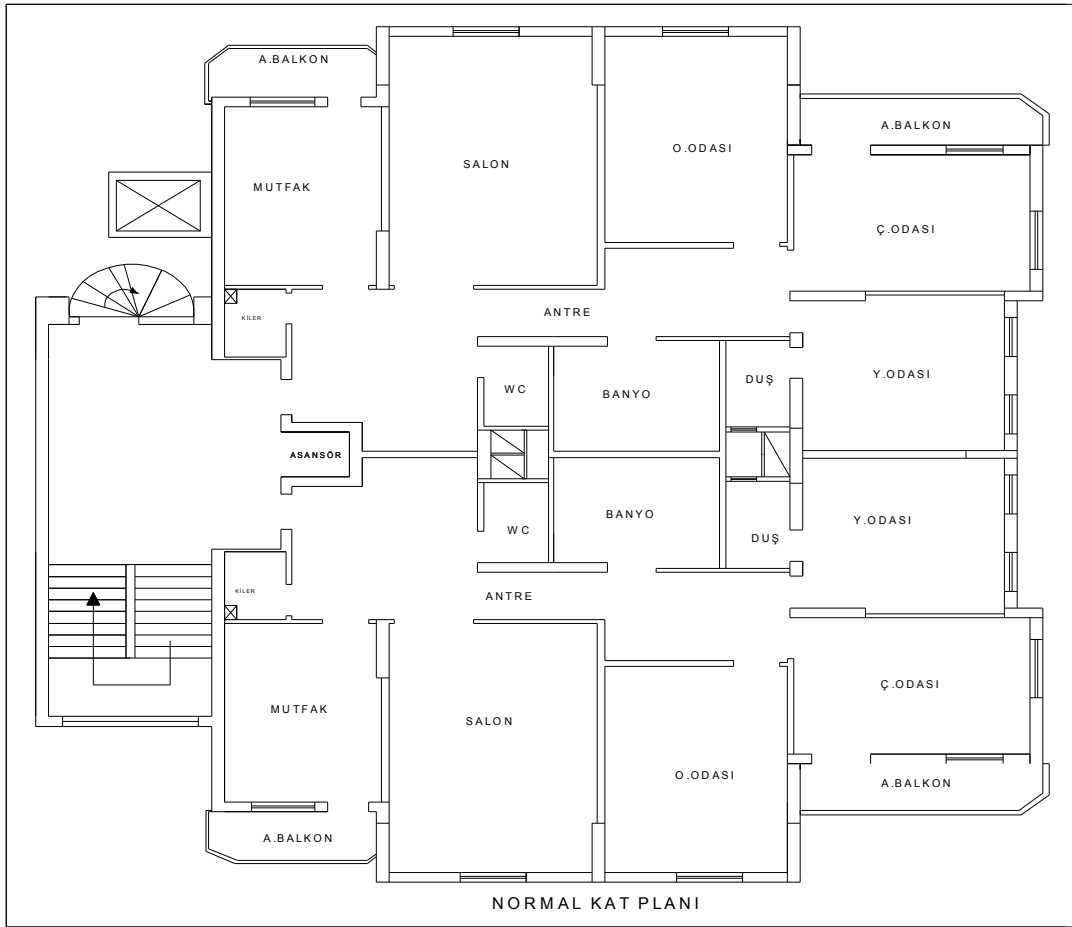


- TIP-6** : 1 BK + 1 ZK + 7 NK olmak üzere 9 katlı ve her bir katta 4 daire bulunan ve toplamda 32 daireden oluşan apartman olup üç ayrı blok şeklinde konumlanmıştır.

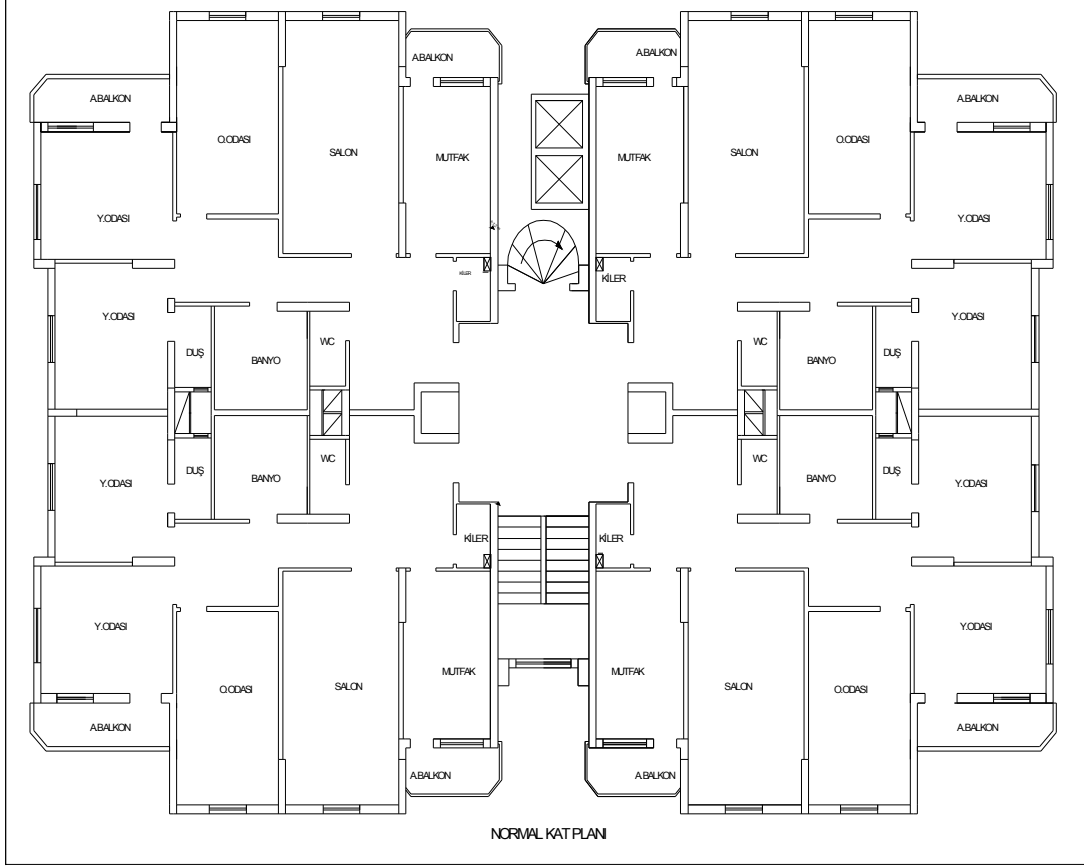


Şekil 3.7. TIP-6 bina vaziyet planı (ölçeksiz)

- Tipleri ve vaziyet planları tanımlanan binaların mimarileri tanımlanmıştır. Şekil 3.8.'de TİP-1,2 de kullanılan apartman modelinin normal kat planı ve Şekil 3.9.'da TİP-3,4,5,6 için kullanılan apartman modelinin normal kat planı verilmiştir. Apartmanlar tek daire bazında incelendiği zaman hepsinin mimarisinin aynı olduğu görülmektedir.



**Şekil 3.8.** İki daireli normal kat planı (TİP-1,2 )



**Şekil 3.9.** Dört dairesli normal kat planı (TİP-3,4,5 ve 6)

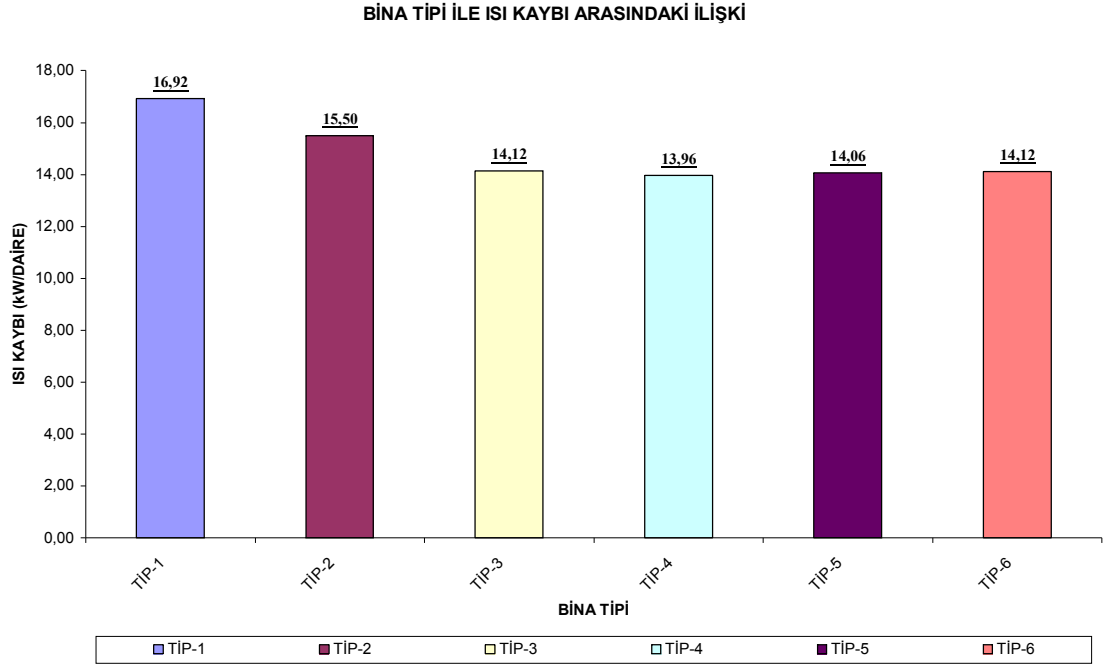
#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

##### 4.1. Isı Kaybı Analizi

Şimdiye kadar yapılan araştırmalarda binalarda olan ısı kaybının tamamen engellenemeyeceği fakat çeşitli uygulama ve önlemler ile minimum değere indirileceği görülmüştür. Bu nedenle çalışma kapsamında oluşturulan bina modellerindeki ısı kayıpları hesaplanmış ve bina nizamı ile ısı kaybı arasındaki ilişki Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de verilmiştir. Buna göre bitişik nizamlarda ısı kaybının daha az olduğu, tek bir binadaki daire sayısının arttıkça ısı kaybının azaldığı, buna karşın özellikle merkezi sistemlerde bina sayısının birim daire başına düşen ısı kaybını artırdığı görülmektedir. Örneğin; TİP-5 binası 2 adet TİP-4 binasından, TİP-6 binası 3 adet TİP-4 binasından oluşmasına rağmen daire başı ısı kayıp değerlerinin farklı olduğu görülmektedir. Bu durum, binalar arasındaki ısı kanallarında oluşan ısı kayıpları ile açıklanmaktadır.

**Çizelge 4.1.** Bina tipi ile ısı kaybı arasındaki bağıntı

BİNA TİPİ	DAİRE SAYISI	TOPLAM ISI KAYBI		ORTALAMA DAİRE BAŞI BİRİM ISI KAYBI	
		kcal/h	kW	kcal/h	kW
TİP-1	10	145.480	169,16	14.548,0	16,92
TİP-2	16	213.250	247,97	13.328,1	15,50
TİP-3	20	242.935	282,48	12.146,8	14,12
TİP-4	32	384.180	446,72	12.005,6	13,96
TİP-5	64	773.670	899,62	12.088,6	14,06
TİP-6	96	1.165.575	1.355,32	12.141,4	14,12



**Şekil 4.1.** Bina tipi ile ısı kaybı arasındaki bağıntı

Isı kaybının minimum değere düşürüldüğü kabul edilse dahi, kış şartlarında binalarda konfor sıcaklığının sağlanabilmesi için binanın ısıtılması gerekmektedir. Bu nedenle sistemdeki ısı kaybını karşılayacak en optimum ısıtma sistemi tercih edilmelidir. Farklı tip binalarda farklı çeşit yakıt kullanılarak en optimum ısıtma sisteminin tespit edilmesi hedeflenen çalışmada yakıt cinsi ve ısıtma sistemine göre tanımlamaları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Ayrıca kullanılan yakıtların birim verim değerleri, %C ve %S değerleri ve birim maliyeti Çizelge 4.3’te sunulmuştur.

**Çizelge 4.2.** Binaların yakıt cinsi ve ısıtma sistemine göre tanımlanması

Isıtma Sistemi	Yakıt	Gösterim	Isıtma elemanı	Ömür (yıl)
Bireysel	Doğalgaz	DB	Kombi	12
Merkezi	Doğalgaz	DM	Kazan	25
Merkezi	Fuel-oil	FM	Kazan	25
Merkezi	Kömür (ithal)	KM	Kazan	25



Isıtma sistem analizinde, sistemin işletme masrafını etkileyen yıllık yakıt/enerji tüketimi de çok önemli bir etkidir. Bu nedenle farklı tipte belirlenen ısıtma sistem şekillerine göre; ısıtma sisteminde tüketilen yakıt miktarı ( $Y_I$ ), sıcak su temini için tüketilen yakıt miktarı ( $Y_S$ ) ve bunların toplamından ( $Y_T = Y_I + Y_S$ ) oluşan değerler Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4’de hesaplanan yakıt tüketim miktarları, yakıtın birim maliyeti ile çarpılarak ( $M_I$ : Isıtma sisteminin maliyetini,  $M_S$ : Sıcak su için harcanan maliyeti,  $M_T$ : Toplam enerji tüketim maliyeti) Çizelge 4.5’deki yakıt maliyet tablosu oluşturulmuştur.

**Çizelge 4.5.** Daire başı yıllık yakıt tüketim maliyetleri (YTL/yıl/daire)

ISITMA SİSTEMİ	TÜKETİM CİNSİ	BİNA TİPİ					
		TİP 1	TİP 2	TİP 3	TİP 4	TİP 5	TİP 6
DB	$M_I$	1.113,05	1.019,71	929,36	918,57	918,57	918,57
	$M_S$	127,40	127,40	127,40	127,40	127,40	127,40
	$M_T$	1.240,46	1.147,12	1.056,76	1.045,97	1.045,97	1.045,97
DM	$M_I$	1.051,22	963,06	877,73	867,54	873,53	877,29
	$M_S$	127,40	127,40	127,40	127,40	127,40	127,40
	$M_T$	1.178,62	1.090,47	1.005,13	994,94	1.000,94	1.004,70
KM	$M_I$	1.458,00	1.335,73	1.217,37	1.203,24	1.211,56	1.216,77
	$M_S$	658,01	658,01	658,01	658,01	658,01	658,01
	$M_T$	2.116,00	1.993,73	1.875,38	1.861,24	1.869,56	1.874,77
FM	$M_I$	3.518,24	3.223,20	2.937,59	2.903,49	2.923,56	2.936,14
	$M_S$	658,01	658,01	658,01	658,01	658,01	658,01
	$M_T$	4.176,25	3.881,21	3.595,60	3.561,50	3.581,57	3.594,15

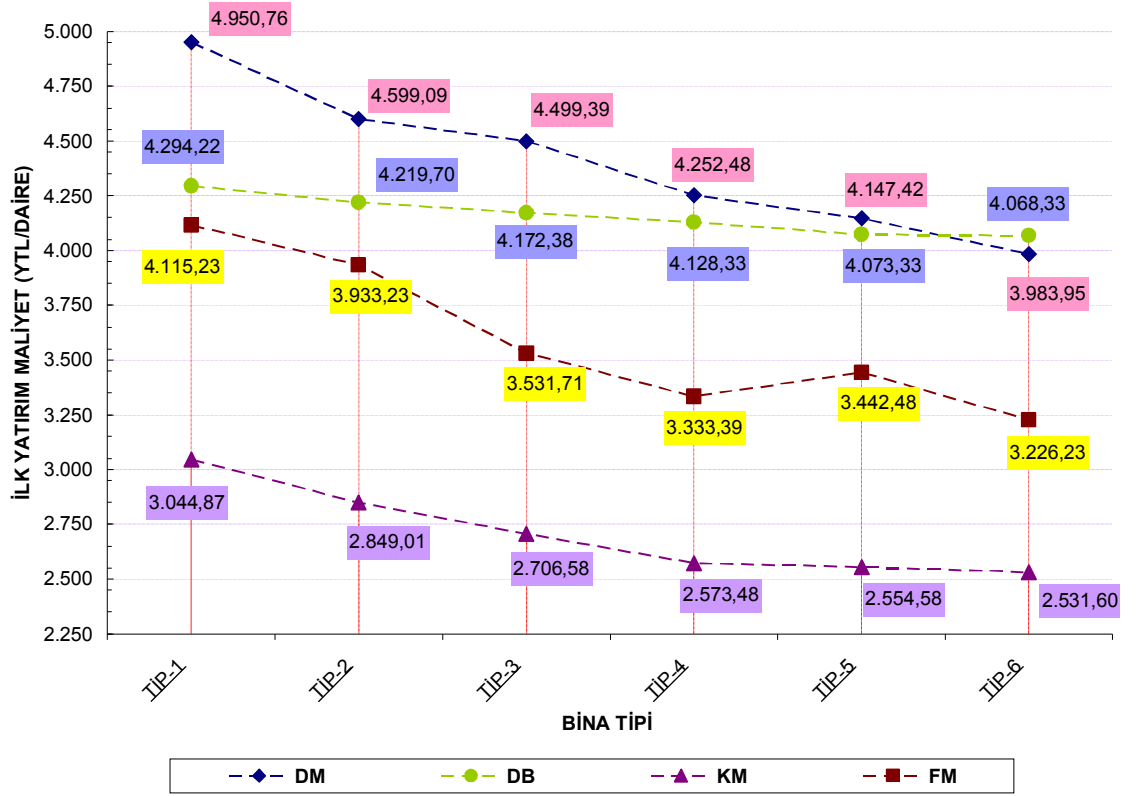
#### 4.2.Yeni Sistemlerde İlk Yatırım Maliyet Analizi

Isı sisteminin tercih edilmesinde dikkat edilmesi gereken hususlardan birisi de ilk yatırım maliyetidir. Çünkü ilk yatırım maliyeti olarak ekonomik gözükken bir sistem, işletme maliyetleri göz önünde bulundurulduğu zaman ekonomikliğini kaybedebilmektedir. Bu kapsamda tanımlanan binalar için detaylı maliyet analizleri EK-1, EK-2, EK-3, EK-4’te verilen ısıtma sistemlerinin, maliyet karşılaştırması Çizelge 4.6 ve Şekil 4.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.6.** Yeni sistemlerde ilk yatırım maliyetleri (YTL/Daire)

BİNA TİPİ	BİNA TİPİ			
	DM	DB	KM	FM
TİP-1	4.950,76	4.294,22	3.044,87	4.115,23
TİP-2	4.599,09	4.219,70	2.849,01	3.933,23
TİP-3	4.499,39	4.172,38	2.706,58	3.531,71
TİP-4	4.252,48	4.128,33	2.573,48	3.333,39
TİP-5	4.147,42	4.073,33	2.554,58	3.442,48
TİP-6	3.983,95	4.068,33	2.531,60	3.226,23

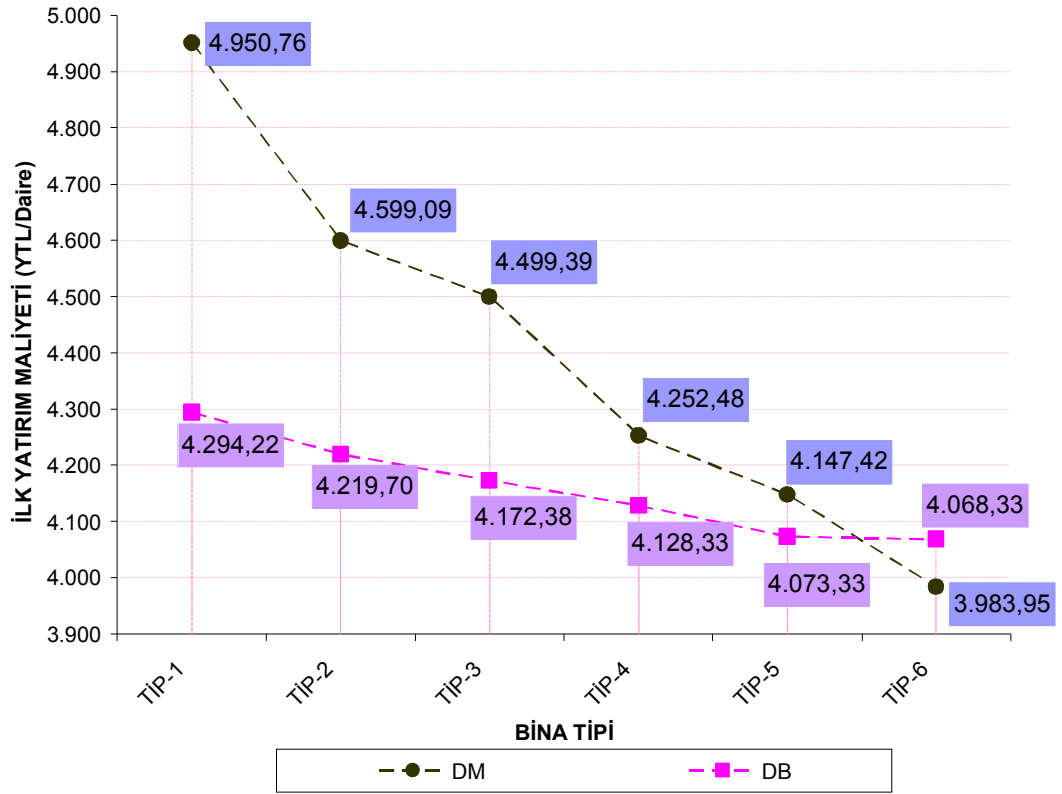




**Şekil 4.2.** Yeni sistemlerde ilk yatırım maliyetleri (YTL/Daire)

Çizelge 4.6'daki ilk yatırım maliyet değerleri incelendiğinde; kömürlü ısıtma sisteminin diğer sistemlerden daha ekonomik olduğu, buna karşın doğalgazlı merkezi ısıtma sisteminin ise en pahalı yakıt olduğu görülmektedir.

Isıtma sistemlerindeki ilk yatırım maliyeti daire sayısı arttıkça azalmaktadır. Bunun iki nedeni vardır. Birincisi; Çizelge 4.1'deki daire başı ısı kayıp miktarlarının, daire sayısı arttıkça azalmasıdır. Böylece ısıtma sistem elemanlarının kapasitesi küçülmüş ve ilk yatırım maliyeti daire sayısına bağlı olarak azalmış olur. İkincisi ise; ısıtma sisteminin bina imar safhasında yapılması nedeniyle, daire sayısının artmasına paralel, satın alınan ürünün daire başı birim maliyetinin azalmasıdır. Özellikle doğalgazlı merkezi ısıtma sistemlerinde daire sayısı arttıkça ilk yatırım maliyetin azaldığı, belirli bir daire sayısından sonra doğalgazlı bireysel ısıtma sistem maliyetine eşit olduğu Şekil 4.2'de fark edilmiş ve Şekil 4.3'te detaylı olarak incelenmiştir.



**Şekil 4.3.** Yeni sistemlerde doğalgazlı merkezi sistem ısıtma sistemi ile bireysel ısıtma sisteminin ilk yatırım maliyetlerinin karşılaştırılması.

### 4.3. Eski Sistemlerde Doğalgaz Dönüşüm Maliyet Analizi

Isıtma sistemlerinde kullanılan enerji kaynaklarının, dünya üzerinde kullanım sürelerine bakıldığında, kömürün ilk sırayı aldığı görülmektedir. Bunun için kömür tüketimi diğer enerji kaynaklarına nazaran daha fazla ve daha yaygındır. Bu durumun en belirgin nedeni kömür rezervlerinin dünya üzerinde dağınık olarak bulunmasıdır. Kömürün yanması sonucu oluşan gazların çevreye vermiş oldukları geniş tahribattan dolayı, daha az zararlı yakıt kullanımı ön plana çıkmış ve maliyet faktörü de göz önünde bulundurulduğunda doğalgaz kullanımı kaçınılmaz olmuştur. Bu nedenle mevcutta var olan kömürlü ısıtma sistemlerinde de doğalgaza geçiş işlemleri hız kazanmıştır.

Erzurum Gaz Dağıtım Firması (PALEN A.Ş.)’ndan alınan Şubat 2007 verilerine göre; 2004 yılı abone sayısı 39, abone konut sayısı 400; 2005 yılı abone sayısı 6.600, abone konut sayısı 306; 2006 yılı abone sayısı 23.162, abone konut sayısı 2.106 şeklinde tanımlanmış olup, bu rakamlar doğalgaza olan arzın katlanarak arttığını göstermektedir.

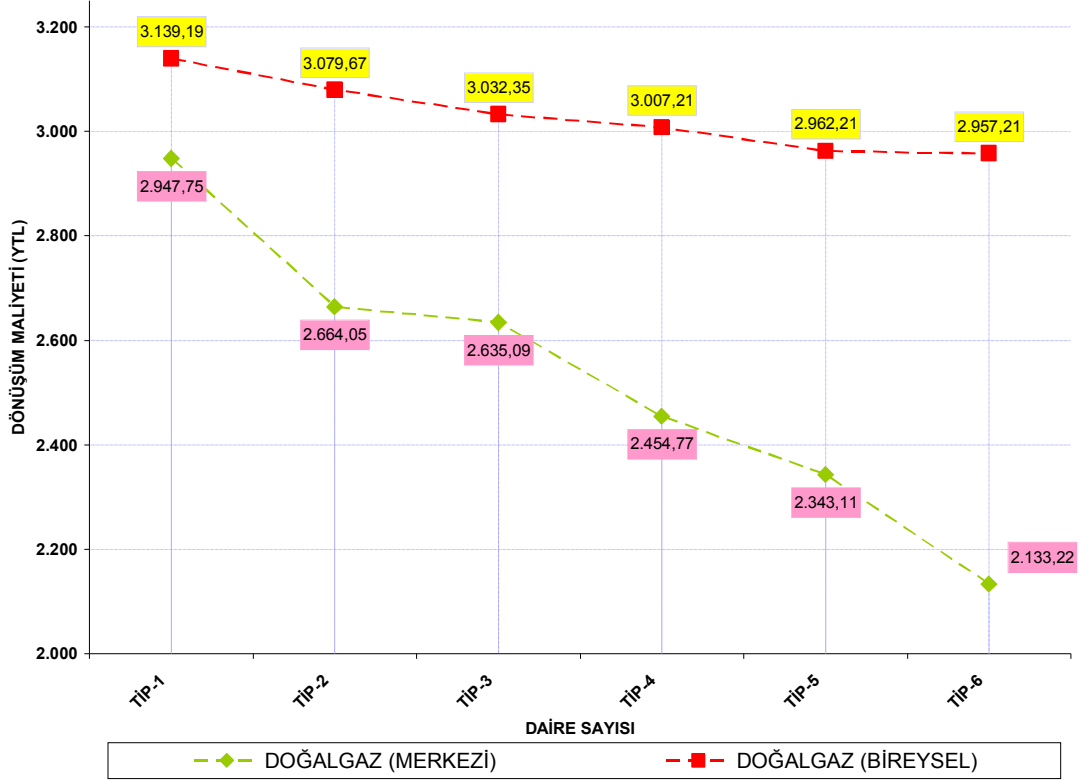
Erzurum’da kış aylarının çok soğuk ve uzun geçmesi nedeniyle ısıtma sistemleri çok önemlidir. Erzurum kış aylarının çok soğuk ve uzun olmasına bağlı ısıtma sistemlerinde daire başı yakıt tüketimi fazla olması ve ana doğalgaz boru hattı güzergahında bulunması nedeniyle Türkiye’de doğalgaz kullanan ilk şehirler arasında yer almaktadır. Doğalgazın ekolojik ve ekonomik etkisi göz önünde bulundurulduğunda kömür-doğalgaz dönüşüm sektörünün de göz ardı edilmemelidir.

Sektörün aktivitesi nedeniyle hazırlanan bu çalışma da detaylı maliyetleri EK-5, EK-6’da incelenen (kullanım oranları dikkate alındığında eski sistemin, kömürlü merkezi ısıtma sistemi olduğu değerlendirilmiştir) kömürlü ısıtma sisteminin, doğalgaza dönüşüm maliyet değerleri Çizelge 4.7 ve Şekil 4.4’te sunulmuştur.

**Çizelge 4.7.** Kömürlü merkezi ısıtma sisteminden doğalgaza dönüşümün ilk yatırım maliyet değerleri (YTL/Daire)

DAİRE SAYISI	ISITMA SİSTEMİ	
	DOĞALGAZ (MERKEZİ)	DOĞALGAZ (BİREYSEL)
TİP-1	2.947,75	3.139,19
TİP-2	2.664,05	3.079,67
TİP-3	2.635,09	3.032,35
TİP-4	2.454,77	3.007,21
TİP-5	2.343,11	2.962,21
TİP-6	2.133,22	2.957,21

### DOĞALGAZ DÖNÜŞÜM MALİYET ANALİZ ÇİZELGESİ

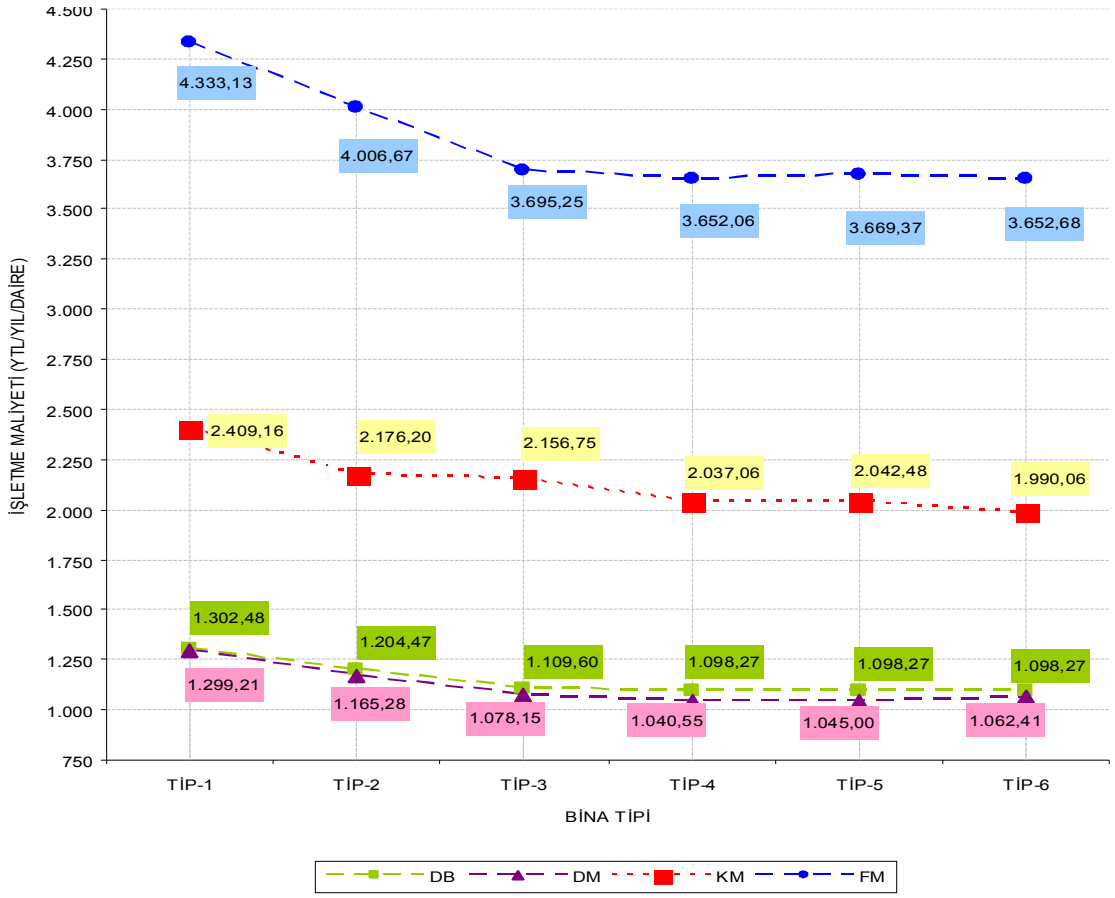


**Şekil 4.4.** Kömürlü merkezi ısıtma sisteminden doğalgaza dönüşümün ilk yatırım maliyet değerleri (YTL/Daire)

#### 4.4. İşletme Maliyet Analizi

Binalarda ısıtma sistemi tercihi yapılırken; kullanılan yakıtın cinsi (yakıtın çevreye olan etkisi, kullanımda güvenilirliği ve maliyeti) kadar kullanım sürecinde sistemin işletme maliyeti de -özellikle tüketici açısından- önemli bir etkidir. İlk yatırım maliyeti olarak ucuz gözükebilen bir sistem işletme maliyetleri değerlendirildiğinde pahalı bir sistem olabilmektedir.

Isıtma sistemlerinin işletme maliyetleri; yakıt tüketim maliyeti, işçilik maliyeti ve ısıtma sistemlerinin servis-tamir maliyeti toplamından elde edilen bir değerdir. Bu kapsamda incelenen binalardaki ısıtma sistemlerinin işletme maliyet değerleri Çizelge 4.8 ve Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Toplam işletme maliyetlerinin karşılaştırılması (YTL/yıl/daire)

**Çizelge 4.8.** İşletme maliyetleri (YTL/yıl/daire)

ISITMA SİSTEMİ	ENERJİ CİNSİ	BİNA TİPİ					
		TİP-1	TİP-2	TİP-3	TİP-4	TİP-5	TİP-6
DB	M <sub>Y</sub>	1.240,46	1.147,12	1.056,76	1.045,97	1.045,97	1.045,97
	M <sub>ST</sub>	62,02	57,36	52,84	52,30	52,30	52,30
	M <sub>İŞÇ</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	M <sub>T</sub>	1.302,48	1.204,47	1.109,60	1.098,27	1.098,27	1.098,27
DM	M <sub>Y</sub>	1.178,62	1.090,47	1.005,13	994,94	1.000,94	1.004,70
	M <sub>ST</sub>	11,79	6,82	5,03	3,11	1,56	1,05
	M <sub>İŞÇ</sub>	108,80	68,00	68,00	42,50	42,50	56,67
	M <sub>T</sub>	1.299,21	1.165,28	1.078,15	1.040,55	1.045,00	1.062,41
KM	M <sub>Y</sub>	2.116,00	1.993,73	1.875,38	1.861,24	1.869,56	1.874,77
	M <sub>ST</sub>	21,16	12,46	9,38	5,82	2,92	1,95
	M <sub>İŞÇ</sub>	272,00	170,00	272,00	170,00	170,00	113,33
	M <sub>T</sub>	2.409,16	2.176,20	2.156,75	2.037,06	2.042,48	1.990,06
FM	M <sub>Y</sub>	4.176,25	3.881,21	3.595,60	3.561,50	3.581,57	3.594,15
	M <sub>ST</sub>	20,88	12,13	8,99	5,56	2,80	1,87
	M <sub>İŞÇ</sub>	136,00	113,33	90,67	85,00	85,00	56,67
	M <sub>T</sub>	4.333,13	4.006,67	3.695,25	3.652,06	3.669,37	3.652,68

**Yakıt maliyeti (M<sub>Y</sub>);** Çizelge 4.5'te hesaplanmıştır.

**Servis tamir maliyeti (M<sub>ST</sub>);** daire başı yıllık yakıt tüketiminin belirli bir yüzde miktarının alınması ile tespit edilen değerdir. Bu oran yakıt sisteminin çalışma şartları göz önünde bulundurularak tespit edilmiştir.

**İşçi maliyeti ( $M_{İŞÇ}$ );** sadece ısıtma sisteminin işçilik değeri göz önünde bulundurulmuştur. İşçilik (kaloriferci) maliyeti sistemde kullanılan yakıtın özelliğine ve bina tipine göre işçi sayısı belirlenerek hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kalorifercinin sigorta dahil asgari ücretle ve 8 ay çalıştığı kabul edilmiştir. Çizelge 4.9 incelendiği zaman, işçi sayısında kullanılan 1/5, 1/4, 1/2 vb. kesirli rakamların, payda kadar eş binanın ısıtma işleminin tek bir işçi(kaloriferci) tarafından yapıldığı düşünülerek tespit edilmiştir. Örneğin; kaloriferci sayısı 1/2 olan bir binanın kalorifercisinin, iki farklı binada çalıştığı değerlendirilerek işçilik maliyeti hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.9.** Yıllık işçilik maliyeti

Gider	Kaloriferci Sayısı (Adet)			Kaloriferci Maaşı (YTL/Ay)	Kalorifercinin Isıtma Sistemine Yıllık Maliyeti (YTL/Yıl)			
	DM	KM	FM		DM	KM	FM	
Bina Tipi	TİP-1	1/5	1/2	1/4	680	108,80	272,00	136,00
	TİP-2	1/5	1/2	1/3	680	68,00	170,00	113,33
	TİP-3	1/4	1	1/3	680	68,00	272,00	90,67
	TİP-4	1/4	1	1/2	680	42,50	170,00	85,00
	TİP-5	1/2	2	1	680	42,50	170,00	85,00
	TİP-6	1	2	1	680	56,67	113,33	56,67

#### 4.5. Toplam Maliyet Analizi

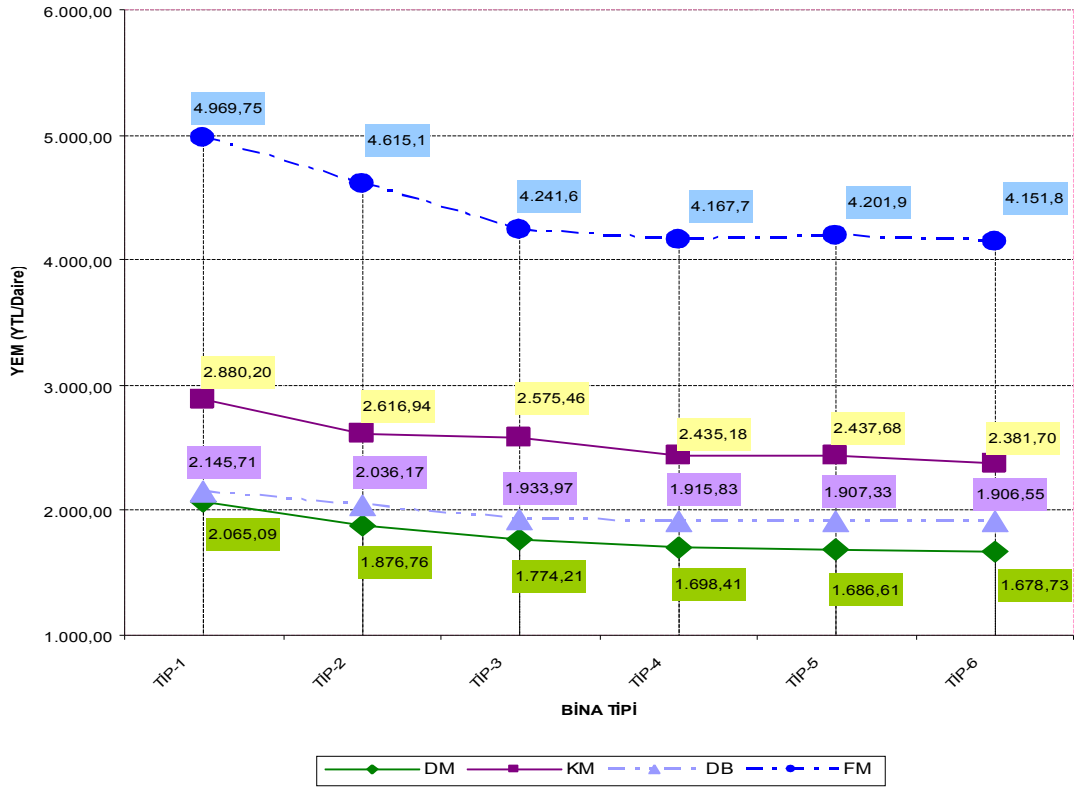
Binalarda kullanılan ısıtma sistemlerinin toplam maliyet hesabı “Yıllık Eşdeğer Maliyet Analizi Yöntemi” ne göre denklem (3.31) kullanılarak yapılmıştır. Burada tanımlanan;  $M_{ilk}$  değeri Çizelge 4.6’dan,  $M_{iş}$  değeri Çizelge 4.8’ten alınarak hesaplanmıştır.  $i$ , değeri yıllık faiz oranı olup %10 alınmıştır. Çizelge 4.2’de verilen ekonomik ömürler göz önünde bulundurularak analiz dönemi (N) 25 yıl olarak seçilmiştir. Ayrıca bireysel ısıtma sisteminde kullanılan kombinin ekonomik ömrü nedeniyle 12 yıl sonunda hurda değerinin olmadığı ve 13’üncü yılın başında kombinin ilk yatırım maliyetininin 3.000 YTL olacağı kabul edilmiştir.

Belirtilen kriterler doğrultusunda hesaplanan yıllık eşdeğer maliyet değerleri Çizelge 4.10 ve Şekil 4.6’da verilmiştir.

**Çizelge 4.10.** Yıllık Eşdeğer Maliyet (YTL/yıl/daire)

Isıtma Sistemi	BİNA TİPİ					
	TİP-1	TİP-2	TİP-3	TİP-4	TİP-5	TİP-6
DB	2.145,71	2.036,17	1.933,97	1.915,83	1.907,33	1.906,55
DM	2.065,09	1.876,76	1.774,21	1.698,41	1.686,61	1.678,73
KM	2.880,20	2.616,94	2.575,46	2.435,18	2.437,68	2.381,70
FM	4.969,75	4.615,14	4.241,61	4.167,74	4.201,92	4.151,78





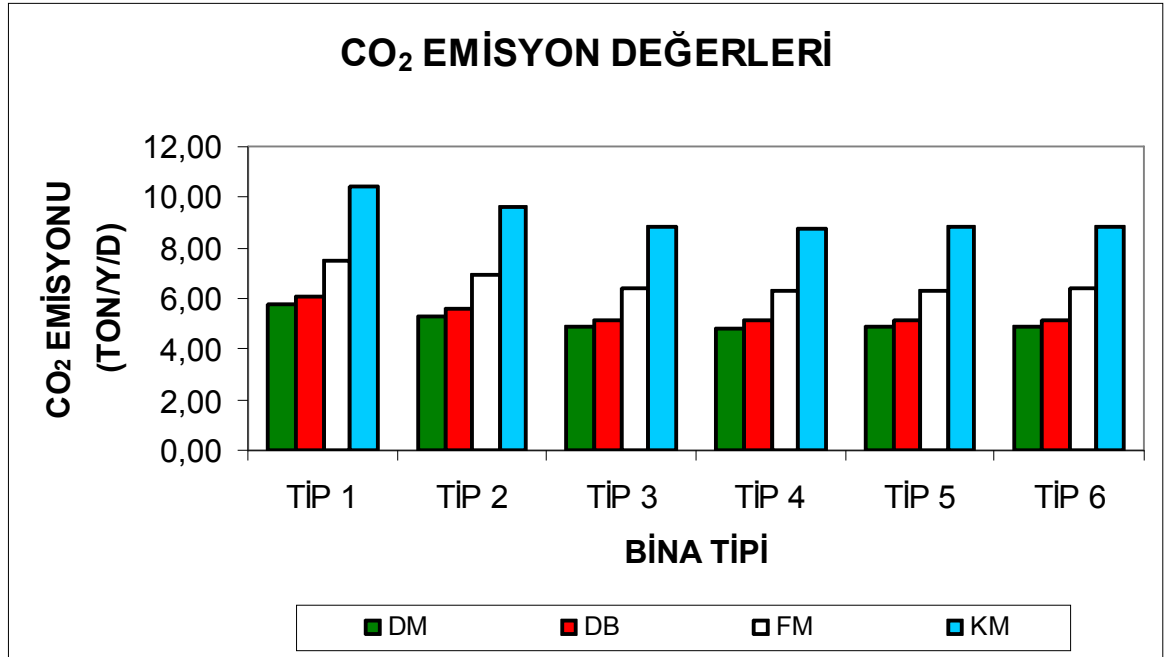
Şekil 4.6. Yıllık Eşdeğer Maliyet (YTL/yıl/daire)

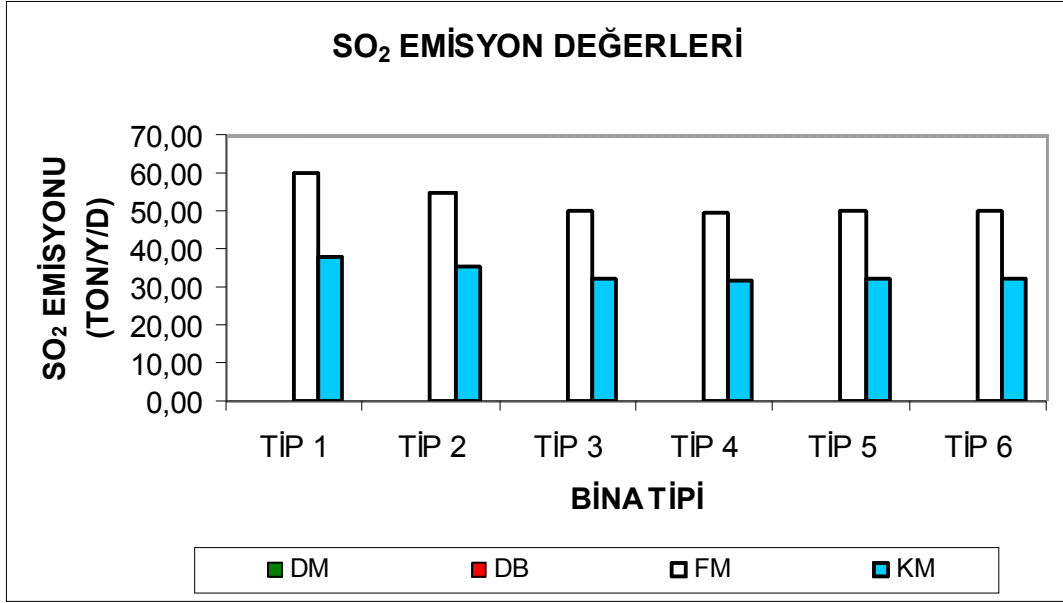
#### 4.6. Emisyon Değerleri

Isıtma sisteminde kullanılan yakıtlar fosil kökenli olup ısıtma sisteminde denklem (3.32) ile yakılmaları sonucu oluşan gazların emisyon değerleri denklem (3.38) ve denklem (3.39) ile hesaplanarak Çizelge 4.11 ve Şekil 4.7, Şekil 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Emisyon miktarları

SİSTEM	EMİSYON		BİNA TİPİ					
			TİP 1	TİP 2	TİP 3	TİP 4	TİP 5	TİP 6
DB	CO <sub>2</sub>	Ton/y/d	6,05	5,60	5,16	5,10	5,10	5,10
	SO <sub>2</sub>	kg/y/d	0	0	0	0	0	0
DM	CO <sub>2</sub>	Ton/y/d	5,75	5,32	4,91	4,85	4,88	4,90
	SO <sub>2</sub>	kg/y/d	0	0	0	0	0	0
KM	CO <sub>2</sub>	Ton/y/d	10,44	9,66	8,86	8,74	8,84	8,85
	SO <sub>2</sub>	kg/y/d	38,10	35,20	32,00	31,70	31,90	32,00
FM	CO <sub>2</sub>	Ton/y/d	7,50	6,92	6,37	6,30	6,34	6,36
	SO <sub>2</sub>	kg/y/d	60,10	55,00	50,20	49,60	50,00	50,20

Şekil 4.7. CO<sub>2</sub> emisyon miktarları



Şekil 4.8. SO<sub>2</sub> emisyon miktarları

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Enerji kaynaklarının dünya üzerindeki rezerv miktarları ve çevreye olan etkileri nedeniyle; özellikle ısıtma sistemlerinde kullanılan enerjinin en ekonomik şekilde tüketilmesini ve kullanıcıya maliyetinin hesaplanmasını içeren bu çalışmadan ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

### ➤ Enerjinin verimli kullanımı;

Dünya üzerinde hızla tüketilen enerjinin yok olma yolunda ilerlediği, alternatif enerji bulma amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda, yeni enerji kaynaklarının özellikle fosil kökenli enerji kaynaklarına yakın verimi sağlayamadığı ve bu nedenle de enerjinin etkin (yüksek verimde) kullanımının çok önem arz ettiği görülmüştür.

### ➤ Bina yalıtımı;

Dünya enerji tüketiminin %31 oranında binalarda ve bu değer %82'sinin ısıtma sistemlerinde kullanıldığı göz önünde bulundurulacak olursa; binalarda ısınma amacıyla kullanılan enerjinin azaltılmasının gerektiği ortaya çıkmaktadır. Tüketilen enerjinin azaltılması kapsamında, bina sıcaklıkları değişmeyeceği için binalarda oluşan kayıpların azaltılmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır. Böylece binalarda oluşan kayıpların azaltılmasında; ısı yalıtımının önemi vurgulanmış ve bina ısı yalıtımı ile bina ısı kaybı hesaplarında TS 825 standardının uygulanması gerektiği vurgulanmıştır.

### ➤ Ekipman seçimi;

Enerjinin verimli kullanılması kapsamında, ısıtma sistemlerinde kullanılan ekipmanların (kazan, brülör, kombi, radyatör) enerji verimliliğine etkisi üzerinde durularak; ekipman seçiminin önemi vurgulanmıştır. Ekipman seçiminde en verimlisi tercih edilmeli, ekipmanların periyodik bakımlarının düzenli bir şekilde yetkili personele yaptırılmalı, özellikle merkezi sistemde kazan kullanımı yeterli bilgi ve tecrübeye sahip kaloriferci tarafından yapılarak verim artırılmalıdır.

➤ Bina nizamı;

Bina nizamı ile ısı kaybı arasındaki ilişki incelendiğinde; bitişik nizamların ayrıık nizamlarda daha az ısı kaybettiği ve nizamdaki daire sayısının artması ile birim daire başına oluşan ısı kaybının azaldığı görülmektedir. Özellikle tek kazanda ısıtılan merkezi ısıtma sistemlerinde; ayrıık binalardaki ısı kaybının tek bir binadaki ısı kaybından fazla olduğu ve bunun nedeninin de binalar arasındaki ısı kanallarından kaynaklandığı tespit edilmiştir.

➤ Sistem maliyeti;

Özellikle tüketici açısından önem arz eden ilk yatırım maliyeti ile işletme maliyetleri de ısıtma sisteminde kullanılan enerji kaynaklarının seçilmesinde etkili ve mühendislik açısından önemli bir kriterdir. Yapılan çalışma ile sadece ilk yatırım maliyetine bakılarak enerji kaynağı tercih etmenin doğru olmadığı, işletme maliyetinin toplam maliyette etkin bir yeri olduğu gösterilmiştir. Maliyetlerin detaylı karşılaştırılması Şekil 5.1’de sunulmuştur.

➤ Isıtma sistemlerinin karşılaştırılması;

Isıtma sistemlerinin ilk yatırım maliyetine bakıldığı zaman en pahalı ısıtma sisteminin doğalgazlı merkezi ısıtma sistemi, en ucuz ısıtma sisteminin ise kömürlü ısıtma sistemi olduğu görülür. Buna rağmen, sistemin işletme maliyetleri göz önünde bulundurularak hesaplanan yıllık eşdeğer maliyetlerde en ucuz olan ısıtma sisteminin doğalgazlı merkezi ısıtma sistemi, en pahalı olan ısıtma sisteminin ise fuel-oil’li ısıtma sistemi olduğu görülmektedir.

Doğada bulunan ve en temiz yakıt olan doğalgazın hem ilk kullanım maliyet analizi, hem de dönüşüm maliyet analizi yapılmıştır. Doğalgazlı sistemlerin ilk yatırım maliyet analizi incelendiğinde; merkezi ısıtma sisteminin bireysel ısıtma sisteminden daha pahalı olduğu, ancak artan daire sayısı ile ilk yatırım maliyetinin azaldığı, belirli bir daire sayısında bireysel ısıtma sistem ilk yatırım maliyeti ile aynı olduğu tespit edilmiştir. Fakat sistemlerin dönüşüm ilk yatırım maliyetleri incelendiğinde ise; merkezi

ısıtma sisteminin bireysel ısıtma sisteminden her halükarda daha ekonomik olduğu görülmektedir.

Isıtma sistemlerinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus; daire sayısı arttıkça, tüm ısıtma sistemlerinde birim maliyetlerin azalmasıdır. Bunu iki farklı nedenle açıklamak mümkündür. Birincisi; ısıtma sisteminin bina imar safhasında yapıldığı ve daire sayısının artmasına paralel, satın alınan ürünün birim maliyetinin daha az olmasıdır. İkincisi de daire başı ısı kayıp miktarlarının, daire sayısına/daire nizamına bağlı olarak azalması nedeniyle ısıtma sistemlerinde kullanılan elemanlarının kapasiteleri küçüleceğinden ilk yatırım maliyetleri de daire sayısına bağlı olarak azalmasıdır.

➤ Çevreye etkisi;

Her konuda paranın, rekabetin önemli olduğu dünyamızda enerji tüketiminde dikkat etmemiz gereken en önemli nokta; kullanılan enerji kaynağının çevreye olan etkisidir. Yanma sonucunda atmosfere verilen gazların zaman içerisinde atmosferdeki yoğunluğunun artması nedeniyle, sera gazı etkisi olarak da bilinen ve dünyanın ısınmasına, su kaynaklarının yok olmasına, en önemlisi bitiyor diye endişelendiğimiz ve yerine yenilerini aradığımız enerji kaynaklarının bitmesini dahi göremeyecek kadar dünya yaşamını kısaltacak olmasıdır. Bu nedenle enerji kaynağı seçiminde temiz olmasına dikkat edilmelidir. Bu kapsamda yapılan çalışma sonucunda doğalgaz en temiz, kömürün ise kirli yakıt olduğu ortaya çıkmıştır.

Öneriler ise;

➤ Binalarda yalıtıma çok önemlidir. Bina yalıtımları TS 825 Standartları dikkate alınarak muhakkak yapılmalıdır.

➤ Isıtma sisteminde yakıt olarak kullanılan enerjiden maksimum verim hedeflenmelidir.

- Enerjinin verimli kullanılması kapsamında, ısıtma sisteminde bulunan ekipmanların (kazan, brülör, kombi, radyatör) seçimi doğru yapılmalıdır. Ekipmanların ilk yatırım maliyeti dikkate alınmadan en yüksek verime sahip olanı seçilmelidir.
- Ekipman montaj ve kullanımını yetkili ve deneyimli kişiler tarafından yapılmalıdır.
- Bitişik nizamlı bina kullanımını tercih edilmelidir. Çünkü bitişik nizamlı binalardaki ısı kaybı ayrıık nizamlı binalara göre daha azdır.
- Binalarda ki daire sayıları mümkün olduğu kadar yüksek tutulmalıdır. Çünkü daire sayısı arttıkça, daire başı birim maliyet azalmaktadır.
- Binalar arasındaki ısı kanlarında iyi yalıtım yapılmalıdır. Çünkü binalar arasındaki ısı kanalları nedeniyle, ayrıık binalardaki toplam ısı kaybı tek bir binadaki ısı kaybından fazladır.
- İlk yatırım maliyetine bakılarak sistemin ekonomikliğı hakkında karar verilmemelidir. Sistemin ilk yatırımı kadar işletme maliyeti de önem arz etmektedir. İlk yatırım maliyeti olarak ekonomik görülen bir sistem işletme maliyetleri değerlendirildiğinde pahalı bir sistem olabilmektedir.
- En ekonomik sistem doğalgazlı merkezi ısıtma sistemidir. Buna rağmen bireysel ısıtma sistemi kullanılması durumunda katlar ve daireler arasında yalıtım yapılmalıdır.
- Isıtma sistemlerinde yakıt olarak, en temiz yakıt olan doğalgaz tercih edilmelidir. Kömür ise doğada bulunan en kirli yakıttır.

Çizelge 5.1. Daire başı tüketim analizi

SİSTEM	BİNA TİPİ	ISI KAYBI	YILLIK YAKIT TÜKETİMİ		YILLIK YAKIT TÜKETİM MALİYETİ		İLK YATIRIM MALİYETİ	İŞLETME MALİYETİ			İŞÇİ SAYISI	YILLIK EŞDEĞER MALİYET	CO <sub>2</sub> EMİS. MİK.	SO <sub>2</sub> EMİS. MİK.
			Y <sub>1</sub>	Y <sub>S</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>S</sub>		M <sub>Y</sub>	M <sub>ST</sub>	M <sub>İŞÇ</sub>				
DB	TİP-1	16,92	2.489,50	284,96	1.113,05	127,40	4.294,22	1.240,46	62,02	0,00	0	2.145,71	6,05	0,00
	TİP-2	15,50	2.280,73	284,96	1.019,71	127,40	4.219,70	1.147,12	57,36	0,00	0	2.036,17	5,60	0,00
	TİP-3	14,12	2.078,63	284,96	929,36	127,40	4.172,38	1.056,76	52,84	0,00	0	1.933,97	5,16	0,00
	TİP-4	13,96	2.054,50	284,96	918,57	127,40	4.128,33	1.045,97	52,30	0,00	0	1.915,83	5,10	0,00
	TİP-5	14,06	2.054,50	284,96	918,57	127,40	4.073,33	1.045,97	52,30	0,00	0	1.907,33	5,10	0,00
	TİP-6	14,12	2.054,50	284,96	918,57	127,40	4.068,33	1.045,97	52,30	0,00	0	1.906,55	5,10	0,00
DM	TİP-1	16,92	2.351,19	284,96	1.051,22	127,40	4.950,76	1.178,62	11,79	108,80	1/5	2.065,09	5,75	0,00
	TİP-2	15,50	2.154,02	284,96	963,06	127,40	4.599,09	1.090,47	6,82	68,00	1/5	1.876,76	5,32	0,00
	TİP-3	14,12	1.963,15	284,96	877,73	127,40	4.499,39	1.005,13	5,03	68,00	1/4	1.774,21	4,91	0,00
	TİP-4	13,96	1.940,36	284,96	867,54	127,40	4.252,48	994,94	3,11	42,50	1/4	1.698,41	4,85	0,00
	TİP-5	14,06	1.953,78	284,96	873,53	127,40	4.147,42	1.000,94	1,56	42,50	1/2	1.686,61	4,88	0,00
	TİP-6	14,12	1.962,18	284,96	877,29	127,40	3.983,95	1.004,70	1,05	56,67	1	1.678,73	4,90	0,00



Çizelge 5.1. Devam

SİSTEM	BİNA TİPİ	ISI KAYBI	YILLIK YAKIT TÜKETİMİ		YILLIK YAKIT TÜKETİM MALİYETİ		İLK YATIRIM MALİYETİ	İŞLETME MALİYETİ			İŞÇİ SAYISI	YILLIK EŞDEĞER MALİYET	CO <sub>2</sub> EMİS. MİK.	SO <sub>2</sub> EMİS. MİK.
			Y <sub>1</sub>	Y <sub>S</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>S</sub>		M <sub>Y</sub>	M <sub>ST</sub>	M <sub>İŞÇ</sub>				
KM	TİP-1	16,92	3.836,84	213,41	1.458,00	658,01	3.044,87	2.116,00	21,16	272,00	1/2	2.880,20	10,44	38,10
	TİP-2	15,50	3.515,08	213,41	1.335,73	658,01	2.849,01	1.993,73	12,46	170,00	1/2	2.616,94	9,66	35,20
	TİP-3	14,12	3.203,60	213,41	1.217,37	658,01	2.706,58	1.875,38	9,38	272,00	1	2.575,46	8,86	32,00
	TİP-4	13,96	3.166,42	213,41	1.203,24	658,01	2.573,48	1.861,24	5,82	170,00	1	2.435,18	8,74	31,70
	TİP-5	14,06	3.188,31	213,41	1.211,56	658,01	2.554,58	1.869,56	2,92	170,00	2	2.437,68	8,84	31,90
	TİP-6	14,12	3.202,02	213,41	1.216,77	658,01	2.531,60	1.874,77	1,95	113,33	2	2.381,70	8,85	32,00
FM	TİP-1	16,92	2.226,73	213,41	3.518,24	658,01	4.115,23	4.176,25	20,88	136,00	1/4	4.969,75	7,50	60,10
	TİP-2	15,50	2.040,00	213,41	3.223,20	658,01	3.933,23	3.881,21	12,13	113,33	1/3	4.615,14	6,92	55,00
	TİP-3	14,12	1.859,23	213,41	2.937,59	658,01	3.531,71	3.595,60	8,99	90,67	1/3	4.241,61	6,37	50,20
	TİP-4	13,96	1.837,65	213,41	2.903,49	658,01	3.333,39	3.561,50	5,56	85,00	1/2	4.167,74	6,30	49,60
	TİP-5	14,06	1.850,36	213,41	2.923,56	658,01	3.442,48	3.581,57	2,80	85,00	1	4.201,92	6,34	50,00
	TİP-6	14,12	1.858,32	213,41	2.936,14	658,01	3.226,23	3.594,15	1,87	56,67	1	4.151,78	6,36	50,20

## KAYNAKLAR

- Akman S., 1990, Kazanlarda verim ve verimi etkileyen faktörler. Türkiye 5. Enerji Kongresi ss. 377-388
- Aybers N., Şahin, B., 1995. Enerji Maliyeti. Yıldız Teknik Ü. Yayını. Yayın No: 299
- Anonim, 1999, Isıtma Tesisat El Kitabı
- Anonim, 2000, Mimarın El Kitabı
- Anonim, 2002, MMO/2002/259-2 sayılı yayın.
- Anonim, 2004a, Doğalgaz Tüketici El Kitabı
- Anonim, 2004b, Türkiye Kömür İşletmeleri web sayfası, ([www.tki.gov.tr](http://www.tki.gov.tr)) Erişim T:10.07.2007
- Anonim, 2005a, ([www.alperen.com.tr/infrared.htm](http://www.alperen.com.tr/infrared.htm)) internet sitesi, Erişim T:10.07.2007
- Anonim, 2005b, T.C. Cumhurbaşkanlığı Devlet Denetleme Kurulu tarafından 2005/5 sayı ve 10.11.2005 tarihinde yayınlanan “Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (Tpaö) Genel Müdürlüğünün 2002, 2003, 2004 Yılları Eylem Ve İşlemlerinin Araştırılıp Denetlenmesine İlişkin Rapor”u
- Anonim, 2007, İTü Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü web sayfası, ([www.petrol.itu.edu.tr](http://www.petrol.itu.edu.tr)) Erişim T:10.07.2007
- Arısoy, A., 1983. Binaların ısıtılmasında ısıl kapasitenin etkisi. Isı Bilimi ve Tekniği 4. Ulusal Kongresi, Ankara, 13-24
- Arısoy A., 1991., Kalorifer kazanlarındaki otomatik kontrolün modellenmesi. Isı bilimi ve tekniği 8. ulusal kongresi. Ss. 397-406
- Aydın, O., 2000. Determination of optimum air-layer thickness in double-plane windows. Energy and Building, 32, 303-308.
- Bayraç, N., 2005, Dünya’da Ve Türkiye’de Doğal Gaz Piyasasının Ekonomik Analizi
- Bakos, G. C., 2000. Insulation protection studies for energy saving in residential and tertiary sector. Energy and Building, 31, 251-259.
- Bakos, G. C., Spirou, A., and Tsagas, N.F., 1999. Energy management method for fuel saving in central heating insulations. Energy and Building, 29, 135-139.
- Bayram, A., 1990. Yakma tesislerinin verimliliği ve hava kirliliği. Türkiye 5. Enerji Kongresi ss. 247-261
- Bowitz, E., and Trong, M. D., 2001. The social cost of district heating in a sparsely populated country. Energy Policy, 29, 1163-1173.
- Can, A., 1994. Hava kirliliği ve önlemleri. Tesisat Müh. Cilt no: 2, sayı 14., ss.20-31
- Çelik, C., ve Yüksel, B., 1992. Konutlarda optimum ısı yalıtımı ve enerji verimliliğine etkileri. Isı bilim tekniği dergisi 15, 33-40
- Çomaklı, K. 2003. Atatürk Ü. Merkezi ısı santralinin enerji ve ekserji analizi. Doktora Tezi. Atatürk Ü. Fen Bil. Enst.
- Çomaklı, K. ve Yüksel, B., 2002. Erzurum için binalarda optimum yalıtım kalınlığı hesabı. Yalıtım Dergisi, 36, 37-42
- Çomaklı, K. and Yüksel, B., 2003. Optimum insulation thickness of external walls for energy saving. Applied Thermal Eng., 23, 473-479
- Çomaklı, K. and Yüksel B., 2004. Environmental impact of thermal insulation thickness on building. Applied Thermal Eng., 24, 933-940

- Çomaklı, K., Yüksel, B., Bakırcı, K., 2006, Bölgesel Isıtma Sistemleri Boru Hatlarında Meydana Gelen Enerji Ve Ekserji Kayıpları (Tesisat Dergisi Sayı:92, S:33-38, 2006)
- Dağsöz, A.K, 1998 Sıcak Sulu Kalorifer Tesisatı
- Dincer, I., and Rosen, M. A., 1999. Energy, environment and sustainable development, Applied Energy, 64, 427-440. DPT (Devlet Planlama Teşkilatı), 1995, Kara No:374, s:138)
- Dincer, I., 1999. Environmental impacts of energy. Energy Policy, 27, 845-854. DPT (Devlet Planlama Teşkilatı), 1995, Karar No:374)
- DPT (Devlet Planlama Teşkilatı), 2000, Karar No:697, s:138)
- Durmaz, A. ve Özkan, M., 1983. Kazanların enerji ekonomisi yönünden incelenmesi, Isı Bilimi ve Tekniği 4. Ulusal Kongresi, Ankara, 261-276
- Eğilmez, A., 2002, Dünya Enerji Politikaları ve Türkiye'nin Konumu ( www.petrol-is.com) internet sayfasında yayınlanan bir makale
- Elele, S., Çanakçı, C., 2001, Bölgesel Isıtma Sistemleri Isı Merkezleri Tasarımı (TESKON 2001 Jeotermal Seminer Kitabı)
- EİE (Elektrik İşleri Etüd İdaresi), 2004, Binalarda Enerji Verimliliği Proje Bülteni
- EİE (Elektrik İşleri Etüd İdaresi), 2007, Binalarda Enerji Yönetici Kursu Ders Notları
- Holms M., 1978. How boiler selection and controls affect annual energy consumption. Application Guide , Building service research and information Association. England.
- İleri A., and Moshiri, S., 1996. Effect of common fuel and heating system options on the energy usage pollutant emissions and economy. Energy and Building. 24 pp. 11-18.
- Karakoç, H., 2001, Uygulamalı TS 825 ve Kalorifer Tesisat Hesabı
- Katrakis, J.T. and Zawacki, T.S., 1993., Field measured Seasonal efficiency of intermediate sized low pressure steam boilers. ASHRAE Transactions part 2. pp 429-439
- Küçükçalı, R., 2001, Isıtma Sistemlerinde Yenilikler (V. Ulusal tesisat Müh. Kong. ve Serg.)
- Mohsen, M. S., and Akash, B. A., 2001. Some prospects of energy saving in buildings. Energy. Convers. Magmt, 42, 1307-1315.
- Narin, M., (Gazi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü) Akdemir, S., 2006, Enerji Verimliliği ve Türkiye
- Okka, O., 2006. Mühendislik Ekonomisi. Nobel yayını.
- Petder (Petrol Sanayi Derneği) 2007, 2006 Yılı Sektör Raporu 18.02.2007
- Rosen, M. A., and Dincer, I., 1997. On exergy and environmental impact. Int. J. Energy Research, 21, 643-654.
- Rosen, M. A., and Dincer, I., 1999. Exergy analysis of waste emissions, Int. J. Energy Research, 23, 1153-1163.
- Song, Z.P., 2000. Total energy system analysis of heating. Energy, 25, 807-822
- Subherwal, B.R., 1986 Combination water-heating/space heating appliance performance. ASHRAE Transactions .pp 415-432
- Talbert, S.G., 1992. Operating characteristics and annual efficiencies of combination space/water heating systems. ASHRAE Transactions part 2. pp 655-664
- Terzioğlu, T., 1997. Kazanlarda yanma verimi ve çevre kirliliğine etkisinin incelenmesi. Y. Lisans Tezi, A.Ü. Fen Bilimler Ens. Makina Müh. Ana Bilim Dalı 75-97

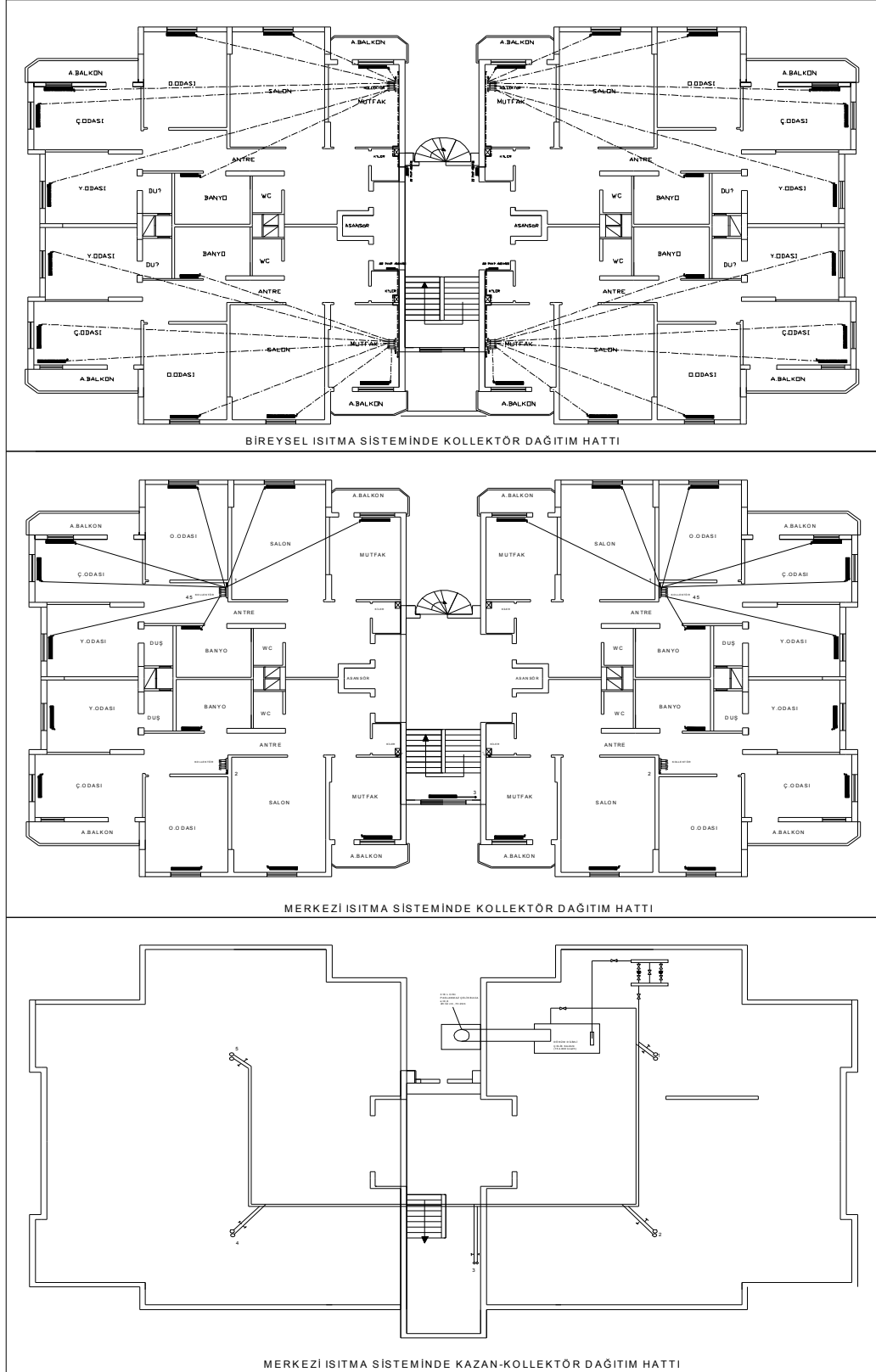
- Tamzok, N., Torun M., 2005 Türkiye Enerji Politikaları İçerisinde Kömürün Önemi-The Importance Of Coal İn The Energy Policies Of Turkey- (V. Enerji Sempozyumu, TMMOB, Ankara, 21-23 Aralık 2005)
- Tonus, Ö., 2004, Genişleyen Avrupa Birliğinin Enerji Politikaları Ve Türkiye “Müzakere Sürecinde Türkiye Avrupa Birliği İlişkileri Uluslararası Sempozyumu”
- Wang, Y., and Feng, X., 2000. Exergy analysis involving resources utilization and environmental influence. Computers and Chemical Eng., 24, 1243-1246.
- Yavuz, C., 2007, Küresel Felaket-Enerji Güvenliği İkilemi Ve Milli Güvenlik 2023 Dergisi, Sayı 71, 15.03.2007



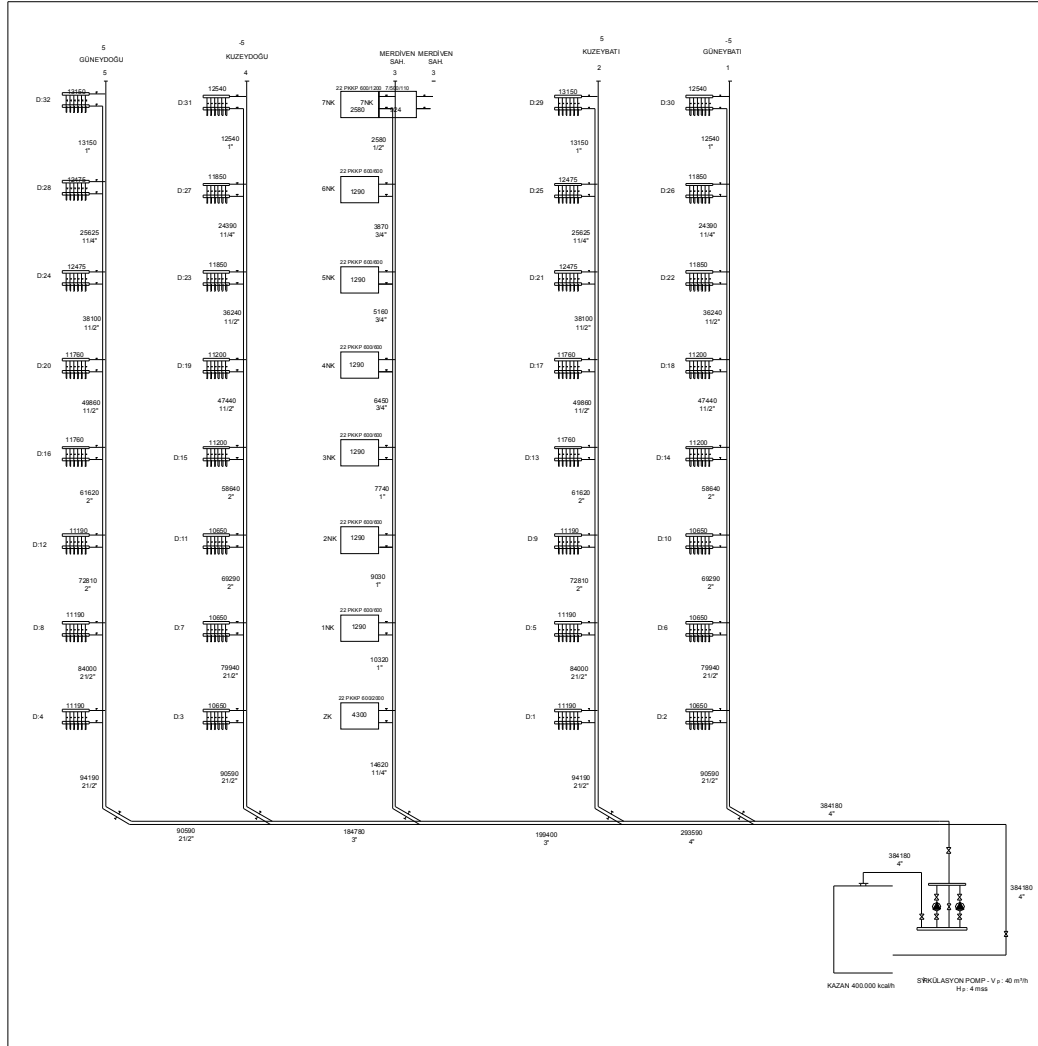
## EK 1 (devam)

<b>DOĞALGAZLI MERKEZİ ISITMA SİSTEMİNİN MALİYET ANALİZİ (DAİRE BAŞI BİRİM MALİYET CİNSİNDEN)</b>								
S. NO	AÇIKLAMA	TİP						
		TİP-1	TİP-2	TİP-3	TİP-4	TİP-5	TİP-6	
8	Isıtma Sistem İşçilik	Kazan Dairesi	92,11	80,52	76,31	71,11	72,74	
		Daire İçi	350,00	335,00	325,00	300,00	285,00	
9	Hermetik Şofben ( 9 lt )	475,00	475,00	475,00	475,00	415,00	390,00	
10	Hermetik Şofben Baca Uzatması	30,00	30,00	30,00	30,00	25,00	22,00	
11	Doğalgaz Kazanı	395,53	329,53	447,33	359,02	359,02	267,86	
12	Doğalgaz Brülörü	388,50	242,81	194,25	193,67	193,67	166,31	
13	316L CrNi Paslanmaz Çelik Baca	185,00	171,88	137,50	109,38	117,19	104,17	
14	Kapalı Genleşme Tankı	34,20	36,56	29,25	24,97	24,97	36,46	
15	Kapalı Genleşme Tankı Maliyeti	17,67	12,37	9,90	6,19	6,19	4,12	
16	Alt-üst Havalandırma Maliyeti	40,00	31,25	28,75	23,44	15,63	14,58	
17	Elektrik Malzeme ve Maliyeti	25,00	20,31	17,50	12,50	9,38	7,81	
18	Ek Giderler	Tesisatın Boyanması	25,00	25,00	25,00	15,00	10,00	5,00
		Elektrik tesisatı	25,00	25,00	25,00	20,00	15,00	15,00
		Menfez Açımı	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
<b>TEK BİR DAİRE İÇİN MALİYET</b>		<b>4.950,76</b>	<b>4.599,09</b>	<b>4.499,39</b>	<b>4.252,48</b>	<b>4.147,42</b>	<b>3.983,95</b>	

**EK 1A (TİP-4 Binası için DM/DB ısıtma sistemlerinde kolektör dağıtım hattı)**

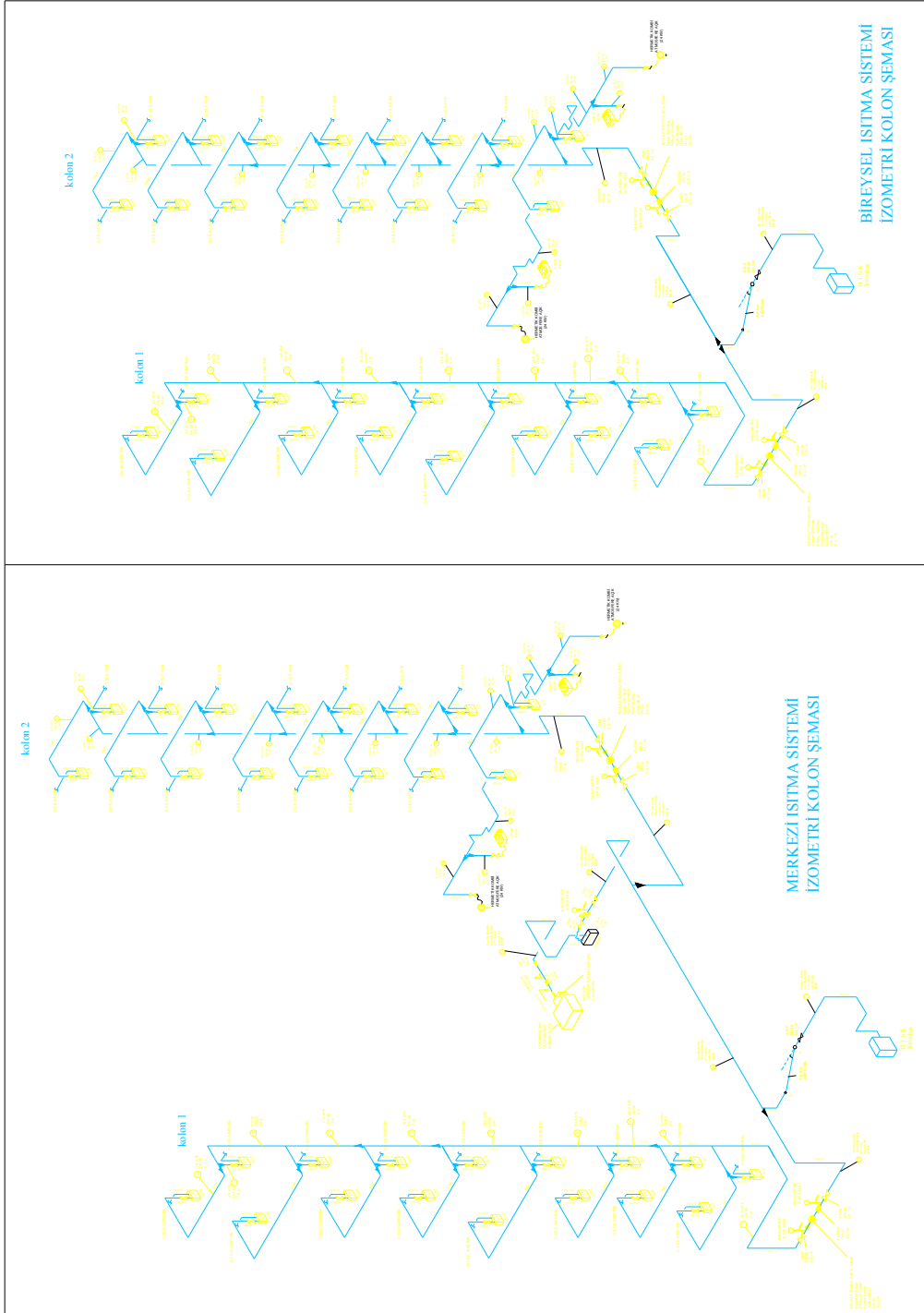


## EK 1B (TİP-4 Binası için merkezi ısıtma sistemlerinde kazan-kollektör dağıtım hattı)

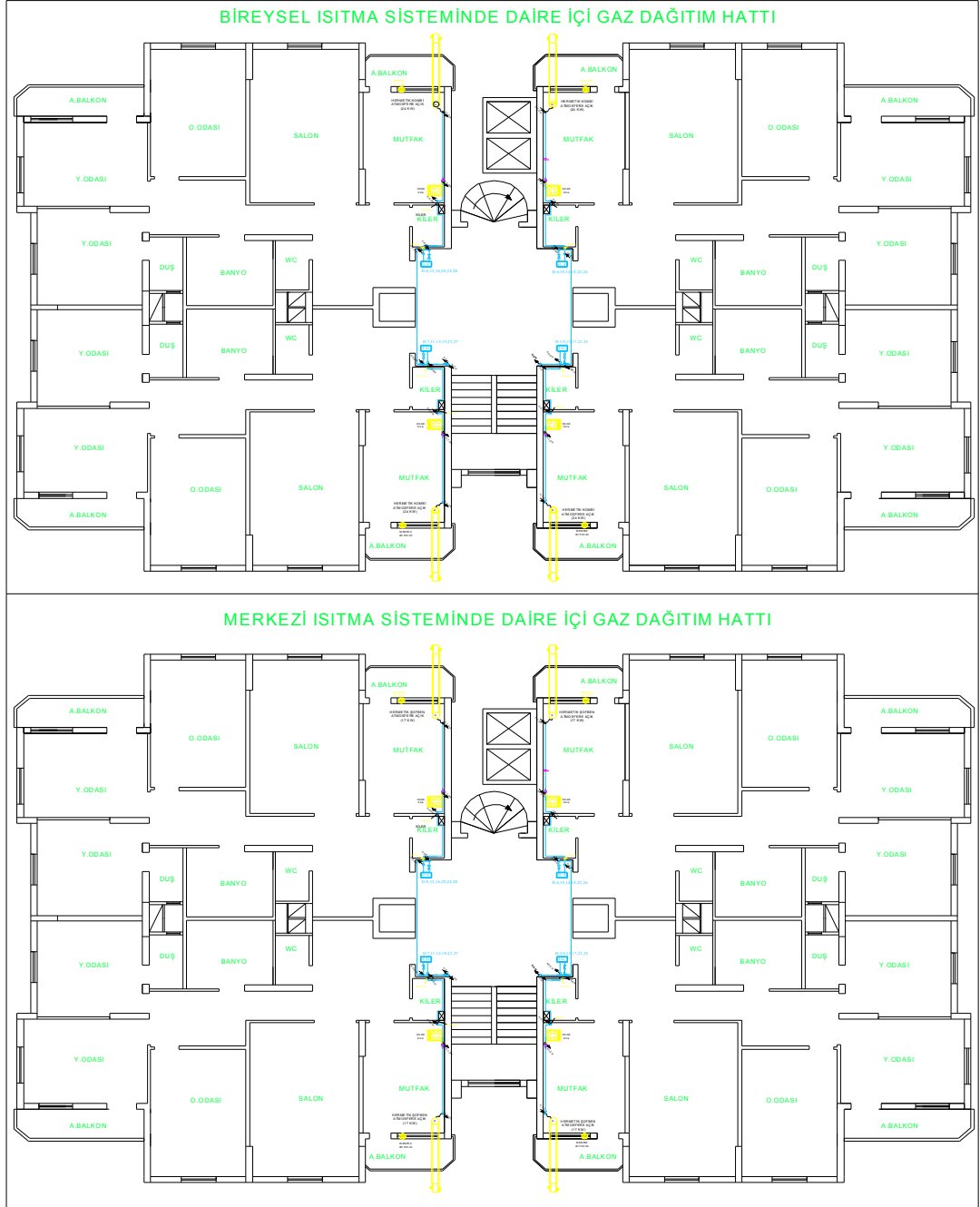




**EK 1C (TİP-4 Binası için DM/DB ısıtma sistemlerine ait doğalgaz dağıtım hattı)**



**EK 1D (TİP-4 Binası için DB/DM ısıtma sisteminde daire içi doğalgaz tesisatı)**



**EK 1E** (TİP-4 Binası için DM ısıtma sisteminde daire içi gaz tesisat bedeli)

S. NO	MALZEME ADI	MİKTARI	BİRİM FİYATI (YTL)	TOPLAM FİYATI (YTL)
1.	G-4 Sayaç Konsol Takımı	1 takım	20,06	20,06
2.	DN 25 Doğalgaz Borusu	5,7 mt	6,16	35,11
3.	DN 25 Doğalgaz Dirseği	8 ad.	1,19	9,52
4.	DN 25 Doğalgaz Kelepçesi	8 ad.	0,68	5,44
5.	DN 20 Doğalgaz Borusu	4 mt	4,17	16,66
6.	DN 20 Doğalgaz Dirseği	1 ad.	0,78	0,78
7.	DN 20 Doğalgaz Kelepçesi	4 ad.	0,64	2,55
8.	DN 20 Şofben Bağlantı Flexi	1 ad.	12,87	12,87
9.	DN 20 Doğalgaz Vanası	1 ad.	7,52	7,52
10.	DN 15 Doğalgaz Borusu	1,2 mt	3,12	3,74
11.	DN 15 Doğalgaz Kelepçesi	2 ad.	0,50	1,00
12.	DN 15 Ocak Bağlantı Flexi	1 ad.	10,03	10,03
13.	DN 15 Doğalgaz Vanası	1 ad.	5,29	5,29
14.	25x15x20 İnegal Te	1 ad.	2,54	2,54
15.	Test Manşonu / Test Dirseği	1 ad.	3,70	3,70
16.	Macun	0,5 kutu	5,31	2,66
17.	Menfez	2 ad.	1,70	3,40
18.	DN 32 Boru Geçiş Kılıfı (plastik 2 geçiş)	0,6 mt	1,95	1,17
<b>TOPLAM MALİYET =</b>			<b><u>144,01</u></b>	<b>YTL</b>

**EK 1F (TİP-4 Binası için DM ısıtma sisteminde kolon gaz tesisat bedeli)**

S. NO	MALZEMENİN ADI	MİKTARI	BİRİM FİYATI (YTL)	TOPLAM FİYATI (YTL)
1.	DN 65 Doğalgaz Borusu	18,7 mt	21,09	394,32
2.	DN 50 Doğalgaz Borusu	24,5 mt	13,00	318,59
3.	DN 40 Doğalgaz Borusu	6 mt	9,75	58,48
4.	DN 32 Doğalgaz Borusu	28,9 mt	8,32	240,42
5.	DN 25 Doğalgaz Borusu	113,6 mt	6,16	699,73
6.	DN 65 Doğalgaz Dirseği	7 mt	4,03	28,22
7.	DN 50 Doğalgaz Dirseği	10 ad.	2,92	29,16
8.	DN 32 Doğalgaz Dirseği	5 ad.	2,23	11,15
9.	DN 25 Doğalgaz Dirseği	48 ad.	1,83	87,62
10.	DN 65 Doğalgaz Vanası	2 ad.	171,73	343,45
11.	DN 50 Doğalgaz Vanası	2 ad.	42,79	85,57
12.	DN 25 Doğalgaz Vanası	32 ad.	11,48	367,40
13.	DN 65 Doğalgaz Flanşı	4 ad.	20,65	82,60
14.	DN 50 Doğalgaz Rekoru	4 ad.	10,31	41,23
15.	DN 50 Doğalgaz Nipeli	4 ad.	2,97	11,89
16.	2x2x11/4 Siyah İnegal Te	1 ad.	6,44	6,44
17.	2x11/4x2 Siyah İnegal Te	2 ad.	4,38	8,76
18.	21/2x11/4x21/2 Siyah İnegal Te	2 ad.	7,60	15,20
19.	21/2x11/4x2 Siyah İnegal Te	2 ad.	8,01	16,02
20.	2x11/4x2 Siyah İnegal Te	4 ad.	4,38	17,51
21.	2x11/4x11/2 Siyah İnegal Te	2 ad.	4,75	9,50
22.	11/2x11/4x11/4 Siyah İnegal Te	2 ad.	5,12	10,24
23.	11/4 Siyah Te	2 ad.	3,80	7,60
24.	11/4x1x1 Siyah İnegal Te	16 ad.	3,14	50,22
25.	Doğalgaz Keteni/Teflon	5 Bağ/Koli	2,12	10,62
26.	Doğalgaz Macunu	2 Kutu	5,31	10,62
27.	Kaynak Tüpü (oksijen+Asetilen)	3 Grup	181,00	543,00
28.	Kaynak Teli	3 Kg	3,50	10,50
29.	DN 65 Doğalgaz Kelepçesi	10 ad.	1,61	16,14
30.	DN 50 Doğalgaz Kelepçesi	24 ad.	1,02	24,47
31.	DN 40 Doğalgaz Kelepçesi	4 ad.	0,88	3,53
32.	DN 32 Doğalgaz Kelepçesi	36 ad.	0,80	28,67

## EK 1F (devam)

S. NO	MALZEMENİN ADI	MİKTARI	BİRİM FİYATI (YTL)	TOPLAM FİYATI (YTL)	
33.	KOLON TESİSATI	DN 25 Doğalgaz Kelepçesi	58 ad.	0,47	27,10
34.		(0-100 mbar Manometre)	2 ad.	27,00	54,00
35.		Topraklama Çubuğu	1 ad.	12,00	12,00
36.		Topraklama Kablosu	1 mt	3,00	3,00
37.	REGÜLATÖR GRUBU	DN 32 Doğalgaz Vanası	2 ad.	20,15	40,31
38.		DN 32 Doğalgaz Filitresi	2 ad.	45,12	90,24
39.		DN 32 Regülatör	2 ad.	315,84	631,68
40.		(0-300 mbar Manometre)	2 ad.	27,00	54,00
41.		DN 15 Doğalgaz Vanası	8 ad.	5,29	42,29
42.		DN 32 Doğalgaz Rekoru	4 ad.	5,70	22,80
43.		DN 32 Doğalgaz Nipeli	4 ad.	1,44	5,75
44.		DN 15 Siyah Te	4 ad.	2,48	9,91
45.		11/4x1/2x11/4 Siyah Te	4 ad.	3,06	12,22
46.		11/4x21/2 Doğalgaz Redüksiyonu	2 ad.	3,14	6,28
47.	SERVIS KUTUSU	DN 50 Kutu Flexi	1 ad.	34,69	34,69
48.		DN 50 Dişli Siyah Dirsek	1 ad.	4,30	4,30
49.		2x11/2 Siyah İnegal Te	1 ad.	1,45	1,45
<b>TOPLAM MALİYET =</b>			<b><u>4.640,91</u></b>	<b>YTL</b>	

**EK 1G (TİP-4 Binası için DM ısıtma sistemlerinde kazan dairesi gaz tesisat bedeli)**

<b>S. NO</b>	<b>MALZEME ADI</b>	<b>MİKTARI</b>	<b>BİRİM FİYATI (YTL)</b>	<b>TOPLAM FİYATI (YTL)</b>	
1.	DN 40 Doğalgaz Vanası	2 ad.	42,79	85,57	
2.	DN 40 Doğalgaz Filitresi	1 ad.	67,68	67,68	
3.	DN 50 Selenoid Vana	1 ad.	199,28	199,28	
5.	DN 50 Doğalgaz Rekoru	3 ad.	10,31	30,93	
6.	DN 50 Doğalgaz Nipeli	3 ad.	2,97	8,92	
4.	(0-300 mbar Manometre)	2 ad.	27,00	54,00	
7.	DN 15 Doğalgaz Vanası	5 ad.	5,29	26,43	
8.	DN 15 Siyah Te	2 ad.	2,48	4,96	
9.	2x1/2x2 Siyah Te	3 ad.	4,67	14,00	
10.	2" Kompanzatör	1 ad.	40,12	40,12	
11.	DN 50 Doğalgaz Borusu	32 mt	13,00	416,12	
12.	DN 50 Doğalgaz Dirseği	9 ad.	2,92	26,24	
13.	DN 50 Doğalgaz Kelepçesi	15 ad.	1,02	15,29	
14.	Doğalgaz Keteni/Teflon	2 Bağ/Koli	2,12	4,25	
15.	Doğalgaz Macunu	1 Kutu	5,31	5,31	
16.	Kaynak Tüpü (oksijen+Asetilen)	0,7 Grup	181,00	126,70	
17.	Kaynak Teli	0,7 Kg	3,50	2,45	
<b>TOPLAM MALİYET =</b>				<b><u>1.128,25</u></b>	<b>YTL</b>

**EK 1H (TİP-4 Binası için DM ısıtma sisteminde işçilik maliyeti)**

S. NO	İŞİN NİTELİĞİ	MİKTARI	BİRİM FİYATI (YTL)
1.	Daire İçi Gaz Tesisatının Yapılması	1 Adet	90,00 YTL
2.	Daire Başı Kolon Tesisatın Yapılması	1 Adet	60,00 YTL
3.	Kazan Dairesi Gaz Tesisatının Yapılması (Gazın Brülöre Girmesi)	1 Adet	1.500,00 YTL
4.	Daire İçi Şofbenin Montajı, Sıcak Su Hattının Yapılması	1 Adet	25,00 YTL
5.	Daire İçi Mobil Sistemin Yapılması (Kollektör-Radyatör Dahil)	1 Adet	300,00 YTL
6.	Kazan Dairesi Isıtma Sisteminin Yapılması 1.Kazan Çıkış-Kollektör Girişi 2.Merdiven Sahanlığının Hattının Yapılması (Radyatörler Dahil)	1 Adet	2.275,65 YTL
<b>TOPLAM İŞÇİLİK MİKTAR</b>			<b><u>4.250,65</u> YTL</b>

**EK II (TİP-4 Binası için DM ısıtma sisteminin ısıtma tesisat maliyeti)**

S. NO	MALZEMENİN ADI	MİKTARI	BİRİM FİYATI (YTL)	TOPLAM FİYATI (YTL)
1.	4" Siyah Boru	36,1 mt	24,05	868,15
2.	3" Siyah Boru	30 mt	16,53	495,95
3.	2 1/2" Siyah Boru	76 mt	12,77	970,34
4.	2" Siyah Boru	48 mt	9,97	478,61
5.	1 1/2" Siyah Boru	48 mt	7,06	338,71
6.	1 1/4" Siyah Boru	24 mt	6,14	147,26
7.	1" Siyah Boru	42 mt	4,78	200,72
8.	4" Siyah Dirsek	6 ad.	6,94	41,63
9.	2 1/2" Siyah Dirsek	8 ad.	2,92	23,33
10.	1" Siyah Dirsek	4 ad.	0,79	3,17
11.	4" Vana	3 ad.	149,61	448,84
12.	4" Siyah Flanş	6 ad.	9,79	58,73
13.	2 1/2" Şiber Vana	8 ad.	109,63	877,01
14.	4x2 1/2x4 Siyah İnegal Te	2 ad.	24,78	49,56
15.	4x2 1/2x3 Siyah İnegal Te	2 ad.	26,43	52,86
16.	3X1X3 Siyah İnegal Te	2 ad.	10,90	21,81
17.	3x2 1/2x2 1/2 Siyah İnegal Te	2 ad.	15,20	30,40
18.	2 1/2x1x2 1/2 Siyah İnegal Te	8 ad.	7,68	61,45
19.	2 1/2x1x2 Siyah İnegal Te	8 ad.	8,67	69,38
20.	2x1x2 Siyah İnegal Te	8 ad.	4,67	37,34
21.	2X1X1 1/2 Siyah İnegal Te	8 ad.	5,20	41,63
22.	1 1/2X1X1 1/2 Siyah İnegal Te	8 ad.	3,72	29,74
23.	1 1/2X1X1 1/4 Siyah İnegal Te	8 ad.	3,96	31,72
24.	1 1/4X1X1 Siyah İnegal Te	8 ad.	3,14	25,11
25.	1" Siyah Te	4 ad.	2,73	10,90
26.	1" Kollektör Vanası	64 ad.	11,32	724,24



**EK 1İ** (devam)

S. NO	MALZEMENİN ADI	MİKTARI	BİRİM FİYATI (YTL)	TOPLAM FİYATI (YTL)	
27.	KAZAN-KOLLEKTÖR ARASI	1" Siyah Nipel	64 ad.	0,94	60,26
28.		Pürjör	5 ad.	5,74	28,70
29.		Oksijen Tüpü(5), Karpit(2)	1 grup	475,00	475,00
30.		Keten	5 bağ	2,00	10,00
31.		Kazan Termostat	1 ad.	28,91	28,91
32.		Manometre	1 ad.	18,50	18,50
33.	KOLLEK.	DN 65 Vana	4 ad.	92,76	371,04
34.		DN 65 Flanş	12 ad.	5,91	70,87
35.		Pompa(60'lik)-WİLO 65/13	2 ad.	1.905,50	3.811,00
36.	MERDİVEN SAHANLIĞI	1" Siyah Boru	15 mt	4,78	71,69
37.		3/4" Siyah Boru	18 mt	3,15	56,71
38.		1/2" Siyah Boru	13 mt	2,42	31,45
39.		1" Siyah Dirsek-Dişli	2 ad.	1,19	2,38
40.		1" Şiber Vana	2 ad.	21,91	43,81
41.		1x1/2x1 Siyah İnegal Te-Dişli	4 ad.	2,54	10,18
42.		1x1/2x3/4 Siyah İnegal Te-Dişli	2 ad.	1,16	2,31
43.		3/4x1/2x3/4 Siyah Te-Dişli	4 ad.	1,44	5,75
44.		3/4x1/2x1/2 Siyah Te-Dişli	2 ad.	1,44	2,87
45.		1/2" Siyah Te-Dişli-Dişli	3 ad.	0,69	2,08
46.		1/2" Siyah Dirsek-Dişli	32 ad.	0,31	9,78
47.		1/2"x20 Dış Dişli Nipel	16 ad.	0,81	12,91
48.		Panel Radyatör (22 PKKP)-60 cm	6,8 mt	92,39	628,28
<b>TOPLAM MALİYET =</b>				<b>11.893,07</b>	<b>YTL</b>

**EK 1J** (TİP-4 Binası için DM ısıtma sisteminde daire içi plastik tesisat (kollektör sonrası hat)

S. NO	MALZEMENİN ADI	MİKTARI	BİRİM FİYATI (YTL)	TOPLAM FİYATI (YTL)
1.	Kollektör (7 Ağızlı)	2 ad.	26,64	53,28
2.	1/2" Nipel	14 ad.	0,51	7,17
3.	1/2" Mini Vana-Kırmızı	7 ad.	3,01	21,10
4.	1/2" Mini Vana-Mavi	7 ad.	3,01	21,10
5.	16x1/2" Erkek Rekor	14 ad.	2,02	28,33
6.	Kros Boru	90 mt	0,70	63,08
7.	Kılıf-Mavi	45 mt	0,47	21,35
8.	Kılıf-Kırmızı	45 mt	0,47	21,35
9.	Köşe Düzeltici	28 ad.	0,34	9,52
10.	Kılçık Kelepçe	5 poşet	5,84	29,21
11.	By-pass Çubuğu Boru Bağlantı Rekoru	7 ad.	3,10	21,68
12.	By-pass Çubuğu	7 ad.	5,99	41,92
13.	By-pass Kollektörü	7 ad.	16,11	112,75
14.	Panel Radyatör (22 PKKP)-60 cm	7 mt	92,39	646,76
<b>TOPLAM MALİYET =</b>				<b><u>1.098,59</u> YTL</b>

**EK 1K** (TİP-4 Binası için DM ısıtma sisteminde kazan ile kapalı genişleme tankı arasındaki hattın maliyeti)

S. NO	MALZEMENİN ADI	MİKTARI	BİRİM FİYATI (YTL)	TOPLAM FİYATI (YTL)
1.	11/2" Vana	1 ad.	28,50	28,50
2.	11/2" Nipel	1 ad.	1,82	1,82
3.	11/2" Rekor	1 ad.	6,66	6,66
4.	Emniyet Ventili	1 ad.	33,00	33,00
5.	Bağlantı Flexi	1 ad.	128,00	128,00
<b>TOPLAM MALİYET =</b>				<b><u>197,97</u> YTL</b>

## EK 2 (DB Isıtma Sisteminde Maliyet Analizi)

<b>DOĞALGAZLI BİREYSEL ISITMA SİSTEMİNİN MALİYET ANALİZİ (DAİRE BAŞI BİRİM MALİYET CİNSİNDEN)</b>									
S. NO	AÇIKLAMA	TİP							
		TİP-1	İP-2	TİP-3	TİP-4	TİP-5	TİP-6		
1	Doğalgaz Abonelik Bedeli	297,78	297,78	297,78	297,78	297,78	297,78		
2	Güvence Bedeli	205,00	205,00	205,00	205,00	205,00	205,00		
3	Proje Bedeli	Proje Bedeli*	25,00	25,00	20,00	20,00	15,00	15,00	
		Dosya Parası-G:4	15,93	15,93	15,93	15,93	15,93	15,93	
		Sigorta Poliçe Bedeli*	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	
		Daire İçi	144,01	144,01	144,01	144,01	144,01	144,01	
		Kolon Tesisatı	116,20	131,68	139,36	129,23	129,23	129,23	
5	Gaz Tesisatının İşçilik Bedeli	Daire İçi	100,00	100,00	90,00	90,00	80,00	80,00	
		Kolon Tesisatı	75,00	75,00	60,00	60,00	50,00	50,00	
6	Kombi-Kollektör Arası Plastik Tesisat	Malzeme	205,93	205,93	205,93	212,02	212,02	212,02	
		İşçilik	90,00	90,00	75,00	75,00	70,00	65,00	
7	Kollektör Sonrası Maliyet	Malzeme	1.216,12						
		İşçilik	350,00	335,00	325,00	300,00	285,00	285,00	
8	Kombi (24 KW)-Hermetik, Elektronik	1.350,00	1.275,00						
9	Kombi Baca Uzatması	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00		
10	Ek Giderler	Tesisatın Boyanması	25,00	25,00	25,00	15,00	10,00	10,00	
		Elektrik tesisatı	25,00	25,00	25,00	20,00	15,00	15,00	
		Menfez Açımı	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	
<b>TEK BİR DAİRE İÇİN MALİYET</b>		<b>4.294,2</b>	<b>4.219,7</b>	<b>4.172,4</b>	<b>4.128,3</b>	<b>4.073,3</b>	<b>4.068,3</b>		

**EK 3 ( KM Isıtma Sisteminde Maliyet Analizi)**

<b>KÖMÜRLÜ MERKEZİ ISITMA SİSTEMİNİN MALİYET ANALİZİ (DAİRE BAŞI BİRİM MALİYET CİNSİNDEN)</b>								
S. NO	AÇIKLAMA		TİP					
			TİP-1	TİP-2	TİP-3	TİP-4	TİP-5	TİP-6
1	Katı Yakıtlı Kazanı		470,50	386,88	354,75	327,34	327,34	315,06
2	Açık Genleşme Tankı		16,50	11,25	9,00	7,50	7,50	13,85
3	Açık Genleşme Tankı Malzeme Listesi		99,19	61,99	49,59	31,00	31,00	20,66
4	Şofben Plastik Tesisa	Malzeme	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28
		İşçilik	25,00	23,00	22,50	21,00	20,50	19,00
5	Isıtma Sistem Maliyeti	Kazan Dairesi	502,71	471,51	395,56	371,66	391,63	422,20
		Daire İçi	1.098,59					
6	Isıtma Sistem İşçilik	Kazan Dairesi	92,11	80,52	76,31	71,11	72,74	76,94
		Daire İçi	350,00	335,00	325,00	300,00	285,00	275,00
7	Şofben (LPG)		325,00	315,00	315,00	300,00	275,00	255,00
<b>TEK BİR DAİRE İÇİN MALİYET</b>			<b>2.984,87</b>	<b>2.789,01</b>	<b>2.651,58</b>	<b>2.533,48</b>	<b>2.514,58</b>	<b>2.501,60</b>

**EK 4 (FM Isıtma Sisteminin Maliyet Analizi)**

<b>FUEL-OİL İLE MERKEZİ ISITMA SİSTEMİNİN MALİYET ANALİZİ (DAİRE BAŞI BİRİM MALİYET CİNSİNDEN)</b>								
<b>S. NO</b>	<b>AÇIKLAMA</b>		<b>TİP</b>					
			TİP-1	TİP-2	TİP-3	TİP-4	TİP-5	TİP-6
1.	Sıvı Yakıtlı Kazanı		189,50	169,63	135,70	136,75	136,75	135,29
2.	Sıvı Yakıt Tankı		1.156,00	1.180,00	944,00	862,97	862,97	719,58
3.	Pot Deposu		13,00	9,38	7,50	6,88	6,88	4,58
4.	Brülör		117,00	73,13	58,50	40,31	40,31	28,75
5.	Açık Genleşme Tankı		16,50	11,25	9,00	7,50	18,17	24,23
6.	Açık Genleşme Tankı Malzeme Listesi		119,16	74,47	59,58	37,24	27,40	14,54
7.	Şofben PlastikTesisat	Malzeme	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28
8.		İşçilik	25,00	22,50	20,00	18,00	16,50	16,50
9.	Isıtma Sistem Maliyeti	Kazan Dairesi	461,21	391,93	368,27	507,99	488,12	488,12
10.		Yakıt Tankı + Kazan Dairesi	26,97	21,57	30,68	30,68	20,45	20,45
11.		Daire İçi	1.098,59					
12.	Isıtma Sistem İşçilik	Kazan Dairesi	80,52	76,31	71,11	83,22	93,53	93,53
13.		Yakıt Tankı + Kazan	7,81	6,25	7,81	6,25	6,77	6,77
14.		Daire İçi	335,00	325,00	300,00	285,00	285,00	285,00
15.	Şofben (LPG)		385,00	375,00	370,00	340,00	315,00	285,00
<b>TEK BİR DAİRE İÇİN MALİYET</b>			<b>4.115,23</b>	<b>3.933,23</b>	<b>3.531,71</b>	<b>3.333,39</b>	<b>3.442,48</b>	<b>3.226,2</b>

**EK 5 (Merkezi Isıtma Sisteminde Doğalgaz Kullanılması Durumunda Dönüşüm Maliyet Analizi)**

<b>DOĞALGAZLI MERKEZİ ISITMA SİSTEMİNİN DÖNÜŞÜM MALİYET ANALİZİ (DAİRE BAŞI BİRİM MALİYET CİNSİNDEN)</b>								
S. NO	AÇIKLAMA		TİP					
			TİP-1	TİP-2	TİP-3	TİP-4	TİP-5	TİP-6
1	Doğalgaz Abonelik Bedeli (Kazan+Daire içi)		297,78	297,78	297,78	297,78	297,78	297,78
2	Güvence Bedeli (Kazan+Daire içi)		205,00	205,00	205,00	205,00	205,00	205,00
3	Daire İçi Proje Bedeli	Proje Bedeli*	20,00	20,00	20,00	20,00	15,00	12,50
		Dosya Parası	15,93	15,93	15,93	15,93	15,93	15,93
		Sigorta Poliçe Bedeli*	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25
	Kazan Dairesi Proje Bedeli	Proje Bedeli*	7,50	7,50	7,50	6,25	3,91	2,60
		Dosya Parası-	1,59	1,00	1,09	1,00	0,98	0,65
		Sigorta Poliçe Bedeli*	2,30	1,44	1,15	1,41	1,14	0,24
4	Gaz Tesisatının Malzeme Bedeli	Daire İçi	166,02	166,02	166,02	166,02	166,02	166,02
		Kolon Tesisatı	143,45	147,40	156,48	145,03	142,31	138,10
		Kazan Dairesi	87,20	54,70	49,58	35,26	34,88	31,41
5	Gaz Tesisatının İşçilik Bedeli	Daire İçi*	100,00	100,00	90,00	90,00	80,00	75,00
		Kolon Tesisatı*	75,00	75,00	60,00	60,00	55,00	50,00
		Kazan Dairesi*	75,00	62,50	50,00	46,88	39,06	31,25
6	Şofben Plastik Tesisat	Malzeme	46,82	46,82	46,82	46,82	46,82	25,18
		İşçilik	40,00	40,00	25,00	25,00	25,00	25,00
7	Hermetik Şofben ( 9 lt )		475,00	475,00	475,00	475,00	415,00	390,00
8	Hermetik Şofben Baca Uzatması		30,00	30,00	30,00	30,00	25,00	22,00
9	Doğalgaz Kazanı		395,53	329,53	447,33	359,02	359,02	267,86
10	Doğalgaz Brülörü		388,50	242,81	194,25	193,67	193,67	166,31
11	316L CrNi Paslanmaz Çelik Baca		185,00	171,88	137,50	109,38	117,19	104,17
12	Kapalı Genleşme Tankı		34,20	36,56	29,25	24,97	24,97	36,46
13	Kapalı Genleşme Tankı Malzeme		17,67	12,37	9,90	6,19	6,19	4,12

**EK 5 (devam)**

<b>DOĞALGAZLI MERKEZİ ISITMA SİSTEMİNİN DÖNÜŞÜM MALİYET ANALİZİ (DAİRE BAŞI BİRİM MALİYET CİNSİNDEN)</b>								
<b>S. NO</b>	<b>AÇIKLAMA</b>		<b>TİP</b>					
			<b>TİP-1</b>	<b>TİP-2</b>	<b>TİP-3</b>	<b>TİP-4</b>	<b>TİP-5</b>	<b>TİP-6</b>
14	Alt-üst Havalandırma Maliyeti		40,00	31,25	28,75	23,44	15,63	14,58
15	Elektrik Malzeme ve Maliyeti		25,00	20,31	17,50	12,50	9,38	7,81
16	Ek Giderler	Tesisatın Boyanması	25,00	25,00	25,00	15,00	10,00	5,00
		Elektrik tesisatı	25,00	25,00	25,00	20,00	15,00	15,00
		Menfez Açımı	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
<b>TEK BİR DAİRE İÇİN MALİYET</b>			<b>2.947,75</b>	<b>2.664,05</b>	<b>2.635,09</b>	<b>2.454,77</b>	<b>2.343,11</b>	<b>2.133,22</b>

**EK 6 (Doğalgaz İle Bireysel Isıtma Sisteminde Dönüşüm Maliyet Analizi)**

<b>DOĞALGAZLI BİREYSEL ISITMA SİSTEMİNİN DÖNÜŞÜM MALİYET ANALİZİ (DAİRE BAŞI BİRİM MALİYET CİNSİNDEN)</b>								
<b>S. NO</b>	<b>AÇIKLAMA</b>		<b>TİP</b>					
			<b>TİP-1</b>	<b>TİP-2</b>	<b>TİP-3</b>	<b>TİP-4</b>	<b>TİP-5</b>	<b>TİP-6</b>
1	Doğalgaz Abonelik Bedeli		297,78	297,78	297,78	297,78	297,78	297,78
2	Güvence Bedeli	Kombi+Ocak	205,00	205,00	205,00	205,00	205,00	205,00
3	Proje Bedeli	Proje Bedeli*	25,00	25,00	20,00	20,00	15,00	15,00
		Dosya Parası-G:4	15,93	15,93	15,93	15,93	15,93	15,93
		Sigorta Poliçe Bedeli*	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25
4	<u>Gaz Tesisatının Malzeme Bedeli</u>	Daire İçi	166,02	166,02	166,02	166,02	166,02	166,02
		Kolon Tesisatı	116,20	131,68	139,36	129,23	129,23	129,23
5	<u>Gaz Tesisatının İşçilik Bedeli</u>	Daire İçi	100,00	100,00	90,00	90,00	80,00	80,00
		Kolon Tesisatı	75,00	75,00	60,00	60,00	50,00	50,00
6	Kombi-Radyatör Arası Plastik Tesisat	Malzeme	410,01	410,01	410,01	410,01	410,01	410,01
		İşçilik	275,00	275,00	250,00	250,00	240,00	235,00
7	Kombi (24 KW)-Hermetik, Elektronik		1.350,00	1.275,00				
8	Kombi Baca Uzatması		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
9	Ek Giderler	Tesisatın Boyanması	25,00	25,00	25,00	15,00	10,00	10,00
		Elektrik tesisatı	25,00	25,00	25,00	20,00	15,00	15,00
		Menfez Açımı	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
<b>TEK BİR DAİRE İÇİN TOPLAM MALİYET</b>			<b>3.139,2</b>	<b>3.079,7</b>	<b>3.032,3</b>	<b>3.007,2</b>	<b>2.962,2</b>	<b>2.957,2</b>



## EK 7 (Maliyetlerin Karşılaştırılması)

BİNA TİPİ	ISITMA SİSTEM CİNSİ	MALİYETLER							
		YAKIT MALİYETİ		İŞLETME MALİYETİ			KALORİFERCİ		YEM
		F <sub>H</sub>	F <sub>S</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>ST</sub>	M <sub>İŞÇ</sub>	SAYI	MAL.	
TIP-1	DB	1.362	156	1.518,1	75,9	0,0	0,0	0,0	2.437,2
	DM	1.286	156	1.442,4	14,4	108,8	1/5	1.088,0	2.331,4
	KM	1.343	658	2.000,9	20,0	272,0	1/2	2.720,0	3.621,3
	FM	3.362	658	4.020,4	20,1	136,0	1/4	1.360,0	6.955,8
TIP-2	DB	1.248	156	1.403,9	70,2	0,0	0,0	0,0	2.305,6
	DM	1.179	156	1.334,5	8,3	68,0	1/5	1.088,0	2.122,3
	KM	1.230	658	1.888,3	11,8	170,0	1/2	2.720,0	3.316,4
	FM	3.080	658	3.738,4	11,7	113,3	1/3	1.813,3	6.378,3
TIP-3	DB	1.137	156	1.293,3	64,7	0,0	0,0	0,0	2.182,3
	DM	1.074	156	1.230,1	6,2	68,0	1/4	1.360,0	2.000,2
	KM	1.121	658	1.779,3	8,9	272,0	1	5.440,0	3.072,3
	FM	2.807	658	3.465,4	8,7	90,7	1/3	1.813,3	5.870,6
TIP-4	DB	1.124	156	1.280,1	64,0	0,0	0,0	0,0	2.161,6
	DM	1.062	156	1.217,6	3,8	42,5	1/4	1.360,0	1.921,7
	KM	1.108	658	1.766,3	5,5	170,0	1	5.440,0	2.999,9
	FM	2.775	658	3.432,9	5,4	5,4	1/2	2.720,0	5.731,6
TIP-5	DB	1.124	156	1.280,1	64,0	0,0	0,0	0,0	2.153,1
	DM	1.069	156	1.225,0	1,9	42,5	1/2	2.720,0	1.910,9
	KM	1.116	658	1.773,9	2,8	170,0	2	10.880,0	3.002,4
	FM	2.794	658	3.452,0	2,7	85,0	1	5.440,0	5.759,4
TIP-6	DB	1.124	156	1.280,1	64,0	0,0	0,0	0,0	2.152,3
	DM	1.074	156	1.229,6	1,3	56,7	1	5.440,0	1.903,7
	KM	1.121	658	1.778,7	1,9	113,3	2	10.880,0	3.018,5
	FM	658	658	3.464,1	1,8	56,7	1	5.440,0	5.762,2

## ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Erzurum'da doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini Erzurum'da tamamladı. 1999 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden 2003 yılında mezun oldu. 2003 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Eylül 2006 tarihinden itibaren Kara Kuvvetleri Komutanlığı 55'inci Bakım Merkezi Komutanlığı'nda Makine Mühendisi olarak görev yapmaktadır.