



**ISITMA SİSTEMLERİNDE KULLANILAN
TERMOSTATİK RADYATÖR VANALARININ KONFOR ŞARTLARINDA
ISINMA VE YAKIT TASARRUFU YÖNÜNDEN DENEYSEL OLARAK
İNCELENMESİ**

Tuncay KARAÇAM

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Tuncay KARAÇAM

...../...../.....

ISITMA SİSTEMLERİNDE KULLANILAN TERMOSTATİK RADYATÖR
VANALARININ KONFOR ŞARTLARINDA ISINMA VE YAKIT TASARRUFU
YÖNÜNDEN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Tuncay KARAÇAM

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2022

ÖZET

Bu çalışmada ısıtma sistemlerinde kullanılan termostatik radyatör vanalarının konfor şartlarında ısınma ve yakıt tasarrufu açısından etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Bu amaçla bir ısıtma sisteminde konfor şartlarında radyatör yüzey sıcaklıkları ve doğalgaz tüketim miktarı termostatik radyatör vanalı ve termostatik radyatör vanasız olarak ölçümlenerek sayısal olarak incelenmiştir. Her iki durumda da ölçümler günde 24 saat olmak üzere üç (3) gün boyunca kayıt altına alınmış, radyatörlerin termal kamera görüntüleri çekilmiştir. Deneyin yapıldığı daire ara katta olup ısı yalıtımı bulunmaktadır. Termostatik radyatör vanası kullanılmadan ve kullanılarak iki farklı deneyde iç ortam sıcaklıkları Testo 625 Termohigrometre ile ölçülmüştür. Deneyler sonunda iç ortam sıcaklıkları, yakıt tüketimi ve buna bağlı CO₂ emisyonu incelendiğinde termostatik radyatör vanası kullanımının %21,56 daha az CO₂ emisyonunu ve %21,56 yakıt tüketimini azalttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca sağladığı yakıt tasarrufu sayesinde 195 gün gibi kısa bir süre de kendi maliyetini amorti ettiği gözlemlenmiştir.

Bilim Kodu : 92808
Anahtar Kelimeler : Termostatik Radyatör Vanası, Enerji Tasarrufu, Yakıt Tüketimi
Sayfa Adedi : 81
Danışman : Doç. Dr. Halil İbrahim VARİYENLİ

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THERMOSTATIC RADIATOR VALVES
USED IN HEATING SYSTEMS IN TERMS OF HEATING IN COMFORT
CONDITIONS AND FUEL SAVING

(M. Sc. Thesis)

Tuncay KARAÇAM

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2022

ABSTRACT

In this study, the effect of thermostatic radiator valves used in heating systems in terms of heating and fuel saving in comfort conditions was experimentally investigated. For this purpose, radiator surface temperatures and natural gas consumption amount under comfort conditions in a heating system were measured numerically with and without thermostatic radiator valve. In both cases, measurements were recorded for three (3) days, 24 hours a day, and thermal camera images of the radiators were taken. The flat where the experiment was conducted is on the mezzanine floor and has thermal insulation. Indoor temperatures were measured with the Testo 625 Thermohygrometer in two different experiments with and without using a thermostatic radiator valve. At the end of the experiments, when the indoor temperatures, fuel consumption and related CO₂ emissions were examined, it was observed that the use of thermostatic radiator valve reduced CO₂ emissions by 21,56% and fuel consumption by 21,56%. In addition, thanks to the fuel savings it provides, it has been observed that it amortizes its own costs in a short period of 195 days.

Science Code : 92808

Key Words : Thermostatic Radiator Valve, Energy Saving, Fuel Consumption

Page Number : 81

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Halil İbrahim VARİYENLİ

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda her türlü emeğini ve yardımını esirgemeyen, çalışmamı nihai hale getirmemde olan katkıları ve emeklerinden dolayı danışmanım Sayın Doç.Dr. Halil İbrahim VARİYENLİ ve değerli eşine teşekkürlerimi sunuyorum. Bu süre zarfında bana destek olan ve her zaman desteğini yanımda hissettiğim kıymetli eşim Esma ALTAY KARAÇAM'a ve zaman zaman gereken ilgiyi maalesef gösteremediğim çocuklarım Cihangir Taha KARAÇAM ve Ertuğrul Salih KARAÇAM'a sabırlarından dolayı teşekkür etmek istiyorum. Ayrıca beni eğitim hayatım boyunca maddi manevi her zaman destekleyen anne ve babama şükranlarımı sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTARATÜR ARAŞTIRMASI.....	5
3. ISITMA SİSTEMLERİ	17
3.1. Isıtma Sistemlerinin Tanımı.....	17
3.2. Isıtma Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	17
3.2.1. Boyut durumuna göre ısıtma sistemleri	17
3.2.2. Kullanılan ısı taşıyıcı akışkan cinsine göre ısıtma sistemleri	28
3.2.3. Kullanılan borulama sistemine göre ısıtma sistemleri	30
3.2.4. Kullanılan yakıta göre ısıtma sistemleri.....	34
3.3. Isıtma Tesisatının Temel Elemanları	35
3.3.1. Kalorifer kazanı.....	35
3.3.2. Brülör	36
3.3.3. Genleşme deposu	37
3.3.4. Sirkülasyon pompası	37
3.3.5. Kat kaloriferi	37

	Sayfa
3.3.6. Kombi.....	38
3.3.7. Soba.....	39
3.3.8. Isıtma elemanları (radyatör ve kanallar)	39
4. ISITMA SİSTEMİNDE OTOMATİ KONTROL ELEMANLARI	41
4.1. Termostatik Vana	41
4.1.1. Termostatik radyatör vanasının tanımı.....	41
4.1.2. Termostatik radyatör vanasının çalışma prensibi.....	42
4.1.3. Termostatik radyatör vanası çeşitleri	42
4.1.4. Termostatik radyatör vanalarının özellikleri ve çalışma konumları	43
4.1.5. Termostatik radyatör vanasının avantajları.....	44
4.1.6. Termostatik radyatör vanasının montajı.....	44
4.1.7. Termostatik radyatör vanası ayar konumu	46
4.1.8. Termostatik radyatör vanasında sıcaklık limitleme	47
4.2. Oda Termostatı.....	48
4.3. Otomatik Kontrol Vanaları (İki Yollu, Üç Yollu, Dört Yollu Vanalar)	49
4.3.1. İki yollu vanalar	49
4.3.2. Üç yollu vanalar	49
4.3.3. Dört yollu vanalar	50
4.4. Dış Hava Sıcaklık Sensörü.....	50
5. MATERYAL METOD.....	51
5.1. Deneyin yapıldığı daire	51
5.2. Isıtma sisteminde kullanılan elemanlar	51
5.3. Teorik analiz.....	57
6. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	61
6.1. Deneyin Yapılışı.....	61
6.2. Deneyisel Veriler.....	61

	Sayfa
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ	81

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Termostatik Radyatör Vanası Teknik Özellikleri	43
Çizelge 4.2. Termostatik Radyatör Vanası Çalışma Konumları.....	44
Çizelge 4.3. Termostatik Radyatör Vanası Çalışma Konumları	46
Çizelge 5.1. Tam Yoğuşmalı Kombi özellikleri	52
Çizelge 5.2. Radyatör teknik özellikleri	53
Çizelge 5.3. Testo 625 Termohigrometre ürün özellikleri	55
Çizelge 5.4. FLIR T620 Termal Kamera ürün özellikleri.....	56

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Bireysel ve merkezi ısıtma sisteminin temsili şeması	19
Şekil 3.2. Bireysel ısıtma sisteminin temsili şeması	19
Şekil 3.3. Bölge ısıtma sisteminin genel yapısı	26
Şekil 3.4. Birleşik ısıtmalı örnek tesisat şeması.....	27
Şekil 3.5. Paket tip kojenerasyon ünitesi (Gaz motorlu) prensip şeması.....	28
Şekil 3.6. Tek borulu kat kaloriferli örnek tesisat şeması.....	30
Şekil 3.7. Termostatik vanalı, kat kaloriferli, çift borulu örnek ısıtma tesisatı şeması...	31
Şekil 3.8. Alttan Dağıtmalı, Alttan Toplamalı Isıtma Sistemi.....	31
Şekil 3.9. Üstten Dağıtmalı, Alttan Toplamalı Isıtma Sistemi	32
Şekil 3.10. Üstten Dağıtmalı, Üstten Toplamalı Isıtma Sistemi.....	32
Şekil 3.11. Mobil sistem ve hazır koruyucu spiral kılıflı PE-X borusu.....	33
Şekil 3.12. Yerden ısıtma şekilleri.....	34
Şekil 3.13. Hermetik Kombin Ana Elemanları.....	39
Şekil 4.1. Termostatik vana kurulumu.....	45
Şekil 4.2. Termostatik radyatör vanasının doğru montaj uygulaması	46
Şekil 4.3. Termostatik radyatör vanasının yanlış montaj uygulaması	46
Şekil 4.4. Oda Termostatu	48
Şekil 5.1. Daire planı	51
Şekil 6.1. Termostatik radyatör vanası olmadığı durumda dış ortam sıcaklığı ve enerji tüketimi grafiği.....	62
Şekil 6.2. Termostatik radyatör vanası olduğu durumda dış ortam sıcaklığı ve enerji tüketimi grafiği	63
Şekil 6.3. Termostatik radyatör vanası olmadığı durumda tüm odaların ortalama sıcaklığı ve enerji tüketimi grafiği	64

Şekil	Sayfa
Şekil 6.4. Termostatik radyatör vanası olduğu durumda tüm odaların ortalama sıcaklığı ve enerji tüketimi grafiği	65
Şekil 6.5. Termostatik radyatör vanası olduğu ve olmadığı durumlarda oturma odasının sıcaklık grafiği	66
Şekil 6.6. Termostatik radyatör vanası olduğu ve olmadığı durumlarda mutfağın sıcaklık grafiği	67

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Termostatik Radyatör Vanası	41
Resim 4.2. Köşe Tipi Termostatik Radyatör Vanası.....	42
Resim 4.3. Düz Tip Termostatik Radyatör Vanası	43
Resim 5.1. Deneylerde kullanılan tam yoğuşmalı kombi	52
Resim 5.2. Panel radyatör	53
Resim 5.3. Termostatik radyatör vanası.....	54
Resim 5.4. Testo 625 Termohigrometre	55
Resim 5.5. Deneylerde Kullanılan FLIR T620 Termal Kamera.....	56
Resim 6.1. Termostatik radyatör vanası olan mutfaktaki radyatörün termal kamera ile görüntülenen sıcaklık dağılımı.....	68
Resim 6.2. Termostatik radyatör vanası olmayan mutfaktaki radyatörün termal kamera ile görüntülenen sıcaklık dağılımı	69
Resim 6.3. Termostatik radyatör vanası olan oturma odasındaki radyatörün termal kamera ile görüntülenen sıcaklık dağılımı.....	70
Resim 6.4. Termostatik radyatör vanası olmayan oturma odasındaki radyatörün termal kamera ile görüntülenen sıcaklık dağılımı	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu yüksek lisans tez çalışmasında kullanılan simgeler, kısaltmalar ve açıklamaları aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

g	Gram
CO²	Karbondioksit
kg	Kilogram
kcal	Kilokalori
m	Metre
mm	Milimetre
m³	Metreküp
h	Saat
°C	Santigrad derecesi
W	Watt
%	Yüzde

Kısaltmalar

Açıklamalar

CE	Conformite European
DG	Doğal Gazlı
ISO	International Standard Organization
NTC	Negative Temperature Coefficient
TSE	Türk Standardları Enstitüsü
TRV	Termostatik Radyatör Vanası
TL	Türk Lirası

1. GİRİŞ

Hızlı bir şekilde artış gösteren dünya nüfusu, sanayileşmiş ve sanayileşmekte olan ülkelerin giderek artmakta olan enerji ihtiyacı, üretilen enerjinin maliyeti ve çevresel sorunları da beraberinde getirmiştir. Bununla beraber, yeşil(temiz) enerjinin kullanılması ve enerji sistemlerinin korunması ile ilgili araştırmalar günümüzde giderek daha önemli hale gelmektedir.

Isıtma sistemlerimizin en ekonomik bir şekilde kullanılması ve istenilen konfor şartlarının en iyi şekilde sağlanması gerekmektedir. Bu durum enerjinin verimli olarak kullanılması ve karbon salımının çevreye olan etkisi aynı zamanda ülke ekonomisine olan katkısı açısından da önem arz etmektedir. Enerjinin bilinçsiz kullanılması ya da verimli kullanılmaması çevre problemlerinin oluşmasına da neden olmaktadır [1].

Enerjinin etkin kullanımıyla elde edilen enerji tasarrufu, aynı ürünü elde etmek veya aynı enerjiyle daha fazla ürün sağlamak için gereken enerjiyi azaltacaktır. Böylece giderek azalan fosil yakıt tüketimi de azalacaktır. Aynı zamanda çevre problemlerinin oluşumuna olan etkisi azacaktır.

Ülkemizde tüketilen enerjinin sektörel olarak dağılımına bakıldığında sanayi sektörünün ısı enerji tüketimi %34, binaların ısı enerji tüketimi ise %35 olup binalardaki ısı enerji tüketiminin en üst sırada yer aldığı gözükmemektedir [2]. Ülkemizde ısı yalıtımına ve otomatik kontrol sistemlerine yeteri kadar önem verilmediğinden yüksek miktarlarda enerji israf edilmektedir. Bu nedenle ülkemizin her yıl artan enerji ihtiyacını karşılamak için büyük yatırımlar yapmak gerekmektedir [3]. Bu yatırımlar kadar önemli diğer bir konu ise üretilen enerjiyi tasarruflu kullanmaktır.

Ülkemizde toplamda gerçekleşen enerji tüketimi miktarının %35 kadarı konutlarda gerçekleşmektedir. Konutlarda gerçekleşen enerji tüketiminin %85 kadarı ısınma ve sıcak su ihtiyacı olarak karşımıza çıkmaktadır. Konutlarda kullanılan bu enerji, toplam tüketimin büyük bir kısmını oluşturduğundan dolayı verimli kullanılması çok önemlidir.

Artan yakıt fiyatları ve ısıtma sistemlerinin artan maliyetleri, bireysel ısıtma sistemlerini ön plana çıkarmakta, bu da kullanıcıların sistem kontrolünü ve yakıt maliyetini konfor açısından bireysel olarak ayarlamasına olanak tanımaktadır. Ülkemizde kombi olarak bilinen hem ısınma hem de sıcak su ihtiyaçlarını tek bir üniteye karşılayan cihazlar, bireysel ısıtma sistemlerinin kullanımına giderek daha fazla tercih sebebi olmaktadır.

Enerji kaynaklarını sürekli olarak kullanan ısı sistemlerinin enerji analizlerinin ve sistemde bulunan halihazırdaki enerjinin optimum şekilde kullanılmasının bir değerlendirme ölçütü olan ekserji analizinin doğru ve güvenilir bir şekilde yapılması önem arz etmektedir [5].

Ülkemizde konut tarzı ısıtma sistemleri tasarlanırken optimum ihtiyacın üzerinde planlama yapılmaktadır. Diğer bir değişle ilgili bölgedeki minimum sıcaklık değerlerine göre hesaplamalar yapılmaktadır. İlgili bölge için minimum sıcaklığın yıllık dağılımı dikkate alındığında genel olarak bir kapasite fazlalığının ortaya çıktığı görülmektedir.

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan ısıtma sistemlerinin genel olarak çalışma prensibine göre, ısıtılan su pompa vasıtasıyla ısıtıcı elemanlara (radyatörlere) gönderilir, suyun ısıtıcı elemanların (radyatörlerin) içinde dolaşımı sağlanarak tekrar ısıtılmak üzere sisteme geri gelmesi sağlanır. Burada ısıtma sisteminin devreye girme sayısı (şalt) ısıtıcı elemanlardan (radyatörlerden) dönen suyun sıcaklığına göre artmakta veya azalmaktadır. Yani ortam sıcaklığına göre değil radyatörlerden dönen suyun sıcaklığına göre ısıtma sistemi devreye girmektedir.

Bu durumda gün içerisinde farklı saatlerde mahallin bir bölümünde harici kazanç diğer bölümünde harici kayıp oluşabilmektedir. Her mahallin sıcaklığı kendi içinde kontrol edilmemektedir. Bu durum yaygın olarak kullanılan ısıtma sistemlerinde, konfor şartları ve enerji tasarrufu yönünden olumsuzdur.

Bu nedenle de konut tarzı ısıtma sistemlerinde konfor şartlarının optimum seviyede sağlanabilmesi için ısıtılan mahallin otomatik kontrol elemanları yardımı ile kontrol edilmesi gerekmektedir.

Isıtma sistemlerinde (Bireysel veya Merkezi Isıtma Sistemleri) konforlu ve dengeli bir mahal ısıtması sağlamak için her bir radyatörün sıcak akışkan girişine termostatik radyatör vanaları kullanılmalıdır. Termostatik radyatör vanaları odalardaki sıcaklıkların ayrı ayrı kontrol

edilmesini sağlamaktadır (bölgesel kontrol). Böylece mahal (konut) içerisinde ısıtıcı cihaz (kombi, kat kaloriferi vb.) sadece mahallin bir odasına monte edilen oda termostatına bağlı kalmayacak, mahal içerisindeki her odanın ortam sıcaklığını termostatik radyatör vanaları ile ayrı ayrı ayarlayabilme imkanı sağlamaktadır. Termostatik radyatör vanaları, daha az ısınma ihtiyacı duyulan veya ısı kaybının az olduğu odalarda radyatör içerisine akışkan girişini engelleyecektir. Bunun yanı sıra ısıtıcı cihazda ısıtılan sıcak akışkanı ısıtma ihtiyacı duyulan veya ısı kaybının fazla olduğu odalardaki radyatörlere yönlendirmesiyle hem konforlu bir ısıtma sağlayacak ve hem de mahal ısıtması için kullanılan enerjiyi azaltarak çevre kirliliğini de azaltacaktır [4].

Bu çalışmada, mahal ısıtma sistemlerinde kullanılabilen termostatik radyatörlere vanalarının yakıt tasarrufu, konforlu ısınma ve çevreye atık gaz salımını azaltıcı etkisi deneysel olarak ele alınmıştır. Örnek bir dairede bulunan radyatörlere termostatik radyatör vanası monte edilerek ve termostatik radyatör vanası monte edilmeden aynı şartlarda deneyler yapılmıştır. Her bir deney üç gün yapılmış ve oda sıcaklıkları değerleri ve enerji tüketimi değerleri ölçülmüştür. Ölçülen oda sıcaklıkları ve enerji tüketimleri değerlerine göre hangi durum da daha verimli ve hangi durumda daha az enerji tüketiminin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca her iki durum içinde radyatörlerin termal kamera ile görüntüleri alınmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Yapılan araştırmada, ısıtma sistemlerinde kullanılan termostatik radyatör vanalarının konfor şartlarında ısınma ve yakıt tasarrufu yönünden deneysel olarak incelenmesine yönelik bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu bölümde, yapılan araştırma sonucunda genel anlamda ısınma ve yakıt tasarrufu yönünden yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Tetik, T. (2011) “Doğalgaz Yakıtlı Bireysel Isıtma Sisteminin Enerji ve Ekserji Analizi” adlı yaptığı çalışmada, doğalgaz yakıtı kullanan bireysel (konut) ısıtma sistemi için ekserji, enerji ve egzoz gazı analizlerini deneysel olarak incelenmiştir. Deney çalışması, su sıcaklığını değişken olması durumu, suyun debi miktarı, gazın debi miktarı, dış ortam (hava) sıcaklıkları ve panel radyatör olmak üzere beş farklı alanda yapılmıştır. Bu çalışmada, farklı alanlarda olan üç adet panel radyatörün çevreye verdiği ısı miktarının, entropi üretim miktarının ve tersinmezliğin, su sıcaklığı ve akışı, gaz akışı, dış ortam (hava) sıcaklığı gibi parametrelere göre değişimi incelenmiştir. Aynı zamanda baca gazı sıcaklığı, CO ve NOx gibi egzoz gaz emisyonlarının sistem parametrelerine göre değişimlerini de deney kapsamında incelemiştir. Su sıcaklığına parametresine göre yaptığı deneyde radyatörde bulunan suyun sıcaklığının artış göstermesiyle artan radyatör yüzey sıcaklığının, radyatör ile ortam arasındaki sonlu sıcaklık farkının artmasına neden olarak entropi üretiminde artış ve tersinmezlik ile sonuçlandığını gözlemlemiştir. Dış hava sıcaklık derecesinin artmasıyla radyatörden atılan ortalama ısı miktarının buna bağlı olarak ta entropi üretimi ve tersinmezliklerin azaldığını tespit etmiştir. Su debisi parametresine göre yapılan deneyde su debisi arttıkça radyatörden çevreye verilen ısının arttığını gözlemlenmiş ve bundan dolayı yakılan yakıtın miktarın da artması sonucu baca sıcaklığının %20 değerinde artış gösterdiğini tespit edilmiştir. Artış gösteren baca gazı sıcaklığı ile çevreye atılan CO ve NOx gazlarının emisyonlarının yükseldiği belirtmiştir. Gaz debisi parametresine göre yaptığı deneyde artırılan gaz debisinin az miktarda olması ortama verilen ısıda kayda değer bir artış görülmediğini ifade etmiştir. Sonuç olarak, artan su sıcaklığı ve su akışı ile ortama salınan ısı miktarının, ısıtıcıda üretilen entropi miktarının ve tersinmezliğin arttığı tespit edilmiştir. Gaz debisindeki artış miktarının az olmasından dolayı, ısı miktarı, entropi üretimi ve tersinmezlik değerlerinde fazla değişim olmadığını ifade etmiştir [5].

Coşkun, O. (2010), çalışmalarında Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık binasının enerji taramasını yapmışlar ve olası enerji verimliliği iyileştirme noktalarını incelemişlerdir. Bina enerji yönetimi için genel olarak üç yöntem önermektedirler. Bunlar, tek ölçümlü basitleştirilmiş çok ölçümlü ve ayrıntılı çok ölçümlü yöntemler şeklindedir. Bu çalışmada yöntem olarak 8 760 saat başı yöntemi kullanılmıştır. İlk önce binanın infiltrasyonla olan kayıpları, camdan oluşan, çatıdan oluşan ve dış duvardan oluşan kayıpları hesaplanmışlardır. Elektrik ve su tüketiminden sağlanan kazançlar, doğal aydınlatma ile sağlanan verim artışını da hesaba dahil etmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre bina dışına yapılan bir yalıtım ile %34 enerji kazancı, önlemler sonrasında 89 ton CO₂ emisyonu kazancı, 45 000 m³ doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Kayıpların %32'si infiltrasyon, %28'i çatıdan, %26'sı dış duvardan ve %14'ünün de camlardan olduğunu tespit etmişlerdir [6].

Evren, N. (2015), “Bursa İlinde Konut Isıtma Sistemlerinin Enerji Verimliliği ve Karbondioksit Salımı Azaltım Potansiyellerinin Karşılaştırmalı Analizi”, isimli çalışmasında, Bursa şehri kapsamında, Bireysel Isıtma Sistemiyle, merkezi ısıtma sistemiyle ve bölgesel ısıtma sistemiyle ısıtması gerçekleştirilen benzer tarzda konut yapılarını (apartman vb.) seçerek, bunların enerji verimliliklerini ve ısıtma süreçleri sonucundan dolayı ortaya çıkan CO₂ emisyonlarını karşılaştırmıştır. Yapılan çalışmada doğal gaz ile ısıtılan konutların yapılarını incelemiştir. Elde ettiği sonuçlar üzerinden şehir düzeyinde ki konut stokunu esas alarak verimlilik analizlerini yapmış ve ülkemiz şehirlerinde merkezi sistem ve bölgesel sisteme geçilmesi durumunda ortaya çıkabilecek olası emisyon azaltımlarının geliştirdiği metodolojiler üzerinde durmuştur. Çalışmasında tekil ısıtma sisteminin merkezi ve bölgesel ısıtma sistemleri ile yer değiştirildiğinde ortaya çıkacak gaz yakıt tüketimindeki azalma ve karbon emisyonlarını incelemiştir. Yapmış olduğu çalışma sonunda incelediği projeksiyonlara göre, tekil ısıtma sistemlerinin, merkezi ve bölgesel ısıtma ile değiştirildiği takdirde önemli derecede enerji tüketiminde iyileşme olacağını görmüş, ayrıca CO₂ emisyonunda da dikkat çekici bir azalma olduğunu da belirtmiştir [7].

Valentina M., Enrico F., ve Marco F., (2015), Kuzey İtalya'daki Torino şehrinde bulunan çok aileli bir konutu incelemişlerdir. Çalışma 19.yüzyılın başında inşa edilmiş olan mevcut bir tarihi yapıda yapılmıştır. Dinamik simülasyon yoluyla, TRV'lerin kontrol etkinliğini araştırmayı amaçlamışlardır. Ek olarak, düşük maliyetli enerji verimliliği ölçüsü olarak termostatik radyatör vanalarının mevcut bir binadaki uygulanabilirliğini ve uygulanmasını analiz etmek için uygun maliyet hesaplamaları kullanmışlardır. 19. yüzyılın başında inşa

edilen bina, eski mekanik sistemler ile karakterize edilen ve termal olarak yalıtımlı bina zarfları olmayan, bu nedenle ağır güçlendirme müdahaleleri gerektiren yapılar kategorisine aittir. Binanın inşaat yaşı ve kültürel mirasa ait olması nedeniyle, TRV'lerin enerji tüketimini azaltmak için çok uygun bir metot olduğunu belirtmişlerdir. Örnek olay incelemesinin enerji değerlendirmesini, EnergyPlus kodu ile dinamik enerji simülasyonu ile yapılmışlardır. Enerji modelinin kalibrasyonu için, kış mevsiminde yaklaşık iki aylık operasyonun ölçülen verileri kullanılmışlardır. Kalibrasyon prosedürü, bina bölge ısıtma alt istasyonunda verilen toplam ısıtma enerji oranına dayanarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışma TRV'li ve TRV'siz olarak simüle edilmiştir. TRV'lerin uygulanmasının, literatürde bulunan sonuçlara göre %10 civarında enerji tasarrufu sağladığını kanıtlamışlardır [8].

Güçül, G. (2016), “Ankara'da müstakil bir konutun nihai enerji tüketimini en aza indirebilmenin yollarının araştırılması ve tekno-ekonomik değerlendirilmesi”, isimli çalışmasında Ankara ilindeki müstakil tarzda bir konutun enerji tüketimini enerji simülasyon yazılımı ortamında modellenmiş ve saatlik ısıtma enerjisi ihtiyacı talebi belirlenmiş ve ortaya çıkan CO₂ salımını hesaplamıştır. Modellenme işleminden sonra evdeki enerji tüketim miktarını en aza seviyeye indirmeye yönelik yöntemler araştırılmış ve farklı senaryolar için konutun ısıtma talebindeki olası azalmalar ve sonuçta ortaya çıkan CO₂ emisyonları hesaplanmıştır. Son olarak, bu senaryoların fizibilitesini test etmek için tekno-ekonomik analizler yapılmıştır. Çalışmasında konutun bir yıl süre zarfında saatlik olarak elektrik tüketimini ve günlük olarak doğalgaz tüketimini ölçmüştür. Ölçümlerin yapıldığı iklim verileri ve yer alt toprak sıcaklığı verisi Hacettepe Meteoroloji İstasyonu ve Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır. Çalışmasında 6 farklı senaryo kullanmıştır. Konuta Senaryo 3 ve Senaryo 6'nın gerçekleşmesi durumunda enerji sınıfının B'den A'ya yükseltebileceğini ortaya koymuştur. Konuta Senaryo 1a, Senaryo 1b, Senaryo 2d, Senaryo 3, Senaryo 4, Senaryo 5 ve Senaryo 6'nın uygulanması durumunda ise emisyon sınıfını C'den B'ye yükseltebileceğini belirtmiştir. Sonuç olarak uygun görülen Senaryo 3 ve 5 kodlu senaryoların Ankara ilinde 2005'ten sonra yapılan “B” enerji sınıfında bulunan müstakil konutlara uygulanması ile elde edilebilecek enerji tasarrufu miktarının 426 248 GJ/yıl, el edilen enerji tasarrufunun doğalgaz yakıtı olarak eşdeğerinin 11 milyon m³/yıl olduğunu hesaplamıştır. Senaryo 3 ve 5 kodlu senaryoların Ankara ilinde 2005 yılından sonra inşa edilen “B” enerji sınıfındaki müstakil konutlara uygulanması durumunda elde edilebilecek CO₂ salımındaki azalma miktarını ise 24 401 ton- CO₂/yıl olarak hesaplanmıştır [9].

Balta ve arkadaşları (2008) ısı pompası, yoğuşmalı kazan, kazan (geleneksel) ve güneş kolektörü olmak üzere dört çeşit ısıtma uygulamasının yapıldığı bir bina üzerine çalışmışlardır. Performanslarını değerlendirmek ve ekserji verimi ile sürdürülebilirlik göstergelerine göre kıyaslamak için enerji ve ekserji analizleri uygulamışlardır. Güneş kolektörünün oran olarak %12,64 ile en yüksek ekserji verimine ve 1 144 değeri ile en yüksek sürdürülebilirlik göstergesine sahip olduğu görülmüştür. Isı pompasının ekserji verimini %3,66, yoğuşmalı kazanın ekserji verimini %3,31 ve kazanın ekserji verimini %2,91 bulunmuştur. Sürdürülebilirlik göstergelerine göre sırasıyla ısı pompası, yoğuşmalı kazan ve son olarak kazan için sırasıyla 1 039, 1 034 ve 1 030 değerleri hesaplanmıştır [10].

Bayer, S. (1993), makalesinde otomatik kontrol sistemlerine genel bir bakış acısı ile değinmiş ardından da saha elemanları olan sıcaklık, nem sensörleri, basınç, debi, hava kalitesi sensörleri, termostat, presostat, higrostat, devre kesiciler, üç yollu vanalar vb. değinmiştir. Son olarak çalışmada konvansiyonel sistemler ile son teknoloji ürünlü sistemler arasındaki farkları ele almıştır [11].

Atabaş, İ., Arslan, M., Uzun, İ. (2007), ısıtma sistemlerinin otomasyonu ve internet üzerinden kontrolü isimli bildirilerinde klasik bir akıllı bina uygulamasının elemanlarını tanımladıktan sonra bu tür sistemler için gerekli olan yazılım elemanları olan sunucu bilgisayar, kontrol kartı, kontrol edilen sistem ve sıcaklık sensörleri, web ara yüzünü tanıtmaktadır. Çalışmalarında sistem sıcaklığının en uygun en elverişli koşullarda tutulması ile sürekli bir konfor ortamı sağladığını ve yüksek oranda enerji tasarrufu sağlandığını tespit etmişlerdir. Geliştirdikleri bu modelin düşük maliyetli ve mevcut sistemlere kolay entegrasyonu sağlanabilen özellikte olduğunu ifade etmişlerdir [12].

Kılınçer, E. (2016), “Sıcak Sulu Bina Isıtma Sisteminin Ekserji Analizi”, isimli çalışmada Bursa’da bulunan net olarak 23 675 m² kapalı alanı olan bir kamu Binasının sıcak sulu ısıtma sisteminin ekserji ve enerji analizleri yapmıştır. Analizinde binada bulunan mahallerin ısı kayıplarını ve diğer mahallerin ekserji kayıplarını ve mahallerde bulunan fan coil’lerin tersinmezliklerini hesaplamıştır. Isıtma sisteminde kullanılan %98 verimli ısıtma kazanı için (90-70°C, 80-60°C ve 70-50°C) sıcaklık rejimlerine göre ekserji analizi yapmıştır. Kazan en yüksek ikinci yasa verimine 0,2114 değeri ve en düşük tersinmezliğe 941 kW olarak 90-70 °C çalışma sıcaklığı rejiminde ulaşırken, 70-50°C sıcaklık rejiminde en yüksek tersinmezliğe 987,79 kW olarak ve verim olarak en düşük değeri olan 0,1722 değerine gerilediği tespit

etmiştir. Sistemde en fazla ekserji kaybının kazanda meydana geldiğini ölçümlemiştir. Sonuç olarak kazanın çalışma rejim sıcaklığı arttıkça kazanın ikinci kanuna göre veriminin arttığını ve tersinmezliğin azaldığını tespit etmiştir. Binada kullanılan kazan için en yüksek (ikinci yasa) verimin 90-70 °C sıcaklık rejiminde ve fan coiller için optimum çalışma rejiminin 70-50 °C olarak entropi oluşumunun en az olduğu sıcaklık rejimi olduğunun sonucuna ulaşmıştır [13].

Çomaklı, K. (2003), yaptığı çalışmada Atatürk Üniversitesi ısıtma merkezinin enerji ve ekserji analizini yapmıştır. Çalışmada kazan ve ısıtma sisteminde meydana gelen enerji kayıpları hesaplanmıştır. Yapılan analizler neticesinde sırasıyla ısıtma sisteminin enerji verimi ve ekserji verimini %83 ve %10,8 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca binada mevcut bulunan yalıtım yerine hesaplanan optimum değerdeki 10 cm yalıtımın kullanılması, radyatör arkası yalıtım, perde uygulaması revizeleri, tek cam yerine çift cam kullanılması gibi iyileştirmeler ile %30 oranında yakıt tasarrufu sağlanabileceğini belirtmiştir [14].

Akyol, T. (2006), “Binaların Isı Yalıtımında Enerji ve Ekserji Analizi”, isimli çalışmasında, Erzurum Atatürk Üniversitesi Kampüsünde yer alan ve yıllık yaklaşık 330 kWh/m² ısıtma enerjisine ihtiyacı bulunan benzer tipte olan 29 ve 30 numaralı lojman binalarının ekserji ve enerji analizini yapmıştır. İnceleme konusu binalardan 30 nolu blokta, ilk olarak dış duvarların ısı yalıtımı gibi rehabilitasyon çalışmaları gerçekleştirilmiş ve ilk duruma göre sonuçları gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda, 29. Blok referans bina olarak varsayılmış ve 30. Blok’a uygulanan enerji verimliliği uygulamalarının etkilerini referans bina (26.Blok) ile yapılan karşılaştırma ile belirlemiştir. Karşılaştırmada, her iki binada 2004 – 2005 yılları ısıtma gerçekleştirilen dönemde yapılan ısı tüketim ölçümleri ve sıcaklık ölçümlerini esas almıştır. Yapılan iyileştirmeler neticesinde 30 nolu lojman binasının, 29 nolu lojman binasına göre %51,3 daha az ısı enerjisi tükettiğini analiz etmiştir. Uygulanan ısı yalıtımı neticesinde 30. blok dış duvarlarındaki ısı kayıplarının %81 oranında azaldığını tespit etmiştir. 30. blok’un, 165 gün süresince tüketmiş olduğu ısı enerjisi ile 29. Blok’un 57 gün süresince ısınabileceği hesabını yaparak ısı yalıtımın önemine dikkat çekmiştir [15].

Yücer, C.T. (2013), “Binaların Isıtılmasında Kullanılan Sistemlerin Ekserjetik ve Eksergoekonomik Analiz Yöntemleriyle Kıyaslanması” isimli çalışmasında enerji kullanımı, verim, ekonomiklik ve sürdürülebilirlik gibi kavramlarının incelendiği dört çalışma yürütmüştür. Her çalışmada farklı bir ısıtma sistemini (IS) ele almıştır. Bu

çalışmalardan birincisinde; bir binanın ısıtma ihtiyacının ekserji yöntemiyle analizini ve bazı ısıtma sistemi ekipmanlarının ekserji analizini, ikincisinde; hem binanın ısıtma sisteminin ekserji analizini hem de ısıtma sistemindeki bazı ekipmanların eksergoekonomik analizini, üçüncüsünde; ısıtma sistemini oluşturan bileşenlerin eksergoekonomik analizinin yanı sıra ekipman maliyetleri ile ekserji yıkımları arasındaki ilişkiyi ve dördüncüsünde ise; ısıtma sisteminin bileşenlerinin ekserji analizi sonucu elde edilen verilerin eksergoekonomik analiz ile değerlendirilmesini ele almıştır. Bina IS bileşenlerini enerji ve ekserji analizi yöntemleriyle incelemiş, tüm sistemin ekserji verimlerini hesaplanmıştır. Dört IS'nin ekserji verimlerini sırasıyla, %2,7, %2,68, %3,18 ve %3,46 olarak bulmuştur.

IS 1'de düşük ekserji (lowex) analizine ek olarak ısı merkezindeki sıcak su kazanına ve ısıtıcı sistemi ekipmanı olan fan coil birimine detaylı ekserji analizi uygulamıştır. Sıcak su kazanı ve fan coil biriminin ekserji verimlerini %13,4 ve %37,6 bulmuştur.

IS 2'de düşük ekserji analizinin yanı sıra, ısı merkezindeki sıcak su kazanı ve su ısıtıcısına (boyler) ekserjetik ve eksergoekonomik analizler uygulamıştır. Sıcak su kazanı ve boylerin ekserji verimlerini %15,6 ve %20,4 olarak elde etmiştir. Kazana giren yakıtın, kazandan çıkan suyun ve boylerde ısıtılan suyun ekserji maliyet katsayılarını sırasıyla 35,40 TL/GJ, 17,53TL/kJ ve 85,87 TL/kJ bulmuştur.

IS 3'te ekipmanların maliyetlerini hesaplayarak ekipmanların ekserji analizleri sonucu elde edilen verilerini kullanmıştır. Ekserji, maliyet, enerji ve kütle (EXCEM) analiz yöntemini kullanarak termodinamik kayıp akımının maliyete oranının değerlerini; üretim, dağıtım, ısıtıcı ve bina kabuğu için 8 W/TL, 5 W/TL, 0,5 W/TL ve 0,46 W/TL olarak tespit etmiştir. Ayrıca yeni bir parametre olan ekserjetik maliyet etkinliği (ECE) tanımlanmıştır. Bu çalışmada en yüksek ECE değerlerini 0,278 ve 0,063 ile üretim ve bina kabuğu bileşenleri için hesaplamıştır.

IS 4'te düşük ekserji analizi sonucu elde ettiği değerleri, ilk defa ekipman maliyetleri de dikkate alınarak özgül ekserji maliyetlendirme (SPECO) analizinde kullanmıştır. Düşük ekserji analizi ve SPECO analizi yardımıyla üretim, dağıtım ve ısıtıcı bileşenlerinden çıkan akımların ekserji maliyet katsayılarını 296,9 TL/GJ 406,49 TL/GJ ve 436,7 TL/GJ bulmuştur. ECE parametresine göre öncelikli olarak incelenmesi gereken bileşenlerin, 0,469 ile üretim ve 0,0057 ile bina kabuğu olduğu ortaya koymuştur [16].

Tekin, S. (2013), “Merkezi ısıtma sistemlerinin termodinamik analizi ve çeşitli parametrelerin ekserji ve yakıt tüketimine etkisinin incelenmesi” isimli çalışmada enerji ve ekserji verimi yüksek olan ısıtma sistemlerinin kurulmasını ve yakıt tüketiminin en düşük düzeylere indirilmesini amaçlamaktadır.

Çalışmada; termodinamiğin 1. ve 2. kanunları, ile ekserji, enerji, entropi kavramlarını anlatmıştır. Isıtma kazanı, fan coil, klima santrali ve eşanjör gibi merkezi ısıtmada kullanılan bileşenlerinin ekserji ve enerji hesaplamaları hakkında detaylı bilgiler vermiştir. Merkezi ısıtma sistemi bileşenleri inceleyerek ekserji ve enerji analizlerini yapmış ve hepsinin ekserji ve enerji verimlerini hesaplamıştır. Çeşitli değişkenleri incelenerek; dış hava sıcaklık derecesi yükseldikçe tersinmezlik miktarının azaldığı, ekserji veriminin arttığı ve tüketilen yakıt miktarının azaldığını tespit etmiş hava sıcaklığı arttıkça ekserji veriminin arttığı sonucuna ulaşmıştır.

Dış hava sıcaklığı, yanma havası sıcaklığı ve miktarı, gidiş-dönüş suyu sıcaklık farkının ve sıcak su debisinin yakıt tüketimine ve ekserji verimliliğine olan etkilerini incelemiş ve bu etkileri sayısal değerlerle ifade etmiştir. Yanma havası miktarı azaldıkça ekserji veriminin azaldığı ve yakıt tüketiminin arttığını, sıcak su debisi azaldıkça yakıt tüketiminin azaldığını, gidiş-dönüş suyu sıcaklık farkı arttıkça yakıt tüketiminin azaldığını tespit etmiştir.

Bu veriler ışığında sistem bünyesinde teorik olarak iyileştirmeler yapmış ve sistem bünyesinde yapılan iyileştirmelerin ekonomik olarak geri dönüşüm süresinin, sistemdeki hidrolik dengesizliklerin ve işletme koşullarının ekserji verimliliğine etkilerinin incelenmesi bakımından sonuç üretmiştir [17].

Dilek, M. (2007). “Bir lise ısıtma sisteminin enerji ve ekserji analizi” isimli çalışmada; Konya ilinde bulunan Merkez Bilişim Meslek Lisesi ısıtma sisteminin enerji, ekserji ve ekonomik analizleri yapılmıştır. Binadaki her oda için ısıtma ihtiyacı, ısı kayıpları hesaplanarak belirlenmiştir. Radyatörlerin boyutları ısıtma gereksinimlerini karşılayacak şekilde seçilmiştir. Ekserji analizi için mevcut sistem üçe ayrılmıştır: radyatörler, ısı üretici ve odalar. Enerji tüketimi, ekserji, ilk yatırım ve sistemin yıllık işletme maliyetinin etkilerini görmek için en düşük dış sıcaklık, yapı elemanlarının ısı yalıtımı, yakıt türü, kullanım sıcak suyu rejimi ve ısı türüne göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuç olarak en fazla ısı kaybının infiltrasyondan dolayı kaynaklandığını ama bu değer taze hava ihtiyacından dolayı

düşürülmemesi gerektiğini belirtmiştir. Minimum enerji kullanımının, ekserji tüketiminin ve yıllık işletme maliyetinin kojenerasyon ünitesinin ısı pompası ile kullanılması ile elde edildiği tespit edilmiş fakat yüksek sermaye maliyeti nedeniyle uzun bir geri ödeme süresi olduğunu belirtilmiştir. En kısa geri ödeme süresinin ise 3,2 yıl olduğunu bunun pencerelerin kalitesinin 12 mm hava boşluklu ve 4 mm'lik çift cama yükseltilmesi durumunda ortaya çıktığını hesaplanmıştır [18].

Ergün, A. (2010). “80.000 m²'lik Isıtma Soğutma İhtiyacı Olan Bir Alışveriş Merkezinin Enerji ve Ekserji Analizi” isimli çalışmada; yaklaşık 3 yıl süren deneylerden elde edilen veriler kullanılarak Ankara’da ki 80.000 m²’lik ısıtma soğutma ihtiyacı olan bir AVM’nin enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır. Isıtma sistemi için yapılan enerji analizlerinde en yüksek verimin kazanda, en düşük hesaplanan verimin eşanjörde, ekserji analizlerinde ise en yüksek verimin ise eşanjörde en düşük verimin ise kazanda, olduğu tespit edilmiştir. Yaz soğutma sistemi için yapılan enerji analizlerinde en düşük verimin fan coil hattında en yüksek verimin ise chillerde, ekserji analizlerinde ise en yüksek verimin klima santrali hattında en düşük verimin chillerde olduğu tespit edilmiştir. Kış soğutma sistemi için yapılan enerji analizlerinde en düşük verimin dry coolerda en yüksek verimin çalışan klima santrallerinde, ekserji analizlerinde ise en yüksek verimin ise soğutma eşanjöründe en düşük verimin fan coillerde olduğu tespit edilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre yapılan değerlendirmelerde termodinamiğin 2. kanununa dayalı olan raporlara göre ekserji analizinde daha gerçekçi değerlerin ortaya çıktığını, bu nedenle soğutucularda ve kazanlarda yapılacak iyileştirmeler sistem performansını iyileştireceğini ve enerji verimliliği sağlayacağını belirtmişlerdir [19].

Gül, M. “Bir Otel Örneğinde Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin Enerji ve Ekserji Analizi” isimli çalışmada, klima santrali, ısıtma kazanı, fan coil ve eşanjör gibi merkezi ısıtma bileşenlerinin enerji ve ekserji hesaplamaları konusunda detaylı bilgiler vermiştir. Isıtma ve soğutma sistemlerinde gerçekleştirilen enerji analizi ile yüksek verimler ve ekserji analizi ile ise düşük verimler elde edildiği gözlemlenmiştir. Kazandaki verimin gerçek koşullarda %90 gibi yüksek bir değere ulaşmayacağını, ekserji analizi metoduyla gözlemlenmiştir.

MIST’larda ekserji analizine göre yapılan performans değerlendirilmesinin hem tasarımcılar hem de uygulamacılar için daha yararlı olacağını ortaya koymuştur. Mekanik ısıtma soğutma sistemlerinde ekserji analizinin yapılması, sistemdeki elemanların performansları hakkında

daha gerçekçi yorumlar yapılabilmesi ve kayıp yerleriyle kayıp oranlarının daha doğru bir şekilde tespit edilebilmesine olanak vereceğini belirtmiştir [20].

Yücer ve Hepbaşlı (2011), Bir eğitim binasının ısıtma sistemine ve sistemin temel bileşenlerine enerji ve ekserji analizi uygulamışlardır. Sistemde binanın kazan dairesinde motorin yakıtlı kazan, odalarda fan coil bulunmaktadır. Çalışmada binanın ısı kaybı hesapları ekserji ve enerji analizi metoduyla yapılmış, sistemin performansı enerji ve ekserji yıkımları bulunarak değerlendirilmiştir. Sistemde en fazla ekserji kayıp oranı 333 kW olarak hesaplandığında, sisteme toplam ekserji girişi 694,5 kW değerinde bulunmuştur. Kazan ve fan coil bileşenlerine ekserji analizi uygulanmış ve bileşenlerin ekserji verimi %13,4 ve %37,6 olarak tespit edilmiştir [21].

Oymak, M. (2007). “Isıl Sistem Tasarımlarında Ekonomik Yalıtım Kalınlıklarının Ekserji Ekonomik Yöntemle Belirlenmesi” adlı çalışmada Ankara ilinde bulunan bir bina için optimum yalıtım kalınlığının ekserji ekonomik yöntem yardımı ile belirlenmesini incelemiştir. Çalışmada yalıtım kalınlığını miktarını arttırmak yıllık ısıtma enerjisi gereksinimini düşürmekte olduğunu ama bununla birlikte toplamda olan yatırım maliyetini arttırdığını tespit etmiştir. Yalıtım kalınlığı arttıkça, yatırım maliyetlerinin ve ekserji kayıplarının da dahil edildiği toplam maliyetlerin arttığını tespit etmiştir. İncelemesi yapılan bina için optimum bir yalıtım kalınlığından söz edilemeyeceğini bildirmiştir [22].

Sevim, S. (2019) “Manisa Celal Bayar Üniversitesi Rektörlük Binası Isıtma ve Soğutma Sisteminin Enerji ve Ekserji Analizi” adı çalışmada binadaki ısıtma ve soğutma sisteminin ekserji ve enerji analizlerinin yapılması ve sistem performanslarının tespit edilmesi, gerekli iyileştirmelerinin yapılarak sistemin termo ekonomik bir yapıya ulaştırılması amaçlamıştır. Binada bulunan sıcak su kazanlarında doğalgaz, soğutma sistemi bünyesinde enerji kaynağı olarak elektrik kullanıldığını ifade etmiştir. Yapılan analiz sonucunda en büyük ekserji yıkımının sıcak su kazanında ve su soğutma grubunda olduğunu tespit etmiştir. Elde edilen diğer noktasal veriler de değerlendirildiğinde, ısıtma ve soğutma sistem verimliliklerinin artırılması için gerekli iyileştirmeler maddeler halinde belirtmiştir [23].

Yıldız, A. ve Güngör, A. (2009) yapmış oldukları çalışmada İzmir’de ofis olarak kullanılan bir mahallin ısıtma sistemine ait enerji ve ekserji analizlerini yapmışlardır. Kullanılacak olan

ısıtma sistemleri üç farklı seçimle belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla LNG (sıvı doğalgaz) kullanılan konvansiyonel bir kazan, yine LNG kullanılan yoğuşmalı bir kazan ve son olarak da hava kaynaklı bir ısı pompası olarak düşünülmüştür. Ofis taban alanı 240 m² ve hacmi 720 m³ olup ısı kayıp ve kazançları TS EN ISO 13789 standardına göre hesaplanmıştır. Hesaplamalarda iç ortam 20 °C ve dış ortam 0 °C kabul edilmiştir. Kullanılan üç farklı ısıtma sisteminin hesaplanan enerji verimlilik değerleri sırasıyla %63,6, %53,9, %80,9 ve ekserji verimlilikleri ise sırasıyla %8,69, %8,68, %6,66 olarak hesap edilmiştir. Çevresel açıdan en uygun sistemin ısı pompalı sistem olduğunu ancak sistem seçimi yapılırken ekonomik yönlerin de göz önünde bulundurularak ekzonomik analizlerin yapılmasını tavsiye etmişlerdir [24].

Ulusoy, E. (2020) “Merkezi Bir Isıtma Sisteminde Enerji ve Ekserji Analizi” adlı çalışmasında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüsündeki saatte 8,5 ile 12 ton buhar üretebilen 2 adet buhar kazanının, 49 adet fakülte ve idari bina altlarında bulunan eşanjörler ve bu eşanjörler ile kazan arasında taşıma elemanı olan 8473 mt boru hattının enerji ve ekserji analizini yapmıştır. Yapılan analiz sonucunda sistemin en önemli bölgesi olan kazanlardaki toplam enerji verimi ortalama olarak ele alındığında %90, ekserji verimi %31 olarak hesaplamıştır. Tüm sistemin ekserjetik verimi ise %29 olarak hesaplanmıştır. Sistemdeki ekserji kayıplarının hemen hemen %95’inin kazanlarda, %2,8’inin boru hatlarında ve %1,6’sının eşanjörlerde ve gerisinin de diğer bazı sebeplerden kaynaklandığını belirtmiştir. Bu sonuçlara istinaden gerekli önerileri maddeler halinde belirtmiştir [25].

Kılıçlı, A. (2018). “Ege Üniversitesi Bünyesindeki Mevcut Bir Binanın Enerji-Ekserji Analizi ve İyileştirme Önerileri” adlı çalışmasında Ege Üniversitesi bünyesinde yer alan ve yüksek enerji tüketimi olan “Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü” binasını inceleyerek enerji tasarrufu yönünden performansını araştırmıştır. Bina önce mevcut sonra iyileştirilmiş durumunun ekserji ve enerji analizlerini yapmış, gerekli iyileştirme önerileri nihayetinde binanın enerji yönünden tasarruf potansiyelini ortaya koymuştur. Hesaplamalar nihayetinde, binanın yıllık olarak 192,57 kWh/m²yıl enerji tüketirken, önerilen iyileştirmeler sonucunda 153,08 kWh/m²yıl enerji tükettiği görülmüştür. %21 oranında enerji tasarrufu sağlanmış, maksimum ekserji veriminin %5,76, hava kaynaklı ısı pompasında %9,89, toprak kaynaklı ısı pompasında %16,22 olduğunu tespit etmiştir [26].

Akdemir, M. (2013) “İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Fakültesi’ndeki mevcut bir binanın enerji ve ekserji analizi” adlı çalışmasında binanın enerji seviyesi belirlenmiş ve ekserji verimliliğini artırmak için bina kabuğunda iyileştirmeler yapılması ve alternatif olarak (HVAC) sistemlerinin kullanılmasını önermiştir. (EDSL-TAS) adlı yazılımı binanın mimari detayları ve malzeme bilgileri girilerek bina üç boyutlu olarak modellenmiştir. İyileştirmelerin yapılmasıyla enerji seviyesi ve konfor koşullar iyileşmiştir. Bina kabuğunda yapılan gerekli iyileştirmeler sonucunda binanın ısıtma yüklerinin %69,42 oranında, soğutma yüklerinin %34,4 azaldığı tespit edilmiştir. Binanın (HVAC) sisteminin ekserji veriminin %2-14 aralığında olduğu belirlenmiştir. Hava kaynaklı ısı pompası kullanıldığında ekserji veriminin %4-18, toprak kaynaklı ısı pompası kullanıldığında ise ekserji veriminin %8-21 aralığında olduğu belirlenmiştir [27].

3. ISITMA SİSTEMLERİ

3.1. Isıtma Sistemlerinin Tanımı

Günümüzde ısıtma sistemlerinde, akışkanın cinsine göre hava, kaynar ve sıcak su, buhar veya kızgın yağ kullanılabilir. Sistemin boyutuna bağlı olarak bireysel, merkezi, bölgesel veya bileşik (birleşik ısı ve güç) olarak sınıflandırılabilirler. Ayrıca tüm bu sistemlerde radyatör, konvektör, yerden ve duvardan ısıtma gibi farklı ısıtma elemanı uygulamaları yapılabilir.

Bütün bu sistemlerde katı, sıvı veya gaz yakacakların birincil enerji kaynağı olarak kullanılması tercihe göre değişebilmektedir. Kullanılan sistemler ve yakıtlar birbirine göre çeşitli avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Bu nedenle, her farklı uygulama için en uygun sistem, ısıtma sıvısı ve ısıtma elemanının seçilmesi için mühendislik ve ekonomik analiz yapılmalıdır [28].

Isıtma tesisatının uygun olması için aşağıdaki koşulları karşılaması gerekir.

- Isıtma ortamının sıcaklığı ± 1 °C hassasiyetle sabit olmalıdır.
- Hızlı ve etkili ayar cihazları bulunmalıdır. İşletimi çok basit olmalıdır.
- Kurulum, işletme ve bakım maliyetleri açısından uygun maliyetli olmalıdır.
- Yanma sonucu açığa çıkan gaz, ısıtılan ortamı ve çevreyi kirletmemelidir [28].

3.2. Isıtma Sistemlerinin Sınıflandırılması

Isıtma sistemlerinin belirli ölçülerde gruplandırılması mümkündür. Isıtma sisteminin boyut durumuna göre ısıtma sistemleri, kullanılan akışkan türüne (ısı taşıyıcı) göre ısıtma sistemleri, kullanılan borulama sistemine göre ısıtma sistemleri, kullanılan yakıta göre ısıtma sistemleri olarak sınıflandırılabilir.

3.2.1. Boyut durumuna göre ısıtma sistemleri

Isıtma sistemleri boyutlarına göre 5 gruba ayrılabilir:

- Lokal Isıtma Sistemi
- Bireysel Isıtma Sistemi (Kat ısıtması)
- Merkezi Isıtma Sistemi (Apartman vb.)
- Bölge Isıtma Sistemi (Uzaktan ısıtma)
- Birleşik (kojenerasyon) Isıtma Sistemleri

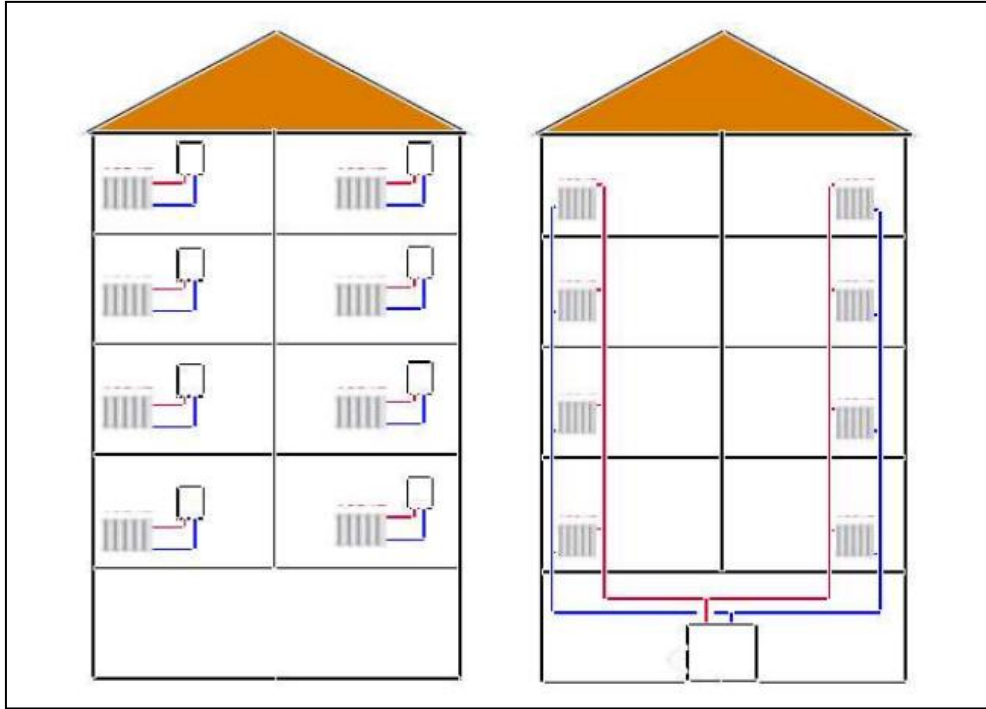
Lokal ısıtma sistemleri

Isı, ısıtılan ortamda üretilir. Lokal ısıtma sistemin kullanıldığı yerlerde, ısıtılma ihtiyacı olan her mahalde bir ısı üreticisinin bulunması zorunludur. Bu gruba örnek olarak şömineler, kömür sobaları, odun sobaları, elektrikli ısıtma verilebilir. Isı kapasitesi 1 ila 10 kW arasındadır [28].

Lokal ısıtma sistemlerinde klasik olarak sadece ısıtıcının bulunduğu yer ısınmış olur. Ayrıca odanın yalıtımı, duvar iç malzemesi, sıvası, boyası gibi durumlara göre oda dışarısına ısı kaçaklarının olması gibi dezavantajları da mevcuttur. Ayrıca soba gibi ek borulu sistemlerde boru ve bacalardan, şömine gibi sistemlerde bacadan ısı kayıpları yaşanmaktadır.

Bireysel ısıtma sistemleri

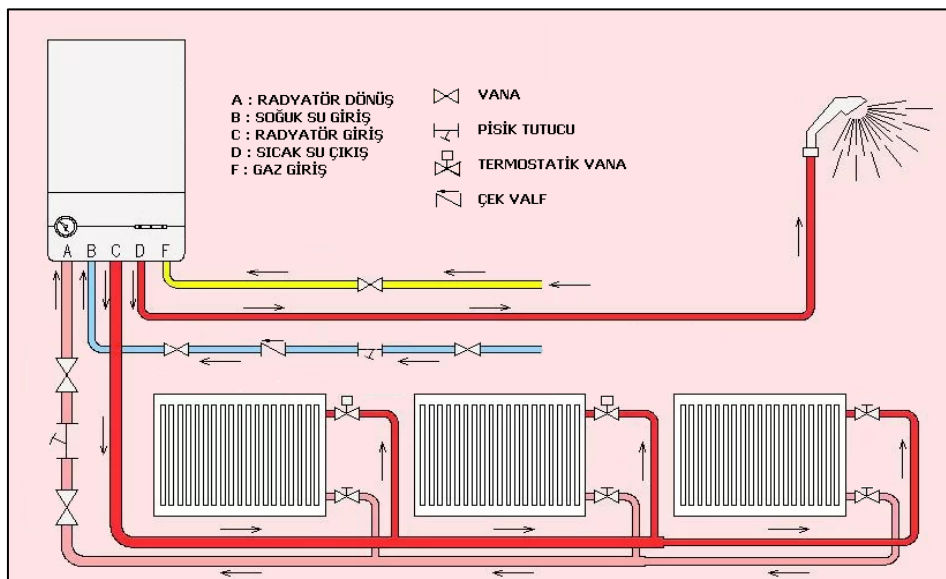
Bireysel ısıtmanın tanımı olarak ısıtma ve sıcak su temini için aynı bağımsız bölümde gerçekleşen ısı üretimi, dağıtımı ve tüketimidir diyebiliriz. Merkezi ısıtmada ısının üretimi ve dağıtımı bir bölümde gerçekleşmekte ısı tüketimi bağımsız alanlarda gerçekleşmektedir [29].



Şekil 3.1 Bireysel ısıtma ve merkezi ısıtma sisteminin temsili şeması [29]

Bireysel ısıtma sisteminin tanımı

Bireysel ısıtma tanımı çerçevesinde aynı bağımsız bölümde gerçekleşen ısı üretimi, dağıtımı ve tüketimidir diyebiliriz. Bireysel ısıtma cihazlarının örnekleri arasında kombiler, yerden ısıtıcılar, sobalar, şömineler, su ısıtıcıları ve su ısıtıcıları sayılabilir [29].



Şekil 3.2 Bireysel ısıtma sisteminin temsili şeması [30]

Bireysel ısıtma sistemi cihazları

Kombiler

Kombiler mahal ısıtma ve sıcak su temini için kullanılır. Kombi cihazları hermetik ve bacalı şekilde iki tipte üretilmektedirler. Bacalı tiplerde yanma havası kombinin kurulduğu yerden alındığından bu mahale dışarıdan temiz hava girişi için gerekli büyüklükte bir menfez konulmalıdır. Bunun yanı sıra kombinin bağlı olduğu bacanın uygunluk durumu kontrol edilmeli ve bacada gerekli önlemler alınmalıdır. Bacalı kombilerin kurulacağı yerler ile ilgili minimum alan ve kullanım şekli gibi kısıtlamalar bulunmaktadır.

Hermetik kombiler kendi koaksiyel baca seti vasıtasıyla bir fan vasıtasıyla dışarıdan yanma havasını emer ve baca gazlarını aynı koaksiyel baca seti ve aynı fan vasıtasıyla dış ortama vermektedir. Bacalı kombilerde ihtiyaç duyulduğu gibi temiz hava deliğine ve bacaya gerek bulunmamaktadır. Bu nedenle montaj yapılması ve çalıştırılması daha kolaydır.

Kombiler, yaşam alanlarına kolaylıkla entegre edilebilir; az bir alan kaplarlar, montajı kolaydır, oldukça gürültüsüz çalışırlar ve hoş görünüşleri vardır. Sıcak hava buharlı fırınlarda baca geri akışına karşı koruma, aşırı ısınmaya karşı koruma, alevin sönmesi durumunda gazın kesilmesi, donmaya karşı koruma gibi tüm güvenlik önlemleri sağlanmıştır. Kombiler üretim aşamasında kapsamlı bir şekilde test edilmektedir.

Kademeli veya oransal baca gazı / yanma havası fanı, düşük, yoğuşma teknolojisi ve yanma kalite kontrolü gibi teknolojik gelişmeler sayesinde Kombi cihazlarında daha fazla verimlere ulaşabilmektedir [29].

Kat kaloriferleri

Konutlarda kullanılan kat kaloriferleri sıvı veya gaz yakıtlı olmak üzere iki tipte üretilmektedir. Gaz yakıtlı kat kaloriferleri, atmosferik brülörlü veya üflelemeli brülörlü olabilirler.

Kazanda istenilen sıcaklığa kadar ısıtılan tesisat suyu bir pompa yardımı ile odanın radyatörüne gönderilir ve mahallin ısınmasını sağlar. Yerden ısıtma da anlık su ısıtıcıları veya kazanlar yardımıyla sıcak su ihtiyaçlarını karşılayabilir [29].

Sobalar

Bacalı sobalar ve hermetik sobalar olarak iki farklı tipte üretilmektedirler. Bacalı sobalar mutlak suretle bacaya bağlanmalıdır. Hermetik sobaların ise yanma havasını dışarıdan çeken ve baca gazlarını dışarıya veren özel bir baca seti bulunmaktadır.

Termostatik sıcaklık kontrolü, otomatik ateşleme, alev söndükten sonra gaz kapatma ve otomatik güvenlik cihazları gibi fonksiyonlara sahiptir.

Soba yardımı ile sadece belirli bir mekan ısıtması yapılabilmektedir. Tek bir odada bulundukları için sadece bulundukları alanı dolaylı olarak ısıtabilirler ve diğer bitişik odaların bu nedenle konforu sınırlıdır. Bacaya veya dış duvara yakınlık gibi yerleştirme kriterleri kısıtlayıcı olabilir.

Dekoratifirler, radyatörlere ve dağıtım tesisatına ihtiyaç bulunmamaktadır.

İlk olarak en sık kullanılan odalara yerleştirilebilirler, böylece ilk yatırım maliyetini zaman içinde paylaşırlar [29].

Şömineler

Doğalgazlı şömineler de salon vb. geniş alanların ısıtılmasında kullanılan mekan ısıtma alternatifleri arasındadır. Dekoratifir ve termostatik kontrol sayesinde odayı istenilen sıcaklığa kadar ısıtabilirler [29].

Bireysel sistemlerin avantajları

- Son kullanıcı dilediği konfor koşullarını binadaki kullanıcılardan bağımsız olarak belirleyebilir.
- Son kullanıcılar kendi ısıtma cihazlarını seçebilir.

- Her kullanıcı doğal gaz dağıtım şirketine karşı sorumludur. Ortak kullanım kaynaklı ödeme sorunu yoktur.
- Merkezi sistem gibi ısıtma tesisatlarında yaşanan sorunlardan dolayı ısıtma yeterli olmasa bile bazı daireler diğer dairelerle aynı yakıt bedelini ödemek zorunda kalmayacaktır. Daire sahibinin inisiyatifinde kurulumdaki sorunlar daha hızlı çözülebilir.
- Ayrı faturalama sayesinde son kullanıcılar enerji tasarrufunda daha dikkatli olabilir.
- Apartman yöneticilerinin yakıt giderlerini tek bir kaynaktan takip etmesi ve toplaması gerekmez. Isıtma sisteminin işletilmesi, bakımı ve onarımı apartman yöneticileri tarafından takip edilmesini gerektirmez.
- Isının üretilmesi, dağıtılması ve tüketilmesi aynı çevrimde gerçekleştiğinden üretilen ve dağıtılan ısı kaybı düşüktür.
- Üretilen ısı, aynı daire içinde dağıldığı için kollektör ve merkezi sistemde olduğu gibi hidrolik denge kaybı olmaz.
- Bina için daha fazla alan sağlayan bir kazan dairesine ihtiyaç yoktur. Az yer kaplarlar ve montajları kolaydır [29].

Merkezi ısıtma sistemleri

Merkezi ısıtma, ısıtılacak binanın bodrum katına ayrı bir kazan dairesi yapılması ve kazanda oluşan ısının bir taşıyıcı akışkan vasıtasıyla gerekli ortama ulaştırılmasını sağlayan bir sistemdir

Merkezi Isıtma Sisteminin Tanımı

Bir blok binada en uygun ısıtma ihtiyacı merkezi sistem tarafından karşılanmaktadır. Binada kazan dairesinde elde edilen sıcak su, binada bulunan her daireye ya da mekana ayrı ayrı gönderilir. Kazanda her türlü yakıt kullanılabilir lakin çevresel nedenlerle doğal gaz veya sıvı yakıt daha çok kullanılmaktadır. Ne yazık ki ülkemizde her dairenin kullandığı kadar enerjiyi ölçen cihazların yaygınlaşmaması nedeniyle bu şekilde ısıtma bazen büyük enerji kayıplarına neden olabilmektedir. Merkezi ısıtma sistemi bilinçli kullanıldığında bireysel ısıtma sistemine göre hem yatırım hem de işletme açısından daha avantajlıdır [28].

Merkezi ısıtma sistemi cihazları

Merkezi ısıtma sistemi ise kazan, brülör, genleşme tankı, otomatik kontrol ekipmanları, ısı kollektörleri, pompalar, karıştırma ve dengeleme vanaları, bacalar ve diğer bileşenlerden oluşmaktadır [29].

Üretildikleri malzemeye göre merkezi ısıtma cihazları

Çelik kazanların özellikleri aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir. Bunlar;

- Kazan gövdesi genellikle tek parça olarak üretilse de yerinde kısmi üretim/montaj da mümkündür. Burada kalite kontrol süreçleri ve üreticinin garanti koşulları önemlidir.
- Kazan içerisindeki büyük boyuttaki su hacmi ve su ile geniş temas yüzeyleri sayesinde kazanın içinde iyi bir sirkülasyon sağlanır; bu sebeple kazan devresi pompasına gerek duyulmaz. Aynı sebeple brülör devreye girdiğinde ve brülör açıkken atmosfere salınan zararlı gazların toplamı daha az olduğundan çevreci olarak adlandırılabilir.
- Çelik olan malzeme termal streslere karşı daha dayanıklıdır.
- Çelik olan malzemenin yüzey pürüzlülüğü düşük olduğundan dolayı kazanların baca gazı ve su taraflarındaki iç direnci düşüktür. Minimum düzeyde su akışı gerekmez.
- Çeliğin düşük ısıl ataleti nedeniyle kazanın suyunun sıcaklık derecesi kontrolü sorunsuzdur. Çelik kazanlar, işletme parametrelerindeki değişikliklere hızlı tepki verebildikleri için otomasyona daha uygundur.
- Her türlü kapasite için optimizasyonu sağlanmış yanma odasının farklı geometrisi, brülörü ayarlamayı ve alevi yanma odasına uyarlamayı kolaylaştırır.
- Yüksek düzeyde ısıl kapasitelerde üretilebilirler. Çelik kazanlar 20 MW anma ısıl gücü ile üretilmektedir [29].

Döküm kazanların özellikleri aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir. Bunlar;

- Dökme dilim yapısı sayesinde dilimler halinde taşınabilir ve kazan dairesine monte edilebilir. Bu sayede dar girişli kazan dairelerinde oldukça önemli bir avantaja sahiptirler.
- Aynı seride üretilen kazanlara dilim ilave edilerek verim arttırılabilir.
- Korozyona dayanıklıdır [29].

Brülörlerine göre merkezi ısıtma cihazları

Üflemlili brülörlü kazanların özellikleri aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir. Bunlar;

- Çok verimlidirler. Brülördeki havanın yakıtı oranı ayarlanabilir, yanma dışındaki basınçtan ve baca çekişinden bağımsızdır.
- Yüksek ısı kapasitelerinde üretilebilir.
- Sıvı veya çift yakıtlı brülörlerle çalıştırılabilir.
- Brülör, kazandan bağımsız olarak seçilebilir.
- İkincil hava girişi için kazan tabanının açık kalmasına ihtiyaç bulunmamaktadır. Radyasyon kayıpları ve duraklama düşüktür [29].

Atmosferik brülörlü kazanların özellikleri aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir. Bunlar;

- Gürültüsüz çalışmaktadırlar.
- Brülörün basit yapısı ve az sayıda hareketli parçası olması nedeniyle kazan'ın ilk yatırım masrafları düşüktür, arıza olasılığı düşüktür ve bakım, onarım maliyetleri düşüktür [29].

Kazanlar farklı şekilde de sınıflandırılabilir. Genel anlamda kullandıkları yakıtı göre; katı yakıtlı, sıvı yakıtlı ve gaz yakıtlı kazanlar olarak da üçe ayrılmaktadır. Kazanlar işletme şartlarına göz önünde bulundurulduğunda standart, düşük sıcaklı ve yoğunlaşmalı olarak üçe ayrılırlar. Ayrıca yaklaşık 70 kW kapasiteye sahip olanlar düşük güçlü kazan, 70 ile 1000 kW arası kapasiteye sahip olanlar orta güçlü, 1.000 kW'tan fazla kapasiteye sahip olanlar ise yüksek güçlü kazan olarak tanımlanabilir. Kullanım amacına göre; kalorifer kazanları, buhar kazanları, sıcak su kazanları vb. şekilde sınıflandırılabilir. Kazan, baca gazı kanal sistemine göre iki geçişli (karşı basınçlı) ve üç geçişli olmak üzere ikiye ayrılır [29].

Merkezi ısıtma sistemlerinin avantajları

- Sistemin doğalgaza dönüştürülmesi durumunda veya modernizasyon yapılması durumunda tadilatlar yalnızca kazan dairesinde yapılacaktır.

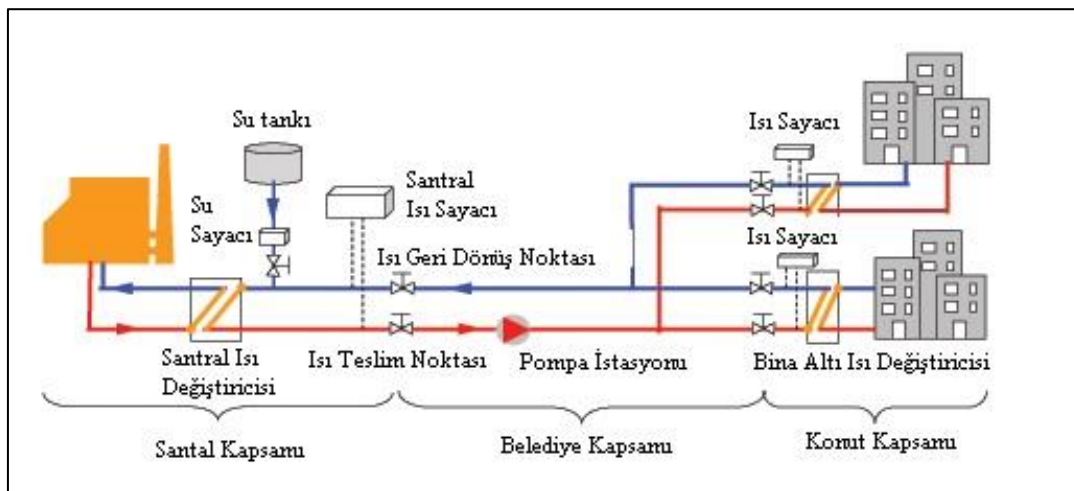
- Sistemin işletmesi, bakım ve arıza giderme gibi işlemler, tüm kullanıcılardan bağımsız bir şekilde ilgili yönetim tarafından yaptırılabilmekte ve herhangi bir bakım onarım yapılması durumunda diğer kullanıcılar rahatsız edilmemektedir.
- Tüm ekipmanlar kazan dairesinde bulunduğundan, rahatsız edici faktörler apartman sakinlerinden uzaktır. Dairelerde doğalgaz tesisatı bulunmadığından can ve mal güvenliği açısından risk faktörü daha düşüktür.
- Hermetik kombine bacadan kaynaklanan görüntü kirliliği, bacadan atılan baca gazının diğer daireleri rahatsız etmesi, dış cephe boyasının kararması gibi sorunlar yoktur.
- Baca mesafesi kombine kazana göre fazladır.
- Apartman katları ve duvarları arasında ısı yalıtımının olmaması durumunda, bitişik dairelerin kombilerinin çalışmamasından dolayı artan ısı kaybı ve yakıt tüketimi ve duvarların konforunun bozulması gibi sorunlar yaşanmamaktadır.
- Bireysel ısıtma sistemlerinde mahali ısıtma ihtiyacının az olduğu dönemlerde kombinin modülasyon aralığında kalan mahal ısıtma talebinin düşük olması ve kombi kapasitesinin yüksek olması nedeniyle dur/kalk şeklinde uzun çalışma süreleri olabilir. Merkezi ısıtma sistemleri bu konuda daha avantajlıdır.
- Sıcak su konforu bireysel ısıtma sistemlerinde olduğu gibi sınırlı değildir.
- Çoklu kazan sistemlerine yedeklenerek iş sürekliliği sağlanabilir.
- Isı tüketimi hesaplayıcılar kullanarak işletme maliyetlerinin dökümünü kolaylaştırabilir ve tasarruf bilincini arttırılabilir.
- Dönüşüm ve güçlendirmede alternatif enerji gibi daha fazla seçenek düşünülebilir.
- Daha uzun bir ekonomik ömrü vardır. Çok apartmanlı bir binanın ilk yatırım, işletme ve amortisman giderlerinin toplam maliyeti daha düşüktür [29].

Bölgesel ısıtma sistemleri

Bölgesel ve uzaktan ısıtma teknolojisi olarak da bilinen bu sistemde, termal merkezde elde edilen sıcak akışkan birkaç kilometre içerisindeki binalara taşınmaktadır. Genellikle ısıtma merkezinde elde edilen ve birinci akışkan olarak anılan akışkan, kaynar su ya da buhardır. Bu akışkan ikinci devredeki suyu sistemdeki tüm binaların altında bulunan eşanjörler yardımıyla maksimum 90 °C sıcaklığa kadar ısıtır. İkinci döngüdeki sistem, merkezi sistemde kullanılan döngü ile aynıdır. Prensip olarak sistemdeki binalar ısıtma merkezinin bir kilometre yakınındaysa, tek devre için sistemde doğrudan 90°C su kullanılabilir [28].

Teknik olarak değerlendirildiğinde ekonomik olarak bölgesel ısıtma en avantajlı sistemdir. Özellikle doğal gaz yakıtının dışında kömür ya da fuel oil gibi yakıtların kullanılması halinde sistem sadece tek bir merkezde yanma ve akışkan sıcaklığını hassas bir şekilde kontrol edebilmektedir. Hastaneler, askeri kamplar, yerleşim alanları ve üniversite kampüslerinin tümü bu ısıtma teknolojisi için uygundur. Özellikle bağımsız katılımcıların daha fazla olduğu toplu konutlarda, merkezi ısıtmayı sadece teknik düzeyden çözmek yeterli olmayıp, hukuk, ticaret ve yönetim açısından da kapsamlı araştırmaların yapılması gerekmektedir. Bölgesel ısıtmanın bir başka uygulaması, aynı anda elektrik ve ısı üretebilen kojenerasyon teknolojisi. Özellikle verimlilik açısından çok üstün bir teknolojidir. Ülkemizde bazı sanayi kuruluşları dışında uygulama alanı bulunmamaktadır. Bölgesel ısıtma şebekesi; yol, su ve elektrik şebekesi gibi bir altyapı şebekesidir [28].

Dünya çapındaki uygulamalar incelendiğinde, şehirlerde kurulan bölgesel ısıtma sistemlerinin çoğunun ısı kaynağı olarak termik santrallerin atık ısınısını kullandığı görülmektedir [33]



Şekil 3.3 Bölge Isıtma Sisteminin Genel Yapısı [33]

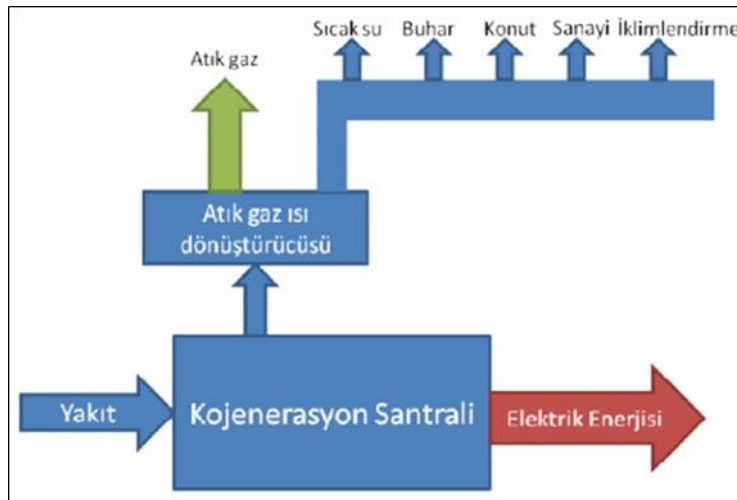
Bölgesel ısıtma sistemi, termik santrallerin ürettiği ısı enerjisi ile sağlanır ve ev, iş yeri vb. gibi kullanıcıların ısıtma ve kullanım sıcak suyu ihtiyaçlarını bu şekilde karşılanır (Şekil 3.3).

Bireysel soba ısıtma ve merkezi kazan ısıtma ile karşılaştırıldığında, bölgesel ısıtma sistemi daha konforlu, güvenli ve ekonomik bir ısıtma sistemidir. Bölgesel ısıtma sisteminde binada

yakıt yakılmaz ve binaya sadece sıcak su verilir. Bu nedenle binada kazan ve baca ihtiyacı yoktur. Bir bölgesel ısıtma sisteminde, kullanıcılar bir bina trafo merkezi aracılığıyla ağı bağlanabilirler. Isıtıcı kazanlarla karşılaştırıldığında, trafo merkezinin boyutu daha küçüktür. Ayrıca sistemin yakıt ikmali, kül ve baca temizliği gibi çalışma gereksinimleri yoktur [33].

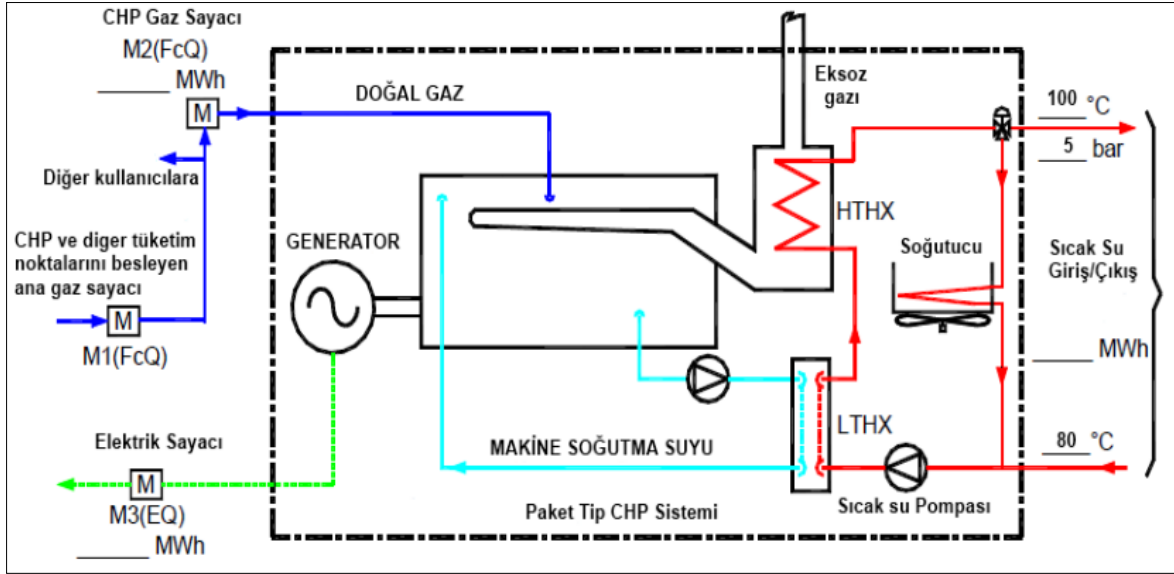
Birleşik ısıtma sistemleri

Kojenerasyon, birleşik ısı-güç üretimi demektir. Bölgesel ısıtmanın bir başka uygulaması olup, performans olarak çok üstün ve işletme maliyetleri açısından ekonomiktir. Öte yandan, yatırım maliyetlerinin çok yüksek olması nedeniyle elektrik tüketiminin hat safhada olduğu endüstriyel tesisler dışında ülkemizde yaygın olarak kullanımı bulunmamaktadır. Elektrik, dizel yakıtı jeneratörler tarafından üretilir. Jeneratörün egzoz borusundan çıkan gazlarla birlikte ısı eşanjöründe sıcak su elde edilir ve bu su ısıtma için kullanılır. Şekil 3.4, bir kojenerasyon ısıtma sisteminin bir diyagramını göstermektedir [31].



Şekil 3.4. Birleşik ısıtma örneği tesisat şeması [31]

Sadece elektrik üreten termik santrallerin verimi %30-40'ı geçmezken, kombine ısı ve elektrik üretiminin verimi %80-90'a ulaşır. Kojenerasyon sistemi, yakıtı elektrik ve ısıya dönüştürmenin en etkili yoludur. Bu sistem ile enerji üretim maliyetlerini %40 oranında azaltabilir ve tasarrufları maksimize etmeye yardımcı olabilir. Şekil 3.5'te örnek bir kojenerasyonlu sistem ünitesinin prensip şeması verilmiştir [32].



Şekil 3.5. Paket tip kojenerasyon ünitesi (Gaz motorlu) prensip şeması [32].

3.2.2. Kullanılan ısı taşıyıcı akışkan cinsine göre ısıtma sistemleri

Sıcak sulu merkezi ısıtma sistemleri

Sıcak sulu merkezi ısıtma sistemi genellikle sıcak su kazanı, borular, ısıtma elemanları, sirkülasyon (devir daim) pompaları, otomatik kontrol cihazları, genişleme kapları ve ara parçalardan oluşur. Isıtma akışkanı olarak sıcaklık derecesi 110°C 'nin altında olan sıcak su kullanılmaktadır. Sıcak sulu merkezi ısıtma sistemlerinin çoğu atmosfere açıktır. Sistemdeki su sıcaklığı 90°C 'yi geçmemektedir. Kazanda hazırlanan sıcak su, ısıtılacak hacme yerleştirilen radyatör ve sıcak hava ekipmanı gibi ısıtma elemanlarına borular vasıtasıyla iletilir. Burada soğutulan sıcak su odadaki ısıyı terk eder ve daha sonra kazana geri döner. Eski sistem doğal sirkülasyon (yerçekimi ile) kullanır ve yeni sistem daha ekonomik ve daha konforlu olan bir sirkülasyon pompası kullanır. Kapalı bir genişleme tankı sisteminde bir sirkülasyon pompası kurulmalıdır [34].

Sistemde bulunan suyun ısıtılması sürecinde artan hacim, genişleme kabı adı verilen su deposunda toplanır. Modern sistemlerde dış hava sıcaklığına göre çalışan Ecomatic panelli sistemler kullanılmaktadır. Su sıcaklığı $90/70^{\circ}\text{C}$ yerine $70/55^{\circ}\text{C}$ 'dir. Ayrıca radyatörde termostatik radyatör vanası kullanılmaktadır [34].

Kızgın sulu ısıtma sistemleri

Sıcaklığı 100°C'nin üzerinde olan suya kızgın su denir. Ancak ısıtma tesisatlarında sıcaklığı 110°C ve üzerinde olan suya “kızgın su” denir. Sıcak su tesisatında sistem atmosfere kapalıdır. Basınçlandırma işlemi denge tankı adı verilen bir pompa veya basınçlı kap ile gerçekleştirilmektedir. Denge kabı aynı zamanda bir genleşme kabı olarak da düşünülebilir. Geniş alanları ve şehirleri ısıtmak için kızgın su kullanılıyorsa, su akışının sıcaklığı 180°C'ye yükselebilir. Yüksek sıcaklıktan dolayı kızgın su ekipmanlarında kullanılan vana ve armatürler en az “PN 16 serisi” olmalıdır. Giriş ve dönüş suyu arasındaki sıcaklık farkı 80°C'ye kadar arttırılabilir. Kullanılan sıcaklıklar 160 / 80 °C, 150 / 90 °C, 150 / 70 °C'dir. Birincil sıcak su şebekesi döşenirken üst noktada havalandırma, alt noktada tahliye imkanı olmalıdır [34].

Buharlı ısıtma sistemleri

Buharlı merkezi ısıtma sistemleri sadece sanayi tesisleri için geçerlidir. Sistemde başka amaçlar için buhar üretilmesi durumunda üretilen buhar ısıtma için de kullanılabilir [34].

Sıcak hava ile ısıtma sistemleri

Genellikle klima santrallerinde ısınan hava, kanallar vasıtasıyla ısıtılan ortamlara taşınır. Hava, düşük özgül ısı nedeniyle kötü nitelikte bir ısı taşıyıcı olduğundan, büyük miktarlarda sirkülasyon sağlaması gerekir, bu nedenle büyük kesitli olan kanallar ve yüksek kapasiteli fanlar kullanılmalıdır. Bu sistemler pahalıdır ve sinema, tiyatro, konferans salonu vb. yerler için uygundur [31].

Kızgın yağ ile ısıtma sistemleri

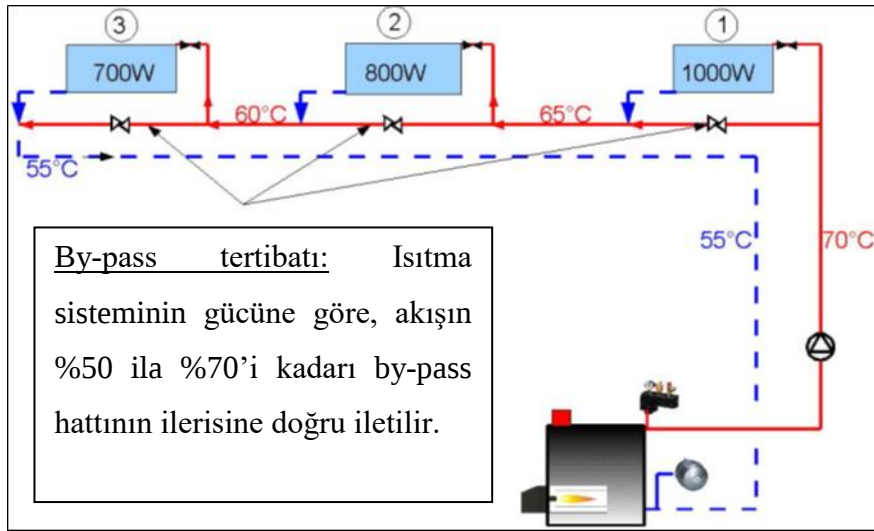
Bazı özel amaçlı ısıtma sistemlerinde 260°C ile 390°C arasında kaynama noktasına sahip ısı transfer yağı kullanılmaktadır. Yüksek basınç (maksimum 1 bar) olmadığı ve korozyon riski olmadığı için sıcak su ve buhardan daha güvenlidir. Sistemin yatırım maliyetleri, buhar ve kızgın su sistemlerine göre daha düşüktür ve işletmesi daha basittir. Bu nedenle tekstil, ahşap, kimya ve otomotiv tesislerinde endüstriyel ısıtma ve kurutma gibi yüksek sıcaklıkların gerekli olduğu yerlerde daha çok kullanılmaktadırlar [31].

3.2.3. Kullanılan borulama sistemine göre ısıtma sistemleri

Kullanılan borulama sistemine göre ısıtma tesisatlarını tek borulu, çift borulu, mobil kollektörlü ve yerden ısıtma olarak sınıflandırabiliriz

Tek borulu sistem

Kat kaloriferli ısıtma tesisatları için tek borulu sistemlerde, kazandan gelen ana su besleme borusu tüm ısıtıcıları (radyatör) dolaşır. Her radyatör gerekli miktarda sıcak suyu branşmanlı ana borudan alır. Ana borudaki kesit daralır. Radyatörde soğutulan su ana boruya geri gönderilir. Her bir radyatörden sonra ana boruda bulunan su sıcaklığı biraz düşer. Tüm radyatörlerde dolaşarak soğutulan ana boruda bulunan su tekrar kazana verilir. Şekil 3.6, sistemin bir kurulum örneğini göstermektedir [46].

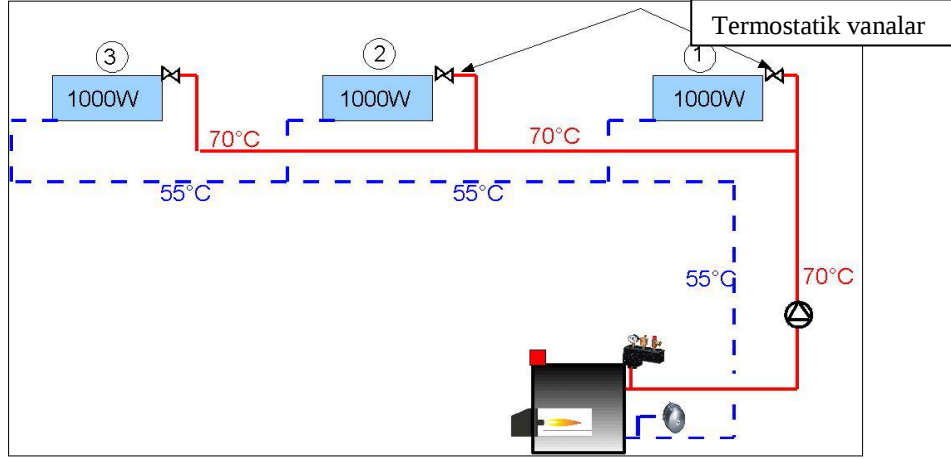


Şekil 3.6 Tek borulu kat kaloriferli örnek tesisat şeması [36]

Çift borulu sistem

Çift borulu sistemlerde kazandan çıkan sıcak ana besleme hattı her bir radyatöre bir branşman yardımı ile bağlanır. Böylece her bir radyatöre eşit sıcaklıkta besleme yapılmış olur. Radyatörlerde soğuyan su ise toplama hattı adı verilen ayrı bir ana kolonla tekrar kazana geri gönderilir. Çift borulu sistemlerde tek borulu sistemler gibi her radyatör

çıkışında olan su sıcaklığı kaybı yaşanmaz. Şekil 3.7’de termostatik vana kullanılarak yapılmış çift borulu ısıtma tesisatı görülmektedir [36].

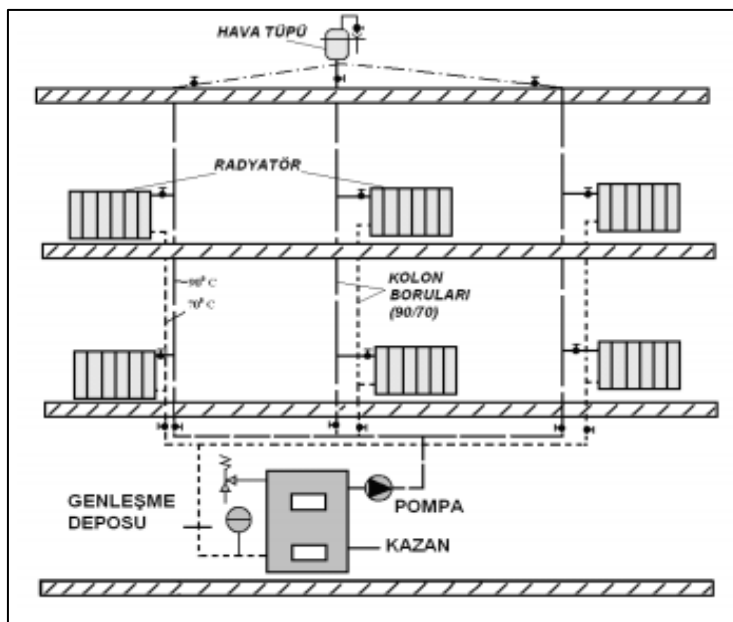


Şekil 3.7. Termostatik vanalı, kat kaloriferli, çift borulu örnek ısıtma tesisatı şeması [37]

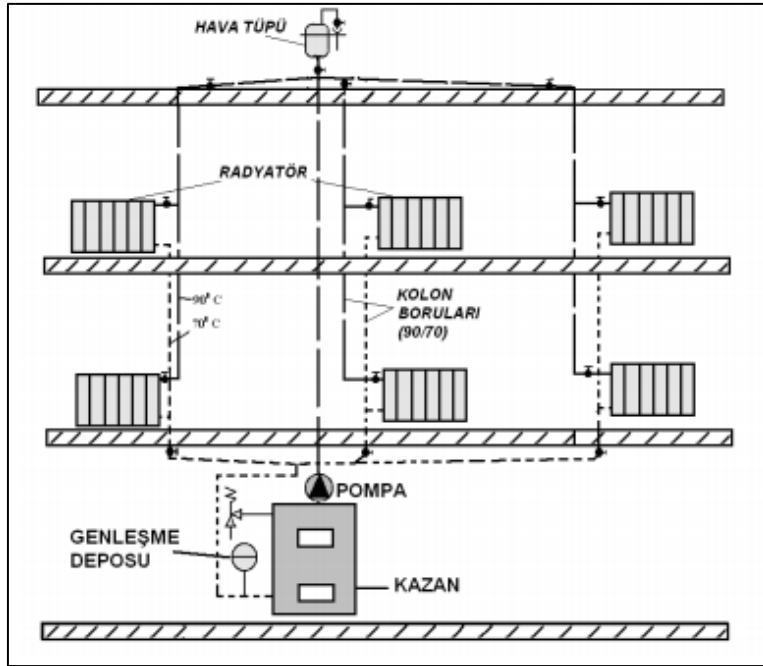
Çift borulu sistemlerde uygulanan başlıca sistemler şunlardır:

- Alttan dağıtım ve alttan toplamalı ısıtma sistemi
- Üstten dağıtım ve alttan toplamalı ısıtma sistemi
- Üstten dağıtım ve üstten toplamalı ısıtma sistem

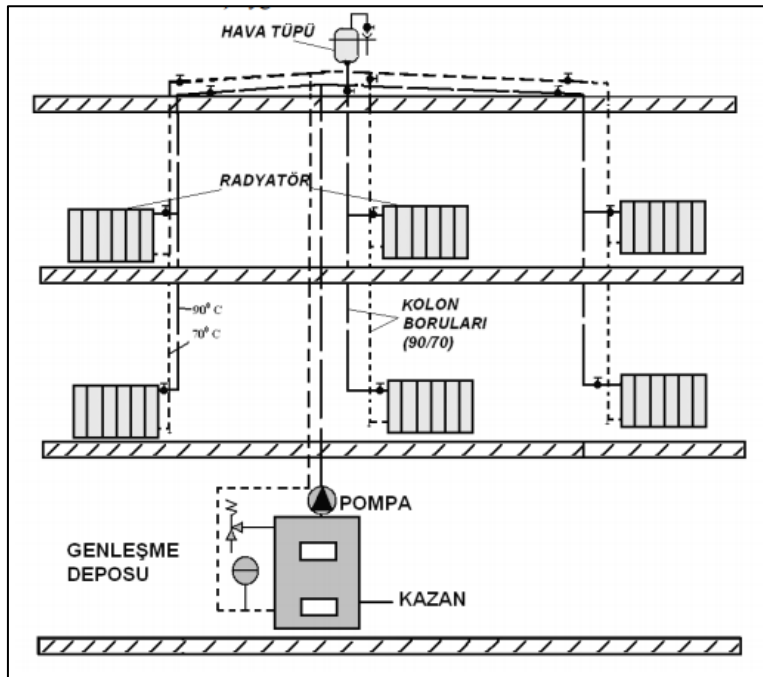
Çift borulu kat kalorifer sistemine ait bazı örnek şekiller Şekil 3.8, 3.9 ve 3.10 verilmiştir.



Şekil 3.8. Alttan Dağıtım ve Alttan Toplamalı Isıtma Sistemi [35]



Şekil 3.9. Üstten Dağıtmalı ve Alttan Toplamalı Isıtma Sistemi [35]

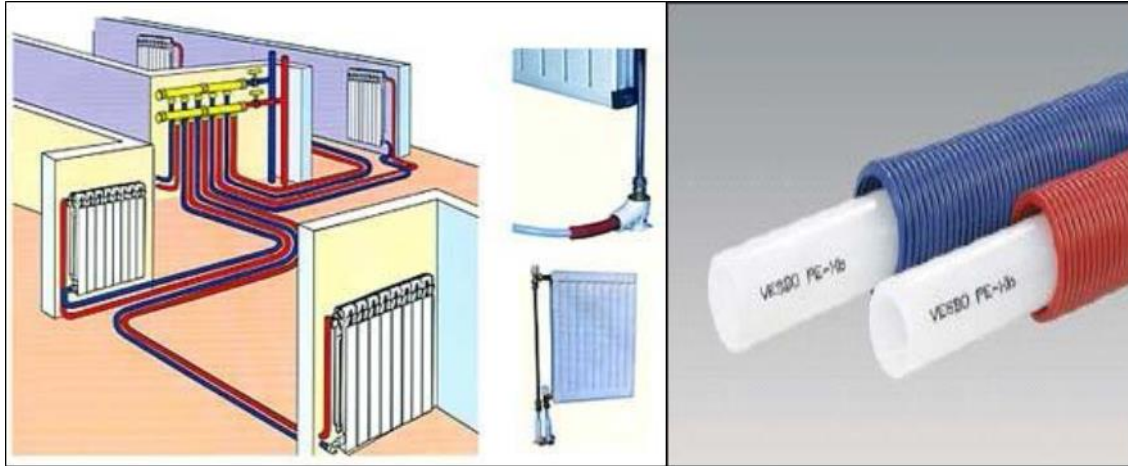


Şekil 3.10. Üstten Dağıtmalı ve Üstten Toplamalı Isıtma Sistemi [35]

Mobil (kollektörlü) sistem

Katlarda bulunan kollektör kutularından her radyatöre şap vasıtasıyla dairesel boruların tek kolon çıkışlı olarak döşendiği sistemlere "mobil sistemler" denir. Ayrıca kollektör sistemi olarak da adlandırılır. Genellikle yeni binalarda borular şapın içine döşendiği için kullanımı artmıştır.

PE-X kalorifer boruları, yüksek sıcaklıkta (70-90°C) şişme nedeniyle şapa ve zemine zarar vermemesi için daha büyük çaplı spiral muhafaza borularından geçirilir ve böylece koruyucu arasında genleşme için boş alan kalır. spiral muhafaza borusu ve boru ısıtması. Bu hacimdeki hava ayrıca ısı yalıtımı sağlayarak boru geçişlerinin gereksiz yere ısınmasını ve ısı kaybını önler. Koruyucu kılıfın borusu, bükülme sırasında kesit daralmasına neden olmayacak şekilde spiral boru şeklinde yapılmalıdır. Daha kolay kurulum için, piyasada spiral gövdeli hazır PE-X koruyucu borular da mevcuttur. Isıtıcıya giden sarmal koruyucu örtü kırmızı, ısıtıcıdan dönen sarmal koruyucu örtü mavidir. Bu, arama yaparken hata yapma riskini azaltır. Şekil 3.11’de mobil sistemin ve kullanılan PE-X boruların şekilleri görülmektedir [37].

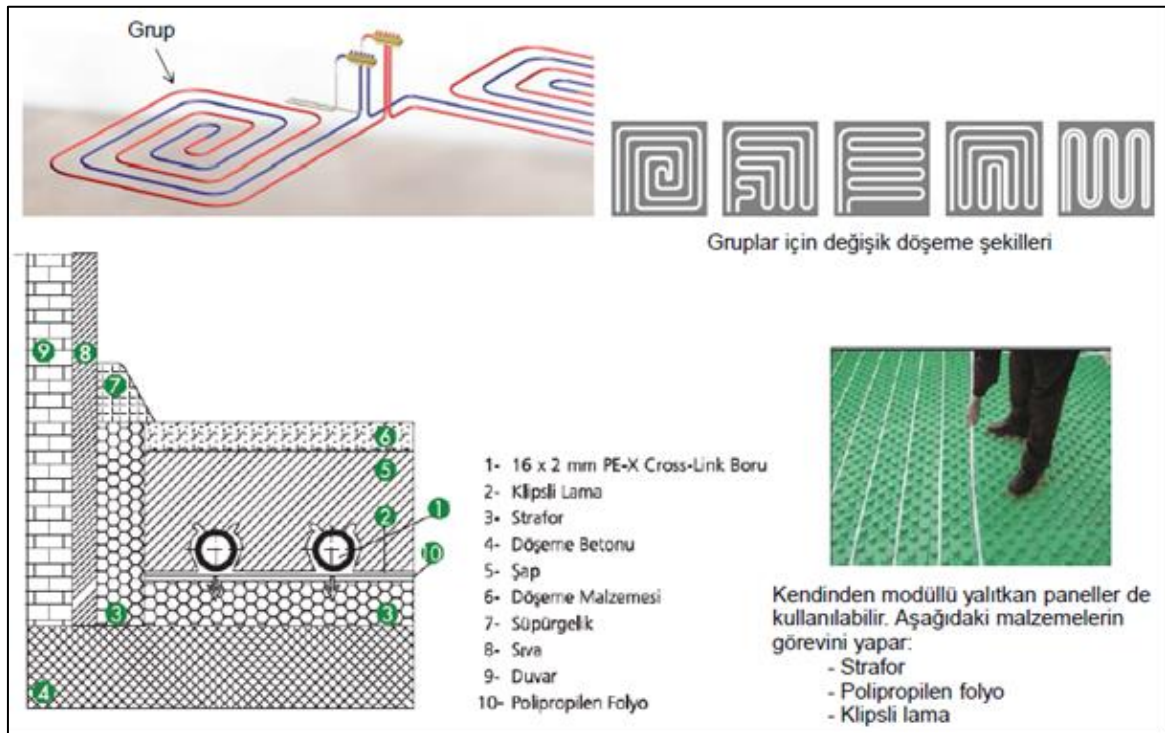


Şekil 3.11. Mobil sistem ve hazır koruyucu spiral kılıflı PE-X borusu [37]

Yerden Isıtmalı sistem

Borular zeminin içine döşendiği için daha çok yeni inşa edilen binalarda kullanılır. Strafor ısı yalıtımı ve ses yalıtımı işlevi görür ve düz zemin betonu ve duvar kenarına polipropilen folyo serilir. Ardından klipsli bıçaklar, belirlenen döşeme yöntemine ve boru aralığına

(modülasyon) göre sabitlenir. Bunların haricinde kendinden modüllü izolasyon plakaları da kullanılabilir. Bu paneller strafor, polipropilen folyo ve klipsli bıçakların görevlerini tek başına yerine getirebilmektedir. Zemine döşenen borunun boyu kollektörde sirkülasyon pompası olup olmamasına durumuna göre 80 – 120 m arasında sınırlı kalmaktadır. Bu durumda borular tek grup olarak zemine uygulanmayacaktır. Başlangıç noktasından itibaren uygun miktarın tamamlanmasına kadar olan boru hattı rezistans tipinde döşenir ve daha sonra tekrar başlangıç noktasına geri döner. Bu gidiş-dönüş işlemine “grup” denilmektedir. [37].



Şekil 3.12. Yerden ısıtma şekilleri [37]

3.2.4. Kullanılan yakıta göre ısıtma sistemleri

Katı yakıtlı, sıvı yakıtlı, gaz yakıtlı ve diğer (güneş, jeotermal ısıtma) şeklinde gruplandırmak mümkündür [38].

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 [38].

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 [38].

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 [38].

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 [38].

3.3. Isıtma Tesisatının Temel Elemanları

3.3.1. 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. 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 [38].

Kalorifer kazanlarını özelliklerine göre birçok farklı kategoride incelemek mümkündür [38].

Kazan malzemesinin cinsine göre;

- Dökme Dilimli Kazanlar
- Çelik Kazanlar

Kullanılan Yakıt Cinsine Göre;

- Katı Yakıtlı
- Sıvı Yakıtlı
- Gaz Yakıtlı

Isıtıcı Akışkanın Cinsine Göre;

- Sıcak Su
- Kaynar Su
- Alçak Basıncılı Buhar
- Yüksek Basıncılı Buhar

Yakıt Odası Basıncına Göre;

- Karşı Basıncılı
- Karşı Basıncısız

3.3.2. Brülör

En az kazanlar kadar önemlidir ve kullanıcının en az bilinen unsurlarından 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. Genel olarak atmosferik ve üflemlili brülörler olarak ikiye ayrılabilirler. Üflemlili brülörlerinde gaz yakıt, tam yanma için gerekli miktarda yanma havası ile önceden karıştırılır. Bu şekilde elde edilen yanıcı karışım yanma odasına gönderilir. Burada, karışımdaki hava oranı tüm yanma koşullarında aynı kalır. Bu nedenle, yanma sonucunda egzoz gazlarının bileşimi değişmeyecektir.

Atmosferik brülörlerin üflemleri brülörden ana farkı, havayı yanma odasına tabii olarak alması ve karışımla birlikte yanmayı sağlamasıdır. Bunların arasında baca, yanma odası ve yanma havası uyumlu olmalıdır. Atmosferik brülörler yalnızca sınırlı (300 000 kcal/saate kadar) bir ısı kapasitesi ile kullanılabilir [38].

3.3.3. Genleşme deposu

Sıcak sulu ısıtma sistemleri 90/70 °C su sıcaklığında çalışırlar. Yani ortalama 80 °C sıcaklıktadır. Sistemdeki besleme suyu sıcaklığı ise 100 °C'dir. 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 tipte olmak üzere iki farklı tip genleşme deposu bulunmaktadır [38].

3.3.4. 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 [38].

3.3.5. 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 [38].

3.3.6. Kombi

Kombi ısıtma cihazları borulardan gelen suyu ısıtma prensibi ile çalışır. 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 kaplarlar ve kurulumları kolaydır. Kombiler oldukça sessiz çalışır. Kombine kazanlar yanma havası beslemesi açısından bacalı, bacalı fanlı ve hermetik olmak üzere üçe ayrılırlar [38].

Bacalı kombiler

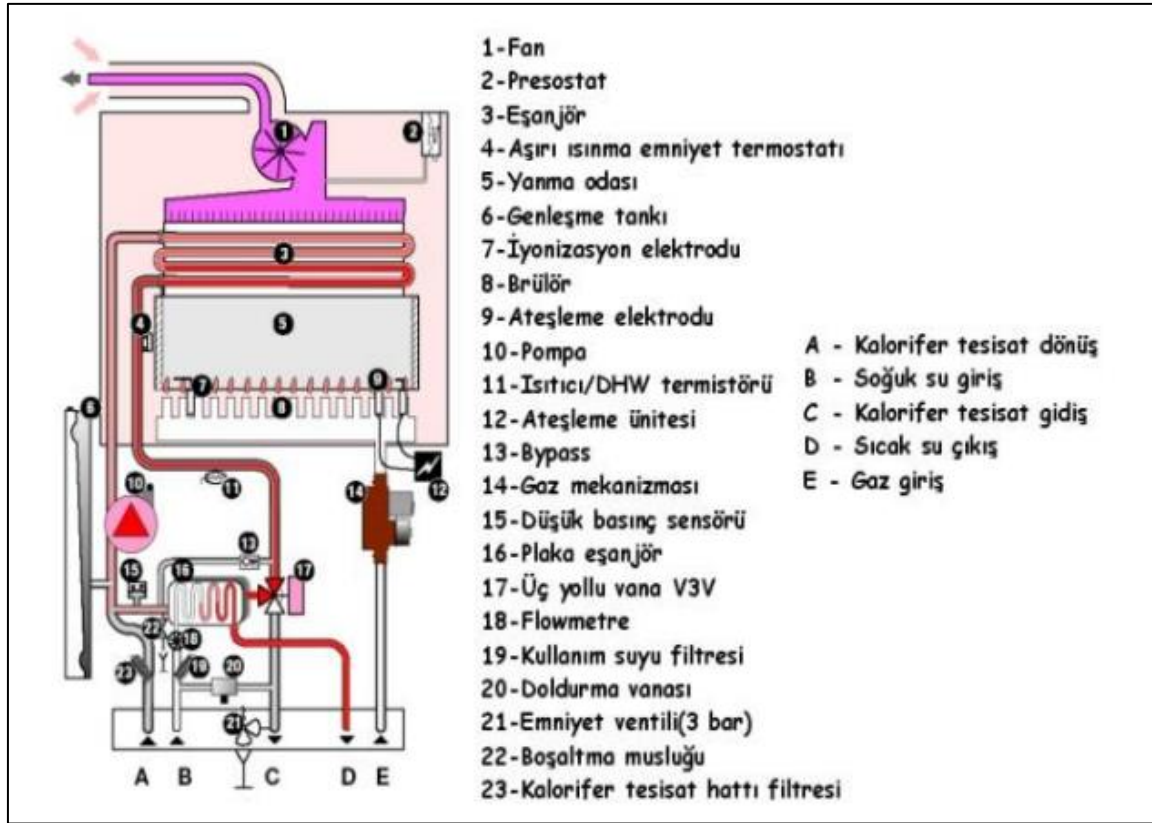
Yanma odası, kombinin bulunduğu ortama açıktır. Yanma işlemi sırasında kombi mevcut ortamın havasını kullanır. Bacalı tip kombi, banyo, yatak odası, apartman alanı ve diğer ortam ve hacimlerin 8 metreküpten az olduğu yerlere kurulamaz. Bacalı tip kombide yanma sonucu oluşan egzoz gazı mevcut baca vasıtasıyla tahliye edilir [38].

Baca fanlı kombiler

Bacaların yetersiz olması durumunda bu tip kombiler kullanılabilir. Yanan gaz, atmosfere açılan pencere veya duvarlardan baca fanı ve baca gazı kanalı vasıtasıyla tahliye edilir. Bacalı tip kombilerin kurulum yerlerindeki tüm kısıtlamalar bacalı fanlı tip kombiler için de geçerlidir [38].

Hermetik Kombiler

Mahalde bir bacaya gerek yoktur. Ortam havasını kullanmadıkları için herhangi bir kısıtlama olmaksızın kullanılırlar. Yanma için ihtiyaç duyulan hava, bir fan ve iç içe geçmiş iki özel borudan oluşan bir akış borusu vasıtasıyla dışarıdan alınır. Bu tip kombiler dış duvar üzerine veya yakınına kurulmalı ve hava besleme borusu atmosfere açık olmalıdır. Apartman aydınlıklarına bağlanmamalıdır. Şekil 3.13'te örnek bir hermetik kombi modeli vardır [38].



Şekil 3.13. Hermetik Kombinin Ana Elemanları [38]

3.3.7. 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 ortamdan 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 m³ ün altındaki hacimlerin ısıtılmasında kullanılamazlar [38].

3.3.8. 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

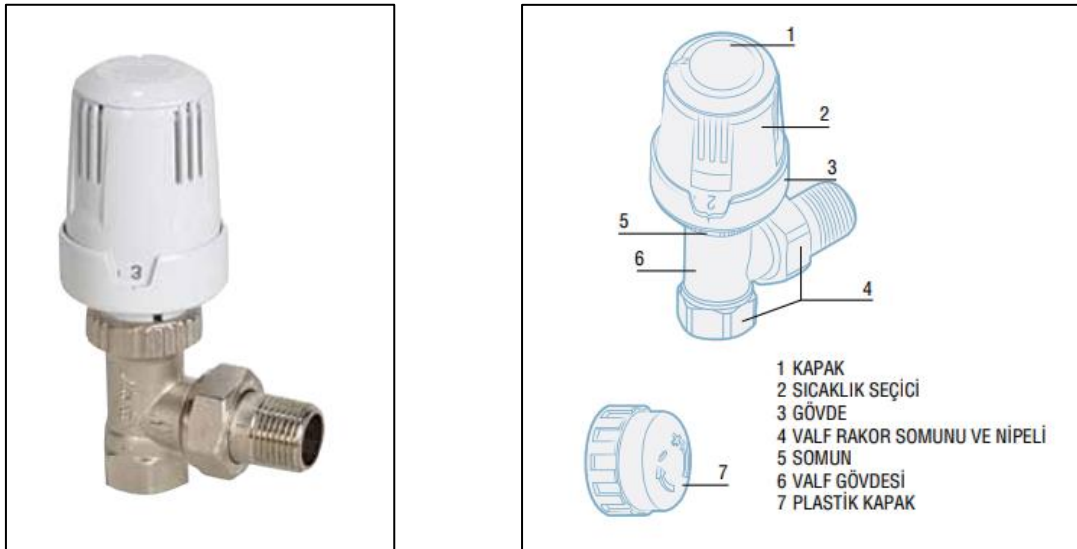
ortamın özelliğine göre farklı dizayn edilmişlerdir. Fakat çoğunlukla radyatör (alüminyum, döküm, sac, panel) kullanılır. Kazanda ısıtılan akışkan radyatörlerde geçerek önce iletimle radyatörün yüzeyini ısıtır. Isınan radyatörün yüzeyi ısıtılmak istenilen ortamın havasıyla temas ederek ısınıp havaya 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 [38].

4. ISITMA SİSTEMİNDE OTOMATİK KONTROL ELEMANLARI

Yakıt tasarrufu, ısı konfor ve kullanım kolaylığı sağlamak için otomatik kontrol sistemleri kullanılmaktadır.

4.1. Termostatik Radyatör Vanası

Termostatik radyatör vanası; Radyatör (petek) veya havlu ısıtıcı üzerine monte edilen, konforlu ısıtma sağlamak için ısıtma devresini ortam sıcaklığına göre otomatik olarak açıp kapatan, "sabit sıcaklık vanası" anlamına gelen merkezi sistem ve kombine kazan elemanıdır. Kontrollü ve sürekli ısıtma sağlar [39].



Resim 4.1 Termostatik Radyatör Vanası [39].

4.1.1. Termostatik radyatör vanasının tanımı

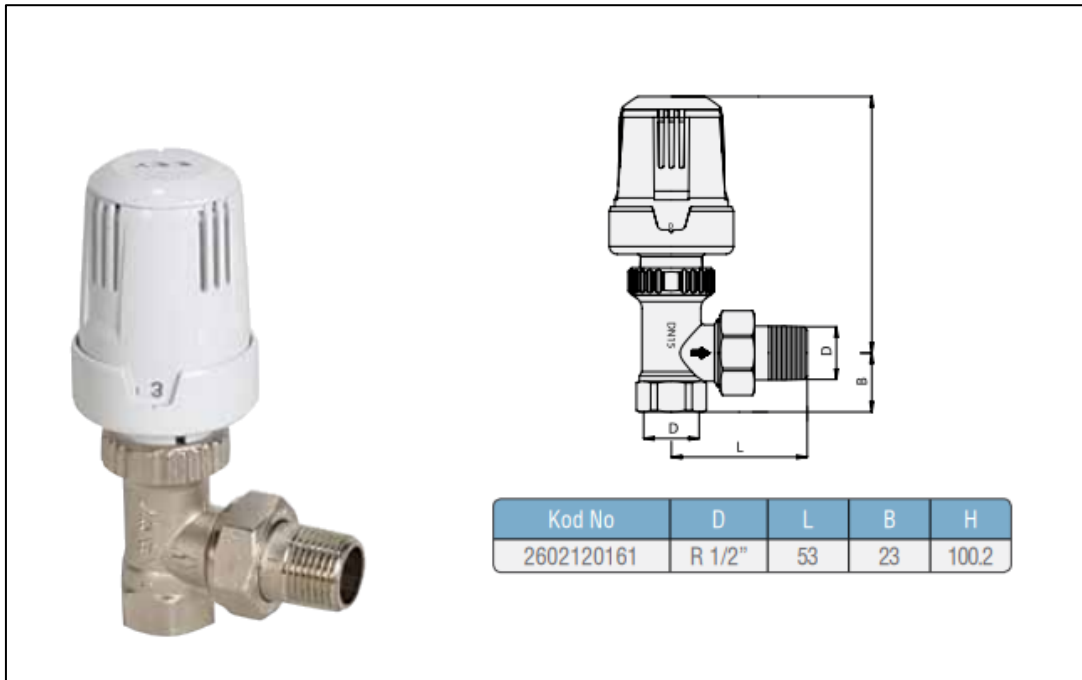
Termostatik vana, oda sıcaklığını istenilen seviyede tutmak, size konforlu bir ortam yaratmak ve gaz (ısıtma) faturalarınızdan tasarruf etmek için radyatörün (çekirdek) sıcak su girişine bağlanan iki parçalı bir cihazdır; bu parçalar "algılayıcı radyatör termostati" ve "termostatik vana" gövdesidir [40].

4.1.2. Termostatik radyatör vanasının çalışma prensibi

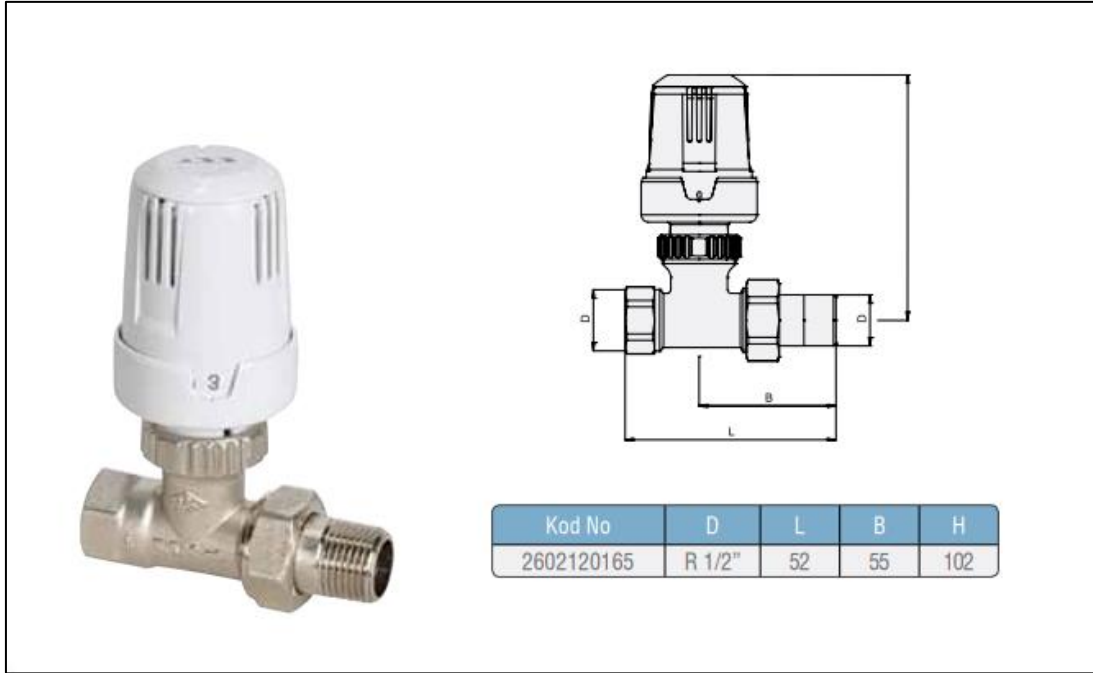
Termostatın üzerindeki skala vasıtasıyla oda sıcaklığını ayarlanır. Oda, sıcaklığı ayarlanan değere ulaştığında termostat vana üzerindeki pime basarak su akışını otomatik olarak azaltır ve radyatörün gereksiz ısı yaymasını önlemek için vanayı kapatır. Bir termostatik radyatör vanasında, oda sıcaklığı iki derece düştüğünde, termostat yeniden başlar ve vana üzerindeki pimi itmeyi durdurur, böylece suyu yeniden dolaştırır. Bu sayede ortamın istenilen sıcaklıkta tutulması ve ortamda konforlu bir ısıtmanın olması sağlanabilir. Bu işlem bu şekilde tekrarlanarak devam eder [40].

4.1.3. Termostatik radyatör vanası çeşitleri

Köşeli ve düz olmak üzere iki tip termostatik radyatör vanası bulunmaktadır. Köşe tipi olan standart radyatörlere takılır. Dik tip olan ise radyatör içerisinde imal edilen ventil tapalara takılır.



Resim 4.2 Köşe Tipi Termostatik Radyatör Vanası [42].



Resim 4.3 Düz Tip Termostatik Radyatör Vanası [42].

4.1.4. Termostatik radyatör vanalarının özellikleri ve çalışma konumları

Termostatik radyatör vanalarının teknik özellikleri ve çalışma konumları çizelge 4.1 ve çizelge 4.2’de gösterilmiştir [41]

Çizelge 4.1 Termostatik Radyatör Vanası Teknik Özellikleri [41]

Bağlantı Giriş (inç)	1/2	1/2
Bağlantı Çıkış (inç)	1/2	1/2
Maksimum Çalışma Basıncı (bar)	10	10
Maksimum Çalışma Farkı (bar)	0,6	0,6
Test Basıncı (bar)	16	16
Maksimum Çalışma Sıcaklığı (°C)	+120	+120
Kullanım Aralığı (°C)	+5	+29

Termostatik vanalar 0, *, 1, 2, 3, 4, 5 gibi kademelerin yanı sıra sıcaklık göstergesine de sahip olabilir. Bu sayıların dereceleri sırasıyla 5°C, 8°C, 12°C, 16°C, 20°C, 24°C ve 28°C’dir. Ara dereceler kademeler arasındaki çubuklar ile belirlenebilmektedir. Termostatik vanada bulunan pimler ayarlanarak sabit sıcaklıkta ya da maksimum sıcaklıkta çalışacak şekilde uyarlanabilir [41].

Çizelge 4.2. Termostatik Radyatör Vanasının Çalışma Konumları [41]

Valfin Konumu	Sıcaklık	Konutlar
0	5	-
*	7	-
1	11	-
2	16	Hobi Alanları
2-3	18	Mutfak, Koridor, WC
3	20	Yatak Odası
3-4	22	Oturma odası ve Çocuk Odası
4	24	Yaşlıların Odaları
5	29	Banyo, Duş Soyunma Odaları

4.1.5. Termostatik radyatör vanasının avantajları

- Her mahal için ayrı bir şekilde sıcaklık kontrolü sağlar.
- Sabit bir şekilde oda sıcaklığı ve konforlu ısıtma sağlar.
- Aşırı ısınma olmadığı için tasarruf elde edilir.
- Toz yanması olmaz ve kurumu önler.
- Katlar arasında eşit olmayan ısınmayı önler.
- Uzun süreli olarak kontrollü ısınma sağlar.
- Çalışması için enerjiye ihtiyacı yoktur ve işletme maliyeti yoktur.
- Sistemdeki diğer otomatik kontrol sistemleriyle uyum içinde çalışır [40].

4.1.6. Termostatik radyatör vanasının montajı

Termostatik radyatör vanası iki parçadan oluşur. Bunlar; valf gövdesi ve sensördür.

Vana gövdesinin montajı

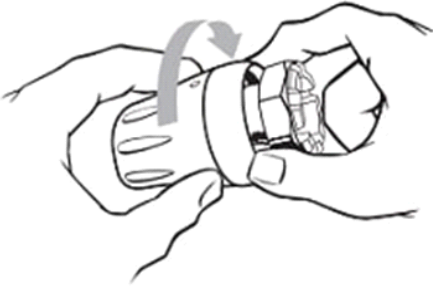
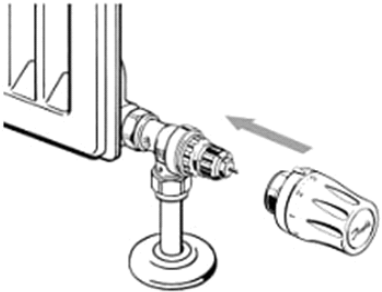
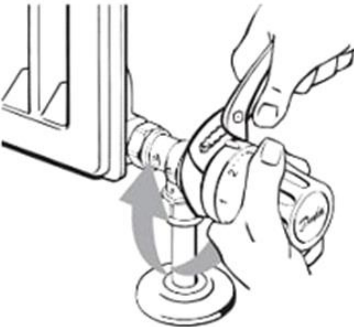
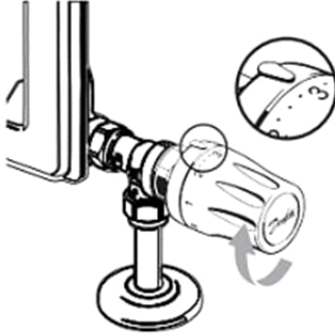
Valf gövdesindeki rakoru çıkarılır. Vananın radyatöre bağlanan kısmı bir sızdırmazlık elemanı (keten, macun, kalay folyo vb.) ile sarılarak radyatör üzerine monte edilir.

- Sızdırmazlık elemanı vanaya bağlanarak borunun etrafına sarılır ve vana gövdesi boru üzerine monte edilir.
- Ardından, boru hattına monte edilen vana gövdesini bir anahtar ile sıkılır ve vana gövdesi montajını tamamlamak için radyatör üzerindeki rakoru sıkılır [40].

Algılayıcı (sensör) montajı

Valf gövdesi ısıtıcıya uygun şekilde monte edildikten sonra valf gövdesi kapağı çıkarılır. Sensör, herhangi bir donanım gerektirmeden vanaya kolayca bağlanabilir. Sensör gövdeye takıldığında yaylı kilit bağlantısı devreye girer ve sensör sıkıca bağlanır. Sökme işleminin gerekli olduğu durumlarda sıkıştırma flanşı mekanizmasını Şekil 4.1'de gösterildiği gibi sıkılır ve sensör ok yönünde çevrilir [40].

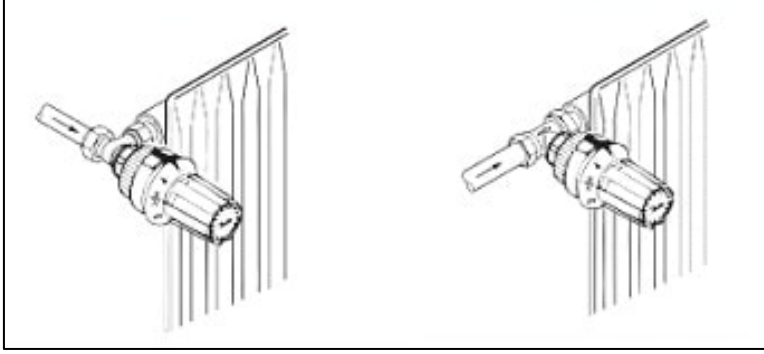
Termostatik vana kurulum kılavuzu

 Vanadan başlığı çıkartıp sensörü S'e getirin. Yalnızca sensör gövdesinin alt kısmı biraz daha serbest olana kadar rakor somununun sensör gövdesine doğru gevşek şekilde yukarıya döndürülmüş olduğundan emin olun.	 Vananın üzerine sensörü sıkıca bastırın. Sensör yataylığı: skala göstergesinin üstte olmasını sağlayın. Sensör dikeyliği: skala göstergesinin önde olmasını sağlayın.
 Sensörü vana üzerinde sıkıca tutarken rakor somununu el yardımıyla saat yönünde döndürerek bağlantıyı sağlamlaştırın. Sensörü vana üzerinde sıkıca tutmaya devam ederken metal rakoru tamamen sıkıştırın.	 İstenilen oda sıcaklığına ayarlayın. Sensörü sökmek: Sensörü maksimum 5 konumuna getirin. Kilitleme mekanizmasını bırakmak için rakoru saat yönünün tersine döndürün.

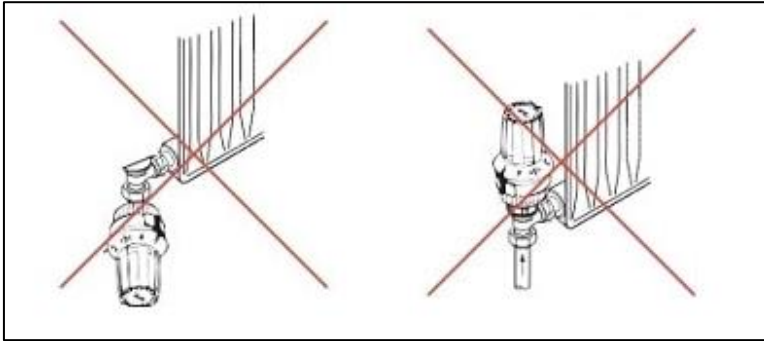
Şekil 4.1. Termostatik vana kurulumu [40]

Termostatik radyatör vanası montaj şekilleri

Aşağıdaki şekillerde Termostatik Radyatör anasının doğru ve yanlış montaj şekilleri görülmektedir [31].



Şekil 4.2. Termostatik radyatör vanasının doğru montaj uygulaması [43]



Şekil 4.3. Termostatik radyatör vanasının yanlış montaj uygulaması [43]

4.1.7. Termostatik radyatör vanası ayar konumu

Çizelge 4.3. Termostatik Radyatör Vanası Çalışma Konumları [41]

Valfin Konumu	Sıcaklık	Konutlar
0	5	-
*	7	-
1	11	-
2	16	Hobi Alanları
2-3 ortası	18	Mutfak, WC
3	20	Yatak Odası, Antre
3-4 ortası	22	Oturma odası ve Çocuk Odası
4	24	Yaşlıların Odaları
5	29	Banyo, Duş Soyunma Odaları

[0] Konumu: Kapalı durumu gösteren bir noktadır.

[*] Konumu: Radyatör kullanılmadığında vananın ayarlanacağı nokta burasıdır.

[1] Konumu: Ev bireysel olarak ısıtılıyorsa, evden uzun süre uzak kalınacak zamanlarda vanayı bu konumda getirilir.

[2] Konumu: Yatak odası için önerilen değerdir. Ayrıca ev merkezi sistemle ısıtılıyorsa vana bu minimum değerde tutulabilir. Bu sınır, özellikle ısı paylaşım sistemleri kullanıldığında, evler arasındaki haksız ısı transferini ortadan kaldırmak için yasal olarak belirlenmiştir.

[3] Konumu: Sürekli yaşam alanları için önerilen ayar noktasıdır.

[4] Konumu: Banyo için önerilen ayar noktasıdır.

[5] Konumu: En çok sıcaklık elde edilebilecek tepe noktasıdır [40].

Termostatik Radyatör Vanası Ayar Konumunda Dikkat Edilmesi Gereken Konular

- Oda sıcaklığında 1 °C'lık bir azalma, yaklaşık %6'lık bir tasarruf anlamına gelir.
- Radyatör soğuma varsa vana ayarı değiştirilmez Radyatörün soğuması, oda sıcaklığının istenilen seviyeye ulaştığını gösterir.
- Termostatik vana ile hava arasındaki temasın kesilmemesi gerekir. Vananın önüne herhangi bir şey yerleştirmesi durumunda en az 15 cm boşluk bırakılması gerekmektedir [40].

4.1.8. Termostatik radyatör vanasında sıcaklık limitleme

Sensör, üzerindeki üst ve alt limit pimleri kullanılarak belirli bir sıcaklık aralığında çalışacak şekilde sınırlandırılabilir [40].

Sıcaklık alt limitleme

Tesisata termostatik radyatör vanası (TRV) takıldıktan sonra sensör sıcaklık göstergesi alt sıcaklık limiti için * (yıldız) konumuna ayarlanır. Alt limit pimine bir tornavida ile

basıldığında, sensör ölçeği alt limit noktasına döner ve limit pimini alt limit sıcaklığında serbest bırakır [40].

Sıcaklık üst limitleme

Üst sıcaklık limiti için sensör sıcaklık göstergesi 5 (beş) konumuna getirilir. Üst limit pimine tornavida ile basılarak sensör skalası üst limitin ayarlanacağı noktaya döndürülür ve limit pimi üst limitin ayarlanacağı sıcaklıkta serbest bırakılır [40].

4.2. Oda Termostatu

İstenilen odanın istenilen sıcaklıkta tutulmasını sağlar. Odadaki oda termostatu ile kombiye gitmeye gerek kalmadan sıcaklık kontrolü ve çalışma saatlerinin ayarlanması yapılabilmektedir.

Oda termostatu (Şekil 4.4) kombi uygulamalarında uzaktan kontrol imkanı sağlar. Oda termostatları normalde en yoğun odaya kurulmalıdır. Bir yer seçerken, sensörün odadaki sıcaklığı en iyi şekilde algılayabilmesi için termostatin doğrudan güneş ışığına maruz kalmadığından ve diğer ısıtma veya soğutma kaynaklarına çok yakın olmamasına dikkat etmek gerekmektedir. Montaj yüksekliği yerden yaklaşık 1,5 metre veya tavanın ve zeminin ortasında olmalıdır [44].



Şekil 4.4. Oda termostatu

Oda termostatlarının ayarı, üzerinde bulunan ayar butonları kullanılarak yapılır. Genellikle 30 ° C'ye kadar bir sıcaklık ayarı vardır. Burada odadaki hava sıcaklığı ayarlanan sıcaklığa ulaştığında termostat ısıtıcıyı kapatır ve sıcaklık düştüğünde cihazı tekrar çalıştırır [44].

4.3. Otomatik Kontrol Vanaları (İki Yollu, Üç Yollu, Dört Yollu Vanalar)

Otomatik kontrol valfleri, genellikle kontrol güvenlik işlevini elde etmek için gereken zamanda boru sistemindeki akışkanı durdurabilen, azaltabilen (ayarlayabilen) veya yol verebilen mekanik bileşenlerdir. Kontrol valfi, bir tahrik cihazı (servo motor, aktüatör vb.) aracılığıyla akışkanın kesitini değiştirebilen, böylece akışkanın hacmini (akışını) veya yönünü ayarlayabilen bir valftir.

Otomatik Kontrol vanaları(valfleri) aşağıdaki amaçları karşılamak için kullanılır.

- Belirli bir zamana veya olaya bağlı olarak akışı tamamen durdurmak veya yol vermek.
- Akışı belirli bir süreliğine veya kontrol fonksiyonu sonucu akışı kontrol edebilen minimum akış değeri ile maksimum akış değeri arasında değiştirmek.
- Akışı yönlendirmek için.
- Diğer yönlerden akışı toplamak (karıştırmak) için

Valf içinden akışkanların (su, buhar vb.) akışı açısından valf gövdeleri; İki yollu, üç yollu (ayırıcı ve karıştırıcı) ve dört yollu olarak tanımlanabilirler [45].

4.3.1. İki yollu vanalar

Valf boyunca kontrollü sıvı akışı için tanımlanmış giriş ve çıkış yollarına sahip iki yollu valfler; Her türlü akışkanın (sıvı, gaz ve buhar) orantılı veya iki konumlu kontrolü için kullanılır [45].

4.3.2. Üç yollu vanalar

Üç yollu vanalar, karıştırma vanaları ve ayırma vanaları olarak ikiye ayrılır. [45].

Üç yollu karıştırıcı vanalar

Üç yollu karışım vanalarının iki giriş ve bir çıkış olmak üzere üç yolu vardır. Valf milinin hareketi ile girişlerden geçen akışkan, çıkış ağzından karışık olarak geçer ve çıkış ağzı hiçbir şekilde kapanmaz. Karıştırıcı olarak tasarlanmış bir vana seperatör olarak da kullanılabilir. Bu tip vanalar tipik olarak sıcak, soğuk ve sıcak su kontrol devrelerinde kullanılır [45].

Üç Yollu Ayırıştırıcı Vanalar

Tek girişli ve iki çıkışlı vanalar. Bu tip vanalar, üretim maliyeti nedeniyle günümüzde yaygın olarak üretilmemektedir. 3 yollu yön değiştirme vanaları tipik olarak yüksek sıcaklıktaki ısıtma akışkan devrelerinde (sıcak su, kızgın yağ vb.) veya akışkan yönünün ayrılması gereken akışkan kontrol devrelerinde kullanılır [45].

4.3.3. Dört yollu vanalar

Dört yollu vanada kazandan gelen ılık su ile radyatörlerden dönen soğutulmuş su karıştırılır. Bu karışım suyunun bir kısmı radyatörlere bir kısmı da kazana geri döner. Dört yollu vananın kolu farklı pozisyonlara çevrilerek kazan suyu ile sistemden gelen dönüş suyu farklı oranlarda karıştırılabilir ve istenilen sıcaklıktaki su radyatörlere gönderilebilir.

4.4. Dış Hava Sıcaklık Sensörü

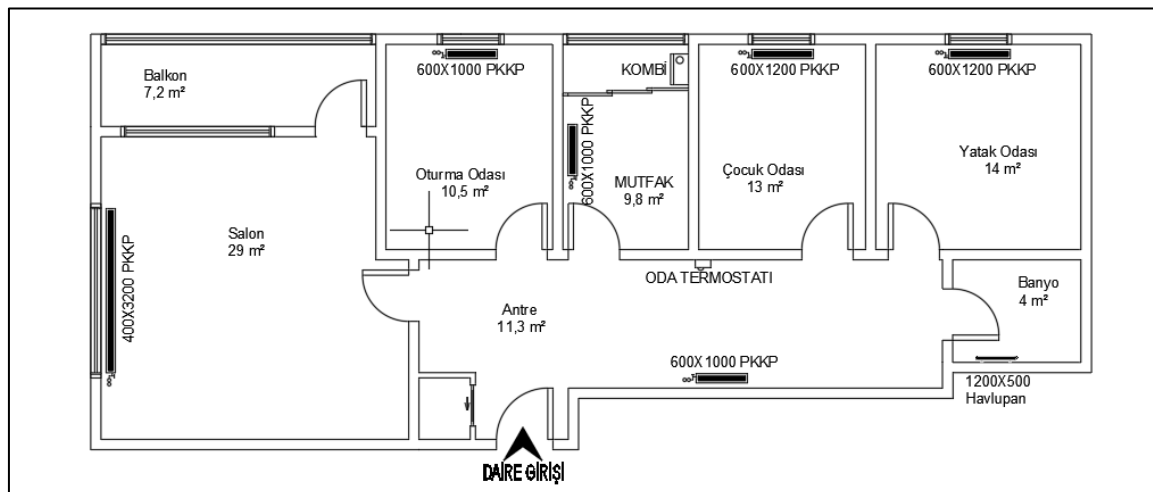
Kalorifer suyu sıcaklığının kullanıcı tarafından oda sıcaklığına bağlı olarak manuel olarak ayarlanması, odanın aşırı ısınmasına, konfor koşullarının kötüleşmesine, kazan veriminin düşmesine ve yakıt tüketiminin artmasına neden olur. Dış sıcaklık sensörleri, kombi buhar sisteminin dış sıcaklığa bağlı olarak ısıtma suyu sıcaklığını otomatik olarak düzenlemesini sağlayan cihazlardır.

5. MATERYAL VE METOD

5.1. Deneylerin Yapıldığı Daire

Deneyler, Bademlik Mahallesi 1159. Sokak Akın Apartmanı 3/7 Keçiören/ANKARA adresinde bulunan bireysel ısıtma sistemli (kombili) dairede yapılmıştır. Bu dairenin bulunduğu bina; bodrum, zemin ve 3 kattan oluşmaktadır. Kat planı Şekil 5.1’de görünen deneyin yapılmış olduğu daire 2. katta bulunmaktadır. Kat yüksekliği 2.7 metredir. Dış duvarları kuzey ve batı cephelerine bakmaktadır. Evin dış cephesinde mantolama bulunmaktadır.

Kuzey Cephe



Şekil 5.1. Daire planı

5.2. Isıtma Sisteminde Kullanılan Elemanlar

Deneylerde söz konusu dairede bulunan Tam Yoğuşmalı kombi kullanılmıştır. Deneylerde tesisat suyu sıcaklığı 47 °C’de sabit tutulmuştur. Tam Yoğuşmalı kombiler, ihtiyaca göre ayarlanabilen ısıtma kapasitesine sahiptir. Akıllı ısıtma sistemleri sayesinde ortamın anlık ihtiyacına bağlı olarak NTC sensörler ile alev modülasyonunu frekans kontrollü fan ve gaz valfi ile doğru orantılı çalışarak sağlamaktadırlar. Cihazın bu özelliği ile yüksek verim ve yakıt tasarrufu elde edilmektedir. Radyatör sıcaklık aralığı minimum 40 °C, maksimum 85 °C derece arası olurken aynı zamanda yerden ısıtma sistemlerinde de

kullanılabilmektedirler. Anında kullanım sıcak su konforu sunan cihazın sıcaklık aralığı minimum 35 °C ve maksimum 60 °C derece aralığında değişebilmektedir.



Resim 5.1. Deneylerde Kullanılan Tam Yoğuşmalı Kombi (20 000 Kcal)

Çizelge 5.1. Tam Yoğuşmalı Kombi özellikleri

Boyutlar	42 x 74 x 31	(cm)
Ağırlık	32,3	(Kg)
Garanti Bilgisi	2	(Yıl)
Ürünün Özellikleri		
ErP - Verimlilik Sınıfı	A	
ErP - Isıtma Verimliliği	92	[%]
Nominal Isı Gücü	22	[kW]
Maksimum Isı Gücü (80-60°C)	22,4	[kW]
Minimum Isı Gücü (80-60°C)	5,8	[kW]
Maksimum Isı Gücü (50-30°C)	24,7	[kW]
Genleşme Tankı Kapasitesi	7	[Litre]
Sıcak Su Yük Profili	XL	
Mevsimsel Sıcak Su Verimlilik Sınıfı	A	
Sıcak Su Verimliliği	86	[%]
Kullanım Suyu Debisi	11	[Litre/dk]
En Düşük Kullanım Suyu Çıkışı	1,5	[Litre/dk]
Ses Gücü	51	[dB(A)]
Baca Boyu	60	[mm]
NOx Sınıfı	5	
Elektrik Yüğü	130	[W]
Net Ağırlığı	32,3	[kg-+]

Çizelge 5.1. (devam) Tam Yoğuşmalı Kombi özellikleri

Yükseklik	740	[mm]
Genişlik	420	[mm]
Derinlik	310	[mm]
Elektriksel Koruması	IP X4D	
En Düşük Sıcak Su Ayarı	38	[°C]
En Düşük Petek Ayarı	10	[°C]
Garanti	2	[YIL]
Sıcak Su Isıtma Gücü	24	[kW]

Deneyleerde dairede hâlihazırda bulunan havlupan dahil 7 adet panel radyatör kullanılmıştır. Radyatör ölçüleri daire planında belirtilmiştir. Panel radyatörler 25 mm aralıklı ısıt gücü en yüksek radyatörlerdir. Zirkonyum boyama ve kataforez teknolojisi kullanılarak yapılan radyatörlerin ortalama kullanım ömrü 15 yıldır.



Resim 5.2. Panel Radyatör

Çizelge 5.2. Radyatör teknik özellikleri

Genel Özellikler		
Tip	22	
Hatve Mesafesi	25	(mm)
Boya	Zirkonyum Kaplama ve Kataforez Boya	
Test Basıncı	13	(bar)
Garanti	10	Yıl
Kapasite		
300 mm / (75 °C- 65 °C)	1 052	(watt)
400 mm / (75 °C- 65 °C)	1 315	(watt)
500 mm / (75 °C- 65 °C)	1 563	(watt)
600 mm / (75 °C- 65 °C)	1 798	(watt)

Çizelge 5.2. (devam) Radyatör teknik özellikleri

900 mm / (75 °C- 65 °C)	2 448	(watt)
300 mm / (75 °C- 65 °C)	905	(kcal/h)
400 mm / (75 °C- 65 °C)	1 131	(kcal/h)
500 mm / (75 °C- 65 °C)	1 344	(kcal/h)
600 mm / (75 °C- 65 °C)	1 546	(kcal/h)
900 mm / (75 °C- 65 °C)	2 105	(kcal/h)
Boyutları		
Yükseklik	300-400-500-600-900	(mm)
Uzunluk (Min.- Max.)	400- 3000	(mm)
Derinlik	105	(mm)
Ağırlık (600 mm- 1 m için)	33,7	(kg)
Diğer Özellikler		
Su Hacmi	5,6	(lt)
Zemine Montaj Özelliği	Var	

Panel radyatörlerde 400 ile 3000 mm arasında uzunluk seçenekleri vardır. Yüksek işletme basıncına olanak sağlamaktadır. Radyatörün ortama verdiği ısı değerler boyutlarına göre yukarıdaki tabloda verilmiştir. Deneylerde kullanılan radyatörler TSE, BSI (İngiltere), DIN (Almanya), CE gibi belgelere sahip olup, kalitesi tüm Dünya tarafından onaylanmıştır.

Deneylerimizde termostatik radyatör vanası olarak 7 adet köşe tipi ½’’ Termostatik Radyatör Vanası kullanmıştır. TRV’nin set değerleri Çizelge 3.4. ‘te verilmiştir.



Resim 5.3. Deneylerde Kullanılan Termostatik Radyatör Vanası

Deneylerde ortam sıcaklığını ölçmek için Testo 625 Termohigrometre kullanılmıştır. Sıcaklık, nem, yaş termometre sıcaklığı veya çiğlenme noktasını da ölçme imkânı sağlamaktadır. Ayrıca ölçülen değerler, uzak mesafelerden kablosuz olarak iletilebilmektedir.

Çizelge 5.3. Testo 625 Termohigrometre ürün özellikleri

Ölçüm aralığı (NTC)	-10 +60 °C
Ölçüm aralığı (testo nem sensörü)	0 +100 %RH
Ölçüm aralığı (K-tipi, NiCr-Ni)	-200 + 1 370 °C
Doğruluk (NTC)	±0,5 °C
Doğruluk (testo nem sensörü)	±2,5 %RH (+5 +95 %RH)
Çözünürlük (NTC)	0,1 °C
Çözünürlük (testo nem sensörü)	0,1 %RH
Çözünürlük (K-tipi, NiCr-Ni)	0,1 °C
Saklama sıcaklığı	- 40 +85 °C
Çalışma sıcaklığı	-20 +50 °C
Batarya tipi	9V blok batarya, 6F22
Batarya ömrü	70 saat (kablosuz çalışma olmadan)
Ağırlığı	195 g
Boyutlar	182 x 64 x 40 mm
Malzeme/gövde	ABS



Resim 5.4. Deneylerde Kullanılan Sıcaklık Ölçüm Cihazı (Termohigrometre)

Deney boyunca radyatörün yüzeyindeki sıcaklık dağılımını rakamsal ve renk dağılımını belirlemek için, FLIR T620 Termal Kamera kullanılmıştır. Termal kamera, bir yüzeydeki sıcaklık dağılımını ve değerini tespit etmek için kullanılan bir cihazdır.



Resim 5.5. Deneylerde Kullanılan FLIR T620 Termal Kamera

Çizelge 5.4. FLIR T620 Termal Kamera ürün özellikleri

IR çözünürlüğü (FPA boyutu)	Soğutmasız mikrobolometre 640 x 480
Spektral bant	7,8 μm - 14 μm
Yakalama veya yenileme hızı	30 Hz
NETD (Termal hassasiyet)	<40 mK @ 30 °C
FOV (Görüş alanı)	25° x 19° / 0,25 m 15° x 11° / 0,5 m 45° x 34° / 0,15 m
IFOV (Uzamsal çözünürlük)	0.68 mrad for 25° lens 0.41 mrad for 15° lens 1.23 mrad for 45° lens
Sıcaklık ölçüm aralığı	(-)40 °C to +150 °C +100 °C to +650 °C +300 °C to +2,000 °C
Sıcaklık ölçüm hassasiyeti	± 2 °C or $\pm 2\%$
Odak mekanizması	Manual / otomatik
IR-Fusion ® teknoloji	Termal görüntü

Çizelge 5.4. (devam) FLIR T620 Termal Kamera ürün özellikleri

MSX/GPS/PUSULA	GPS and Pusula
Kablosuz özellik	Bluetooth®, WiFi
Isotherm	İzoterm (yüksek/düşük/aralık değerlerinin tespiti)
Alarm	sesli/renkli
Standart paletler	Kutup, Gri, Demir, Lav, Gökkuşağı, Gökkuşağı HC
Kullanıcı tarafından tanımlanabilir nokta belirteçleri	10 spot metre
Merkez kutu (MIN/AVG/MAX)	5 adet kutu veya daire maks. /min./ort. değer
Ağırlık	1300 gr
Boyut	143x196x94mm
LCD ekran	4.3" süper parlak dokunmatik ekran LCD 800x480 pixels
Görüntü boyutu	5MP
Lazer işaretçi	Evet
Digital Zoom	1-4x
Açıklama (ses veya text)	Ses (60 sn.); yazılı açıklama
Video kaydı (MPEG kodlamalı standart AVI)	Radyometrik olmayan infrared video kaydı
Pil / Pil ömrü	Li-ion pil / 2,5 saat
(IP) değeri / Titreşim/ darbe	IP54/2G/25G
Bellek depolama	1000 radiometric JPEG images
Çalışma sıcaklığı aralığı	(-15°C - +50°C)
Depolama sıcaklığı aralığı	(-40°C - +50°C)
Çalışma nem oranı	95%

5.3. Teorik Analiz

Belirsizlik Analizi

Çalışmada oluşan belirsizlikler denklem (1) kullanılarak hesaplanmıştır. Sıcaklık ve doğal gaz ölçümündeki hatalar farklı farklı belirlenmiş ve belirsizliğin toplam değeri 1,002 olarak ortaya çıkmıştır.

$$W_F = \left[\left(\frac{\partial F}{\partial x_1} w_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial x_2} w_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial x_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

Bu ifadedeki F değeri x bağımsız değişkenler ile tarif edilen bir fonksiyon, W ifadeleri de belirsizlik değerlerini göstermektedir.

Sıcaklık ölçümlerinde $\pm 0,05$ °C hassasiyetli termal kamera kullanılmış, sıcaklık ölçüm noktasının hassasiyeti 0,8 olarak dikkate alınmıştır. Okumanın 0,3'lük hassasiyetle yapıldığı hesaba katılarak ölçülen sıcaklık değerlerindeki belirsizlik denklem (2) kullanılarak $\pm 0,855$ °C olarak hesaplanmıştır.

$$W_{\text{sıcaklık}} = \left[(w_{\text{kamera}})^2 + (w_{\text{yer}})^2 + (w_{\text{okuma}})^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 0.855 \quad (2)$$

Doğal gaz tüketimi, $\pm 0,5$ m³ hassasiyetli sayaçtan okunmuştur. Okuma hassasiyeti ise 0,15 olarak hesaba katılmıştır. Belirsizlik denklem (3) kullanılarak $\pm 0,522$ m³ hesaplanmıştır.

$$W_{\text{gaz ölçümü}} = \left[(w_{\text{sayaç}})^2 + (w_{\text{okuma}})^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 0.522 \quad (3)$$

Amortisman, Geri Ödeme Süresi ve Tasarruf Miktarı Hesap Yöntemi

Yapılan iyileştirmenin ekonomik olarak değerlendirilebilmesi için amortisman ve geri ödeme süresinin hesaplanması gerekmektedir. Vergi usul kanununa göre amortisman hesabında kullanılan iki yöntemden bahsetmek mümkündür. Bunlardan biri normal amortisman yöntemi diğeri ise azalan bakiyeler yöntemidir. Normal amortisman yönteminde amortisman değeri yatırım maliyeti malzemenin faydalı ömrüne bölünerek bulunurken azalan bakiyeler yönteminde her yıl üzerinden hesaplanacak tutar daha önce belirlenen amortisman miktarlarının düşülmesi ile bulunur. Yapılan çalışmada normal amortisman hesabı denklem (4) kullanılarak amortisman değeri aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$\text{Yıllık amortisman tutarı} = \frac{\text{Maliyet}}{\text{Faydalı Ömür}} \quad (4)$$

Geri ödeme süresi de denklem (5) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Geri ödeme süresi} = \frac{\text{Projenin yatırım tutarı} - \text{Hurda değer}}{\text{Yıllık ortalama net kar} + \text{Yıllık amortisman payları}} \quad (5)$$

Gaz tüketim miktarı her saatin başında ve sonunda doğal gaz sayacından okunan değerlerin farkı alınarak denklem (6) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Gaz tüketim miktarı} = \text{Son endeks} - \text{ilk endeks} \quad (6)$$

Sonuçların kıyaslanabilmesi için dış ortam sıcaklıklarının eşit ya da birbirine yakın olması beklenmektedir. Ancak deneyler gerçek hava şartlarında yapıldığı için eşit dış ortam sıcaklıkları elde etmek oldukça zordur. Bu nedenle iki deney arasındaki sıcaklık farklarının minimize edilmesi için deneyler 3'er gün sürdürülmüş ve ortalama değerler dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Ortalama değerler denklem (7) yardımıyla bulunmuştur.

$$T_{\text{ort}} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_{24}}{24} \quad (7)$$

Elde edilen doğal gaz tasarrufu, TRV'siz durumda kullanılan doğal gaz miktarından TRV'li durumdaki doğal gaz tüketim miktarı çıkarılıp TRV'siz durumda tüketilen doğal gaz miktarına bölerek hesaplanmış ve 100 ile çarpılarak % olarak ifade edilerek denklem (8) 'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Doğal gaz tasarruf miktarı (\%)} = \frac{\text{Gaz tüketimi}_{\text{TRV'siz}} - \text{Gaz tüketimi}_{\text{TRV'li}}}{\text{Gaz tüketimi}_{\text{TRV'siz}}} \times 100 \quad (8)$$

6. BULGULAR ve TARTIŞMA

6.1. Deneyin Yapılışı

Deneyler TRV'siz ve TRV'li olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. TRV'siz deneyler 23-24 ve 25 Mart 2019 tarihlerinde Radyatörlere herhangi bir TRV takılmadan mahallin ısıtma ihtiyacı karşılanarak yapılmıştır. TRV'li deneyler ise 30-31 Mart, 01 Nisan 2019 tarihlerinde radyatörlere TRV bağlanarak mahallin ısıtma ihtiyacı karşılanarak yapılmıştır.

İki farklı durumdaki deneylerin hepsinde de deney başlangıcı 19:00 ve bitişi ertesi gün 19:00 olmak üzere 24 saat boyunca her saat başı dış hava sıcaklığı, ortam sıcaklıkları ve gaz tüketimi değerleri ölçülerek yapılmıştır.

Sonuçların kıyaslanabilmesi için dış ortam sıcaklıklarının eşit ya da birbirine yakın olması beklenmektedir. Ancak deneyler gerçek hava şartlarında yapıldığı için eşit dış ortam sıcaklıkları elde etmek oldukça zordur. Bu nedenle iki deney arasındaki sıcaklık farklarının minimize edilmesi için deneyler 3'er gün sürdürülmüş ve ortalama değerler dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır.

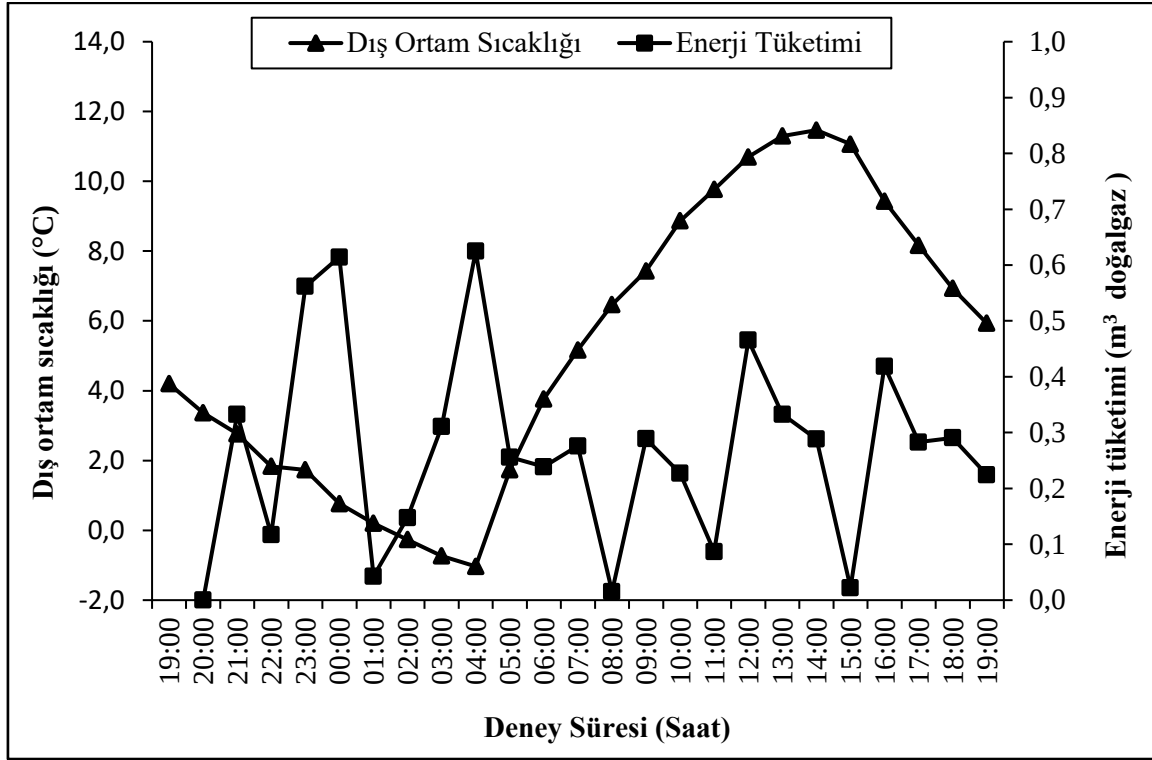
Her durum için 3 günlük deney verilerinin ortalaması alınarak grafikler oluşturulmuş ve irdelenmiştir. Kombi tesisat suyu sıcaklığı 47 °C'de set edilmiştir. 7 adet TRV kullanılmıştır. TRV'nin set değerleri Çizelge 3.4. 'te verilmiştir.

6.2. Deneysel Veriler

Deneyler sonucunda aşağıdaki analizlere ulaşılmıştır.

- TRV kullanılmadığı zaman dış ortam sıcaklığı ve doğalgaz tüketim miktarı
- TRV kullanıldığı zaman dış ortam sıcaklığı ve doğalgaz tüketim miktarı
- TRV kullanılmadığında tüm odaların ortalama sıcaklığı ve doğalgaz tüketim miktarı
- TRV kullanıldığında tüm odaların ortalama sıcaklığı ve doğalgaz tüketim miktarı

Deney sonucunda oluşan verilerin detaylı analize sırasıyla aşağıda belirtilmiştir.

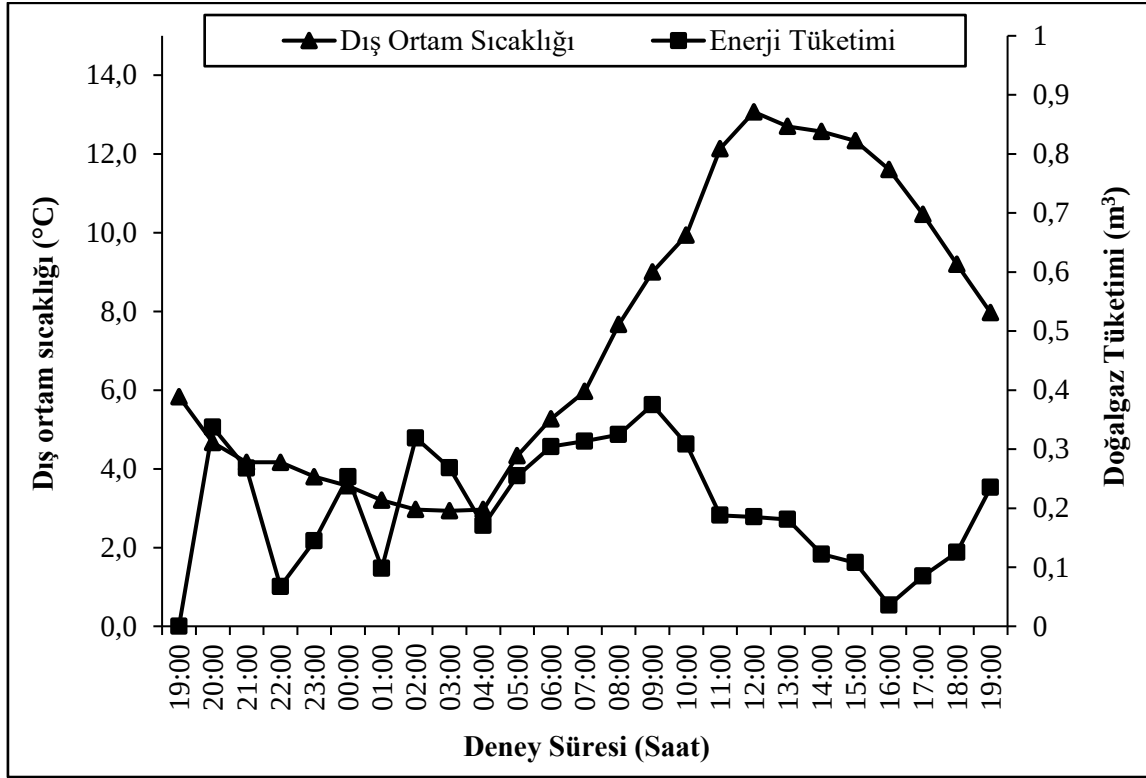


Şekil 6.1. Termostatik radyatör vanası olmadığı durumda dış ortam sıcaklığı ve doğalgaz tüketimi grafiği

Şekil 6.1.'de TRV'siz dış ortam sıcaklığı ve doğalgaz tüketimi grafiği incelendiğinde, en çok doğalgaz tüketiminin, 03:00 ve 04:00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Saatin 04:00'de ve dış ortam sıcaklığının $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğunda doğalgaz tüketiminin $0,62\text{ m}^3$ olduğu gözlemlenmiştir. En az doğalgaz tüketiminin ise 07:00 ve 08:00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Saatin 08:00'de ve dış ortam sıcaklığının $6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğunda doğalgaz tüketiminin $0,015\text{ m}^3$ olduğu gözlemlenmiştir.

TRV kullanılmayan durumda doğal gaz tüketimi oldukça dalgalı bir yol izlemiştir. Bu durum TRV yokken kombinin kararlı çalışmadığının bir göstergesidir. Saat 04'ten sonra hava sıcaklığı artmaya başlamıştır. Hava sıcaklığının artmasıyla doğal gaz tüketiminin azalması beklenen bir sonuçtur. Ancak TRV kullanılmayan durumda hava sıcaklığının artması doğal gaz tüketiminde kayda değer bir azalma göstermemiş hatta gaz tüketiminin arttığı saat dilimleri bile gözlemlenmiştir.

Denklem (6) ve denklem (7) kullanılarak 3 günlük deneylerin ortalaması alındığında günlük ortalama dış ortam sıcaklığının $5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu gözlemlenmiş ortalama günlük doğalgaz tüketiminin ise $6,466\text{ m}^3$ olduğu gözlemlenmiştir.

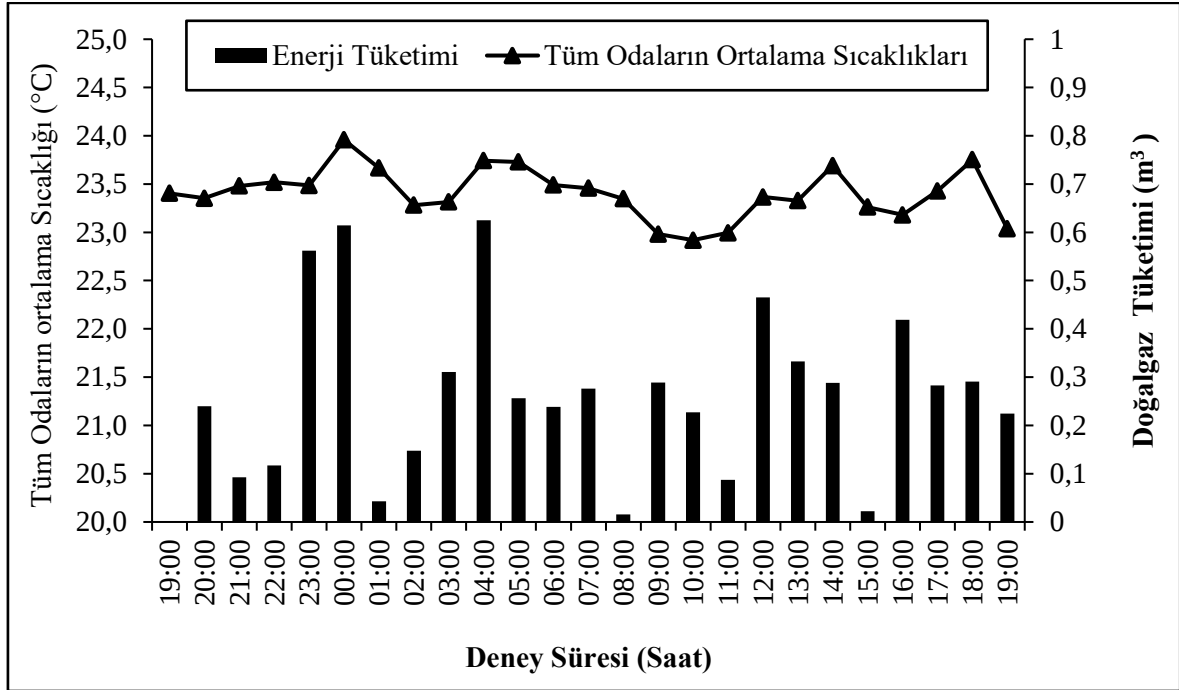


Şekil 6.2. Termostatik radyatör vanası olduğu durumda dış ortam sıcaklığı ve doğalgaz tüketimi grafiği

Şekil 6.2.'de TRV'li dış ortam sıcaklığı ve doğalgaz tüketimi grafiğine incelendiğinde; En çok doğalgaz tüketiminin, 08:00 ve 09:00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Saatin 09:00'da ve dış ortam sıcaklığının 9 °C olduğunda doğalgaz tüketiminin 0,375 m³ olduğu gözlemlenmiştir. En az doğalgaz tüketiminin ise 15:00 ve 16:00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Saatin 16:00'da ve dış ortam sıcaklığının 11,6 °C olduğunda doğalgaz tüketiminin 0,036 m³ olduğu gözlemlenmiştir.

TRV'li durumda hava sıcaklığının iyice artmaya başladığı sabah saatlerinden (09'dan sonra) sonra doğal gaz tüketiminin azaldığı Şekil 6.2.'de bariz bir şekilde görülmektedir. Yani TRV sayesinde odaların gereğinden fazla ısınması engellenmiş ve dolayısıyla doğal gaz kullanımı azalmıştır.

Denklem (6) ve denklem (7) kullanılarak 3 günlük deneylerin ortalaması alındığında günlük ortalama dış ortam sıcaklığının 7,3 °C olduğu gözlemlenmiş, ortalama günlük doğalgaz tüketiminin ise 5,072 m³ olduğu gözlemlenmiştir.

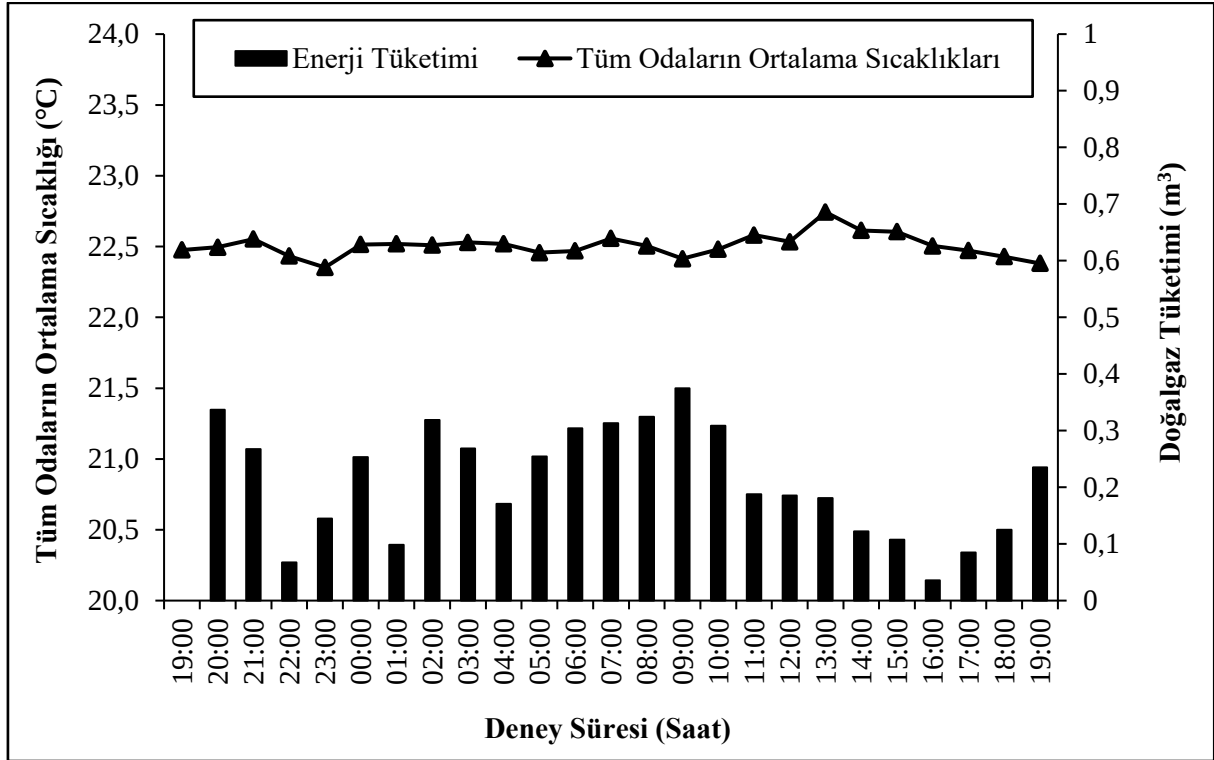


Şekil 6.3. Termostatik radyatör vanasız durumda tüm odaların ortalama sıcaklığı ve doğalgaz tüketimi grafiği

Şekil 6.3.'de TRV'siz tüm odaların ortalama sıcaklığı ve doğalgaz tüketimi grafiğine incelendiğinde; En çok doğalgaz tüketiminin, 03:00 ve 04:00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Saatin 04:00'de ve tüm odaların ortalama sıcaklığının $23,7^{\circ}\text{C}$ olduğunda doğalgaz tüketiminin $0,62\text{ m}^3$ olduğu gözlemlenmiştir. En az doğalgaz tüketiminin ise 14:00 ve 15:00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Saatin 15:00'da ve tüm odaların ortalama sıcaklığının $23,3^{\circ}\text{C}$ olduğunda doğalgaz tüketiminin $0,015\text{ m}^3$ olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 6.3'deki grafik incelendiğinde ortalama oda sıcaklıklarının oldukça dalgalı olduğu ve doğal gaz kullanımının yine dalgalı ve fazla olduğu görülmektedir. Yani TRV kullanılmayan durumda konforlu bir ısınma gerçekleşmezken aynı zamanda doğal gaz tüketimi de fazla olmuştur.

Denklem (6) ve denklem (7) kullanılarak 3 günlük deneylerin ortalaması alındığında günlük ortalama tüm odaların ortalama sıcaklığının $23,4^{\circ}\text{C}$ olduğu gözlemlenmiş, ortalama günlük doğalgaz tüketiminin ise $6,466\text{ m}^3$ olduğu gözlemlenmiştir.

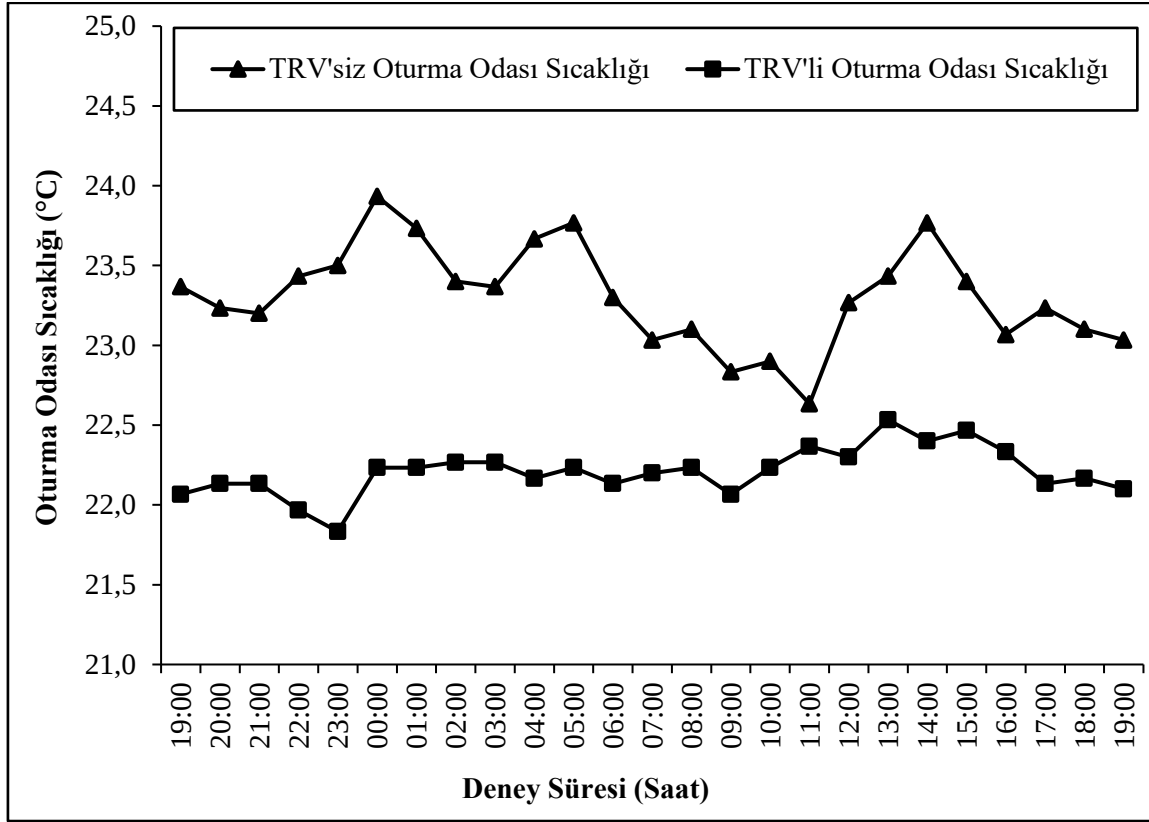


Şekil 6.4. Termostatik radyatör vanası olduğu durumda tüm odaların ortalama sıcaklığı ve doğalgaz tüketimi grafiği

Şekil 6.4.'de Denklem (6) ve denklem (7) kullanılarak ortaya çıkan TRV'li tüm odaların ortalama sıcaklığı ve enerji tüketimi grafiğine incelendiğinde; En çok doğalgaz tüketiminin, 08:00 ve 09:00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Saatin 09:00'da ve tüm odaların ortalama sıcaklığının 22,4 °C olduğunda doğalgaz tüketiminin 0,375 m³ olduğu gözlemlenmiştir. En az enerji tüketiminin ise 15:00 ve 16:00 saatleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Saatin saat 16:00'da ve tüm odaların ortalama sıcaklığının 22,5 °C olduğunda enerji tüketiminin 0,036 m³ olduğu gözlemlenmiştir.

TRV'li durumda ise 22,5°C civarında sabit bir sıcaklık söz konusu olup doğal gaz tüketimi TRV'siz duruma göre 1,394 m³ kadar daha az olmuştur. Bu grafiklerden, TRV kullanımının doğal gaz tüketimini azaltmanın yanında daha konforlu bir ısınma sağladığı sonucu da çıkarılabilmektedir.

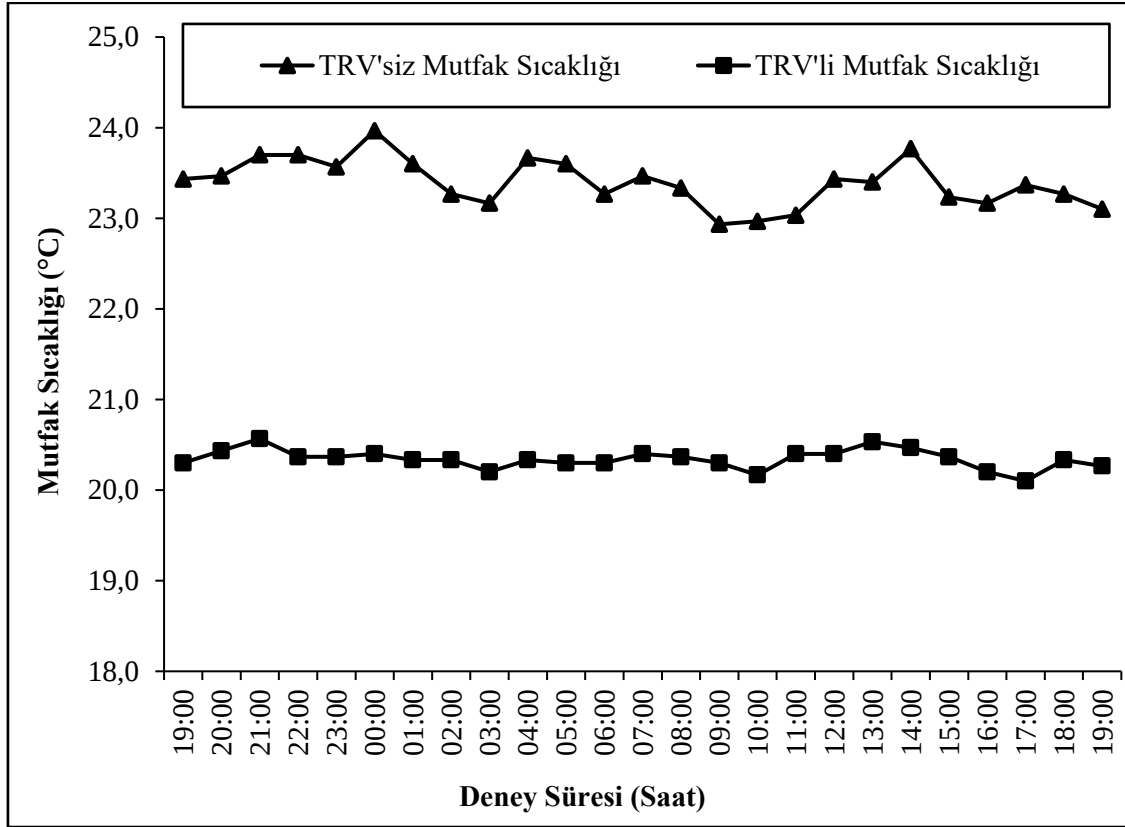
Denklem (6) ve denklem (7) kullanılarak 3 günlük deneylerin ortalaması alındığında günlük ortalama tüm odaların ortalama sıcaklığının 22,5 °C olduğu gözlemlenmiştir. 3 günlük deneylerin ortalaması alındığında toplam günlük enerji tüketiminin 5,072 m³ olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 6.5. Termostatik radyatör vanası olduğu ve olmadığı durumlarda oturma odasının sıcaklık grafiği

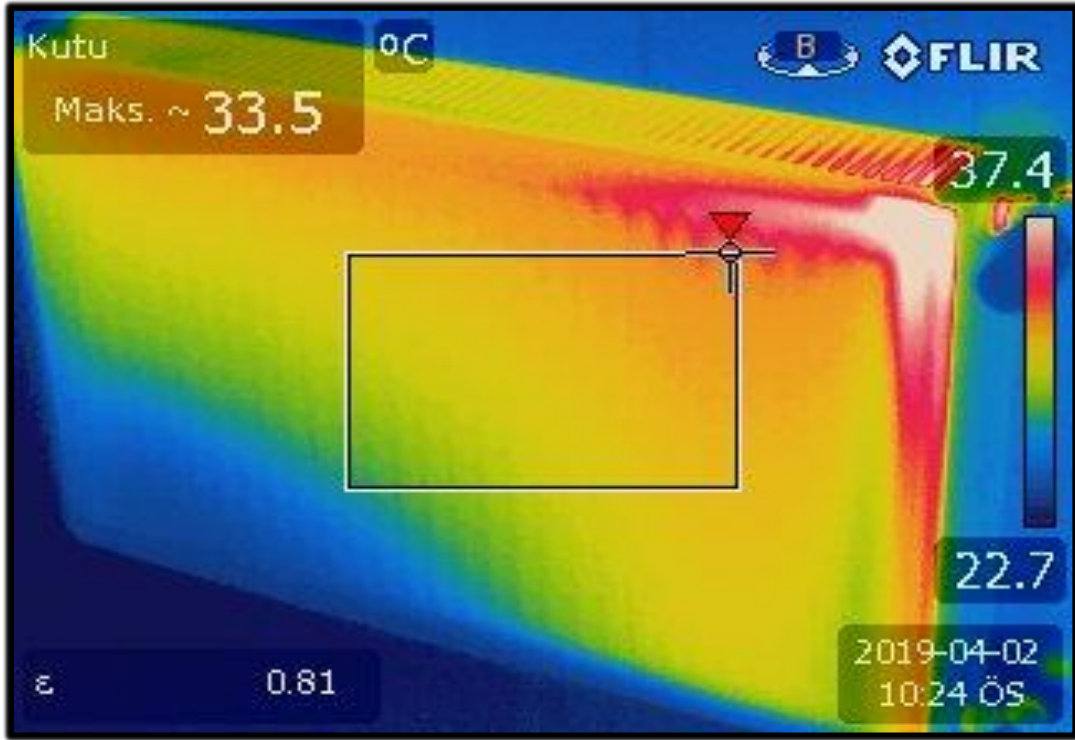
Şekil 6.5. Denklem (6) ve denklem (7) kullanılarak ortaya çıkan Termostatik radyatör vanası olduğu ve olmadığı durumlardaki oturma odasının sıcaklık grafiğine incelendiğinde; 3 günlük deneylerin ortalamasına göre, termostatik radyatör vanası olduğu durumda oturma odasının sıcaklığının en fazla olduğu durum saat 13:00'de 22,53 °C'dir. Sıcaklığın en az olduğu durum ise saat 23:00'de 21,83 °C olarak gözlemlenmiş ve sıcaklık farkının 0,7 °C olduğu tespit edilmiştir.

3 günlük deneylerin ortalamasına göre, termostatik radyatör vanası olmadığı durumda oturma odasının sıcaklığının en fazla olduğu durum saat 00:00'da 23,93 °C'dir. Sıcaklığın en az olduğu durum ise saat 11:00'de 22,63 °C olarak gözlemlenmiş ve 1,3 °C olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.6. Termostatik radyatör vanası olduğu ve olmadığı durumlarda mutfak sıcaklık grafiği

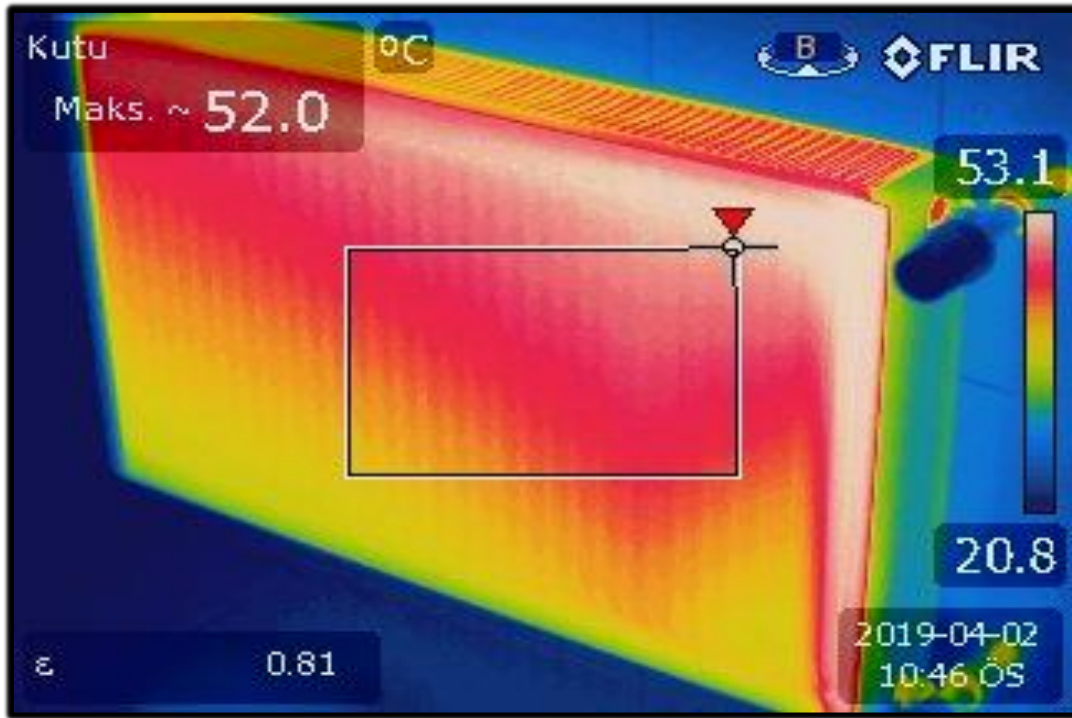
Şekil 6.6.'daki Termostatik radyatör vanası olduğu ve olmadığı durumlarda mutfak sıcaklık grafiği incelendiğinde; 3 günlük deneylerin ortalamasına göre, termostatik radyatör vanası olduğu durumda mutfak sıcaklığının en fazla olduğu durum saat 13:00'te 20,53 °C'dir. Sıcaklığın en az olduğu durum ise saat 17:00'de 20,1 °C olarak gözlemlenmiştir. 3 günlük deneylerin ortalamasına bakıldığında, termostatik radyatör vanası olmadığı durumda mutfak sıcaklığının en fazla olduğu durum saat 00:00'da 23,97 °C'dir. Sıcaklığın en az olduğu durum ise saat 09:00'da 22,93 °C olarak gözlemlenmiş ve 1,04 °C olarak tespit edilmiştir.



Resim 6.1. Termostatik radyatör vanası olan mutfaktaki radyatörün termal kamera ile görüntülenen sıcaklık dağılımı

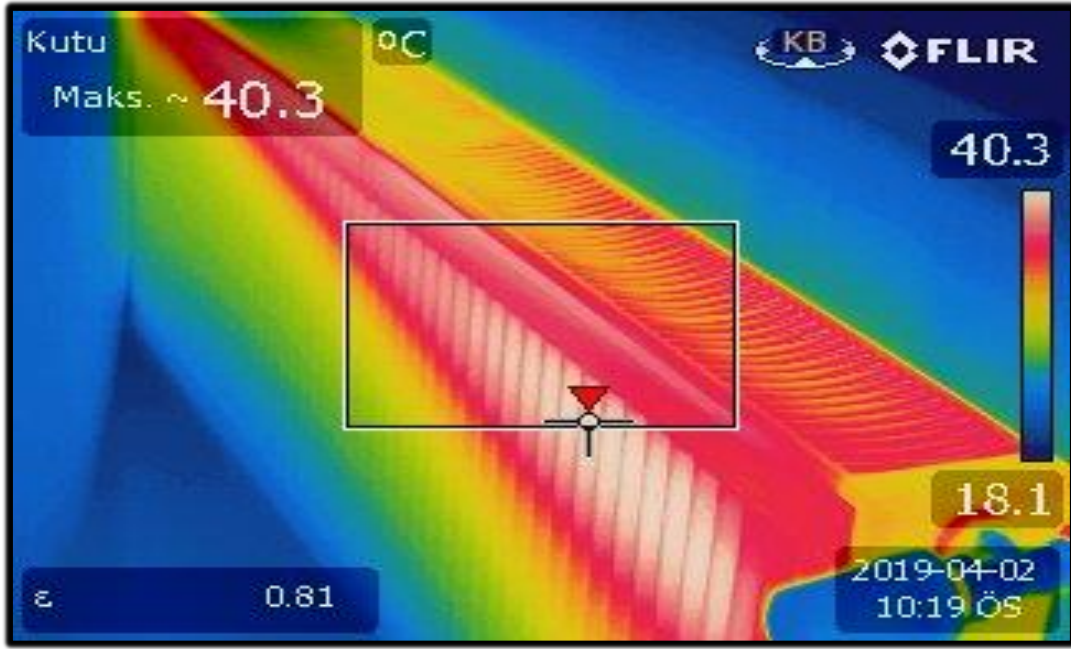
Resim 6.1.'e incelendiğinde; Termal kamera ile görüntülediğimiz, bu görüntü de radyatör yüzeyinde oluşan sıcaklıklar tespit edilmiştir. Radyatör yüzeyinde oluşan kırmızı, turuncu ve mavi bölge alanlar sıcaklık değerlerine göre değişiklik göstermektedir. Kırmızı bölge en sıcak yüzeyi, turuncu bölge daha düşük sıcak olan yüzeyi ve mavi bölge ise en düşük sıcaklığa sahip olan yüzeyi göstermektedir.

Resim 6.1.'de en yüksek sıcaklık 37,4 °C iken en düşük sıcaklık ise 22,7 °C'dir. Dikdörtgen çerçeve ile alınan bölgenin sıcaklığı 33,5 °C'dir. Bu sıcaklık değerlerine bakıldığında termostatik radyatör vanası olan radyatörün sıcaklık dağılımının homojen ve konfor şartlarını sağlamak için yeterli olduğu gözlemlenmiştir.



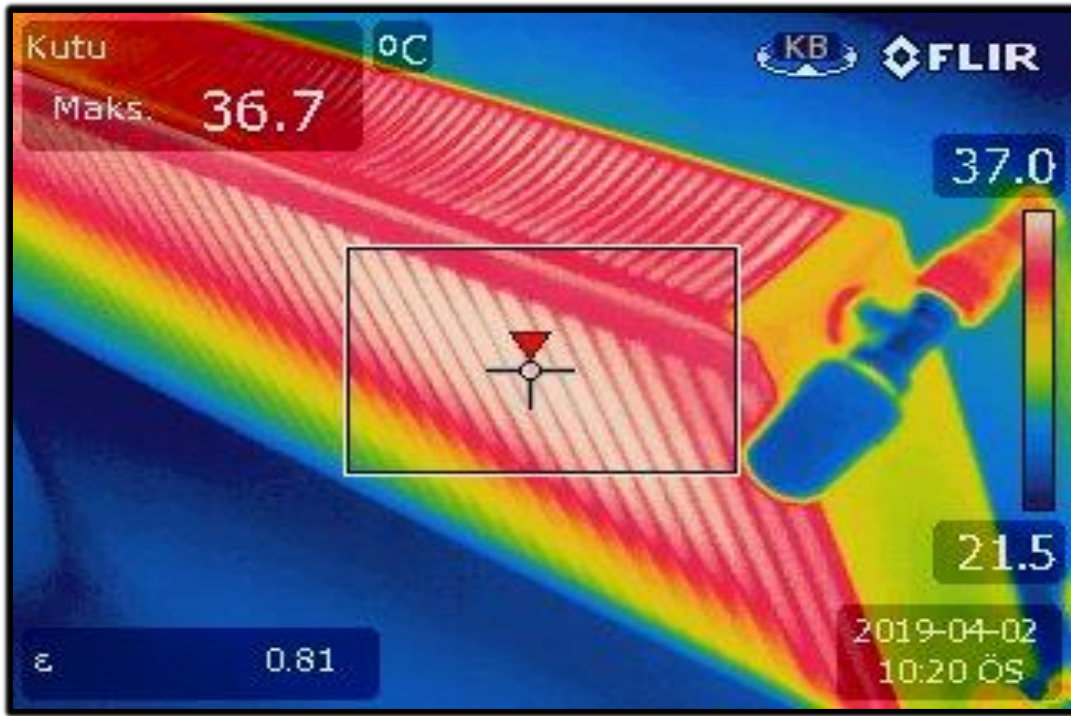
Resim 6.2. Termostatik radyatör vanası olmayan mutfaktaki radyatörün termal kamera ile görüntülenen sıcaklık dağılımı

Resim 6.2.'ye bakıldığında; Resim 6.2.'de en yüksek sıcaklık 53,1 °C iken en düşük sıcaklık ise 20,8 °C'dir. Dikdörtgen çerçeve ile alınan bölgenin sıcaklığı 52 °C'dir. Bu sıcaklık değerlerine bakıldığında Termostatik radyatör vanası olmayan radyatörün sıcaklık dağılımının homojen olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca radyatör yüzeyindeki kırmızı bölgenin fazla olması dikkat çekmektedir. Bu durum aşırı bir ısıtma yüzeyinin olduğunu göstermektedir. Böylece konfor şartlarının üstünde bir sıcaklık değeri ile karşı karşıya kalınmaktadır.



Resim 6.3. Termostatik radyatör vanası olan oturma odasındaki radyatörün termal kamera ile görüntülenen sıcaklık dağılımı

Resim 6.3. incelendiğinde; Resim 6.3.'te en yüksek sıcaklık 40,3 °C iken en düşük sıcaklık ise 18,1 °C'dir. Dikdörtgen çerçeve ile alınan bölgenin sıcaklığı 40,3 °C'dir. Bu sıcaklık değerlerine bakıldığında termostatik radyatör vanası olan radyatörün sıcaklık dağılımının homojen olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca radyatör yüzeyindeki kırmızı bölgenin fazla olması dikkat çekmektedir. Bunun nedeni gerekli konfor şartlarını sağlamak için ısınma ihtiyacını karşılamasından kaynaklanmaktadır.



Resim 6.4. Termostatik radyatör vanası olmayan oturma odasındaki radyatörün termal kamera ile görüntülenen sıcaklık dağılımı

Resim 6.4. incelendiğinde, en yüksek sıcaklık 37 °C iken en düşük sıcaklık ise 21,5 °C'dir. Dikdörtgen çerçeve ile alınan bölgenin sıcaklığı 36,7 °C'dir. Bu sıcaklık değerlerine bakıldığında Termostatik radyatör vanası olmayan radyatörün sıcaklık dağılımının homojen olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca radyatör yüzeyindeki kırmızı bölgenin fazla olması dikkat çekmektedir. Bu durum aşırı bir ısıtma yüzeyinin oluşmasına neden olmakta ve böylece konfor şartlarının üstünde bir sıcaklık değerine ulaşmasına neden olmaktadır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu deneysel çalışmada bireysel ısıtma sisteminin kullanıldığı bir dairede yakıt tasarrufu sağlamak amacıyla klasik radyatör vanaları termostatik radyatör vanaları ile değiştirilmiş ve iki durum kıyaslanmıştır. Deneyler önce klasik vanalar takılıyken yapılmıştır. Daha sonra vanalar termostatik vanalarla değiştirilmiş ve deneyler tekrarlanmıştır. Her iki durumda da deney 3'er gün sürdürülmüştür. Ortalama oda sıcaklıkları ölçülmüş ve kullanılan yakıt miktarları hesaplanmıştır.

Yapılan deneydeki veriler, grafikler ve termal kamera görüntüleri incelendiğinde termostatik radyatör vanasını kullanmanın birçok yönden kolaylık, avantaj, ısı konforu ve yakıt tasarrufu sağladığı görülmüştür. Termostatik radyatör vanası kullanıldığında mahal sıcaklıkları termostatik radyatör vanası kullanılmadığı duruma göre daha düşüktür ve ideal konfor şartlarına daha yakın sıcaklıklar sağlanmaktadır. Radyatör sıcaklıklarının elle kontrolü zor ve verimsizdir. Buna bağlı olarak ortamdaki ideal konfor sıcaklığını yakalamak da o kadar zordur. Bu nedenle radyatör sıcaklıklarının elle ayarlandığı sistemlerde genelde sınır konfor şartının üstünde bir sıcaklık değerinde olduğu görülmüştür.

Termostatik radyatör vanası kullanımı aynı zamanda çok ciddi enerji ve maddi tasarruf sağlamaktadır. Bir sisteme eklenecek otomatik kontrol cihazı, verimliliği arttırsa da kendi maliyetine bağlı olarak geri ödeme süresi uzun ise tercih edilmeyebilir. Fakat termostatik radyatör vanası yaklaşık 195 gün gibi kısa bir süre sonra yaptığı tasarruf ile kendi fiyatını dengeleyip, bundan sonraki zamanlarda kullanıcıya kar olarak dönmektedir. Yakıt tüketiminin azalması sadece kullanıcıya maddi yönden değil aynı zamanda enerji yönünden de avantaj sağlamaktadır. Fosil yakıtların geleceğinin ve ömrünün tartışıldığı günümüzde fosil yakıtların en yaygın olanlarından biri olan doğalgazın geniş çapta gereksiz tüketiminin azalması ömrünü uzatacaktır.

Doğalgaz fosil bir yakıttır ve her fosil yakıt gibi yakıldığında yanma ürünü olarak atmosfere CO₂ salar. CO₂ sera gazı olup atmosferde birikmesi sera etkisine, bu da küresel ısınmaya neden olur. Bu nedenle CO₂ salımının azaltılması çok önemlidir. Termostatik radyatör vanası, tüketilen doğalgazı azaltarak enerji ve maddi tasarrufu sağlamanın yanında çevresel olarak da fayda sağlamaktadır. Günümüzdeki çevre problemleri arasında belki de

en ciddi konular arasında gelen hava kirliliği ve küresel ısınma konusunda termostatik radyatör vanası kullanılmayan evlerdeki gereksiz yanma sonucu ortaya çıkan CO₂'nin basit bir işlemle ciddi oranda azaltılabilir olması unutulmamalıdır.

Ocak 2022 dönemine göre 1 m³ doğalgaz yakılması sonucu oluşan maliyet 2,32 TL'dir [45]. Yakıt tüketiminden dolayı oluşan maliyetler hesaplandığında termostatik radyatör vanası kullanılmadığı zaman günlük doğalgaz yakıt gideri 15,00 TL'dir. Termostatik radyatör vanası kullanıldığı zaman günlük doğalgaz yakıt gideri 11,77 TL'dir.

Termostatik radyatör vanası kullanılmıyorken aylık yaklaşık 450,03 TL doğalgaz maliyeti oluşurken termostatik radyatör vanası kullanımıyla bu gider yaklaşık 353,00 TL'ye düşmektedir. Yılın 6 ayında ısıtma için doğalgaz kullanıldığı varsayıldığında termostatik radyatör vanası kullanılmadığı zaman 2 700,20 TL olan doğalgaz maliyeti sadece termostatik radyatör vanası kullanılarak 2 118,06 TL'ye düşmektedir. Yılda 582,14 TL gibi bir tasarruf imkânı sunmuştur.

Termostatik radyatör vanası kullanılarak denklem (8)'e göre %21,56 gibi yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Ayrıca bir termostatik radyatör vanasının kullanım süresinin 15 yıl olduğunu varsayıldığında güncel hesaplama verilerine göre 8 732,10 TL gibi kullanım süresince bir tasarruf sağlamış olur.

Denklem (5) göre hesaplama yapıldığında deneylerde kullandığımız toplam 7 adet termostatik radyatör vanasının güncel maliyeti 630,00 TL, normal radyatör vanaların güncel maliyeti ise 245,00 TL'dir. Sağladığı yakıt tasarrufu günlük 3,23 TL'dir. Bu nedenle sadece 7 adet termostatik radyatör vanası kullanılan sistemdeki termostatik radyatör vanası aynı koşullarda kendini yaklaşık 195 gün (6,5 ay) sonra amorti etmektedir.

1 m³ doğalgazın yakılması sonucu yaklaşık 1,87 kg CO₂ doğaya atılmaktadır. Termostatik radyatör vanası kullanılmadığı zaman günlük 12,09 kg CO₂, termostatik radyatör vanası kullanıldığı zaman 9,48 kg CO₂ emisyonu açığa çıkmıştır. Sadece termostatik radyatör vanası kullanarak ayda 78,2 kg CO₂'in doğaya salımının önüne geçilmektedir. Isınma sezonunun 6 ay olduğu varsayıldığında termostatik radyatör vanasıyla yıllık 469,22 kg CO₂ salımının önüne geçilmektedir.

Ayrıca Türkiye’de 16,5 milyon doğalgaz abonesi varsayarsak yılda yaklaşık 7 751 megaton CO₂’in fazladan doğaya ve çevreye karıştığı görülmektedir.

Doğalgaz fosil bir yakıttır ve her fosil yakıt gibi yakıldığında yanma ürünü olarak dış havaya CO₂ salar. CO₂ sera gazı olup atmosferde birikmesi sera gazı etkisine, bu da küresel ısınmaya neden olmaktadır. Bu nedenle CO₂ salımının azaltılması çok önemlidir. Termostatik radyatör vanası tüketilen doğalgazı azaltarak mali ve enerji tasarrufu sağlamanın yanında çevresel olarak da fayda sağlamaktadır. Günümüzdeki çevre problemleri arasında belki de en ciddi konular arasında gelen hava kirliliği ve küresel ısınma konusunda termostatik radyatör vanası kullanılmayan evlerdeki gereksiz yanma sonucu ortaya çıkan CO₂’nin basit bir işlemle ciddi oranda azaltılabilir olması unutulmamalıdır.

Konutlarda enerji tasarrufu sağlamak için termostatik radyatör vanası kullanılması dışında öncelikle binaya ısı yalıtımı yapılmalı ve pencerelerde ısı yalıtımı olan çift camlar kullanılmalıdır.

Yapılan deneydeki veriler, grafikler ve termal kamera görüntüleri dikkate alındığında öneri olarak enerji tasarrufunu, ısı konfor şartı ve maddiyatı düşürmek gibi durumları göz önüne aldığımız da binanın yalıtımlı olmasını dışının da oda termostadı, termostatik radyatör vanası ve dış hava sensörü kullanılarak akademik çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Yıldız, A., ve Günarhan, H. (1997). Katı yakıtlı kazan tasarımı ve kazan ısıtma kapasite verimlilik değeri deney olarak belirlenmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 18 (89), 50-57.
2. Bayraktar, B.N. (2005). *Enerji Kullanımı Yönünden Ülkelerin Uygarlık Düzeylerinin Karşılaştırılması*. Türkiye 7. Enerji Kongresi, 1 (85), 10-16.
3. Recknagel, H., Sprenger, E., and Schraek E.R. (2000). Taschenbuch Fur Heizung und Klimatechnik. Oldenbourg Verlag, 5(23), 83-92.
4. Adorkor, B., Rory, V.J., Alba, F., Leonardo M., and Alberto, G. (2018). The Role of Thermostatic Radiator Valves for The Control of Space Heating in UK Social-Rented Households. *Energy And Buildings Magazine*, 173, 206-220.
5. Tetik, T. (2011). *Doğalgaz Yakıtlı Bireysel Isıtma Sisteminin Enerji ve Ekserji Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorum, 1-58.
6. Coşkun, C., ve Oktay, Z. (2010). Enerji Tasarrufu Perspektifinde Bir Kampüs Binasının Enerji Taraması Çalışması. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 16(115), 49-55.
7. Evren, N. E. (2015). *A Comparative Analysis of Efficiency and Carbon Dioxide Mitigation Potential of Residential Heating Systems in Bursa*, Master of Science Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Ankara, 1-79.
8. Valentina M., Enrico F., and Marco F. (2015). Impact of Low Investment Strategies for Space Heating Control: Application of Thermostatic Radiator Valves to an old Residential Building. *Energy and Buildings Magazine*, 95, 202-210.
9. Güğöl, G. (2016). *Ankara'da Müstakil Bir Konutun Nihai Enerji Tüketimini En Aza İndirebilmenin Yollarının Araştırılması ve Tekno-Ekonomik Değerlendirilmesi*. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
10. Balta, M. T., Kalinci, Y., and Hepbasli, A. (2008). Evaluating a Low Exergy Heating System From The Power Plant Through The Heat Pump to The Building Envelope, *Energy and Buildings*, 40, 1799-1804.
11. Bayer, S. (1993). *Isıtma, Havalandırma Klima Sistemlerinde Genel Otomatik Kontrol Uygulamaları*, I. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Ankara, 62-75.
12. Atabaş, İ., Arslan, M., ve Uzun, İ. (2007). *Isıtma Sistemlerinin Otomasyonu ve İnternet Üzerinden Kontrolü*, Akademik Bilişim'07 Konferans Bildirileri, Kütahya, 603-607.
13. Kılınçer, E. (2019). *Sıcak Sulu Bina Isıtma Sisteminin Ekserji Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 1-52.
14. Çomaklı, K. (2003). *Atatürk Üniversitesi Isıtma Merkezinin Enerji ve Ekserji Analizi*. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 1-117.

15. Akyol, T. (2006). *Binaların Isı Yalıtımında Enerji ve Ekserji Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 1-95.
16. Yücer, C.T. (2013). *Binaların Isıtılmasında Kullanılan Sistemlerin Ekserjetik ve Eksergoekonomik Analiz Yöntemleriyle Kıyaslanması*. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1-82
17. Tekin, S. (2013). *Merkezi ısıtma sistemlerinin termodinamik analizi ve çeşitli parametrelerin ekserji ve yakıt tüketimine etkisinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-99.
18. Dilek, M. (2007). *Energy and Exergy Analyses of a High School Heating System / Bir lise ısıtma sisteminin enerji ve ekserji analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-134.
19. Ergün, A. (2010). *80.000 m²'lik Isıtma Soğutma İhtiyacı Olan Bir Alışveriş Merkezinin Enerji ve Ekserji Analizi / Energy and Exergy Analyses of a Shopping Center Which Needs 80.000 m² Heating and Cooling*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-81.
20. Gül, M. (2020). *Bir Otel Örneğinde Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin Enerji ve Ekserji Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Bolu İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu, 1-73.
21. Yucer, C. T., and Hepbasli, A. (2011). Thermodynamic Analysis of a Building Using Exergy Analysis Method. *Energy and Buildings*, 43(2–3), 536–542.
22. Oymak, M. (2007). *Isıl Sistem Tasarımlarında Ekonomik Yalıtım Kalınlıklarının Ekserji Ekonomik Yöntemle Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 1-104.
23. Sevim, S. (2019). *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Rektörlük Binası Isıtma ve Soğutma Sisteminin Enerji ve Ekserji Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, 1-64.
24. Yıldız, A., and Güngör, A. (2009). Energy and Exergy Analyses of Space Heating in Buildings. *Applied Energy*, 86, 1939-1948.
25. Ulusoy, E. (2020). *Merkezi Bir Isıtma Sisteminde Enerji ve Ekserji Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 1-84.
26. Kılıçlı, A. (2018). *Ege Üniversitesi Bünyesindeki Mevcut Bir Binanın Enerji-Ekserji Analizi ve İyileştirme Önerileri*. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1-110.
27. Akdemir, M. (2013). *İYTE'deki Mevcut Bir Binanın Dinamik Enerji ve Ekserji Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1-97.

28. İnternet: Çolak, L. (2012). Isıtma, Soğutma, İklimlendirme ve Sistem Tasarımı Ders Notları,54-60.
URL:https://www.baskent.edu.tr/~lcolak/MAK441/MAK440_Ders_Notlar_Bolum_3.pdf, Son Erişim Tarihi:16.01.2022
29. Türkeri, A. (2007). Bireysel ve Merkezi Isıtma Sistemlerinin Tanımı ve Karşılaştırılması. *VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir, 181–188.
30. İnternet: Kombi Tesisatı Bağlantı Şekli. URL: <https://imsanyapi.com.tr/blog/?p=1584>, Son Erişim Tarihi:23.05.2021
31. Pravadalıoğlu, S. (2012). Kojenerasyon Sistemleri ile Yerinde Enerji Üretimi. *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi*, 77, 24-26.
32. Güngör, C., Ataş, S., Kahraman, M., ve Gündoğdu, G. (2012). Afşin Bölge Isıtma Sistemi Yapılabilirlik Analizi. *Tesisat Dergisi*, 195, 84-90.
33. İnternet: Variyenli, H. (2013). Isıtma Sistemleri Ders Notları Esm–214, 27-28. URL: <https://docplayer.biz.tr/106956824-Gazi-universitesi-teknoloji-fakultesi-enerjisistemleri-muhendisligi-bolumu-esm-214-isitma-sistemleri-ders-notlari.html>, Son Erişim Tarihi:16.01.2022
34. İnternet: Şimşek, E. (2013). Isıtma Sistemleri Ders Notları, 31-33. URL: http://deneysan.com/Content/images/documents/isitma1_70063756.pdf, Son Erişim Tarihi:16.01.2022
35. İnternet: Tesisat Teknolojisi ve İklimlendirme, Kat Kaloriferi Montajı, 3-10, URL:http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kat%20Kaloriferi%20Montaj%C4%B1.pdf, Son Erişim Tarihi:16.01.2022
36. İnternet: Gençler, S. (2011). Isıtma Tesisat Tekniğinin Temelleri, URL: https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/statik_sayfa_ekleri/ISITMA%20TES%C4%B0SAT%20TEKN%C4%B0%C4%9E%C4%B0N%C4%B0N%20TEMELLER%C4%B0.pdf, Son Erişim Tarihi:16.01.2022
37. Efe Ş, (2007). *Erzurum'da Kullanılan Isıtma Sistemlerinin Ekonomik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 23-31.
38. İnternet: Variyenli, H. (2017). Isıtma Sistemleri Ders Notları Esm–316, 118. URL: <https://docplayer.biz.tr/47369256-Gazi-universitesi-teknoloji-fakultesi-enerji-sistemleri-muhendisligi-bolumu-esm-316-isitma-sistemleri-laboratuari-ders-notlari.html>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2021
39. İnternet: Termostatik Radyatör Vanası, URL: <https://www.eca.com.tr/trv3>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2021
40. İnternet: Termostatik Radyatör Vanası Kullanım Kılavuzu, URL: <https://www.tesisat.org/termostatik-vana-kullanim-kilavuzu.html>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2021

41. İnternet: ECA montaj el kitabı, URL: <https://www.eca.com.tr/upload/content/media6038b6e8b815f-pdf-12-03-213.pdf>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2021
42. İnternet: ECA teknik ürünler, URL: <http://www.arslanlarplastik.com.tr/wp-content/uploads/2017/08/eca-teknik-urun-2017-1.pdf>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2021
43. İnternet: Termostatik radyatör vanasının montajı, URL: <https://www.tesisat.org/termostatik-vana-ve-radyator-vanasi-montaji.html>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2021
44. Değirmenci, M., Giray, S., Eğrikavuk, M., Dağdemir, N., Ayken, U. ve Demiray, B. (2003). 318/2 Nolu Otomatik Kontrol Tesisatı: Bina Otomasyon Sistemleri Kitabı, *Tmmob Yayınları*, İstanbul, 1-116.
45. İnternet: Doğal Gaz Perakende Satış Tarifeleri ve Fiyatları, URL: <https://www.baskentdogalgaz.com.tr/Images/upload/dokumanlar/2022%20y%C4%B1l%C4%B1%20OCAK%20ay%C4%B1%20perakende%20sat%C4%B1%C5%9F%20tarifeleri%20ve%20fiyatlar%C4%B1.pdf>, Son Erişim Tarihi: 06.01.2022



GAZİ GELECEKTİR..