



**T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MERKEZİ ISITMA SİSTEMLERİNDE UYGULANAN KASKAD  
SİSTEMİNDE U KOLLEKTÖR KULLANILARAK YAKIT  
TÜKETİMİNİN AZALTILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

**Ertuğrul SOYSAL**

Danışman  
**Prof. Dr. Mustafa ÖZBEY**

SAMSUN  
2024

**T.C.  
ON DOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**MERKEZİ ISITMA SİSTEMLERİNDE UYGULANAN KASKAD  
SİSTEMİNDE U KOLLEKTÖR KULLANILARAK YAKIT  
TÜKETİMİNİN AZALTILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

**Ertuğrul SOYSAL**

Danışman  
**Prof. Dr. Mustafa ÖZBEY**

SAMSUN  
2024

## TEZ KABUL VE ONAYI

Ertuğrul Soysal tarafından, Doç. Dr. Mustafa Özbey danışmanlığında hazırlanan “MERKEZİ ISITMA SİSTEMLERİNDE UYGULANAN KASKAD SİSTEMİNDE U KOLLEKTÖR KULLANILARAK YAKIT TÜKETİMİNİN AZALTILMASI” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 22/08/2024 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı	Üniversitesi	Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Hakan ÖZCAN	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Mustafa ÖZBEY	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. Abdulvahap ÇAKMAK	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet Tabak  
Enstitü Müdürü

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım yüksek lisans yeterlilik tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliğinin 3.bölüm 9. Maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet  (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

20/06//2024

Ertuğrul SOYSAL

## TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

**Tez Başlığı:** MERKEZİ ISITMA SİSTEMLERİNDE UYGULANAN KASKAD SİSTEMİNDE U KOLLEKTÖR KULLANILARAK YAKIT TÜKETİMİNİN AZALTILMASI

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 21/06/2024 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı :% 9

Tek kaynak oranı :% 2 çıkmıştır.

20/06/2024

Prof. Dr. Mustafa ÖZBEY

## ÖZET

### MERKEZİ ISITMA SİSTEMLERİNDE UYGULANAN KASKAD SİSTEMİNDE U KOLLEKTÖR KULLANILARAK YAKIT TÜKETİMİNİN AZALTILMASI

Ertuğrul SOSYAL

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı/Termodinamik Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2024

Prof. Dr. Mustafa ÖZBEY

Günümüzde katı, sıvı ve gaz yakıtların kullanıldığı sobalar, ilkel olmayan birçok binanın ısıtılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Isı santrallerinde hazırlanan sıcak akışkanların istenilen ortama taşınarak bu ortamların ısıtılması eski Roma döneminden beri bilinen bir tekniktir ve günümüzde merkezi ısıtma olarak bilinmektedir. Blok binalarda en uygun ısıtma ihtiyacı merkezi bir kontrol sistemi ile karşılanır. Binanın kazan dairesinde hazırlanan sıcak su, binadaki her odaya veya birime ayrı ayrı ulaştırılır. Sıcak su sistemleri, tesis içinde dolaşan ısı transfer ortamının en yaygın uygulamasıdır, ancak özel nedenlerle sıcak su, buhar, sıcak hava, kızgın yağ ve diğer akışkanlar da kullanılabilir.

Hem ülkemizde hem de dünya genelinde giderek artan enerji ihtiyacı ve enerji kaynaklarındaki azalma dikkate alındığında enerjinin verimli kullanılmasının önemi anlaşılmaktadır. Ülkemizde sanayide, kamu binalarında ve konutlarda kullanılan ısıtma sistemlerinin büyük bir bölümünde doğalgazlı sistemler kullanılmaktadır. Doğalgazda dışa bağımlı bir ülke olduğumuz için bu sistemlerin tüketim maliyetleri her geçen gün artmaktadır. Bu bağlamda enerjinin verimli kullanımı ilkesi de göz önünde bulundurularak, bu çalışmada yakıt tüketiminin azaltılması amaçlanmıştır. Diğer bir ifadeyle bu tez çalışmasında, merkezi sistem ısıtma yapılan kazan dairelerinde kullanılan kaskad sistemlerde, sistemde kullanılan farklı bir yaklaşımla yakıt tüketiminin azaltılması planlanmıştır. Kaskad sistemlerde sistem verimliliğini arttırabilmek için denge kabı veya plakalı eşanjör kullanılır. Bu çalışmada denge kabı ve plakalı eşanjör kullanmadan, hem sistemin verimliliğini daha da artırmak, hem de yakıt tüketimini azaltmak için gidiş ve dönüş kollektörlerini birleştirerek U kolektörlü sistem denenmiştir. Yapılacak çalışmada aynı il ve iklim şartlarında bulunan, bir adet plakalı eşanjörlü kazan dairesi, bir adet denge kabı kullanılan kazan dairesi ve bu çalışmada kullanılacak, U kollektörlü kazan dairesinin eşit gün ve eşit çalışma saatlerinde yıllık tüketim değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda U kollektörlü sistemin plakalı eşanjörlü sisteme göre %24,02, denge kaplı sisteme göre ise %31,47 daha verimli olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Merkezi ısıtma sistemi, Kaskad sistemi, U kollektör, Yakıt

## ABSTRACT

### REDUCING FUEL CONSUMPTION BY USING U COLLECTOR IN CASCADE SYSTEM APPLIED IN CENTRAL HEATING SYSTEMS

Ertuğrul SOYSAL

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Education

Department of Mechanical Engineering/Department of Thermodynamics

Master's Thesis, July 2024

Prof. Dr. Mustafa ÖZBEY

Today, stoves using solid, liquid and gaseous fuels are widely used in heating many non-primitive buildings. Heating these environments by transporting the hot fluids prepared in heat plants to the desired environment is a technique known since the ancient Roman period and is today known as central heating. In block buildings, the optimal heating need is met by a central control system. Hot water prepared in the boiler room of the building is delivered separately to each room or unit in the building. Hot water systems are the most common application of heat transfer medium circulating within the facility, but hot water, steam, hot air, hot oil and other fluids may also be used for special reasons.

Considering the increasing energy need and the decrease in energy resources both in our country and around the world, the importance of using energy efficiently is understood. In our country, natural gas systems are used in most of the heating systems used in industry, public buildings and residences. Since we are a country dependent on foreign sources of natural gas, the consumption costs of these systems are increasing day by day. In this context, taking into account the principle of efficient use of energy, this study aims to reduce fuel consumption. In other words, in this thesis study, it is planned to reduce fuel consumption in cascade systems used in boiler rooms with central system heating, with a different approach used in the system. In cascade systems, a balance vessel or plate heat exchanger is used to increase system efficiency. In this study, a U-collector system was tested by combining the flow and return collectors, without using a balance vessel and plate heat exchanger, in order to further increase the efficiency of the system and reduce fuel consumption. In the study to be carried out, the annual consumption values of a boiler room with a plate heat exchanger, a boiler room with a balance vessel and a boiler room with a U-collector to be used in this study, located in the same city and climatic conditions, were compared on equal days and equal working hours.

**Key Words:** Central heating system, Cascade system, U collector, Fuel

## ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Günümüzde enerji üretimi ve buna bağlı olarak enerjinin kontrollü tüketimi ülkelerin kalkınması için kaçınılmaz noktadadır. Son 10 yılda dünyada toplam enerji tüketimi azaltımı ortalaması % 1 iken, Türkiye % 1,5 ile ortalamanın üzerinde bir değer elde etmiştir. Bu oran sadece 2022’de tüm dünyada 2 katı artarak % 2,2 seviyesine çıkarken, Türkiye % 2,7 oranında azaltımla bu alanda lider ülke olmuştur. Bu da enerjii verimli kullanmanın ve bu alanda çalışmaların artmasının ülkemiz için ne kadar önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Ülkemiz doğalgaz kullanımını düşünülduğünde ise; her geçen gün kullanım ihtiyacı artarken, doğalgaz üretiminde paralel bir artış olmadığından doğalgaz ithalatında dışa bağımlılık her yıl artarak devam etmektedir. Doğalgaz tüketiminde dışa bağımlılığın azaltılabilmesi için doğalgaz tüketimi üzerine çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Yüksek lisans eğitimi sürecimde bana bilgi ve tecrübesini aktaran ve her konuda desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa ÖZBEY’e, çalışmalarımı destekleyerek beni teşvik ederek hep yanımda olan Sayın Doç. Dr. Zafer KARSLI’ya ve yüksek lisans eğitimi sürecimde çalışmalarım esnasında bana destek olan eşim Nihal AKIN SOYSAL’a teşekkürlerimi sunarım.

Ertuğrul SOYSAL

# İÇİNDEKİLER

<b>TEZ KABUL VE ONAYI</b> .....	i
<b>BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI</b> .....	ii
<b>TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI</b> .....	ii
<b>ÖZET</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR</b> .....	v
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	vi
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	vii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	viii
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	ix
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ</b> .....	10
2.1. Merkezi Isıtma Sistemi Kavramı .....	10
2.2. Merkezi Isıtma Sisteminde Bulunan Elemanlar ve Bağlantı Şeması.....	12
2.3. Merkezi Isıtma Sistemini Etkileyen Etmenler .....	14
2.4. Merkezi Isıtma Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları .....	14
2.5. İstasyonlu Isı Sistemleri .....	15
2.6. Hidrolik Kontrollü Isı Sistemi.....	17
2.7. Termostatik Kontrollü Isı Sistemi .....	17
2.8. Çift Eşanjörlü Isı Sistemi .....	18
2.9. Yerden Isıtılmalı Isı Sistemi.....	18
2.10. Isı Sistemlerinin Konumlandırılması .....	19
2.11. İlgili Çalışmalar.....	20
<b>3. YÖNTEM</b> .....	21
3.1. Plakalı eşanjörlü kaskad sistemi .....	22
3.2. Denge kaplı kaskad sistemi .....	23
3.3. U kollektörlü kaskad sistemi.....	24
<b>4. BULGULAR</b> .....	24
<b>5.SONUÇ</b> .....	34
<b>KAYNAKÇA</b> .....	35
<b>ÖZ GEÇMİŞ</b> .....	38

## SİMGELER VE KISALTMALAR

C	: Santigrat Derece
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
EJ	: Exajoule
H	: Saat
KCAL	: Kilokalori
KD	: Kazan Dairesi
KW	: Kilovatsaat
LNG	:Liquefied Natural Gas (Sıvılaştırılmış Doğalgaz)
M <sup>3</sup>	: Metreküp
M <sup>2</sup>	: Metrekare
SM <sup>3</sup>	: Standart Metreküp
%	: Yüzde İşareti

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. AB doğal gaz üretimi ve tüketimi (%) 2021 .....	5
Şekil 1.2. 2012-2022 Yılları doğal gaz üretim miktarları (milyon sm <sup>3</sup> ) .....	8
Şekil 2.1. Merkezi ısıtma sistemi. ....	11
Şekil 2.2. Çoklu ısıtma sistemi şeması .....	13
Şekil 2.3. Hidrolik kontrollü ısı şeması.....	17
Şekil 2.4. Termostatik kontrolü ısı şeması.....	18
Şekil 2.5. Çift eşanjörlü ısı şeması .....	18
Şekil 2.6. Yerden ısıtılmalı ısı şeması .....	19
Şekil 2.7. Isıtma tesisat şeması .....	19
Şekil 3.1. Plakalı eşanjörlü kazan dairesi akış şeması. ....	22
Şekil 3.2. Denge kaplı kazan dairesi akış şeması.....	22
Şekil 3.3. U kollektörlü kazan dairesi akış şeması. ....	23
Şekil 4.1. Kazan daireleri aylık tüketim karşılaştırması .....	26
Şekil 4.2. Kazan daireleri aylık tüketim dağılımı .....	27
Şekil 4.3. Kazan daireleri yakıt tüketimi ve kapasite ilişkisi .....	28
Şekil 4.4. Kazan dairesi yakıt tüketimi ısıtılan alan ilişkisi .....	28
Şekil 4.5. Aylık bazda yakıt tüketimi ve kapasite oranı.....	30
Şekil 4.6. Kazan daireleri için göreceli verimlilik oranı .....	31
Şekil 4.7. Kazan daireleri için yakıt tüketimi kapasite oranı .....	32

## TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1.1.	AB'nin enerji üretim ve tüketimi (%) (2021) .....	6
Tablo 1.2.	2022 Yılı illere ve aylara göre doğal gaz üretimi (milyon s <sup>3</sup> ).....	9
Tablo 4.1.	Her ay faturalandıran m <sup>3</sup> cinsinden tüketim bedelleri .....	24
Tablo 4.2.	Kazan dairelerinin kapasiteleri .....	25
Tablo 4.3.	Kazan dairelerinin ısıttıkları kapalı alan .....	25
Tablo 4.4.	Kazan dairelerinin aylık bazda tüketim verilerinin kapasiteye oranı ....	30
Tablo 4.5.	Kazan dairelerinin ilk kurulum maliyetlerinin ısıttıkları alana oranı ....	33
Tablo 4.6.	Kazan dairelerinin ilk kurulum maliyeti ve tüketim verileri .....	33



## 1. GİRİŞ

Eski çağlardan beri insanlar kendilerini dış ortamdan, özellikle de soğuktan korumak için farklı yollar aramışlardır. Kapalı bir hacimde ısınmanın ilk şekli, hacmin ortasına açık bir ateş yerleştirmek ve bu hacmin tepesine bir delik açmak şeklinde bulunabilir. Bu yöntem ülkemiz bölgelerinde halen varlığını sürdüren tandır şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

Sobaların Çin ve Rusya'da nispeten küçük hacimleri ısıtmak için kullanılmaya başlandığı tarihi literatürden bilinmektedir (Genceli ve Parmaksızoğlu, 2008). Günümüzde katı, sıvı ve gaz yakıtların kullanıldığı sobalar, ilkel olmayan birçok binanın ısıtılmasında en çok tercih edilen cihazlardır. Isı santrallerinde ısıtılan akışkanların ısıtılacak mahale taşınarak bu mahallerin ısıtılması eski Roma döneminden beri bilinen bir tekniktir ve günümüzde merkezi ısıtma olarak bilinmektedir. Blok binalarda en uygun ısıtma ihtiyacı merkezi bir kontrol sistemi ile karşılanır. Binanın kazan dairesinde hazırlanan sıcak su, binadaki her odaya veya birime ayrı ayrı ulaştırılır. Sıcak su sistemleri, tesis içinde dolaşan ısı transfer ortamının en yaygın uygulamasıdır, ancak özel nedenlerle sıcak su, buhar, sıcak hava, kızgın yağ ve diğer akışkanlar da kullanılabilir. Merkezi ısıtma sistemlerine ek olarak, kullanım sıcak suyunun aynı kaynaktan merkezi olarak hazırlanması ihtiyacı en yaygın sistem gereksinimlerinden biridir. Merkezi bir ısı kaynağı ve eşanjör kullanılarak hazırlanan sıcak su, hesaplanan miktar ve koşullarda depolanarak uygun çap ve standarttaki borular vasıtasıyla ilgili birimlere verilir. Sistemde tüketilmediği takdirde sabit miktarda sıcak su belirli aralıklarla dolaştırılarak kullanıma hazır hale getirilir. Bu sistemin avantajlarının yanı sıra dezavantajlarının da üstesinden gelmek için kullanılan birçok yöntemden biri de ön kapılı eşanjörlü sıcak su hazırlama ünitesi sistemidir.

Enerji, günümüzde insan uygarlığının temellerinden biridir. Enerji üretimi ve tüketimi öncelikli stratejilerin odaklanması gereken konulardan biridir. Enerji tüketimindeki hızlı artışa paralel olarak, en önemli enerji kaynağı olan fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesi ve buna bağlı olarak ortaya çıkan ozon tabakasının delinmesi ve sera gazı emisyonları gibi çevre sorunları, enerji verimliliğini bir sorun haline getirmektedir. Enerji üretiminin yanı sıra, üretilen enerjinin verimli kullanımı

da ülkeler için önemli zorluklardan biridir. Enerji verimliliği, binalarda yaşam standartlarının ve hizmetlerin kalitesini veya endüstriyel süreçlerde üretimin kalitesini ve miktarını düşürmeden enerji tüketiminin azaltılmasıdır (Özgür, 2008).

Enerjinin çeşitlenmesi tüm sanayi dallarında ve toplumun tüm katmanlarında yer alması, onu önemli bir ekonomik faaliyet haline getirmiş ve ekonominin bir sektörü olarak enerji ekonomisini yaratmıştır. Enerji yatırımları mali açıdan külfetli, uzun sürelidir ve enerji talebini belirlemek için kullanılan faktörler belirsizdir, bu nedenle enerji planlaması genellikle çok dikkatli ve hassas bir eylem gerektirir. Bu nedenle enerji ekonomisi giderek daha önemli hale gelmektedir. Günümüzde enerji kaynaklarının kullanımı giderek daha önemli hale gelmektedir. Hem olumsuz çevresel etkiler hem de azalan rezervler nedeniyle, geleneksel yakıtların farklı kullanımlarının göz önünde bulundurulması ve alternatif enerji kaynaklarının değerlendirilmesi gerekmektedir (Angın, 2007).

İş yapabilen değişime neden olan ve sanayi sektörünün en önemli ve esas girdilerinden kabul edilen enerji, geçmişten günümüze insanlar tarafından kullanılmıştır (Bedeloğlu vd., 2010; Çengel ve Boles, 2008; Kırılı ve Kulu, 2016; Çoban ve Kılınç, 2016).

Enerji verimliliği, endüstri, tarım ve hane gibi çeşitli sektörlerde, alınan ürünün kalitesinden veya verimliliğinden ödün vermeden, birim ürün veya hizmet için daha az enerji kullanılmasıdır. Enerji verimliliğinin etkin bir şekilde uygulanmasının bireysel ve ulusal ekonomilere önemli katkılar sağladığı ve çevre üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu açıkça gösterilmiştir (Kırbaş, 2019). Sonuç olarak, daha verimli enerji kullanımı, sürdürülebilirliği ve daha temiz bir atmosferi sağlamak için iyi bir seçenektir (Ünver vd., 2019).

Daha etkin ve verimli enerji kullanımı günümüzde alternatif bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Özellikle yüksek enerji tüketimi olan tesislerde, verimli enerji kullanımı enerji maliyetlerini azaltabilir ve kayıp enerjiyi geri kazanmaya yönelik sistemlerin maliyetini en aza indirebilir. Ayrıca fosil yakıt yakan sistemlerde enerji dönüşümü sırasında çevreye zararlı emisyonları en aza indirerek çevre kirliliğini azaltabilir (Çomaklı, 2006).

Dünya genelinde enerjinin büyük bir kısmı konutlarda tüketilmektedir. Bina ısıtma sistemlerine uygulanan çeşitli yöntemlerle enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Ülkemizde hanelerde tüketilen enerji bütün enerji tüketiminin %31'i, toplam elektrik tüketiminin ise %43'ünü oluşturmaktadır. Hanelerde kullanılan enerjinin %82'si ısıtma amacıyla tüketilmektedir. Bu sebeple, enerji kullanımını dikkate alındığında, diğer enerji türlerine kıyasla daha büyük bir oran ısıtma için kullanılmaktadır. Tüketimi azaltmak için lokal kaçakları engelleyerek tüketilen enerjiden %25-50 aralığında tasarruf sağlanabilir. (Efe, 2007; Çomaklı vd., 2011).

Bir binanın ısıtma sistemi belirlenirken çeşitli parametrelerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu parametreler arasında binanın kullanım amacı, binanın her bir bölümünün kullanım süresi, mevcut yakıt türü ve projeye ayrılan bütçe yer almaktadır. Konutların Hanelerin en uygun şekilde ısıtılabilmesi için farklı yöntemlerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Örnek olarak; enerjinin çoğunlukla ısınma amaçlı tüketildiği binalarda kişisel ısıtma ile çoklu ısıtma sistemleri arasında bir seçim yapılır (Türkeri, 2007). Bu seçim, binada termal konforun sağlanması için önemlidir. Termal konfor, insanların çevreleriyle ilgili sorun veya şikâyet yaşamadıkları bir durum veya insanların sağlıklı ve üretken kalmalarını sağlayan termal parametreleri sağlayan bir durum olarak tanımlanabilir (Ünver vd., 2020).

Merkezi ısıtma, bir binadaki bütün tüketicilerin tek noktadan ısıtılmasıdır. Bu sistemde, merkezde üretilen ısı bir taşıyıcı akışkan ile ısıtılmak istenen alana aktarılır. Kişisel ısıtma ise her odada ayrı ısıtıcı sisteminin kullanılmasıdır. Merkezi ısıtmada kazanlar kullanılırken, bireysel ısıtmada kombi, yerden ısıtma, soba, şömine, şofben ve elektrikli ısıtıcılar kullanılır. Sistemde tercih edilen kazanlar, kişisel tüketim cihazlarına göre daha verimlidir. Buna ek olarak bina hacmini sürekli ısıttıkları için daha az yakıt tüketirler. Bireysel ısıtma durumunda, start-stop sırasındaki yakıt tüketimi ile binadaki diğer dairelerin ısıtılması arasındaki dengesizlik sistemde kayıplara yol açmaktadır. (UGETAM, 2020; Çetinkaya, 2012; Çomaklı vd., 2006).

Can (1994), merkezi ısıtma sistemleri üzerine yaptığı bir çalışmada, sistemde kullanılan doğalgaz bacası ve baca ekipmanlarının hava kirliliğini azaltıcı etkiye sahip olduğunu; Solmaz ve Alkan (2017), ise bu sistemlerde kullanılan otomatik kontrol üniteleri üzerine yaptıkları çalışmada kullanılan ünitelerin sistemin yakıt tüketimini azaltacak etkiye sahip olduğunu; Altaş (2010), merkezi ısıtma sistemlerinde tüm hacimlerin eşit şekilde ısıtıldığını, düz alanların ısıtılmasından

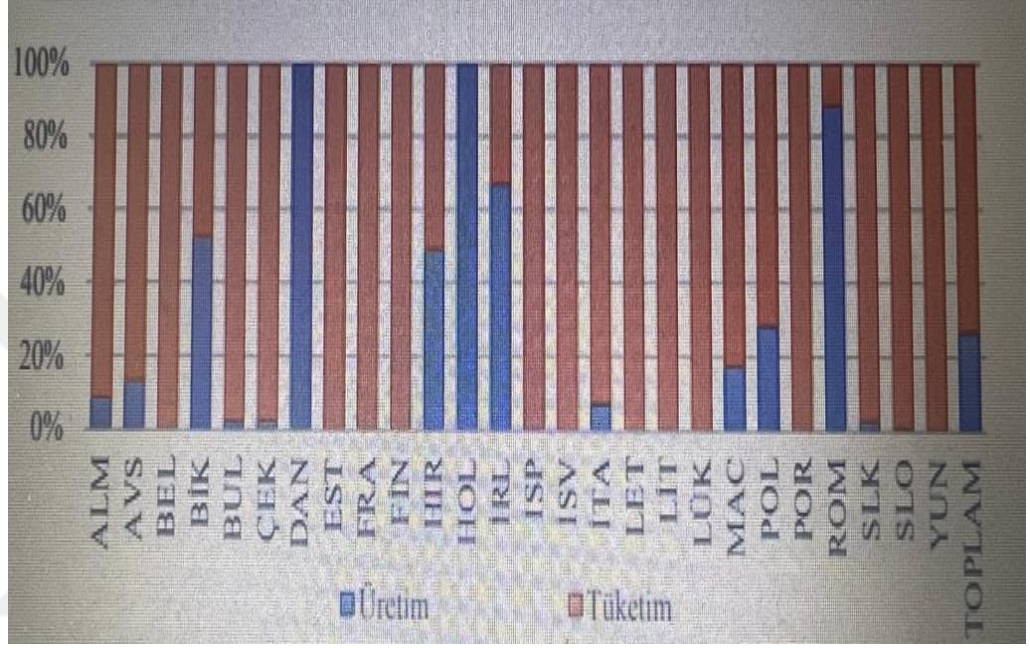
kaynaklanan ısı kayıplarının azaltıldığını ve oda sıcaklığının otomatik olarak kontrol edildiğini belirtmektedir. Bu sayede yakıt israfı ve enerji kayıpları önlenmiş olur.

Kazan, kazanda yakılan yakıtın yanma enerjisini sistemdeki çalışma akışkanına aktaran elemandır, ancak yanma sonucu ortaya çıkan ısı tamamıyla akışkana aktarılmaz. Isının bir parçası kazan yüzeyinden, geri kalanı ise egzoz gazları ile açık havaya salınır (Çomaklı, 2003). Kazanlardaki enerji kaybının büyük bir kısmı atmosfere salınan egzoz gazlarının taşıdığı ısıdan kaynaklanmaktadır. Bu ısı duyulur ve gizli ısıyı içerir. Son yıllarda kazanlarda doğal gaz kullanımı biyolojik ve çevresel nedenlerle yaygınlaşmıştır. Bu temiz yakıt, diğer yakıtlara göre karbon yerine daha fazla hidrojen içerir ve bu nedenle baca gazındaki gizli ısı nedeniyle daha fazla su buharı üretir. Bu nedenle, doğal gazla çalışan kazanlarda, baca gazındaki gizli ısının geri kazanımı kazan verimliliğini artırmak için çok önemlidir (Osakabe vd., 2001).

Deneyler, buharda yoğuşmayan gazların varlığının yoğuşma ısı transferi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Buhardaki az miktardaki yoğuşmayan gaz bile yoğuşma ısı transfer katsayısını önemli ölçüde düşürmektedir. Bunun nedeni, yoğuşmayan gaz ile karışan buhar yoğunlaştığında, yüzey etrafında sadece yoğuşmayan gazın kalmasıdır. Bu gaz, buhar ile yüzey arasında bir bariyer görevi görerek buharın yüzeye ulaşmasını engeller. Bu durumda buharın yüzeye ulaşabilmesi için önce yoğuşmayan gazın içine girmesi gerekir ki bu da yoğuşma verimini düşürür. Yüksek akış hızlarında, tutulan yoğuşmayan gaz yüzeyin yakınından uzaklaştırılır ve ısı transferi artar (Çengel, 2011).

Yakıt sistemleri karşılaştırılırken, enerji verimliliğinin yanı sıra ekserji verimliliği de dikkate alınmalıdır. Çünkü sistem karşılaştırmalarında enerji verimliliği her zaman yeterli olmamaktadır. Enerji verimliliğinde çözülmesi gereken ilk dezavantaj, aslında farklı enerji türlerini eşit olarak değerlendirmesidir. Termodinamiğin ikinci yasasına göre iş, ısıdan daha değerlidir. Bunun nedeni, işin tamamen ısıya dönüştürülebilmesi, ısının ise tamamen ve sürekli olarak işe dönüştürülebilmesidir. Bir sistemi çevresel koşullara indirgeyerek elde edilebilecek maksimum faydalı iş miktarı, sistemin ve çevrenin bir özelliğidir ve ekserji olarak tanımlanır. Ekserji, korunumdan ziyade yıkım olması bakımından enerjiden farklıdır (Bilgen, 2000).

Ülkemizde ve dünyada artan enerji talebi ve azalan enerji kaynakları bağlamında verimli enerji kullanımının önemi anlaşılmaktadır. Ülkemizde sanayi, kamu ve konut ısıtma sistemlerinin çoğunda doğal gaz kullanılmaktadır. Ülkemizin doğalgazda dışa bağımlılığının yüksek olması nedeniyle tüketim maliyeti her geçen gün artmaktadır. Bu bağlamda bu çalışmanın amacı verimli enerji kullanımı ilkelerini göz önünde bulundurarak yakıt tüketimini azaltmaktır.



Şekil 1.1. AB doğal gaz üretimi ve tüketimi (%) 2021 (Eurostat, 2021)

Şekil 1.1'e bakıldığında 2017'de 132 milyar m<sup>3</sup> olarak hesabı yapılan AB gaz üretimi, bütün AB ülkelerinin ihtiyacının sadece %27'sini karşılamıştır. AB'nin en mühim gaz ihracatçıları arasında Hollanda yer almaktadır. Kendi enerjilerinden beslenen senelik 46 milyar m<sup>3</sup> üretim değeriyle 40 milyar m<sup>3</sup> miktarındaki lokal gaz ihtiyacını karşılamayı başaran Belülüks ülkesi, üretim fazlasını ise boru hatları ve LNG (Sıvılaştırılmış Doğalgaz) vasıtasıyla AB devletlerine ulaştırmaktadır. Fakat Hollanda'da meydana gelen son gelişmeler sebebiyle yakın bir zamanda ülkenin gaz üretiminde düşüş yaşanacağı tahmin edilmektedir. 2018 yılının mart ayında Hollanda, Avrupa'nın en mühim doğal gaz üretim yeri olan Slochteren bölgesinin, üretim kapasitesinin daraltılması doğrultusunda karar almıştır. 2030'a kadar tüm saha çalışmalarının durdurulması planlanmakta, yer aldığı Groningen ilinde depreme yol açtığı ve yerel vatandaşına da zarar verdiği gerekçesiyle bu kararın alındığı ifade edilmektedir (Mulder ve Perey, 2018).

Tablo 1.1. AB'nin enerji üretim ve tüketimi (%) (2021) (BP, 2022)

	Seviye			Ekonomik Büyüme			
				(%)		(EJ)	
	2010	2020	2021	2010-2020	2021	2010-2020	2021
<b>TÜKETİM</b>							
<b>Birincil Enerji</b>	66	57	60	-1.4	5.6	-8.7	3.0
<b>Petrol</b>	25	20	21	-2.0	5.6	-4.5	1.1
<b>Doğal gaz</b>	15	14	14	-1.1	4.6	-1.5	0.6
<b>Kömür</b>	10	6.0	6.7	-5.5	13	-4.5	0.8
<b>Nükleer</b>	8.2	6.2	6.6	-2.8	7.0	-2.0	0.4
<b>Hidroelektrik</b>	3.7	3.2	3.2	-1.4	0.2	-0.5	0
<b>Yenilenebilir Enerji</b>	3.4	7.7	7.9	8.4	2.9	4.3	0.2
<b>Rüzgâr</b>	1.4	3.8	3.7	10.4	-2.1	2.4	-0.1
<b>Güneş</b>	0.2	1.4	1.5	19.2	12.0	1.1	0.2
<b>Diğer Yenilenebilir</b>	1.8	2.6	2.7	3.6	5.3	0.8	0.1
<b>ÜRETİM</b>							
<b>Petrol (Mb/d)</b>	626	393	366	-4.6	-6.7	232	-27
<b>Biyoyakıtlar (Kboe/d)</b>	33	48	51	3.8	5.9	15	2.7
<b>Doğal gaz (bcm)</b>	126	48	44	-9.2	-7.7	-78	-3.8
<b>Kömür (Mt)</b>	544	311	340	-5.5	9.7	-233	29

Tablo 1.1'de görüldüğü üzere AB'nin birincil enerji tüketimi, ekonomik faaliyetin ciddi anlamda yükselişe geçerek enerji verimliliğinde süren iyileşmeyi gösterse de 2019 yılı oranlarının %2,7 altında kalmaktadır. En hızlı büyüyen yakıt kömürdür, ardından nükleer enerji gelmektedir. Birincil enerji tüketimi 60 EJ'ye yükselmiştir. Bu nedenle fosil yakıtın oranı 2020 yılında olduğu gibi %70 oranındadır. Tabloya bakıldığında şu sonuçlara ulaşılabilir (BP, 2022).

- Mutlak bazda, AB’de ekonomik faaliyetteki kalkınmayla beraber bütün fosil yakıtların tüketimi artmıştır ve bu yakıtlardaki dünya tüketim yükselişinin %8-10 oranını oluşturmaktadır. Fakat petrol ve kömür tüketimi 2019 oranlarının altında kalmıştır.
- Petrol ve doğal gaz üretimi %7-8 oranında azalma göstermiş fakat kömür tüketimi %7,5 oranında artmıştır.
- AB’nin fosil yakıt ithaline bağımlılık oranı %0,7 artış göstererek %85 oranına ulaşmıştır.
- İthalata bağımlılık petrol, doğal gaz ve kömür için sırasıyla %96, %89 ve %42’dir.
- AB’nin boru hattı doğal gaz ithali %1,5 oranında artış göstererek 270 bcm’ye ulaşmıştır.
- Fakat Rusya ithali 12 bcm düşerek %49’a gerilemiştir. Bu, Cezayir ve Azerbaycan’dan yapılan ithaldeki yükselişle fazlasıyla telafi edilmiştir.
- AB’nin LNG ithali %3,9 oranında düşerek 79 bcm olmuştur fakat ABD’den yapılan ithal %24 oranında artış göstererek 22 bcm olmuştur.
- Yenilenebilir enerji üretimindeki büyüme, aslında güneş, jeotermal ve biyokütle üretimindeki kalkınmanın bir bölümünü istikrara sokan rüzgâr üretimindeki azalış sebebiyle %3 yavaşlamıştır.

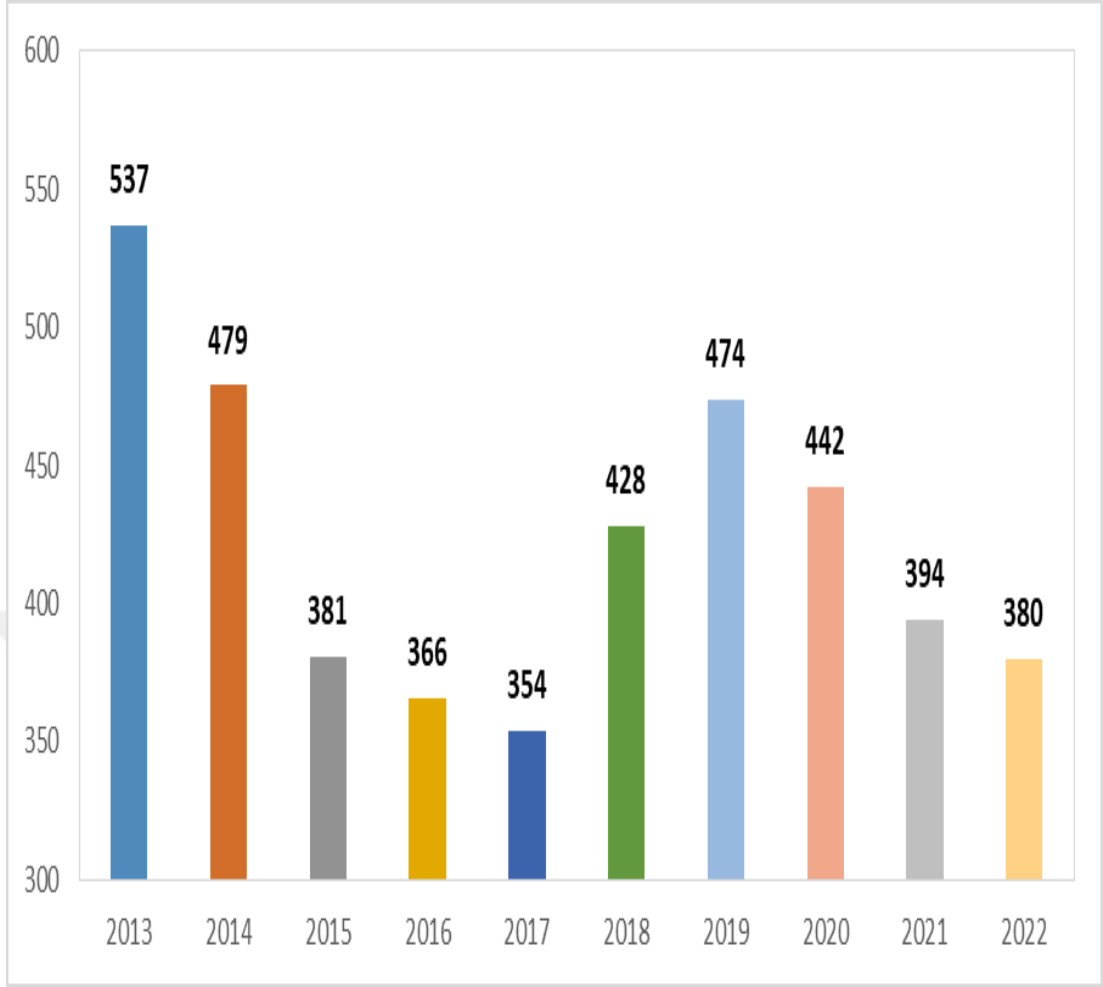
Yurt içinde doğalgazın üretim durumu incelendiğinde ise;

### **Üretim Hacmi:**

2022 yılında toptan satış lisansı sahibi 9 şirket tarafından 379,81 milyon Sm<sup>3</sup> doğalgaz satışa sunulmuştur. Üretilen ve tüketilen gaz miktarı bir önceki yıla göre %3,71 azalmıştır.

### **İhracat:**

2022 yılı içerisinde yapılan 581,43 milyon Sm<sup>3</sup> toplam ihracat miktarının %16,9’luk kısmını sıvılaştırılmış doğalgaz ihracatı oluşturmaktadır. Bu verilere göre toplam doğalgaz ihracatı 2021 yılına göre %51,86 oranında artmıştır.



Şekil 1.2. 2012-2022 Yılları doğal gaz üretim miktarları (milyon sm<sup>3</sup>) (EPDK, 2022)

2022 yılı içerisinde toptan satış lisansına sahip firmaların gerçekleştirdiği üretim miktarı 2021 yılı ile kıyaslandığında % 3,71 oranında azalış görülmüştür. 2022 yılında Doğal gaz üretiminin gerçekleştiği petrol sahaları bakımından en yüksek üretim, %47,89'luk payla Tekirdağ ilinde gerçekleşmektedir. Bunu %34,13 ile Kırklareli ili ve %13,51 ile İstanbul ili takip etmektedir. Şekil 1.3 'te petrol sahalarının bulunduğu iller ve üretimin aylara göre dağılımı gösterilmektedir.

Tablo 1.2. 2022 Yılı illere ve aylara göre doğal gaz üretimi (milyon s<sup>3</sup>) (EPDK, 2022)

İl/Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Genel Toplam
Adıyaman	0,128	0,129	0,135	0,105	0,110	0,110	0,095	0,105	0,090	0,120	0,085	0,095	1,305
Çanakkale	0,217	0,155	0,095	0,110	0,115	0,535	0,885	0,495	0,360	0,295	0,260	0,205	3,715
Düzce	0,227	0,215	0,205	0,275	0,340	0,155	0,150	0,105	0,000	0,000	2,650	5,050	9,365
Edirne	0,252	0,265	0,280	0,235	0,195	0,180	0,140	0,145	0,135	0,195	0,225	0,305	2,540
Hatay	0,002	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,040
İstanbul	5,082	4,350	4,400	4,565	4,410	4,195	4,130	4,120	3,980	3,810	3,980	4,314	51,330
Kırklareli	10,71	9,102	9,900	8,775	12,50	10,80	9,305	8,595	11,35	13,05	13,30	12,15	129,645
Tekirdağ	15,175	15,130	15,000	14,315	13,990	14,055	14,785	15,230	14,205	16,400	17,245	16,355	181,75
<b>Genel Toplam</b>	<b>31,793</b>	<b>29,349</b>	<b>30,020</b>	<b>28,385</b>	<b>31,675</b>	<b>30,095</b>	<b>29,495</b>	<b>28,800</b>	<b>30,100</b>	<b>33,900</b>	<b>37,830</b>	<b>38,445</b>	<b>379,815</b>

Yurt içi doğalgaz enerji üretimi ile ilgili tablolardan da anlaşılacağı üzere büyük oranda doğalgazda dışa bağımlılık söz konusudur.

Doğalgaz üretim ve tüketim değerleri göz önünde bulundurulduğunda merkezi ısıtma sistemlerinde doğalgaz kullanımının ve tasarrufunun önemi ortadır. Ülkemizde merkezi kazan dairelerinde kullanılan sistemlerden plakalı eşanjörlü ve stabilizatörlü ısıtma sistemlerinde, kazandan sisteme giden sıcak su ile sistemden tesisata dönen sıcak suyun çarpıştırılarak dönüş suyunun sıcaklığının yükseltilmesi amaçlanarak sisteme tesisat gidiş suyu olarak dönerken istenilen sıcaklığa ulaşılmasının sağlanması ile yakıt tüketiminin azaltılması planlanmaktadır. Bu projede kullanılan U kollektör sistemi ise sıcak ve soğuk suyu sürekli aynı kaptaki depolayarak daha yüksek sıcaklık değerlerinde daha fazla sıcak su hazırlayarak yakıt tüketimini azaltmayı hedeflemektedir.

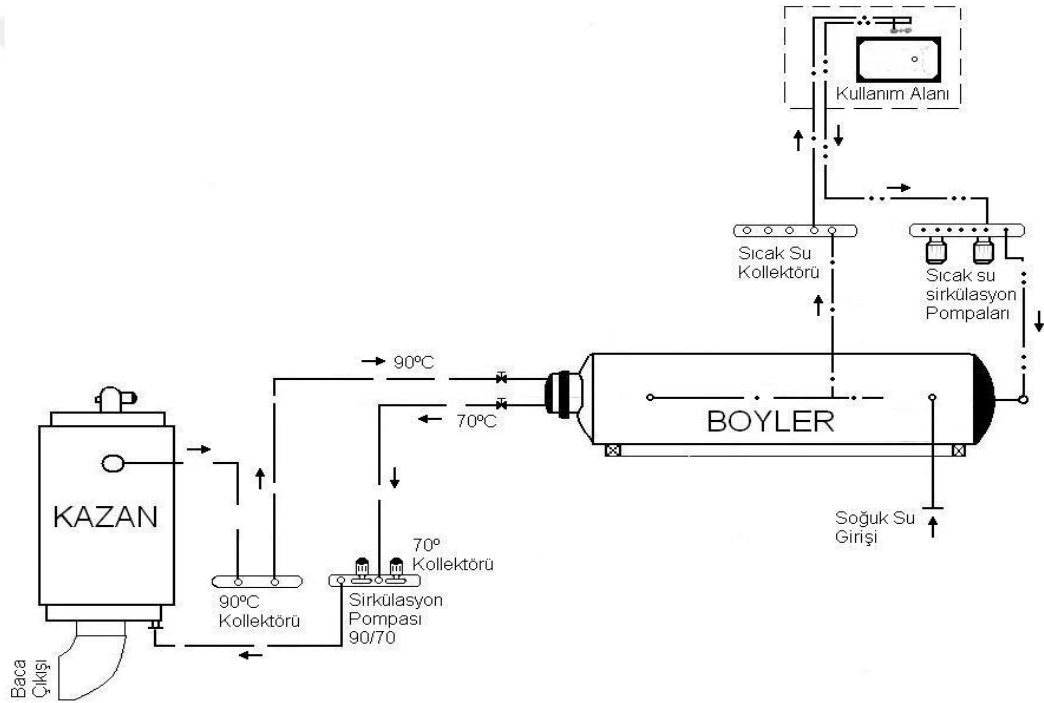
## **2.MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ**

### **2.1. Merkezi Isıtma Sistemi Kavramı**

Termik santraller tarafından üretilen sıcak akışkanların istenilen ortama taşınarak bu ortamların ısıtılması yöntemi merkezi ısıtma olarak bilinmektedir. Merkezi ısıtmanın tarihi antik Roma dönemine kadar uzanmaktadır. Antik Roma'da villaların ve hamamların zeminlerine ve duvarlarına hava kanalları döşenirdi. Kanallar, tutuşturulan bir ateşle ısıtılan havayı taşıyordu. Günümüzde, merkezi ısıtma fırınlarında yakılan yakıttan elde edilen ısı, su aracılığıyla ısıtılmaktadır. Şekil 2.1'de gösterildiği gibi, ısıtılan su zayıflatılır ve sıcak su bir dönüş kollektörü ve dönüş pompası aracılığıyla binanın üst katlarına gönderilir.

Merkezi ısıtma sistemleri genellikle soğuk iklimlerdeki apartman dairelerinde ve kamu binalarında kullanılır. Sistem, kullanılan akışkanı (su, hava veya buhar) ısıtan merkezi bir kazan veya ısıtıcı, ısıtılan akışkanı dağıtan borular ve ısıyı çevredeki havaya aktaran radyatörlerden oluşur. Radyatörler, ısıyı konveksiyon (taşınım) yoluyla çevreye aktaran bir ısı eşanjörü türüdür. Radyatörler genellikle binanın duvarlarına monte edilir, ancak bazı merkezi ısıtma sistemleri radyatör kullanmaz ve yerden ısıtma sağlamak için zeminin altına gömülü özel borular kullanır. Tüm sistemlerde, ısının tüm radyatörlere ulaşmasını sağlamak için suyu sirküle eden pompalar bulunur. Sıcak su ayrı bir ısı eşanjörüne gönderilir ve burada genellikle bir su tankında depolanan kullanım sıcak suyu haline gelir. Pnömatik

ısıtma sistemlerinde hava bir kanal sistemi aracılığıyla dolaştırılır. Kanal sistemleri, havanın bir filtreden geçirilerek temizlenebildiği ısıtma ve soğutma (kombiler) için de kullanılabilir. Isıtma cihazları (radyatörler ve kanallar) odanın en soğuk kısmına (veya daha doğrusu ısı kaybının en yüksek olduğu kısma) monte edilir. Oda bu kısmı genellikle bir pencerenin altındadır. Buradan da anlaşılacağı üzere, ısıtma sisteminin temel amacı ortamı/binayı arzu edilen bir sıcaklıkta tutmak, yani dış ortama olan ısı kaybını telafi etmektir. Başka bir deyişle, bir ısıtma sisteminin verimli olabilmesi için kayıpları da önlemesi, yani yalıtımı iyileştirmesi gerekir.



Şekil 2.1. Merkezi ısıtma sistemi (Anonim, 2019)

Dünya genelinde ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde enerji tüketimi nüfusa oranla her geçen gün artmaktadır. Bina sektörünün nihai enerji tüketimindeki payı da artmaya devam etmektedir. Binalarda enerji verimliliğinin tanımı, konfor koşullarından ödün vermeden enerji tüketiminde tasarruf sağlamak ve enerji tüketim maliyetlerini düşürmektir. Isıtma sistemleri genel olarak bir kazan, brülörler, pompalar, tesisat boruları ve radyatörlerden oluşur. Dolayısıyla hangi yakıt kullanılırsa kullanılsın amaç kazanın sistemdeki suyu ısıtması, radyatörlere dağıtması ve radyatörlerin monte edildiği hacmi ısıtmasıdır.

## 2.2. Merkezi Isıtma Sisteminde Bulunan Elemanlar ve Bağlantı Şeması

Bu sistemlerin temel unsurlarından bahsetmek gerekirse;

Sirkülasyon pompaları tesisat içerisinde suyun iletilmesini kolaylaştırmak için sisteme monte edilir.

Diyaframlı genişleme tankları, bu sistemde oluşabilecek genişlemeyi kontrol etmek için kullanılır. Isıtılan suyun hacmi %4 oranında arttığı için genişleme tankları gereklidir. Genişleme tankları, termal genişleme nedeniyle sistem bileşenlerinin bozulmasını engeller.

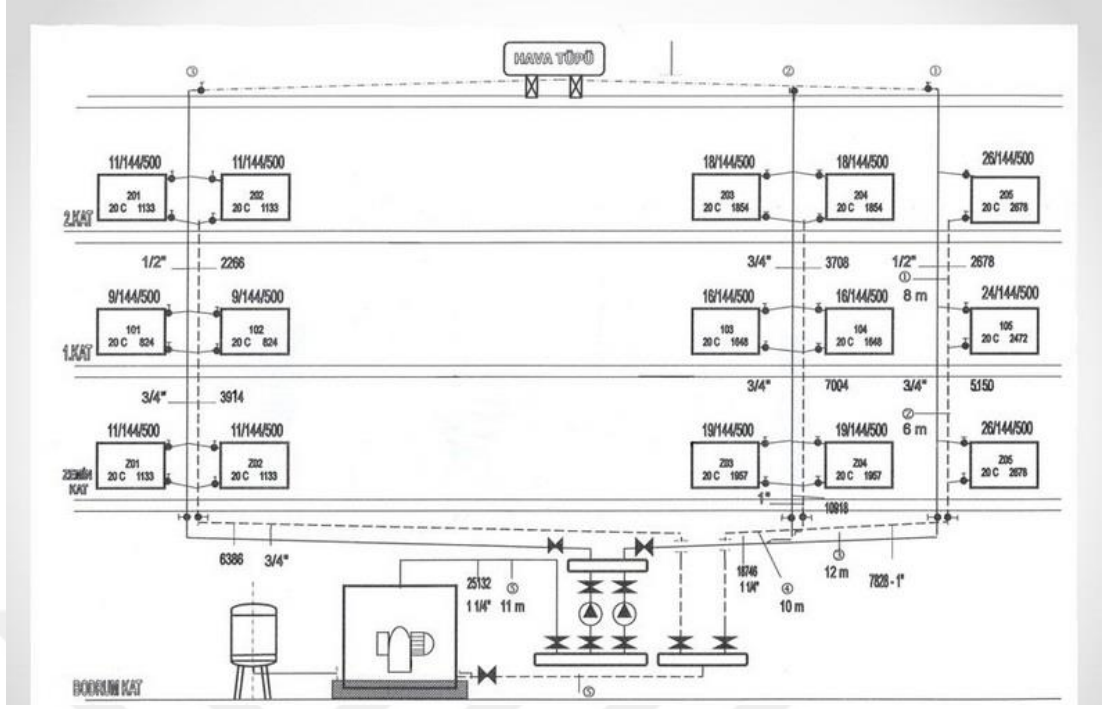
Radyatörler bakır, alüminyum veya çelikten yapılır. Radyatörler, ısıyı radyatördeki akışkandan odadaki havaya aktararak işlev görür

Kazan tarafından ısıtılan su, tesisat aracılığıyla radyatörlere, konvektörlere, sıcak hava üfleyicilere ve diğer ısıtma cihazlarına gönderilir. Burada, sıcak su ısıyı çevreye ve kazana geri aktarır. Sistemdeki suyun ısınması nedeniyle genişleyen su bir genişleme tankında toplanır. Şekil 1'de benzer sistem şematik olarak gösterilmiştir. Tesisatta ısınan suyun iletimi bir pompa aracılığı ile sağlanmaktadır. Bu tarz sistemlerde mutfakta yaklaşık 18 °C, banyoda 26 °C, oturma odasında 22 °C ve yatak odası ise 20 °C sıcaklık sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Merkezi ısıtma sistemleri, ısı ortamının türüne bağlı olarak farklı isimlerle anılır.

Sıcak sulu ısıtma; bu sistemdeki ısı ortamı 90 °C'ye kadar ısıtılmış sudur. Bu sistem açık genişlemeli veya kapalı genişlemeli olacak şekilde tasarlanabilir. Sistem, gidiş suyu ile dönüş suyu arasındaki yoğunluk farkını kullanır. Devredeki bir pompa ile sirkülasyon da sağlanır.

Sıcak su ısıtma sistemi atmosfere karşı sızdırmaz bir sistem olup; bu sistemde 110 °C ila 200 °C'e aralığında ısıtılmış su kullanılır ve suyun buharlaşmasını önlemek için ise sürekli karşı basınç uygulanır.



Şekil 2.2. Çoklu ısıtma sistemi seması (Anonim, 2018)

Buharlı ısıtma sistemleri üç farklı şekilde analiz edilir. Buhar kazanı çıkış basıncı 1,5 bar ve sıcaklıkları 110 °C'ye kadar olan düşük basınçlı sistemler; çıkış basıncı 1,5 bar'dan fazla ve sıcaklıkları 110 °C'nin üzerinde olan yüksek basınçlı sistemler ve basınçları 0,05 ile 0,75 bar arasında ve sıcaklıkları 65 °C'nin üzerinde olan vakum sistemleri.

Sıcak havalı ısıtma sistemlerinde ısıtılan hava, iletim kanalları ile ısıtılacak mahale gönderilir. Bu yöntem genellikle ısıtmaya ek olarak hava değişiminin de gerekli olduğu yerlerde kullanılır.

Bir merkezi ısıtma sistemini oluşturan elemanlar malzemelerine göre de sınıflandırılabilir. Kazanlar tiplerine göre çelik kazanlar ve tekstil kazanlar olarak ikiye ayrılabilir. Tekstil kazanlar dilimlenebilir ve kazan dairesine monte edilebilir, bu da onları dar alanlarda kurulumu kolay hale getirir. Kazanlar ayrıca üflemlü brülörlü ve atmosferik kazanlar şeklinde ikiye ayrılabilir. Üflemlü brülörlü kazanlar istenildiğinde daha yüksek ısı kapasiteli olarak imal edilebilmektedir. Hava-yakıt oranı ayarlanabilir ve verimi yüksektir. Atmosferik basınçlı brülörlü kazanların çalışması düşük sesli, ilk kurulum maliyetleri düşük ve bozulma olasılıkları daha azdır (Türkeri, 2007).

### **2.3. Merkezi Isıtma Sistemini Etkileyen Etmenler**

Bu sistemi etkileyen etmenler yalıtım kalınlığı, dış ortam sıcaklığı, kapının çeşiti, bina kat mesafesi, ısı geçirgenliği, pencere malzemesi, brülörden çıkış sıcaklığı ve kullanılan yakacak türüdür.

Tunay (2014), tarafından yapılan bir araştırmaya göre dış hava sıcaklığı, yalıtım kalınlığı ve brülör çıkış sıcaklığı arttıkça ısı kayıpları doğrusal olarak azaldığı için yakıt miktarı da azalmaktadır. Yakıt miktarındaki azalma CO2 emisyonlarında da azalmaya yol açmaktadır. Brülör tipleri göz önüne alındığında doğalgaz, diğer yakıtlara göre düşük kalorifik değeri, yüksek verimi ve düşük emisyon faktörü nedeniyle merkezi ısıtma sistemleri için avantajlı bir yakıttır. Kapı malzemeleri, pencere malzemeleri ve kat yüksekliklerinin ısı kaybı değerleri daha yüksektir. Bu nedenle kullanılan radyatör miktarı, doğalgaz miktarı ve CO2 emisyonu artmaktadır. (Dereli ve Koçu, 2010; Tunay, 2014).

### **2.4. Merkezi Isıtma Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları**

Bu sistemlerin farklı ısıtma sistemlerine göre avantajları ve dezavantajları vardır. En önemli avantajları şunlardır:

- Bu sistemler diğer enerji kaynakları ile birlikte tasarlanabilir;
- Bir merkezi ısıtmada farklı enerji kaynakları bir arada kullanılabilir.
- Konut komplekslerinde, kurulum ve işletme maliyetleri de dahil olmak üzere sistemin toplam maliyeti düşüktür.
- Sistem ekipmanı, bina sakinlerinden uzak olan kazan dairesine kurulur, bu da gürültü, koku ve duman açısından rahatsızlığa neden olabilir.
- Değişiklikler ve revizyonlar kazanların bulunduğu mahalde gerçekleştirilir

Bu sistemlerin olumsuzlukları ise şunlardır;

- Tesisattaki yüksek su debisi nedeniyle büyük kapasiteli bir genleşme tankı gereklidir.
- Borulardaki yüksek su hacmi nedeniyle yüksek ısıtma süreleri ve yüksek yakıt maliyetleri.

- Boru tesisatının yalıtım maliyetlerinin yüksek olması ve ısı kaybı sırasında yoğuşma nedeniyle borularda oluşan nemin zamanla yalıtımın bozulmasına neden olması (Altaş, 2010).

## 2.5. İstasyonlu Isıl Sistemler

Isı istasyonları, merkezi ısıtmalı bir binanın her dairesine ayrı ayrı monte edilen, ani ısıtma prensibiyle kullanım sıcak suyu sağlayan ve ısıtma sistemini kontrol eden çok işlevli ünitelerdir. Isı istasyonu merkezi ısıtma sistemi için bir ara yüz görevi görür ve o daire için enerji merkezidir. Isı istasyonları enerji üretmez ancak merkezi ısı kaynağından daireye enerji aktarır (Anonim, 2019).

2007'den bu yana uygulanmakta olan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'na bağlı olarak, kapalı inşaat alanı toplam 2.000 m<sup>2</sup> veya daha fazla olan konutlarda merkezi ısıtma sistemlerinin uygulanması zorunludur. Bu kanun, ısıtma ve kullanım sıcak suyu ihtiyacının karşılanmasında kombi kullanımını kısıtlamış ve merkezi ısıtma sistemlerinde kullanım sıcak suyunu temini için boyler, eşanjör ve sıcak su deposu gibi alternatifleri doğurmuştur. Bu kanuna bağlı ısıtılan her birimin tüketim verilerinin ölçülme zorunluluğu, sıcak su sayaçlarının kullanılmasıyla sonuçlanmıştır. Isı istasyonlarının bahse konu alternatiflere bir çözüm sunmakla birlikte bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Anlık su ısıtma prensibi, kullanım sıcak suyunu yalnızca ihtiyaç duyulduğunda sağlayarak enerji kayıplarını ortadan kaldırır. Depodan oturma odasına pompalanan kullanım sıcak suyunun uzun döşenmiş borularda meydana gelen enerji kayıplarının, sıcak su kullanılmadığında ve borulardaki akış durduğunda bekleyen suyun soğumasından kaynaklanan enerji kayıplarının ve kullanıcı sıcak su beklerken musluktan akan ve kullanılmadan tüketilen atık su kayıplarının üstesinden gelmek için resirkülasyon hatların çekildiği yerlerde, sıcak su olmadan borulardan geçen çok uzun yollar, depoya gelen dönüş suyu sıcaklığındaki düşüşün olmamasını sağlar (Anonim, 2019).

Isı istasyonlarında kullanım suyunun sıcaklığı hidrolik, termik veya her iki elemanlı kontrol sistemleri ile 20 ile 70°C aralığında istenilen sıcaklık değerine ayarlanabilmektedir. Hane büyüklüğüne ve hanede oturan kişi sayısına göre talep edilen sıcak su miktarı, plakalı eşanjörler ile ihtiyaca göre seri bir şekilde temin edilebilmektedir. Bütün odalardaki sıcaklığı kontrol eden ayarlanabilir vanalar, işletmeye elverişli bir ortam oluşturur (Anonim, 2019).

Uygulanan bu sistemlerde sıcak su deposu bulunmaz ve ihtiyaç duyulduğunda hazırlanır, böylece Lejyonella salgını olasılığı kalkar. Isı istasyonları, merkezi ısıtma sisteminin bir arayüzüdür. Enerji üretmek yerine, sistemin merkezden gönderdiği ısıtılmış suyu hanenin ihtiyacına uygun şekilde ayarlayarak eşanjörlere ve ısıtma hatlarına yönlendirir. Bu sayede her daireye doğalgaz borusu veya bacası döşenmesine gerek kalmıyor. Daire içinde herhangi bir yanma işlemi ve özel bir baca bulunmadığından egzoz gazlarından etkilenme söz konusu değildir (Anonim, 2019).

Tüketilecek sıcak su miktarının ısı merkezleri tarafından temin edildiği konutlarda üç temel sütun gereklidir. Bunlar sistemden geliş, sisteme dönüş ve soğutulmuş su şebekesinin geliştirilmesidir. Kullanım sıcak suyu talep edildiği anda ısı merkezinde hazırlandığı için kazanlara, sıcak su pompalarına, pompa panolarına, kazan ısı sayaçlarına veya sıcak su sayaçlarına ihtiyaç yoktur.

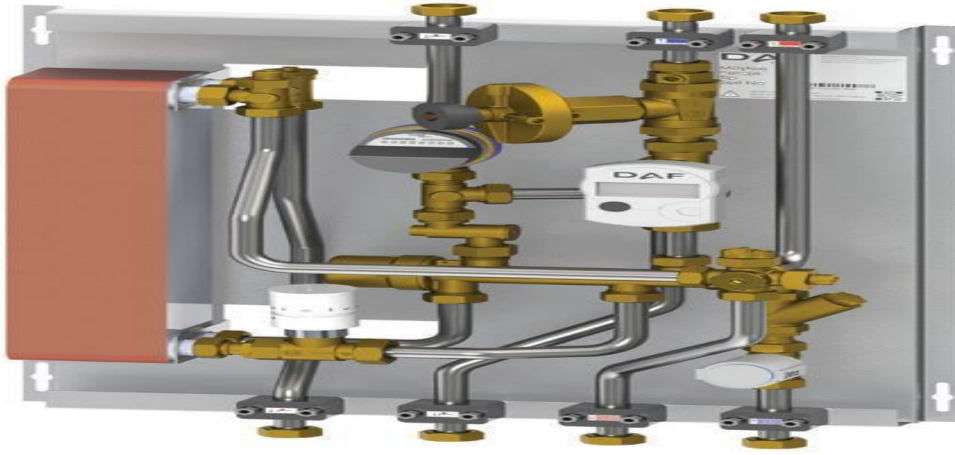
Her katta kullanılan su ve ısı miktarı, ısı istasyonunda, istasyon içinde ve dışında bulunan soğutulmuş su hatları ve kalorimetreler ile belirlenir ve maliyet tahsisi için bu değerler dikkate alınır. Eğer bir akümülyasyon tankı kullanılıyorsa, sistemi desteklemek için güneş kolektörleri ve ısı pompaları eklenebilir. Kazanın dönüş sıcaklığı oldukça düşük tutulabilir, böylece yoğuşmalı kazanların kullanımı kolaylaştırılabilir (Anonim, 2019).

Daire girişinde, shaft boşluğunda, daire önünde veya daire içinde bulunan ısı istasyonları, dairenin termal enerji merkezleridir. Isı istasyonları, daire içindeki ısı yükteki farka göre hızı değiştirilebilen sirkülasyon pompaları tarafından beslenir. Bununla birlikte her bir ısı istasyonunun sistemdeki hatlara monte edilen bölge vanaları yardımıyla o daireye uygun sıcaklıkta enerji (merkezi sıcak su) tedarik etmek mümkündür. Bağımsız mahallerin (odaların) sıcaklık kontrolü ayarlanabilir vanalar ile sağlanmaktadır. Gerekli miktarda sıcak su kullanımını temin etmek için sistem plakalı ısı eşanjörü ile donatılmıştır ve sıcak su üretimi oransal hidrolik kontrolör ile önceliklendirilmektedir. Kullanılan soğuk su miktarı ve her odada tüketilen termal enerji miktarı, soğuk su sayaçları ve ısı istasyonlarına takılan ısı sayaçları ile belirlenir. Sayaç değerleri tüketim (maliyet) hesaplamalarında dikkate alınır. Merkezi ısıtılmalı binalarda ısı istasyonları her odaya ayrı ayrı kurulur. Isı istasyonları, ani ısıtma prensibiyle kullanım sıcak suyu sağlayan ve ısıtma sistemini kontrol eden çok fonksiyonlu ünitelerdir. Bir apartmandaki ısı istasyonu, merkezi ısıtma sistemine bir ara yüz görevi görür ve o daire için enerji merkezidir. Isı

istasyonları enerji üretmez, ancak enerjiyi merkezi bir ısı kaynağından dairelere aktarır (Anonim, 2019).

## 2.6. Hidrolik Kontrollü Isı Sistemleri

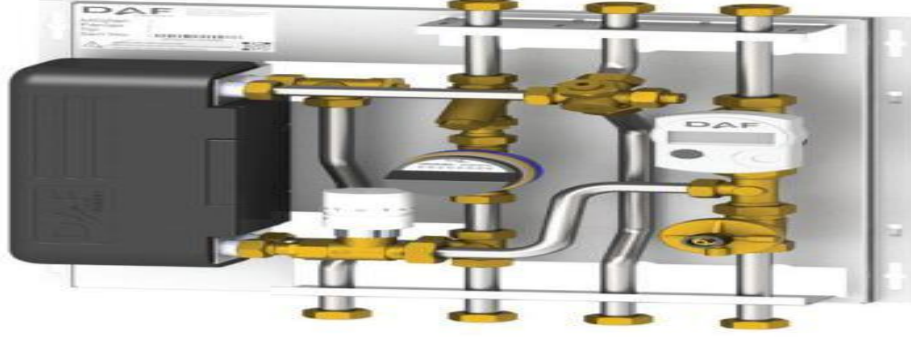
Hidrolik olarak kontrol edilen ısı istasyonlarında sistemin kontrolü termostat ve hidrolik akış takibi ile yapılır. Sistemde ilk olarak kullanım sıcak suyu devreye girer. Hanede de sıcak su kullanımı başladığı anda eşanjöre giden boylar debisi hidrolik kontrolör tarafından tüketilen sıcak su ile orantılı olarak ayarlanır. Maksimum sıcak su tüketimi olduğu zaman ısıtma hattı tamamen kapatılır ve kullanım sıcak suyu için uygun şartlar sürekli yüksek seviyede tutulur. Ayrıca ayarlanabilir vanalar ile sıcaklık istenilen değerde ayarlanabilmektedir (Anonim, 2019).



Şekil 2.3. Hidrolik kontrollü ısı şeması (Anonim, 2019)

## 2.7. Termostatik Kontrollü Isı Sistemleri

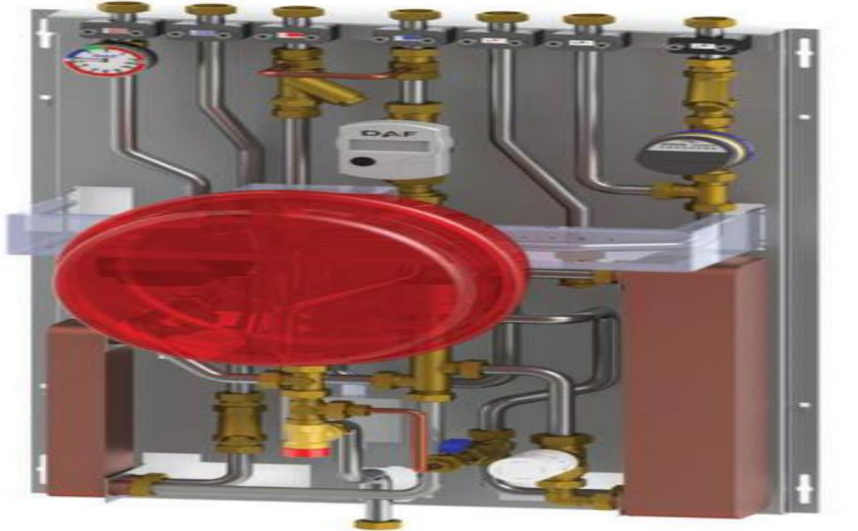
Bu sistemde kontrol sıcaklığa bağlı olup; sistem termostatik olarak çalıştırılır. Sistem kullanım sıcak suyu önceliği ile çalışmasına rağmen kullanım sıcak suyu tüketimi devam ederken ısıtma işlevi kısmen sürdürülür. Sistem temel olarak bir termostatik sıcaklık kontrolörü ve bir ısı eşanjöründen oluşur. Termostatik sıcaklık kontrolörünün sensör elemanı ısı eşanjörüne daldırılır ve dairede kullanım sıcak suyu başlatıldığında sensör elemanı soğutulur ve termostatik sıcaklık kontrolörü açılır. Kombiden gelen sıcak su eşanjöre yönlendirilir ve kullanım sıcak suyunu ısıtmaya başlar. Dairedeki sıcak su tüketimi bittiğinde eşanjördeki algılama elemanı ısınır, eşanjör devresi kapanır ve sistemin tamamen soğuduğu ana kadar kapalı kalır (Anonim, 2019).



Şekil 2.4. Termostatik kontrolü ısı şeması (Anonim, 2019)

## 2.8. Çift Eşanjörlü Isı Sistemi

Bu sistemlerde, kazan gidiş suyu ısı eşanjörünün birincil tarafına sevk edilir. Isı eşanjörünün ikincil hattı düz ısıtma devresi için kullanılır. Sistemde ısınan gidiş suyu, frekans konvertörlü bir sirkülasyon pompası ile daire gidiş hattına gönderilirken, dairede soğutulan su ısıtılmak üzere sisteme geri gönderilir. Uygulanan bu sistem kapalı devre olduğundan sistemdeki genleşmeyi alması için sisteme bir genleşme tankı eklenmiştir. Dairelerde kullanılan bu sistemde istenilen sıcaklığın elde edilmesi kullanılan ısıtma ekipmanına bağlıdır (Anonim, 2019).



Şekil 2.5. Çift eşanjörlü ısı şeması (Anonim, 2019)

## 2.9. Yerden Isıtmalı Isı Sistemi

Çoğu durumda, ısıtıcı çıkış sıcaklığı yerden ısıtma sisteminin gidiş sıcaklığından daha yüksektir. Kazan çıkış sıcaklığını istenen değere düşürmek için bu

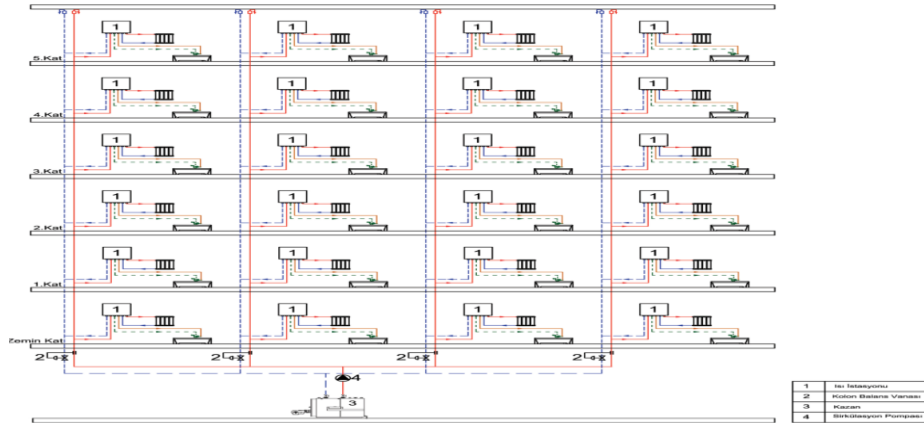
tarz uygulamalar daha yoğun etkili ve verimli bir çözüm sağlar. Bunu sağlamak için ısı istasyonuna bir yerden ısıtma karıştırma kiti eklenir. Yerden ısıtma uygulamalarında kullanım sıcak suyu ile ilgili iki çeşit yöntem vardır. Bunlar hidrolik kontrollü yerden ısıtma ve termostatik kontrollü yerden ısıtma ısı uygulamalarıdır (Anonim, 2019).



Şekil 2.6. Yerden ısıtmal ısı şeması (Anonim, 2019)

## 2.10. Isı Sistemlerinin Konumlandırılması

Sistemin apartman içindeki konumunu gösteren Şekil 2.7.'de ısı istasyonları 1 numara ile gösterilmiştir. Isı istasyonu dairenin girişinde yer almaktadır. Bu sistemde ısıtma hattında kullanılan sıcak su ve kullanım sıcak suyu hatları ısı istasyonu aracılığı ile hanelere gönderilmektedir.



Şekil 2.7. Isıtma tesisat şeması (Anonim, 2017)

## 2.11. İlgili Çalışmalar

Oğuz ve Kırmacı (2015), hem doğrudan doğal gaz kullanan binaların tasarımı hem de kömürlü merkezi ısıtma sistemlerinin doğal gazlı merkezi ve doğal gazlı bireysel sistemlere dönüştürülmesi için hangi sistemin daha ekonomik olduğunu belirlemek için. Bir maliyet analizi değerlendirilmiştir. Hangi ısıtma sisteminin en çevre dostu ve ekonomik olduğunu belirlemek için yapılan çalışmalar, en çevre dostu ve tasarruflu sisteminin doğal gazla çalışan sistemler olduğunu bildirmiştir.

Bakos vd. (1999), ısı merkezli sistemlerde yakıt tasarrufu sağlamak amacıyla bir enerji yöntemi geliştirmiş ve bu yöntem aktif sisteme uygulandığında %14 oranında daha az tüketim sağlanmıştır.

Türkeri (2007), kişisel ve çoklu sistemleri ilk kurulum, enerji tasarrufu ve kullanım ekonomisi yönünden karşılaştırmayı hedefleyen bir uygulama üzerine çalışmıştır. 20 daireli bir apartman kompleksi modelinde iki farklı sistemin karşılaştırılmasının sonucunda çoklu konutlarda ilk yatırım maliyeti, kullanım maliyeti ve diğer maliyetlerin toplamı göz önünde bulundurulduğunda toplam maliyet açısından merkezi ısıtma sisteminin daha ekonomik olduğu gösterilmiştir.

Acarkan, (2005), bireysel ısıtma sistemleri ile merkezi ısıtma sistemlerinin verimliliğini ve ekonomikliğini analiz etmiş ve hazırlanan karşılaştırma tablosuna göre merkezi ısıtma sistemlerinin bireysel ısıtma sistemlerine göre ilk yatırım maliyetleri açısından yaklaşık %30'luk bir kazanç sağladığını bildirmiştir. Ayrıca binalarda yalıtım kullanılarak yaklaşık %20 oranında enerji tasarrufu sağlanabileceği tespit edilmiştir.

Savaşan (2007), yüksek lisans çalışmasında merkezi ısıtma sistemleri ile kişisel ısıtma sistemlerinin termo-ekonomik analizini yapmış ve kişisel ısıtma sistemlerinin ilk kurulum maliyetlerinin merkezi ısıtma sistemleri ile karşılaştırıldığında, sistemin kurulum maliyetinin daha yüksek olduğu sonucuna varmıştır.

Demir (2000), İstanbul'da 12 dairenin ısıtılması için merkezi ısıtma sistemi geleneksel merkezi ısıtma sistemlerinden farklı olarak her dairenin girişinde ısı sayaçları bulunan ve bireysel ısıtma sistemlerinin (kombiler) yatırım maliyetlerinin bir analizini yapmış ve işletme maliyetleri karşılaştırılmıştır. Merkezi ısıtma sisteminin kullanım ve kurulum maliyeti yönünden daha tasarruflu sistem olduğu neticesine varılmıştır.

Babur (2019) Yüksek katlı bir binanın merkezi ısıtma sistemi ile sıcak su ihtiyacının karşılanması durumunda iki farklı sıcak su sisteminin (boyler ve ısı istasyonu sistemi uygulamaları) karşılaştırılarak sistemlerin tekno ekonomik analizi yapılmıştır. Çalışma sonunda, ısı istasyonu uygulanan sistemin boylerli sisteme göre daire sayısına bağlı olarak hem ilk yatırım maliyetinde hem de işletme giderlerinde tasarruf elde edilmiştir.

Çomaklı vd. (2011), konut tipi merkezi ısıtma sistemlerinin ilk kurulum ve işletme maliyetleri açısından doğal gaz, fuel oil ve kömür yakıt türlerini karşılaştırmış ve doğal gaz sistemlerinin en yüksek ilk yatırım maliyetine ve en ekonomik yıllık işletme maliyetine sahip olduğunu tespit etmiştir.

Recknagel vd. (1996), bir seçim yaparken değerlendirilmesi gereken hususların ısıtma sisteminin sadece ilk kurulum ve çalıştırma maliyetleri değil, bu sistemlerin bakımı, onarımı ve diğer giderleri de dikkate alınarak ısıtma sisteminin toplam maliyeti olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle, ısıtma sistemi seçimi bina projesinin mümkün olduğunca erken aşamalarında düşünülmeli ve bu aşamada profesyonel makine ve ekipman mühendisleri yer almalıdır. Binalarda kullanılan enerjinin büyük bir kısmı ısıtma ve sıcak suya tahsis edildiğinden, sistem seçimi konusunda erken hareket edilmesi enerji tasarrufu açısından özellikle önemli görülmektedir.

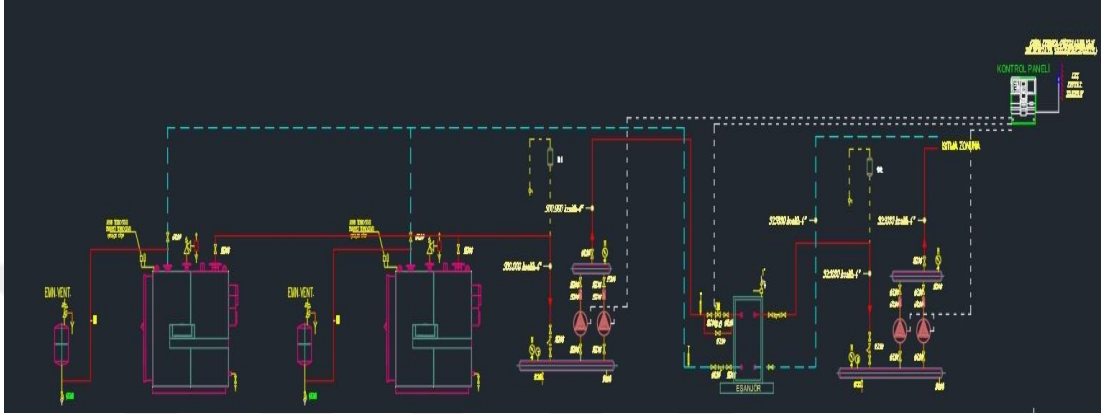
Ülkemizde de Makine Mühendisleri Odası tarafından düzenlenen ve makine mühendisinin konuşmacı olduğu ısı istasyonları konulu seminerde Sayın Oğuz Aydoğan, ısı istasyonlarının bir binanın enerji verimliliğinin en önemli parçası olduğunu ortaya koymuştur. Daf Enerji'nin Isı istasyonu uygulamalarının proje boyutu için Isı İstasyonu Uygulama Kitabı kullanılmıştır.

### **3.YÖNTEM**

Çalışmanın materyal metodunu Ak Mercan Doğalgaz işletmesinin aylık tüketim verileri oluşturmaktadır. Bu çerçevede aylara göre ölçümler de meydana gelen artış ve azalışların nitel analizi yapılmıştır. Aynı zamanda deneysel olarak yapılması planlanan bu çalışma için, 3 farklı kazan dairesi ve 3 farklı sistem kullanılmıştır.

### 3.1.Plakalı Eşanjörlü Kaskad Sistem

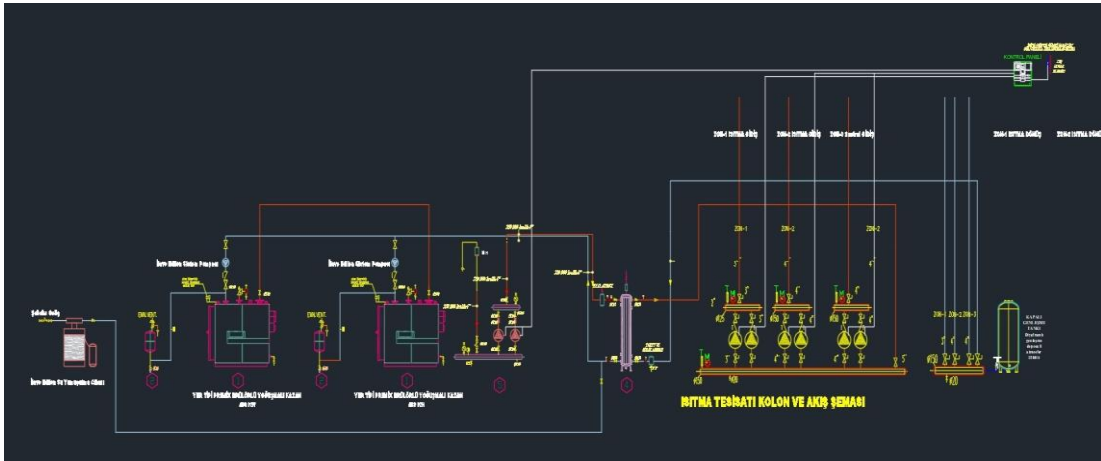
Bu sistemde sıcaklığı yüksek olan akışkanın bulunduğu boru veya plakadan sıcaklığı düşük olan boru veya plakaya doğru ısı akışı (ısı transferi) sağlanarak düşük sıcaklıktaki akışkanın ısınması sağlanır. Bir akışkanın sıcaklığı artarken diğerinin sıcaklığı düşer. Bu sayede sistemdeki dönüş suyu sıcaklığının yükselmesi sağlanarak tekrar sisteme gönderilmeden önce daha az yakıt ve enerji kullanımı hedeflenir.



Şekil 3.1. Plakalı eşanjörlü kazan dairesi akış şeması

### 3.2.Denge Kaplı Kaskad Sistem

Tesisatta kullanılan akışkan sıvı tesisattan kazana geri dönerken ısı kaybına uğrar. Bu ısı farkının ortaya çıkması kazanda ısıl gerilmelere neden olur ve kazanın ömrünü azaltır. Denge kabının ana görevi tesisattan gelen soğumuş akışkanın kazandan gelen sıcak suyla karışarak ısıl dengeyi sağlamaktır. Bu sistemde denge kabı kullanarak hem sistemin daha uzun ömürlü olması hem de yakıt tüketiminin düşürülmesi hedeflenir.



Şekil 3.2. Denge kaplı kazan dairesi akış şeması



## 4. BULGULAR

Çalışmanın bulgularında elde edilen veriler Ak Mercan Doğalgaz aylık tüketim verileri esas alınarak hesaplanmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Her ay faturalandırılan m<sup>3</sup> cinsinden tüketim bedelleri

2022-2023 Dönemi tüketim ayları	Denge kabı kullanılan kazan dairesi (Sm <sup>3</sup> )	Plakalı eşanjör kullanılan kazan dairesi (Sm <sup>3</sup> )	U kollektörlü ısı merkezi (Sm <sup>3</sup> )
Ekim	657	281,96	4393,1
Kasım	11.594,56	10.489,81	24.413,38
Aralık	13.989,58	15.201,36	38.659,43
Ocak	14.280,43	14.510,11	46.636,03
Şubat	16.881,20	15.366,09	39.862,26
Mart	10.375,33	7.522,32	33.925,43
Nisan	7.726,99	6.089,15	22.336,7
Mayıs	4.090,88	2.336,32	7.981,83
Toplam	79.595,97	71.797,12	218.208,16

Tablo 4.1.'de en düşük hacmin Ekim ayında olduğu görülmektedir. Ekim ayı denge kabı kullanılan kazan dairesi (Sm<sup>3</sup>) 657 Sm<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Buna mukabil en yüksek oranın şubat ayında ölçüldüğü dikkat çekmektedir. Şubat ayı ölçümünün 16.881,20 Sm<sup>3</sup> olduğu görülmektedir. Bunun en önemli sebebinin şubat ayında bölge de kış şartlarının diğer aylara nazaran ağır geçtiği söylenebilir. Kasım ayından şubat ayına kadar paralel olarak bir artış görülmektedir. Şubattan sonra yine aynı paralellikte bir azalış seyrine girdiği dikkat çekmektedir.

Yine Tablo 4.1.'de görülen plakalı Eşanjör Kullanılan Kazan Dairesi (Sm<sup>3</sup>) verileri incelendiğinde, tıpkı denge kabı kullanılan kazan dairesinde olduğu gibi en düşük ölçümün Ekim ayında olduğu görülmektedir. Buna mukabil en yüksek ölçümün ise Denge kabı ölçümünde olduğu gibi şubat ayında olduğu dikkat çekmektedir. Kasım ayından Şubat'a kadar ölçümlerde paralel bir artış ölçülmüştür.

Mart ayı itibarıyla yine aynı paralellikte tam tersi olarak azalış meydana geldiği görülmektedir. Burada en önemli etken kış aylarının meydana getirmiş olduğu hava şartları oluşturmaktadır.

Yine Tablo 4.1.'den elde edilen bir başka sonuç ise U Kollektörlü Isı Merkezi ( $Sm^3$ ) ölçümlerinin verileridir. Burada da yukarıda açıklamış olduğumuz diğer iki ölçümde olduğu gibi Ekim ayında en düşük değerlerin görüldüğü dikkat çekmektedir. Fakat burada en yüksek ölçümlerin diğer ikisinden farklı olarak ocak ayında ölçüldüğü görülmektedir. Bunun en önemli nedeni ise, Kollektörlü Isı Merkezinden kaynaklı ısı değerleri arasındaki geçişken farklılıkların meydana gelmesidir.

Tablo 4.2. Kazan dairelerinin kapasiteleri

Kazan daireleri kapasiteleri	Kw	Kcal/h
Denge kabı kullanılan kazan dairesi	1100	948.200
Plakalı eşanjör kullanılan kazan dairesi	1100	948.200
U Kollektörlü ısı merkezi	4550	3.992.100

Kazan dairelerinin kapasiteleri Tablo 4.2'de belirtildiği gibi Kw gücü ve Kcal/h olarak hesaplanmaktadır. Dolayısıyla denge kabı kullanılan kazan dairesinin ve plakalı eşanjör kullanılan kazan dairesi 1100 kW'si 948.200 kcal/h; U kollektörlü ısı merkezi 4550 kW'si 3.922.100 kcal/h olarak hesaplandığı görülmektedir.

Tablo 4.3. Kazan dairelerinin ısıttıkları kapalı alan

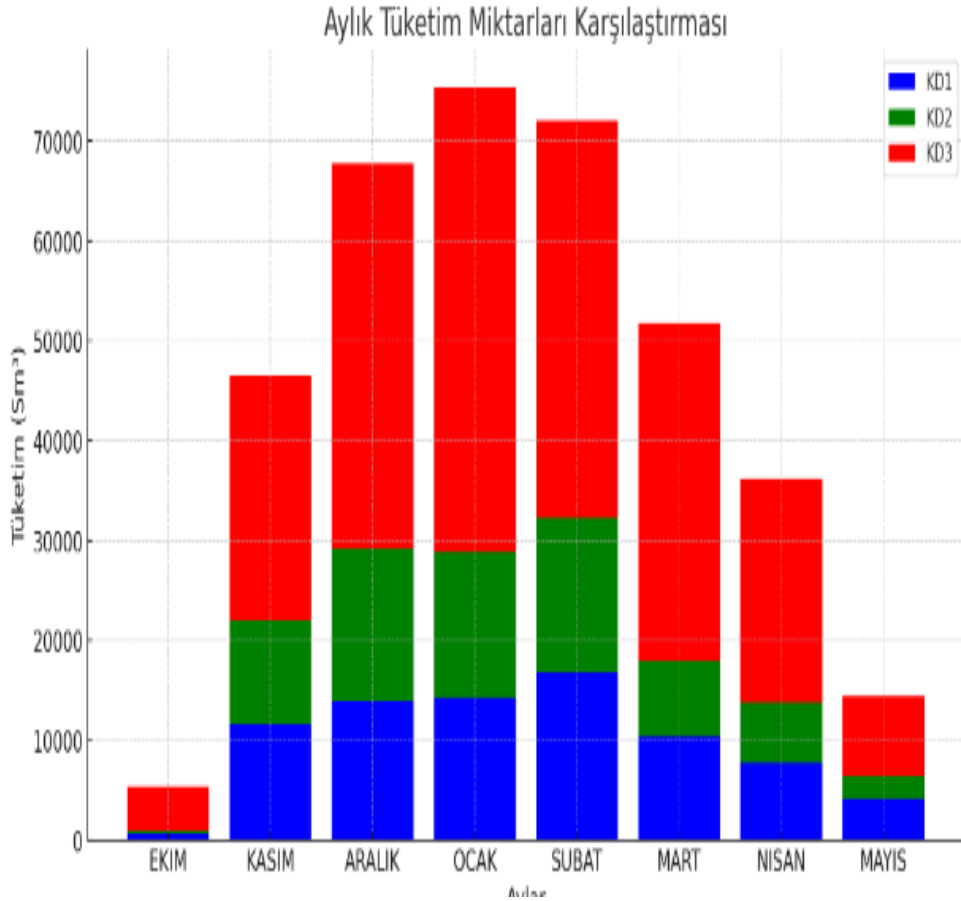
Kazan dairelerinin ısıttıkları kapalı alan	$m^2$	$m^3$
Denge kabı kullanılan kazan dairesi	15.000	48.000
Plakalı eşanjör kullanılan kazan dairesi	18.000	54.000
U Kollektörlü ısı merkezi	46.000	161.000

Tablo 4.3.'e bakıldığında kazan dairelerinin ısıttıkları kapalı alanın hesabı yapılmıştır. Dolayısıyla 15.000  $m^2$  kapalı alana sahip denge kaplı kazan dairesinin ısıttığı kapalı alan 48.000  $m^3$ 'e, 18.000  $m^2$  plakalı eşanjör kullanılan kazan dairesi

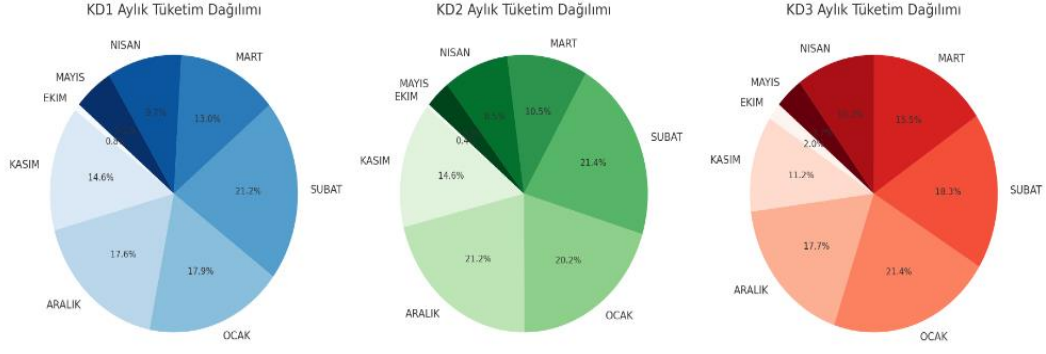
54.000 m<sup>3</sup>'e ve 46.000 m<sup>2</sup> U kollektörlü ısı merkezinin 161.000 m<sup>3</sup>'e eşit oldukları görülmektedir. U Kollektörlü kazan dairesinin değerlerinin bu kadar büyük olmasının nedeni bir ısı merkezi olması ve birden fazla binayı ısı iletim kanallarından aktarılan akışkanla ısıtmasıdır.

Ayrıca U kollektörlü kazan dairesinden ısıtılacak binalara ısı iletim kanallarıyla gönderilen akışkanda yerel kayıplar ne kadar düşük tutulmaya çalışılsa da bir miktar kayıp yaşanmaktadır. Eş kazanlarla çalışan ve yakıt tüketiminin hedeflendiği bu sistemde U kollektörlü kazan dairesinin toplam kapasitesinin diğer kazan dairelerinin 4 katı büyüklüğünde olduğu Tablo 4.2'den görülmektedir.

Kazan dairelerini Denge kaplı kazan dairesini KD1, Plakalı eşanjörlü kazan dairesini KD2 ve U kollektörlü kazan dairesini KD3 olarak kodlayarak grafikler üzerinden karşılaştırma yaptığımızda;



Şekil 4.1. Kazan daireleri aylık tüketim karşılaştırması



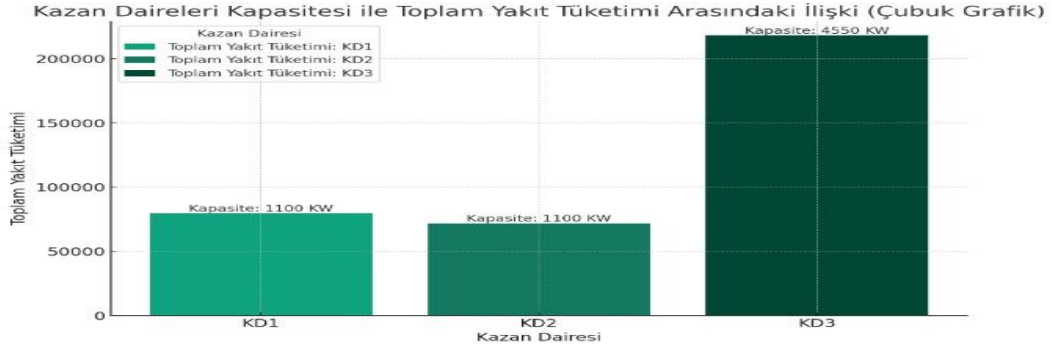
Şekil 4.2. Kazan daireleri aylık tüketim dağılımı

Yakıt tüketimi ve kapasite ilişkisi yönünden kazan dairelerini karşılaştırdığımızda KD1 ve KD2, benzer kapasitelere (1,100 KW) sahip olmalarına rağmen, KD1'in tüketimi KD2'den daha yüksektir. KD3'ün kapasitesi (4,550 KW) diğerlerinden önemli ölçüde yüksek olup, tüketimi de buna paralel olarak daha fazladır. Bu durum, KD3'ün daha büyük bir alanı ısıttığını ve bu nedenle daha fazla enerji tükettiğini gösterir.

Yakıt tüketimi ve ısıtılan alan ilişkisi yönünden KD1 ve KD2'nin ısıttığı alanlar arasında fark olmasına rağmen, her ikisinin de tüketimi benzerdir, bu da KD2'nin alan başına daha verimli çalıştığını gösterebilir. KD3, çok daha büyük bir alanı ısıtmasına rağmen tüketiminin artış oranı ısıtılan alanın artış oranından daha düşüktür, bu da KD3'ün büyük alanları daha verimli bir şekilde ısıttığını gösterir. Bu analiz, kazanların kapasitelerinin ve ısıttıkları alanların yakıt tüketimi üzerindeki etkilerini göstermektedir. Ancak, bu verimlilik yorumları, diğer faktörler (örneğin, bina yalıtımı, kazanın yaşı ve durumu) göz önünde bulundurulmadan yapılmıştır. Daha kapsamlı bir analiz için bu tür ek faktörlerin de dikkate alınması önemlidir.

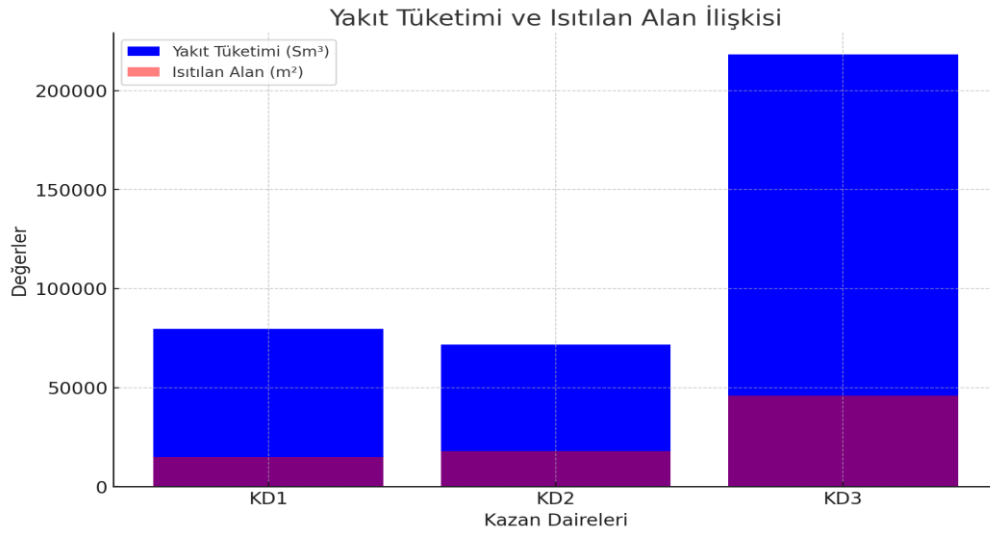
Verimlilik, genellikle üretilen faydalı çıktının kullanılan girdiye oranı olarak tanımlanır. Kazanlarda bu, genellikle üretilen ısı enerjisinin kullanılan yakıt miktarına oranı olarak hesaplanır.

Bununla birlikte, mevcut verilerle yapabileceğimiz bir alternatif analiz, yakıt tüketimi ile kapasite ve ısıtılan alan arasındaki ilişkiyi değerlendirmek olabilir. Bu, kazanların kullanım verimliliğinin bir göstergesi olabilir. Örneğin, bir kazanın kapasitesine veya ısıttığı alana göre çok fazla yakıt tüketmesi, verimsiz çalıştığına işaret edebilir.



Şekil 4.3. Kazan daireleri yakıt tüketimi ve kapasite ilişkisi

Kazan dairelerinin kapasitelerine kıyasla ne kadar yakıt tükettikleri Şekil 4.3.'te görülmektedir. KD1 ve KD2'nin benzer kapasitelere sahip olmasına rağmen, KD1'in daha fazla yakıt tükettiği görülmüyor. KD3 ise, diğer iki kazana göre daha yüksek kapasiteye ve buna paralel olarak daha yüksek yakıt tüketimine sahip.



Şekil 4.4. Yakıt tüketimi ve ısıtılan alan ilişkisi

Kazanların ısıttıkları alanın büyüklüğüne kıyasla yakıt tüketimleri Şekil 4.4.'te verilmiştir. KD1 ve KD2'nin benzer tüketim değerlerine sahip olmasına rağmen, KD2'nin daha büyük bir alanı ısıttığı görülmektedir. KD3 ise, diğer iki kazana göre hem daha büyük bir alanı ısıtıyor hem de daha yüksek yakıt tüketimine sahiptir.

Karşılaştırılan kazan dairelerine ait mevcut verilere dayanarak yapabilecek bir "göreceli verimlilik" analizi, kazanların yakıt tüketimini kapasitelerine ve ısıttıkları alanlara göre değerlendirmek olacaktır. Bu analiz, kazanların enerji kullanımının ne kadar etkili olduğuna dair bir sonuç verecektir. Burada iki ana gösterge kullanılacaktır.

**Yakıt Tüketimi ve Kapasite Oranı:** Kazanın toplam yakıt tüketiminin kapasitesine bölünmesi ile elde edilen oran. Bu oran, kazanın kapasitesine göre ne kadar yakıt tükettiğini gösterir. Daha yüksek bir oran, kazanın kapasitesine göre daha fazla yakıt tükettiğini ve bu durumun potansiyel olarak daha az verimli olduğunu gösterir.

**Yakıt Tüketimi ve Isıtılan Alan Oranı:** Kazanın toplam yakıt tüketiminin ısıttığı alana bölünmesi ile elde edilen oran. Bu oran, kazanın ısıttığı alan başına ne kadar yakıt tükettiğini gösterir. Alan başına daha düşük tüketim, daha yüksek verimlilik anlamına gelebilir.

Bu oranlar hesaplanarak, her kazanın göreceli verimliliği değerlendirildiğinde her bir kazan dairesi için hesaplanan "göreceli verimlilik" oranları aşağıdaki gibidir:

KD1:

Yakıt Tüketimi / Kapasite Oranı: 72.36 Sm<sup>3</sup>/KW

Yakıt Tüketimi / Isıtılan Alan Oranı: 5.31 Sm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

KD2:

Yakıt Tüketimi / Kapasite Oranı: 65.27 Sm<sup>3</sup>/KW

Yakıt Tüketimi / Isıtılan Alan Oranı: 3.99 Sm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

KD3:

Yakıt Tüketimi / Kapasite Oranı: 47.96 Sm<sup>3</sup>/KW

Yakıt Tüketimi / Isıtılan Alan Oranı: 4.74 Sm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

Bu oranlar, kazanların kapasitelerine ve ısıttıkları alanlara göre ne kadar yakıt tükettiklerini göstermektedir.

Yakıt Tüketimi / Kapasite Oranı yüksek olduğunda, bu, kazanın kapasitesine göre daha fazla yakıt tükettiğini gösterir. KD1 ve KD2, bu oranda daha yüksektir, bu da onların kapasitelerine göre daha fazla yakıt tükettiğini gösterir.

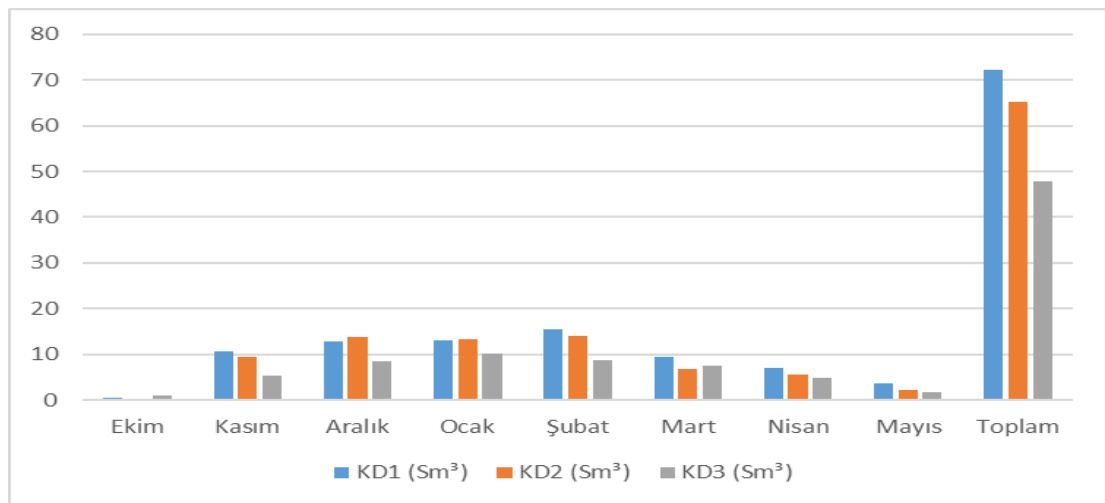
Yakıt Tüketimi / Isıtılan Alan Oranı ise, kazanın ısıttığı alan başına ne kadar yakıt tükettiğini gösterir. KD2'nin bu oranı en düşük olup, bu da ısıttığı alan başına en verimli yakıt tüketimine sahip olduğunu gösterir.

Yakıt Tüketimi / Kapasite Oranını aylık bazda incelediğimizde ise;

Tablo 4.4. Kazan dairelerinin aylık bazda tüketim verilerinin kapasiteye oranı

2022-2023 Dönemi Tüketim ayları	KD1 (Sm <sup>3</sup> /Kw)	KD2 (Sm <sup>3</sup> /Kw)	KD3 (Sm <sup>3</sup> /Kw)
Ekim	0,6	0,26	0,97
Kasım	10,54	9,54	5,37
Aralık	12,72	13,82	8,5
Ocak	12,98	13,19	10,25
Şubat	15,35	13,97	8,76
Mart	9,43	6,84	7,46
Nisan	7,02	5,54	4,91
Mayıs	3,72	2,12	1,75
Toplam	72,36	65,27	47,96

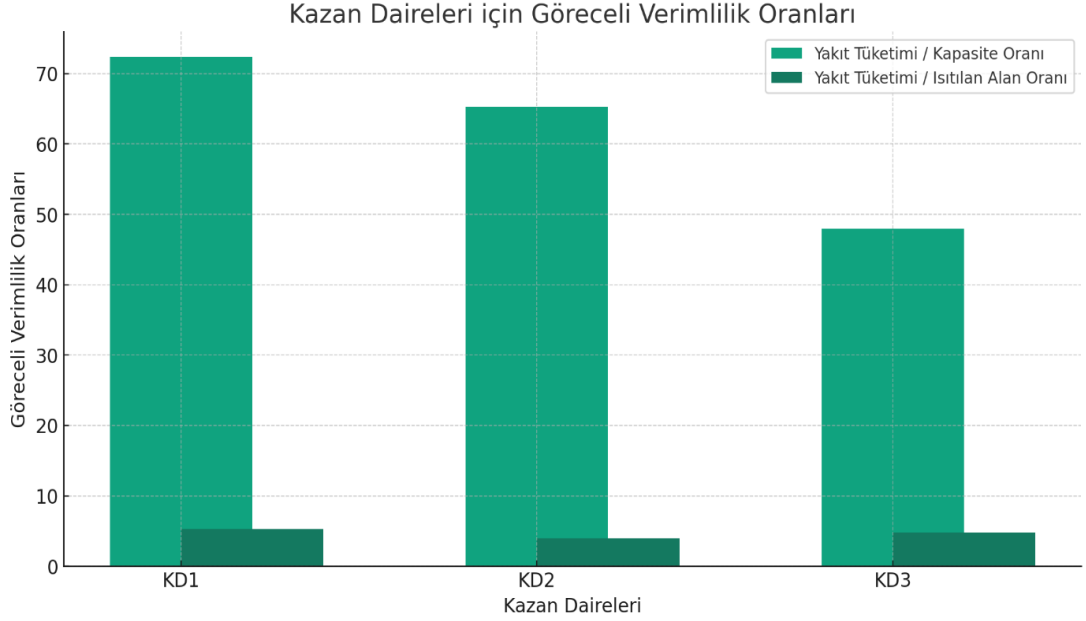
Tabloyu incelediğimizde karşılaştırdığımız kazan dairelerinin aylık tüketim verilerinin kazan kapasitelerine oranla yıl genelinde KD3 (u kollektörlü kazan dairesi) daha verimli çalışmıştır. Özellikle doğalgaz tüketiminin en fazla olduğu kış ayı (aralık-ocak-şubat ) verileri karşılaştırıldığında KD3'ün KD1 'e kıyasla %49, KD2'ye kıyasla %48 daha düşük oranda tüketim verilerine sahip olduğu görülmektedir. Bu veriler değerlendirildiğinde daha soğuk iklim koşullarında sistemin verimliliğinin arttığı görülmektedir..



Şekil 4.5. Aylık bazda yakıt tüketimi/kapasite oranı

Şekil 4.5. incelediğimizde KD3'ün eğitim öğretim dönemi boyunca ekim ayında en yüksek orana sahip olduğu, mart ayında ise 2. orana sahip olduğu görülmektedir. Diğer aylarda ise KD3, KD1 ve KD2'ye kıyasla daha düşük orana sahip olduğundan eğitim öğretim dönemi boyunca kazan dairelerinin aktif çalıştığı dönemde KD3 yıl genelinde daha verimli bir çalışmaya sahiptir

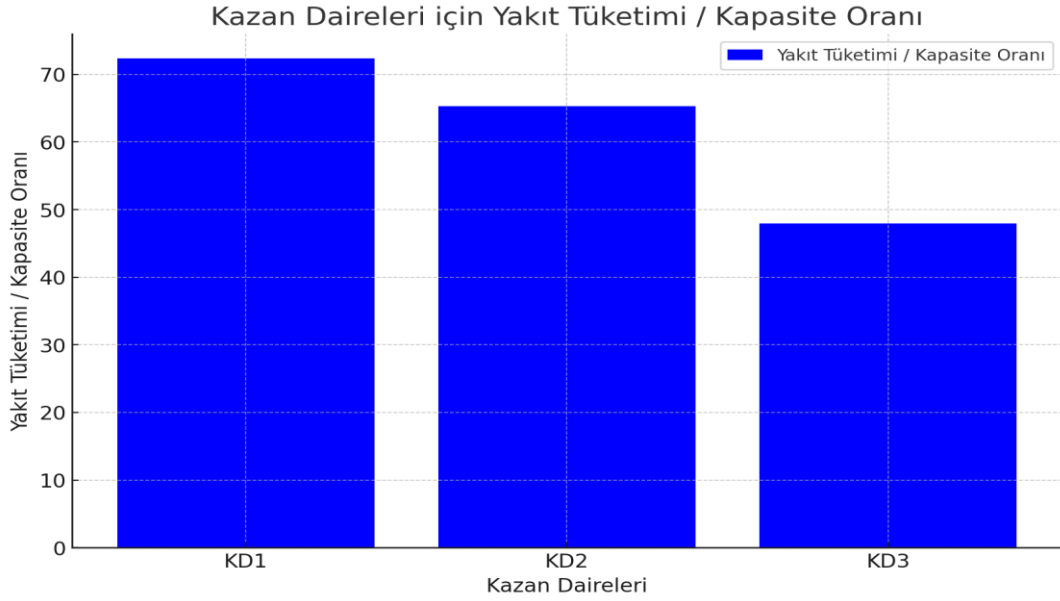
Göreceli bir verimlilik incelemesi yapıldığında ise;



Şekil 4.6. Kazan daireleri için göreceli verimlilik oranı

**Yakıt Tüketimi / Kapasite Oranı (Barların Merkezinde):** Her kazan dairesi için bu oranı gösteren çubuklar. Bu oran, kazanın kapasitesine göre ne kadar yakıt tükettiğini gösterir. KD1 ve KD2'nin bu oranı daha yüksek, bu da onların kapasitelerine göre daha fazla yakıt tükettiğini gösterir.

**Yakıt Tüketimi / Isıtılan Alan Oranı:** Her kazan dairesi için bu oranı gösteren çubuklar. Bu oran, kazanın ısıttığı alan başına ne kadar yakıt tükettiğini gösterir. KD2'nin bu oranı en düşük, bu da ısıttığı alan başına en verimli yakıt tüketimine sahip olduğunu gösterir. Ancak, bu çalışmada elde edilen verilerde kazanlar tarafından üretilen ısı enerjisi miktarına dair bir bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle, geleneksel anlamda bir verimlilik oranı hesaplamak mümkün değildir.



Şekil 4.7. Kazan dairelerinin yıl geneli için yakıt tüketimi/kapasite oranı

Her kazan dairesi için yakıt tüketimi ve kapasite oranı Şekil 4.6.'da gösterilmektedir. Bu şekil, kazanların kapasitelerine göre ne kadar yakıt tükettiğini görselleştirir. KD1 ve KD2, bu oranda daha yüksektir, bu da onların kapasitelerine göre daha fazla yakıt tükettiğini gösterir. Şekil 4.6'dan da anlaşıldığı üzere mevcut veriler üzerinden yakıt tüketim ve kapasite oranı değerlendirildiğinde KD3 (U Kollectörlü Kazan Dairesi) yakıt tüketim verileri olarak diğer kazan dairelerinden daha az yakıt tüketimi yapmıştır.

Tablo 4.1'deki veriler karşılaştırıldığında ısı merkezinde plakalı eşanjörü sistem kullanılması durumunda tahmini tüketim değerinin 287.188,48 (Sm<sup>3</sup>) olması, ısı merkezinde denge kaplı bir sistem uygulanmasında ise, tahmini tüketim değerinin 318.383,88 (Sm<sup>3</sup>) olması düşünülmektedir.

Tablo 4.1'deki ve Tablo 4.3'deki veriler üzerinden karşılaştırma yaptığımızda U kollectörlü kazan dairesinde kullanılan sistemin aynı anda birden fazla binayı ısıttığı ve ısıtılan binalara akışkanı iletirken iletim kanallarında yerel kayıplarda yaşandığı düşünüldüğünde; plakalı eşanjörlü sisteme göre yıl genelinde %24,02, denge kaplı kazan dairesine göre ise %31,47 daha avantajlı ve daha az yakıt tüketimi sağladığı görülmektedir.

Kazan daireleri için kurulum maliyetleri incelenerek bir karşılaştırma yapıldığında;

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından her yıl düzenli yayınlanan birim fiyatlar kullanılarak bu çalışmada kullandığımız kazan dairelerinin 2024 yılı güncel kurulum maliyetleri Tablo 4.5.'te verilmiştir.

Tablo 4.5. Kazan dairelerinin ilk kurulum maliyetlerinin ısıttıkları alan oranı

Kazan daireleri	TL	m <sup>3</sup>	TL/m <sup>3</sup>
Denge kabı kullanılan kazan dairesi	4.519.879,20	48.000	94,16415
Plakalı eşanjör kullanılan kazan dairesi	4.891.790,52	54.000	90,58871
U Kollektörlü ısı merkezi	13.242.509,70	161.000	82,25161

Tablo 4.5'i incelediğimizde birim m<sup>3</sup> maliyeti olarak KD3'ün ısıttığı hacime göre daha düşük değere sahip olduğu görülmektedir. Isı merkezinden 4 farklı binanın ısıtıldığı düşünüldüğünde 82,25(TL/m<sup>3</sup>) değeri KD3'ün kurulum maliyetinin de diğer kazan dairelerine göre düşük olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 4.6. Kazan dairelerinin ilk kurulum maliyetleri ve öngörülen tüketim verileri

Kazan daireleri	Kurulum maliyeti (TL)	Tüketim (Sm <sup>3</sup> )	Aradaki fark (TL)	Aradaki fark (Sm <sup>3</sup> )
Isı merkezinde denge kabı kullanılsaydı	4.519.879,20	318.383,8	8.722.630,0	100.175,72
Isı merkezinde plakalı eşanjör kullanılsaydı	4.891.790,52	287.188,48	8.350.719,18	68.980,32
U Kollektörlü ısı merkezi	13.242.509,70	218.208,16	-	-

Tablo 4.6'yı incelediğimizde U kollektörlü kazan dairesinde eğer diğer iki sistem tercih edilseydi mevcut sisteme göre ne kadar fazla yakıt tüketimi yapacağı görülmektedir. Sinop ilinde şuan kamu kurumları için Akmercan Doğalgaz A.Ş. tarafından uygulanan doğalgaz tarifesi m<sup>3</sup> başına 11,20 tı + K.D.V. şeklinde uygulanmaktadır. Eğer ısı merkezinde denge kaplı sistem tercih edilseydi yıllık 1.346.361,68 TL fazladan yakıt tüketimi maliyeti, plakalı eşanjörlü sistem tercih edilseydi 927.095,50 TL fazladan yakıt tüketimi maliyeti yapılmış olacaktı. İlk kurulum maliyetleri arasındaki fark göz önünde bulundurularak bir hesap yapıldığında U kollektörlü sistemin denge kaplı sisteme göre ilk kurulum maliyetini 6,4 yılda, plakalı eşanjörlü sisteme göre ise 9 yılda amorti edeceği öngörülmektedir.

## 5.SONUÇ

Türkiye'de konutlarda kullanılan enerjinin %82'si ısıtma için harcanmaktadır. Isınma için kullanılan enerji oranının yüksek olması nedeniyle bu sektörde yürütülen enerji verimliliği çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Diğer sektörlerde olduğu gibi ısıtma enerjisi üretiminde de enerji tam verimle kullanılamamaktadır. Kayıpları en aza indirerek kullanılan enerjiden %25-50 oranında tasarruf etmek mümkündür. Evlerin ısıtılmasında tercih edilecek sistemler kişisel ısıtma ve çoklu ısıtma sistemleridir. İlk kurulum maliyetleri ve sistemin çalıştırma koşulları göz önünde bulundurulduğunda, 12'den fazla hanenin bulunduğu binalarda merkezi ısıtma sistemlerinin kullanılması tavsiye edilmektedir. Yasa gereği, 1000 metrekareden fazla kullanım alanına sahip yeni binalarda merkezi ısıtma sistemleri kurulmalıdır. Doğal gaz, diğer yakıtlara göre daha düşük ısıtma değeri, daha yüksek verimliliği ve daha düşük emisyon faktörü nedeniyle merkezi ısıtma sistemleri için yakıt olarak önerilmektedir. Merkezi ısıtma sistemli binalarda hacim sürekli ısıtıldığı için tüketim değerleri daha düşüktür. Uygulanan bu sistemlerde tercih edilen yakıcı cihazların 20 yıl çalıştıktan sonra değiştirilmesi gerekir. Termostatik vanalar, sıcak su akışını durdurarak veya açarak ısıtıcının sıcaklığını kontrol etmek için kullanılabilir, böylece kullanımda %20'ye varan tasarruf sağlanmaktadır.

Teknolojinin gelişmesi ve enerji kullanımının her geçen gün değerinin artmasıyla birlikte kaskad sistemlerin verimliliğini, işlevselliğini ve fonksiyonelliğini arttırarak enerji tasarrufu sağlamak gerekmektedir. Bu çalışmada, kaskad sistem ile birden çok cihaza böldüğümüz gücü tekrar U kollektörde ısıtma hatlarına göndermeden önce, sıcak su olarak toplayarak tek ve büyük bir güç haline getirecek şekilde hazırda bulundurduğumuz belirli ısıdaki sıcak suyu ise ısınacak olan binaların ihtiyacını karşılayacak şekilde yine kazanları sıralı çalıştırarak enerji tasarrufu sağlayıp yakıt tüketimi azaltılacaktır. Plakalı eşanjör ve denge kabı kullanılan sistemlerde ısıtmak için kazandan sisteme giden sıcak su ile sistemden dönen sıcak su çarpıştırılarak dönüş suyunun sıcaklığının artırılması ve sisteme tekrar sıcak su olarak gönderilirken istenilen sıcaklığa getirmek için yakıt tüketiminin azaltılması sağlanmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada, kullanılan U kollektörlü sistem ile sıcak ve soğuk su sürekli aynı kaptaki depolanarak, sıcaklık değeri daha yüksek ve daha fazla sıcak su hazır halde bulundurulması sağlanıp yakıt tüketiminin azaltılması sağlanmıştır.

## KAYNAKÇA

- Acarkan, B. (2005). *Bireysel ve merkezi ısıtma sistemlerinde verimlilik ve ekonomiklik analizi* Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı,66 s. İstanbul.
- Akdeniz, N., İlhan, C.D., Üçgül, İ., Acar, M., ve Bayhan, M. (2007). *Doğal gazlı kojenerasyon sisteminin termodinamik analizi ve Süleyman Demirel Üniversitesi örneği*. VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Altaş, S. (2010). *Kızılcahamam jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile klasik merkezi ısıtma sisteminin karşılaştırılması*. Yüksek lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 117 s, Ankara.
- Angın, B. (2007). *Cam sanayinde geleneksel yakıtlar yerine doğal gaz kullanımının enerji ekonomisi açısından incelenmesi*. Yüksek lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 68 s, Mersin.
- Anonim (2017). *Isı İstasyonu Hesabı ve Mekanik Proje Adımları* Erişim: 18 Temmuz 2024 <https://www.tesisat.org/isi-istasyonu-hesabi-ve-mekanik-proje-adimlari.html>
- Anonim (2018). *Kalorifer Tesisatı ve Kolon Şeması* Erişim: 18 Temmuz 2024 <https://www.dogalgazprojesi.com/12079/kalorifer-tesisati-ve-kolon-semasi.html>
- Anonim (2019). *Daf Enerji Isı İstasyonları* Erişim: 18 Temmuz 2024 <https://mkumuhendislik.com/dafisiistasyonu.pdf>
- Babur, E. V. (2019). *Merkezi Isıtma Sistemlerinde Isı İstasyonu Kullanımının Tekno Ekonomik Analizi*. Yüksek Lisan Tezi Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 69 s., Şanlıurfa.
- Bakos, G.C., Spirou, A., Tsagas, N.F. (1999). *Energy management method for fuel saving in central heating installations*. Energy and Buildings, 29, 135–139. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(98\)00059-0](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(98)00059-0).
- Bedeloğlu, A., Demir, A., ve Bozkurt, Y. (2010). *Fotovoltaik teknolojisi: Türkiye ve dünyadaki durumu, genel uygulama alanları ve fotovoltaik tekstiller*. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi,4(2), 43-58.
- BP. (2022). *Statistical Review of World Energy–2022 The EU energy system in 2021*. Erişim: 18Temmuz2024, <https://www.bp.com/content/dam/bp/businesssites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-eu-insights.pdf>, 03.01.2023.
- Bilgen, S. (2000). *Bazı yakıtların kimyasal ekserji değerlerinin hesaplanması*. Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,78 s., Trabzon.
- Can, A., 1994. *Hava kirliliği ve önlemleri*. Tesisat Müh. 2(14), 20-31.
- Çengel, Y.A, Bores, M.A. (2008). *Thermodynamics: An Engineering Approach Sixth Edition (SI Units)*. McGraw-Hill publishing, 976 p.
- Çengel, Y.A., 2011. *Isı ve kütle transferi*. Güven Bilimsel Yayınları, 875 s, İzmir.
- Çetinkaya, E. (2012). *Binalarda enerji verimliliğinin analizi* Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 160 s., (İstanbul).
- Çoban, O. R. H. A. N., Kılınç, N. Ş. (2016). *Enerji kullanımının çevresel etkilerinin incelenmesi*. Marmara Coğrafya Dergisi, (33),589-606.
- Çomaklı, K., 2003. *Isıtma merkezinin enerji ve ekserji analizi*. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ,142 s., Erzurum.

- Çomaklı, K., Yüksel, B., & Bakırcı, K. (2006). *Bölgesel ısıtma sistemleri boru hatlarında meydana gelen enerji ve ekserji kayıpları*. Tesisat Mühendisliği Dergisi(91)
- Çomaklı, K., Çakır, U., Efe, Ş. (2011). *Farklı Bina Tipleri ve Yakıtlar İçin Merkezi Isıtma Sistemlerinin Maliyet Analizi*. 10.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16.
- Demir, A. (2000). *Isı Sayaçlı Merkezi Isıtma Sistemi İle Bireysel Isıtma Sisteminin Teknik Ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması* Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı 37 s. İstanbul.
- Efe, Ş. (2007) *Erzurum'da Kullanılan Isıtma Sistemlerinin Ekonomik Analizi* Yüksek Lisans Tezi Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 122 s. Erzurum,).
- EPDK (2022), *Doğal Gaz Piyasası 2022 Yılı Sektör Raporu* Erişim:18 Temmuz 2024 <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-24/elektrikyllik-sektor-raporu>
- Eurostat. (2021) *EU Imports of Energy Products-Recent Developments* Erişim:18 Temmuz 2024 [https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=EU\\_imports\\_of\\_energy\\_products\\_recent\\_developments#Overview](https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=EU_imports_of_energy_products_recent_developments#Overview), 13.10.2023.
- Genceli, O. F., & Parmaksızoğlu, İ. C. (2006). *Kalorifer tesisatı*. TMMOB. Yayınları 486 s, Ankara.
- Kırbaş, İ. (2019). *Binalarda enerji verimliliği uygulamaları: MAKU Mühendislik Mimarlık Fakültesi örneği*. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(2), 141-149.
- Kırlı, M., Kulu, T. (2016). *Energy management and energy accounting Enerji yönetimi ve enerji muhasebesi*. Journal of Human Sciences, 13(3), 4891-4905.
- Koçu, N., Dereli, M. 2010. *Dış Duvarlarda Isı Yalıtımı ile Enerji Tasarrufu Sağlanması ve Detaylarda Karşılaşılan Sorunlar (Konya Kentinden Örnekler)*. 5.Ulusal Çatı Cephe Sempozyumu, 15-16 Nisan 2010, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İzmir.
- Mulder, M., Perey, P. (2018, June). Gas production and earthquakes in Groningen: Reflection on economic and social consequences. In *41st International conference of the International Association for Energy Economics*. Centre for Energy Economics Research, University of Groningen.
- Oğuz, Y., Kırmacı, V. (2015). *Bartın İlinde Kullanılan Isıtma Sistemlerinin Ekonomik ve Çevresel Etkilerinin İncelenmesi*. Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi, 3(1), 4-10.
- Osakabe, M., Ishida, K., Yagi, K., Itoh, T., Ohmasa, K. (2001). Condensation heat transfer on tubes in actual flue gas. *Heat Transfer—Asian Research: Co- sponsored by the Society of Chemical Engineers of Japan and the Heat Transfer Division of ASME*,30(2), 139-151..
- Özgür, N. (2008). Enerji verimliliği ve suyun verimli kullanılması.
- Recknagel, H., Sprenger, E., Schramek, E.R. (1996). *Isıtma ve Klima Tekniği El Kitabı*. 68 ed. München: Oldenbourg.
- Savaşan, M. (2007). *Merkezi ve bireysel ısıtma sistemlerinin termo ekonomik analizi* Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı,88 s. İstanbul.
- Solmaz, R., Alkan, A. (2017). *Merkezi Isıtma Sistemlerinde Verimi Artırmak İçin Dinamik Kontrol ve Otomasyon Uygulaması*. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,20(1), 48-57.

- Tunay, B. (2014). *Merkezi ısıtma sisteminde etkili olan parametrelerin araştırılması*, Yüksek lisan tezi Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.154 s.Çorum
- Türkeri, A. (2007). *Bireysel ve merkezi Isıtma Sistemlerinin Tanıtımı ve karşılaştırılması*. VIII. Ulusal Tesisat Kongresi, Doğalgaz Semineri Bildirileri Kitabı, TMMOB MMO Yayını, İzmir, 181-188.
- UGETAM., *Mühendisler İçin Doğal Gaz İç Tesisatı Projelendirme ve Uygulama Kuralları*,2020 Erişim:18 Temmuz 2024 [www.usetam.com.tr](http://www.usetam.com.tr)
- Ünver, Ü, Kara, O. (2019). *Energy efficiency by determining the production process with the lowest energy consumption in a steel forging facility*. Journal of Cleaner Production,215, 1362-1370.
- Ünver, Ü., Adıgüzel, E., Adıgüzel, E., Çivi, S., Roshanaei, K. (2020). *Türkiye'deki İklim Bölgelerine Göre Binalarda Isı Yalıtım Uygulamaları*. İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi,1(2), 171-187.



## ÖZ GEÇMİŞ

Ertuğrul SOYSAL Ordu Anadolu Lisesini bitirdikten sonra Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Fakültesinden 2007 yılında mezun olmuştur. 2023 yılında OMÜ LEE Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girmiştir. Mezuniyetten bu yana Makine Mühendisi olarak görev yapan Ertuğrul SOYSAL orta derecede İngilizce bilmektedir. Temel ilgi alanları yüzme, basketbol ve futboldur.  
20.06.2024

### İletişim Bilgileri

ORCID NO: 0009-0003-6277-1265

### Yayımlanmış Çalışmalar:

1. Merkezi Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Kaskad Sisteminde U Kollektör Kullanılarak Yakıt Tüketiminin Azaltılması / İSARC'2024