

BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZONGULDAK - ÇATALAĞZI BELDESİ İÇİN BÖLGESEL ISITMA SİSTEMİNİN
TERMODİNAMİK VE EKONOMİK ANALİZİ İLE CO₂, SO₂ VE PM SALINIMINA
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALPER KARAIN

MAYIS 2017

BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZONGULDAK - ÇATALAĞZI BELDESİ İÇİN BÖLGESEL ISITMA SİSTEMİNİN
TERMODİNAMİK VE EKONOMİK ANALİZİ İLE CO₂, SO₂ VE PM SALINIMINA
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

Alper KARAIN

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Mustafa EYRİBOYUN

ZONGULDAK

Mayıs 2017

KABUL:

Alper KARAIN tarafından hazırlanan “ZONGULDAK - ÇATALAĞZI BELDESİ İÇİN BÖLGESEL ISITMA SİSTEMİNİN TERMODİNAMİK ve EKONOMİK ANALİZİ ile CO₂, SO₂ ve PM SALINIMINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir.
26/05/2017.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa EYRİBOYUN

Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

Üye: Prof. Dr. Mehmet KOPAÇ

Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

Üye: Yrd. Doç. Dr. Handan ÇUBUK

Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

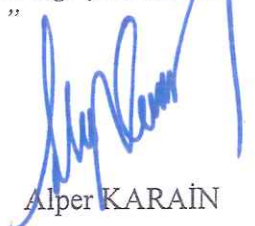
ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

19.06.2017

Doç. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

"Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim."



Alper KARAIN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ZONGULDAK - ÇATALAĞZI BELDESİ İÇİN BÖLGESEL ISITMA SİSTEMİNİN TERMODİNAMİK ve EKONOMİK ANALİZİ ile CO₂, SO₂ ve PM SALINIMINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Alper KARAIN

Bülent Ecevit Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mustafa EYRİBOYUN

Mayıs 2017, 125 sayfa

Dünyadaki her canlının yaşaması için ihtiyaç duyduğu şeylerin başında enerji gelmektedir. İnsanoğlu on binlerce yıllık tarihinde her gün biraz daha enerjiye ve doğaya hükmetmeyi öğrenmektedir. Elektrik üreten termik santraller ilk başlarda %20 verimin altında çalışırken günümüzde doğalgaz santrallerinde bu oran %62'lere kadar çıkabilmektedir. Her ne kadar elektrik üretiminde verim arttırılmış olsa da yine de kaybolan ve faydalı enerjiye dönüştürülemeyen çok fazla enerji sistemden dışarı atılmaktadır. Termodinamik çevrim gereği dışarı atılmak zorunda olan bu enerjiyi, sistemi birleşik güç santraline dönüştürerek azaltmak mümkündür.

Artan enerji ihtiyacı ve bu ihtiyacın daha hızlı, ekonomik ve güvenli olarak fosil yakıtlardan sağlanması aynı zamanda dünyamız için çok büyük bir tehdit ortaya çıkarmaktadır. Yanma sonucu ortaya çıkan gazlar, sera gazları küresel ısınmaya yol açmaktadır sağlıklı bir canlı hayatı için büyük risk oluşturmaktadır.

ÖZET (devam ediyor)

Bu çalışmada ÇATES-B'de elektrik üretmek için yapılan çevrim sonucunda sistemden kullanılmadan atılan enerjinin daha verimli kullanılabilmesi için Çatalağzı beldesinde bölgesel ısıtma sistemi kurulmasının yolları araştırılmıştır. Böyle bir sistemin kurulması evsel ısınmadan kaynaklanan sera gazı emisyonlarını da ciddi ölçüde azaltacağından çevresel açıdan da büyük önem taşımaktadır.

Bölgesel ısıtma için gerekli olan ısı, buhar türbininden ara buhar alınarak sağlanmıştır. Bölgenin toplam ısıtma yükü belirlemek için yalıtımlı bir referans konut seçilmiş, beldedeki hane sayısı da dikkate alınarak öncelikle referans konut için ısı kaybı hesabı ve ısıtma suyu hesabı yapılmış, sonrasında tüm bölge için ihtiyaç çıkarılmıştır.

Referans konut için pik ısı yükü ihtiyacı $8,08 \text{ kW}_t/\text{KE}$ olarak hesaplanmış olup, sistemin anlık olarak karşılaması gereken ısı yükü $27,27 \text{ MW}_t$ olarak hesaplanmıştır. Referans konut için yıllık toplam ısı ihtiyacı ise $10,42 \text{ MW}_t\text{h}/\text{Yıl-KE}$ olarak hesaplanmış olup yıllık toplam ısı ihtiyacı ise $39.075 \text{ MW}_t\text{h}/\text{Yıl}$ olarak hesaplanmıştır.

Santral ile bölge arasında sıcak akışkanı taşıyacak boruların çapı ekonomik boru çapı hesaplama yöntemi ile hesaplanmış ve boru hattında meydana gelen ısı kaybı tayin edilmiştir. Kurulacak olan sistemin, ilk yatırım, işletme, bakım onarım maliyetleri hesaplanmıştır. Ayrıca sistemin kurulması halinde evsel ısıtmadan kaynaklı azalacak olan sera gazı miktarları hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplamalarda çeşitli çaplarda toplam 58 km 'lik bir boru hattı şebekesi dizayn edilmiştir. Sistemin ilk kurulum maliyeti $10.023.357,00 \text{ TL}$ olarak hesaplanmış olup, işletme dönemi toplam maliyetleri ise senelik $2.129.714,40 \text{ TL}$ olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda hem ekonomik açıdan, hem enerji verimliliği açısından hem de sera gazları emisyonlarının azaltılması açısından Çatalağzı'nda bölgesel ısıtma sisteminin yapılmasının faydalı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bölgesel ısıtma, Enerji verimliliği, Sera gazları, Çevre.

Bilim Kodu: 624.04.01

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THERMODYNAMIC AND ECONOMIC ANALYSIS OF THE ZONGULDAK - ÇATALAĞZI DISTRICT HEATING SYSTEM AND EXAMINING THE EFFECTS OF THE SYSTEM ON THE CO₂, SO₂ AND PM EMISSIONS

Alper KARAIN

**Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Mustafa EYRİBOYUN

May 2017, 125 pages

Energy is the first thing that every living on the earth needs. Mankind everyday learns a little bit more to rule the energy and the nature along with its thousands years of history. The power plants that produces electricity were have 20% efficiency in their first years however today the efficiency of the systems can be increase up to 62% like in some combine cycle natural gas power plants. Despite the efficiency increase in electricity production still there is too much energy losses occurs in the systems that dumps out. The energy which has to be dumped as a reason of the thermodynamic cycle to produce electricity can be reduced by combined heating and cooling systems.

Energy demand is increasing and to provide required energy fast, economically and reliable manner generally fossil fuels are used, as a reason the use of fossil fuels are exposing high risks and big threats for our universe. The residuals occurs after the combustion and the greenhouse gases are exposing high risks to habitat especially human life.

ABSTRACT (continued)

In this thesis the ways of establishing a district heating system in Çatalağzı region are researched with the use of waste heat of the ÇATES-B power plant which is thrown away as a result of thermodynamic cycle to generate electricity. Establishing of such kind of district heating system can reduce the greenhouse gases significantly which is occurred from the individual house heating systems. Therefore it's very important for the environmental aspect.

The heat required for the district heating system is extracted from the bleeds of the steam turbine. To determine the total heating load (capacity) a reference house is selected. Heat loss calculation and the hot water requirements are firstly calculated for the reference house, afterwards the total heat demand of the Çatalağzı region is calculated with the consideration of the house number in the region.

The pick heat demand for the reference house is calculated $8,08 \text{ kW}_t/\text{KE}$ and the instant pick load for the whole system is $27,27 \text{ MW}_t$. The yearly heat demand for the reference house is calculated $10,42 \text{ MW}_t\text{h}/\text{Year-KE}$ and the yearly required pick heat demand is calculated $39.075 \text{ MW}_t\text{h}/\text{Year}$.

Diameters of the pipes which are conveying the heating fluid (hot water) between the power plant and the district heating system are calculated in terms of economical pipe diameter calculation and the heat losses on the pipeline is evaluated accordingly. Capital Expenditure (CAPEX) and Operational Expenses (OPEX) of the district heating system is calculated.

Additionally the amount of greenhouse gases which are exposed due to individual house heating that will be reduced by the installation of the district heating system is calculated.

According to the calculations, total 58 km pipeline with several pipe diameters is designed. CAPEX of the system calculated as 10.023.357,00 TL and the OPEX is calculated as 2.129.714,40 TL.

ABSTRACT (continued)

As a conclusion and according to the findings from this research, establishing of a district heating system at Çatalağzı region is favorable and profitable on economic basis, energy efficiency and reducing the greenhouse emissions.

Keywords: District heating, Energy efficiency, Greenhouse gases, Environment.

Science Code: 624.04.01





TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın danışmanı olan, tüm çalışmam boyunca bana her konuda destek olan ve gerek teknik olarak gerekse literatür açısından tecrübe ve bilgilerini benimle paylaşan Yrd. Doç. Dr. Mustafa EYRİBOYUN'a teşekkür ederim.

Hayatımı anlamlandıran insan olan hayat arkadaşıma, her konuda ve her olayda yanımda olduğu gibi bu tez çalışmamda da yanımda olduğu için teşekkür ederim. Çalışmamın son aşamasında dünyaya gelen biricik oğluma beni bu tez çalışmasını bitirme konusunda manevi olarak desteklediği için de ayrıca teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca arkamda olan, maddi manevi her türlü desteklerini her zaman hissettiğim, bugünlere ulaşmamda başrolü oynayan aileme en içten teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca ve özellikle, zgr bir ülkede, demokratik Őartlarda, modern çağın elverdiği tüm imkânları sonuna kadar kullanarak, büyüdüğüm, eğitim aldığım, çalıştığım, karnımı doydurduğum, sevdiğim, sevildiğim, kısacası yaşadığım ve nefes alabildiğim için, tüm bunları borçlu olduğumuz, Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nin kurucusu Ulu nder Mustafa Kemal Atatürk'e ve tüm isimsiz Őehitlerimize naçizane sonsuz ve en içten teőekkürlerimi bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL:	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxi
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 BÖLGESEL ISITMA	2
1.2 DÜNYADAN ÖRNEKLER.....	4
1.3 TÜRKİYE'DEN ÖRNEKLER.....	10
1.3.1 Esenkent Bölgesi Kojenarasyon Sistemi.....	10
1.3.2 Esenkent Bölgesi Kojenarasyon Sistemi.....	11
BÖLÜM 2 ÇATALAĞZI BÖLGESİ VE BÖLGENİN ISIL İHTİYACI.....	15
2.1 ZONGULDAK – ÇATALAĞZI BÖLGESİ	15
2.1.1 Çatalağzı Bölgesinin Konumu	15
2.1.2 Çatalağzı Termik Elektrik Santrali	17
2.1.3 Eren Enerji Termik Santralleri	18
2.1.4 Çatalağzı Bölgesi Nüfusu, Hane Sayısı ve Fiziki Özellikleri	19
2.1.5 Çatalağzı Bölgesel Isıtma Sistemi Genel Özellikleri	21
2.2 ÇATALAĞZI BÖLGESİ İÇİN KONUTLARIN ISITMA AMAÇLI ENERJİ TALEBİNİN BELİRLENMESİ VE BÖLGENİN TOPLAM ISI İHTİYACININ HESAPLANMASI	24
2.2.1 Aylık Hesap Yöntemi	26

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.2.1.1 Isıtma Enerjisi Talebi Hesabı	27
2.2.1.2 Kullanım Sıcak Suyu Enerjisinin Hesabı	37
2.2.2 İklim Verilerinin İncelenmesi	39
2.2.3 Konutlarda Isı Enerjisi Talebi	41
2.2.3.1 Pik Isı Yükünün Belirlenmesi	41
2.2.4 Bölgenin Isıl ihtiyacının hesabı.....	43
BÖLÜM 3 ÇATES-B TERMİK SANTRALİNDEN ISI ALMA YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE EN UYGUN YÖNTEMİN SEÇİMİ	45
3.1 TERMİK SANTRAL TANIMI	45
3.2 TERMİK SANTRALLERDEN ISI ALMA YÖNTEMLERİ	47
3.2.1 Düşük sıcaklık ısıtma sistemleri	50
3.2.2 Ara buhar ile ısıtma.....	51
3.2.3 Isı pompası kullanarak ısıtma	51
3.2.4 Yoğuşum sıcaklığını yükselterek ısıtma	52
3.3 KARAR VERİLEN ISI ALMA YÖNTEMİ	54
BÖLÜM 4 BÖLGESEL ISITMA SİSTEMİNİN KURULUŞU VE MALİYETİ	57
4.1 TEKNİK ANALİZ VE TASARIM	60
4.1.1 Bölge Isıtma Sistemi Şebekesinin Tasarımı.....	62
4.1.2 Çatalağzı Bölge Isıtma Şebekesinin Genel Özellikleri	62
4.1.2.1 Primer Devre Akışkanı.....	66
4.1.2.2 Bölge Isıtma Sistemi Boru Şebekesi	66
4.1.3 Çatalağzı BIS İletim – Dağıtım – Bağlantı Hatları Tasarımı.....	74
4.1.3.1 Bölgenin Isı İhtiyacı	75
4.1.3.2 Debi Hesabı	76
4.1.3.3 Akışkan Hızı Hesabı.....	77
4.1.3.4 Basınç Kaybı Hesabı	78
4.1.3.5 Isı Enerjisi Kaybı Hesabı.....	79
4.1.3.6 Pompa İstasyonu ve İşletme Basıncı Hesabı.....	81

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.1.3.7 İşletme Basıncı Hesabı	82
4.1.3.8 Pompa Güç Hesabı	83
4.1.3.9 Boru Hattı İçin Kanal Hesabı	83
4.1.4 Bölge Isıtma Sisteminin Modellenmesi	84
4.1.4.1 Konut Sayısı	85
4.1.4.2 Boru Hattı Boyları	85
4.1.4.3 Basınç Kaybı, Akışkan Hızı ve Boru Çapı Hesabı.....	91
4.1.4.4 İşletme Basıncı Hesabı	92
4.2 EKONOMİK ANALİZ.....	97
4.2.1 Ekonomik Hesaplar İçin Yapılan Kabuller	97
4.2.2 İlk Yatırım Masrafları	98
4.2.2.1 Boru ve Birleştirme Seti Masrafları	98
4.2.2.2 İşçilik ve Montaj Maliyeti Hesabı	101
4.2.2.3 Kazı ve Diğer İnşaat İşleri Maliyeti Hesabı	102
4.2.2.4 Pompa ve Pompa İstasyonu Maliyeti Hesabı.....	105
4.2.3 Bölgesel Isıtma Sistemi Yatırımının İlk Kurulumu Toplam Maliyeti	106
4.2.4 Bina Alt İstasyonları	107
4.2.5 Bakım Onarım İşletme Masrafları	109
4.2.6 Yakıt Masrafları	109
4.2.7 Pompa İşletme Giderleri	110
4.2.8 İşletme Dönemi Toplam Maliyetleri.....	110
4.2.9 Yatırımın Basit Geri Dönüş Süresi	111
BÖLÜM 5 BÖLGESEL ISITMA SİSTEMİNİN ÇEVREYE FAYDALARI.....	113
BÖLÜM 6 SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	117
KAYNAKLAR.....	119
ÖZGEÇMİŞ	125



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1	Tek borulu jeotermal şebeke	3
Şekil 1.2	Danimarka’da çöp toplayan at arabaları.....	5
Şekil 1.3	Kopenhag’da (Danimarka) çöp yakarak bölgesel ısıtma yapan, 1903 yılında kurulan ilk santral	6
Şekil 1.4	Danimarka bölgesel ısıtma sistemi.....	6
Şekil 1.5	Finlandiya bölgesel ısıtma sistemi	7
Şekil 1.6	Finlandiya’da yıllara göre bölgesel ısıtmaya dahil olan konut sayısı-hat uzunluğu	8
Şekil 1.7	2014 yılı ve diğer yıllar Finlandiya’da üretilen ısı - kojenerasyondan üretilen ısı..	9
Şekil 1.8	Doğa Enerji Esenyurt Termik Santrali	11
Şekil 1.9	Esenyurt Termik Santrali ve Esenkent Yerleşimi	12
Şekil 1.10	Esenkent Bölge Isıtma Sistemi Akış Şeması.....	13
Şekil 2.1	Zonguldak ve yakın çevresine ait uydu görüntüsü.....	16
Şekil 2.2	Çatalağzı uydu görünütüsü.....	16
Şekil 2.3	ÇATES-B görünüm.....	18
Şekil 2.4	Çatalağzı bölgesi yükseklik haritası	20
Şekil 2.5	Çatalağzı bölgesi yakınlaştırılmış yükseklik haritası	20
Şekil 2.6	BIS merkezi ve pompa istasyonu için önerilen yer	21
Şekil 2.7	Referans Konut	23
Şekil 2.8	Bina içi enerji akışları.....	24
Şekil 2.9	Bina iç sıcaklığını etkileyen faktörler.....	25
Şekil 2.10	Zonguldak Merkez güneşlenme şiddeti.....	34
Şekil 2.11	Derece-gün bölgeleri ve şehirler	39
Şekil 3.1	Termik santralde bulunan üniteler.....	47
Şekil 3.2	Bölgesel ısıtma sistemi olan bir kömür yakıtlı termik santralin, yalnızca elektrik üreten bir kömür yakıtlı termik santrale göre faydalı enerji ve atık enerji karşılaştırması.....	48

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 3.3	ÇATES-B’de deniz suyunun yoğuşturucuya giriş ve çıkış sıcaklıklarının aylara göre değişimi	50
Şekil 3.4	Termik elektrik santrali çevrim şeması	51
Şekil 3.5	Termik santralden ısı pompası kullanılarak ısı alınması	52
Şekil 3.6	Klasik bir termik santral şeması	53
Şekil 3.7	Klasik bir santralde yoğuşum sıcaklığını yükselterek bölgesel ısıtma yapılması .	53
Şekil 3.8	ÇATES-B’ye ait sıcaklık denge diyagramı	55
Şekil 4.1	BIS şebekesi genel şeması.....	57
Şekil 4.2	Satılacak ısının yıllara göre dağılımı	58
Şekil 4.3	Bina alt istasyonu	59
Şekil 4.4	Dağıtım (Sayaç) sistemi	60
Şekil 4.5	BIS kısımları.....	61
Şekil 4.6	Dallanan şebeke.....	63
Şekil 4.7	Düz geri dönüşlü sistem ve Tichelman sistemi	63
Şekil 4.8	Ring şebeke	64
Şekil 4.9	Luplu şebeke.....	64
Şekil 4.10	Kapalı (endirekt) sistem	65
Şekil 4.11	BIS iletim hattı gidiş ve dönüş sıcaklıkları	67
Şekil 4.12	Ön izolasyonlu boru	67
Şekil 4.13	Boru çapına göre özgül ısı kaybı.....	70
Şekil 4.14	Önizolasyonlu boru uygulaması.....	71
Şekil 4.15	Önizolasyonlu boru uygulaması	71
Şekil 4.16	Önizolasyonlu boru birleştirme uygulaması.....	72
Şekil 4.17	Önizolasyonlu boru kazı ve montaj uygulaması	72
Şekil 4.18	Önizolasyonlu boru montajı vinç çalışmaları.....	73
Şekil 4.19	İletim ve dağıtım hattı kanal kazı detayları	74
Şekil 4.20	Boru çapına bağlı ısı enerjisi kaybı için eğri uydurma.....	81
Şekil 4.21	Pompa istasyonu.....	81
Şekil 4.22	Kesit alanı hesabı için eğri uydurma	84
Şekil 4.23	Çatalağzı BIS iletim ve dağıtım hatları	87

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.24 Çatalağzı BIS merkez dağıtım hatları	87
Şekil 4.25 Çatalağzı BIS iletim hattı rotası ve yükseklik profili	88
Şekil 4.26 Çatalağzı BIS Kuzyaka dağıtım hattı ve yükseklik profili.....	88
Şekil 4.27 Çatalağzı BIS Doğancılar 1 dağıtım hattı ve yükseklik profili.	89
Şekil 4.28 Çatalağzı BIS Doğancılar 2 dağıtım hattı ve yükseklik profili.	89
Şekil 4.29 Çatalağzı BIS Cumayanı dağıtım hattı ve yükseklik profili.....	90
Şekil 4.30 Çatalağzı BIS Hacıoğlu dağıtım hattı ve yükseklik profili.	90
Şekil 4.31 Kritik hat ve şematik sistem gösterimi.	93
Şekil 4.32 Bina alt istasyonu ve tesisat bağlantıları	107
Şekil 4.33 Tasarlanan bina alt istasyonu ve konut içi tesisat bağlantı şeması.....	108



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1	Değişik ülkelerde bölgesel ısıtma santralleri ve güçleri	9
Çizelge 1.2	2000 yılı itibariyle ülkelere göre bölgesel ısıtmadan faydalanan konut sayılarının oranı	10
Çizelge 1.3	2011 yılı itibariyle Türkiye’de bulunan jeotermal kaynaklı bölgesel ısıtma sistemleri.....	11
Çizelge 2.1	Çatalağzı BIS genel özellikleri	22
Çizelge 2.2	Kamu binaları okullar ve diğer ortak kullanım tesisleri ve ısıl ihtiyaçları	22
Çizelge 2.3	Bir Konut için Hesaplarda Baz alınan Isıtma ve SKS Isı Yükleri	23
Çizelge 2.4	Konut için kabul edilen varsayılan değerler	26
Çizelge 2.5	Bir konutun aylara göre ısıtma enerjisi ihtiyacı.	28
Çizelge 2.6	Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü	33
Çizelge 2.7	Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü.....	33
Çizelge 2.8	Zonguldak Bölgesi için düzenlenmiş aylık güneş ışınım şiddetleri ve $\phi_{s,ay}$	35
Çizelge 2.9	Hesaplanan $(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})$ ve $H \cdot (\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$ ve KKO_{ay} değerleri.	37
Çizelge 2.10	Hesaplanan Kazanç Kullanım Faktörü (η_{ay}) değerleri.....	37
Çizelge 2.11	Bölgeler için aylık ortalama dış ortam sıcaklıkları.....	40
Çizelge 2.12	Zonguldak için uzun dönem ortalama sıcaklık tablosu	40
Çizelge 2.13	Eşdeğer Konut için hesaplanan pik yük ve yıllık enerji tüketim değerleri.....	42
Çizelge 3.1	ÇATES-B Verileri	49
Çizelge 3.2	Ana Sistemler.	49
Çizelge 3.3	ÇATES-B kütle akış şemasındaki tüm noktalara ait termodinamik özellikler. 56	
Çizelge 4.1	Buhar – Kızgın Su – Sıcak Su sistemleri avantajları ve dezavantajları.....	66
Çizelge 4.2	BIS sisteminde kullanılan malzemeler ve bağlı olduğu standartlar	68
Çizelge 4.3	BIS sisteminde kullanılan malzemelerin özellikleri.....	68
Çizelge 4.4	Uygulama Şartları.....	68

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.5	BIS şebekesinde kullanılacak fittings malzemeler	69
Çizelge 4.6	Teknik hesaplar için yapılan kabuller	75
Çizelge 4.7	0,14237 (m ³ /sn) debi için boru kesit alanı ve çapa bağlı akışkan hızları.....	77
Çizelge 4.8	90 °C akışkan sıcaklığı için anma çapına bağlı ısı enerjisi kaybı değerleri	80
Çizelge 4.9	Kazı kesit alanı bilgileri	83
Çizelge 4.10	İletim ve Dağıtım Hattı Uzunlukları.....	86
Çizelge 4.11	Çatalağzı BIS her bir hat için çıkan boru çapı değerleri, düzeltilmiş akışkan hızı ve basınç kaybı değerleri	91
Çizelge 4.12	Hat uzunlukları, çapları ve basınç kayıpları.	92
Çizelge 4.13	Dirsek, vana, t bağlantılar ve valfler için basınç kaybı değerleri	94
Çizelge 4.14	Dirsek, vana, t bağlantılar ve çek valfler için basınç kaybı hesabı.....	95
Çizelge 4.15	Çatalağzı BIS her bir hat için çıkan toplam boru ısı kaybı.....	97
Çizelge 4.16	Sistem ile ilgili ilk yatırım, kurulum, işletme ve bakım maliyetlerinin hesaplanabilmesi için yapılan kabuller.....	98
Çizelge 4.17	Anma çapına göre birim boru maliyeti.....	99
Çizelge 4.18	Anma Çapına göre birleştirme seti maliyeti	99
Çizelge 4.19	Çatalağzı BIS Boru ve Birleştirme Seti Maliyeti	100
Çizelge 4.20	Boru hattı toplam maliyeti	101
Çizelge 4.21	Anma çapına göre birim boru işçilik maliyeti	101
Çizelge 4.22	Toplam boru işçilik maliyeti.....	102
Çizelge 4.23	Kazı kesit alanı bilgileri.....	102
Çizelge 4.24	Çatalağzı BIS kazı miktarı.....	103
Çizelge 4.25	Kazı birim maliyetleri.....	104
Çizelge 4.26	Kazı maliyetleri.	104
Çizelge 4.27	Pompa istasyonu hariç toplam maliyet.....	104
Çizelge 4.28	Sistemde kullanılması düşünülen pompaların özellikleri.....	105
Çizelge 4.29	Pompa istasyonunda bulunacak ekipman ve pompa istasyonu maliyeti	106
Çizelge 4.30	Çatalağzı BIS toplam maliyeti.....	107
Çizelge 4.31	Daire sayısına göre yatırım maliyetleri	109
Çizelge 4.32	İşletme dönemi toplam maliyetleri	111
Çizelge 4.33	Çatalağzı BIS basit geri dönüş süresi hesabında kullanılan değerler.	112

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.34	Çatalağzı BIS basit geri dönüş süresi.	112
Çizelge 5.1	Elle beslemeli kazanlarda taşkömürü için emisyon faktörleri	115
Çizelge 5.2	Çatalağzı evsel ısınmadan kaynaklanan sera gazları emisyon miktarları.....	115





SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Q_{ay}	: Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı
H	: Binanın özgül ısı enerjisi kaybı
θ_i	: Aylık ortalama iç sıcaklık
θ_e	: Aylık ortalama dış sıcaklık
μ_{ay}	: Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü
$\phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç enerji kazançları
$\phi_{s,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı
t	: Zaman
$Q_{yıl}$: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı
H_t	: İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen özgül ısı enerjisi kaybı
H_v	: Havalandırma yoluyla gerçekleşen özgül ısı enerjisi kaybı
$\sum A \cdot U$: Tüm yüzeylerin toplam ısı kaybı
I	: Isı köprüsü uzunluğu
U_1	: Isı köprüsü doğrusal ısı geçirgenlik katsayısı
U_D	: Dış duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı
A_D	: Dış duvarın alanı
U_p	: Pencerenin ısıl geçirgenlik katsayısı
A_p	: Pencerenin alanı
U_k	: Dış kapının ısıl geçirgenlik katsayısı
A_k	: Dış kapının alanı
U_T	: Tavanın ısıl geçirgenlik katsayısı
A_T	: Tavan alanı
U_t	: Zemine oturan tabanın /döşemenin ısıl geçirgenlik katsayısı
A_t	: Zemine oturan taban/döşeme alanı
U_d	: Dış hava ile temas eden tabanın ısıl geçirgenlik katsayısı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

A_d	: Dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı
U_{ds}	: Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı
A_{ds}	: Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı
ρ	: Havanın yoğunluğu
c	: Havanın özgül ısısı
V'	: Hacimce hava değişim miktarı
n_h	: Hava değişim oranı
V_h	: Havalandırılan hacim
A_n	: Bina kullanım alanı
$V_{brüt}$: Isıtılan brüt hacim
$r_{i,ay}$: “i” yönünde saydam yüzlerin aylık ortalama gölgelenme faktörü
$g_{i,ay}$: “i” yönünde saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü
$I_{i,ay}$: “i” yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınım şiddeti
A_i	: “i” yönündeki toplam pencere alanı
g_{\perp}	: Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü
F_w	: Camlar için düzeltme faktörü
η_{ay}	: Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü
KKO_{ay}	: Kazanç / Kayıp oranı
$\theta_{i,ay}$: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı
$\theta_{e,ay}$: Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı
Q_w	: Sıcak su saatlik ısı enerjisi ihtiyacı
c_w	: Özgül ısı
V_w	: Günlük sıcak su ihtiyacı
$(\theta_{w,t} - \theta_{w,o})$: Şebeke suyu sıcaklığı ile sıcak suyun getirildiği sıcaklık arasındaki fark
$A_{döş}$: Döşeme alanı
H_u	: Lavuar artığı karışım kömür üst ısı değeri
$T_{gidiş}$: Akışkan gidiş sıcaklığı
$T_{dönüş}$: Akışkan dönüş sıcaklığı
ρ_{90}	: 90 °C için akışkan yoğunluğu
C_{p90}	: 90 °C için akışkan özgül ısısı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

μ_{90}	: Akışkan viskozitesi
ν_{90}	: Akışkan kinematik viskozitesi
$E_{\text{pürüzlülük}}$: Boru pürüzlülük değeri
g	: Yerçekimi ivmesi
η_{pompa}	: Pompa verimi
$r_{\text{kayıp}}$: Kabul edilen ısı kayıp oranı
V_{iletim}	: İletim hattı maksimum hız değeri
$V_{\text{anadağıtım}}$: Ana dağıtım hattı maksimum hız değeri
$V_{\text{binadağıtım}}$: Bina dağıtım hattı maksimum hız değeri
$P_{\text{birimkayıp}}$: Birim boru boyu başına basınç kaybı
P_{limit}	: Pompalar için basınç limiti
P_{doyma}	: Akışkanın 90 °C'deki doyma basıncı
P_{son}	: Son kullanıcı basınç değeri
P_{kot}	: 50 metre kot farkı için basınç değeri
P_{emniyet}	: Emniyet için gerekli basınç değeri
\dot{Q}_{toplam}	: Bölgenin kayıplarda dahil toplam pik ısı ihtiyacı
$\dot{Q}_{\text{bölge,pik}}$: Bölgenin toplam pik ısı enerjisi yükü
$\dot{Q}_{\text{kayıp,pik}}$: Bölgenin pik ısı enerjisi kaybı
$r_{\text{kayıp}}$: Kabul edilen ısı kayıp oranı
\dot{V}_{boru}	: Akışkanın hacimsel debisi
v_{boru}	: Akışkan hızı
A_{boru}	: Boru kesit alanı
D_{boru}	: Boru çapı
$R_{\text{pürüzlülük}}$: Boru bağıl pürüzlülük değeri
f	: Sürtünme katsayısı
$H_{\text{kayıp}}$: Birim boy borudaki ısı enerjisi kayıp değeri
$P_{\text{işletme}}$: Sistem işletme basıncı
$P_{\text{kayıp_toplam}}$: Sistem toplam basınç kaybı
$N_{\text{pompa sayısı}}$: Pompa istasyonu sayısı
N_{pompa}	: Pompa gücü
\dot{V}_{boru}	: Akışkan hacimsel debisi
ΔP	: Basınç farkı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

A_{kazi}	: Kazı kesit alanı
hf	: Bağlantı elemanı veya vanada meydana gelen basınç kaybı
K	: Çapa ve cinse bağlı katsayı
v	: Akışkanın hızı
C_{kamu}	: Kamulaştırma birim maliyeti
$C_{ısı}$: Santral birim ısı enerji maliyeti
$C_{elektrik}$: Santral birim elektrik enerjisi maliyeti
$C_{bakım}$: Birim bakım masrafı
$C_{doğalgaz}$: Doğalgaz birim maliyeti
L_{birim}	: Birim boru boyu
h	: Yıllık işletme süresi
A_{kamu}	: Kamulaştırma alanı
n	: Sistem ömrü
i	: Faiz oranı
r	: İskonto oranı
$e_{ısı}$: Isı eskalasyon oranı
$e_{elektrik}$: Elektrik eskalasyon oranı
$e_{bakım}$: Bakım eskalasyon oranı
$e_{satış}$: Isı satış eskalasyon oranı
E_{pompa}	: Pompa yıllık elektrik tüketimi
L_{f_pompa}	: Pompa çalışma faktörüdür
C_{pompa}	: Pompa toplam elektrik tüketim maliyeti
$C_{elektrik}$: Birim elektrik fiyatı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Değişen ve gelişen dünyamızda, insanoğlunun sahip olduğu refahı ve daha önemlisi temel ihtiyaç ve isteklerini karşılayabilmesi için gerekli olan en temel unsur “Enerji” olarak göze çarpmaktadır. Enerji eskiden olduğu gibi, günümüzde de çok önemlidir ve gelecekte de çok önemli olacaktır. Gelecek kuşaklara daha güvenilir ve yeterli kalitede bir yaşam bırakabilmek için, günümüzde sahip olduğumuz enerji kaynaklarını verimli ve sürdürülebilir şekilde kullanmak büyük önem arz etmektedir. Enerjinin türü ne olursa olsun verimli şekilde bu enerjiden faydalanmak en önemli unsurdur. Özellikle günümüzde, geçmişte olduğu gibi fosil yakıtlar enerji üretiminde önemli bir yer tutmaktadır. Dünyadaki fosil yakıtların bilinen miktarı sınırlı olup giderek azalmaktadır. Belirli süre sonunda ise yok olacakları bilinmektedir. Bu yüzden insanoğlu yeni enerji elde etme yollarını araştırırken mevcut fosil yakıtlarında maksimum verimle kullanılması çok önemlidir. Bu yüzden enerji üretimi planlaması çok hassas bir şekilde değerlendirilmeli ve dikkatli bir şekilde geliştirilmelidir. Enerji üreten sistemlerin maliyetli oluşu ve enerji kaynağı olan fosil yakıtların birim maliyetlerinin giderek artması ve doğada azalmaya başlaması, kurulan enerji üretim tesislerinden maksimum verim alınacak şekilde sistemlerin dizayn edilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

Enerjiyi etkin ve verimli kullanmanın önemli bir yolu da fosil yakıtla güç üreten tesislerin kojenerasyon santralleri şeklinde kurulmasıdır. Enerjinin çok değerli olduğu günümüzde kojenerasyon tesisleri verimlilik açısından neredeyse kaçınılmaz olmuştur.

Kojenerasyon; ısı ve elektrik enerjisi üretiminin aynı tesiste ve genellikle tek çeşit yakıt kullanılarak birlikte gerçekleştirildiği sistemlere verilen genel bir isimdir.

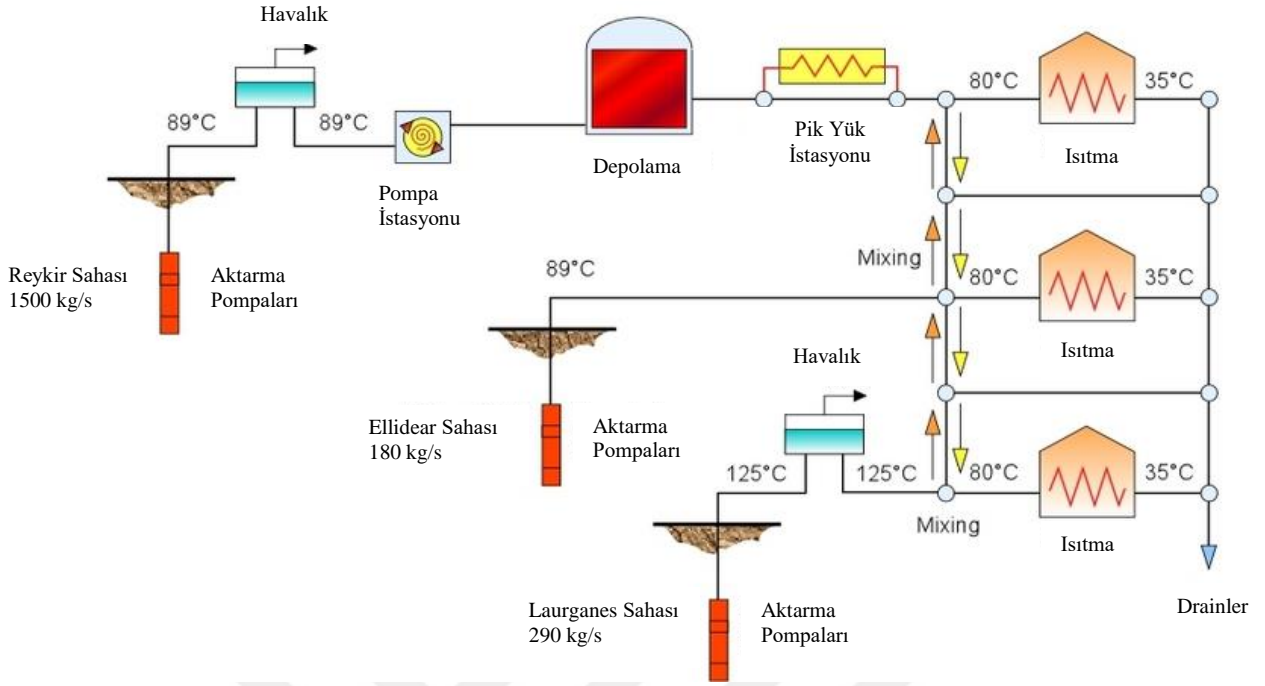
Bir kojenerasyon tesisinde üretilen elektrik şebekeye verilir veya otoprodüktör santrali olan santrallerde ise bulunduğu sanayi tesisinin iç ihtiyacını karşılamak için kullanılabilir. Isı enerjisi ise buhar veya kızgın su şeklinde kullanılarak, yine tesisin buhar ihtiyacını veya ısı ihtiyacını

karşılayabileceği gibi, uygun bir şebeke ile şehrin veya bir bölgenin ısıtılmasını sağlayabilir. Şehrin veya bir bölgenin tek bir merkezden ısıtılmasına “Bölgesel Isıtma” denir.

Bölgesel ısıtma sistemi için en uygun enerji santralleri termik santrallerdir. Termik santraller, fosil yakıtlardan veya biyokütleden aldıkları enerjiyi mekanik enerjiye, sonrasında ise elektrik enerjisine dönüştürürler. Bu dönüşüm sırasında elde edilen ısı enerjisinin büyük çoğunluğu, termodinamik çevrim gereği, kondenser ve bacadan dışarı atılmakta olan enerjidir. Günümüzde teknolojinin geldiği noktada baca gazının ısısından ekonomizde faydalanılırken, kondenser verimleri de arttırılmaktadır. Tüm bu gelişmelere rağmen ısının büyük bir kısmı kullanılmadan atılmaktadır. Özellikle kondensere atılmak zorunda kalan ısı faydalı enerjiye dönüştürülerek ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılabilir.

1.1 BÖLGESEL ISITMA

Bölgesel ısıtma, birçok binanın merkezi bir santralden veya başka bir ısı kaynağından (jeotermal veya endüstriyel atık su) ısıtılması ve sıcak su ihtiyacının karşılanmasıdır. Isıtılan bölge; bir site, bir mahalle veya bir kent olabilir. Santral, kombine çevrimli bir kojenerasyon (ısı-elektrik santral) veya sadece ısı üreten bir santral olabilir. Hem elektrik hem ısı üreten santrallerde buhar türbini, gaz türbini veya dizel (gaz) motoru kuruludur. Bu tür uygulama bileşik ısı-güç üretimi veya kojenerasyon olarak bilinir. Böyle bir santralde üretilen ısı, izolasyonlu çift boru yoluyla sıcak su formunda binalara ulaştırılır [1]. Bazı sistemlerde sıcak su yerine buhar kullanılırken, jeotermal kaynaklı sistemlerde tek borulu şebeke kullanılır. Şekil 1.1’de tek borulu şebekeye bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Tek borulu jeotermal şebeke (Reykjavik bölgesel ısıtma sisteminin basitleştirilmiş akış şeması) [2].

Isı kaynağından çıkan sıcak su, gidiş hattı vasıtasıyla bina altında kurulan ısı dönüşüm istasyonlarına iletilerek buradan binanın kalorifer sistemindeki suyu ısıtır. Böylece binanın hem ısınma hem de banyo ve mutfakta kullandığı sıcak su sağlanır. Isı enerjisini bina kalorifer sistemine transfer ederek soğuyan su şebekenin drenaj hattı vasıtasıyla ısı kaynağına geri döner ve yeraltında tekrar ısınarak sirkülasyon gerçekleştirilir.

Bölgesel Isıtmanın bireysel ısınmaya göre avantajları bulunmaktadır. Bunlar arasında; atıkların denetlenerek çevre kirliliğinin önlenmesi, yakıtın ekonomik yakılması, yakıt seçeneklerinin fazlalığı sayılabilir. Isı enerjisinin santralden temin edilmesi sonucunda, hiçbir binada şofben, kalorifer kazanı bulunmamakta, böylece konutların ısınma ve sıcak su için yakıt ihtiyacı ortadan kalkmaktadır. Hiçbir binada ısınma amacıyla doğalgaz, fuel-oil, kömür vb. yakıt kullanılması söz konusu değildir. Sayılan yakıtların ve bu yakıtları yakacak cihazların olmaması çok yönlü yararlar sağlamaktadır. Bunları sıralayacak olursak;

- Yatırım ve işletme açısından ekonomik bir çözüm,
- Konutlarda ayrıca ısıtma veya sıcak su için yakıt yakılmamasından dolayı, bacaların olmaması ve atık gaz oluşmaması, hava kirliliği oluşturmaması,

- Termik santralden alınan ısı enerjisinin maliyetinin daha düşük olması nedeniyle kullanıcıların ucuz ve ekonomik ısınması,
- Yakıtın tek merkezde yakılması, emisyonu kontrol imkânı sağlaması
- Binalarda yakıt boru hatları ve yakıt depoları olmaması nedeniyle yangın, patlama v.b. riskler yoktur.
- Dünya çapında yıllık 22.700 Mton olan CO₂ emisyonu dünya çapında bölgesel ısıtma uygulaması ile yıllık 700-900 Mton azaltılabilir [3].

Bölge ısıtmasının en büyük dezavantajı ise ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasıdır. Ancak planlı ve düzenli yerleşim bölgeleri ile maliyeti azaltmak mümkündür.

1.2 DÜNYADAN ÖRNEKLER

Borulu ısıtma sistemleri çok eski zamanlardan beri uygulama alanı bulmaktadır. Yaklaşık 2000 yıl kadar önce Romalılar barakalarını hatta hamamlarını ısıtmak için borulu sistemleri kullandılar. Bölgesel ısıtma sisteminin kullanılması 14. yüzyıla kadar dayanmaktadır. Bir Fransız kasabası olan Chaudes-Aigues'ta jeotermal kaynaklı bölgesel ısıtma sistemi 1332 yılında kurulmuştur ve günümüze kadar hâlâ ısı dağıtım işlemini gerçekleştirmektedir [4]. Modern dünyada ise Sir William Cook, İngiltere'nin Manchester şehrinde 1745 yılında kendi evine döşemiş olduğu borular ile binalar için potansiyel bir buharlı ısıtma sistemini tanıtmış oldu. 1830 yılında Amerika'da bir binada su ısıtma sistemi kuruldu. 1844 yılında ise Boston şehrindeki Eastern Hotel'de buhar bir ticari binanın orta ölçekte ısıtılması için kullanıldı. İlk ticari bölgesel ısıtma sistemi ise 1877 yılında Lockport, Newyork'ta kurulmuştur.



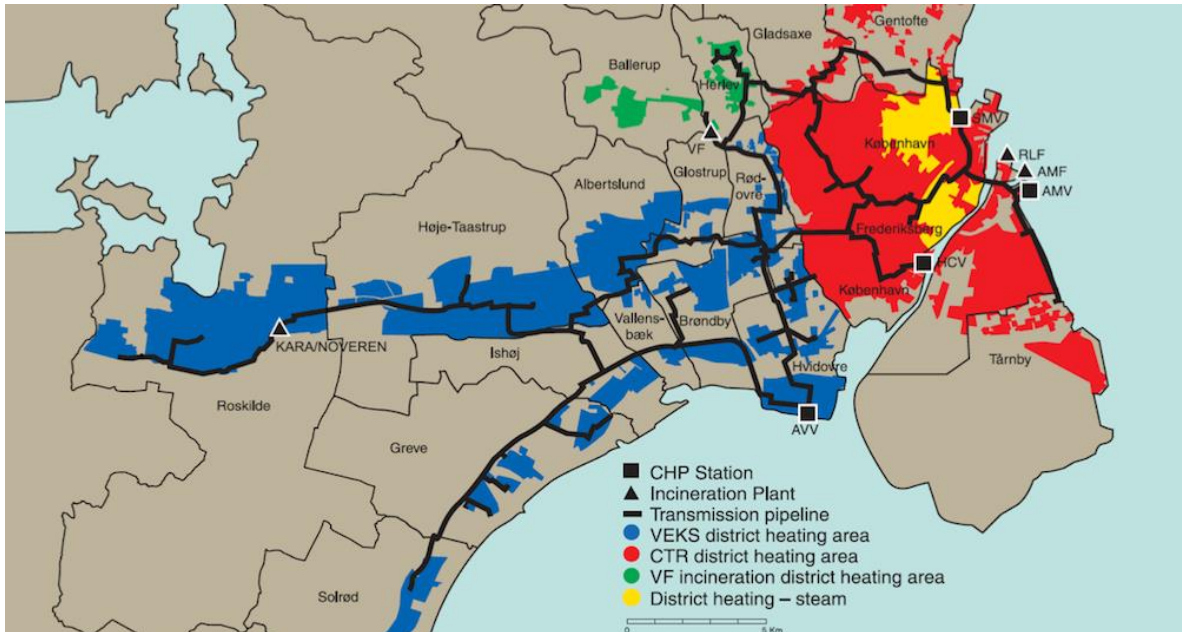
Şekil 1.2 Danimarka’da çöp toplayan at arabaları [5].

Amerika dışında dünyada ilk bölgesel ısıtma sistemleri, soğuk Kuzey Avrupa ülkelerinde uygulanmaya başlanmıştır. 1857 yılında Danimarka’nın Kopenhag şehrinin bağımsız bir belediyesi olan Frederiksberg’de sanayi devriminin de etkisiyle hızla gelişmeye başlamıştır. Bu küçük kasaba ilerleyen yıllarda hızla büyümüştür. Üretim ve nüfus artışı sonucunda ortaya çıkan atıkların bertaraf edilmesi sorun yarattığından ve atıkları koyacak bir yer bulunmadığı için, atıkların yakılarak enerji üretiminde kullanılması fikri gündeme gelmiştir. Böylece Danimarka’da bölgesel ısıtmanın ilk temelleri de atılmıştır. 1890’ların sonlarına doğru çöpler at arabalarıyla toplanıp şehir çöplüğüne boşaltılırken, artık şehirde yürüyecek yer kalmamıştır. 1896 yılında atıklardan ısı üretimini gerçekleştirilmesinin mümkün olup olmadığını araştırmak için bölgenin çöpleri Hamburg’da test edilmiştir. Yapılan testlerin olumlu sonuçlanması ile beraber Frederiksberg’de 1902’de ilk çöp yakma santralinin kurulmasına karar verilmiştir. Bu santralin hem bölgesel ısıtmada hem de elektrik üretiminde kullanılması planlanmıştır.



Şekil 1.3 Kopenhag’da (Danimarka) çöp yakarak bölgesel ısıtma yapan, 1903 yılında kurulan ilk santral [5].

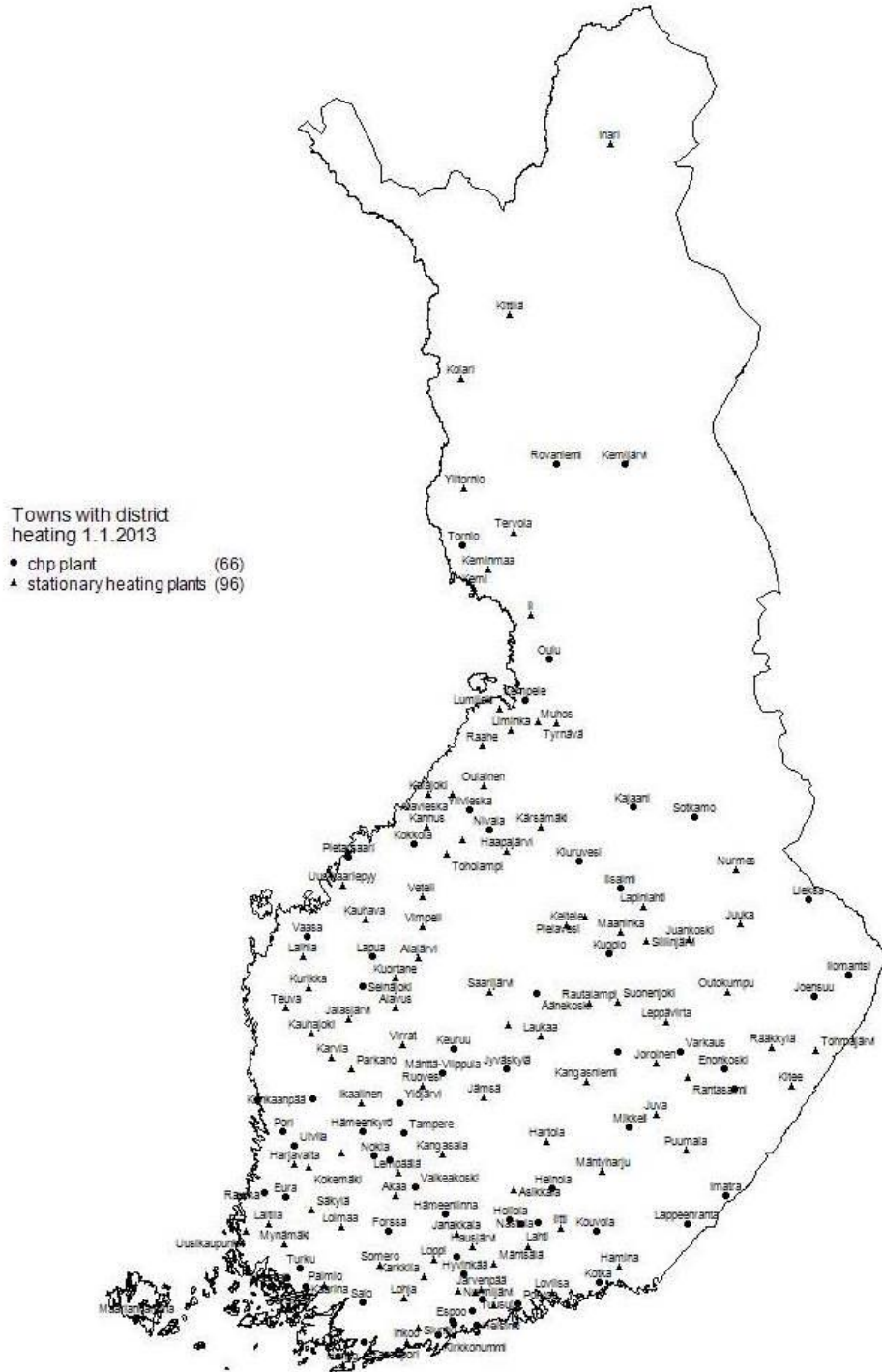
Danimarka’da ilk çöp yapma santrali 1 Aralık 1903’de hizmete başlamıştır. Çöpler at arabaları ile toplanmıştır (Şekil 1.2). Üretilen ısı, buhar şeklinde ısı kanalları vasıtasıyla yeni yapılan hastane, belediye binası, çocuk yurdu ve yoksullar evini ısıtmada kullanılmıştır. Aynı bina bugün kültür merkezi olarak kullanılmaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.4 Danimarka bölgesel ısıtma sistemi [6].

Danimarka'nın günümüzde bölgesel ısıtma şebekesi artık çok daha kapsamlı ve ev sahiplerinin %63'üne [5] hizmet vermektedir.

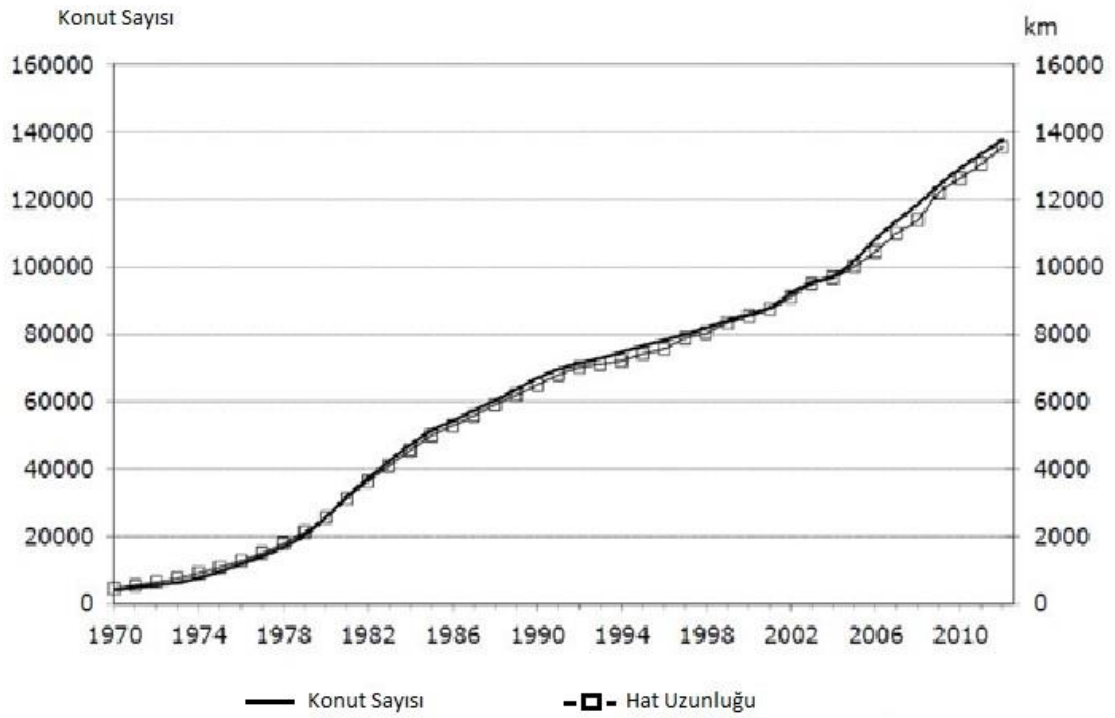
Günümüzde Finlandiya, bölgesel ısıtma konusunda Avrupa'da gelişmiş ülkelerden biri konumundadır. Aşağıda Finlandiya Bölgesel Isıtma Sistemi ile ilgili özet bilgiler bulunmaktadır.



Şekil 1.5 Finlandiya bölgesel ısıtma sistemi [7].

Finlandiya’da bölgesel ısıtma sistemleri tüm ısı ihtiyacının %50’sini karşılamaktadır. Bölgesel ısıtmanın %80’i ise kombine çevrim santralleri oluşturmaktadır. Apartmanların %90’ından fazlası, müstakil evlerin yarısından fazlası, kamu binaları ve iş yerleri bölgesel ısıtma sistemine bağlıdır. Santrallerde, güneydoğu doğalgaz hattı çevresinde genellikle doğalgaz kullanılırken, liman olan bölgelerde ithal kömür, kuzeyde doğal olarak turf olan bölgelerde ise turf kullanılmaktadır. Ayrıca ağaç parçaları, yakılabilir kâğıt ürünleri ve belediye atıkları gibi yenilenebilir yakıtlarda ısı üretiminde kullanılmaktadır.

Şekil 1.6’da yıllara göre bölgesel ısıtmaya dahil olan konut sayısını ve çekilen hattın uzunluğu gözükmektedir.



Şekil 1.6 Finlandiya’da yıllara göre bölgesel ısıtmaya dahil olan konut sayısını-hat uzunluğu[7].

Finlandiya’nın 2013 yılına ait Bölgesel Isınma verileri,

Isı Satışı: 2,31 Milyar Euro

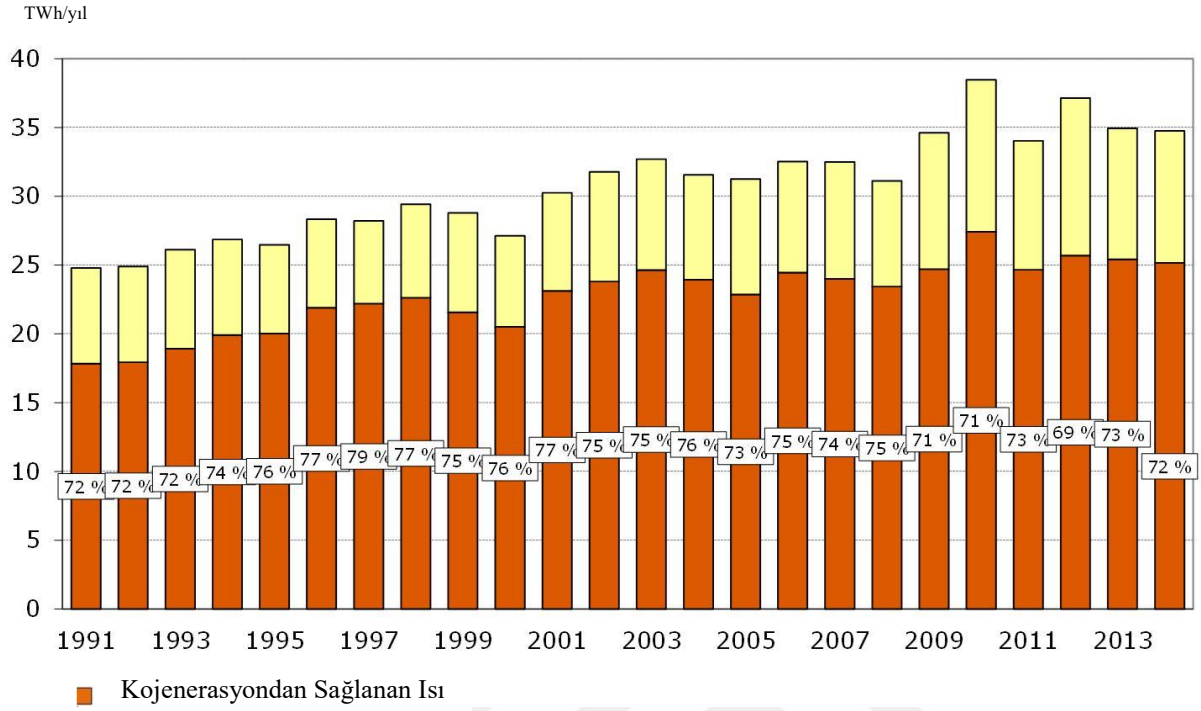
Satılan Isı Enerjisi: 31,7 TWh

Ortalama Fiyat: 7,27 € cent / kWh

Bölgesel ısıtmadan faydalanan kişi sayısı: 2,73 milyon

Bölgesel ısıtmanın pazardaki payı : %46

Şekil 1.7’de ise 1991-2014 yılları arasında Finlandiya’daki toplam ısı üretim miktarları ve kojenerasyondan üretilen ısının toplam üretim içindeki oranı gösterilmiştir.



Şekil 1.7 2014 yılı ve diğer yıllar Finlandiya’da üretilen ısı - kojenerasyondan üretilen ısı [8].

Bunların dışında, Çizelge 1.1’de değişik ülkelerdeki durum özetlenmiştir.

Çizelge 1.1 Değişik ülkelerde bölgesel ısıtma santralleri ve güçleri [9].

Santral Adı	Bulunduğu Ülke	Elektrik Gücü (MW _e)	Isı Gücü (MW _t)	Isı/Elektrik Güç oranı
Lichtenberg	Almanya	72	1,125	15.63
Klingenberg	Almanya	185	1,010	5.46
Hanasaari B	Finlandiya	220	445	2.02
Lichterfelde	Almanya	450	720	1.60
Moabit	Almanya	150	240	1.60
Mitte	Almanya	430	630	1.47
Charlottenburg	Almanya	215	300	1.40
Reuter	Almanya	165	230	1.39
Reuter West	Almanya	600	790	1.32
Avadore 1	Danimarka	250	300	1.20
Avadore 2	Danimarka	485	570	1.18
Wilmersdorf	Almanya	280	330	1.18
Fynsvaerket	Danimarka	685	775	1.13
Sandreuth	Almanya	440	440	1.00
Esenyurt	Türkiye	180	180	1.00
Rudow	Almanya	175	140	0.80
Amyntaio	Yunanistan	600	40	0.07

Avrupa’da bölgesel ısıtmaya katılım ve bölgesel ısıtmanın yaygınlığı ülkelere göre değişiklik göstermektedir. Aşağıdaki çizelgede ülkelere göre bölgesel ısıtmadan faydalanan konut sayılarının oranı belirtilmiştir.

Çizelge 1.2 2000 yılı itibariyle ülkelere göre bölgesel ısıtmadan faydalanan konut sayılarının oranı [10].

Ülke	Katılım Oranı (2000)
İzlanda	%95
Danimarka	%60 (2005)
Estonya	%52
Polonya	%52
İsveç	%50
Çek Cumhuriyeti	%49
Finlandiya	%49
Slovakya	%40
Macaristan	%16
Avusturya	%12.5
Almanya	%12
Hollanda	%3
Birleşik Krallık	%1

1.3 TÜRKİYE’DEN ÖRNEKLER

1.3.1 Esenkent Bölgesi Kojenarasyon Sistemi

Türkiye’de daha çok jeotermal kaynaklı olmak üzere bölgesel ısıtma sistemleri bulunmaktadır. Çizelge 1.3’de Türkiye’de bulunan jeotermal kaynaklı bölgesel ısıtma sistemlerinin listesi gösterilmiştir. Isı kaynağı hariç, dağıtım borulama ve maliyet hesabı bakımından termik santrallerden alınan ısı ile kurulan bölgesel ısıtma sistemi ile benzerlikler göstermektedir.

Çizelge 1.3 2011 yılı itibariyle Türkiye’de bulunan jeotermal kaynaklı bölgesel ısıtma sistemleri [11].

Isıtma Yapılan Bölge	Isıtılan Eşdeğer Konut Sayısı	İşletmeye Alınış Yılı	Jeotermal Akışkan Sıcaklığı (°C)
Balıkesir-Gönen	3400	1987	80
Kütahya- Simav	5000	1991	137
Kırşehir	1900	1994	57
Ankara-Kızılcahamam	2500	1995	70
İzmir-Balçova	15000	1996	137
Afyon	4600	1996	95
Nevşehir-Kozaklı	1300/3500	1996	90
İzmir - Narlıdere	1500	1998	125
Afyon-Sandıklı	6000/12000	1998	75
Ağrı-Diyadin	570 / 2000	1999	70
Manisa-Salihli	5000/ 24000	2002	94
Denizli-Sarayköy	1900 / 5000	2002	95
Balıkesir -Edremit	4600 / 7500	2003	60
Balıkesir-Bigadiç	1950 /3000	2005	96
Yozgat-Sarıkaya	600/2000	2007	60
Yozgat-Sorgun	1500	2008	80
Yozgat-Yerköy	500/3000	2009	65
İzmir-Bergama	7850/10000	2009	60

1.3.2 Esenkent Bölgesi Kojenarasyon Sistemi

Bölgesel ısıtma ülkemizde ilk olarak İstanbul’da Esenyurt Belediyesi’nin Esenkent projesinde, uygulanmıştır. Esenkent Bölgesel Isıtma Sisteminde, ısı kaynağı Doğa Enerji’ye ait Esenyurt Termik Santralidir.



Şekil 1.8 Doğa Enerji Esenyurt Termik Santrali [12].

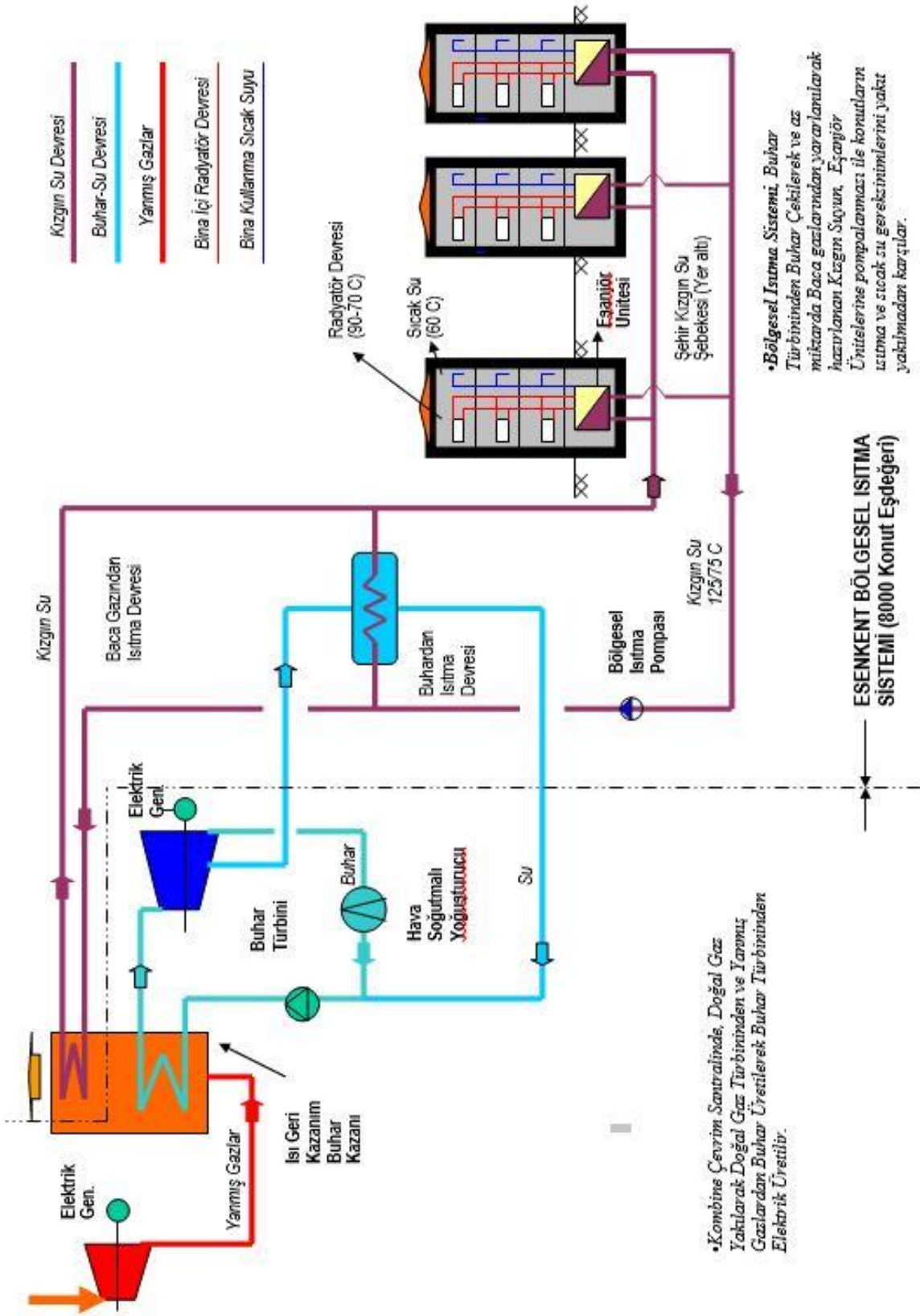
Doğa Enerji, 1993 yılında kurulmuş ve 1994 yılında %80 hisse Amerikan Edison Mission Enerji şirketine ve %20 hisse bir Doğa Holding iştiraki olan Doğa Enerji Yatırım Ltd.'ne ait olan bir ortaklık yapısını kazanmıştır. Şirket, İstanbul-Esenyurt'ta Yap-İşlet-Devret (YİD-BOT) modeli ile 180 MW Doğal Gaz Yakıtlı Termik Santrali kurmuş ve işletmesini 20 yıllığına üstlenmiştir. Doğa Enerji Esenyurt Elektrik Santrali, yabancı sermaye kullanılarak ve uluslararası çevresel standartlar uygulanarak Türkiye'de işletmeye alınan ilk Yap-İşlet-Devret (YİD) elektrik santrallerinden biridir. Bu 180 MW gaz yanmalı, birleşik çevrimli elektrik santrali yılda 1,4 milyar kilovat saat üretim yapmaktadır. Esenyurt Santrali bölgenin ısı enerjisini ve ülkenin elektrik ihtiyacını karşılamak üzere geliştirilmiştir. Santralin ürettiği elektrik enerjisini, ulusal şebekeye tesis sahası üzerinden geçen 154 kV'luk yüksek gerilim hatlarına bağlanarak aktarmaktadır.

Tesis ve Esenkent Yerleşimi:



Şekil 1.9 Esenyurt Termik Santrali ve Esenkent Yerleşimi [13].

Santral elektrik üretimini herhangi bir kesintiye uğratmadan, bölgesel ısıtma için, 180 MW kapasitede 130 °C'ye kadar kaynar su temin edebilmektedir. Bölgesel ısıtma enerjisi HRSG'deki separatörlerden ve Buhar Türbinin düşük basınç bölümünden karşılanmaktadır. Üretilen sıcak su Esenkent'in şehir şebekesine pompalanmakta ve binaların ısıtılması ile kullanma sıcak suyunun hazırlanmasını sağlamaktadır. Komşu alanda yer alan yaklaşık 7400 konutluk Esenkent'in ısıtma ve sıcak su ihtiyacını kesintisiz (365 gün/24 saat) karşılayabilmektedir. Bu sayede Esenkent Türkiye'nin ilk bölgesel ısıtma sistemine sahip olmuştur.



Şekil 1.10 Esenkent Bölge Isıtma Sistemi Akış Şeması [14].



BÖLÜM 2

ÇATALAĞZI BÖLGESİ VE BÖLGENİN ISIL İHTİYACI

2.1 ZONGULDAK – ÇATALAĞZI BÖLGESİ

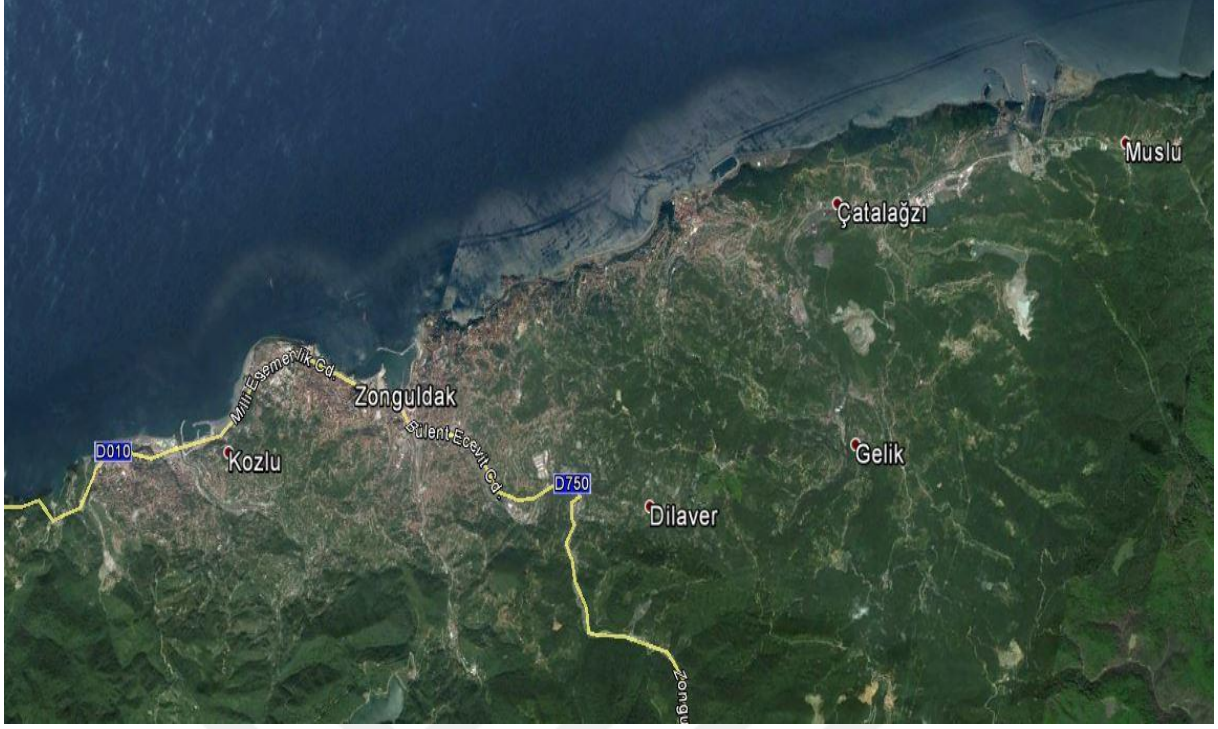
1829 yılında taşkömürünün bulunmasıyla önem kazanan bölgede 1848’de ilk kömür ocakları kurulmuştur. Zonguldak, 1 Nisan 1924 tarihinde, Cumhuriyet sonrası kurulan ilk il olma unvanını kazanmıştır. İlk kuruluş tarihi hakkında bilgi edinilemeyen Çatalağzı’nın köklü bir geçmişinin olmadığı bilinmektedir [15].

Orman ürünlerinden faydalanmak isteyen birkaç ailenin sığındığı bu küçük vadiye sonradan tünellerin açılması sırasında işçilerin kamp yapmaları ve içlerinden birçoğunun bol sulu vadiyi beğenmeleri buralarda da yer ve tarla edinmelerine sebep olmuştur [15].

Gelik ve Karadon ocaklarının açılması sonucu buraya yapılan lavuar (kömür yıkama tesisi) nedeniyle bir işçi beldesi haline gelmiştir.

2.1.1 Çatalağzı Bölgesinin Konumu

Çatalağzı beldesi Zonguldak il merkezine 12 km mesafede, il merkezinin doğusunda, güneyi Gelik beldesi, doğusu Muslu beldesi, kuzeyi Karadeniz ve batısı Kilimli ilçesi ile çevrili bir yerleşim birimidir.



Şekil 2.1 Zonguldak ve yakın çevresine ait uydu görüntüsü.

Çatalağzı Belediyesi 1954 yılında kurulmuş olup, 7 mahalleden oluşan belde 1.850 hektar yüz ölçümüne sahiptir [15].



Şekil 2.2 Çatalağzı uydu görüntüsü.

2.1.2 Çatalağzı Termik Elektrik Santrali

Zonguldak enerji gereksinimini Kuzey Batı Anadolu elektrik şebekesinden sağlamaktadır. Enerji kaynakları ve bu kaynakların bağlantıları açısından zengin olan ilde Çatalağzı Termik Elektrik Santrali (ÇATES-B) vardır. Havzanın gereksiniminden arta kalan enerji 1952’de tamamlanan Çatalağzı-İstanbul enerji taşıma hattıyla İstanbul’a verilmeye başlandı. Böylece ülkede ilk kez uzak yerlere enerji taşınmış ve ulusal sistemin temeli atılmış oldu.

Çatalağzı Termik Elektrik Santrali (ÇATES-B) Zonguldak-Filyos karayolu Zonguldak-Ankara demiryolu kıyısında Zonguldak ili Kilimli ilçesine bağlı ve Zonguldak’ın 15 km doğusunda bulunan Doğancılar ve Kazköy köylerinin arazisinde kurulmuştur. Santral Zonguldak’a 17 km Kilimli ilçesine 7 km uzaklıkta olup adını 2 km uzağındaki Çatalağzı beldesinden almıştır. Santralin Karadeniz kıyısında batı tarafı 260 m doğu tarafı 682 m uzunlukta bir limanı mevcuttur. Santralin Zonguldak Limanına uzaklığı ise 11 km’dir.

Beldede ilk termik santral, üç ünite halinde 1948 yılında açılmış, 1956’de üç ünite daha ilave edilmiştir. ÇATES-A olarak adlandırılan ve toplam gücü 129 MW olan bu eski santral, ekonomik ömrünü doldurduğu gerekçesi ile TEK Genel Müdürlüğü tarafından Şubat 1991’de kapatılmıştır.

Çatalağzı II. Santralin I. Ünitesinin temeli 1977 yılında, II ünitesinin temeli de 1987 yılında atılmıştır. I. Ünite 1989 yılında II. Ünite ise 1991 yılında devreye girmiş ve üniteler sırayla 1990 ve 1991 yıllarında ticari işletmeye açılmıştır.



Şekil 2.3 ÇATES-B görünüm [16].

ÇATES-B'ye kömür, TTK Genel Müdürlüğü'nün Zonguldak ve Çatalağzı filtrasyon tesislerinden ve Zonguldak ili özel sektör kömür üreticilerinden temin edilmektedir.

2.1.3 Eren Enerji Termik Santralleri

Zonguldak ili, Çatalağzı belediyesi sınırları içinde bulunan ZETES (Zonguldak Eren Termik Santrali) Toplam 1390 MW_e lik kurulu güce sahiptir. Santral sahasında;

- 1 adet 160 MW_e Kurulu gücünde Akışkan yatak teknolojisine sahip Santral ünitesi ve
- 2 adet 615 MW_e Süper Kritik Pülverize Kömürlü Santral üniteleri bulunmaktadır.

Günlük kömür tüketim miktarı (tüm üniteler devredeyken) yaklaşık 11.000 ton dur. Aylık tüketim ise, 330.000 ton civarındadır. İthal hammadde ihtiyacı kapsamında Santral sahasının uzantısındaki Muslu bölgesine Eren Limanı yapılmıştır. Bu liman sayesinde Eren Enerji santralleri kesintisiz şekilde kömür ihtiyacını karşılayabilecektir [17].

1360 MW_e ZETES Santralinde kullanılan servis suyu ve Demineralize su ihtiyacı için Santral sahasında ters ozmos teknolojisi ile deniz suyundan yumuşak su üreten Su Hazırlama (Su Arıtma Tesisi) kurulmuştur. Bu tesise deniz suyu, Limanda kurulu olan Su alma yapısında

alışan 2 adet 2250 m³/h, 45 mSS pompa ile getirilmektedir. Gelen deniz suyu öncelikle kaba filtreden geçirilmekte ve tanklarda depolanmaktadır. Daha sonra ise filtreleme ve ters ozmos ara kademelerinden geçirilerek servis suyu ve demin suyu üretilmektedir. Ünitelerin ihtiyaına göre Servis suyu ve demin suyu pompalar vasıtasıyla boru köprüsü üzerinden ünitelere gönderilmektedir.

ZETES2, Zonguldak Eren Termik Santral sahasının güney kısmında bulunan 2×615 MW gücündeki ünitelere verilen isimdir.

Bu nitelerde kullanılan kazan superkritik, Pi(n) tip, tek geçişli ve pulverize kömür yakıtlıdır. Kazanda doymuş buhar aşaması oluşmadığı için drum (dom) bulunmamaktadır. Kazana beslenen kondens suyu (280 C°-275 bar_g) direk olarak kızgın buhar fazına geçerek HP ve trbın dönüşünde (CRH) IP buhar olarak Türbine gönderilir.

Buhar türbinine iki kademedede gönderilen buhar (HP ve IP) termal enerjisini trbın kanatlarına bıraktıktan sonra su soğutmalı kondenserde yoğuşarak Kondens pompaları vasıtasıyla ısıtıcılardan geçerek Besi suyu Tankına gönderilir. Besi suyu tankında (Degazor) O₂ oranı ayarlandıktan sonra Besi Suyu Pompaları ile tekrar ısıtıcılardan geçerek kazanın ekonomizerine gönderilir [17].

Türbinde iş yaparak çift geçişli ve borulu eşanjör tipli kondensere gelen buhar kondenserde oluşmuş olan vakum (5 kPa) sayesinde 30-40 C° lere kadar yoğuşturulur. Türbinin HP, IP ve LP kademelerinde oluşan mekanik enerji jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisine çevrilir.

2.1.4 Çatalağzı Bölgesi Nüfusu, Hane Sayısı ve Fiziki zellikleri

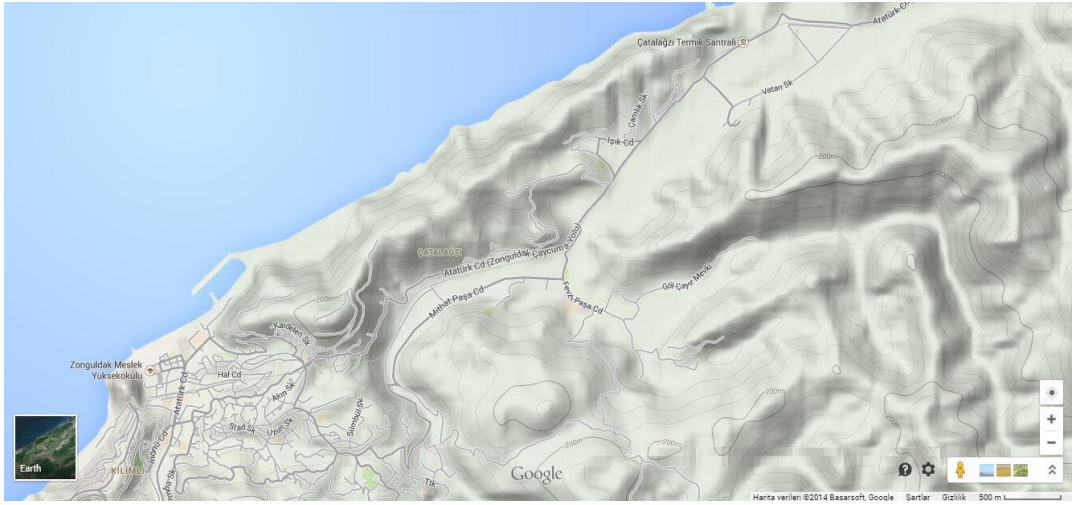
2013 yılı adrese dayalı nüfus bilgi sistemine göre Çatalağzı beldesinin nüfusu 7.980 olarak kayıtlara geçmiştir [18].

2000 yılı TÜİK nüfus verilerine göre Zonguldak'ta hane başına düşen kişi sayısı 3,5 olarak belirtilmiştir [19].

Bu değerden yola çıkıldığında Çatalağzı bölgesindeki hane sayısı:

$7.980 / 3,5 = 2.280$ olarak hesaplanmıştır.

Çatalağzı yükseklik haritası ve yerleşim alanlarının santrale olan yaklaşık uzaklıkları ise Google Earth programı üzerinden hesaplanmıştır. Çatalağzı bölgesi Google Earth üzerinden alınan verilere göre deniz seviyesinden yaklaşık 150 metre yüksekliğe kadar yaşam alanlarından oluşmaktadır.



şekil 2.4 Çatalağzı bölgesi yükseklik haritası.

Aşağıda bytlm yükseklik haritasından görülebileceği üzere en yüksek nokta yaklaşık 200 metre civarında olup, ısıtma sisteminin ulaşacağı en yüksek noktada bulunan evler projede deniz seviyesinden 50 metre olarak belirlenmiştir.



şekil 2.5 Çatalağzı bölgesi yaklaştırılmış yükseklik haritası.

Çatalağzı yerleşim noktaları ve BIS istasyonunun kurulacağı yer, Merkez Çatalağzı Mah. Hacıoğlu Mah., Cumayanı Mah., Doğancılar Mah., Kuzyaka Mah., Kırımsa Mah., Kokurdan Mah. olmak üzere yedi mahalleden oluşmuştur. Nüfus yoğunluğu merkez Çatalağzı mahallesinde toplanmıştır.

ÇATES-B'nin konumu ve Çatalağzı'nın yerleşim yerleri göz önüne alındığında kurulması düşünülen BIS için en uygun bölgenin, santral yakınında, Şekil 2,6'da işaretlenmiş olan yer olması öngörülmüştür.



Şekil 2.6 BIS merkezi ve pompa istasyonu için önerilen yer.

2.1.5 Çatalağzı Bölgesel Isıtma Sistemi Genel Özellikleri

Zonguldak ilinde konut ısıtmasında ağırlıklı olarak kömür sobası ve kömür ile merkezi ısıtma sistemi kullanılmaktadır. BIS, hem bireysel sobalı ısıtmaya hem de merkezi kazan ile ısıtmaya göre daha konforlu, güvenli ve ekonomik bir ısıtma sistemidir. Çatalağzı'nda kurulması düşünülen BIS'da yakıt termik santralde yakılır, binalara ulaşan sadece sıcak sudur, bu nedenle binalarda soba, kazan ve bacaya gereksinim bulunmamaktadır. BIS'da kullanıcılar, kalorifer kazanına nazaran çok daha küçük ebatlardaki bina alt istasyonları ile şebekeye bağlanabilmektedir. Ayrıca bu sistemde yakıt besleme, kül temizliği, baca temizliği ve kalorifer sorumlusu gibi bir ihtiyaç bulunmamaktadır. Sıralanan sebepler göz önünde

bulundurulduğunda, Çatalağzı'nda BIS kurulması durumunda sisteme büyük ilgi olacağı tahmin edilmektedir. Kurulması planlanan BIS'in genel özellikleri Çizelge 2.1'de aktarılmaktadır.

Çizelge 2.1 Çatalağzı BIS genel özellikleri

Katılması Planlanan Konut Sayısı	3.750
Isıl Güç İhtiyacı	28,90 MW _t
Yıllık Isı Taşıma Kapasitesi	41.500,00 MW _{th}
Sıcaklık	110 - 60 °C
Isı Kaynağı	ÇATES-B

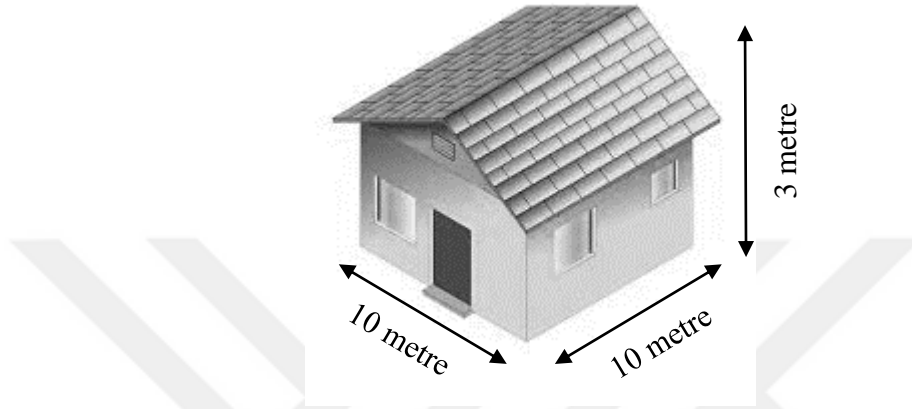
Kamu binaları okullar ve diğer ortak kullanım tesisleri ve ısıl ihtiyaçları aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 2.2 Kamu binaları okullar ve diğer ortak kullanım tesisleri ve ısıl ihtiyaçları [20].

Kurum Adı	Yakılan Yakıt Miktarı (Ton/Yıl)	Yakılan Yakıt Tipi	Alt Isıl Değer (kCal/kg)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Eşdeğer Konut Sayısı
Belediye Hizmet Binası	50	Taş Kömürü	6.500	377.907	75
PTT	25	Taş Kömürü	6.500	188.953	37
T.T.K. Lavuar	60	Taş Kömürü	6.500	453.588	90
T.C.D.D Depo	60	Fuel Oil	9.200	641.860	128
T.C.D.D Gar	50	Taş Kömürü	6.500	377.907	75
ÇATES	600	Taş Kömürü	6.500	4.534.884	905
Gaziosmanpaşa İ.Ö.O.	20	Taş Kömürü	6.500	151.163	30
Plevne İ.Ö.O.	12	Taş Kömürü	6.500	90.698	18
Merkez İ.Ö.O.	15	Taş Kömürü	6.500	113.372	22
Çok Programlı Lise	25	Taş Kömürü	6.500	188.953	37
Polis karakolu	10	Taş Kömürü	6.500	75.581	15

1 konutun ortalama ısı ihtiyacı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda bina kullanım alanı 100 m^2 , kat yüksekliği 3m olan örnek bir konutun bir yılda ihtiyaç duyduğu enerji, saatlik ısı yüklerinin toplamı olarak bulunmuş ve Konut Eşdeğeri (KE) olarak tanımlanmıştır. Şekil 2.7’de referans konutun şematik bir gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.7 Referans Konut

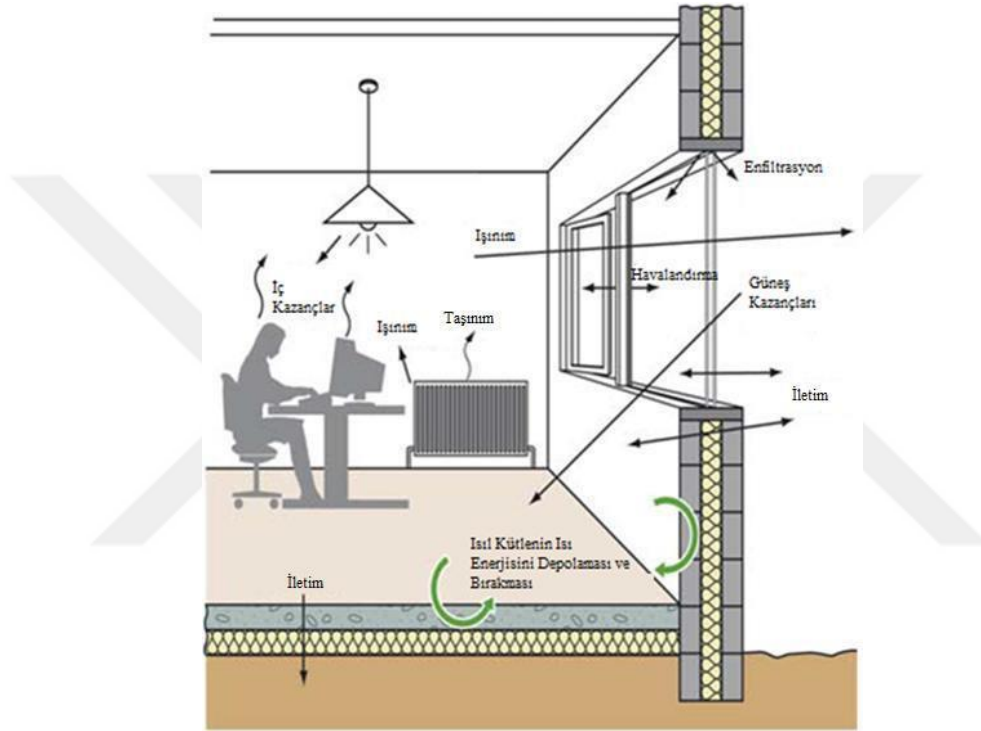
Kamu binaları gibi toplu kullanıcıların ısı yüklerinin diğer konutlarla karşılaştırılmasında KE kullanılmıştır. Meteorolojik veriler baz alınarak yapılan hesaplamalara göre Zonguldak’ta bir KE kapasitedeki yerleşim biriminin pik ısıtma ihtiyacı $6,65 \text{ kW}_t$; pik sıcak kullanım suyu (SKS) ısı ihtiyacı ise $1,43 \text{ kW}_t$ olarak belirlenmiş; bir KE yıllık ısıtma ihtiyacı ise $8,93 \text{ MW}_t\text{h}$ ve sıcak kullanım suyu ısı ihtiyaçları $1,49 \text{ MW}_t\text{h}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3 Bir Konut için Hesaplarda Baz alınan Isıtma ve SKS Isı Yükleri

Pik Isıtma Isı İhtiyacı:	:	$6,65 \text{ kW}_t/\text{KE}$
Pik SKS Isı İhtiyacı	:	$1,43 \text{ kW}_t /\text{KE}$
Toplam Pik Yük Isı İhtiyacı	:	$8,08 \text{ kW}_t /\text{KE}$
Yıllık Isıtma İhtiyacı	:	$8,93 \text{ MW}_t\text{h}/\text{yıl-KE}$
Yıllık SKS Isı İhtiyacı	:	$1,49 \text{ MW}_t\text{h}/\text{yıl-KE}$
Toplam Isı İhtiyacı	:	$10,42 \text{ MW}_t\text{h}/\text{yıl-KE}$

2.2 ÇATALAĞZI BÖLGESİ İÇİN KONUTLARIN ISITMA AMAÇLI ENERJİ TALEBİNİN BELİRLENMESİ VE BÖLGENİN TOPLAM ISI İHTİYACININ HESAPLANMASI

ÇATES-B'den sağlanacak olan enerji ile ısıtılacak bölgedeki konutların ısı talebinin belirlenmesi ile ilgili olarak yapılan hesaplar aşağıdaki satırlarda belirtilmiştir. Konutların ısıtma amaçlı enerji talebinin hesaplanması için değişik yöntemler mevcuttur.



Şekil 2.8 Bina içi enerji akışları [21].

Bir konut içindeki enerji akışı (Şekil 2.8) bina elemanları, iklim özellikleri ve ısıtma sistemlerine bağlı birçok faktörden etkilenmektedir. Bu faktörler özet bir şekilde aşağıda verilmiş olup, Şekil 2.9'da şematik olarak gösterilmiştir.

Bina özellikleri: İletim, taşınım ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları (varsa ısı geri kazanımı) ve ısı kapasite.

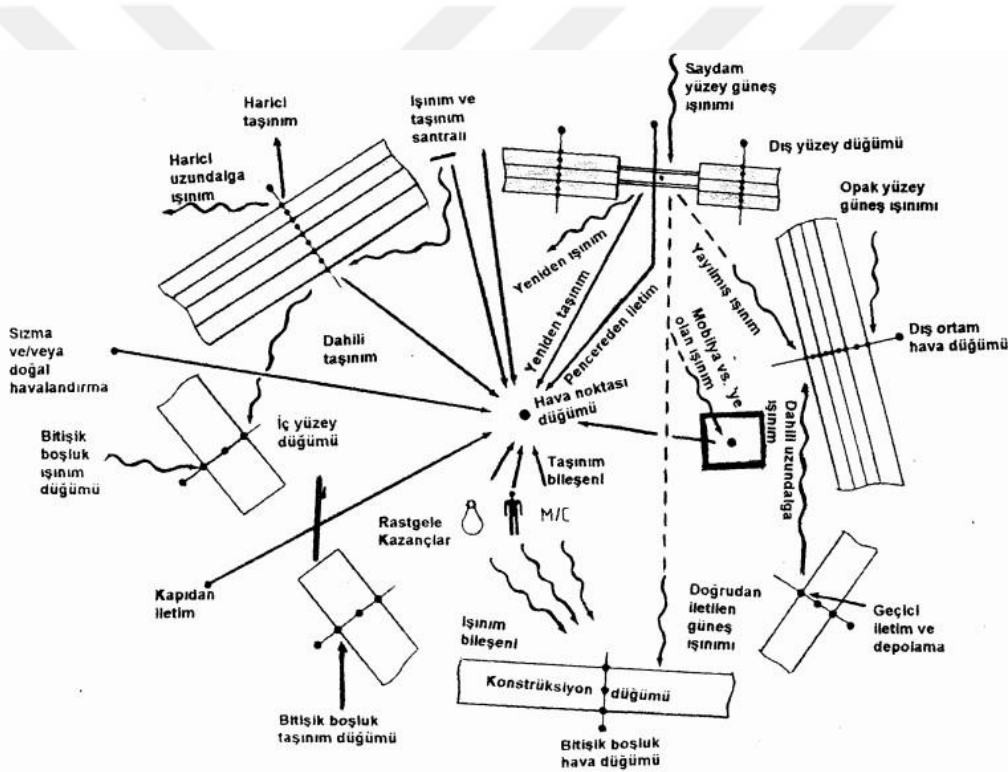
Isıtma sisteminin karakteristikleri: Özellikle kontrol sistemleri ve ısıtma sisteminin, ısıtma enerjisi ihtiyacındaki değişmelere cevap verme süresi.

İç iklim şartları: Binayı kullananların istediği sıcaklık değeri, binanın farklı bölümlerinde ve günün farklı zamanlarında bu sıcaklık değerlerindeki değişimler.

Dış iklim şartları: Dış hava sıcaklığı, hakim rüzgârın yönü ve şiddeti.

İç ısı kazanç kaynakları: Isıtma sistemi dışında, ısıtmaya katkısı olan iç ısı kaynakları, yemek pişirme, sıcak su elde etme, aydınlatma gibi amaçlarla kullanılan ve ortama ısı yayan çeşitli cihazlar ve insanlar.

Güneş enerjisi: Pencere gibi saydam bina elemanlarından ısıtılan mekâna doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarı



Şekil 2.9 Bina iç sıcaklığını etkileyen faktörler [21].

Konutların modellenmesi ile ilgili uygulaması kolay ve geçerliliği olan bir yöntem seçilmiştir. Seçilen yöntem ülkemizde konutların ısı enerjisi ile ilgili hesaplamalarında kullanılan ve detayları TS 825'de [22] verilen aylık hesap yöntemidir. Bu yöntem aynı zamanda Avrupa Birliği Standartlarında da (EN 13790) yer almaktadır. Yöntemin en önemli özelliği basit ve sonuçlarının güvenilir olmasıdır.

2.2.1 Aylık Hesap Yöntemi

Bu bölümde yapılan hesaplar TS 825’de verilen aylık hesap yöntemine göre yapılmış olup kullanılan formüller TS 825’den alınmıştır.

Ayrıca Çizelge 2.4’de eşdeğer konut için kabul edilen varsayılan değerler belirtilmiştir.

Çizelge 2.4 Konut için kabul edilen varsayılan değerler

Bina tipi		Müstakil
Dairenin konumu		Müstakil
Dairenin alanı	100	m ²
Isıtma periyodu	24	saat
Pencere ısı geçirgenliği	2,4	W/m ² K (Ahşap Tek Cam)
Pencere oranı	32 %	
Pencere alanı	38	m ²
Dış duvar ısı geçirgenliği	0,6	W/m ² K (düşük yalıtımlı)
Tavan ısı kaybı	0,4	W/m ² K
Taban ısı kaybı	0,6	W/m ² K
Dış kapı ısı geçirgenliği	4	W/m ² K
Dış kapı alanı	2	m ²
İklim bölgesi	2	
Kat yüksekliği	3	m
Yan duvar alanı	80	m ²
İç ısı enerjisi kazancı	480	W/m ²
Ortam sıcaklığı	22	°C
Sıcak Su Tüketimi	100	lt/gün

2.2.1.1 Isıtma Enerjisi Talebi Hesabı

Aylık ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sırasıyla aşağıdaki denklemlerle hesaplanır:

$$Q_{ay}=[H(\theta_i-\theta_e) - \eta_{ay}(\phi_{i,ay}+ \phi_{s,ay})] \cdot t \quad (2.1)$$

$$Q_{yıl} = \sum_{i=1}^{12} Q_{ay(i)} \quad (2.2)$$

Burada:

$Q_{yıl}$	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (joule),
Q_{ay}	Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (joule),
H	Binanın özgül ısı enerjisi kaybı (W/K),
θ_i	Aylık ortalama iç sıcaklık (°C),
θ_e	Aylık ortalama dış sıcaklık (°C),
η_{ay}	Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü (birimsiz),
$\phi_{i,ay}$	Aylık ortalama iç enerji kazançları (sabit alınabilir) (W),
$\phi_{s,ay}$	Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W),
t	Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400 × 30) (s)'dir.

Sadece ısıtma ile ilgili hesap yapıldığı için Q_{ay} ifadesinin negatif çıktığı durumlar hesaplanmamıştır.

Sonraki bölümlerde detaylı şekilde hesaplanan değerler Denklem 2.1'de yerine yazıldığında aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı bulunmuştur. Ocak ayı için hesaplar detaylı bir şekilde yapılmıştır. Diğer aylar için hesaplamalar aynı şekilde yapılmıştır ancak detayları bu çalışmada gösterilmemiştir. Aylara göre hesaplanan ısı ihtiyacı değerleri Çizelge 2.5'de gösterilmiştir.

Ocak ayı için hesap yapılırsa:

Denklem 2.1 de aşağıda yerine yazılan değerler TS 825’de belirtilen sıra ile yapılan hesaplar doğrultusunda elde edilmiş olup ilerleyen bölümlerde bu değerlerin nasıl elde edildiği detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

$$H = 272,56 \text{ W/K}; \theta_i = 22 \text{ }^\circ\text{C}; \theta_e = 6,2 \text{ }^\circ\text{C}; \eta_{\text{ay}} = 0,938594079; \phi_{i,\text{ay}} = 480 \text{ W}$$

$$\phi_{s,\text{ay}} = 1063,39 \text{ W}; t = 2.592.000 \text{ s.}$$

$$Q_{\text{ay}} = [272,56 \cdot (22 - 6,2) - 0,938594079 \cdot (480 + 1063,39)] \cdot 2.592.000$$

$$Q_{\text{ay}} = 7.407.493.825 \text{ J} = 7.407.493,825 \text{ kJ}$$

$$1\text{kJ} = 0,000278 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{ay}} = 7.407.493,825 \times 0,000278 = 2059,28 \text{ kWh}$$

Çizelge 2.5 Bir konutun aylara göre ısıtma enerjisi ihtiyacı.

AY	Q _{ay} (kWh)
Ocak	2059,28
Şubat	1772,01
Mart	1289,73
Nisan	637,42
Mayıs	212,19
Haziran	27,44
Temmuz	0,05
Ağustos	0,06
Eylül	75,59
Ekim	394,98
Kasım	1049,99
Aralık	1723,60

Hesaplanan bu değerler Denklem 2.2’de yerine yazılıp bir konut için yıllık ısı enerjisi ihtiyacı bulunur. KKO_{ay}’ın 2.5 değerinden küçük çıktığı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları toplama dahil edilmemiştir.

$$Q_{\text{yıl}} = 8.927 \text{ kWh}$$

Birim (Özgül) Isı Enerjisi Kaybı Hesabı

Bir konutun özgül ısı enerjisi kaybı değeri iletim-taşıyım ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı enerjisi kayıplarının toplamına eşittir.

$$H = H_t + H_v \quad (2.3)$$

Burada:

H_t İletim ve taşıyım yoluyla gerçekleşen özgül ısı enerjisi kaybı (W/K)

H_v Havalandırma yoluyla gerçekleşen özgül ısı enerjisi kaybı (W/K)

Aşağıda Denklem 2.4 ve Denklem 2.6 ile hesaplanan değerler Denklem 2.3'de yerine konulup hesap yapıldığında:

$$H = H_t + H_v$$

$$H = 209,2 + 63,36$$

$$H = 272,56 \text{ (W/K)}$$

İletim ve Taşıyım Yoluyla Gerçekleşen Isı Enerjisi Kaybı

İletim ve Taşıyım Yoluyla Gerçekleşen Isı Enerjisi Kaybı Denklem 2.4 ile hesaplanır.

$$H_t = \sum A \cdot U + I \cdot U_1 \quad (2.4)$$

Burada:

$\sum A \cdot U$ Tüm yüzeylerin toplam ısı kaybı (W/K)

I Isı köprüsü uzunluğu (m)

U_1 Isı köprüsü doğrusal ısı geçirgenlik katsayısı (W/mK)

$$\sum A \cdot U = U_D \cdot A_D + U_P \cdot A_P + U_K \cdot A_K + 0,8 \cdot U_T \cdot A_T + 0,5 \cdot U_t \cdot A_t + U_d \cdot A_d + 0,5 \cdot U_{ds} \cdot A_{ds} \quad (2.5)$$

Burada;

U_D : Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

U_P : Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

U_K : Dış kapının ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

U_T : Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

U_t : Zemine oturan tabanın /döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

U_d : Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

U_{ds} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

A_D : Dış duvarın alanı (m^2),

A_P : Pencerenin alanı (m^2),

A_K : Dış kapının alanı (m^2),

A_T : Tavan alanı (m^2),

A_t : Zemine oturan taban/döşeme alanı (m^2),

A_d : Dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı (m^2),

A_{ds} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı (m^2).

Çizelge 2.4'de yapılan kabullerde belirtilen değerler denklemde yerlerine konulduğunda:

$$\sum A \cdot U = 0,6 \cdot 80 + 2,4 \cdot 38 + 0,8 \cdot 0,4 \cdot 100 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot 100 + 4 \cdot 2$$

$$\sum A \cdot U = 48 + 91,2 + 32 + 30 + 8$$

$$\sum A \cdot U = 209,20 \text{ (W/K)}$$

Isı köprüsü ayrıca hesaplamaya katılmamış olup yan duvar alanı ve tavan kaybının içinde hesaplamaya dahil edilmiştir ($I \cdot U_t = 0$). Denklem 2.5'de hesaplanan değer, bu kabuller ışığında Denklem 2.4'de yerine yazıldığında:

$$H_t = \sum A \cdot U + I \cdot U_t$$

$$H_t = 209,20 + 0 = 209,20 \text{ (W/K)}$$

Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Enerjisi Kaybı

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı Denklem 2.6 ile hesaplanır.

$$H_v = \rho \cdot c \cdot V' = \rho \cdot c \cdot n_h \cdot V_h = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h \quad (2.6)$$

Burada:

- ρ Havanın yoğunluğu (kg/m^3)
- c Havanın özgül ısısı (J/kgK)
- V' Hacimce hava değişim miktarı (m^3/h)
- n_h Hava değişim oranı ($1/\text{h}$)
- V_h Havalandırılan hacim ($V_h = 0,8 \cdot V_{\text{brüt}}$) (m^3)

Hesaplar bölümün başında belirtildiği üzere TS 825 standardına uygun olarak yapıldığından, bu standart içinde hesaplamalarda belirtildiği üzere, doğal havalandırma yapılan konutların hava değişim oranı (n_h) $0,8 \text{ h}^{-1}$ alınabilir.

Ayrıca “ ρ ” ve “ c ” sıcaklık ve basınca bağlı olarak az da olsa değişir, fakat aşağıdaki denklemde bu durum ihmal edilmiştir. Alınan değerler $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ve 100 kPa içindir. Giren ve çıkan hava arasındaki entalpi artışı ihmal edilmiştir. 0,33 katsayısının hesabında kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$0,33 = (\rho \cdot c / 3600) = (1,184 \times 1006 / 3600) = 0,33 \text{ Jh/m}^3\text{Ks} = \text{Wh/m}^3\text{K}$$

Denklem 2.6, yerine değerler konularak hesaplandığında:

$$H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 0,33 \times 0,8 \times 0,8 \times 300 = 63,36 \text{ W/K}$$

Konut İç Enerji Kazançları

Konutlarda farklı ısı enerjisi kaynaklarından dolayı iç enerji kazançları olur. Örneğin içerideki insanlardan kaynaklanan metabolik ısı ve aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı enerjisi

ortamın sıcaklığını arttırıcı etki yaparlar. İç enerji kazançları için basit bir yaklaşım söz konusudur:

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı binalarda:

$$\Phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \quad (2.7)$$

Yüksek iç enerji kazançlı binalarda:

$$\Phi_{i,ay} \leq 10 \cdot A_n \quad (2.8)$$

Burada:

A_n Bina kullanım alanı (m^2) (Bu çalışmada $100 m^2$ alınmıştır)

$$A_n = 0,32 \cdot V_{brüt} \quad (2.9)$$

$V_{brüt}$ Isıtılan brüt hacim (Alan \times Kat yüksekliği = $100m^2 \times 3m = 300 m^3$)

Veriler Denklem 2.7'de yerine yazıldığında:

$$\Phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$$

$$\Phi_{i,ay} \leq 5 \cdot 0,32 \cdot V_{brüt}$$

$$\Phi_{i,ay} \leq 5 \cdot 0,32 \cdot 300$$

$$\Phi_{i,ay} \leq 480 W , \text{ olması gerekmektedir.}$$

Konut Güneş Enerjisi Kazançları

Güneş enerjisi kazançlarının hesaplanmasında sadece doğrudan gerçekleşen kazançlar dikkate alınır. Dolaylı yollarla gerçekleşen kazançlar (örneğin dış duvara düşen güneş ışınımının etkisi) hesaplarda yer almaz. Güneş enerjisi kazançları şu şekilde hesaplanır:

$$\phi_{s,ay} = \sum r_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot I_{i,ay} \cdot A_i \quad (2.10)$$

Burada:

$r_{i,ay}$ "i" yönünde saydam yüzlerin aylık ortalama gölgelenme faktörü

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

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

A_i “i” yönündeki toplam pencere alanı (m^2)

Ortalama ışınım değerleri bahsi geçen standartta yer alan çizelgelerden alınır (Çizelge 2.6 ve Çizelge 2.7).

Güneş enerjisi geçirme faktörü:

$$g_{i,ay} = F_w \cdot g_{\perp} \quad (2.11)$$

Burada;

F_w : Camlar için düzeltme faktörüdür. $F_w = 0,8$ alınır.

g_{\perp} : Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür. Ölçü değerlerinin olmaması durumunda “ g_{\perp} ” için Çizelge 2.7’deki değerler kullanılabilir.

Çizelge 2.6 Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$)

	$r_{i,ay}$
Ayrık (müstakil) ve/veya az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yönlerde	0,8
Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmenin olduğu ve/veya 10 kata kadar	0,6
Bitişik nizam ve/veya 10 kattan daha yüksek binaların bulunduğu yönlerde	0,5

Çizelge 2.7 Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü

Cam türü	g_{\perp}
Renksiz tek cam için	0,85
Renksiz yalıtım camı birimi için	0,75
* Isıl geçirgenlik katsayısı $2 W/m^2K$ ’den daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için	0,50

* Isıl geçirgenlik katsayısı $2 W/m^2K$ ’den daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için imalatçı firma tarafından belgelendirilmiş geçirme faktörü ($g+$) varsa, beyan edilen bu değer alınarak hesaba katılır.

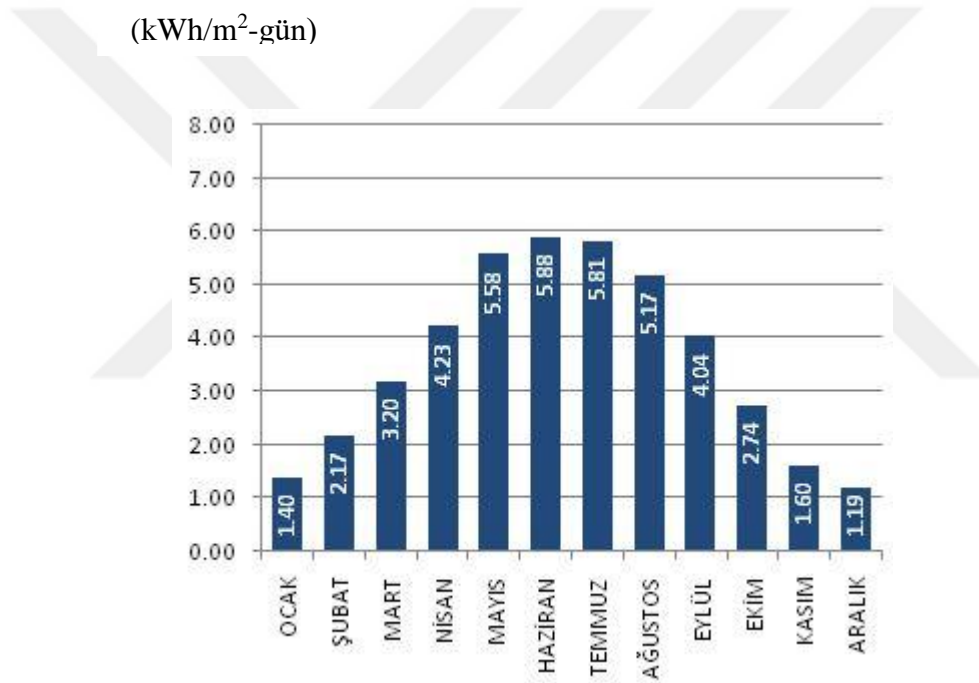
$$r_{i,ay} = 0,8; \quad g_{i,ay} = 0,75 \times 0,8 = 0,6$$

Alınan değerler Denklem 2.10'da yerine yazılır:

$$\phi_{s,ay} = \sum 0,8 \cdot 0,6 \cdot I_{i,ay} \cdot 38$$

$$\phi_{s,ay} = \sum 18,24 \cdot I_{i,ay}$$

Hesaplamalarda ihtiyaç duyulan $I_{i,ay}$, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğüne ait Şekil 2.10'da belirtilen değerler kullanılarak her ay için Çizelge 2.8'de belirtilen değerler üzerinden 18,24 ile çarpılarak aylık olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.10 Zonguldak Merkez güneşlenme şiddeti (kWh/m²-gün) [23]. (Bu şekilde ondalık ayracı olarak nokta işareti kullanılmıştır.)

Şekil 2.10'da verilen global radyasyon değerleri düzenlenip metrekare başına düşen ışınlam hesaplanabilir.

Ocak ayı için hesap yapılırsa:

$$\text{Global Radyasyon değeri (GD)} = 1.400 \text{ Wh/m}^2\text{-gün}$$

$$\text{Bir gün} = 24 \text{ Saat}$$

$$I_{i,ay}(W/m^2) = 1.400 / 24 = 58,3 W/m^2$$

Ocak ayı için yukarıda hesaplanan $I_{i,ay}$ değeri kullanılarak $\phi_{s,ay}$ değeri hesabı yapılırsa:

$$\phi_{s,ay} = 18,24 \cdot 58,3$$

$$\phi_{s,ay} = 1.063,39 (W)$$

Çizelge 2.8 Zonguldak Bölgesi için düzenlenmiş aylık güneş ışıma şiddetleri ve $\phi_{s,ay}$.

AY	Güneş Işıma Şiddeti ($I_{i,ay}$)(W/m ²)	$\phi_{s,ay}$ (W)
Ocak	58,3	1063,39
Şubat	90,4	1648,90
Mart	133,3	2431,39
Nisan	176,3	3215,71
Mayıs	232,5	4240,80
Haziran	245,0	4468,80
Temmuz	242,1	4415,90
Ağustos	215,4	3928,90
Eylül	168,3	3069,79
Ekim	114,2	2083,01
Kasım	66,7	1216,61
Aralık	49,6	904,70

Kazanç Kullanım Faktörü

İç ısı ve güneş enerjisi kazançlarının tamamının konut içerisinde ısı enerjisi talebini azaltıcı etki yaptığını düşünmek yanlış olacağından bu değerler kazanç kullanım faktörü ile çarpılarak hesaplamalara dâhil edilir. Bu faktör aynı zamanda konut ısı kütlesi etkisini (bina yapısal elemanlarının ve bina içerisindeki eşyaların ısı enerjisini depolaması) de içerisinde barındırır. Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü (η_{ay}) Denklem 2.12 ile hesaplanır.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{-\frac{1}{KKO_{ay}}} \quad (2.12)$$

Burada:

KKO_{ay} Kazanç / Kayıp Oranı olup Denklem 2.13 ile hesaplanır.

$$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H \cdot (\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay}) \quad (2.13)$$

Burada:

$\phi_{i,ay}$ Aylık iç kazançlar (W)

$\phi_{s,ay}$ Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W)

$\theta_{i,ay}$ Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı (°C)

$\theta_{e,ay}$ Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı (°C)

KKO_{ay} oranı 2,5 ve üzerinde olduğunda o ay için ısı enerjisi kaybı olmadığı kabul edilir [22].

Denklem 2.7 ve 2.10 ile elde edilen değerler Denklem 2.13’de yerine yazılmıştır. $(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})$ değerleri aylık olarak hesaplanıp Çizelge 2.9’da gösterilmiştir. Aylık iç ortam sıcaklığı Çizelge 2.4’de gösterildiği üzere 22°C kabul edilmiş, dış ortam sıcaklığı ise MGM’nin Zonguldak için uzun yıllar sıcaklık ortalaması verilerinden Çizelge 2.12’de belirtildiği şekilde alınmıştır. Bu değerler ve Denklem 2.3’den elde edilen değerler de formülde yerine yazılmış ve $H \cdot (\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$ değeri aylık olarak hesaplanmış Çizelge 2.9’da gösterilmiştir. Bu değerlerle hesaplanan KKO_{ay} değeri yine aynı çizelgeye işlenmiştir.

Ocak ayı için hesap örneği:

$$\phi_{i,ay} = 480 \text{ W}; \phi_{s,ay} = 1063,39 \text{ W}; H = 272,56 \text{ W/K}; \theta_{i,ay} = 22 \text{ }^\circ\text{C}; \theta_{e,ay} = 6,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$KKO_{ay} = \frac{(480 + 1063,39)}{(272,56 (22 - 6,2))}$$

$$KKO_{ay} = \frac{1543,39}{4309,45}$$

$$KKO_{ay} = 0,358$$

Çizelge 2.9 Hesaplanan $(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})$ ve $H \cdot (\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$ ve KKO_{ay} değerleri.

AY	$(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})$	$H \cdot (\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$	KKO_{ay}
Ocak	1543,39	4306,45	0,358
Şubat	2128,90	4306,45	0,494
Mart	2911,39	3952,12	0,737
Nisan	3695,71	2889,14	1,279
Mayıs	4720,80	1771,64	2,665
Haziran	4948,80	626,89	7,894
Temmuz	4895,90	27,26	-
Ağustos	4408,90	27,26	-
Eylül	3549,79	899,45	3,947
Ekim	2563,01	1880,66	1,363
Kasım	1696,61	2834,62	0,599
Aralık	1384,70	3679,56	0,376

Hesaplanan KKO_{ay} değerleri Denklem 2.12’de yerine yazılıp aylık ortalama kazanç kullanım faktörü hesaplanmış ve Çizelge 2.10’da belirtilmiştir. Temmuz ve Haziran aylarında dış ortam ortalama sıcaklığı istenilen iç ortam sıcaklığından yüksek ya da çok yakın değerde olduğundan ısıtma yapılması gerekmemektedir. Bu yüzden KKO_{ay} değerleri bu aylar için hesaplanmamıştır.

Ocak ayı için:

$$\eta_{ay} = 1 - e^{\frac{-1}{0,358}}$$

$$\eta_{ay} = 0,938594079$$

Çizelge 2.10 Hesaplanan Kazanç Kullanım Faktörü (η_{ay}) değerleri.

AY	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
η_{ay}	0,93859	0,86772	0,74269	0,54240	0,31291	0,11898
AY	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
η_{ay}	0,00555	0,00616	0,22383	0,51991	0,81190	0,92986

2.2.1.2 Kullanım Sıcak Suyu Enerjisinin Hesabı

Sıcak su ihtiyacı, toplam enerji ihtiyacının hesaplanması için gerekmektedir. Sıcak su hesabı ile ilgili literatürde bazı yaklaşımlar bulunmakla birlikte tespiti zor bazı etkenlere bağlı olduğu

için genel bir yöntem söz konusu değildir. Bu çalışmada saatlik sıcak su ihtiyacı hesaplamaları için EN 15316-3-1 [24] standardındaki yöntem kullanılmıştır.

$$Q_w = c_w \cdot V_w \cdot (\theta_{w,t} - \theta_{w,o}) \quad (2.14)$$

Burada:

Q_w Sıcak su saatlik ısı enerjisi ihtiyacı,

V_w Günlük sıcak su ihtiyacı (lt/gün),

c_w Özgül ısı (1,163 Wh/kgK),

$(\theta_{w,t} - \theta_{w,o})$ Şebeke suyu sıcaklığı ile sıcak suyun getirildiği sıcaklık arasındaki fark

Günlük sıcak su temini için gerekli enerji ihtiyacını konutun döşeme alanına bağlı olarak hesaplamak amacıyla şu formül kullanılmıştır [21]:

$$V_w = 39,5 \cdot \ln(A_{döş}) - 90,2 \quad (2.15)$$

Burada:

$A_{döş}$ = Döşeme alanı (m^2)

Evsel kullanımda günlük sıcak su kullanım sıcaklığı $45^\circ C$, hastahane ve endüstri gibi özel alanlarda $60^\circ C$ kullanım suyu sıcaklığına göre tasarımlar yapılmaktadır [25]. Şebeke suyu sıcaklığı da mevsimsel olarak değişmekle birlikte genellikle $10^\circ C$ olarak alınır. Hesaplama bu değerler kabul edilmiştir. Yapılan hesap Uğur Köktürk'ün, Sıhhi Tesisat Tekniğinde Su Tüketimi [26], çalışması ile kontrol edilmiş ve benzer değerlere ulaşıldığı gözlemlenmiştir.

Belirtilen bu değerler Denklem 2.14 ve Denklem 2.15'de yerine yazılır.

$$V_w = 39,5 \cdot \ln(A_{döş}) - 90,2$$

$$V_w = 91,72 \text{ lt/gün}$$

$V_w = 100 \text{ lt/gün}$ kabul edilmiştir.

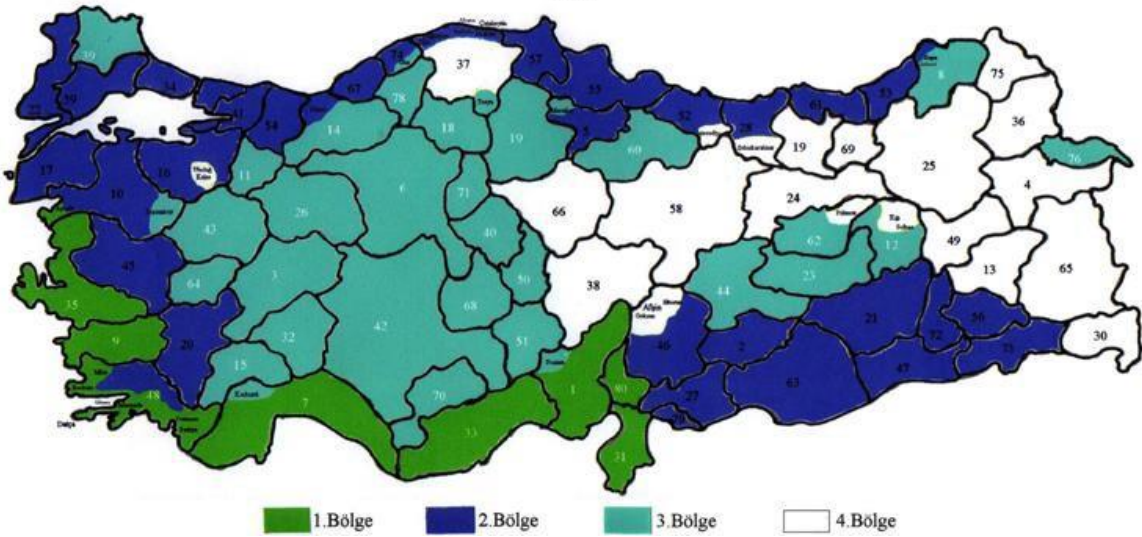
$$Q_w = 1,163 \cdot 100 \cdot (45 - 10)$$

$$Q_w = 4.071 \text{ Wh/gün} = 4,071 \text{ kWh/gün}$$

2.2.2 İklim Verilerinin İncelenmesi

Bir konutun ısıtma ya da soğutma talebini belirleyen en önemli faktör, konutun içi ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkıdır. Bu nedenle hesaplamalarda kullanılan verilerin o bölgeyi temsil edebilecek nitelikte olması gerekir. Bu amaçla genellikle uzun yıllara ait verilerin ortalaması alınarak hesaplamalarda kullanılacak veriler oluşturur. Bu yöntem basit olmakla beraber bütün dünyada kullanılmaktadır.

TS 825’de kullanılan aylık sıcaklık ve güneşlenme şiddeti değerleri yıllar önce belirlenen uzun yıllara ait ortalama değerlerdir. Standartlarda Türkiye dört iklim bölgesine ayrılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan iklim verileri bu dört bölge için hazırlanmıştır. Dört iklim bölgesi, illerin derece-gün değerlerine göre oluşturulmuştur. İklim bölgeleri Şekil 2.11’de görülmektedir. Bu bölgeler çok genel bir yaklaşımla belirlenmiş olup, bölge dahilindeki tüm şehirler için belirlenen sıcaklığı kabul etmek yanıltıcı olacaktır. O yüzden hesaplamalarda meteorolojiden alınan Zonguldak ili Merkez ilçesi için uzun yıllar sıcaklık ortalamaları kullanılmıştır (Çizelge 2.12). TS825’e göre ise Zonguldak ikinci bölgede yer almaktadır.



Şekil 2.11 Derece-gün bölgeleri ve şehirler [27].

Çizelge 2.11 Bölgeler için aylık ortalama dış ortam sıcaklıkları (°C) [22].

AYLAR / BÖLGE NO	1.	2.	3.	4.
OCAK	8,4	2,9	-0,3	-5,4
ŞUBAT	9,0	4,4	0,1	-4,7
MART	11,6	7,3	4,1	0,3
NİSAN	15,8	12,8	10,1	7,9
MAYIS	21,2	18,0	14,4	12,8
HAZİRAN	26,3	22,5	18,5	17,3
TEMMUZ	28,7	24,9	21,7	21,4
AĞUSTOS	27,6	24,3	21,2	21,1
EYLÜL	23,5	19,9	17,2	16,5
EKİM	18,5	14,1	11,6	10,3
KASIM	13,0	8,5	5,6	3,1
ARALIK	9,3	3,8	1,3	-2,8
YILLIK ORTALAMA	17,7	13,6	10,5	8,2

Çizelge 2.12 Zonguldak için uzun dönem ortalama sıcaklık tablosu [27]. (Bu çizelgede ondalık ayrırcı olarak nokta işareti kullanılmıştır.)

ZONGULDAK	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1950 - 2014)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.2	6.2	7.5	11.4	15.5	19.7	21.9	21.9	18.7	15.1	11.6	8.5
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.2	9.5	10.9	15.1	18.9	23.0	25.1	25.3	22.4	18.6	15.1	11.6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3.6	3.4	4.6	8.3	12.2	16.0	18.2	18.3	15.5	12.3	8.9	5.8
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.1	2.4	3.5	5.1	7.0	9.3	10.2	9.2	7.3	5.0	3.3	2.2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	18.0	15.7	14.9	12.4	10.7	8.6	6.8	7.1	8.6	12.1	13.8	17.3
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	136.4	92.0	96.1	60.9	53.3	72.3	72.5	81.9	108.1	144.1	141.7	152.0
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1950 - 2014)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	24.1	26.7	30.4	33.6	35.6	36.2	39.5	39.0	34.0	35.9	29.9	28.1
En Düşük Sıcaklık (°C)	-6.8	-8.0	-6.4	-2.1	3.2	8.8	11.2	11.1	5.9	1.8	-3.2	-4.0
<i>En yüksek ve en düşük sıcaklıkların gerçekleşme tarihini görmek için fare imlecini değerlerin üstüne getiriniz.</i>												

Sıcaklık dışında bir diğer önemli iklim parametresi de güneş ışınım şiddetidir. Bu değişken için TS 825’de Türkiye’nin tamamını kapsayan bir tablo verilmiştir. Bu kadar geniş bir coğrafyaya yayılan Türkiye için tek bir tablo verilmesinin ne kadar basit bir yaklaşım olduğu ortadadır. Zonguldak ile Konya illeri aynı güneşlenme şiddetine sahip değillerdir ve bu hesaplamaları ciddi oranda değiştirecektir. Bu yüzden TS 825’e ait tablo yerine Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından grafik halinde yayınlanan değerler hesaplamalarda kullanılmıştır (Şekil 2.10).

2.2.3 Konutlarda Isı Enerjisi Talebi

Bölge ısıtma sistemlerinin ekonomik modelinde en önemli parametrelerin başında bölgenin maksimum ve zamana bağlı (saatlik) ısı enerjisi talepleri gelmektedir. Bu taleplerin bir konut için belirlenmesi yukarıda anlatılan hesap yöntemi ile kolaylıkla yapılabilir. Ancak bir bölge için çok detaylı hesap yapmak çoğu zaman mümkün olmayacak ya da çok uzun sürecektir. Çoğu bölge ısıtma sistemi yük tahmininde örnek bir konut belirlenerek eşdeğer konut hesaplaması yöntemi kullanılır.

Bu eşdeğer konut için aylık ısı enerjisi talebi hesabı yapılırken bazı kabuller yapılmış olup, Kabul edilen değerler Çizelge 2.4’de verilmiştir.

Tavan ısı kaybı, zemin ısı kaybı eşdeğer konut müstakil olarak tasarlandığından hesaplamalara dahil edilmiştir.

Bir bölgede yer alan bütün binalar için bu parametrelerin ihtiyaç duyduğu verilerin elde edilmesi mümkün olmadığından, kısa vadede bazı gerçekçi kabuller ve mühendislik yaklaşımları ile analizlerin yapılması daha doğru olacaktır. Uzun vadede ise belediyelerin sınırları içerisinde yer alan binalarla ilgili bir veri tabanı hazırlaması en doğru yöntem olacaktır.

2.2.3.1 Pik Isı Yükünün Belirlenmesi

Bölge ısıtma sistemlerinin tasarımında, analizinde ve işletilmesinde başta arz güvenliğini sağlamak için pik yük miktarının bilinmesi gerekmektedir. Eşdeğer konut için pik yükü bulmak adına meteorolojiden alınan uzun yıllar sıcaklık verilerinde, görülmüş olan en düşük sıcaklık değeri baz alınmıştır.

Sıcak su ihtiyacında pik yükü bulabilmek için ise sıcak suyun en çok kullanıldığı saat diliminde, kullanılan miktarı bilmemiz gerekmektedir. Bu tahmin için Uğur Köktürk’ün Sıhhi Tesisat Tekniğinde Su Tüketimi Hesabı çalışmasındaki verilerden yararlanılmıştır [26]. Belirli bir zaman dilimindeki maksimum sıcak su tüketimi 35 lt olarak kabul edilmiştir.

Pik ısı yükünü belirlemek için Denklem 2.1 kullanılmıştır. Bu denklemde hesaplanan değer süre ile çarpılmadığında anlık ısı ihtiyacı hesaplanabilmektedir. Dış ortam sıcaklık değeri

olarak ise Çizelge 2.12'den uzun yıllar içinde görülen en düşük sıcaklık değeri olan -8 °C değeri kullanılmıştır.

Daha önceki bölümlerde hesap yapıldığından burada denklemlerin hesaplanma şekli gösterilmemiş olup verilen değerlere göre konutun pik ısıtma yükü ihtiyacı 6,65 kW/KE olarak hesaplanmıştır.

Pik sıcak su ihtiyacı için ise Denklem 2.14 kullanılmıştır. Yukarıda belirtilen 35lt/sa'lik anlık tüketim değeri öngörülerek hesap yapılmıştır. Daha önce hesap yapıldığından burada denklemin hesaplanma şekli gösterilmemiş olup pik sıcak kullanım suyu ihtiyacı için gereken enerji 1,43 kW/KE olarak hesaplanmıştır.

Toplam ısıtma yükü ise 2.2.11'de bir konut için hesaplanan ısı ihtiyacınının 3750 konut için hesaplanması ile bulunur. Isıtma periyodu 1 günde 24 saat olarak hesaplanmıştır. Ayrıca KKO_{ay} değerinin 2,5'dan yüksek çıktığı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ısı talebi olmadığı kabul edilmiştir. Zonguldak bölgesinde, belediye tarafından günümüzde uygulanan takvime göre ısıtma periyodu mayıs ortasında bitmekte ekim ortasında başlamaktadır. Bu çalışmada yapılan kabul ve hesaplanan değerler Zonguldak Belediye'sinin bu uygulaması ile örtüşmektedir.

Eşdeğer Konut için hesaplanan pik yük ve yıllık enerji tüketimi değerleri Çizelge 2.13'de verilmiştir.

Çizelge 2.13 Eşdeğer Konut için hesaplanan pik yük ve yıllık enerji tüketim değerleri

EŞDEĞER KONUT		
Pik Isıtma Yükü	6,65	kW/KE
Pik Sıcak Su Yükü	1,43	kW/KE
Toplam Pik Yük	8,08	kW/KE

EŞDEĞER KONUT		
Toplam Isıtma Yükü	8,93	MW _h /yıl-KE
Toplam Sıcak Su Yükü	1,49	MW _h /yıl-KE
Toplam Yük	10,42	MW _h /yıl-KE

2.2.4 Bölgenin Isıl ihtiyacının hesabı

Konut Sayısı = 3.750 KE

Bir Eşdeğer Konut için Toplam Pik
Yük Isı İhtiyacı = 8,08 kW_t/KE

Toplam Pik Isıl Güç İhtiyacı = Konut Sayısı × Toplam Pik Yük Isı İhtiyacı ×
Eşzamanlılık Katsayısı

= 3750 KE × 8,08kW_t/KE × 0,9

Toplam Pik Isıl Güç İhtiyacı = 27.270,00 = **27,27 MW_t**

Sistem kayıpları dahil
edilerek hesaplanan pik yük. Kayıp oranı %6 olarak kabul edilmiştir.
27,27 × 1,06 = **28,9 MW_t**

Yıllık Isı Taşıma Kapasitesi = Konut Sayısı × Toplam Isı İhtiyacı

= 3.750 KE × 10,42 MW_th/Yıl-KE

= **39.075,00 MW_th/YIL**

Sistem Kayıpları Kayıp oranı %6 olarak kabul edilmiştir.

(39.075,00 / 0,94) – 39.075,00 = 2.494,00 MW_th/YIL

Toplam Yıllık Isı Taşıma Kapasitesi = 39.075,00 + 2.494,00 = 41.569,00 MW_th/YIL

= ~ **41.500,00 MW_th/YIL**



BÖLÜM 3

ÇATES-B TERMİK SANTRALİNDEN ISI ALMA YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE EN UYGUN YÖNTEMİN SEÇİMİ

3.1 TERMİK SANTRAL TANIMI

Termik santral, ana işletici makinesi buhar gücüyle çalışan güç santralidir. Isıtılan su buhara dönüştürülerek bir elektrik üreticini süren buhar türbinini döndürmekte kullanılır. Türbinden geçen buhar Rankine çevrimi denilen yöntemle bir yüzey yoğunlaştırıcıda yoğunlaştırılarak geri suya dönüştürülür. Termik santralların tasarımları arasındaki en büyük farklılık kullandıkları yakıt tiplerine göreler. Bu tesisler ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmekte kullanıldığından bazı kaynaklarda Enerji Dönüşüm Santrali olarak da geçer. Bazı termik santrallar elektrik üretmenin yanı sıra endüstriyel ve ısıtma amaçlı ısı üretimi, deniz suyunun tuzdan arındırılması gibi amaçlarla da kullanılır. İnsan üretimi CO₂ emisyonunun büyük kısmını oluşturan fosil yakıtlı termik santralların çıktılarını azaltma yönünde yoğun çabalar harcanmaktadır.

Kömürlü, nükleer, jeotermal, güneş ve çöp santrallarının hemen tamamı, ayrıca doğalgaz santrallarının pek çoğu termik santraldır. Doğalgaz çoğunlukla kazanlar ve gaz türbinlerinde yakılır. Gaz türbininden çıkan ısı kombine çevrimli bir tesiste toplam verimliliği artıracak şekilde buhar oluşturmada kullanılabilir. Kömür, fueloil ve doğalgaz santralları çoğunlukla fosil yakıtlı güç santralları olarak adlandırılırlar. Bazı biokütle yakıtlı termik santrallar da aynı kategoriye konulurlar. Nükleer olmayan ve kojenerasyon kullanılmayan termik santrallar için konvansiyonel güç santrali terimi de kullanılır.

Ticari elektrik tesisleri olan güç santralları genellikle büyük ölçekli inşa edilir ve kesintisiz işletim için tasarlanırlar. Elektrik güç üretim tesislerinde tipik olarak 50 Hz ya da 60 Hz şebeke frekansında alternatif akım üreten üç fazlı üreteçler kullanılır. Bazı büyük kuruluşların, özellikle de başka maksatlar için buhar üretimi yapıyorlarsa kendi tesislerini ısıtmada ya da

elektrik ihtiyaçlarını karşılamada kullandıkları özel güç santralları vardır. Buharlı güç santralları büyük gemilerde de kullanılmıştır ve günümüzde de kullanılmaktadır. Buharlı gemilerdeki güç santrallarının türbinleri genellikle dişli kutuları üzerinden geminin pervanelerine bağlıdırlar. Böyle gemilerdeki buhar santralları ayrıca elektrik üretelerini süren daha küçük türbinlere de buhar sağlarlar. Gemi üzerindeki buhar santralları fosil ya da nükleer yakıtlı olabilir. Nükleer yakıt kullanılarak elde edilen itici güç birkaç istisna dışında sadece deniz kuvvetlerine ait gemilerde kullanılır. Dünya genelinde buhar türbini kullanarak ürettiği elektrik ile itici güç sağlayan bir düzineye yakın turbo elektrik gemi olmuştur.

Sıklıkla kojenerasyon tesisi de denilen kombine ısı ve güç santralları hem ısı hem de elektrik enerjisi üretirler. Buhar ve sıcak su uzun mesafelere borularla taşındığında enerjisini kaybeder, dolayısıyla ısı yoluyla enerji aktarımı yalnızca gemi, endüstriyel tesis, yakın binaların ısıtılması gibi kısa mesafelerde verimlidir.

Termik santrallerde buhar elde etmek için özel kimyasal işlemlerle yumuşatılmış su kullanılır. Dolayısıyla bu su oldukça değerlidir ve en son aşamada türbinden çıkan buhar yoğuşturularak buharlaştırılmak üzere tekrar kazana gönderilir. Yoğuşturma işlemleri, en son türbinden çıkan buhardan (çürük buhar) daha soğuk başka bir su ile gerçekleştirilir. Bu işlemin gerçekleştirildiği üniteye yoğuşturucu (kondenser), soğuk suya da soğutma suyu denilir. Soğutma suyu olarak deniz veya göl bulunan yerlerde bunların suyu tercih edilir. Deniz ve göl bulunmayan bölgelerde kapalı devre çalışan soğutma kuleleri kurulur ve buharı yoğuştururken ısınan soğutma suyu bu kulelerde atmosferik hava ile soğutulur devri daim olarak kullanılır [3].

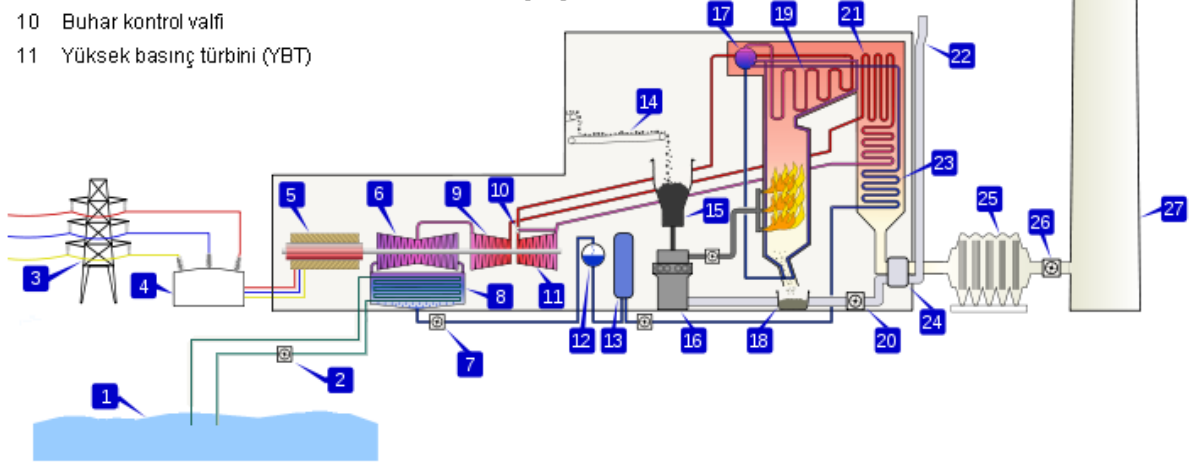
Bir termik santralde bulunan tüm üniteler Şekil 3.1'de topluca görölmektedir. Her termik santralin yapısı, küçük değişikliklerle bu şekilde verilene benzer.

Bir Termik Santralin Bileşenleri

- 1 Deniz
- 2 Soğutma suyu pompası
- 3 İletim hatları (3 fazlı)
- 4 Trafo merkezi (3 fazlı)
- 5 Elektrik üretici (3 fazlı)
- 6 Alçak basınç türbini (ABT)
- 7 Yoğuşum (kondens) suyu pompası
- 8 Yoğuşurucu (kondenser)
- 9 Orta basınç türbini (OBT)
- 10 Buhar kontrol valfi
- 11 Yüksek basınç türbini (YBT)

- 12 Hava ayırıcı
- 13 Besleme suyu ısıtıcı
- 14 Kömür bandı
- 15 Kömür besleyici
- 16 Kömür öğütücü
- 17 Buharlaştırıcı dramı
- 18 Kül silosu
- 19 Kızdırıcı
- 20 Cebri çekiş fanı

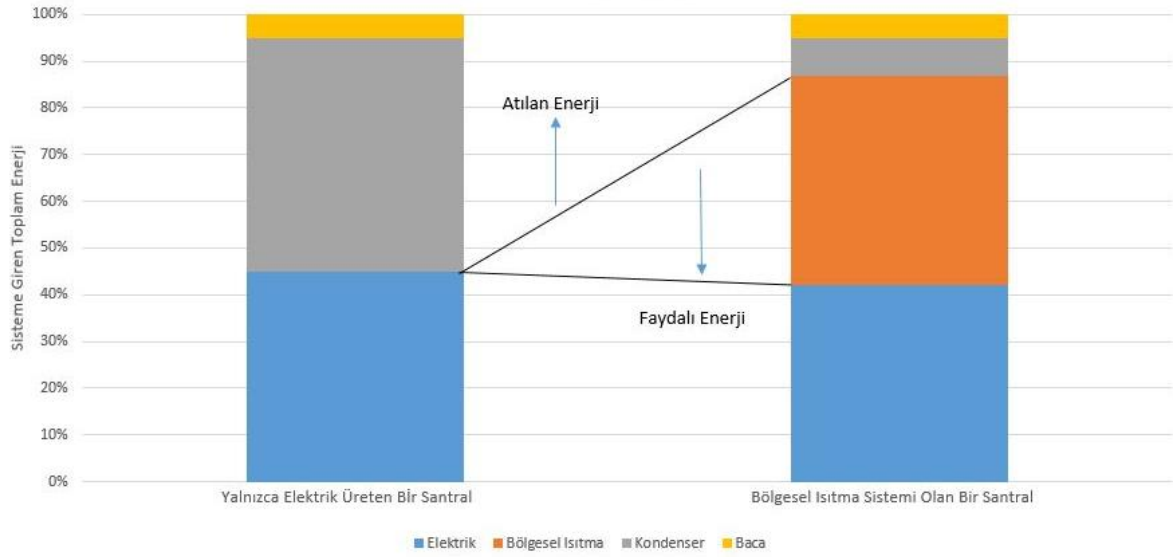
- 21 Ara kızdırma
- 22 Hava girişi
- 23 Ekonomizer (besleme suyu ısıtma)
- 24 Hava ön ısıtıcı
- 25 Kül tutucu
- 26 Cebri çekiş fanı
- 27 Baca



Şekil 3.1 Termik santralde bulunan üniteler [3, 28].

3.2 TERMİK SANTRALLERDEN ISI ALMA YÖNTEMLERİ

Gelişmekte olan teknoloji ve enerjinin çok değerli olması sebebiyle günümüzde üretilen enerjiden sonuna kadar faydalanmak için çok yeni ve çok gelişmiş teknikler bulunmaktadır. Yalnızca elektrik enerjisi üreten santrallerin günümüzde en son teknoloji ile ulaşılabilen verimleri tecrübelerim ve dünyanın sayılı önde gelen orijinal ekipman üreticileri ile yapmış olduğum görüşmelerde edindiğim bilgiler doğrultusunda doğalgaz santralleri için %60-61 seviyelerinde, kömür yakıtlılar için ise ultra süper kritik yanma sistemlerinin gelişmesiyle %45-46 seviyelerindedir. Şekil 3.2 'de yalnız elektrik üreten bir santral ile elektrikle beraber ısı da üreten santralin toplam enerji oranları bakımından karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 3.2 Bölgesel ısıtma sistemi olan bir kömür yakıtlı termik santralin, yalnızca elektrik üreten bir kömür yakıtlı termik santrale göre faydalı enerji ve atık enerji karşılaştırması.

Çates-B Santralinden ısı alma yöntemleri incelenirken ana olarak dört başlık üzerinde durulacak olup değerlendirmeler bu dört başlık üzerinden yapılacaktır.

- Kondenser atık ısısından faydalanarak bölgesel ısıtma sisteminin yapılması (Düşük Sıcaklık Isıtma Sistemleri)
- Türbinden alınan ara buharın bir ısı değiştiricide kullanılarak bölgesel ısıtma yapılması (Yoğuşum Sıcaklığını Yükselterek Isıtma).
- Türbinden alınan ara buharın doğrudan bölgesel ısıtma sistemine yönlendirilerek ısıtma yapılması.
- Isı Pompası Kullanarak Isıtma

Değerlendirme ve analizlere geçmeden önce daha önce 1. bölümde vermiş olduğumuz Çates-B santraline ait verileri ve santralin sistemini daha detaylı olarak açıklamak doğru olacaktır.

Çizelge 3.1 ÇATES-B Verileri [16].

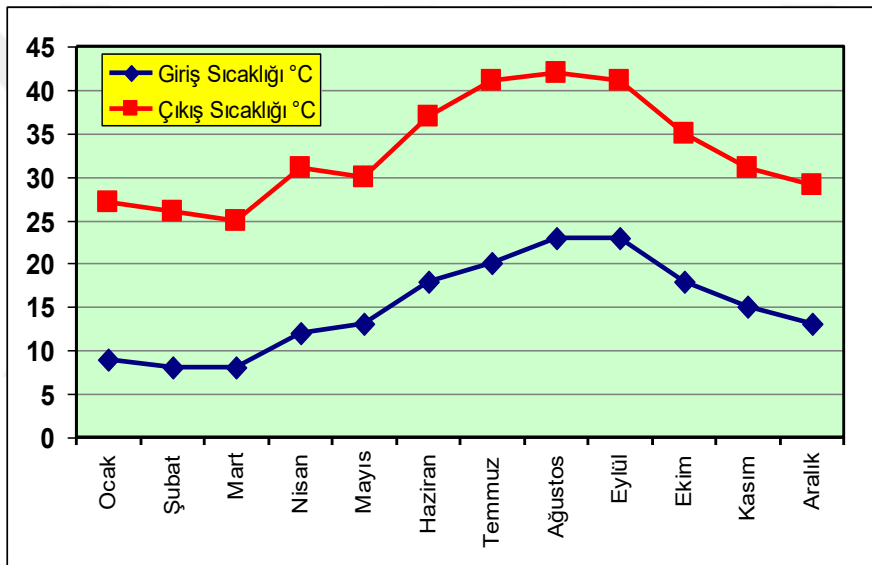
Yeri	:	Zonguldak İli Merkez İlçeye bağlı Çatalağzı kasabası Işıkveren mevki.
Yüklenici Firmalar	:	Kutlutaş, Trans Elektro, Siemens, Mitsubishi
Kapasite	:	2 × 150 MW (2 × 150.000 kW)
Yıllık Üretim	:	2 × 966.000.000 kWh
Projenin	:	a) Temel atma: B1 Nisan 1978, B2 Mayıs 1987 b) Ticari işletmesi: B1 19.10.1990, B2 05.07.1991
Ana Yakıt	:	Lavuar artığı karışım ($H_u = 3.300$ Kcal/kg) 1.600.000 ton/yıl fuel-oil; 7.200 ton/yıl, Motorin; 480 ton/yıl
Santral Sahası Alanı Toplam	:	1.211.000 m ² (Site, Gölet, Kömür stok sahası kül barajı dahil)
Santral Ana Binaları	:	55.750 m ²
Yardımcı Tesisler	:	48.300 m ²
Su	:	Santralin ihtiyacı olan 40 t/h'lık katma ve kullanma suyu Dereköy mevkiinde bulunan gölet ve Kazköy deresi pompa istasyonundan sağlanır.
Ana Soğutma Suyu	:	(Kondens için) Küçükcağz mevkiinde liman içinden (Ø 2000 mm × 2) Karadeniz'den sağlanır. (2 × 20.000 m ³ /h)

Çizelge 3.2 Ana Sistemler [16].

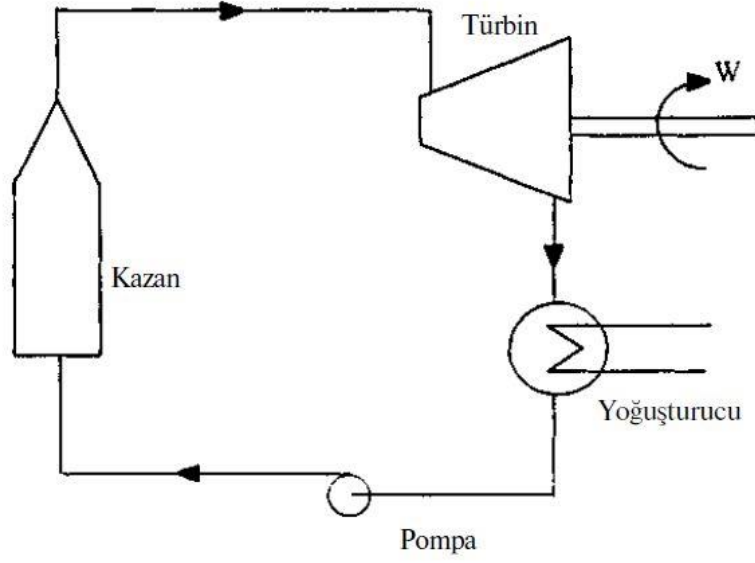
KAZAN	
Kazan	: Tekrar kızdırıcılı, tek ocaklı, tabii sirkülasyonlu domlu kazan
Kapasite	: 480 t/h
Buhar Sıcaklığı	: 535°C
Buhar Basıncı	: 139,5 kg/cm ²
Kazan Ebadı	: 12 × 12 × 87m
TÜRBİN	
Türbin Tipi	: İki basınçlı, çift egzozlu, tekrar kızdırıcılı hatlı ve kondensasyonlu.
Kapasite	: 157.340 kW
Buhar Basıncı	: 135 kg/cm ²
Buhar Sıcaklığı	: 535°C
Dönme Hızı	: 3.000 d/d
JENERATÖR VE DİĞER EKİPMAN	
Jeneratör	: Hidrojen soğutmalı, 3 fazlı
Kapasite	: 180 MVA Çıkış gerilimi: 15KV 7236 A Frekans:50 Hz
Ana Transformatör	: Yağ/hava soğutmalı, 3 fazlı Kapasitesi; 188 MVA
Elektrofiltre	: Elektro statik kül tutma sistemli verimi %98,65 çıkışta baca gazı kül tutma miktarı: 200mgr/Nm ³ (Maksimum)
Su Tasfiye	: 4 × 20 t/h kapasiteli kum filtreli, Anyon/ Katyon filtre Mix-bed filtre
Kömür Stok Sahası	: 170.000 ton
Liman	: Batı tarafı 262 m doğu tarafı 682 m uzunluğundadır.
Kömür Nakil Sistemi	: Kömür bantları ve park makineleri 2 × 300 t/h kömür bunkerleri 2 × 6 adet her biri 268 m ³
Bacalar	: 2 adet 120 m yüksekliğinde
Evsel Atıklar	: 2 adet lojman ve santral artma sistemi kuruludur.

3.2.1 Düşük sıcaklık ısıtma sistemleri

Beton su soğutma kulesi veya modüler su soğutma kuleleri kullanılan sistemlerde, buharı yoğuşturmak için kullanılan soğutma suyu doğrudan bölgesel ısıtma sistemine gönderilebilir. Yalnız bu sistemin uygulanabilmesi için soğutma suyunun çıkış sıcaklığının minimum 60-80°C arasında olması gerekmektedir. Günümüz teknolojisinde buhar yoğuşum sıcaklıkları çok düşük seviyelerde olduğu için, soğutma suyu çıkış sıcaklıkları da alt seviyelerde seyretmektedir. Bu yüzden bu tip bir bölgesel ısıtma sistemi Çates-B için uygun gözükmemektedir. Aşağıdaki tabloda Çates-B deniz suyunun kondensere giriş ve çıkış sıcaklıkları verilmiştir. Bu sıcaklık değerleri ile soğutma suyunu bölgesel ısıtmada kullanmak mümkün değildir.



Şekil 3.3 ÇATES-B’de deniz suyunun yoğuşturucuya giriş ve çıkış sıcaklıklarının aylara göre değişimi [3].



Şekil 3.4 Termik elektrik santrali çevrim şeması [29].

3.2.2 Ara buhar ile ısıtma

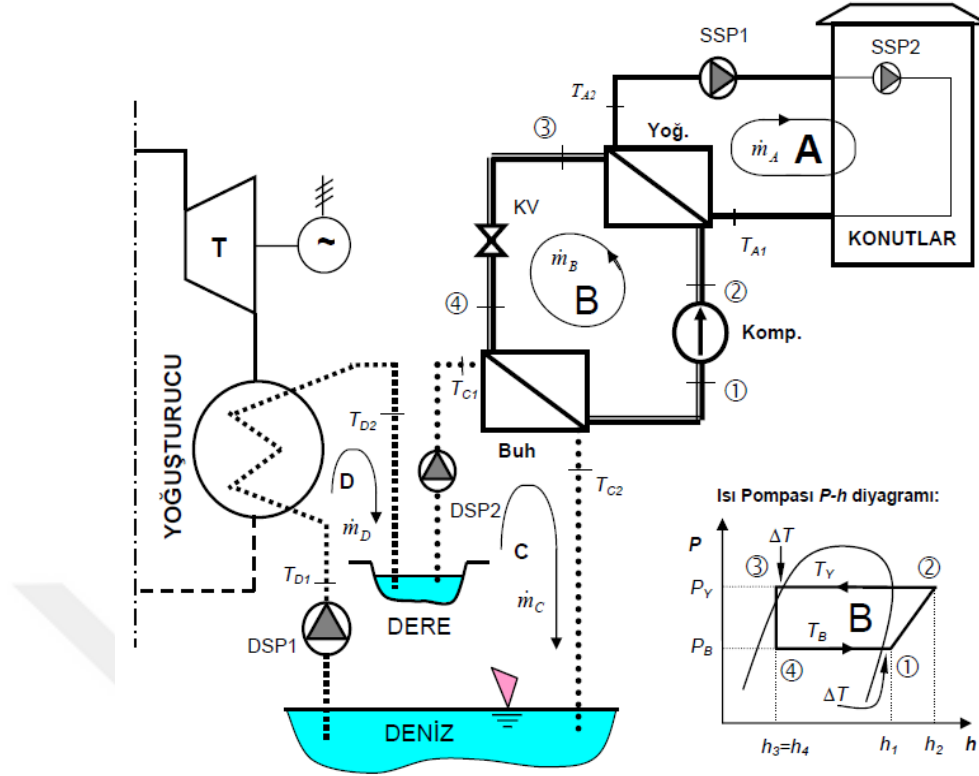
Bu teknikte sistemden çekilen ara buhar doğrudan bölgesel ısıtma sistemine gönderilir. Bu durumda bina içinde buharla ısıtma yapılabileceği gibi bina girişinde ısı değiştirgeci ile buhar bina içinde dolaşacak suyu ısıtabilir.

Genellikle Kuzey Amerika’da kullanılan bir yöntemdir. 8 ila 13,5 bar basınçta buhar kullanılır. Konut girişlerinde basınç düşülür. Buhar sıcaklığı yaklaşık 180 °C.

Bu sistemde türbinden çekilen ara buharın direk kullanılması, taşınması dağıtılması zor bir süreçtir. O yüzden Çates-B santralinin bu tarz bir dönüşüme adaptasyonu değerlendirilmemiştir.

3.2.3 Isı pompası kullanarak ısıtma

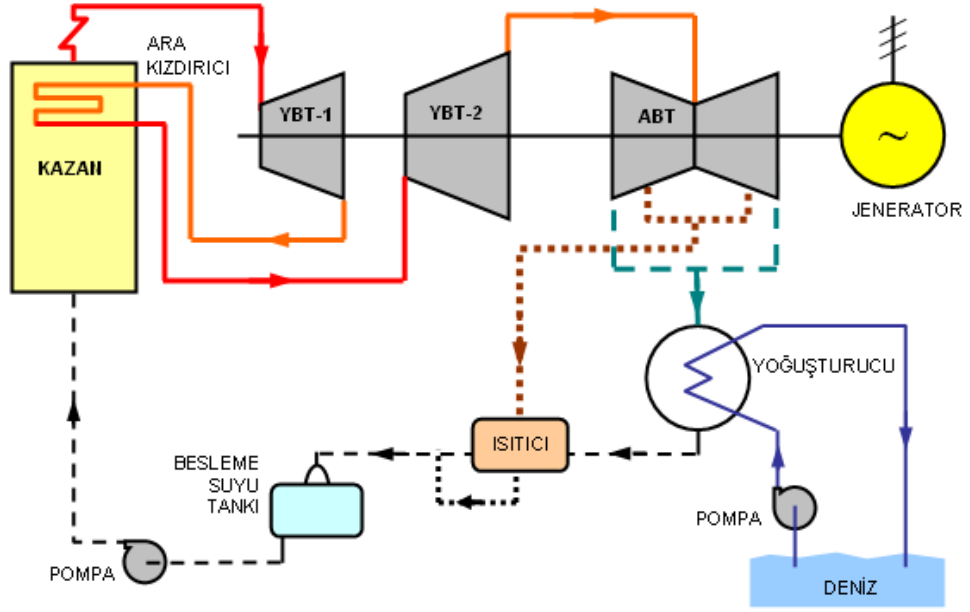
Mevcut santral sisteminde alçak basınç türbininden çıkan çürük buharı yoğusturan soğutma suyunun sıcaklığı kışın yaklaşık 20 °C civarındadır. Bu sıcaklıktaki bir ısı kaynağından ısı pompası ile ısı çekilerek başka bir su ısıtılır ve bölgesel ısıtmaya gönderilir. Şekilde B döngüsü ısı pompasına, A döngüsü ise bölgesel ısıtma sistemini ifade eder. C Hattı santralin yoğusturucusundan çıkan soğutma suyunu göstermektedir.



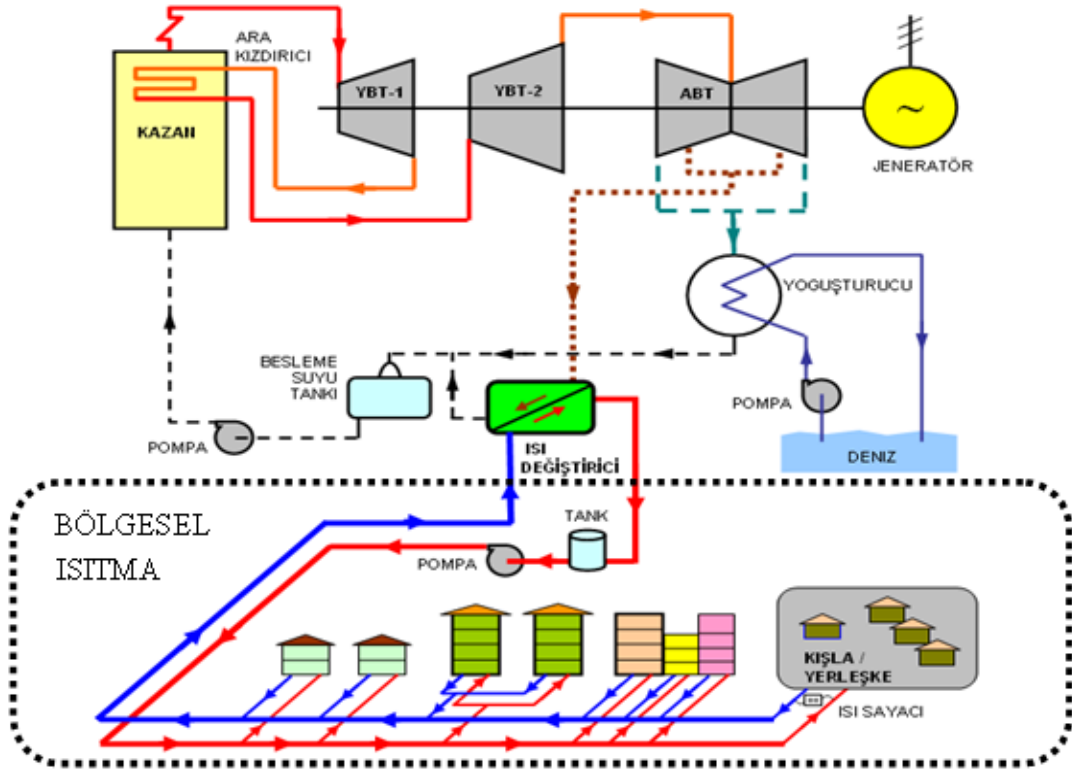
Şekil 3.5 Termik santralden ısı pompası kullanılarak ısı alınması [30].

3.2.4 Yoğuşum sıcaklığını yükselterek ısıtma

Bu sistemde alçak basınç türbininden çekilen ara buhar bir ısı değiştiricisine yönlendirilir. Buhar burada yoğuşurken bir başka suyu ısıtır ve ısınan su bölgesel ısıtma sistemine gönderilir. Yoğuşma sıcaklığı çekilen ara buharın basıncına bağlı olarak yükselmiş olur. Şekil 3.6'da geleneksel bir santral şeması, Şekil 3.7'de ise aynı santrale sonradan bölgesel ısıtma sistemi dönüşümü yapılması halindeki şema görünmektedir. Bu uygulama sonucunda alçak basınç türbininin üreteceği elektrikten kısmen vazgeçmek gerekir. ÇATES-B'ye uygulanabilecek sistem de budur. Uygulamada kullanılan örnek sıcaklıklar: Gidiş 110 °C, dönüş 60°C.



Şekil 3.6 Klasik bir termik santral şeması [3].



Şekil 3.7 Klasik bir santralde yoğuşum sıcaklığını yükselterek bölgesel ısıtma yapılması [31].

3.3 KARAR VERİLEN ISI ALMA YÖNTEMİ

Şekil 3.8’de ÇATES-B’ye ait sıcaklık denge diyagramı verilmiştir. Çizelge 3.3’de ise bu diyagramdaki belirtilen noktaların termodinamik verileri bulunmaktadır. İlgili şekil ve tablo Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Araştırma görevlisi Halil İbrahim Topal’ın “Çatalağzı Termik Santrali Ara Buharı İle Bölgesel Isıtmanın İncelenmesi” tezinden alınmıştır [32].

Santralden çekilecek olan ısının, santral ısıl denge sistemine etkileri başka bir araştırma konusu olduğundan bu çalışma kapsamında bu hesaplar yapılmamıştır. İlgili tablodan görülebileceği üzere bölgesel ısıtma sisteminin ihtiyacı olan ısıtma enerjisi düşük basınç türbinin ilk ara buhar kademesi ile ikinci ara buhar kademesi arasında bir noktadan (Şekil 3.8’de 28 ve 32 no’lu çıkışlar) alınabilecek buharla rahatlıkla sağlanabilecektir.

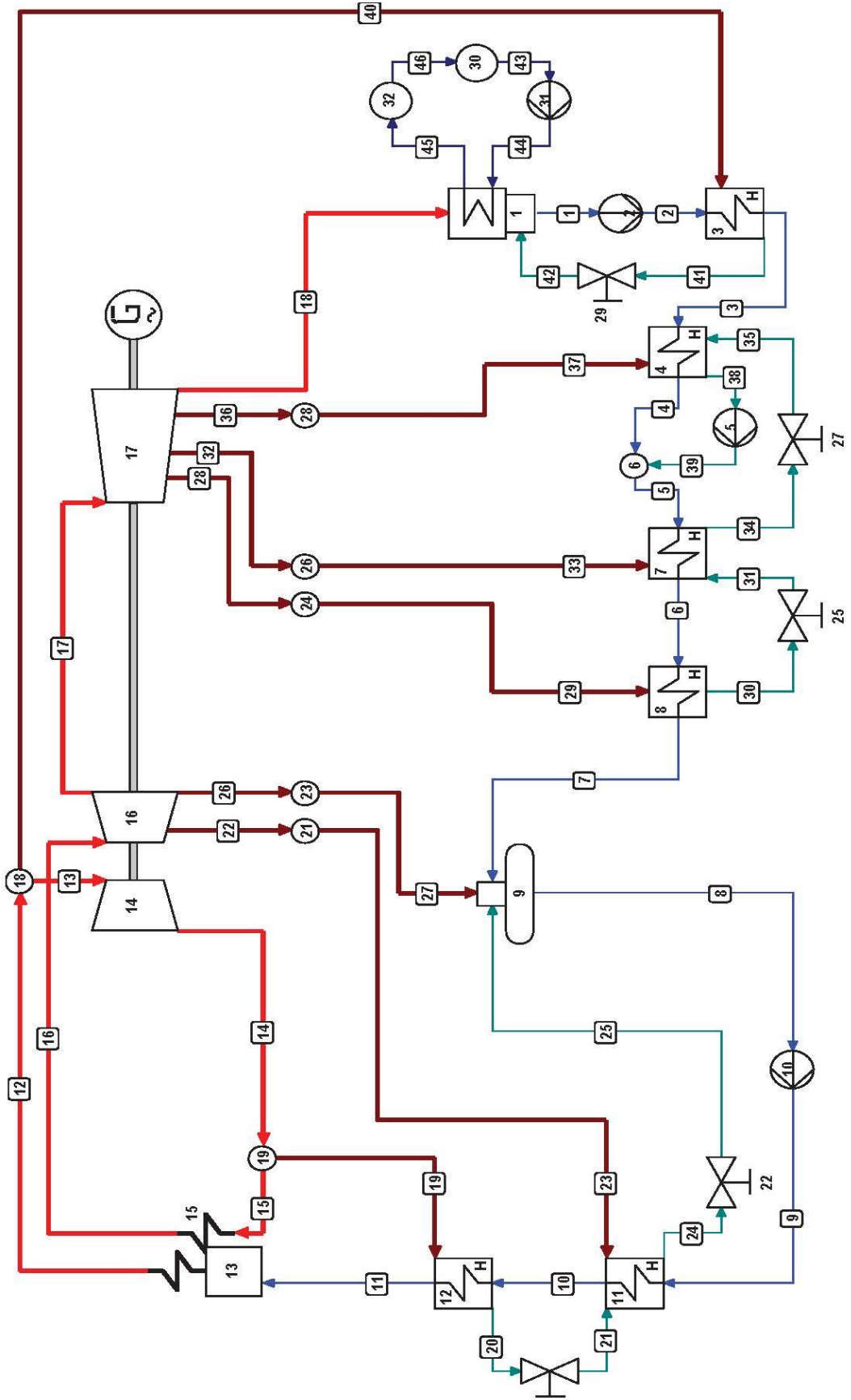
BIS şebekesinde kullanılacak olan su için Çates-B’den alınacak olan buharla dizayn edilecek olan ısı değiştiricisinde suyun giriş noktası için Şekil 3.8’de 4 ile belirtilmiş olan noktaya eşdeğer bir yerden giriş planlanmıştır. Suyun çıkış noktası ise yine aynı şekilde belirtilen 7 noktasına eşdeğer bir noktada olacaktır. Çizelge 3.3’de belirtilen 4 ve 7 noktalarında Çates-B’de kullanılan suyun taşıdığı enerji belirtilmiştir. Bu noktalarda sistemden çekilebilecek yani BIS şebekesinde kullanılacak suya aktarılacak ısı hesaplanabilir.

4 noktasında suyun sahip olduğu enerji: 28.236,49 kW

7 noktasında suyun sahip olduğu enerji: 61.411,99 kW

Sistemde aktarılacak maksimum ısı enerjisi: $7 - 4 = 61.411,99 - 28.236,49 = 33.175,5$ kW

Çatalağzı BIS şebekesi için ihtiyaç duyulan pik ısı 28,9 MW_t olup Çates-B sisteminden sağlanabilecek potansiyel 33,15 MW_t kapasitesindeki ısı bu talebi karşılamaya yeterlidir.



Şekil 3.8 ÇATES-B'ye ait sıcaklık denge diyagramı [32].

Çizelge 3.3 ÇATES-B kütle akış şemasındaki tüm noktalara ait termodinamik özellikler [32].

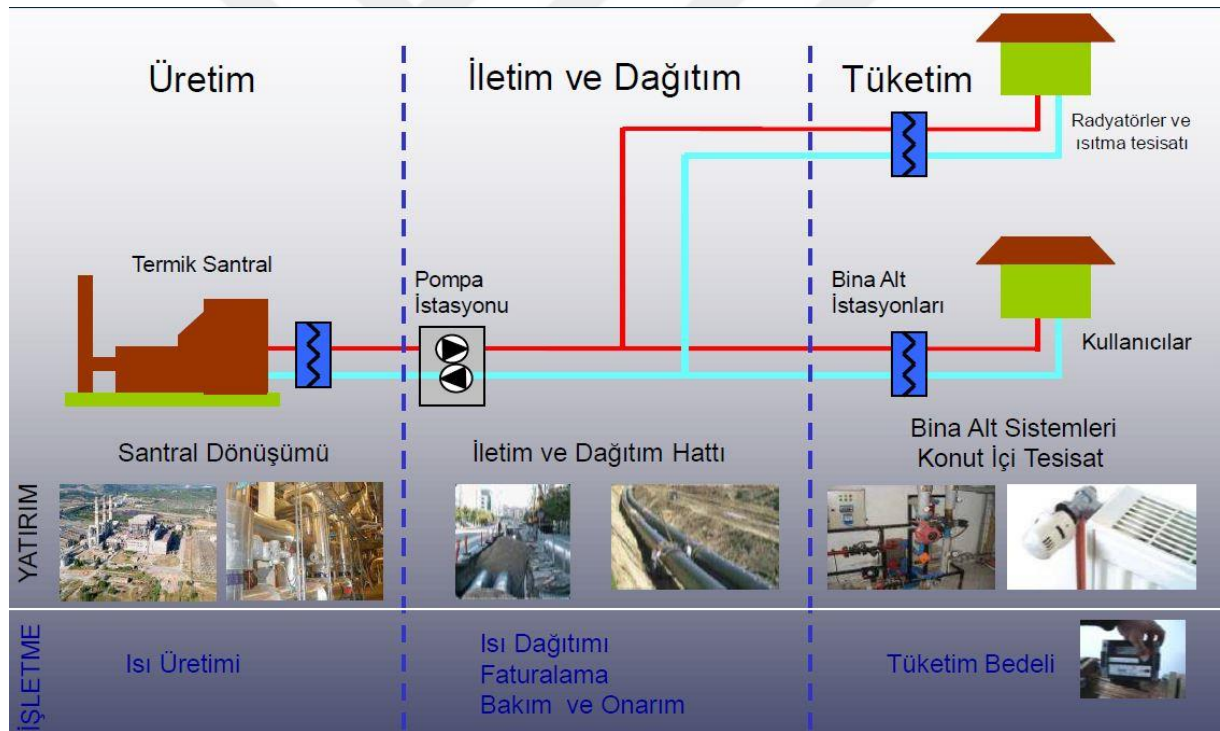
No	Madde	Sıcaklık (°C)	Basınç (kPa)	Entalpi (kJ/kg)	Debi (kg/h)	Enerji Akışı (kW)
1	Sıvı	35,5	5,866	148,7	332520	13734,92
2	Sıvı	36,4	674,6	153,1	332520	14141,34
3	Sıvı	38	674,6	159,8	332520	14760,19
4	Sıvı	72,9	674,6	305,7	332520	28236,49
5	Sıvı	73,4	674,6	307,8	394580	33736,59
6	Sıvı	106,5	674,6	447	394580	48993,68
7	Sıvı	133,2	674,6	560,3	394580	61411,99
8	Sıvı	163,4	674,6	690,3	487150	93411,01
9	Sıvı	166,9	14934	713,6	487150	96563,96
10	Sıvı	203,6	14934	873,9	487150	118255,66
11	Sıvı	248,6	14934	1079	487150	146009,68
12	Buhar	535	13337	3428	487150	463875,06
13	Buhar	535	13337	3428	485860	462646,69
14	Buhar	367,4	3952	3137	485860	423373,01
15	Buhar	365,4	3952	3132	441690	384270,30
16	Buhar	535	3638	3530	441690	433101,58
17	Buhar	306,1	710	3072	393290	335607,47
18	Sıvı - buhar	35,75	5,866	2361	331230	217231,68
19	Buhar	369,4	3903	3143	44170	38562,86
20	Sıvı	204,6	3903	873,9	44170	10722,27
21	Sıvı	201,6	1608	873,9	44170	10722,27
22	Buhar	423,2	1657	3304	27520	25257,24
23	Buhar	421,5	1608	3301	27520	25234,31
24	Sıvı	168	1608	710,8	71690	14154,79
25	Sıvı	163,5	674,6	710,8	71690	14154,79
26	Buhar	308,1	710	3076	20880	17840,80
27	Buhar	309,1	674,6	3079	20880	17858,20
28	Buhar	233,2	342,2	2932	18680	15213,82
29	Buhar	231,2	324,6	2929	18680	15198,26
30	Sıvı	111,5	324,6	467,9	20880	2713,82
31	Sıvı	109,5	141,2	467,9	20880	2713,82
32	Buhar	150	145,1	2773	22010	16953,81
33	Buhar	148	141,2	2770	22010	16935,47
34	Sıvı	78,4	141,2	328,4	40690	3711,83
35	Sıvı	78,4	141,2	328,4	40690	3711,83
36	Buhar	79,6	41,2	2643	21370	15689,14
37	Buhar	78,6	40	2642	21370	15683,21
38	Sıvı	75,8	40	317,4	62060	5471,62
39	Sıvı	76,8	674,7	322,1	62060	5552,65
40	Buhar	535	13337	3428	1290	1228,37
41	Sıvı	99,9	13337	428,7	1290	153,62
42	Sıvı	35,75	5,866	428,7	1290	153,62
44	Sıvı	24	315	100,9	910000	255052,78
45	Sıvı	43,2	315	181,2	910000	458033,33

BÖLÜM 4

BÖLGESEL ISITMA SİSTEMİNİN KURULUŞU VE MALİYETİ

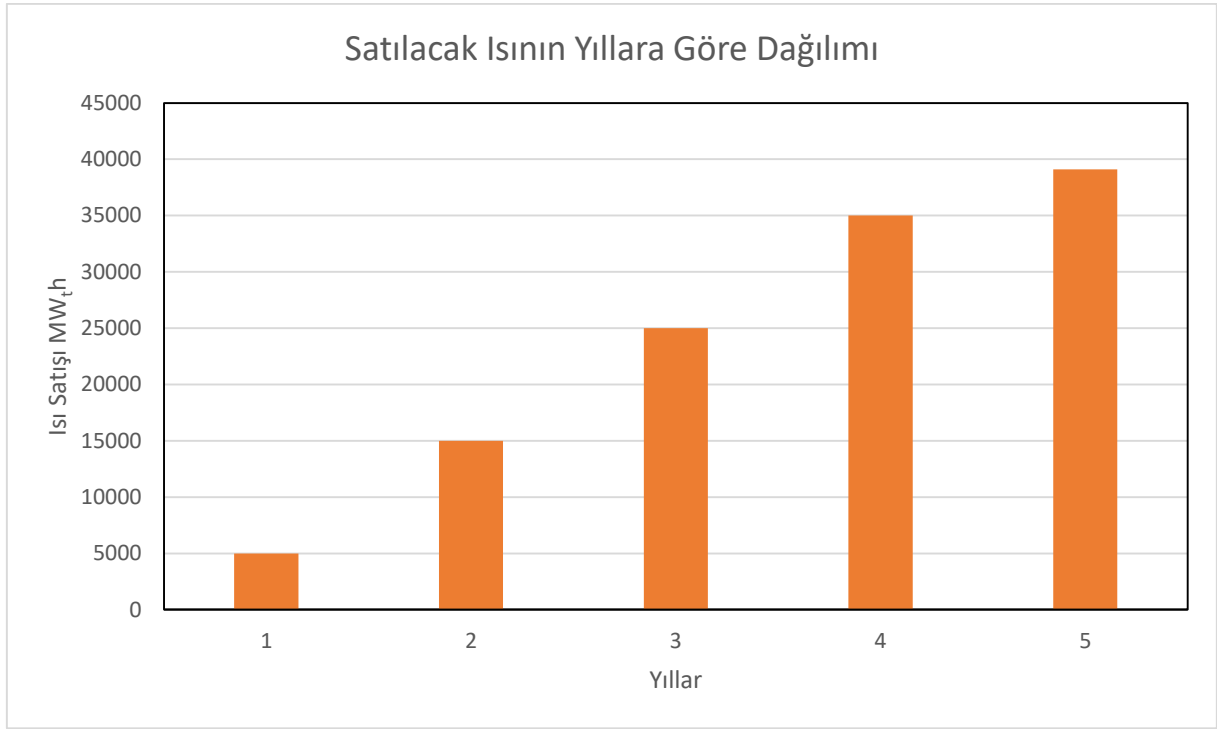
BIS işletmeci kurum, ÇATES-B'den satın alacağı ısı enerjisini abone konutlara satacaktır. Bu sistem ile Çatalağzı bölgesindeki abonelerin yıl boyunca ısıtma ve sıcak su ihtiyaçlarının karşılanması planlanmaktadır. BIS işletmesini, Zonguldak Valiliği'ne bağlı bir kuruluş yürütebileceği gibi ilgili Belediyeler ya da özel teşebbüs firması da üstlenebilir.

Kurulması düşünülen BIS şebekesinin genel şeması Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 BIS şebekesi genel şeması [33].

BIS'a bağlı konut sayısındaki değişime göre, satılacak ısıyı yıllara göre dağılımı Şekil 4.2'de verilmektedir. Yıllık ısı satışının 39.075,00 MW_{th} civarında olacağı öngörülmüştür. BIS şebekesinin kurulmasının 60 ay içinde tamamlanacağı ve 12 ay sonunda ilk kısmının işletmeye gireceği planlanmıştır. Satılacak ısıyı yıllara göre dağılımı ise buna uygun olarak planlanmıştır.

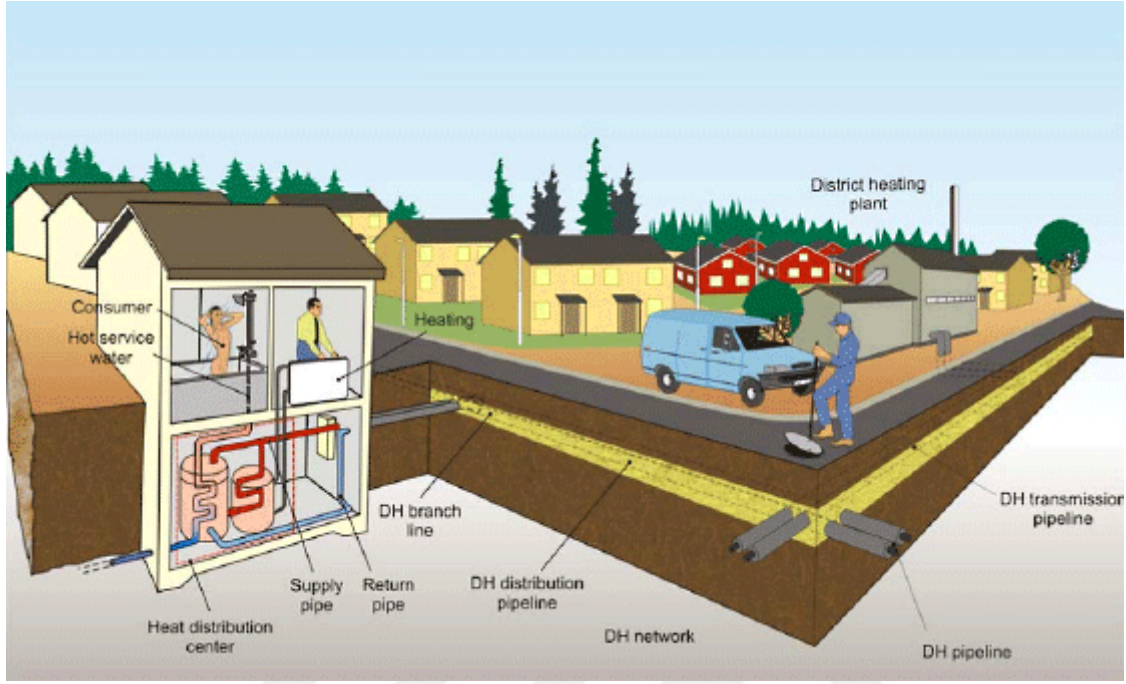


Şekil 4.2 Satılacak ısınnn yıllara göre dağılımı.

Kullanıcılara dağıtılacak olan ısı enerjisi Çates-B'den alınacaktır. Çates-B'den alınacak ısınnn fiyatı santral tarafından belirlenecektir. Bu fiyatın ihale yöntemi ile belirlenmesi uygun olacaktır. Isı alış fiyatı, bu fiyatın yıllara göre artış formülasyonu, süresi, faturalandırmanın ve ödemelerin nasıl yapılacağı vb. yükümlülük ve işleyiş kuralları daha sonra iki firma arasında yapılacak sözleşme ile belirlenecektir. Bu süreçteki en kritik nokta, santralden talep edilecek ısı maksimum ve minimum ısı miktarının belirlenmesi ve santralin bu ısıyı temin ederken taahhüt ettiği güvenilirliktir. Ayrıca bakım onarım ve işletme açısından da sınırların iyice tanımlanması gereklidir

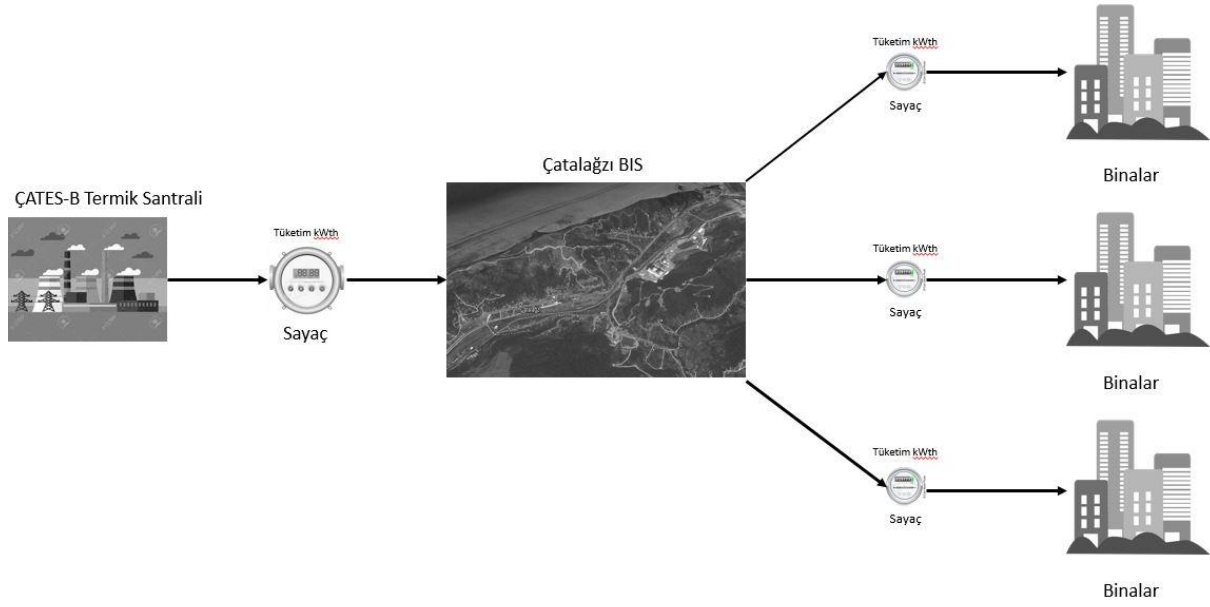
Çatalağzı beldesinin tümüne hizmet edecek BIS'in avantajlarını göstermek ve yaygınlaşmasını sağlamak amacıyla, BIS şebekesi öncelikli olarak coğrafi koşulların elverişli olduğu, nispeten düzenli yapılaşmanın ve çok katlı binaların yoğun olarak yer aldığı mahalleler ile hastane, okul vb. kamu hizmet binalarına ulaştırılması planlanmaktadır. Böylece bölge halkına BIS uygulamasının konforlu, güvenli, çevreci ve ekonomik bir çözüm olduğu gösterilmiş olacaktır. Bölge halkına el ilanları afişlerle BIS'in faydaları anlatılacak, uzmanlar tarafından halka BIS tanıtım toplantıları düzenlenip bilgi verilmesi sistemin kabul görmesi açısından önemli bir adım olarak düşünülmektedir. BIS'a katılımı kolaylaştırmak amacıyla, konutların yapacakları yatırımlara kaynak sağlamaya yönelik düşük faizli kredi imkânları araştırılıp, binaların BIS'a

bağlanabilmesi için gerekli bina alt istasyonlarının BIS işletmecisi kurum tarafından uygun fiyatlarla topluca temini ve taksitli olarak konutlara satış imkânları sunması düşünülebilir.



Şekil 4.3 Bina alt istasyonu [34].

BIS uygulamalarında kullanıcılar, şebekeye “bina alt istasyonu” adı verilen bir tesisat düzeneği ile entegre olmaktadır. Bina alt istasyonu, biri gidiş ve diğeri dönüş olmak üzere iki bransman hattı ile BIS şebekesine bağlanır. Böylece BIS şebeke suyu ile taşınan ısı enerjisi, bina alt istasyonu bünyesindeki ısı değıştirici vasıtasıyla ısınıbını bina ısıtma tesisatına aktarır (Şekil 4.3). BIS şebeke suyu, bina ısıtma tesisatı ya da sıcak su tesisatına karışmaz. Binaların ısı tüketimlerinin tespiti için her bina girişinde ısı sayacı (kalorimetre) bulunacaktır. Böylece BIS işletmecisi, her bir binanın ısı tüketimini uygun periyotlarla ölçerek faturalandırma işlemini gerçekleştirecektir. Isı Paylaşım Yönetmeliği’ne uygun olarak daire girişlerine konulacak ısı sayaçları ile her dairenin ısı tüketimi ayrıca ölçülecektir. Bu sayede bina ısı faturası bedelinin dairelerin kullanımına göre paylaşılması mümkün olacak ve kullanıcılar doğalgaz dağıtım sistemlerinde olduğu gibi tükettikleri kadar ısı bedeli ödeyeceklerdir. Sistem şematik olarak Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Dağıtım (Sayaç) sistemi.

4.1 TEKNİK ANALİZ VE TASARIM

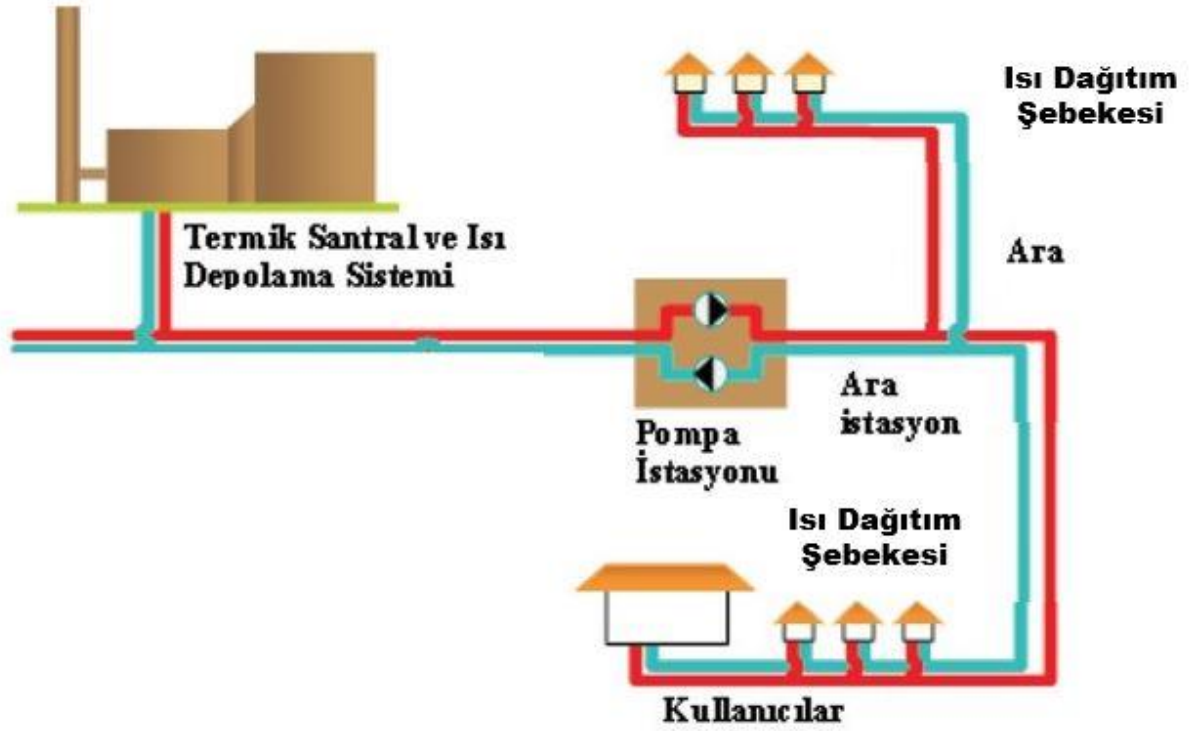
TSAD projesi çerçevesinde yapılan kapasite analizlerinde, Çatalağzı Termik Santralının yaklaşık 40.000 konutu ısıtabilecek bir atık ısı potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir [35]. Bu da göstermektedir ki Çates-B, Çatalağzı BIS kapsamında öngörülen 3.750 KE kapasitedeki konutun ısıtma ve sıcak kullanım suyu ısı ihtiyaçları fazlasıyla karşılanabilecek durumdadır.

Çatalağzı'nda kurulacak olan BIS, temel olarak 3 kısımdan meydana gelecektir (Şekil 4.5). Bunlar;

Isının üretildiği santral,

Isıyı binalara ulaştıran, gidiş ve dönüş borularından oluşan BIS şebekesi,

Isının kullanıldığı konutlardır.



Şekil 4.5 BIS kısımları.

Temel yapısı verilen sistemin çalışma prensibi ise şu şekildedir: BIS şebekesinin dönüş hattından gelen düşük sıcaklıktaki su, santral içindeki bir ısı değiştirici vasıtasıyla ısıtılır. Isıtılan su, BIS şebekesi ile yerleşim birimlerindeki binalara pompalanarak, bina alt istasyonu olarak adlandırılan tesisat düzeneğindeki ısı değiştiriciden geçer ve ısını bina içi ısıtma tesisatına aktarır. Soğuyan BIS suyu, dönüş boruları vasıtasıyla tekrar santrale döner. Isı enerjisini santraldan yerleşim birimine taşıyan çift borulu hat “iletim hattı”, ısıyı konutlara dağıtan çift borulu şebeke ise “dağıtım hattı” olarak adlandırılmaktadır. İletim ve dağıtım sistemi, ısı kaybı düşük ön izolasyonlu borulardan meydana gelmektedir. BIS şebekesi pompa istasyonu vasıtasıyla boru şebekesindeki su, santraldaki ısı değiştirici ve bina alt istasyonlarının ısı değiştiricisi arasında sirkülasyon halindedir. Yaşam mahallerine ısının aktarılması ise bina içi ısı dağıtım (kolon) tesisatı ve konut içi radyatör tesisatı ile sağlanmaktadır. Bu sistemde; santral çevriminden ısının alındığı akışkan (su ya da buhar olabilir), BIS şebekesi iletim - dağıtım hattındaki sıcak su ve bina içi ısıtma tesisatında dolaşan sıcak su olmak üzere 3 ayrı, birbirine karışmadan ısı alış verişi yapan sirkülasyon hattı bulunmaktadır.

4.1.1 Bölge Isıtma Sistemi Şebekesinin Tasarımı

Bölge ısıtma şebekesinin temel tasarımının ilk aşamada Çatalağzı beldesinde coğrafi bakımdan elverişli (engebeli olmayan), konut yoğun bölgelerin bulunduğu ve nispeten düzenli yapılaşmaya sahip kesimler belirlenecektir. Belediyenin mevcut nazım imar planı baz alınarak bu kesimlerdeki her cadde ve sokaktaki konut sayıları ve tahmini ısı yükleri bulunup, buna bağlı olarak da BIS iletim, dağıtım ve bağlantı hatları boyutlandırılacaktır. Bu çalışmada daha önce yapılan çalışmalardan ve Google Earth ve TÜİK verilerinden yaklaşım yapılarak sistemin tasarımı yapılmıştır. Detay projeler ve çalışmanın sistemin kurulum aşamasından önce yapılması gerekmektedir.

4.1.2 Çatalağzı Bölge Isıtma Şebekesinin Genel Özellikleri

Çatalağzı'nda kurulacak olan bölge ısıtma şebekesinin tipini belirlemeden önce, kurulabilecek olan genel yaygın şebeke tipleri hakkında özet bilgi vermek doğru olacaktır.

Dallanan Şebeke: Bölgesel ısıtma sistemleri genelde tek ısı merkezlidir. Bu yüzden genelde sistemlerde dallanan şebeke kullanılır. Bu tarz şebekelerde tüm alıcılar tek bir kol üzerinden beslenir. Bakım ve onarımı zor olan sistemlerdir. Bir problem oluştuğunda, yalnızca problem olan bölge değil bu bölgeden sonraki tüm kullanıcıların ısısı kesilir.

Boru sistemini bir, iki, üç veya dört borulu yapmak mümkündür. İki borulu sistem en yaygın kullanılan sistemdir. Bir boru buhar, kızgın su ya da sıcak su gidişi için, diğer boru ise kondens ya da sıcak su dönüş borusudur. İki borulu ısıtma sistemlerini:

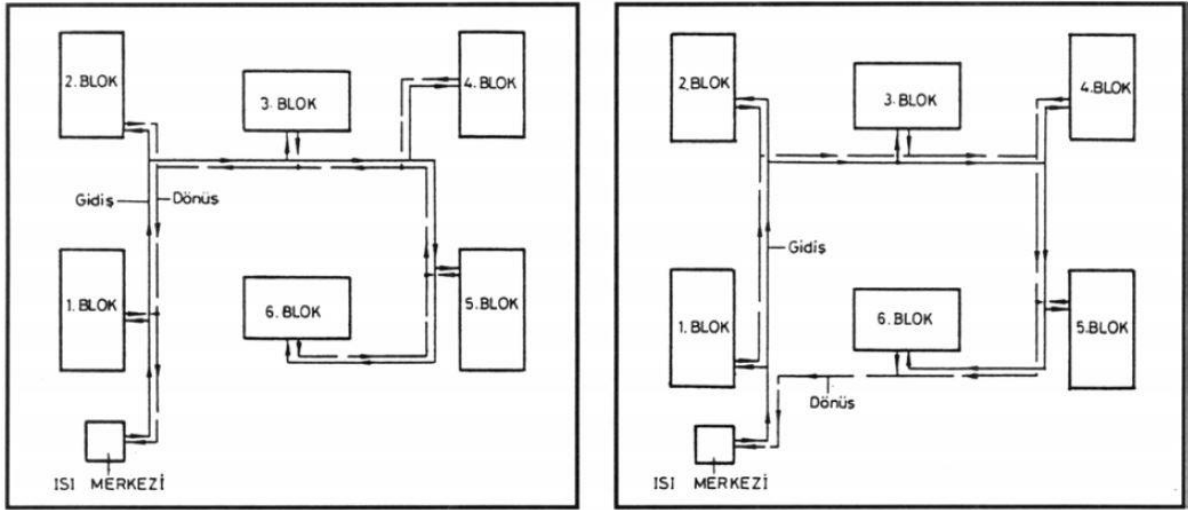
- Düz geri dönüşlü
- Ters geri dönüşlü (Tichelman Sistemi veya eşit direnç sistemi)

olarak düzenlemek mümkündür. Şekil 4.6'da dallanan şebekeye bir örnek görülmektedir.



Şekil 4.6 Dallanan şebeke.

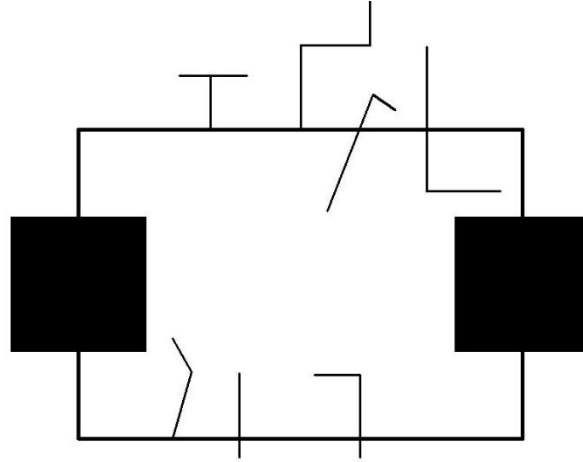
Düz geri dönüşlü sistemlerde gidiş ve dönüş boru çapları aynı olup, tasarımı kolay ve maliyeti uygundur. Yalnız bu hatlarda regülasyon zordur. Eğer iyi regülasyon yapılmazsa ısı merkezine yakın yerlerde basınç yüksek olacağından su daha iyi dolaşacak mesafe arttıkça su basıncı azalacağından verim düşecektir. Tichelman sisteminde ise basınç farkı dağılımı düzgündür ve regülasyon ihtiyacı en alt düzeydedir.



Şekil 4.7 Düz geri dönüşlü sistem ve Tichelman sistemi [37].

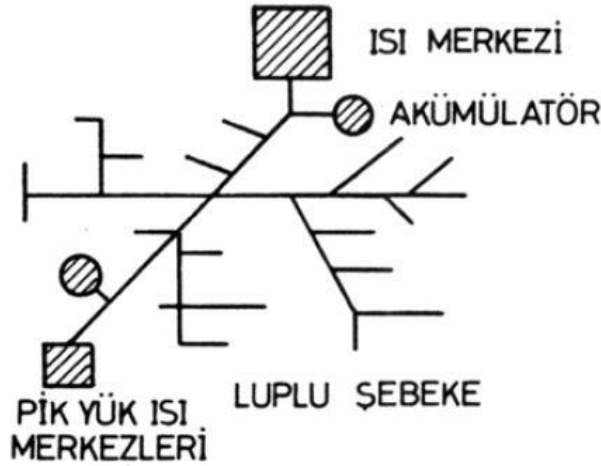
Ring Şebeke: Büyük şehir ısıtma sistemlerinde sistemin arz güvenliğini sağlayabilmek için birden fazla ısı merkezi kurulması gerekebilir. Ring şebeke büyük bölgesel ısıtma sistemlerinde birden fazla ısı merkezi olduğunda kullanılır. Amaç kullanıcıları birden fazla ısı merkeziyle beslemektir.

Böylece hat üzerinde bir sorun meydana geldiğinde, arızanın olduğu noktada işlem yapılırken, ters taraftan hattı besleyerek diğer kullanıcıların sorun yaşamaması sağlanır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Ring şebeke.

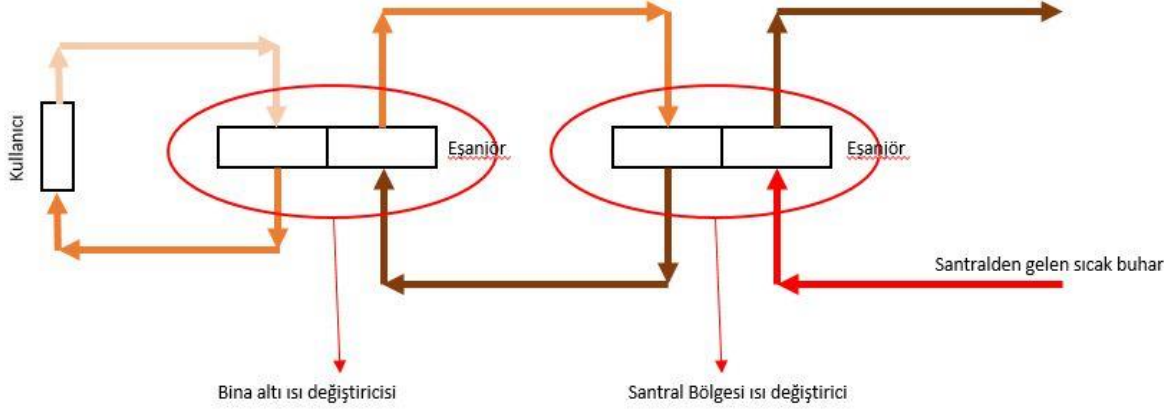
Luplu Şebeke: Bu tarz şebeke ise çok büyük ısıtma sistemlerinde tam anlamıyla bir arz güvenliği sağlamak adına kullanılır. Şebekede pik yük ısı merkezleri ve boylerler bulunmaktadır. Her kullanıcının en az iki noktadan beslenmesi sağlanmış olup arz güvenliği üst seviyededir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Luplu şebeke [37].

Çatalağzı'nda kurulacak bölge ısıtma şebekesi tipi; dallanan şebeke olup, borularda bir arıza veya bakım olması durumunda ısı arzında kesinti olmaması için bazı noktalardan birbirine ring şeklinde bağlanacaktır.

Çatalağzı Bölge Isıtma Sistemi endirekt kapalı sistem olarak tasarlanmıştır. BIS şebekesinde dolaşan su, konut içi ısıtma tesisatına karışmaz ve ısınıp bir ısı değiştiricisi ile konut içi ısıtma sisteminde dolaşan suya iletir. Şekil 4.10’da endirekt sistem şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Kapalı (endirekt) sistem.

Bölge Isıtma Sisteminin endirekt olarak tasarlanmasının avantajları aşağıda sıralanmıştır:

- Bina alt istasyonlarında bulunan ısı değiştiricileri sayesinde BIS şebekesi ile bina içi tesisat basınçları birbirini etkilememektedir. Böylece BIS şebeke basıncının yüksek olması nedeni ile konut radyatörlerinin patlama riski bulunmamaktadır.
- BIS bölümlerinin birbirinden ayrı olmasından dolayı kaçak su kontrolü rahatça yapılabilmektedir. Örneğin konut içerisindeki radyatör sisteminde su kaçağı sadece konutu ilgilendirmektedir ve bu kaçağın BIS şebekesinde dolaşan suyun hacmine hiçbir etkisi bulunmamaktadır.
- Binaların ısı yükleri ve basınç ihtiyaçları farklı büyüklükte olsa dahi, bina alt istasyonları sayesinde ihtiyaç duyulan kadar enerji BIS şebekesinden alınarak; kullanıcıların ihtiyaçları rahatlıkla karşılanabilmektedir.
- BIS ve bina tesisatları birbirlerinden ayrı oldukları için BIS’in kontrolü kolaydır.

Sistemde Çatalağzı Santral’inden ısının alındığı akışkan (buhar), ayrı bir eşanjör devresi oluşturmaktadır. BIS şebekesi iletim - dağıtım hattındaki sıcak su yine ayrı bir eşanjör devresi oluşturmaktadır ve konutlara sağlanacak ısı bu hat üzerinden alınacaktır. Bina içi ısıtma tesisatında dolaşan sıcak su ise son kullanıcıya hitap edecek bir sirkülasyon hattı olacaktır. Aradaki iki adet eşanjör ve istasyon vasıtasıyla akışkanlar birbirlerine karışmadan ısı iletimi

tamamlanacaktır. Bu üç devrede kendi içinde sirkülasyonu tamamlayacağından sistemlerin kontrolü daha sağlıklı yapılabilecektir.

4.1.2.1 Primer Devre Akışkanı

BIS Sisteminde iletim hattında kullanılacak olan akışkan 3 farklı türde olabilir. Bu akışkanlar, sıcak su, kızgın su ve buhardır. Bunlara ait avantaj ve dezavantaj tablosu aşağıda Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Buhar – Kızgın Su – Sıcak Su sistemleri avantajları ve dezavantajları [38].

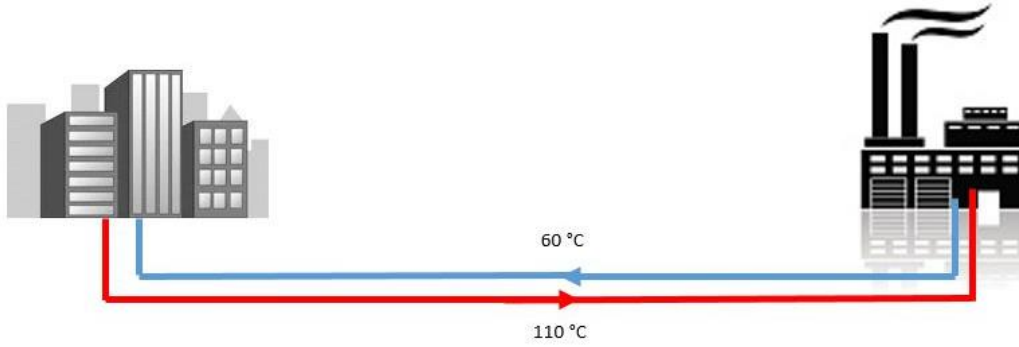
Karşılaştırma Konusu	Buhar	Kaynar Su	Sıcak Su *
Kondens borusu, deposu ve pompalar ve bunların yarattığı kayıplar ve korozyon problemi	Mevcuttur	Yoktur	Yoktur
Boru Şebekesi Döşenmesi	Zor ve pahalıdır. Buhar borusu sürekli yükselen eğimli olmalıdır. Yoğuşan suyu toplamak için testere dişi oluşturmak gerekir. Kondens hattı ise sürekli alçalan eğimli ve pompalı olmalıdır.	Eğimin önemi yoktur	Eğimin önemi yoktur
Isı kaybı	En fazladır	Daha azdır	En azdır
Sistemin ısı ataleti	En azdır	En fazladır	Daha azdır
Ömür	En azdır	Daha azdır	En fazladır
Servis bakım gereksinimi	En fazladır	Daha fazladır	En azdır
Taşınabilen ısı miktarı	Daha az	En fazla	En az
Merkezi kontrol imkânı	Yoktur	Vardır	Vardır
Isı merkezi ilk yatırım maliyetleri	Daha az	En fazla	En az
İşletme maliyeti	Sirkülasyon pompası gerektirmez sadece kondens pompalamak gerekebilir.	Sirkülasyon pompası enerji tüketimi	Sirkülasyon pompası enerji tüketimi
Korozyon riski	En fazla	Daha az	En az

* Çatalağzı bölgesinde kurulacak olan sistem sıcak sulu sistem olacaktır.

4.1.2.2 Bölge Isıtma Sistemi Boru Şebekesi

Santralda üretilen ısının tüketicilere iletim ve dağıtımını yapacak BIS boru şebekesi, gidiş ve dönüş olmak üzere iki paralel hattan oluşacak ve şebeke demineralize su ile doldurulacaktır. Isının tüketicilere ulaştırılması, sıcak suyun pompalanması ile gerçekleşecektir. Gidiş suyu

sıcaklığı 105 ile 115°C arasında değişkenlik gösterirken; kullanıcılarda 55-60°C'e kadar soğuyarak santrale geri dönecektir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 BIS iletim hattı gidiş ve dönüş sıcaklıkları.

Yüksek yalıtımlı ön izolasyonlu borular Bölge Isıtma Sisteminde kullanılacaktır. Ön izolasyonlu borular üç ana bileşenden oluşmaktadır.

- Akışkanı taşıyan çelik boru
- Çelik boruyu dıştan saran ve ısı yalıtımı sağlayan poliüretan malzeme
- En dış kısımda ise boruyu dıştan saran ve koruyan yüksek yoğunluklu polietilen malzemedir.



Şekil 4.12 Ön izolasyonlu boru [39].

Bölge ısıtma sistemi şebekesi kurulumunda kullanılan boru ile boru bağlantı elemanları ve sistemde kullanılan diğer malzemeler Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3' de listelenmektedir. BIS şebekesinde ısı kaybını en aza indirmek amacıyla ön izolasyonlu borular kullanılmalıdır. Tasarımda kullanılan ön izolasyonlu borular ve bağlantı parçalarına ait özellikler aşağıda belirtilmiştir.

Boru şebekesinde kullanılacak olan malzemeler aşağıda belirtilen standartlarda olacaktır.

Çizelge 4.2 BIS sisteminde kullanılan malzemeler ve bağlı olduğu standartlar.

Ön izolasyonlu boru	TS EN 253
Ön izolasyonlu ekleme parçaları	TS EN 448
Ön izolasyonlu vanalar	TS EN 488
Boru birleştirme uygulaması	TS EN 489

Çizelge 4.3 BIS sisteminde kullanılan malzemelerin özellikleri [40].

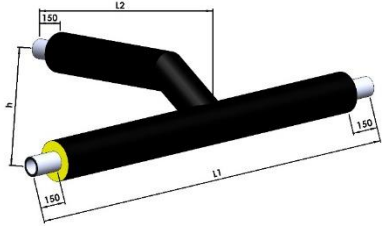
Çelik		ERW, SAW, Dikişsiz
	Yoğunluk	: 7850 kg/m ³
	Çekme Dayanımı	: > 350 N/mm ²
	Akma Dayanımı	: > 235 N/mm ²
	Elastisite Modülü	: 2,1 × 10 ⁵ N/mm ²
	Genleşme Katsayısı	: 1,2 × 10 ⁻⁵ K ⁻¹
HDPE Kılıf Boru	Isı İletkenliği	: 76 W/mK
	Yoğunluk	: 940 kg/m ³
	Sabit Yük Altında Çekme	: ≥ 2000 saat
	Akma Dayanımı	: > 19 N/mm ²
	Erime Akış Hızı	: 0,5 gram / 10 dakika
	Genleşme Katsayısı	: 2 × 10 ⁻⁴ K ⁻¹
Poliüretan	Isı İletkenliği	: 0,43W/mK
	Yoğunluk	: ≥ 60 kg/m ³
	Ortalama hücre büyüklüğü	: < 0,5 mm
	Kapalı hücre	: > % 88
	Yüksek sıcaklıkta su absorpsiyonu	: % 10 < hacmen
	Sıkıştırma dayanımı (%10 bağıl deformasyondaki)	: ≥ 0,3 N/mm ²
	Eksenel kesme dayanımı	: ≥ 0,12 N/mm ²
	Çevre boyunca kesme dayanımı	: ≥ 0,20 N/mm ²
Isı iletim katsayısı (50 °C)	< 0,028 W/mK	

Çizelge 4.4 Uygulama şartları.

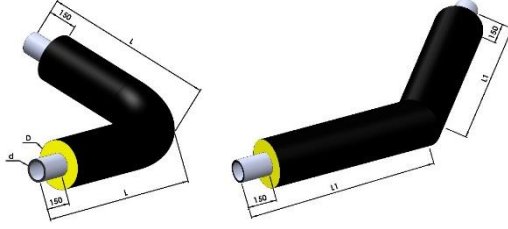
Maksimum işletme basıncı	25 Bar
Gidiş, dönüş suyu maksimum sıcaklık farkı	120 °C
Maksimum sürekli çalışma sıcaklığı	140 °C
Kısa süreli maksimum çalışma sıcaklığı	150 °C
Maksimum dış mont sıcaklığı	50 °C

Ön izolasyonlu borulardan oluşan BIS şebekesi yapımında, sokaklar arasındaki geçişlerde dönüşler, redüksiyonlar ve branşmanlar kullanılacaktır. Çizelge 4.5’de bu ekipmanların örnekleri görülmektedir.

Çizelge 4.5 BIS şebekesinde kullanılacak fittings malzemeler [41].



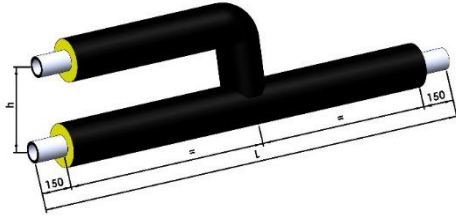
Ön İzolasyonlu Branşman Ayırıcı



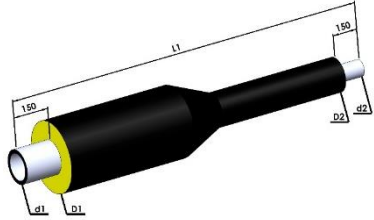
Ön İzolasyonlu dirsek



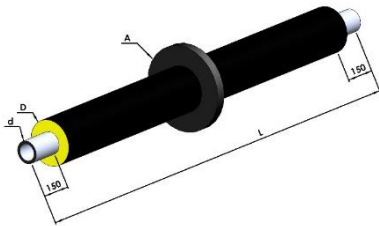
Ön İzolasyonlu kompensatör



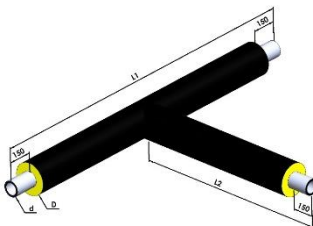
Ön İzolasyonlu paralel te



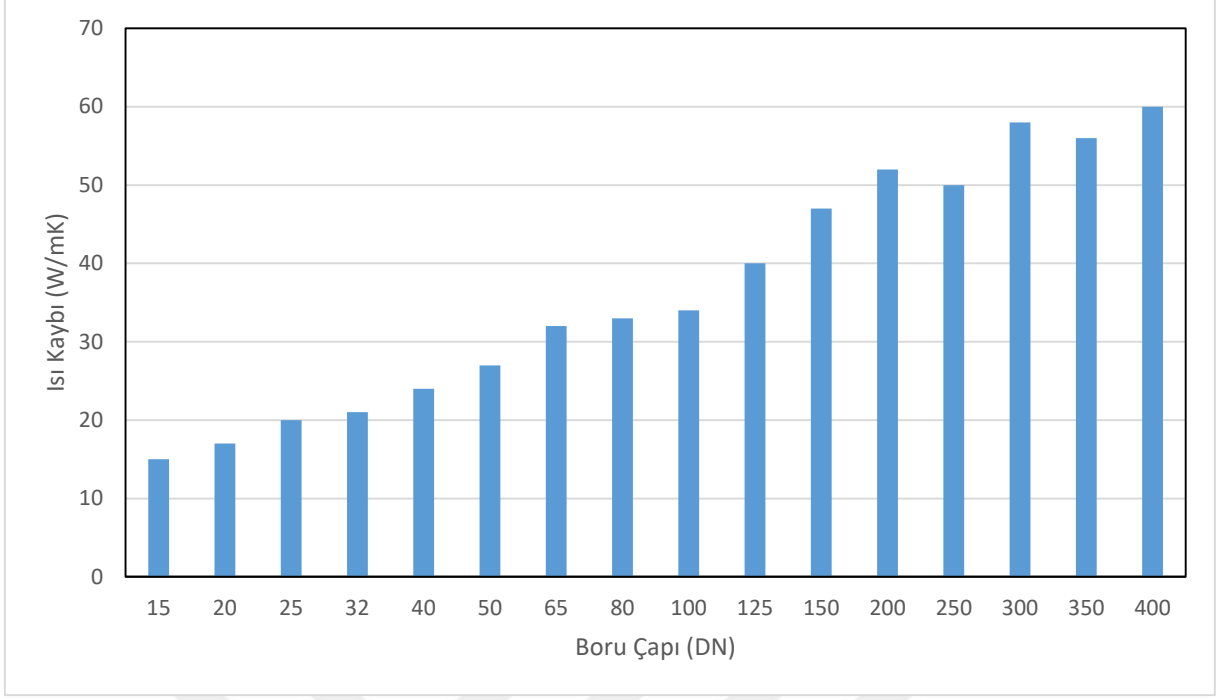
Ön İzolasyonlu redüksiyon



Ön İzolasyonlu sabit mesnet



Ön İzolasyonlu te



Şekil 4.13 Boru çapına göre özgül ısı kaybı [40].

Şekil 4.13’de çapa bağlı olarak özgül ısı kaybını gösteren grafik verilmiştir. Akışkan sıcaklığı 90 °C, toprak altında sıcaklık ise 10 °C kabul edilerek ısı kaybı hesaplanmıştır.

Boru şebekesi tasarımı üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar, santraldan şehir girişine kadarki boru şebekesi (İletim Hattı), şehir içinde cadde ve sokaklardaki boru şebekesi (Dağıtım Hattı) ve dağıtım hattından konutlara giden boru şebekesidir (Bağlantı Hattı).



Şekil 4.14 Önizolasyonlu boru uygulaması [42].



Şekil 4.15 Önizolasyonlu boru uygulaması [43].



Şekil 4.16 Önizolasyonlu boru birleştirme uygulaması [44].

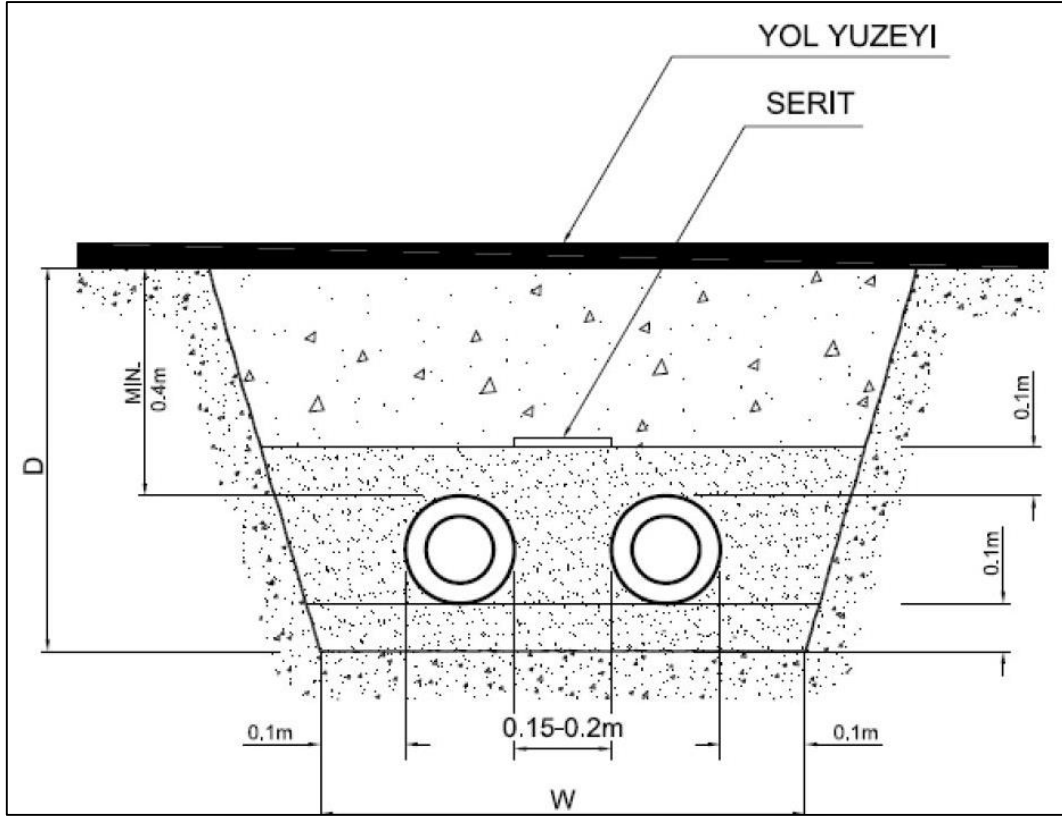


Şekil 4.17 Önizolasyonlu boru kazı ve montaj uygulaması [45].



Şekil 4.18 Önizolasyonlu boru montajı vinç çalışmaları [42].

Çatalağzı BIS’da ön izolasyonlu borular şehir içinde toprak altına gömülecektir (Şekil 4.17). Boruların döşenmesi işleminde, asfaltın kesilmesi, kaldırılması, toprağın kazılıp boruların yerleştirilmesi, montajı, kaynak testleri gibi işlemlerin yapılması gereklidir. Ön izolasyonlu borular farklı çaplarda farklı boyutlara sahip olduğundan toprağa açılacak olan kanalın geometrisi ve boyutları da değişkenlik göstermektedir. Şekil 4.19’da iletim ve dağıtım hattı kanal kazı detayları verilmektedir. Boru hatlarının toprağa gömülmesi için yapılacak kazı miktarı ve diğer hesaplar ilerleyen bölümlerde yapıldı.



Şekil 4.19 İletim ve dağıtım hattı kanal kazı detayları [40].

4.1.3 Çatalağzı BIS İletim – Dağıtım – Bağlantı Hatları Tasarımı

Yukarıda verilen genel bilgiler kapsamında Çatalağzı'nda kurulması düşünülen BIS ile ilgili iletim dağıtım ve bağlantı hatlarına ait yapılan kabuller Çizelge 4.6'da verildi.

Akışkanın gidiş-dönüş sıcaklığı sırasıyla 110°C ve 60°C alındı. Ayrıca sistemde oluşacak ısı kaybı ise literatürde genel olarak kabul edilen % 6 değerinde alındı [46].

Borunun birim boyu başına tasarım basınç kaybı değeri de bu tip analizlerde kullanılan 100 Pa/m olarak kabul edildi [5].

Borulardaki akışkan hızları için üç farklı limit seçildi. İletim hattındaki hız limiti 3,5 m/s, ana dağıtım hattındaki hız limiti 3 m/s ve bina dağıtım hattındaki hız limiti de 2 m/s olarak kabul edildi [5]. Boru hattındaki akışkan hızının limit değerlerin üzerine çıkması durumunda, tasarım değerleri üzerinde gerekli değişiklikler yapılarak akışkan hızının limit değerlerin altına düşmesi sağlandı.

Çizelge 4.6 Teknik hesaplar için yapılan kabuller.

Değişken	Değeri	Birim	Açıklama
T _{gidiş}	110	°C	Akışkan gidiş sıcaklığı
T _{dönüş}	60	°C	Akışkan dönüş sıcaklığı
ρ ₉₀	965	kg/m ³	90 °C için akışkan yoğunluğu
C _{p90}	4,208	kJ/kg.K	90 °C için akışkan özgül ısısı
μ ₉₀	3,14E-07	kg/m.s	Akışkan viskozitesi
ν ₉₀	3,26E-07	m ² /s	Akışkan kinematik viskozitesi
E _{pürüzlülük}	0,05	mm	Boru pürüzlülük değeri
g	9,81	m/s ²	Yerçekimi ivmesi
η _{pompa}	85	%	Pompa verimi
r _{kayıp}	6	%	Kabul edilen ısı kayıp oranı
V _{iletim}	3,5	m/s	İletim hattı maksimum hız değeri
V _{anadağıtım}	3	m/s	Ana dağıtım hattı maksimum hız değeri
V _{binadağıtım}	2	m/s	Bina dağıtım hattı maksimum hız değeri
P _{birimkayıp}	100	Pa/m	Birim boru boyu başına basınç kaybı
P _{limit}	16	Bar	Pompalar için basınç limiti
P _{doyma}	70,2	kPa	Akışkanın 90 °C'deki doyma basıncı
P _{son}	100	kPa	Son kullanıcı basınç değeri
P _{kot}	500	kPa	50 metre kot farkı için basınç değeri
P _{emniyet}	50	kPa	Emniyet için gerekli basınç değeri

4.1.3.1 Bölgenin Isı İhtiyacı

Sistem hesaplarını gerçekleştirebilmek için öncelikle bölgenin pik ısı yükü, pik ısı kaybı hesaplandı.

$$\dot{q}_{\text{toplam}} = \dot{q}_{\text{bölge.pik}} + \dot{q}_{\text{kayıp.pik}} \quad (4.1)$$

$$\dot{q}_{\text{kayıp.pik}} = \dot{q}_{\text{bölge.pik}} \cdot r_{\text{kayıp}} \quad (4.2)$$

Burada:

$\dot{q}_{\text{topl}} :$ Bölgenin kayıplar dahil toplam pik ısı ihtiyacı (kW_t)

$\dot{q}_{\text{bölge,pik}} :$ Bölgenin toplam pik ısı enerjisi yükü (kW_t)

$\dot{q}_{\text{kayıp,pik}} :$ Bölgenin pik ısı enerjisi kaybı (kW_t)

$r_{\text{kayıp}} :$ Kabul edilen ısı kayıp oranı (%)

Daha önce hesaplanan değerler Denklem 4.1'de yerine yazılır. $\dot{q}_{\text{bölge,pik}}$ Bölüm 2.2.4'de 27,27 MW_t olarak hesaplanmıştı.

$$\dot{q}_{\text{topl}} = 27.720 + \dot{q}_{\text{kayıp,pik}}$$

$$\dot{q}_{\text{kayıp,pik}} = 27.720 \times 0,06$$

$$\dot{q}_{\text{kayıp,pik}} = 1.630 \text{ kW}_t$$

$$\dot{q}_{\text{topl}} = 27.720 + 1.630$$

$$\dot{q}_{\text{topl}} = \mathbf{28.900 \text{ kW}_t}$$

4.1.3.2 Debi Hesabı

Bölgenin toplam ısı yükü hesaplandıktan sonra ortalama akışkan özelliklerine bağlı olarak boru hattı için debi hesabı yapıldı.

$$\dot{V}_{\text{boru}} = \frac{\dot{q}_{\text{topl}}}{C_{p90} \times \rho_{90} \times (T_{\text{gidiş}} - T_{\text{dönüş}})} \quad (4.3)$$

$\dot{V}_{\text{boru}} :$ Akışkanın hacimsel debisi (m³/sn)

Hesaplar yapılırsa:

$$\dot{V}_{\text{boru}} = \frac{28.900}{4,208 \times 965 \times (110 - 60)}$$

$$\dot{V}_{\text{boru}} = 0,14237 \text{ (m}^3 / \text{sn)}$$

4.1.3.3 Akışkan Hızı Hesabı

$$v_{boru} = \frac{\dot{V}_{boru}}{A_{boru}} \quad (4.4)$$

$$A_{boru} = \frac{\pi \times D_{boru}^2}{4} \quad (4.5)$$

Burada:

v_{boru} : Akışkan hızı (m/sn)

A_{boru} : Boru kesit alanı (m²)

D_{boru} : Boru çapı (m)

Sistemdeki ana iletim hattı için hesaplarda kullanılan boru kesit alanı ve debiye bağlı hesaplanan akışkan hızları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 0,14237 (m³/sn) debi için boru kesit alanı ve çapa bağlı akışkan hızları.

Boru Çapı DN	Boru İç Çapı (mm)	Boru Kesit Alanı (m ²)	Akışkan Hızı(m/sn)
20	22,9	0,000411871	345,67
25	29,1	0,000665083	214,06
32	37,2	0,001086865	130,99
40	43,1	0,001458963	97,58
50	54,5	0,002332829	61,03
65	70,3	0,003881508	36,68
80	82,5	0,005345616	26,63
100	107,1	0,009008839	15,80
125	132,5	0,013788647	10,33
150	160,3	0,020181662	7,05
200	210,1	0,034669054	4,11
250	263	0,054325206	2,62
300	312,7	0,076797246	1,85
350	344,4	0,093157144	1,53
400	393,8	0,121798322	1,17

4.1.3.4 Basınç Kaybı Hesabı

Birim boru boyu başına tasarım basınç kaybı değeri de bu tip analizlerde kullanılan 100 Pa/m olarak kabul edilmiştir [5].

$$Re_d = \frac{v_{boru} \times D_{boru}}{\nu_{90}} \quad (4.6)$$

$$R_{pürüzlülük} = \frac{E_{pürüzlülük}}{D_{boru}} \quad (4.7)$$

Burada:

$R_{pürüzlülük}$ = Boru bağıl pürüzlülük değeri (mm/mm)

Borulardaki sürtünme katsayısı Darcy-Weisbach eşitliği ile hesaplanabilir. Colebrook-White eşitliği ise bu sürtünme katsayısı hesabını boru pürüzlülük değeri ve Reynolds sayısına bağlı olarak çözer ve oldukça isabetli sonuçlar verir. Hesaplamalarda kullanılan sürtünme katsayısı Colebrook-White eşitliğinin bir türevi olan Haaland eşitliğiyle çözülmüştür. Denklem 4.8 Haaland eşitliğini göstermektedir.

$$f = \left[\frac{-1}{1,8 \cdot \log \left[\frac{6,9}{Re_d} + \left(\frac{R_{pürüzlülük}}{3,7} \right)^{1,1} \right]} \right]^2 \quad (4.8)$$

$$P_{birimkayıp} = f \times \frac{\rho_{90} \times v_{boru}^2}{2 \times D_{boru}} \quad (4.9)$$

Burada:

f: Sürtünme katsayısı

$P_{birimkayıp}$: Birim basınç kaybı (Pa/m)

yukarıdaki denklemlere göre bölgenin toplam yükü için DN300 boru çapı için hesaplar aşağıda verilmiştir. İlerleyen bölümlerde her bir ana dağıtım hattı için yapılan hesaplamalarda ortaya çıkan değerler boru basınç kaybı ve akışkan hızı hesaplamalarında kullanılmış olup, hesaplanan bu değerler tablolarda özetlenmiştir.

$$Re_d = \frac{v_{boru} \times D_{boru}}{v_{90}}$$

$$Re_d = \frac{1,853840264 \cdot 0,3127}{0,000000326}$$

$$Re_d = 1.778.208,131$$

$$R_{pürüzlülük} = \frac{E_{pürüzlülük}}{D_{boru}}$$

$$R_{pürüzlülük} = \frac{0,05}{312,7}$$

$$R_{pürüzlülük} = 0,000159898$$

4.1.3.5 Isı Enerjisi Kaybı Hesabı

Toplam ısı enerjisi kaybını hesaplayabilmek için öncelikle 1 m boru boyu için ısı enerjisi kaybı hesabı yapıldı. Bunun için de bir ön-yalıtımlı boru firmasının standart tip boruları için verdiği 90 °C akışkan sıcaklığı için ısı enerjisi kayıp değerleri kullanıldı (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 90 °C akışkan sıcaklığı için anma çapına bağlı ısı enerjisi kaybı değerleri [40].

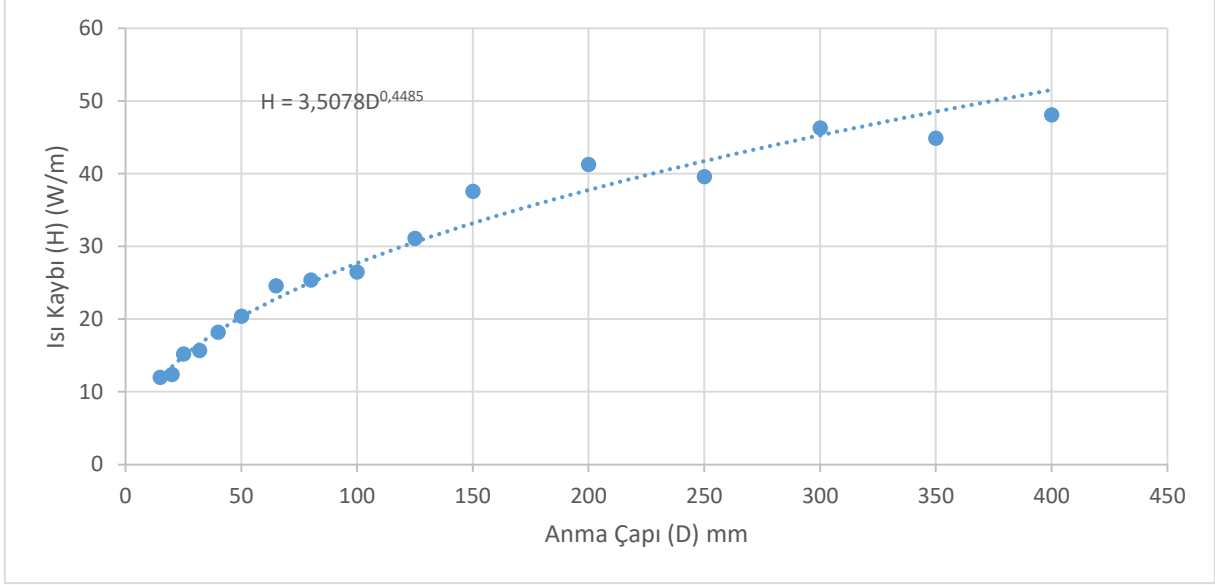
Siyah Boru Özellikleri		90 °C akışkan sıcaklığı için ısı enerjisi kaybı (H) W/m
Anma Çapı (D) mm	Et kalınlığı (mm)	
15	2,0	12,0
20	2,0	12,4
25	2,3	15,2
32	2,6	15,7
40	2,6	18,2
50	2,9	20,4
65	2,9	24,6
80	3,2	25,4
100	3,6	26,5
125	3,6	31,1
150	4,0	37,6
200	4,5	41,3
250	5,0	39,6
300	5,6	46,3
350	5,6	44,9
400	6,3	48,1

Yukarıdaki tabloda yer alan değerlere bağlı olarak, sistemde kullanılabilir olan büyük çaptaki boruların da ısı kayıplarını hesaplayabilmek için eğri uyduruldu (Şekil 4.20). Elde edilen fonksiyon hesaplamalarda kullanılarak istenilen boru çapı için 1 m borudaki ısı kaybı hesaplandı. Eğri uydurularak elde edilen denklem şu şekildedir.

$$H_{\text{kayıp}} = 3,5078 \cdot D_{\text{boru}}^{0,4485} \quad (4.10)$$

Burada :

$H_{\text{kayıp}}$: Birim boy borudaki ısı enerjisi kayıp değeridir.



Şekil 4.20 Boru çapına bağlı ısı enerjisi kaybı için eğri uydurma.

4.1.3.6 Pompa İstasyonu ve İşletme Basıncı Hesabı

BIS’da sıcak suyun konutlara ulaştırılması ve şebekede su sirkülasyonunu sağlamak için santrifüj pompalar kullanılmaktadır. Bu pompaların hat üzerinde konumlandırıldığı yerlere ise pompa istasyonu adı verilmektedir. Pompa istasyonlarında yer alan santrifüj pompalar şebeke ve bina alt istasyonlarında oluşan basınç kayıplarını yenecek şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 4.21 Pompa istasyonu [47].

BIS şebekesi tasarımı, en uzak kullanıcının gidiş-dönüş bağlantı hatları arasındaki basınç farkı en az 100 kPa olacak şekilde yapılarak, en son kullanıcıya kadar ısının iletilmesi garanti altına alınmıştır.

Çatalağzı Bölge Isıtma şebekesinde basınç sınıfı; iletim, dağıtım ve bağlantı hatları için 16 bardır. Şebeke içinde suyun buharlaşmasını engellemek için minimum basınç, sıcak gidiş suyunun buharlaşma basıncından fazla olmalıdır. Ayrıca, boru şebekesinin tamamen su ile dolması ve şebekenin hiçbir yerinde suyun buharlaşmaması için şebekedeki statik basıncın belli bir seviyede tutulması gerekir. Statik basınç, su sirkülasyonunun durması halinde en yüksek kottaki borularda buharlaşma olmayacak şekilde seçilmiştir. Çatalağzı BIS şebekesini kapsayan bölgeler için, şebekenin en alçak noktası ile en yüksek noktası arasında yaklaşık 50 m'lik kot farkı vardır. Basıncın en düşük olduğu ve suyun buharlaşma riskinin en fazla olduğu yerler pompa girişleri ve şebekenin en yüksek yerindeki bina alt istasyonlarının girişleridir. Bu noktalardaki basınçlar, su buharlaşması dikkate alınarak en az 100 kPa olacak şekilde hesaplanmıştır. Şebeke boyunca basınç regülasyonunun frekans konvertörlü pompalarla sağlanacağı öngörülmüştür.

4.1.3.7 İşletme Basıncı Hesabı

Toplam işletme basıncı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$P_{\text{işletme}} = P_{\text{doyma}} + P_{\text{son}} + P_{\text{emniyet}} + P_{\text{kot}} + P_{\text{kayıp}} \quad (4.11)$$

Burada:

$P_{\text{işletme}}$: Sistem işletme basıncı;

$P_{\text{kayıp_topl}} : Sistem toplam basınç kaybı (kPa).$

İşletme basıncı için sınır değer 16 bar olduğu için eğer işletme basıncı bu değer üzerine çıkarsa pompa istasyonu sayısı artırılır. Pompa istasyonu sayısı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$N_{\text{pompa sayısı}} = \frac{P_{\text{işletme}}}{P_{\text{limit}}} \quad (4.12)$$

$N_{\text{pompa sayısı}}$: Pompa istasyonu sayısıdır (adet).

4.1.3.8 Pompa Güç Hesabı

Pompa güç hesabı aşağıdaki şekilde yapıldı.

$$N_{\text{pompa}} = \dot{V}_{\text{boru}} \cdot \rho_{90} \cdot g \cdot \Delta P \quad (4.13)$$

Burada:

N_{pompa} : Pompa gücü (W)

\dot{V}_{boru} : Akışkan hacimsel debisi (m^3/sn)

ΔP : Basınç farkı (mSS)

4.1.3.9 Boru Hattı İçin Kanal Hesabı

Kanal hesabı için bölge ısıtma sistemi uygulayıcılarının değerleri kullanıldı (Çizelge 4.9 İzobor). Hesapları basitleştirmek için kanal kesiti dikdörtgen alındı.

Çizelge 4.9 Kazı kesit alanı bilgileri [40].

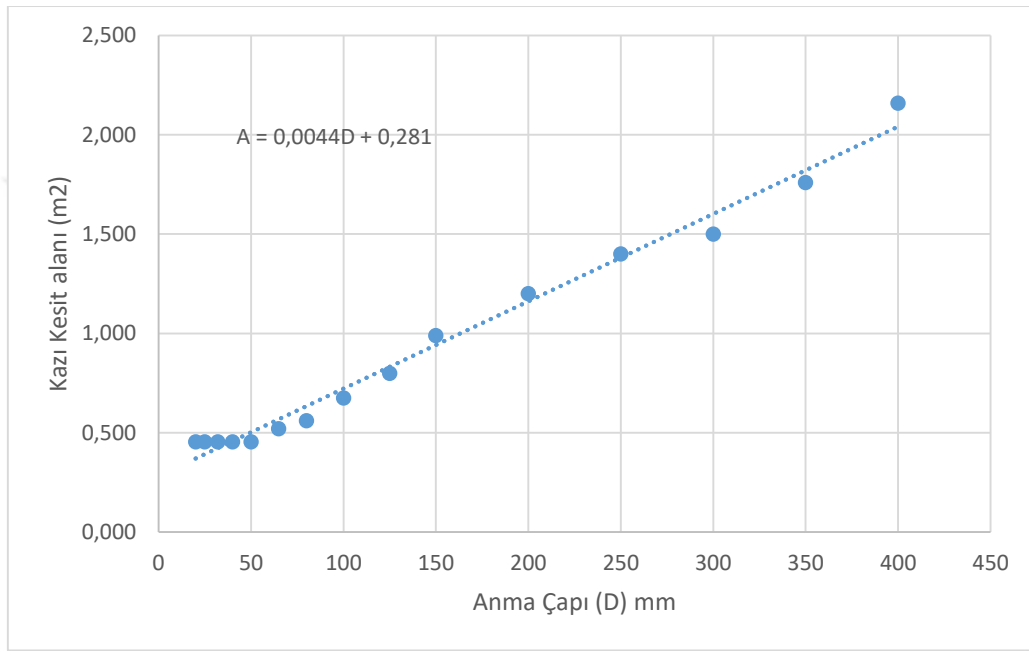
Anma Çapı, (D) mm	W, m	D, m	A _{kazı} , m ²
20	0,7	0,65	0,455
25	0,7	0,65	0,455
32	0,7	0,65	0,455
40	0,7	0,65	0,455
50	0,7	0,65	0,455
65	0,8	0,65	0,520
80	0,8	0,7	0,560
100	0,9	0,75	0,675
125	1,0	0,8	0,800
150	1,1	0,9	0,990
200	1,2	1,0	1,200
250	1,4	1,0	1,400
300	1,5	1,0	1,500
350	1,6	1,1	1,76
400	1,8	1,2	2,160

Bu değerler kullanılarak daha büyük çaptaki boruların toprak altına gömülmesi için gereken kazı alanının hesaplanabilmesi için eğri uyduruldu (Şekil 4.22).

$$A_{\text{kazı}} = 0,0044 \cdot D_{\text{boru}} + 0,281 \quad (4.14)$$

Burada:

$$A_{\text{kazı}} = \text{Kazı kesit alanı (m}^2\text{)}$$



Şekil 4.22 Kesit alanı hesabı için eğri uydurma

4.1.4 Bölge Isıtma Sisteminin Modellenmesi

Bölge ısıtma sisteminin gerçek uygulaması için detaylı çalıŐmalar gerekmektedir. Bu çalışmada ısıtma sisteminin yapılabilirliğini göstermek adına kullanımı kolay, hızlı ve gerçeğe çok yaklaşık sonuçlar veren bir model oluŐturulup değerlendirme yapıldı. Bu amaçla bazı kabuller yapılarak bölge ısıtma modeli oluŐturuldu.

4.1.4.1 Konut Sayısı

Bina sayısı için çalışmanın ilk bölümünde belirtilen TÜİK'den alınan verilerle hesaplanan 3.750 konut değeri kabul edilmiştir. Çalışmanın bundan sonraki kısmında Çatalağzı bölgesinin tümünü kapsayan ısıtma sistemi için konut sayısı hep 3.750 olarak alınmıştır.

4.1.4.2 Boru Hattı Boyları

Aşağıda Çatalağzı bölgesinde kurulması düşünülen bölgesel ısıtma sisteminin, faydalanacak olan mahallelere göre iletim hattı ve ana dağıtım hatlarının yaklaşık yerleri gösterilmektedir. Hesaplamalarda ana dağıtım hattının uzunluğu ve iletim hatlarının uzunluğu Google Earth üzerinden alınan verilere göre hesaplanmıştır.

Kırımsa Mahallesi ve Kırurdan mahallesi merkezden çok uzak olduğundan ve bölgedeki yerleşim az miktarda olduğundan bu mahalleler ısıtma sistemine dahil edilmemiştir.

Bina dağıtım hatlarına karar verebilmek için binaların iletim hattı üzerinde doğrusal ve düzgün konumlandığı varsayılmıştır. Binaların yoğunluğu ise Kuzyaka, Cumayanı, Doğancılar ve Hacıoğlu Mahallelerinde 1 birim Merkez Mahallesinde ise hem yerleşim oranının fazla olmasından hem de kamu binalarının fazlalığından dolayı 4 birim kabul edilmiştir.

Yapılan kabuller ve ölçümler Çizelge 4.10'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.10 İletim ve dağıtım hattı uzunlukları

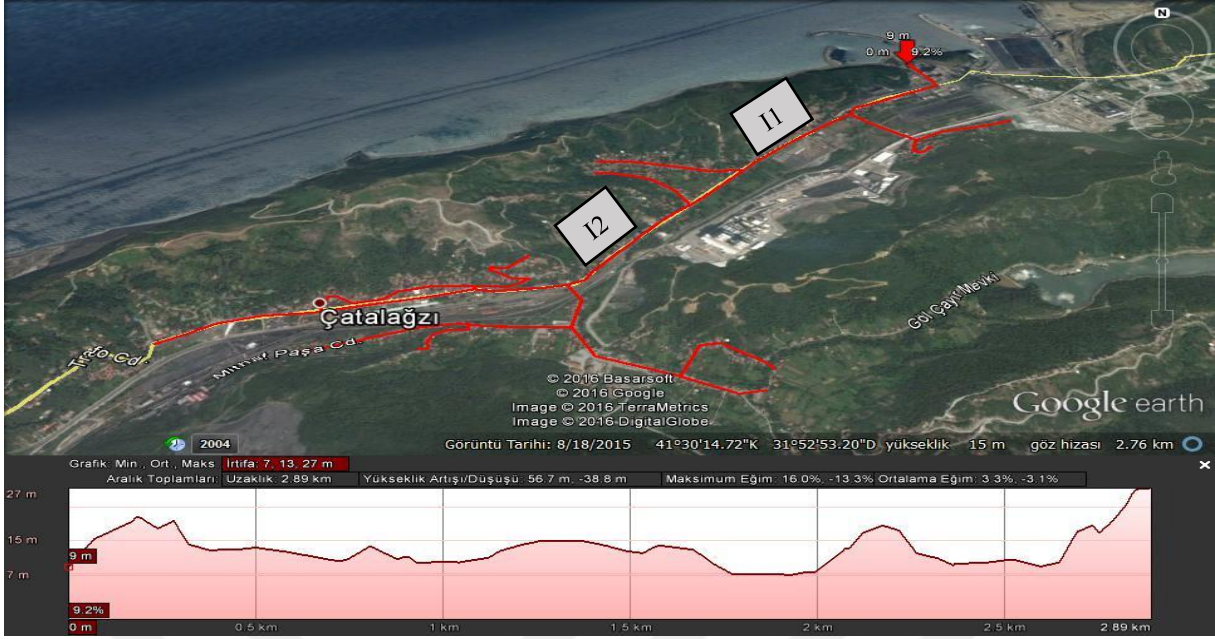
No	Tanım	Değer	Birim
I1	İletim Hattı	2000	metre
I2	İletim Hattı (2)	1000	metre
K1	Kuzyaka Ana Dağıtım Hattı	375	metre
K2	Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 1	375	metre
K3	Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 2	250	metre
K4	Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	250	metre
D1	Doğancılar 1 Ana Dağıtım Hattı	250	metre
D2	Doğancılar 1 Ana Dağıtım Hattı (2)	250	metre
D3	Doğancılar 2 Ana Dağıtım Hattı	250	metre
D4	Doğancılar 2 Ana Dağıtım Hattı (2)	250	metre
HC1	Hacıoğlu-Cumayanı Ana Dağıtım Hattı	300	metre
C1	Cumayanı Ana Dağıtım Hattı	500	metre
C2	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 1	250	metre
C3	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 1 (2)	200	metre
C4	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 2	150	metre
C5	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	150	metre
H1	Hacıoğlu Ana Dağıtım Hattı	300	metre
H2	Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 1	300	metre
H3	Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 2	350	metre
H4	Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	350	metre
M1	Merkez Ana Dağıtım Hattı	300	metre
M2	Merkez 1 Ana Dağıtım Hattı	500	metre
M3	Merkez 1 Ana Dağıtım Hattı (2)	500	metre
M4	Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı	750	metre
M5	Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı (2)	500	metre
-	Kuzayaka Konut Yoğunluğu	468	Adet
-	Doğancılar 1 Konut Yoğunluğu	234	Adet
-	Doğancılar 2 Konut Yoğunluğu	234	Adet
-	Cumayanı Konut Yoğunluğu	468	Adet
-	Hacıoğlu Konut Yoğunluğu	468	Adet
-	Merkez 1 Konut Yoğunluğu	1252	Adet
-	Merkez 2 Konut Yoğunluğu	626	Adet
B	Bina Dağıtım Hattı Uzunluğu	50	metre
-	Maksimum Kot Farkı	50	metre
-	Bir apartmandaki eşdeğer konut sayısı	10	Adet



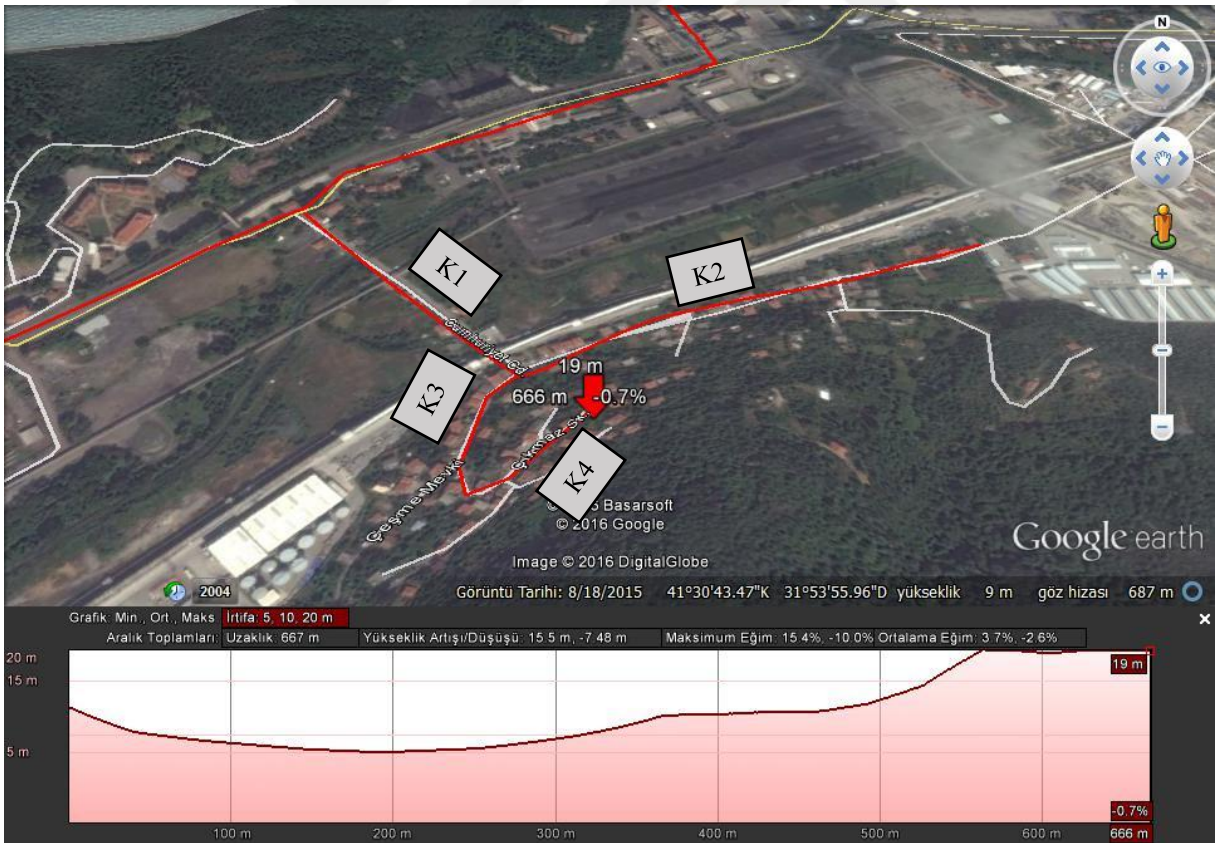
Şekil 4.23 Çatalağzı BIS iletim ve dağıtım hatları



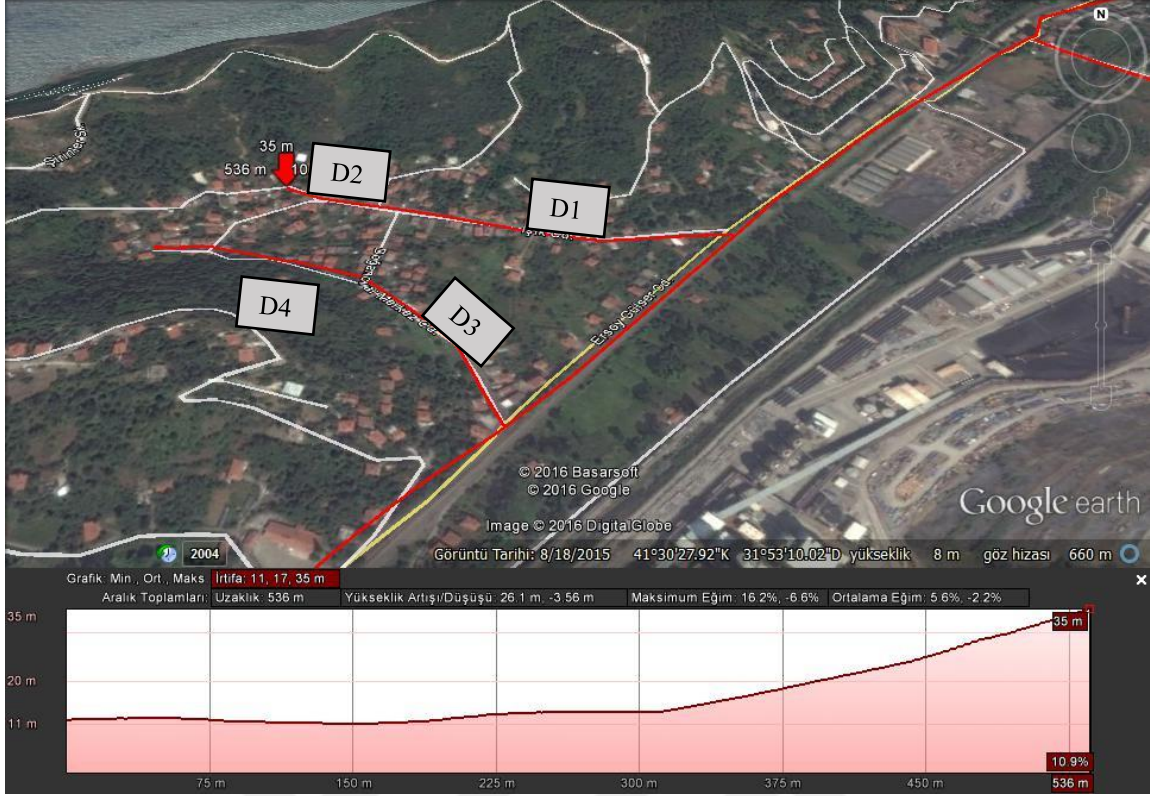
Şekil 4.24 Çatalağzı BIS merkez dağıtım hatları



Şekil 4.25 Çatalağzı BIS iletim hattı rotası ve yükseklik profili



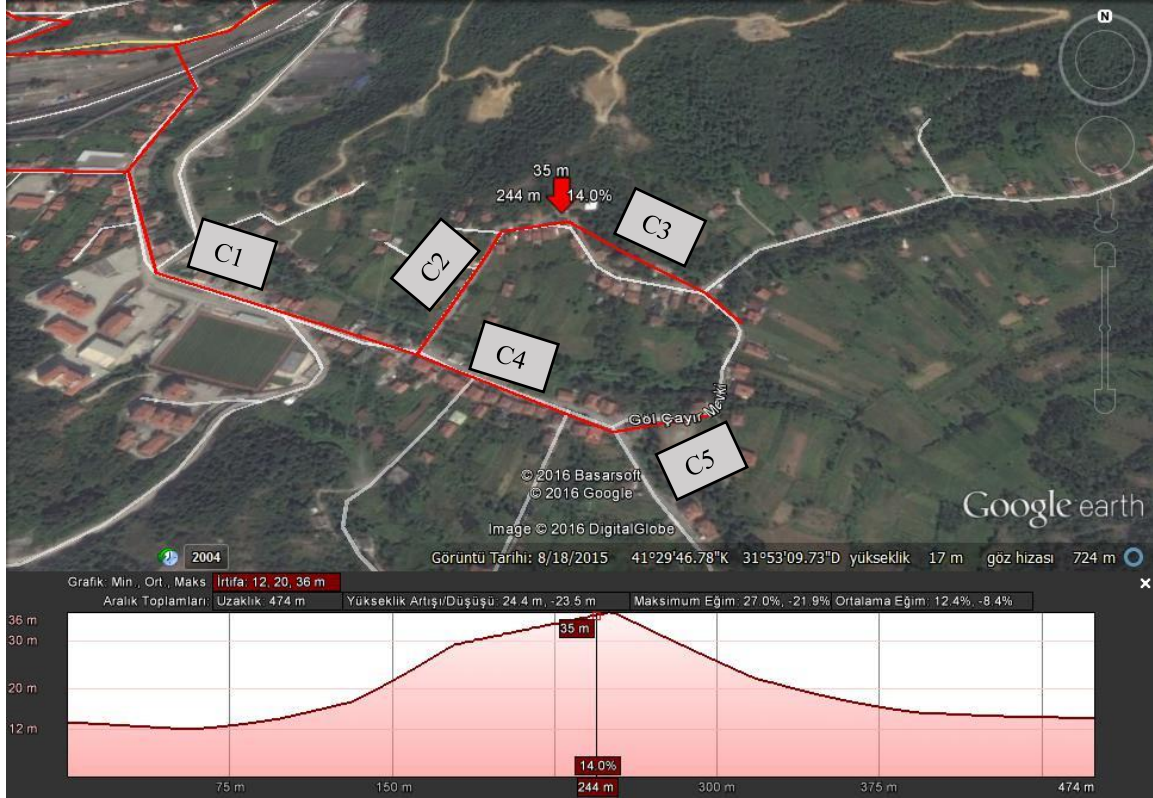
Şekil 4.26 Çatalağzı BIS Kuzyaka dağıtım hattı ve yükseklik profili



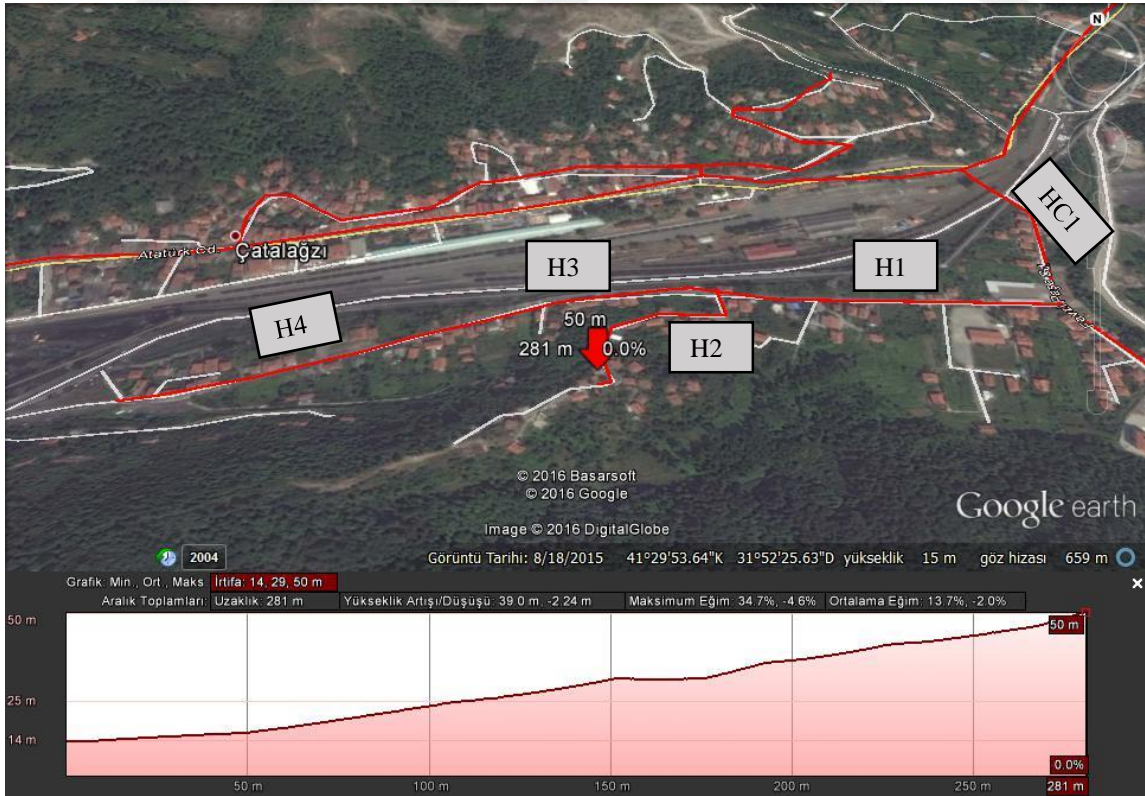
Şekil 4.27 Çatalağzı BIS Doğancılar 1 dağıtım hattı ve yükseklik profili.



Şekil 4.28 Çatalağzı BIS Doğancılar 2 dağıtım hattı ve yükseklik profili.



Şekil 4.29 Çatalağzı BIS Cumayanı dağıtım hattı ve yükseklik profili.



Şekil 4.30 Çatalağzı BIS Hacıoğlu dağıtım hattı ve yükseklik profili.

4.1.4.3 Basınç Kaybı, Akışkan Hızı ve Boru Çapı Hesabı

Basınç kaybının daha önce 100 Pa/m olarak kabul edildiği belirtilmişti. Akışkan Hızı da bu değere bağlı olarak hesaplandı. Daha önceden bahsedilen bütün eşitlikler Excel'e girildikten sonra basınç kaybını 100 Pa/m yapan hız değeri hesaplandı. Sonrasında ise iletim hattı, ana dağıtım hatları ve bina dağıtım hatlarının ayrı ayrı çapları hesaplandı. Bulunan çap değerleri piyasadaki standart üretim olan borularda en yakın çap değerine göre seçildi. Yapılan hesaplamalar sonucunda her bir hat için çıkan boru çapı değerleri, düzeltilmiş akışkan hızı ve basınç kaybı değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Çatalağzı BIS her bir hat için çıkan boru çapı değerleri, düzeltilmiş akışkan hızı ve basınç kaybı değerleri

No	Hat Adı	Çap (DN)	Akışkan Hızı (m/s)	Basınç Kaybı (Pa/m)
I1	İletim Hattı	300	1,85	73,9
I2	İletim Hattı (2)	300	1,54	51,8
K1	Kuzyaka Ana Dağıtım Hattı	150	0,98	47,5
K2	Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 1	100	1,1	96,9
K3	Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 2	100	1,1	96,9
K4	Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	80	0,92	95,8
D1	Doğancılar 1 Ana Dağıtım Hattı	100	1,1	96,9
D2	Doğancılar 1 Ana Dağıtım Hattı (2)	80	0,92	95,8
D3	Doğancılar 2 Ana Dağıtım Hattı	100	1,1	96,9
D4	Doğancılar 2 Ana Dağıtım Hattı (2)	80	0,92	95,8
HC1	Hacıoğlu-Cumayanı Ana Dağıtım Hattı	200	1,14	46,0
C1	Cumayanı Ana Dağıtım Hattı	150	0,98	47,5
C2	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 1	100	1,1	96,9
C3	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 1 (2)	80	0,92	95,8
C4	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 2	100	1,1	96,9
C5	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	80	0,92	95,8
H1	Hacıoğlu Ana Dağıtım Hattı	150	0,98	47,5
H2	Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 1	65	0,85	98,9
H3	Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 2	125	1,19	88,2
H4	Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	100	0,91	68,0
M1	Merkez Ana Dağıtım Hattı	250	1,46	56,9
M2	Merkez 1 Ana Dağıtım Hattı	200	1,52	81,2
M3	Merkez 1 Ana Dağıtım Hattı (2)	150	1,30	83,7
M4	Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı	150	1,30	83,7
M5	Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı (2)	125	0,96	57,5
B	Bina Hattı	32	0,39	49,4

4.1.4.4 İşletme Basıncı Hesabı

Her boru hattı için hesaplanan birim basınç kaybı değerine göre en uzun boru hattındaki toplam basınç kaybı hesaplanır sonrasında ise daha önce verilen Denklem 4.11 ile işletme basıncı hesaplanır.

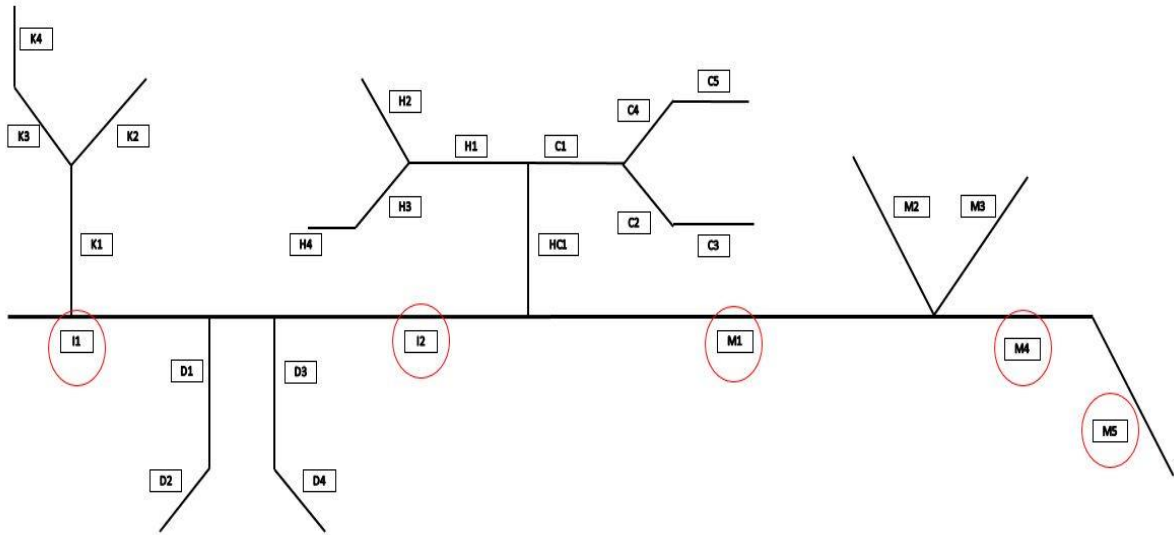
Her boru hattı için hesaplanan basınç kaybı değeri ve kritik hattaki basınç kaybı değeri ile işletme basıncı Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Hat uzunlukları, çapları ve basınç kayıpları.

No	Hat	Çap DN	Uzunluk (m)		Birim Basınç Kaybı (Pa/m)	Hat Basınç Kaybı (kPa)
			Gidiş	Dönüş		
I1	İletim Hattı	300	2000	2000	73,9	295,7
I2	İletim Hattı (2)	300	1000	1000	51,8	103,5
K1	Kuzyaka Ana Dağıtım Hattı	150	375	375	47,5	35,6
K2	Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 1	100	375	375	96,9	72,7
K3	Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 2	100	250	250	96,9	48,4
K4	Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	80	250	250	95,8	47,9
D1	Doğancılar 1 Ana Dağıtım Hattı	100	250	250	96,9	48,4
D2	Doğancılar 1 Ana Dağıtım Hattı (2)	80	250	250	95,8	47,9
D3	Doğancılar 2 Ana Dağıtım Hattı	100	250	250	96,9	48,4
D4	Doğancılar 2 Ana Dağıtım Hattı (2)	80	250	250	95,8	47,9
HC	Hacıoğlu-Cumayanı Ana Dağıtım Hattı	200	300	300	46,0	27,6
C1	Cumayanı Ana Dağıtım Hattı	150	500	500	47,5	47,5
C2	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 1	100	250	250	96,9	48,4
C3	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 1 (2)	80	200	200	95,8	38,3
C4	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 2	100	150	150	96,9	29,1
C5	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	80	150	150	95,8	28,7
H1	Hacıoğlu Ana Dağıtım Hattı	150	300	300	47,5	28,5
H2	Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 1	65	300	300	98,9	59,4
H3	Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 2	125	350	350	88,1	61,7
H4	Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	100	350	350	68,0	47,6
M1	Merkez Ana Dağıtım Hattı	250	300	300	56,9	34,1
M2	Merkez 1 Ana Dağıtım Hattı	200	500	500	81,2	81,2
M3	Merkez 1 Ana Dağıtım Hattı (2)	150	500	500	83,7	83,7
M4	Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı	150	750	750	83,7	125,5
M5	Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı (2)	125	500	500	57,5	57,5
B	Bina Hattı	32	50	50	49,4	4,9

Kritik hat, İletim Hattı (I1), İletim Hattı (2)(I2) ve devamındaki Merkez Ana Dağıtım Hattı (M1), Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı (M4), Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı (2) (M5) ve Bina

hattından oluşan rotadır. Şekil 4.23’de bu hatlar işaretlenmiştir. Ayrıca Şekil 4.13’de şematik olarak bütün hat yapısı gösterilmiş ve kritik hat numaraları daire içine alınarak belirtilmiştir. Bu rotadaki basınç kaybı ve diğer kabul edilen değerler daha önce verilen işletme basıncı hesaplama formülünde yerlerine yazıldığında işletme basıncı bulunacaktır. Ayrıca hat üzerinde kullanılacak olan dirsekler, valfler, çek valfler vb. elemanlar için basınç kayıpları hesaplamaya dahil edilmelidir. Çizelge 4.13’de kullanılan bağlantı elemanları ve vanalar için çapa ve akış hızına bağlı olarak oluşacak kayıplar için kullanılan katsayı ve formül verilmektedir [48]. II hattında kullanılacak olan bir adet dirsek için hesaplamalar aşağıda yapılmıştır. Kritik hat üzerinde bulunan diğer elemanlar için yapılan hesaplar sonucu elde edilen değerler ise Çizelge 4.14’de verilmiştir.



Şekil 4.31 Kritik hat ve şematik sistem gösterimi.

Çizelge 4.13 Dirsek, vana, t bağlantılar ve valfler için basınç kaybı değerleri [48].

Boru Bağlantı Elemanları ve Vanalardaki Basınç Kayıpları														
K Direnç Katsayısı Kullanımı ile ($h_f = K v^2 / 2g$)														
Bağlantı Elemanı - Vana	LD	Nominal Boru Çapı (inch)												
		½	¾	1	1¼	1½	2	2½-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
		K Değeri												
Açılı Vana	55	1.48	1.38	1.27	1.21	1.16	1.05	0.99	0.94	0.83	0.77	0.72	0.66	
Açılı Vana	150	4.05	3.75	3.45	3.30	3.15	2.85	2.70	2.55	2.25	2.10	1.95	1.80	
Küresel Vana	3	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	
Kelebek Vana							0.86	0.81	0.77	0.68	0.63	0.35	0.30	
Gate Vana	8	0.22	0.20	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	
Globe Vana	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1	
Konik Vana	90	2.43	2.25	2.07	1.98	1.89	1.71	1.62	1.53	1.35	1.26	1.17	1.08	
Konik Vana Düz Geçişli	18	0.48	0.45	0.41	0.40	0.38	0.34	0.32	0.31	0.27	0.25	0.23	0.22	
Konik Vana 3 Yollu	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36	
Standart Dirsek	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	Uzun Çap 90°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
Kapalı Geri Dönüş Dirseği	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.90	0.85	0.75	0.70	0.65	0.60	
Standart Tee	Düz Akış	20	0.54	0.50	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24
		60	1.62	1.50	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.90	0.84	0.78	0.72
90 bükme Boru Bükme Borular Flanşlı Dirsekler Kaynaklı Dirsekler	r/d=1	20	0.54	0.50	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24
	r/d=2	12	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14
	r/d=3	12	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14
	r/d=4	14	0.38	0.35	0.32	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17
	r/d=6	17	0.46	0.43	0.39	0.37	0.36	0.32	0.31	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20
	r/d=8	24	0.65	0.60	0.55	0.53	0.50	0.46	0.43	0.41	0.36	0.34	0.31	0.29
	r/d=10	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	r/d=12	34	0.92	0.85	0.78	0.75	0.71	0.65	0.61	0.58	0.51	0.48	0.44	0.41
	r/d=14	38	1.03	0.95	0.87	0.84	0.80	0.72	0.68	0.65	0.57	0.53	0.49	0.46
	r/d=16	42	1.13	1.05	0.97	0.92	0.88	0.80	0.76	0.71	0.63	0.59	0.55	0.50
	r/d=18	45	1.24	1.15	1.06	1.01	0.97	0.87	0.83	0.78	0.69	0.64	0.60	0.55

Çizelge 4.14 Dirsek, vana, t bağlantılar ve çek valfler için basınç kaybı hesabı. (Bu çizelgede ondalık ayrıracı olarak nokta işareti kullanılmıştır.)

Boru Kısmı	Debi (m ³ /s)	Boru İç Çapı (mm)	Akış Hızı (m/s)	Kısım Boyu (m)	Sürtünme Katsayısı	Düz Boru Basınç Kaybı (kPa)	Yerel Direnç Elemanları	Yerel Direnç Elemanı Çapı (mm)	Yerel Direnç Elemanı Sayısı (adet)	Yerel Bağlantı Elemanı Basınç Kayıpları (kPa)	Toplam Basınç Kaybı (kPa)
a	c	d	e	f	g	h	i	j	k	m	n=h+m
I1	0,14237	312,7	1,85	4000,0	0,013939	295,60	90° Dirsek	300,0	4	2,7	
							45° Dirsek	300,0	6	2,2	
							T Ayrılma	300,0	6	2,7	
							Vana	300,0	10	75,3	
TOPLAM						295,60				82,8	378,4
I2	0,11870	312,7	1,55	2000	0,014039	103,60	90° Dirsek	300,0	0	0,0	
							45° Dirsek	300,0	4	1,0	
							T Ayrılma	300,0	2	0,6	
							Vana	300,0	4	21,1	
TOPLAM						103,60				22,8	126,4
M1	0,07922	263,0	1,46	600,0	0,014573	34,14	90° Dirsek	250,0	2	0,9	
							45° Dirsek	250,0	4	0,9	
							T Ayrılma	250,0	2	0,6	
							Vana	250,0	4	20,5	
TOPLAM						34,14				22,9	57,0
M4	0,02640	160,3	1,31	1500,0	0,016241	125,55	90° Dirsek	150,0	0	0,0	
							45° Dirsek	150,0	4	0,8	
							T Ayrılma	150,0	0	0,0	
							Vana	150,0	2	8,7	
TOPLAM						125,55				9,6	135,1
M5	0,01320	132,5	0,97	1000,0	0,017221	57,50	90° Dirsek	125,0	0	0,0	
							45° Dirsek	125,0	4	0,5	
							T Ayrılma	125,0	0	0,0	
							Vana	125,0	4	10,3	
TOPLAM						57,50				10,7	68,2
B	0,0004	37,2	0,39	100,0	0,025276	4,94	90° Dirsek	32,0	4	0,2	
							45° Dirsek	32,0	4	0,1	
							T Ayrılma	32,0	4	0,1	
							Vana	32,0	4	2,3	
TOPLAM						4,94				2,7	7,7
GENEL TOPLAM						621,33					772,8

Bağlantı Elemanları ve vanalardaki basınç kaybı Çizelge 4.13 kullanılarak Denklem 4.15 ile hesaplanabilir.

$$hf = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (4.15)$$

Burada:

hf = Bağlantı elemanı veya vanada meydana gelen basınç kaybı (mSS)

K = Çapa ve cinse bağlı katsayı (birimsiz)

v = Akışkanın hızı (m/s)

g = Yerçekimi ivmesi (9,81 m/s²)

İletim hattı (1) I1 kısmındaki boruda kullanılacak olan 90 derecelik dirsek bağlantı elemanı ile ilgili hesap aşağıda gösterilmiştir.

II hattındaki boru çapı DN300 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla bu hat üzerinde DN300'lük bir dirsek kullanılacaktır. Çizelge 4.13'den DN300'lük 90 derecelik dirsek için K değeri okunur ise bu değer 0,39 olduğu görülecektir. II hattındaki akış hızı Çizelge 4.11'den 1,85 m/s olarak belirtilmiştir.

$$h_f = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$h_f = 0,39 \cdot \frac{1,85^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_f = 0,06803 \text{ mSS}$$

$$1 \text{ mSS} = 9,806 \text{ kPa}$$

$$h_f = 0,06803 \cdot 9,806 = 0,667 \text{ kPa}$$

Kritik hattaki diğer elemanlarda oluşan kayıp bu şekilde hesaplanmış ve Çizelge 4.14'de belirtilmiştir.

Hesaplanan toplam hat basınç kaybı değeri işletme basıncının hesaplanabilmesi için denklemde yerine yazılıp aşağıdaki şekilde işletme basıncı hesaplanmıştır.

$$P_{\text{işletme}} = P_{\text{doyma}} + P_{\text{son}} + P_{\text{emniyet}} + P_{\text{kot}} + P_{\text{kayıp}}$$

$$P_{\text{işletme}} = 70,2 + 100 + 50 + 500 + 772,8$$

$$P_{\text{işletme}} = \mathbf{1493,00 \text{ kPa}}$$

İşletme basıncı için sınır değeri 16 bar olduğundan 1 adet pompa istasyonu yeterlidir.

Birim boru boyu başına ısı enerjisi kaybı Çizelge 4.8'e göre, Çatalağzı BIS sisteminde kullanılan boru çapları ve boru boylarına göre hesaplanmıştır. Yapılan hesaplar Çizelge 4.15'de belirtilmiş olup değerler hesaplandığında kayıp için daha önce kabul edilen %6 değerine yakın olduğu görülmüştür. Bu yüzden hesaplar kabul edilen kayıp oranı üzerinden yapılmıştır.

Çizelge 4.15 Çatalağzı BIS her bir hat için çıkan toplam boru ısı kaybı.

No	Hat Adı	Çap (DN)	Uzunluk (metre)	Isı Kaybı (kW)
I1	İletim Hattı	300	4000	185,200
I2	İletim Hattı (2)	300	2000	92,600
K1	Kuzyaka Ana Dağıtım Hattı	150	750	28,200
K2	Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 1	100	750	19,875
K3	Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 2	100	500	13,250
K4	Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	80	500	12,700
D1	Doğancılar 1 Ana Dağıtım Hattı	100	500	13,250
D2	Doğancılar 1 Ana Dağıtım Hattı (2)	80	500	12,700
D3	Doğancılar 2 Ana Dağıtım Hattı	100	500	13,250
D4	Doğancılar 2 Ana Dağıtım Hattı (2)	80	500	12,700
HC1	Hacıoğlu-Cumayanı Ana Dağıtım Hattı	200	600	24,780
C1	Cumayanı Ana Dağıtım Hattı	150	1000	37,600
C2	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 1	100	500	13,250
C3	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 1 (2)	80	400	10,160
C4	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 2	100	300	7,950
C5	Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	80	300	7,620
H1	Hacıoğlu Ana Dağıtım Hattı	150	600	22,560
H2	Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 1	65	600	14,760
H3	Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 2	125	700	21,770
H4	Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	100	700	18,550
M1	Merkez Ana Dağıtım Hattı	250	600	23,760
M2	Merkez 1 Ana Dağıtım Hattı	200	1000	41,300
M3	Merkez 1 Ana Dağıtım Hattı (2)	150	1000	37,600
M4	Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı	150	1500	56,400
M5	Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı (2)	125	100	3,110
B	Bina Hattı	32	37500	588,750
	TOPLAM			1333,645

4.2 EKONOMİK ANALİZ

Maliyetler ile ilgili hesaplamalar bu bölümde yapıldı.

4.2.1 Ekonomik Hesaplar İçin Yapılan Kabuller

Sistem ile ilgili ilk yatırım, kurulum, işletme ve bakım maliyetlerinin hesaplanabilmesi için bazı kabuller yapıldı. Yapılan kabuller Çizelge 4.16'da özetlenmiştir. Ayrıca sistem için herhangi bir kamulaştırma maliyeti öngörülmemiştir. Sistem'de kullanılacak buhar kömür yakıtlı Çatalağzı Termik Santralinden karışılacağı için MW_t başına birim ısı üretim maliyeti piyasa koşullarında verim, kömür maliyeti, işletme, bakım onarım giderleri vs. dahil edilerek genel

Çokoksen'in 2010 [49] yılında hazırlamış olduğu tezinden her yıl için %5 eskale edilerek 0,032 TL/kWh kabul edilmiştir.

Karşılaştırma için doğalgazla ısıtma değerlendirildiğinden doğalgaz birim fiyatı Zonguldak doğalgazını sağlayan firma olan Akmercan Gaz'ın web sitesinden [50] alınmıştır. Fiyatlara KDV eklenmemiştir.

Çizelge 4.16 Sistem ile ilgili ilk yatırım, kurulum, işletme ve bakım maliyetlerinin hesaplanabilmesi için yapılan kabuller.

Değişken	Değeri		Açıklama
C _{kamu}	0	TL/m ²	Kamulaştırma birim maliyeti
C _{ısı}	0,032	TL/kW _t h	Santral birim ısı enerji maliyeti [49]
C _{elektrik}	0,22	TL/kW _e h	Santral birim elektrik enerjisi maliyeti
C _{bakım}	6	TL/MW _t h	Birim bakım masrafı [49]
C _{doğalgaz}	0,0822	TL/kW _t h	Doğalgaz birim maliyeti[50]
L _{birim}	6	M	Birim boru boyu
h	8760	Saat	Yıllık işletme süresi
A _{kamu}	0	m ²	Kamulaştırma alanı
n	30	Yıl	Sistem ömrü
i	10	%	Faiz oranı
r	12	%	İskonto oranı
e _{ısı}	5	%	Isı eskalasyon oranı
e _{elektrik}	5	%	Elektrik eskalasyon oranı
e _{bakım}	5	%	Bakım eskalasyon oranı
e _{satış}	5	%	Isı satış eskalasyon oranı

Bakım maliyeti Çokoksen'in yüksek lisans tezinden alınmıştır [49]. Elektrik birim fiyatı ise nihai tüketici faturasından hesaplanarak elde edilmiştir. Birim ısı enerjisi ise varsayılan olarak tablodaki değer kabul edilmiştir.

4.2.2 İlk Yatırım Masrafları

4.2.2.1 Boru ve Birleştirme Seti Masrafları

İlk yatırım masrafları hesaplanırken öncelikle bu porsiyon içinde en büyük yeri tutan boru masrafları hesaplanmıştır. Bu hesaplamanın yapılabilmesi için TÜBİTAK MAM

çalışmasındaki birim boru maliyetlerinin fiyatları kullanılmıştır. Çizelge 4.17’de boru fiyatları, Çizelge 4.18’de ise birleşme setlerinin fiyatları görülmektedir.

Çizelge 4.17 Anma çapına göre birim boru maliyeti [20].

Anma Çapı (mm)	Birim Boru Maliyeti (TL/m)
20	9,8
25	11,37
32	15,05
40	15,77
50	20,36
65	24,56
80	30,84
100	44,92
125	57,4
150	67,6
200	91
250	144,03
300	179,3
350	211
400	261,3
500	373,5
600	467,93
700	541,03

Çizelge 4.18 Anma Çapına göre birleştirme seti maliyeti [20].

Anma Çapı (mm)	Birleşme Seti Maliyeti (TL/ad)
20	10,28
25	10,22
32	11,37
40	11,45
50	13,02
65	14,68
80	16,56
100	27,56
125	30,90
150	35,24
200	37,21
250	69,00
300	79,00
400	127,41
500	188,01
600	221,05
700	263,18

Çizelge 4.19 Çatalağzı BIS Boru ve Birleştirme Seti Maliyeti

Hat Adı	Çap DN	Uzunluk (m)	Birim Boru Fiyatı (TL/m)	Toplam Boru Maliyeti (TL)	Birleş. Seti (adet)	Birleş. Seti Fiyatı (TL/ad)	Birleş. Seti Toplam Fiyatı (TL)	Toplam
İletim Hattı	300	4000	179,3	717.200	667	79	52.693	769.893
İletim Hattı (2)	300	2000	179,3	358.600	334	79	26.386	384.986
Kuzyaka Ana Dağıtım Hattı	150	750	67,6	50.700	125	35,24	4.405	55.105
Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 1	100	750	44,92	33.690	125	27,56	3.445	37.135
Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 2	100	500	44,92	22.460	84	27,56	2.315	24.775
Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	80	500	30,84	15.420	84	16,56	1.391	16.811
Doğancılar 1 Ana Dağıtım Hattı	100	500	44,92	22.460	84	27,56	2.315	24.775
Doğancılar 1 Ana Dağıtım Hattı (2)	80	500	30,84	15.420	84	16,56	1.391	16.811
Doğancılar 2 Ana Dağıtım Hattı	100	500	44,92	22.460	84	27,56	2.315	24.775
Doğancılar 2 Ana Dağıtım Hattı (2)	80	500	30,84	15.420	84	16,56	1.391	16.811
Hacıoğlu-Cumayanı Ana Dağıtım Hattı	200	600	91	54.600	100	37,21	3.721	58.321
Cumayanı Ana Dağıtım Hattı	150	1000	67,6	67.600	167	35,24	5.885	73.485
Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 1	100	500	44,92	22.460	84	27,56	2.315	24.775
Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 1 (2)	80	400	30,84	12.336	67	16,56	1.110	13.446
Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 2	100	300	44,92	13.476	50	27,56	1.378	14.854
Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	80	300	30,84	9.252	50	16,56	828	10.080
Hacıoğlu Ana Dağıtım Hattı	150	600	67,6	40.560	100	35,24	3.524	44.084
Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 1	65	600	24,56	14.736	100	14,68	1.468	16.204
Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 2	125	700	57,4	40.180	117	30,9	3.615	43.795
Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	100	700	44,92	31.444	117	27,56	3.225	34.669
Merkez Ana Dağıtım Hattı	250	600	144,03	86.418	100	69	6.900	93.318
Merkez 1 Ana Dağıtım Hattı	200	1000	91	91.000	167	37,21	6.214	97.214
Merkez 1 Ana Dağıtım Hattı (2)	150	1000	67,6	67.600	167	35,24	5.885	73.485
Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı	150	1500	67,6	101.400	250	35,24	8.810	110.210
Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı (2)	125	100	57,4	5.740	17	30,9	525	6.265
Bina Hattı	32	37500	15,05	564.375	6250	11,37	71.063	635.438
TOPLAM								

Maliyet hesaplamalarında boru ve birleştirme elemanlarında % 5 fire verileceği öngörülmüştür. Yapılan tüm hesaplamalarda fiyatlara KDV dahil edilmemiştir. Kullanılacak olan dirsek, tee vs. gibi bağlantı elemanlarının tutarı genel tecrübeyle kabul gören toplam bedelin %45 i olacak

şekilde hesaplanmıştır. Bu verilere göre oluşturulan toplam malzeme tutarı Çizelge 4.20’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.20 Boru hattı toplam maliyeti

Toplam Boru Maliyeti (TL)	2.621.857
Toplam Birleştirme Seti Maliyeti (TL)	235.738
Toplam Bağlantı Elemanı Maliyeti (TL)	1.285.918
Genel Toplam (TL)	4.143.513

4.2.2.2 İşçilik ve Montaj Maliyeti Hesabı

İşçilik-montaj maliyetleri birim adet boru başına Çizelge 4.21’de verildi. Bu değerler çeşitli firmaların know-how olarak sahip olduğu verilerden ve yazarın iş tecrübelerinden sentezlenerek elde edilmiştir. Çatalağzı bölgesel ısıtma sistemi için hesaplanan boru uzunluklarının birim adet boru boyuna bölünmesi ve ilgili çap değerindeki tutarın çarpılmasıyla işçilik maliyetleri hesaplanmıştır. Hesaplanan işçilik Çizelge 4.22’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.21 Anma çapına göre birim boru işçilik maliyeti

Anma Çapı (mm)	Birim Boru İşçilik Maliyeti (TL/m)
20	11
25	11
32	11
40	11
50	13
65	17
80	20
100	25
125	32
150	40
200	44
250	50
300	65
350	73
400	84
500	106
600	115
700	125

Çizelge 4.22 Toplam boru işçilik maliyeti

Hat Adı	Çap DN	Uzunluk (m)	Birim İşçilik Fiyatı (TL/ad)	Toplam İşçilik Maliyeti (TL)
İletim Hattı	300	4000	65,00	260.000,00
İletim Hattı (2)	300	2000	65,00	130.000,00
Kuzyaka Ana Dağıtım Hattı	150	750	40,00	30.000,00
Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 1	100	750	25,00	18.750,00
Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 2	100	500	25,00	12.500,00
Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	80	500	20,00	10.000,00
Doğancılar 1 Ana Dağıtım Hattı	100	500	25,00	12.500,00
Doğancılar 1 Ana Dağıtım Hattı (2)	80	500	20,00	10.000,00
Doğancılar 2 Ana Dağıtım Hattı	100	500	25,00	12.500,00
Doğancılar 2 Ana Dağıtım Hattı (2)	80	500	20,00	10.000,00
Hacıoğlu-Cumayanı Ana Dağıtım Hattı	200	600	44,00	26.400,00
Cumayanı Ana Dağıtım Hattı	150	1000	40,00	40.000,00
Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 1	100	500	25,00	12.500,00
Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 1 (2)	80	400	20,00	8.000,00
Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 2	100	300	25,00	7.500,00
Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	80	300	20,00	6.000,00
Hacıoğlu Ana Dağıtım Hattı	150	600	40,00	24.000,00
Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 1	65	600	17,00	10.200,00
Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 2	125	700	32,00	22.400,00
Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	100	700	25,00	17.500,00
Merkez Ana Dağıtım Hattı	250	600	50,00	30.000,00
Merkez 1 Ana Dağıtım Hattı	200	1000	44,00	44.000,00
Merkez 1 Ana Dağıtım Hattı (2)	150	1000	40,00	40.000,00
Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı	150	1500	40,00	60.000,00
Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı (2)	125	100	32,00	3.200,00
Bina Hattı	32	37500	11,00	412.500,00
TOPLAM				1.270.450

4.2.2.3 Kazı ve Diğer İnşaat İşleri Maliyeti Hesabı

Kazı alanı kesitleri daha önce hesaplanmıştı. İzobor firmasından alınan Çizelge 4.23’de belirtilen değerlere eğri uydurularak, tabloda olmayan çap değerleri içinde kazı alanı hesaplanmıştır.

Çizelge 4.23 Kazı kesit alanı bilgileri [40].

Anma Çapı, (D) mm	W, m	D, m	A_kazı, m ²
20	0,7	0,65	0,455
25	0,7	0,65	0,455
32	0,7	0,65	0,455
40	0,7	0,65	0,455
50	0,7	0,65	0,455
65	0,8	0,65	0,520
80	0,8	0,7	0,560
100	0,9	0,75	0,675
125	1,0	0,8	0,800
150	1,1	0,9	0,990
200	1,2	1,0	1,200
250	1,4	1,0	1,400
300	1,5	1,0	1,500
350	1,6	1,1	1,76
400	1,8	1,2	2,160

Çizelge 4.24 Çatalağzı BIS kazı miktarı

Hat Adı	Çap DN	Uzunluk (m)	Birim Kazı Alanı (m ²)	Toplam Kazı Miktarı (m ³)
İletim Hattı	300	4.000	1,500	6.000,00
İletim Hattı (2)	300	2.000	1,400	3.000,00
Kuzyaka Ana Dağıtım Hattı	150	750	0,800	742,50
Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 1	125	750	0,675	600,00
Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 2	125	500	0,675	400,00
Kuzyaka Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	100	500	0,560	337,50
Doğancılar 1 Ana Dağıtım Hattı	125	500	0,675	400,00
Doğancılar 1 Ana Dağıtım Hattı (2)	100	500	0,560	337,50
Doğancılar 2 Ana Dağıtım Hattı	125	500	0,675	400,00
Doğancılar 2 Ana Dağıtım Hattı (2)	100	500	0,560	337,50
Hacıoğlu-Cumayanı Ana Dağıtım Hattı	200	600	0,990	720,00
Cumayanı Ana Dağıtım Hattı	150	1.000	0,800	990,00
Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 1	125	500	0,675	400,00
Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 1 (2)	100	400	0,560	270,00
Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 2	125	300	0,675	240,00
Cumayanı Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	100	300	0,560	202,50
Hacıoğlu Ana Dağıtım Hattı	150	600	0,800	594,00
Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 1	80	600	0,520	336,00
Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 2	150	700	0,800	693,00
Hacıoğlu Dağıtım Hattı Branşman 2 (2)	100	700	0,675	472,50
Merkez Ana Dağıtım Hattı	250	600	1,200	840,00
Merkez 1 Ana Dağıtım Hattı	250	1.000	1,200	1.400,00
Merkez 1 Ana Dağıtım Hattı (2)	200	1.000	0,990	1.200,00
Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı	200	1.500	0,990	1.800,00
Merkez 2 Ana Dağıtım Hattı (2)	125	100	0,675	80,00
Bina Hattı	40	37.500	0,455	17.062,50

İnşaat maliyetlerini hesaplayabilmek için Tübitak MAM tarafından hazırlanan Zonguldak Bölge Isıtma Sistemi Yapılabilirlik Analizi Proje Sonuç Raporu'nda belirtilen inşaat poz fiyatları kullanıldı. Bu çalışmadan alınan birim fiyatlar Çizelge 4.25'de listelendi.

Çizelge 4.25 Kazı birim maliyetleri [20].

Tanım	Açıklama	Fiyat	Birim
Kazı	Makine ile her derinlikte yumuşak ve sert toprağın kazılması	5	TL/m ³
Asfalt Kesilmesi	Her türlü asfaltın kesilmesi	27,15	TL/m
Hafriyatın Taşınması	1 Km mesafeye nakliye fiyatı	1,81	TL/m ³
İnce Kum Dolgu	-	20	TL/m ³

Tüm bu bilgiler ışığında yapılan hesaplamalarda ortaya çıkan kazı maliyetleri Çizelge 4.26'da verilmiştir. Sistem için kurulacak pompa istasyonu maliyetleri hariç toplam maliyet Çizelge 4.27'de verilmiştir. İlerleyen bölümlerde kurulacak olan pompa istasyonunun da maliyeti hesaplanıp toplama eklenecektir.

Çizelge 4.26 Kazı maliyetleri.

Tanım	Miktar	Birim Fiyat	Toplam Maliyet
Toplam Kazı Miktarı (m ³)	38.339	5 TL/m ³	191.695,00
Kesilecek Asfalt Metrajı (m)	57.900	27,15 TL/m	1.571.985,00
Toplam Hafriyat Miktarı (m ³)	38.339	1,81 TL/m ³	69.393,59
Toplam İnce Kum Dolgu Miktarı (m ³)	38.339	20 TL/m ³	766.780,00
TOPLAM			2.599.860,29

Çizelge 4.27 Pompa istasyonu hariç toplam maliyet

Toplam Boru, fittings ve Bağlantı Elemanı Maliyeti	4.143.513
Toplam Boru İşçiliği Maliyeti	1.270.450
Kazı, İnşaat ve tekrar dolgu maliyetleri	2.599.860
Diğer *	801.382
Sigorta	88.152
<u>Toplam</u>	<u>8.903.357</u>

* Diğer başlığının altında, vanalar, nakliye masrafları, görünmeyen giderler ve öngörülemeyen giderler bulunmaktadır. Genel bir kabul olarak boru, boru işçiliği ve inşaat maliyetleri toplamının %10'u olarak alınmıştır.

Sigorta bedeli %1 olarak kabul edilmiştir.

Fiyatlara KDV dahil edilmemiştir.

4.2.2.4 Pompa ve Pompa İstasyonu Maliyeti Hesabı

BIS için Çatalağzı bölgesinde kurulu 1 adet pompa istasyonu olması yeterli olacaktır. Pompa istasyonunda işletme basıncını sağlayabilmek için 1 adet pompa yeterli olacaktır. Sürekliliği ve arz güvenliğini sağlamak adına sürekli çalışacak 1 pompaya ek olarak aynı kapasitede 1 adet pompa daha sisteme eklenecektir. Böylece acil durumlarda bakım gerektiğinde 1 pompa standby olarak hizmet verecektir. Pompa istasyonunda bulunacak ekipman Çizelge 4.29'da belirtilmiştir.

Pompalar ihtiyaca göre debiyi ayarlayabilmek için frekans konvertorlu olarak temin edilecektir. Ayrıca sistemin güvenilirliğini ve devamlılığını sağlamak adına kaliteli ürünler tercih edilmiştir bu yüzden 30-40 yıl süre zarfında herhangi bir pompa değişimi yapılması planlanmamıştır.

Pompa gücü daha önceki bölümlerde belirtildiği üzere aşağıdaki şekilde hesaplandı.

$$N_{pompa} = \dot{V}_{boru} \cdot \rho_{90} \cdot g \cdot \Delta P \quad (4.16)$$

Değerler Denklem 4.16'da yerine yazılıp hesap yapılır.

$$N_{pompa} = 0,1423698260407020 \cdot 965 \cdot 9,81 \cdot 149,3$$

$$N_{pompa} = 201.221,36W$$

Pompa verimi %85, motor verimi %90 olarak alındı. Diğer kayıplar ise %2 olarak hesaplamaya dahil edildi. Çizelge 4.28'de sistemde kullanılacak pompaların bilgileri verilmektedir.

Çizelge 4.28 Sistemde kullanılması düşünülen pompaların özellikleri.

Pompa sayısı	Debi (m ³ /sn)	Basınç Kaybı (mSS)	Pompa Motor Gücü (kW)
2 × 100%	0,142369826040702	146,4	265

Çeşitli firmalardan ve edinilen tecrübelerden yararlanılarak pompa istasyon maliyeti Çizelge 4.29'daki gibi hesaplandı.

Çizelge 4.29 Pompa istasyonunda bulunacak ekipman ve pompa istasyonu maliyeti.

Poz	Fiyat (TL)
Santrifüj Pompalar (2 adet × %100)	500.000
Elektrik Motorları	Pompa fiyatına dahil
Dozajlama Ünitesi	100.000
Genleşme Tankı	45.000
Borular, Vanalar, Çek Valfler, Pislik Tutucular vs.	125.000
Frekans Konvertörleri	Pompa fiyatına dahil
BIS Şebekesi kontrol sistemi	200.000
Sensörler (Basınç Sıcaklı Debi), Sayaçlar	Kontrol sistemi fiyatına dahil
Panolar	Kontrol sistemi fiyatına dahil
İstasyon Binası	100.000
Diğer	50.000
<u>Toplam</u>	<u>1.120.000</u>

Tablodaki fiyatlar anahtar teslim pompa istasyonu için fiyatlardır. Nakliye, sigorta, depolama, işçilik vb. giderler fiyatlara dahildir. Fiyatlara KDV dahil değildir.

Ayrıca bir adet pompa istasyonu çıkışında 1 adet ise pompa istasyonu girişinde Çates-B çıkışında çekilen ve satılan ısıyı hesaplayabilmek için sayaç kullanılacaktır. Sayaç fiyatı kontrol sistemi fiyatına dahil olarak hesaplanmıştır.

4.2.3 Bölgesel Isıtma Sistemi Yatırımının İlk Kurulumu Toplam Maliyeti

Daha önceki bölümlerde yapılan hesaplamalar dikkate alındığında, malzeme işçilik ve tüm giderler hesaplandığı zaman Çatalağzı BIS sisteminin toplam ilk yatırım maliyeti Çizelge 4.30'da belirtilmiştir.

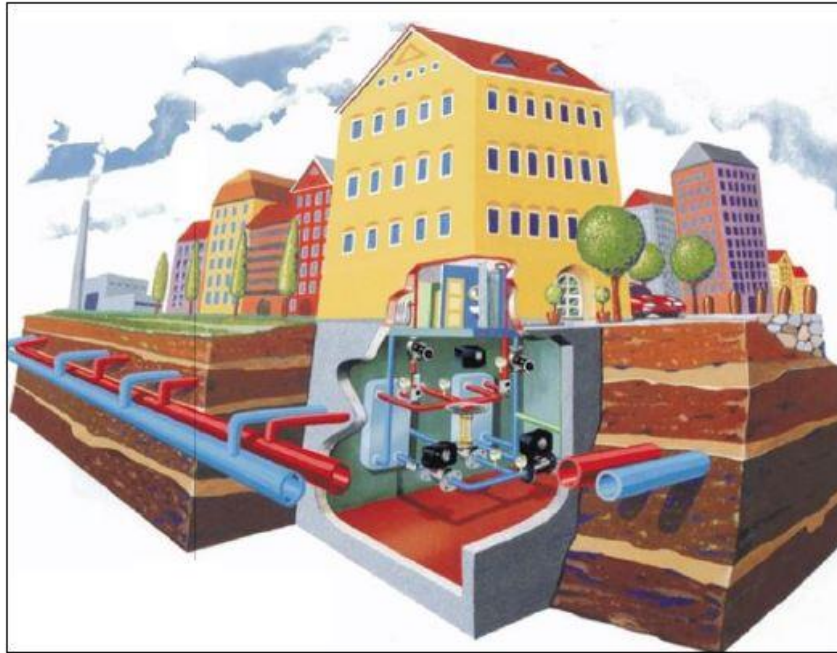
Çizelge 4.30 Çatalağzı BIS toplam maliyeti.

Açıklama	Tutar (TL)
İnşaat ve Mekanik İşler Toplam Maliyeti	8.903.357
Pompa İstasyonu Maliyeti	1.120.000
<u>Toplam</u>	<u>10.023.357</u>

Çatalağzı BIS sisteminin toplam maliyeti 10.023.357,00 TL olarak hesaplanmıştır. Sonraki bölümlerde bina altı sistemleri ve BIS sisteminin işletme maliyeti hesaplanmıştır.

4.2.4 Bina Alt İstasyonları

Bölge ısıtma sisteminde binalara ulaşan ısı “bina alt istasyonu” adı verilen bir tesisat düzeneği ile bina içi ısıtma ve sıcak kullanım suyu tesisatına aktarılır. Şekil 4.32’de örnek bir bina alt istasyonu gösterilmektedir.

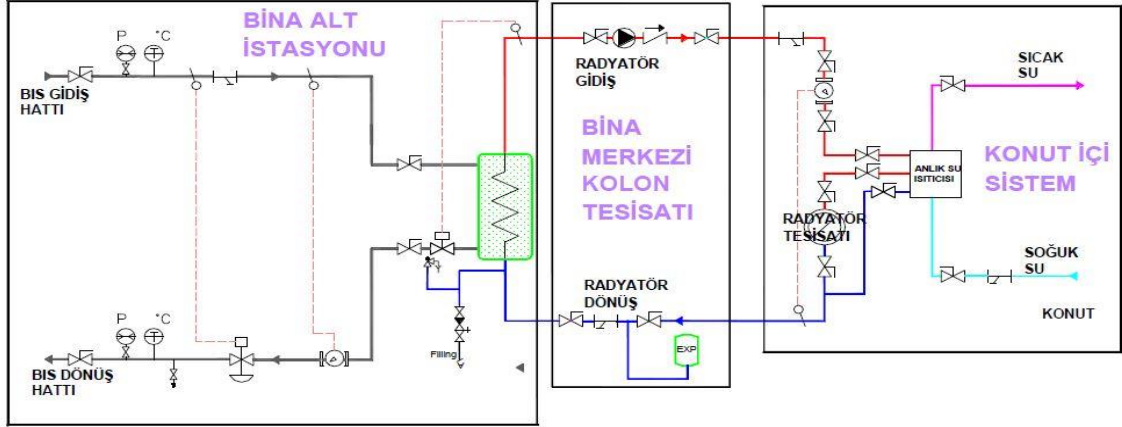


Şekil 4.32 Bina alt istasyonu ve tesisat bağlantıları [20].

Şekil 4.34’de şematik gösterimi verilen alt istasyon ve tesisat bağlantılarının çalışma prensibi şu şekildedir; bölge ısıtma sistemi dağıtım şebekesinden binaya gelen “BIS Gidiş Hattı”, bina girişinde “Bina Alt İstasyonu’na bağlanarak bina ısıtma tesisatına ısısını aktarır ve “BIS Dönüş

Hattı” ile binayı terk eder. “Bina İçi Merkezi Kolon Tesisatı” ile ısı, binadaki dairelere ulaştırılır. Her bir daire girişindeki “Isı Sayacı” ile bina ısı tüketim gideri dairelere bölüştürülür. Ayrıca daire sahipleri ihtiyaçlarına göre, daire girişinde “Radyatör Tesisatına” bağlatacakları “Anlık Su Isıtıcısı” ile sistemden sıcak kullanım suyunu da temin edebilir.

Şekil 4.33’te tasarlanan bina alt istasyonu ve konut içi tesisat bağlantı şeması verilmektedir.



Şekil 4.33 Tasarlanan bina alt istasyonu ve konut içi tesisat bağlantı şeması [20].

Konut sahiplerinin yapacakları yatırımlar; konut bina altı bağlantı sistemleri yatırımı (bina alt istasyonu) ve konut içi tesisat yatırımı (merkezi kolon tesisatı, ısı sayacı, anlık sıcak su ısıtıcısı, radyatör tesisatı) gibi kısımlardan oluşmaktadır. Bina altı bağlantı sistemleri ve merkezi kolon tesisatı, binada ortak kullanılan sistemler olması nedeniyle, ekipmanın boyut ve kapasiteleri kullandıkları binadaki daire sayısına göre değişmektedir. Bu nedenle, bina altı bağlantı sistemleri ve merkezi kolon tesisatı yatırım maliyetleri; binadaki kullanıcı yani daire sayısına göre değişir.

Bina alt istasyonu ve konut içi ısıtma sistemlerinin maliyeti TÜBİTAK MAM tarafından yapılan Zonguldak Bölge Isıtma Sistemi Yapılabilirlik Analizi adlı yayından alınmış olup, 2015 günü değerlerine ulaşabilmek için her yıl %5 oranında olmak üzere 2 kere eskale edilmiştir. Çizelge 4.31’de daire sayısına göre yatırım maliyetleri verilmiştir.

Çizelge 4.31 Daire sayısına göre yatırım maliyetleri

Daire Sayısı / Bina	Konut Bina Altı Bağlantı Sistemi				Konut İçi Sistem					
	Bina Alt Sistemi	Bina Alt Sistemi	Bina Altı Isı Değiştiricisi	Kolon Tesisatı	Radyatör Tesisatı	Radyatör	Isı Sayacı	Isı Sayacı Tesisatı	Anlık Su Isıtıcı Tesisatı	Anlık Su Isıtıcı
	TL	€	€	TL	TL	TL	€	TL	TL	€
1	546	664	277	566	743	911	-	-	88	189
2	291	332	142	340	743	911	157	42	88	189
3	222	222	100	308	743	911	157	42	88	189
4	171	165	89	259	743	911	157	42	88	189
5	137	132	78	325	743	911	157	42	88	189
6	114	110	72	288	743	911	157	42	88	189
8	103	83	64	211	743	911	157	42	88	189
9	92	74	61	189	743	911	157	42	88	189
10	86	66	60	202	743	911	157	42	88	189
12	72	55	47	221	743	911	157	42	88	189
14	62	50	44	222	743	911	157	42	88	189
16	62	44	39	181	743	911	157	42	88	189
20	52	35	33	152	743	911	157	42	88	189
24	43	37	29	143	743	911	157	42	88	189

4.2.5 Bakım Onarım İşletme Masrafları

Bölge ısıtma sistemi işletmeye alınıp çalışmaya başladıktan sonra, sistemin devamlılığını sağlamak adına, bakım onarım ve işletme masrafları ortaya çıkacaktır. Bu masraflar içerisinde, personel giderleri, ekipman giderleri, genel giderler, malzeme giderleri vs. gibi işletme döneminde şebekenin verimli ve sağlıklı bir şekilde çalışmasına devam etmeyi sağlayacak her türlü değişken bulunmaktadır. Bu masraf türünün belirlenmesi zor olmakla beraber çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. En geçerli olanı ise üretilen birim enerji için hesaplanan maliyet değeridir. Bahsi geçen maliyeti hesaplamak için Çokoksen'in (2010) yüksek lisans tezinde belirtmiş olduğu bakım-onarım-işletme birim masrafı değeri ($c_{\text{bakım}} = 6 \text{ TL/MW}_{\text{th}}$) her yıl için %10 eskalasyon uygulanarak $10,50 \text{ TL/MW}_{\text{th}}$ alındı.

4.2.6 Yakıt Masrafları

Bölgesel ısıtma sisteminde doğrudan bir yakıt kullanılmamasına rağmen, ısının çekildiği santralde kullanılan yakıt ve aynı zamanda çekilen buhar yüzünden sistemde meydana gelecek elektrik üretimindeki düşüş göz önüne alınmıştır. Hesapların karmaşıklaşmasını önlemek adına ısı maliyeti ($c_{\text{ısı}} = 0,03 \text{ TL/kW}_{\text{th}}$) kabul edilmiştir.

4.2.7 Pompa İşletme Giderleri

Sistemde kullanılan pompaların tükettikleri elektrik enerjisi de masraf kalemleri içerisinde. Pompa kapasitesi hesaplanırken maksimum çalışma şartlarını kapsayacak şekilde hesap yapılır. Yalnız pompa her zaman aynı güçte çalışmayacaktır. Çünkü bölgenin ısı talebi sürekli değişmektedir. Bu yüzden pompanın bir yılda harcayacağı elektrik enerjisi bulunurken saatlik hesap yapmak gerekir ya da pompa çalışma faktörü tahmin edilerek hesaplar buna göre yapılır. Hesaplar pompa işletme faktörü tahmin edilerek yapıldı. Elektrik birim fiyatı $c_{\text{elektrik}} = 0.22$ TL/kW_eh olarak hesaplamalarda kullanıldı. Pompa çalışma faktörü ise 0,50 kabul edildi.

$$E_{\text{pompa}} = 8760 \cdot N_{\text{pompa}} \cdot L_{f_pompa} \quad (4.17)$$

Burada:

E_{pompa} : Pompa yıllık elektrik tüketimi (kW_eh/yıl)

N_{pompa} : Pompa Gücü (kW_e)

L_{f_pompa} : Pompa çalışma faktörüdür.

Pompanın tüketeceği yıllık enerjinin maliyeti ise aşağıdaki denklemde hesaplanmıştır.

$$C_{\text{pompa}} = E_{\text{pompa}} \cdot c_{\text{elektrik}} \quad (4.18)$$

Burada:

C_{pompa} : Pompa toplam elektrik tüketim maliyeti (TL/yıl)

c_{elektrik} : Birim elektrik fiyatı (TL/kW_eh)

4.2.8 İşletme Dönemi Toplam Maliyetleri

Bir önceki bölümde verilen ısı maliyeti, elektrik maliyeti ilgili denklemlerde yerine konulup hesap yapıldığında aşağıdaki değerlere ulaşılmaktadır.

Yıllık Toplam Çekilecek Isı (YTÇI) = 41.500,00 MW_th

$$\text{Yıllık Bakım Masrafı (YBM)} = \text{YTÇİ} \times c_{\text{bakım}} = 41.500 \times 10,50$$

$$\text{YBM} = 435.750,00 \text{ TL/yıl}$$

$$\text{Yıllık Yakıt Masrafı (YYM)} = \text{YTÇİ} \times c_{\text{ısı}} = 41.500.000 \times 0,03$$

$$\text{YYM} = 1.254.000,00 \text{ TL/yıl}$$

Pompa yıllık elektrik tüketimi ve maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$E_{\text{pompa}} = 8760 \cdot N_{\text{pompa}} \cdot L_{f,\text{pompa}}$$

$$E_{\text{pompa}} = 8760 \cdot 265 \cdot 0,5$$

$$E_{\text{pompa}} = 1.106.700,00 \text{ kWh/yıl}$$

$$C_{\text{pompa}} = E_{\text{pompa}} \cdot c_{\text{elektrik}}$$

$$C_{\text{pompa}} = 1.106.700 \cdot 0,22$$

$$C_{\text{pompa}} = 255.354,00 \text{ TL/yıl}$$

Hesaplanan bu değerler Çizelge 4.32'de topluca gösterilmiştir. Ayrıca görünmeyen diğer giderler için hesaplanan toplam maliyet %10 artırılmıştır.

Çizelge 4.32 İşletme dönemi toplam maliyetleri

Bakım Onarım İşletme Maliyetleri (TL/yıl)	Yakıt Masrafı (TL/yıl)	Pompa İşletme Gideri (TL/yıl)	Görünmeyen Giderler (TL/yıl)	Toplam (TL/yıl)
435.750,00	1.245.000,00	255.354,00	193.610,4	2.129.714,4

4.2.9 Yatırımın Basit Geri Dönüş Süresi

Daha önceki bölümlerde Çatalağzı BIS yıllık ısı satışı toplam 39.075 MW_t olarak hesaplanmıştı. Ayrıca Sistemin ilk kurulum maliyeti 10.023.357,00 TL ve yıllık işletme maliyeti 2.129.714,40 TL olarak hesaplanmıştı. Enflasyon oranı, kredi faizleri, kur farkı ve yapılacak zamlar göz ardı edilerek kurulacak sistemin basit geri dönüş süresi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Öncelikle kW_t başına birim ısı satış fiyatı belirlenmiştir. Bu fiyat Zonguldak kömürlü kazanlar kullanılarak yapılan merkezi ısıtmada birim daire başına aylık ödenen yakıt masrafından yola çıkarak hesaplanmıştır. Burada amaç katılımcıların uygun fiyatlarda ısıtmadan faydalanabileceklerini göstermektir. Birim kW_t başına fiyat bu noktadan hareketle 0,095 TL/ kW_t olarak belirlenmiştir. Ayrıca hesaplamada kullanılan ve daha önceki bölümlerde hesaplanmış olan değerler Çizelge 4.33’de verilmiştir.

Çizelge 4.33 Çatalağzı BIS basit geri dönüş süresi hesabında kullanılan değerler.

Yıllık Satılacak Isı ($MW_t/yıl$)	39.075,00
KE Yıllık Isı Tüketimi ($MW_t/yıl$)	10,42
İlk Yatırım Maliyeti	10.023.357,00 TL
Yıllık İşletme Gideri	2.129.714,40TL
Planlanan Birim Isı Satış Fiyatı (TL/ kW_t)	0,0975 TL

Yıllık ısı satışı geliri ise yıllık satılacak toplam ısı ile birim ısı satış fiyatının çarpılması ile bulunacaktır. Yapılan hesaplamalar göre Çatalağzı BIS 6 sene sonunda başa baş noktasını geçmiş olup kar etmeye başlayacaktır. Yapılan hesap Çizelge 4.34’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.34 Çatalağzı BIS basit geri dönüş süresi.

Yıl	Satış Geliri	İşletme Bakım Gideri	İlk Yatırım Maliyeti	Toplam
0			10.023.357,00 TL	-10.023.357,00 TL
1	3.809.812,50 TL	2.129.714,40 TL		-8.343.258,90 TL
2	3.809.812,50 TL	2.129.714,40 TL		-6.663.160,80 TL
3	3.809.812,50 TL	2.129.714,40 TL		-4.983.062,70 TL
4	3.809.812,50 TL	2.129.714,40 TL		-3.302.964,60 TL
5	3.809.812,50 TL	2.129.714,40 TL		-1.622.866,50 TL
6	3.809.812,50 TL	2.129.714,40 TL		57.231,60 TL

BÖLÜM 5

BÖLGESEL ISITMA SİSTEMİNİN ÇEVREYE FAYDALARI

BIS'in sera gazı emisyonlarının azaltılması ve hava kalitesi üzerinde iyileştirici etkileri olacaktır. Zonguldak gibi tarihi boyunca kömürle ısınmış olan bir şehirde, bu kadar yüksek kapasiteli termik santrallere sahipken bölgesel ısıtma sisteminin kurulması çevresel açıdan çok faydalı olacaktır.

Konutlarda kullanılan soba, kat kaloriferi, vb. sistemlerdeki verimsiz yanma; kullanılan kömür miktarını ve bununla orantılı olarak emisyon salınımını arttırmaktadır. Buna ilave olarak, konutlardaki bacalarda filtreleme sistemlerinin olmayışı da hava kirliliğinde etken nedenlerden biridir. Ayrıca konut bacalarının santral bacalarına kıyasla yer seviyesine daha yakın olması, yanma sonucu ortaya çıkan kirleticilerin şehrin üzerine çökmesinde etkili olmaktadır. Bütün şehir ısıtmasının santraldan sağlanması durumunda, santralın baca yüksekliğinin fazla olması ve baca gazı içindeki toz emisyonlarının elektro filtre ile tutuluyor olması çevresel yönden ilçeye büyük fayda sağlayacaktır.

ÇATES-B ve Eren Enerji Termik Santrallerinin, Çatalağzı beldesinde olması, özellikle bu bölgenin BIS ile ısıtılmasını çevresel açıdan daha cazip hale getirmektedir. Bölgede hali hazırda çalışmakta olan santrallerin havaya saldığı sera gazlarına ayrıca konutların ısınmak için kullandığı yakıtlardan çıkan sera gazları da eklenmektedir. Oysaki bölge dahilindeki termik santrallerden ısınma enerjisi sağlanabilir ve Çatalağzı bölgesinde hava kalitesi özellikle kış aylarında ciddi şekilde iyileştirilebilir.

Santral atık ısılarının BIS'da kullanılması, sadece uygulamanın yapıldığı ilçeyi değil tüm bölgeyi olumlu etkileyecektir. Küresel ısınmayı tetikleyen CO₂ gibi sera gazı emisyonlarının ve SO₂ gibi kirletici emisyonların azalmasının geniş çaplı olumlu etkileri olacaktır. SO₂ emisyonları sadece atmosfere salındığı noktada değil, hava akımlarıyla taşınarak diğer bölgelerde de asit yağmurlarına sebep olarak zarara yol açmaktadır. Ayrıca, zararlı emisyonlarda sağlanan azalma doğal yaşamı ve tarımı da olumlu etkileyecektir. Zararlı

emisyonların bitkilere olumsuz etkileri azalacak, böylece hem ürün kalitesi ve miktarı artacaktır. Sürekli emisyonlara maruz kalarak yıpranan binalar ve araçların ömürleri uzayacaktır. Emisyonlardaki olumlu değişime ek olarak santralde atık ısının değerlendirilmesi; bir başka deyişle çevrim gereği kaybedilen ısının azalması sonucunda santralde soğutma amacıyla kullanılacak su miktarında da tasarruf sağlanacaktır.

Özgür Zeydan tarafından 2008 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanan “Zonguldak Bölge Sera Gazı Emisyon Miktarlarının Belirlenmesi” [51] başlıklı yüksek lisans tezinde evsel ısınmadan kaynaklı sera gazları tüm Zonguldak bölgesi için hesaplanmıştır. Aynı tezdeki bu veriler kullanılarak ilerleyen bölümde 3750 konutluk Çatalağzı bölgesi için sera gazı emisyon değerleri hesaplanmış ve BIS’e geçilmesi ile sağlanacak fayda sayısal olarak gösterilmeye çalışılmıştır.

Zonguldak ili için ortalama yıllık kömür tüketimi konut başına 3,83 ton olarak kabul edilmiştir. Evlerde ısınmak için kullanılan kömür yarı yarıya oranda lavuar kömürü ve tüvanan olarak kabul edilmiştir. Lavuar kömürünün alt ısıl değeri 6.900-6.950 kcal/kg civarında olup üst ısıl değeri ise 7.100-7.150 kcal/kg civarındadır. Tüvanan kömürün ise üst ısıl değeri 4.916 kcal/kg ile 6038 kcal/kg değerleri arasındadır [51]. Çalışmamızda Çatalağzı bölgesindeki konut sayısı 3750 olarak hesaplandığından, Çatalağzı bölgesinde bir yıl içinde tüketilen kömür, konut başına yıllık tüketilen kömürün toplam konut sayısı ile çarpılmasıyla bulunmuştur.

Çatalağzı bölgesi yıllık kömür tüketimi = Konut sayısı × Konut başına yıllık kömür tüketimi

Çatalağzı bölgesi yıllık kömür tüketimi = 3.750 konut × 3,83 ton kömür / konut yıl

Çatalağzı bölgesi yıllık kömür tüketimi = 14.362,50 ton kömür / yıl

USEPA AP-42 Emisyon Faktörleri ile evsel ısınmadan kaynaklanan sera gazları emisyonları [51] yüksek lisans tezindeki hesaplamalara dayanarak hesaplanmıştır.

Taş kömürü için elle beslemeli kazanlarda kullanılacak olan kükürt dioksit, azot oksitler, metan dışı uçucu organik bileşikler, metan, karbon monoksit, karbon dioksit, diazot monoksit ve partikül maddeler (PM-filtrelenebilir ve PM10) için emisyon faktörleri Amerikan Çevre Koruma Örgütünün yayınladığı ve AP 42 olarak bilinen Hava Kirleticileri Emisyon

Faktörlerinden seçilmiştir (Çizelge 5.1). Emisyon faktörü kalitesi CO₂ için “B”, SO₂ için “D” ve diğer kirleticiler için de “E”dir. Karbondioksitin hesaplanmasında kömür içeriğindeki %karbon (%C) miktarı yıkanmış ve elenmiş lauvar kömüründe %57’dir. Kükürt dioksitin hesaplanmasında kullanılan %kükürt (%S) değeri ise 0,8’dir [52], [53].

Çizelge 5.1 Elle beslemeli kazanlarda taşkömürü için emisyon faktörleri (USEPA 2008b).

Kirletici	Emisyon Faktörü (kg/ton kömür)	Emisyon Faktörü Kalitesi
SO ₂	14,074 × %S	D
NO _x	4,131	E
NMVOG	4,54	E
CH ₄	2,27	E
CO	124,85	E
CO ₂	32,96 × %C	B
N ₂ O	0,018	E
PM-filtrelenebilir	6,81	E
PM10	2,815	E

Çizelge 5.1’ de belirtilen değerlere göre hesaplamalar yapıldığında, Çatalağzı bölgesinde konutların kömürle ısıtılmasından kaynaklı oluşan hava kirliliği ortaya çıkacaktır. Yapılan hesaplamalarda bulunana değerler Çizelge 5.2’ de gösterilmiştir. Çatalağzı’nda bulunan 3750 eşdeğer konutun kömürle ısıtılması durumunda oluşacak hava kirliliği BIS kurulması halinde ortadan kalkacaktır.

Çizelge 5.2 Çatalağzı evsel ısınmadan kaynaklanan sera gazları emisyon miktarları

Kirletici	Emisyon Miktarları (ton/yıl)
SO ₂	161,71
NO _x	59,33
NMVOG	65,21
CH ₄	32,60
CO	1.793,16
CO ₂	26.983,12
N ₂ O	0,26
PM-filtrelenebilir	97,81
PM10	40,43

Bu noktada dikkat edilmesi gereken bir husus ise BIS pompa istasyonunda kullanılacak olan pompanın yıllık elektrik tüketiminin karbon salınımına yapacağı etkidir. Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (US Environmental Protection Agency (EPA)) üretilen birim kW_h başına CO₂ salınımı miktarı için bir kabul yapmaktadır [54]. Ayrıca firmanın web sayfasında bunun

hesaplanabileceği bir hesap makinesi bulunmaktadır. EPA verilerine göre 1kW_h elektrik tükettiğimizde havaya $7,03 \times 10^{-4}$ ton CO_2 salınmaktadır.

Bölüm 4.2.8’de BIS pompa istasyonundaki pompanın yıllık toplam tükettiği elektrik miktarı $E_{\text{pompa}} = 678.900 \text{ kW}_e\text{h/yıl}$ olarak hesaplanmıştır.

Pompanın harcadığı elektrik karşılığında ortaya çıkan CO_2 salınımı EPA verisinden faydalanarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{CO}_2 = 678.900 \times 7,03 \times 10^{-4} = 477 \text{ ton/yıl}$$

Buradan çıkan sonuç, evsel ısıtmada kömür kullanımının ortadan kalmasıyla yıllık 26.983 ton CO_2 salınımı azaltılmış olacaktır ama sistemde kullanılan pompa ise harcadığı elektrik yüzünden yılda 477 ton CO_2 salınımı oluşturmaktadır.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bölgesel ısıtma sistemi ile ısınmaya benzer konfor şartları ülkemizde doğalgaz ile ısınma da sağlanmaktadır. Eski yıllarda yapılan ve günümüzde hala daha kullanılan bazı kömür ısıtmalı merkezi sistemler olsa da özellikle son yıllarda sera gazı etkisini de azaltmak amacıyla doğalgazla ısınma tercih edilmektedir. Zonguldak'ta doğalgazın kullanıldığı bölgelerde ısıtma, doğalgazlı kazanlarla merkezi olarak gerçekleştirilebildiği gibi kombi vb. sistemler ile bireysel olarak da gerçekleştirilebilmektedir. Günümüzde bir konut sahibi doğalgaz aboneliğine olmaya karar verdiğinde yapacağı işlemler ve harcamalar ise şu şekilde sıralanabilir:

- Gaz dağıtım firmasına abonelik müracaatında bulunulur. Abone bağlantı bedeli ödenir.
- Konut içi radyatör sistemi ve kombi cihazı kurulumu yapılır.
- Yetkili bir tesisatçı firmaya doğalgaz iç tesisat projesi hazırlatılarak, doğalgaz tesisatı yaptırılır. Bunun için tesisatçı firmaya proje ve tesisat kurulum bedeli ödenir.
- Tesisat projesinin dağıtım firması tarafından onaylanmasının ardından, kullanıcı ile dağıtım firması arasında doğalgaz kullanım sözleşmesi yapılır. Sözleşme yapılırken bir güvence bedeli ödenir.

2015 yılında hızlı bir şekilde doğalgaza dönüşümü devam eden Zonguldak'ta 100 m²'lik bir dairenin kombili ısıtma sistemi kurulması için yapacağı harcama 5000 TL + KDV civarındadır. Bu değer Zonguldak'ta 2015 yılı içinde doğalgaz tesisatı yapan firmalardan elde edilmiştir. 10 daireli bir apartmanda bölgesel ısıtma kullanılması halinde daire başına düşecek olan ilk yatırım maliyeti ise, Çizelge 4.32'de belirtilen değerler kullanıldığında 4100 TL + KDV civarında olmaktadır.

Bu iki sistem karşılaştırılırsa;

- İki sistemde de ısıtma ve sıcak kullanım suyu konforu birbirine benzer niteliktedir.
- Doğalgaz ithal edildiğinden satış fiyatı enflasyon ve vergiler dışında değişiklik göstermektedir. Bölgesel ısıtma sisteminde ise maliyetler daha öngörülebilir niteliktedir.
- Yatırım maliyetleri kullanıcı açısından karşılaştırıldığında birbirine çok yakındır.
- BIS' de kalorimetre kullanılarak her bir kullanıcının tüketimi ayrı ayrı hesaplanabilmektedir, bu yönüyle de doğalgazla ısınmaya paralellik göstermektedir.
- BIS enerjisinin kömürlü bir santralden alacağından, doğalgaz kısıtlarında avantaj teşkil etmektedir.

Ayrıca çevresel şartlar açısından bakıldığında ise, ÇATES-B ve Eren Enerji Termik Santrallerinin atık ısısının değerlendirildiği bir bölge ısıtma sisteminin kurulmasıyla, binalarda ısınma amaçlı yakıt yakılması hemen hemen ortadan kalkacak ve açığa çıkan sera gazı miktarında da önemli oranlarda düşüş sağlanacaktır.

Karbon ayak izi, birim karbondioksit cinsinden üretilen sera gazı miktarının ölçüsü olarak tanımlanabilir. Doğrudan ve dolaylı ayak izi olarak iki ana parçadan oluşur. Doğrudan ayak izi, evsel enerji tüketimi ve ulaşım gibi noktalarda, fosil yakıtlarının yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO₂ emisyonlarının, dolaylı ayak izi ise kullandığımız ürünlerin tüm yaşamın döngüsünden bu ürünlerin imalatı ve en sonunda bozulmalarıyla ilgili olan dolaylı CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür. Çatalağzı BIS kurulduğundan doğrudan karbon ayak izinde ciddi oranda azalma sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Lehigh University** (15.01.2016) Adres: <http://www.ei.lehigh.edu/learners/energy/readings/geothermal.pdf>
- [2] **URL-1** <http://www.geothermal-energy.org/what_is_geothermal_energy.html>, Ziyaret tarihi: 03.01.2016.
- [3] **MMO Zonguldak Şubesi** (2009) *Çates Atık Isısı İle Bölgesel Isıtma İmkânları. MMO Zonguldak Şube Enerji Komisyonu Raporu*, Mart 2009 16 s.
- [4] **BIS** (02.12.2015) *Wikipedia*. Adres: http://tr.wikipedia.org/wiki/Bolgesel_ısıtma_sistemi
- [5] **Danish Board of District Heating** (12.05.2015) Adres: <http://dbdh.dk/district-heating-history/>
- [6] **World Cities Network** (05.12 2013) Adres : <http://www.worldcitiesnetwork.org/knowledge-hub/article/decentralised-energy-could-london-emulate-copenhagen-102/>
- [7] **Energateollisuus** (2013) District Heating In Finland presentation, 68 s.
- [8] **Finnish Energy** (2014) Adres: <http://www.energia.fi>, Finnish Energy, Energy Year 2014 “District Heat” Presentation, 12.05.2016.
- [9] **Güngör C, Kaya D ve Üresin E** (2007) Termik Santrallerin Atık Isılarının Değerlendirilmesi Mühendis ve Makine Dergisi Cilt 48, Sayı 575. 8 s.
- [10] **District Heating** (02.12.2015) *Wikipedia*. Adres: https://en.wikipedia.org/wiki/District_heating
- [11] **Dünya Enerji Konseyi** (2011) Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Enerji Raporu 2011, 254 s.
- [12] **Doğa Enerji** (05.11.2015) *Esenyurt Termik Santrali ve Bölgesel Isıtma Sistemi* Adres: <http://www.dogaenerji.com.tr>.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [13] **Çalık Ö** (2011) Kojenerasyon Enerji Tesislerinde “Bölgesel Isıtma” ICCI 2011 Sunum, 30s.
- [14] **Teknik Isı Servis Müh. San. Ve Tic. Ltd. Şti.** (02.12.2011) Adres: http://www.teknikisi.com.tr/fileadmin/user_upload/Esenkent_bolge_isitma_sistemi.doc.
- [15] **Çatalağzı Belediyesi** (22.09.2013) Adres: <http://www.catalagzi.bel.tr>, <http://www.catalagzi.com>
- [16] **ÇATES** (05.11.2015) Adres: <http://www.cates.gov.tr>, <http://www.catestermik.com/index/cates.html>.
- [17] **Eren Enerji** (12.05.2016) Adres: <http://www.eren-enerji.com.tr/tr/kurumsal/eren-enerji/zetes-1>.
- [18] **TÜİK** (02.12.2015) Adres: <http://www.tuik.gov.tr>.
- [19] **TÜİK** (2012) Türkiye İstatistik Kurumu yayını, Seçilmiş Göstergelerle Zonguldak 165 s.
- [20] **TÜBİTAK MAM** (2012) *Zonguldak Bölge Isıtma Sistemi Yapılabilirlik Analizi Proje Sonuç Raporu*, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü, 100 s.
- [21] **Pusat Ş** (2010) Bir Bölgenin Isıtma Amaçlı Enerji Talebinin Belirlenmesi Ve Bölge Isıtma Sistemi İçin Uygunluğunun Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Enerji Programı, İstanbul, 173 s.
- [22] **TSE** (2008) TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü. Mayıs 2008, Ankara, Türkiye 80 s.
- [23] **EIE** (02.12.2015) *Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Zonguldak ili Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası*. Adres: <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/67.aspx>.
- [24] **EN 15316-3-1 : 2006** Heating systems in buildings — Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies — Part 3-1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements), 20 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [25] **Çoban A** (2011) Yatağan Termik Santralinde Bölgesel Isıtmada Santral İçi Dönüşüm Sistemlerinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Anabilim Dalı, Muğla, 227 s.
- [26] **Köktürk U** (t.y.) Sıhhi Tesisat Tekniğinde Su Tüketimi Hesabı, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 21, 5 s.
- [27] **MGM** (22 Eylül 2015) Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Zonguldak İl Merkezi En Düşük ve En Yüksek Hava Sıcaklıkları Adres: <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ZONGULDAK>.
- [28] **URL-2** <<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PowerStation2.svg>> 22.09.2012.
- [29] **Derbentli T** (1998) Bölge Isıtması Ve Kojenerasyonun Ekonomik Olurluğu. *Bölgesel Isıtma ve Kojenerasyon Konferansı Bildiriler Kitabı*, İstanbul, Türkiye, 60-69.
- [30] **Çalık K** (2013) Çatalağzı Termik Santrali Ara Buharı İle Bölgesel Isıtmanın İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 118 s.
- [31] **Eyriboyun M** (2011) Zonguldak'ta Termik Elektrik Santrallerinin Atık Isısından Yararlanma İle Bölgesel Isıtma Ve Bunun Sera Gazı Salınımı Üzerine Etkisi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 23.04.2011.
- [32] **Topal H İ** (2013) Çatalağzı Termik Santrali Ara Buharı İle Bölgesel Isıtmanın İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 118 s.
- [33] **Erdem H H** (2011) Soma Termik Santrali Atık Isılarının Değerlendirilmesi. *Sunum*, İstanbul, Türkiye, 21 s.
- [34] **URL-3** <<http://www.livingenergy.co.nz/product/11/hargassner-boilers/30/wth-150-200-kw-chip-boiler.aspx>>, Ziyaret tarihi: 15.01.2016.
- [35] **TSAD** (23.04.2015) Adres: <http://www.tsad.org.tr>.
- [36] **Güngör C, Kaya D ve Üresin E** (2007) Termik Santrallerin Atık Isılarının Değerlendirilmesi, *Mühendis ve Makina* 48 (575): 19-26.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [37] **Elele İ ve Çanakçı C** (2001) Bölgesel ısıtma Sistemleri Isı Merkezleri Tasarımı, *V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, Jeotermal Enerji Semineri, İstanbul, Türkiye, 10 s.
- [38] **Arısoy A** (1998) Bölgesel Isıtma Sistem Elemanları. *Bölgesel Isıtma ve Kojenerasyon Konferansı Bildiriler Kitabı*, İstanbul, Türkiye, 73-.84.
- [39] **URL-4** <<http://www.ztfinsa.com/cift-izolasyonlu-boru-teknik-ozellikler>>, Ziyaret tarihi: 11.01.2016.
- [40] **İzobor** (22.09.2015) *İzobor ürün kataloğu*. Adres: <http://www.izobor.com/>.
- [41] **Jeoterm** (05.11.2015) Adres: <http://www.jeoterm.com.tr>
- [42] **Soma Belediyesi** (02.12.2015) Adres: <http://www.soma.bel.tr/>
- [43] **URL-5** <<http://www.memurlar.net/>>, Ziyaret tarihi: 12.05.2015.
- [44] **URL-6** <<http://www.firat.com/>>, Ziyaret tarihi: 02.05.2015.
- [45] **URL-7** <<http://www.haberler.com/>>, Ziyaret tarihi: 02.05.2015.
- [46] **Verda V and Ciano C** (2005) Procedures for the Search of the Optimal Configuration of District Heating Networks, *International Journal of Thermodynamics*, (8), 143-153.
- [47] **Utilities-me.com** (02.12.2014) *Qatar to spend \$884mn to double water supply by Utilities ME Staff on Jan 25, 2014*. Adres: <http://www.utilities-me.com/article-2646-qatar-to-spend-884mn-to-double-water-supply/>.
- [48] **URL_8** <<http://www.metropumps.com/Resources/FrictionLossData.pdf>>, Ziyaret tarihi: 02.05.2015
- [49] **Çokoksen B** (2010) Bölge Isıtma Sistemlerinin Ekonomik Alanının Belirlenmesi Yüksek Lisans Tezi, *YTÜ*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul 51s.
- [50] **Akmercan Gaz** (02.12.2015), *2015 Yılı Doğal Gaz Birim Fiyatları*. Adres: <http://www.akmercangaz.com.tr>.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [51] **Zeydan Ö** (2008) Zonguldak Bölgesi Sera Gazı Emisyon Miktarlarının Belirlenmesi Yüksek Lisans Tezi, *Karaelmas Üniversitesi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 107 s.
- [52] **Yıldırım Y ve Uzun N** (2000) Isıtma amaçlı yakma sistemlerinde yanma olayının incelenmesi: Zonguldak örneği, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü V. *Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Elazığ, Türkiye, 13–20.
- [53] **Zeydan Ö ve Yıldırım Y** (2008) Zonguldak Bölgesi sera gazı emisyon çalışmaları ve yer seviyesi ozonu oluşumu, *Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu*, 29–30 Mayıs 2008.
- [54] **US Environmental Protection Agency** (02 Aralık 2015) *Sera Gazı Eşdeğeri Hesap Makinesi – Hesaplamalar ve Referanslar*. Adres: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>.



ÖZGEÇMİŞ

Alper KARAIN 1982 yılında Zonguldak'ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Zonguldak'ta tamamladı. Zonguldak Atatürk Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2000 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 2005 yılında mezun olduktan sonra İstanbul'da özel bir firmada Makine Mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2008 yılında Eren Enerji Çatalağzı Termik Santralinde çalışmaya başlayan Alper KARAIN burada yapım ve işletme aşamalarında çalıştı. 2011 yılında Akfen Holding bünyesinde çalışmaya başlayan Alper KARAIN halen çalışmaya devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ:

Adres: Reşit Galip Caddesi No:11 D:7
Çankaya ANKARA
Tel: (+90) 532 700 01 42
E-posta: alperkarain@gmail.com