

**BUHAR HATLARINDA OLUŞAN KONDENSTEN ISI GERİ KAZANIM
YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Buğra DENİZ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

KARABÜK

Ocak 2012

Buğra DENİZ tarafından hazırlanan “ BUHAR HATLARINDA OLUŞAN KONDENSTEN ISI GERİ KAZANIM YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Hüseyin KURT

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 16/ 01/ 2012

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

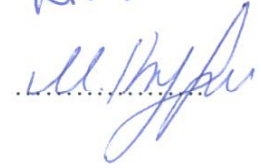
Başkan : Yrd. Doç. Dr. Yaşar YETİŞKEN (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Hüseyin KURT (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Muhammet KAYFECİ (KBÜ)



.....

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

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.”

Buğra DENİZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BUHAR HATLARINDA OLUŞAN KONDENSTEN ISI GERİ KAZANIM YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Buğra DENİZ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Hüseyin KURT

Ocak 2012, 103 sayfa

Bu çalışmada, Kardemir Demir Çelik Fabrikası Enerji Tesislerinde üzerinde 30 adet kondensstop bulunan buhar hattından atmosfere atılan kondenzen ısı geri kazanım yöntemleri değerlendirilmiştir. Buhar hattında oluşan kondens miktarı, boru yüzeyinden ışımla olan ısı kaybına göre belirlenmiş ve 478,5 kg/h olduğu bulunmuştur. Yapılan enerji ve ekserji analizi sonucunda, kondensstoplardan atmosfere atılan kondens ile birlikte 410 kW enerji, 183 kW ekserji kaybı olduğu belirlenmiştir. Kondenzen ısı geri kazanımı için iki farklı öneri değerlendirilmiş, en fazla kazanç sağlayan önerinin kondensin kazana geri döndürülmesi olduğu tespit edilmiştir. Bu öneri ile birlikte yıllık 195 316 TL tasarruf sağlanacağı, yatırım maliyetinin 12 800 TL ve geri ödeme süresinin ise 24 gün olduğu bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler : Buhar hattı, Kondensstop, Kondens, Isı geri kazanımı

Bilim Kodu : 914.1.233

ABSTRACT

Master of Science Thesis

THE RESEARCH OF THE HEAT RECOVERY METHODS FROM CONDENS, WHICH OCCURS IN STEAM PIPELINE

Buğra DENİZ

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Thesis Advisor

Assoc. Prof. Hüseyin KURT

January 2012, 103 pages

In this study, the energy recovery methods are evaluated regarding the condensate which drained to atmosphere from the 30 condensers on the steam pipeline at Kardemir Energy Management. The flowrate of condensate is defined according to the heat losses from the pipe surface by radiation and was calculated as 478,5 kg/h. As a result of the energy and exergy analysis it is defined that there are energy losses of 410 kW and exergy losses 183 kW due to the condensate which is drained to atmosphere. Regarding the energy recovery of condensate, two different proposals have been evaluated and it is determined from the proposal that obtains the most energy recovery is feeding back to condensate to boiler. By means of this proposal it is defined that 195316 TL money will be saved annually, the investment cost 12800 TL and payback period is 24 days.

Key Words : Steam line, Condenser, Condens, Heat recovery

Science Code : 914.1.233

TEŞEKKÜR

Bu alıőmada danıőmanlıđını yapan hocam Sayın Do. Dr. Hüseyin KURT'a sonsuz Őükranlarımı sunmak isterim. Ayrıca, çalıőmalarımnda yardımını esirgemeyen çok değerli hocalarımdan Doç. Dr. Refik POLAT'a ve Yrd. Doç. Dr. Mehmet ERMURAT'a teőekkürlerimi sunuyorum. Bunun yanında bana teknik olarak destek veren TLV firmasına ve makina mühendisi Sayın Cengiz YALÇIN'a, beraber çalıőtıđımız makina mühendisi arkadaşlarımdan Ümit ARSLAN, Savaş SUNAY ve Zafer ŞAHİN'e teőekkürü bir borç bilirim. Bugünlere gelmemi sağlayan ve bana destek veren annem Zekiye DENİZ ve babam Recep DENİZ'E ayrıca bu yolda bana eşlik eden eşim Hülya DENİZ'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	5
ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE BUHAR ÜRETİMİ.....	5
2.1. BUHARLAŞMA, KAYNAMA ve YOĞUŞMA	5
2.2. KAYNAMA NOKTASI.....	6
2.3. BUHARIN ÖZELLİKLERİ.....	6
2.4. BUHAR KAZANLARI	7
2.4.1. Yanma Çeşitleri	8
2.4.2. Buhar Kazanı Ekipmanları ve Görevleri.....	9
BÖLÜM 3.	13
KONDENSTOPLAR.....	13
3.1. TERMODİNAMİK KONDENSTOPLAR	14
3.1.1. Düz Kapaklı Kondenstoplar	17
3.1.2. Hava Ceketli Termodinamik Kondenstoplar	17
3.1.3. Buhar Ceketli Termodinamik Kondenstoplar.....	18
3.1.4. Donma ve İzolasyon.....	18

	<u>Sayfa</u>
3.2. TERMOSTATİK KONDENSTOPLAR.....	19
3.2.1. Donma ve İzolasyon.....	21
3.3. ŞAMANDIRALI KONDENSTOPLAR.....	22
3.3.1. Kaldıraç Tipli Şamandıralı Kondenstop.....	23
3.3.2. Serbest Şamandıralı Kondenstop	24
3.4. KOVALI TİP KONDENSTOPLAR	27
3.4.1. Ters Kovalı Kondenstop.....	27
3.4.2. Ters Küre Kovalı Kondenstop	29
3.4.3. Donma ve İzolasyon.....	30
3.5. BUHAR HATLARINDA MEYDANA GELEN FZİKSEL OLAYLAR VE KONDENSTOLARA ETKİLERİ.....	31
3.5.1. Koç Darbesi	31
3.5.2. Hava ve Hava Kilitlenmesi.....	32
3.5.3. Buhar Kilitlenmesi	33
3.5.4. Gruplandırma	33
3.5.5. Ana Hatlardan Buhar Tahliyesi	34
3.5.6. Kondenstopların Karakteristik Özellikleri	35
3.6. KONDENSTOPLARIN BOYUTLANDIRILMASI.....	37
3.7. KONDESTOPLARIN HATTA YERLEŞTİRLMESİ	40
3.7.1. Tipik Yerleştirme	43
3.7.2. Su İçerisine ya da Trençlere Tahliye.....	43
3.8. KONDENSTOPLARIN PERFORMANSLARI VE OLUŞAN KAYIPLAR.....	44
3.8.1. Kondenstopların Performans Kıyaslaması	44
3.8.2. Buhar Kaçaklarıyla Enerji Kayıpları.....	45
3.8.3. Kondenstoptaki Buhar Kaçağı Maliyeti.....	46
3.9. KONDENSTOP TESTLERİ.....	47
3.9.1. Tornavida ile Dinleme Yöntemi	47
3.9.2. Kondenstop Üzerine Su Dökme Yöntemi	48
3.9.3. Sıcaklık Ölçüm Yöntemi	48
3.9.4. Kondenstop Çıkışını Atmosfere Açma Yöntemi	48
3.9.5. Gözetleme Camı Kullanma Yöntemi	48

	<u>Sayfa</u>
3.9.6. İletkenlik Ölçme Yöntemi	49
3.9.7. Ultrasonik Ölçme Yöntemi.....	49
BÖLÜM 4.	50
BUHAR HATLARINDA OLUŞAN KONDENS, ENERJİ VE EKSERJİ KAYIPLARIN BELİRLENMESİ	50
4.1. HATTA OLUŞAN KONDENS MİKTARININ HESAPLANMASI	54
4.2. KONDENSTOPLARDA OLUŞAN ENERJİ KAYBININ TESPİTİ.....	57
4.3. KONDENSTOPLARDA OLUŞAN EKSERJİ KAYBININ TESPİTİ.....	60
4.3.1. Ekserji Kavramının Önemli Boyutları	61
4.3.2. Ekserji ve çeşitleri.....	61
4.4. BUHAR KAZANINDA ÜRETİLEN BUHARIN MALİYETİNİN BELİRLENMESİ	70
BÖLÜM 5.	72
KONDENSTEN ISI GERİ KAZANIM YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	72
5.1. ÖNERİ 1: TOPLANAN KONDENSİN DRUM'A GÖNDERİLMESİ.....	75
5.1.1. Tasarruf Analizi	75
5.1.2. Kondens Dönüş Hattının Ölçülendirilmesi	78
5.1.3. Maliyet Hesabı ve Amortisman Süresi.....	80
5.2. ÖNERİ 2	82
5.2.1. Öneri 2'nin Maliyet Hesabı	83
5.3. AMORTİSMAN SÜRESİ VE NBD YÖNTEMİ.....	86
5.3.1. Geri Ödeme Süresi	86
5.3.2. Net Bugünkü Değer Yöntemi (NBD).....	86
BÖLÜM 6.	92
SONUÇ VE ÖNERİLER	92
KAYNAKLAR	94
ÖZGEÇMİŞ	96
EK AÇIKLAMALAR A. ÇİZELGELER VE RESİMLER	97

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Üretim girdileri ile Pazar payı arasındaki ilişki	3
Şekil 2.1. Mollier diyagramı.....	7
Şekil 2.2. Kazanı terk eden baca gazlarında CO,CO ₂ ve O ₂ ilişkisi	9
Şekil 2.3. Su borulu katı-gaz yakıtlı kazana bir örnek	12
Şekil 3.1. Termodinamik kondensstoplarının şematik yapısı	15
Şekil 3.2. Termodinamik diskin yapısı	15
Şekil 3.3. Termodinamik kondensstopun çalışma prensibi	16
Şekil 3.4. Düz kapaklı termodinamik kondensstop.....	17
Şekil 3.5. Buhar ceketli termodinamik kondensstop.....	18
Şekil 3.6. Termostatik kondensstopun şematik yapısı.....	20
Şekil 3.7. Termostatik kondensstopun çalışma prensibi	21
Şekil 3.8. Kaldıraç tipi kondensstopun şematik yapısı.....	23
Şekil 3.9. Kaldıraç tipli kondensstopun orifis ölçü hesabı	24
Şekil 3.10. Serbest şamandıralı kondensstop	25
Şekil 3.11. Şamandıranın dönme hareketi	26
Şekil 3.12. Ters kovalı kondensstopların çalışma prensibi	28
Şekil 3.13. Ters kovalı kondensstoplarda orifis ölçüsü.....	29
Şekil 3.14. Ters küreli kondensstopların şematik yapısı	30
Şekil 3.15. Koç darbesi	32
Şekil 3.16. Hava ve hava kilitlenmesi.....	32
Şekil 3.17. Buhar kilitlenmesi olayı.....	33
Şekil 3.18. Gruplama metotları	34
Şekil 3.19. Ana hat dizaynı	34
Şekil 3.20. Hat sonu uygulaması	35
Şekil 3.21. Fark basıncının belirlenmesi	37
Şekil 3.22. Kaba boşaltılan kondensin fark basıncının belirlemesi.....	37
Şekil 3.23. Kondens akış debisinin belirlenmesi.....	38
Şekil 3.24. Örnek kapasite diyagramı	39

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.25. Kondensstopların hatta yerleşmesi	41
Şekil 3.26. Termostatik kondensstopların hatta yerleştirilmesi.....	42
Şekil 3.27. Termodinamik kondensstopların hatta yerleştirilmesi.....	42
Şekil 3.28. Tipik kondensstop yerleştirme düzenine ait bir uygulama	43
Şekil 3.29. Kondensstopların su trençlerine tahliyesine ait bir uygulama	44
Şekil 3.30. Kondens ve flaş buhar kayıpları.....	45
Şekil 3.31. Canlı buhar çıkışı	46
Şekil 4.1. İncelenen buhar hattı ve belirlenen düğüm noktaları.....	51
Şekil 4.2. Kondens miktarının belirlenmesine ait hesaplama ekranı görüntüsü.....	55
Şekil 4.3. Ekserji bileşenleri.....	62
Şekil 4.4. Hatta oluşan enerji ve ekserji kayıpları	69
Şekil 4.5. Kazanda üretilen buharın maliyetini oluşturan bileşenler	71
Şekil 5.1. Açık ve kapalı sistemin şematik yapısı	74
Şekil 5.2. Birinci öneri ile yapılması planlanan sistemin şematik şekli.....	74
Şekil 5.3. Örnek bir flaş tank resmi	82
Şekil 5.4. Örnek bir hava hattının flaş buharla beslenmesi.....	82
Şekil EK A.1. Kondensstopların termal ve dijital resimleri	100

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Termodinamik kondensstopların genel özellikleri ve avantajları.....	19
Çizelge 3.2. Termostatik kondensstopların genel özellikleri ve avantajları.....	22
Çizelge 3.3. Serbest şamandıralı kondensstopun genel özellikleri ve avantajları.....	26
Çizelge 3.4. Serbest ters küre- serbest kovalı kondensstopların başlıca özellikleri...	31
Çizelge 3.5. Kondensstopların karakteristik özellikleri	36
Çizelge 3.6. Kondensstopların çalışması esnasında ortalama buhar kayıpları	44
Çizelge 3.7. Kondensstop buhar kaçağı kayıp tablosu.....	47
Çizelge 4.1. Düğüm noktalarına ait boru çapı, buharın basıncı, buharın sıcaklığı ve hattaki kondensstop tipi verileri	52
Çizelge 4.2. Düğüm noktalarındaki hattın uzunluğu, kot farkı, ana hat çapı ve ana hat uzunluğu değerleri	53
Çizelge 4.3. Her bir düğüm noktasında oluşan kondens miktarı.....	57
Çizelge 4.4. Hattta oluşan enerji- ekserji kayıp değerleri	70
Çizelge 5.1. Basınç farkından dolayı kondensin flaş buhara dönüşme oranı.....	78
Çizelge 5.2. Kondens hız çizelgesi	80
Çizelge 5.3. Öneri 1'in ekonomik analizi	87
Çizelge 5.4. Öneri 2'nin ekonomik analizi	87
Çizelge 5.5. Birinci önerideki açık sistem için geri ödeme tablosu.....	88
Çizelge 5.6. Birinci önerideki kapalı sistem için geri ödeme tablosu.....	88
Çizelge 5.7. İkinci önerideki sistem için geri ödeme tablosu.....	88
Çizelge 5.8. Birinci önerideki açık ve kapalı sistemin NBD hesaplamaları	89
Çizelge 5.9. İkinci önerideki sistemin NBD hesaplamaları	90
Çizelge 5.10. Öneri kıyaslama tablosu	91
Çizelge 6.1. Önerilerin karşılaştırmalı tablosu	93
Çizelge EK A.1. Tasarruf yüzde miktarı.....	98
Çizelge EK A.2. Borulardaki buhar kapasitesi.....	99

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- A : orifis kesit alanı (m^2)
- d : buhar borusunun dış çapı (m)
- \dot{E} : enerji (kW)
- e_{fiz} : özgül fiziksel ekserji (kJ/kg)
- e_{kim} : özgül kimyasal ekserji (kJ/kg)
- e_{top} : toplam özgül ekserji (kJ/kg)
- \dot{E}_X : toplam ekserji kaybı (kW)
- F_k : kaldırma kuvveti (N)
- \bar{g}_{H_2O} : suyun molar Gibbs fonksiyonu (kJ/kmol)
- h : entalpi (kJ/kg)
- h_o : ölü haldeki entalpi (kJ/kg)
- i : iskonto oranı (%)
- k : ısı iletim katsayısı (W/mK)
- L : kaldıraç kolunun uzunluğu (m)
- \dot{m} : kütleli debi (kg/s)
- M : suyun moleküler ağırlığı (kg/kmol)
- \dot{m}_{fk} : flaşlaşma öncesindeki kondens akış debisi (kg/h)
- $\dot{m}_{flaş}$: flaş buharın kütleli debisi (kg/h)
- \dot{m}_{kon} : buhar hattında oluşan kondens miktarı (kg/h)
- NA_t : belirli dönemlerdeki nakit akım değeri
- P : buhar basıncı (bar)
- P_a : atmosfer basıncı (Karabük için 0.98 bar)
- P_m : mutlak basınç (bar)
- \dot{Q} : kontrol hacmine giren ısı (W)

- \dot{Q}_k : ısı transferi ile olan enerji kaybı (kW)
 Q_r : buhar hattında ışınlımla meydana gelen ısı kaybı (W)
 \bar{R} : universal gaz sabiti (8.314 kJ kmol⁻¹K⁻¹)
 s : entropi (kJ/kgK)
 s_o : ölü haldeki entropi (kJ/kgK)
 t : izolasyon et kalınlığı (m)
 T_o : ölü haldeki çevre sıcaklığı (°C)
 T_s : buhar sıcaklığı (°C)
 U : toplam ısı transfer katsayısı (W/m²K)
 v_f : suyun özgül hacmi (m³/kg)
 v_g : dönüş hattındaki buharın özgül hacmi (m³/kg)
 V_{kon} : borudaki kondensin akış hızı (m/s)
 \dot{W} : birim zamanda yapılan iş (W)
 $y_{h_2o}^e$: atmosferdeki su buharının molar oranı (0,0303)
 ΔH : kızgın buhar ile doymuş suyun entalpi farkı (kJ/kg)

KISALTMALAR

- LPG : Likit petrol gazı
NBD : Net bugünkü değer
THÇ : Ton ham çelik

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzün en temel sorunlarından biri enerji olarak gösterilmektedir. Enerji tüketimi gün geçtikçe, teknolojiler geliştikçe önlenemez bir hızla artmaktadır. Sürekli artan bu enerji sarfiyatının karşılanmasında, tüketilen enerjiyi verimli bir şekilde kullanarak enerji kaynaklarının ömrünü uzatmak en etkin yöntemlerden biridir. Bu duruma etki edecek en önemli faktörlerden birisi enerji tüketen sistemlerdeki fırsatları keşfederek tasarruf ile ilgili önlemler almaktır. Enerji tasarrufu, üretimde, konforumuzda ve iş gücümüzde herhangi bir azalma olmadan enerjiyi verimli kullanmak, israf etmemektir. Aynı işi daha az enerji kullanarak yapmaktır. Endüstriyel tesislerde enerji tasarrufu yapabilmek için, mevcut hammadde ile en verimli çalışma şartlarını oluşturmak gerekir. Sürdürülebilir bir gelecek için gerekli olan enerjinin verimli kullanılmasıdır.

Mevcut enerji kaynaklarını verimli bir şekilde kullanmak, sistemin herhangi bir noktasındaki kayıpları ortadan kaldırmakla veya minimuma indirmekle sağlanır. Bir sistemdeki kayıplar, Termodinamik kanunları ile belirlenir. Termodinamiğin birinci kanunu enerjinin korunumundan, ikinci kanunu ise enerjinin kalitesinden bahseder. Enerji ve ekserji analizi, termodinamiğin birinci ve ikinci kanunlarını birlikte ele alan ve enerjinin maksimum kullanımı veya kullanılabilirliğini ifade eden bir analiz şeklidir [1, 2]. Bugüne kadar endüstriyel tesislerdeki ısı sistemlerinin enerji ve ekserji analizi yoluyla sistemin atık ısısından tasarruf yöntemleri ve geri kazanım yolları üzerine birçok araştırma yapılmıştır.

Şahin, Kardemir Enerji Santralinde enerji ve ekserji analizi yaparak enerji tasarrufu sağlanabilecek noktaları tespit etmiş, en fazla kaybın kazanda olduğunu belirlemiştir. Enerji kayıplarının olduğu noktalarda uygulanabilecek tasarruf yöntemleri

konusunda yapılabilecek uygulamaların neler olabileceği konusunda önerilerde bulunmuştur [3, 4].

Aşkınoğlu, buhar hatlarına sahip enerji santralinde kullanılan kondenstopların çeşitlerini, kullanım yerlerine göre avantaj ve dezavantajlarını, tesise uygulanabilirliği üzerine bir çalışma yapmıştır [5].

Çetin, kondenstopların çalışma prensiplerini ve buhar hatlarındaki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, kondenstoplarla yapılabilecek enerji tasarruf yöntemlerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları belirlenmiştir [6].

Özer, buhar hatlarında oluşan kondens ve flaş buhar miktarlarını tespit etmiş ve buna ek olarak kazan blöf sistemindeki kayıpları bularak, kondens ve flaş buhardan sağlanabilecek tasarruf yöntemlerini incelemiştir [7].

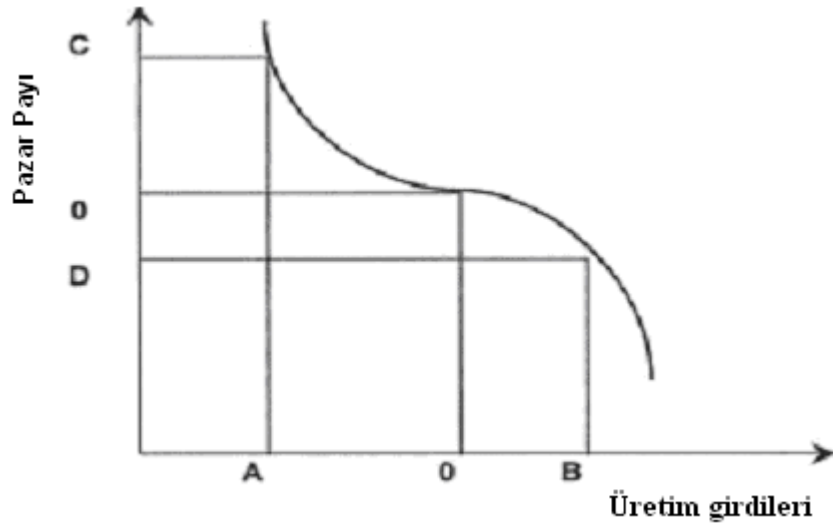
Kızıltan, flaş buhar ve kondensten enerji geri kazanım yöntemlerini deneysel ve teorik olarak incelemiş, flaş buhar miktarını teorik ve deneysel olarak belirleyerek, ısı geri kazanım yöntemlerini örnek uygulamalar üzerinden analiz etmiştir [8].

Saraç vd., İzmit Tüpraş rafinerisindeki proseslerde oluşan atık buharın ısı enerjisinin geri kazanımı üzerine bir çalışma yaparak, atık buharın sahip olduğu ısının geri kazanılması konusunda önerilerde bulunmuşlardır [9].

Bhatt, buhar hatlarında oluşan kondensin geri kazanılması sonucu sağlanacak tasarrufun önemli miktarının buhar üretmek için yakılan yakıttan sağlandığını tespit etmiştir. Bir buhar üretim ve dağıtım sistemi tasarlayarak bu sistemdeki enerji kayıplarını belirlemiş ve sistemde gerçekleşen en büyük kaybın kondens kaybı ile gerçekleştiğini ortaya koymuştur [10].

Entegre demir çelik fabrikalarında üretim kıyaslaması 1 ton ham çelik üretmek için harcanan girdilerle tespit edilir. Tespit edilen girdiler hesaplanırken Mcal/THÇ olarak birimlendirilir. Bu oran ne kadar küçük olursa, tesisin verimi de o kadar yüksek olur. Bugün itibarıyla dünya üzerinde en verimli demir çelik üretimini Çin

yapmaktadır. Çin'de 1 ton ham çelik üretmek için harcanan enerji 3500 Mcal iken, bu oran Türkiye'de 6500-7000 Mcal seviyelerindedir [3]. Bu kıyasla Çin aynı hammadde ile Türkiye'den neredeyse iki kat fazla üretim yapmaktadır. Bu durumda enerji ve ekserji analizleri yapılmalı, analizler sonucunda verim artışı sağlanabilecek noktalar belirlenerek bu rakamlar aşağıya çekilmelidir. Aksi takdirde rakiplerle yarışılmaz duruma gelinir ve pazardaki payda giderek azalır. Yapılan bu araştırmalar, sadece enerji dalında değil bütün girdiler üzerinde yapılmalıdır. Çünkü üretimdeki girdilerin artması demek, pazardaki payın da azalması demektir. Şekil 1.1'de pazar payı ile üretim girdileri arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 1.1. Üretim girdileri ile pazar payı arasındaki ilişki

Bir firma pazardaki yerini korumak ya da genişletmek istiyorsa kesinlikle girdi maliyetlerini diğer rakiplere göre daha az oranda tutmalıdır. Girdilerdeki artış miktarı ne kadar az olursa rakiplerini o derece geride bırakabilir.

Buhar, insanoğlunun vazgeçemediği en büyük enerji kaynaklarından birisidir. Kimya sektörleri, güç çevrimleri, santraller, tekstil sektörü, gıda üreticileri vb. bütün sektörler buharın taşıyıcılığını, ısıtıcılığını ve enerjisini kullanarak hizmet vermektedirler. İnsanoğlunun buharı kullanma sebepleri;

- Buharda ısı kaybının az olması: Buhar, çok iyi bir ısı taşıyıcı akışkandır. Buhar hatları çok büyük çaplı olmadığından dolayı yalıtımdan sonraki kayıpları da oldukça azdır.
- Geri kazanımının olması: Hatlarda kullanılan buhar, geri kazanım sistemleri ile sisteme geri besleme yapılabilir. Buhar, canlı buhar, flaş buhar ve kondens olmak üzere üç farklı şekilde bulunur. Toplanan kondens ve flaş buhar, istenilen şekilde hatta geri beslenebilir ya da ısıtma buharı olarak da kullanılabilir.
- Yatırım giderlerinin az olması: Buhar hatları, diğer yağlı sistemler ya da sıcak sulu sistemlere göre daha küçük çaplı borulardan oluştuğundan dolayı yatırım maliyeti diğer sistemlere göre çok daha ucuzdur.
- Emniyetli olması: Buharın yanmaz ve parlamaz olması en büyük özelliğidir. Sızdırmazlık ürünleri de etkili ve sağlam olursa buhar emniyetle kullanılabilir.
- Temiz olması: Buhar, sadece sudan oluştuğundan dolayı buhardan daha çevreci bir enerji kaynağı yoktur [11].

Madde katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç farklı halde bulunur. Suyun buz hali katı, buhar hali ise gaz fazı olarak adlandırılır. Su belirli bir düzeyde ısıtıldığı zaman kendi iç yapısını değiştirir, moleküller arası uzaklık artar ve artık buhar haline dönüşmeye başlar. Faz değişimi gerçekleşerek su buhar haline gelir ve bu noktaya da doyma noktası denir. Doyma noktasındaki suyun bir kısmı hiçbir ısıya ihtiyaç duymadan buhar olarak kaynamaya başlar [1, 2].

İlk buhar kazanları 1970'li yıllarda ilkel metotlarla üretilmiştir. İlk buhar kazanlarının yapısı şu anki çaydanlık modeline benzemektedir. Daha sonra bu kazanlar geliştirilerek alev borulu tipi, su borulu tipi vb. birçok modeli ortaya çıkmıştır. Kardemir A.Ş.'de ise 6 adet su borulu, gaz yakıtlı kazan bulunmaktadır.

Bu çalışmada, Kardemir Demir Çelik Fabrikası Enerji Tesislerinde pilot bölge olarak seçilen ve üzerinde 30 adet kondenstop bulunan buhar hattında dışarıya atılan atık kondensten ısı geri kazanım yöntemleri incelenmiş, sağlanacak tasarruf miktarı, yatırımın maliyeti, geri ödeme süresi ve yatırımın net bu günkü değerine göre en fazla kazanç sağlayacak geri kazanım yöntemi belirlenmiştir.

BÖLÜM 2

ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE BUHAR ÜRETİMİ

2.1. BUHARLAŞMA, KAYNAMA ve YOĞUŞMA

Bir sıvıyı oluşturan moleküllerin kazandıkları kinetik enerjiyle birlikte moleküller arası çekim kuvvetini yenip sıvının yüzeyini terk etmesine, serbest hale geçmesine buharlaşma denir. Buharlaşma, basınca bağlı olarak her sıcaklıkta başlayabilir. Bir sıvı kaynama noktasına gelene kadar buharlaşma olur ve gittikçe buharlaşma hızı artar. Sıvı kaynama noktasına ulaştığında kaynamaya başlar. Kaynama, buharlaşmadan çok farklı bir hızda ve şekilde oluşmaktadır. Kaynama sıcaklığı sıvının cinsine ve yapısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Sıvının yüzeyinde her zaman bir miktar sıvının kendi buharı bulunur ve buharlaşma olurken sıvının buharlaşmasını üstteki buhar kısmı kontrol eder. Sıvının ve üzerindeki buharın basınçları ve sıcaklıkları eşittir. Buna denge hali denir ve denge halinde sıvı ve buhar doymuş halde bulunur.

Sıvının yüzeyindeki bir molekülün enerji seviyesi, içerisindeki moleküllerin enerjilerinden çok daha fazladır. Moleküller arasındaki enerji farkı, moleküller arası bağları koparır ve sıvıyı gaz haline geçirir. Aşırı enerjili moleküller sürekli olarak yüzeyden ayrılırlar. Yüzeyden ayrılan bu moleküllerin hızını ve sayısını sıcaklık belirler, sıcaklık arttıkça moleküllerin hızı da artar. Kaynama noktasına ulaşıldığında ise artık moleküllerin bağ enerjileri birbirlerine eşittir ve bu noktada kaynama sıvının her yerinde olur. Bu safhada kaynama gözle görülür bir hal alır ve buhar sıvıyı tane tane terk eder. Sıvıdan ayrılan taneler bir engele çarptığında damlalar halinde geri döner. Bu geri dönme olayına yoğuşma denir. Taneler yüzeye çarpınca enerjilerini de kaybederler ve bırakılan bu enerjiye yoğuşma enerjisi denir. Yüzeyden geri dönen molekül sayısı arttıkça yoğuşma enerjisi de artar. Yoğuşma enerjisi ile buharlaşma

enerjisi belirli bir seviyeye geldiğinde enerjileri birbirlerine eşit olur. Burada gözle görülür bir durulma olur ve sıvı artık statik haldedir [1, 2].

2.2. KAYNAMA NOKTASI

Kaynama noktası, bir sıvının buhar basıncının serbest yüzey üzerindeki basınca eşit olduğu sıcaklıktır. Bu sıcaklığa aynı zamanda doyma sıcaklığı da denir. Suyun kaynama sıcaklığı normal şartlar altında 100 °C'dir ve bu sıcaklık basınca göre değişkenlik gösterir. Örneğin tamamen kapalı bir kaptaki buhar üretmek istenirse suyun, sıvı halden gaz hale geçişi sırasında hacme bağlı olarak basınç da artar. Basınç artımı söz konusu olduğu zaman yukarıda belirtildiği gibi suyun ve buharın sıcaklığı da artar. Isı verilmeye devam ettiği sürece kap patlayana kadar basınç ve sıcaklık artar ve verilen ısıya bağlı olarak basınç istenilen seviyede tutulur. Bunun için buhar üzerinde yeterli bir buhar hacmi bırakılarak su seviyesi sabit tutulur ve tesise istenilen buhar buradan sağlanır. Kazan içindeki buhar ve su, belli seviyede tutularak istenilen buhar elde edilir [12].

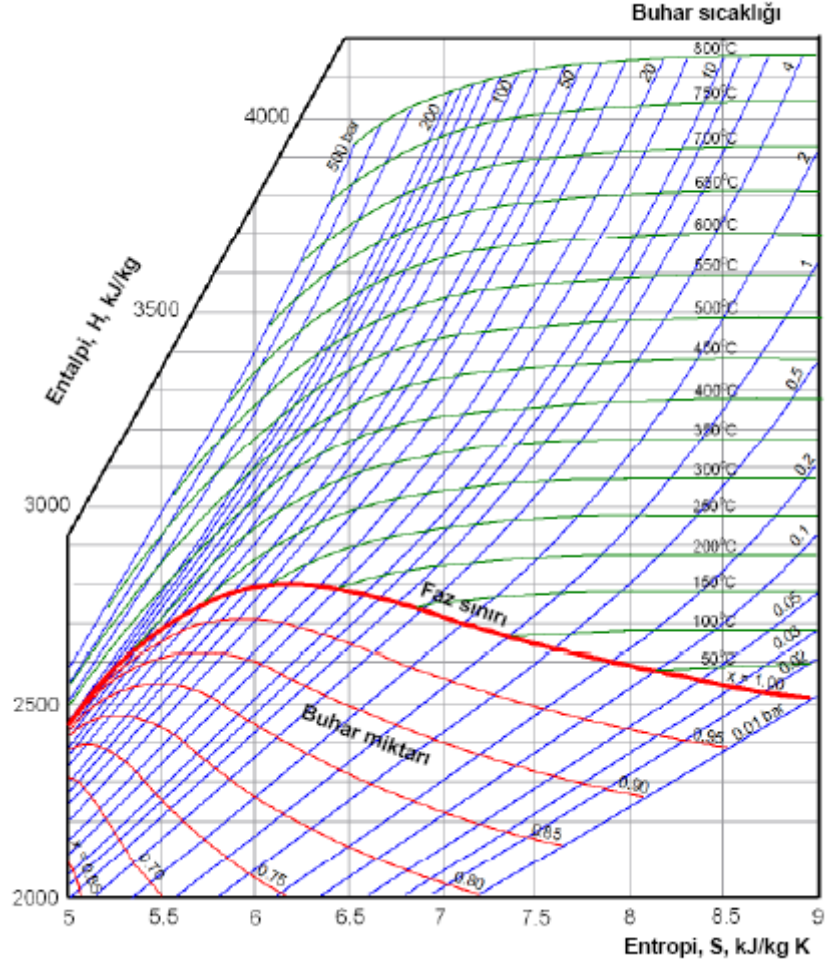
2.3. BUHARIN ÖZELLİKLERİ

Buhar üretecek bir cihaz üzerinde ya da buharla çalışan bir tesiste buhar parametrelerinin çok iyi bilinmesi gerekir. Bu parametreler:

- Sıcaklık
- Basınç
- Özgül hacim
- Entalpi
- Entropi

Herhangi bir noktada bulunan buharın, bu beş özelliğinin bilinmesi gerekir. Buharla ilgili hesaplamalarda genellikle çeşitli basınçlara karşılık gelen doyma sıcaklıkları, doymuş suyun ve buharın entalpileri, özgül hacimleri ve buharlaşma entropisi istenir. Bu değerler hazırlanmış buhar tablolarından okunur [1, 2]. Tablodan okumak yerine pratikte grafiklerden yararlanılır. Bu diyagramlar, T-s (sıcaklık-entropi) ve h-s

(entalpi–entropi) olarak adlandırılır. h–s diyagramı, Mollier diyagramı olarak da bilinir. Moiller diyagramı üzerinden birçok veri okunabilir. Şekil 2.1’de örnek bir Mollier diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.1. Mollier diyagramı [1]

2.4. BUHAR KAZANLARI

Yakıtın kimyasal enerjisini yanma yoluyla ısı enerjisine dönüştüren ve bu ısı enerjisini taşıyıcı akışkanlara aktaran ekipmana kazan denir. İlk kazanlar 18.yy da yapılmış olup günümüze kadar kendini geliştirerek teknolojiye ayak uydurmuştur. İlk kurulan buhar kazanı, 1700- 1770 yılları arasında faaliyet göstermiş maden ocaklarında kullanılan bakırdan yapılmış ve atmosferik basınçta buhar üreten bir kazandır. Daha sonra 1773 yılında Smeaton tarafından geliştirilen bu kazanın dökme demirden yapıldığı ve daha faydalı olduğu görülmüştür. Bunların yanı sıra 1766

yılında Blakey tarafından su borulu kazanı, 1790 yılında ise James Watt ise çanta tipi buhar kazanlarını insanoğlunun hizmetine sunmuştur [11].

Kazanlar kendi içlerinde kapasitelerine, yakıt çeşitlerine, yanma odası çeşitlerine, taşıyıcı akışkan çeşitlerine göre birbirlerinden ayrılırlar. Kardemir’de toplam 6 adet buhar kazanı olup, kazanlarda iki tür yakıt kullanılmaktadır. Katı ve gaz yakıtın birlikte kullanıldığı kazanlarda, katı yakıt olarak kok kömürü, gaz yakıt olarak ise yüksek fırın gazı, kok gazı ve konverter gazı kullanılmaktadır. Yakıtların yanma oranına göre verim ortaya çıkar.

Kazan verimi, akışkana aktarılan ısı enerjisinin yanma sonucu açığa çıkan ısı enerjisine oranı olarak ifade edilir. Yanma sonucu oluşan ısı enerjisinden en yüksek oranda yararlanılmalıdır ki bu sayede yakıt harcaması düşük ve çevreye verilen zarar daha az olur.

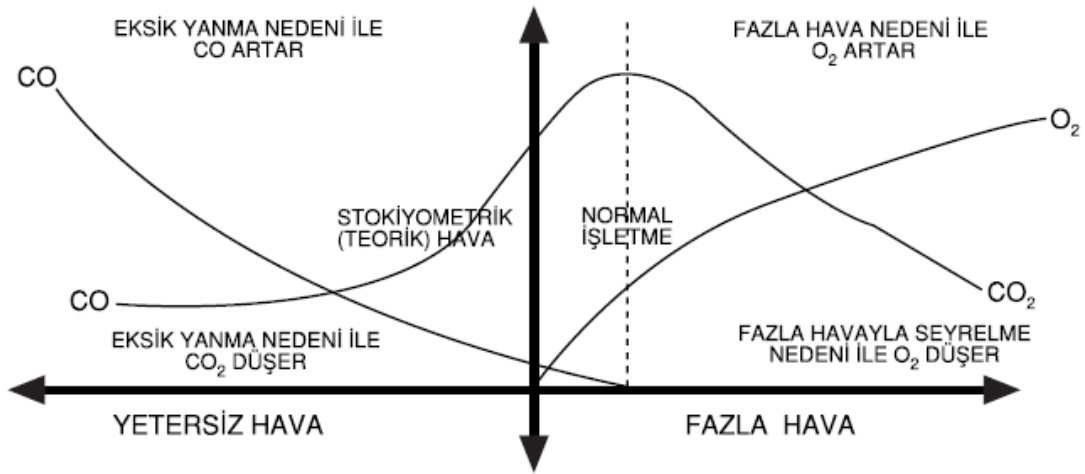
2.4.1. Yanma çeşitleri

Az hava ile yanma: Bu yanma şekline eksik yanma da denir. Eksik yanmada alev rengi olması gerekenden daha koyu renkte olur. Havaya daha fazla karbonmonoksit (CO) emisyon salınımı gerçekleşir. Yanma, ocak içinde iyi olmadığından katı malzemelerden çıkan parçacıklar is ve kurum şeklinde birikmeye başlar. Biriken bu parçacıklar, yanma sonucu açığa çıkan ısı enerjisinin akışkana aktarılan ısı geçişine karşı direnç oluşturur ve kazanın verimini düşürür. Düşük verimde çalışan kazanda yakıt tüketimi daha da artacağından dolayı giderler de buna bağlı olarak artacaktır. Yakıt tüketiminin artmasının sebebi ise kazan yeterli enerjiyi sağlayabilmek için daha önce yaktığı yakıttan daha fazla yakıt yakması gerekmesidir.

Fazla hava ile yanma: Bu yanma çeşidinde alevin rengi açık renkte ve parlaktır. Bacadan atılan gaz hemen hemen görülmez. Yanma odasında istenmeyen derecede bir yanma sıcaklığı oluşur ve bununla beraber baca gazı sıcaklıkları çok yüksek seviyelere çıkar. Yanma fazla olduğu zaman yakıt tüketimide artacağından hem hammaddeye hem de çevreye verilen zararda fazla olur.

Teorik tam yanma: Bir yakıtın tam olarak yanması gereken havaya teorik hava denir. Yakıtın teorik hava ile tam olarak yanmasına stokiyometrik yanma veya teorik yanma denir.

İyi bir yanma, hava ve yakıt oranının optimum değerinde gerçekleşir. Bu sayede hem çevresel zarar azalmış olur, hem de daha verimli bir yanma gerçekleşmiş olur. Şekil 2.2’de kazanı terk eden baca gazlarında CO_2 , CO ve O_2 ilişkisi görülmektedir [13].



Şekil 2.2. Kazanı terk eden baca gazlarında CO_2 , CO ve O_2 ilişkisi [13]

2.4.2. Buhar Kazanı Ekipmanları ve Görevleri

Buhar kazanlarında birçok ekipman iç içe bulunur ve bu ekipmanların bir kısmı enerjinin dışarı atılmasını önlemeye çalışır. Bu ekipmanlar, aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

2.4.2.1. Yanma odası

Yüksek fırın gazı, kok gazı, konverter gazı ve kok kömürü yakıtları yakıcılar sayesinde ocak içine ulaştırılır. Yakıtların yanabilmesi için içeriye vantilatör tarafından hava emişi olur. LPG ile ilk ateşleme yapıldıktan sonra düzenli bir yanma başlar. Kazanda istenilen buhar miktarına ve basınca göre yakıt hava karışımı ayarlanır. Yanmanın gerçekleştiği bu alana yanma odası veya ocak içi denir.

2.4.2.2. Asıl ısıtma yüzeyleri

Yanma odasında kazan iç çeperlerinde kalan boruların iç yüzeye (yanmanın gerçekleştiği yüzeye) baktığı kısımdır. Burada su boruları, bire bir ateşle temas halinde olup, yaklaşık 1100 °C sıcaklığa kadar ısınmaktadır.

2.4.2.3. Kızdırıcı

Ocak içinde yanan yakıtlar sonucunda oluşan sıcak yanma sonu gazlarıyla doymuş buharın sabit basınçta ısıtılmasını sağlayan bölgedir. Bir kazanda ocak içi sıcaklık yaklaşık 1025 °C civarındadır. Bu sıcaklık değeri, kızdırıcıda 700 °C'ye kadar düşer. Kızdırıcı borularının içinden doymuş buhar geçerken, boru demetlerinin dış yüzeyini sıcak yanma sonu gazları yalar ve bu ısı enerjisi boru içerisinden geçen buhara aktarılır. Böylece buhar bu olaydan sonra doymuş halden kızgın hale geçer. Isısını buhara veren yanma sonu gazları soğur ve aspiratör tarafından kazandan dışarı atılır.

2.4.2.4. Ekonomizer

Kızdırıcı bölgesinden çıkan görevini tamamlamış yanma sonu gazları hala belirli bir sıcaklığa sahip olarak bacaya doğru hareket etmeye devam eder. Bacaya girmeden önce yanma sonu gazlarının sahip olduğu ısı enerjisi, ısı geri kazanım üniteleri (ısı değiştiriciler) ile ısı alınarak daha düşük sıcaklıklarda bacadan atmosfere atılır. Bu tür ısı geri kazanım ünitelerine ekonomizer adı verilir. Ekonomizerde yanma sonu gazlarının ısı geri kazanılarak kazana verilen besleme suyuna aktararak besleme suyu sıcaklığı yaklaşık 180 °C'ye kadar çıkartılabilmektedir. Kazan besleme suyu ön ısıtma sonucunda, kazan içerisinde verilmesi gereken ısı enerjisinden daha az enerji ile buhara dönüştürülebilmektedir. Ekonomizerde ön ısıtmaya tabii tutulan besleme suyu kazanın üzerindeki dom seviye tankına verilir ve buradan da kazana beslenir.

2.4.2.5. Hava ısıtıcılar

Kazandan dışarıya atılan baca gazının sıcaklığı yaklaşık 300 °C civarındadır. Bu sıcaklıktaki baca gazlarında hala kullanılabilir ısı enerjisi olduğundan dolayı

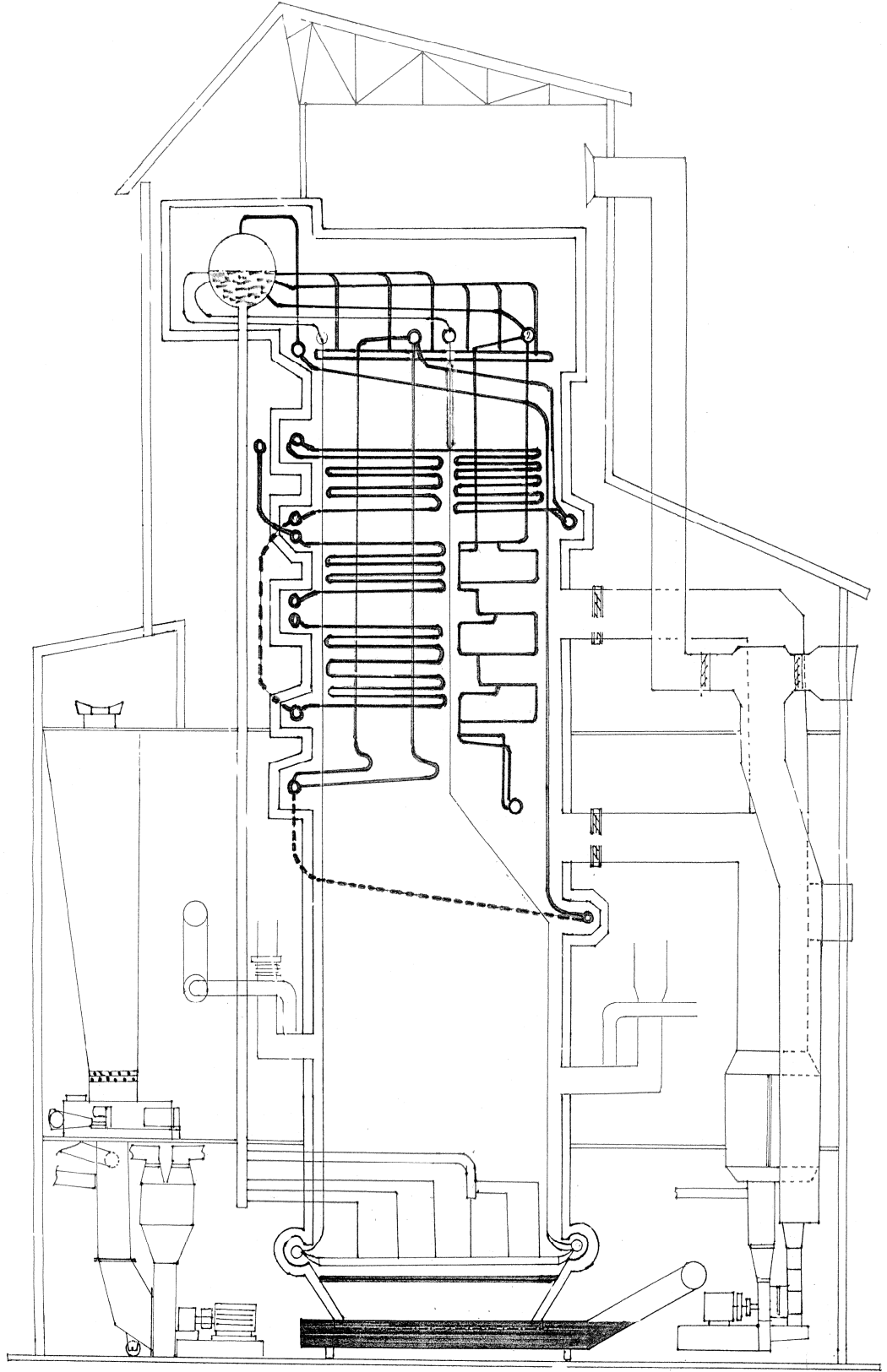
imalatçı firmalar, döner hava ısıtıcılarını kazana eklemişlerdir. Luvo adı verilen döner hava ısıtıcılarının içerisinde aralıklı metal plakalar bulunur ve bu plakaların arasından sıcak duman gazları geçerken plakalar ısınır. Döner hava ısıtıcısının bir tarafından temiz yanma havası girerken diğer tarafından baca gazı geçer. Isınan plakalı bölge döndüğü zaman içerisinden ikinci seferde yanma havası geçer. Sıcak plaka yüzeyinin ısı enerjisi içerisinden geçen yanma havasını ısıtır ve yanmanın başlaması için kazana gönderilir.

2.4.2.6. Baca

Luvoları terk eden baca gazlarının sıcaklıkları yaklaşık 150- 200 °C'ye kadar düşer. Kazan dizaynlarında baca gazının sıcaklığının 150 °C'nin altına düşmesine izin verilmez. Çünkü yakılan yakıtın içerisinde bulunan kükürt (S) ile buhar fazındaki su (H₂O) kimyasal tepkimeye girerek sülfürik asit (H₂SO₄) oluşturur. Sıvı hale gelen sülfürik asit, baca ve baca yolundaki metal aksamlara zarar verir. Bu sebepten baca gazlarını soğutmadan dışarıya atmak gerekir.

2.4.2.7. Elektrostatik filtre

Kömür yakan kazanlarda yanma sonunda oluşan kül baca gazı ile ortamdan taşınmaktadır. Toz halindeki külün çevre ve insan sağlığına etkisini en aza indirmek için kömür yakan kazanların çıkışına elektrostatik filtreler yerleştirilir. Elektrostatik filtrelerde baca gazı ile taşınan kül (-) elektrotlar sayesinde (-) yükle yüklenirler. Yüklü olan küller daha önceden (+) yüklü olan plakaların içerinden geçerken birbirlerini çekmesi sonucu plakaya yapışır. Yapışan küller çekiçler sayesinde bunker adı verilen toz toplama tanklarına iletilir. Bunkerlerden küller vidalı konveyörlerle transfer sistemine taşınır ve buradan hava basıncının da yardımıyla toplama silosuna iletilir [3]. Şekil 2.3'te Kardemir A.Ş.'de kullanılan kömür yakıtlı bir kazanın şematik yapısı görülmektedir.



Şekil. 2.3. Su borulu katı-gaz yakıtlı kazan ve ekipmanları [3]

BÖLÜM 3

KONDENSTOPLAR

Kondenstop veya buhar kapanı, buhar sistemlerinde oluşan kondensin (yoğuşmuş su) dışarı atılmasında kullanılan tesisat elemanıdır. Kondenstopların sistemde başlıca üç görevi vardır;

- Oluşan kondensi tahliye etmek
- Tahliye sırasında buharın kaçmasına mani olmak, buhar kaybını engellemek
- Hava ve yoğuşmayan gazları tahliye etmek

Isıl enerji, ısıtma, buharlaştırma ve kurutma amaçlı olarak ve birçok üretim prosesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İhtiyaç duyulan bu proses enerjisi; bir kazanda ısıtılarak kullanım yerlerine borular yardımıyla sevk edilen sıcak su, yüksek sıcaklıktaki yağ veya doymuş ya da kızgın haldeki buhar ile sağlanır. Bu üç akışkan tipinden en kullanışlı olanı buhardır ve bu sebeple tüm dünyada en yaygın olarak kullanılan akışkandır.

Her ne kadar bu akışkanları taşıyan iletim hatları ve akışkanları kullanan ekipmanlar, ısı kayıplarını minimuma indirmek için oldukça iyi yalıtılsa da, bir miktar ısı ışıyım yoluyla dış ortama transfer olacak, boru hattında ilerleyen buhar kendini taşıyan boruları ısıtmak için de ısı verecek ve bir miktar buhar yoğunlaşarak borunun alt kısmında kondens oluşturacaktır. Bu kondensin boruda kalmasına izin verilirse, buharla kondens arasında ısı transferi devam edecek, kondens boruyu daha çok dolduracak, sonuçta buharla beraber sürüklenerek koç darbelerine ve ileri aşamada buharın geçiş yollarını bloke etmeye başlayacaktır. Bu yüzden, buharın kaçmasına izin vermeden, oluşan bu kondensi borulardan tahliye edecek otomatik bir tesisat elemanına gereksinim vardır. Bu maksatları yerine getirmek için buhar hatlarında kondenstop kullanılır.

Benzer şekilde buhar ısı değiştiricisine girdiğinde, ısı cıdarlarından ısıtılacak ürüne transfer olur. Buhar ısını verdikçe yoğuşur ve oluşan kondens ekipmanın içerisinde, buharın bulunduğu hacimde, birikmeye başlar. Buhar hatlarında olduğu gibi, bu kondensin de ekipman içerisinde kalmasına izin verilmemelidir. Aksi takdirde, ısı transfer işlemi yavaşlar ve sonuçta durabilir. Bu sebeple kondensstoplar, buharın kaçmasına izin vermeden, kondensi tahliye etmede kullanılan tesisat elemanlarıdır.

Kondensstoplar, sadece kondensi tahliye etmede kullanılmaz. Bir buhar sistemi kapatıldığında, hava, yoğuşan buharın bıraktığı yeri doldurmak için buhar hattına girer. Devreye almada, bu hava, buhar hattının en uzak noktasına ve buhar ekipmanına kadar buharın önünde itilir. Buradan hava, buhar kapanlarının bağlandığı tahliye çıkışına kadar gelir. Bu yüzden buhar kapanları, havayı ve yoğuşmamış gazları tahliye etme özelliğine de sahip olmalıdır. Aksi takdirde, bu gaz ve havanın sistemde kalmasına izin verilirse, efektif ısı transferi için bir engel teşkil edeceklerdir.

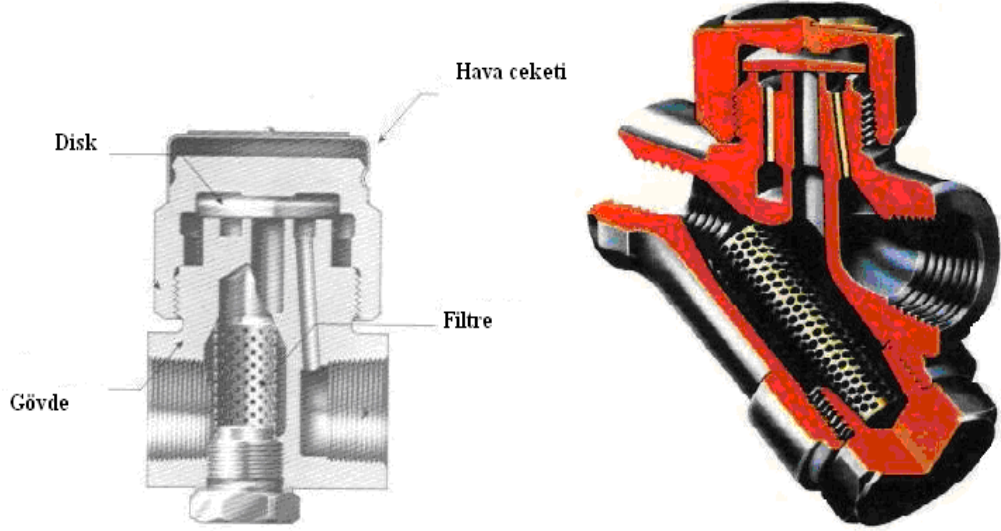
Buhar hatlarında kullanımda olan birçok kondensstop tipi vardır. Ancak bunların hepsi yukarıda açıklanan ve kendinden beklenen performansı, çalışma sistemi ve dizaynı gereği yerine getiremeyebilir. Bu sebeple her uygulama için, o uygulamaya en uygun kondensstop seçilmesi gereklidir. Kondensstoplar alışma prensibine göre termodinamik, termostatik, şamandıralı ve kovalı tip olmak üzere dört farklı tipte incelenebilir.

3.1. TERMODİNAMİK KONDENSTOPLAR

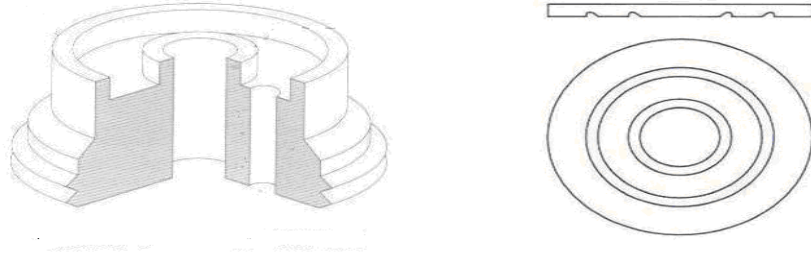
Termodinamik kondensstoplar, bir yüzey üzerinde akan buhar ile, kondensin aynı yüzeydeki akışı arasındaki fark prensibi ile çalışırlar. Bir yüzey üzerinden akan bir gaz, buhar, bir dūřuk basınç alanı yaratır ve bu olay, kondensstoplarda diskin valf oturma noktasına doğru hareket etmesini ve sonuçta kapatmasını sağlar.

Termodinamik kondensstopların iç yapısı, şekil 3.1'de verilmiştir. Üzerinde diskin kapatılmasını sağlayan sit ringleri ya da diğer adıyla oturma yüzeyleri, hareketli olan

disk, gövde üzerindeki vidalı kapak ve hava yalıtma kapağından oluşmaktadır [14]. Diskin oturma yüzeyleri ve kanallarının detayları, Şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil 3.1. Termodinamik kondensstopların şematik yapısı [15, 16]

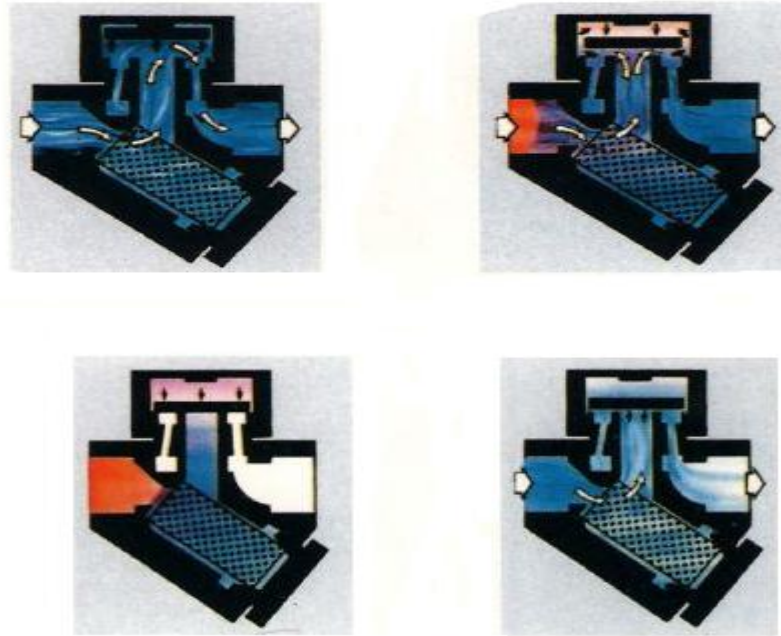


Şekil 3.2. Termodinamik diskin yapısı [16]

Kondenstopun açma kapama işlevini yapmasından dolayı oturma yüzeyleri termodinamik kondensstopların en önemli parçasıdır. Çok hassas ve düzgün işlenmesi gereken bu yüzeyler sayesinde kondensstopun verimli çalışması sağlanır. En küçük bir işleme hatası, yüzey pürüzlülüğü gibi istenmeyen durumlar kondensstopun düzgün çalışmasını engeller ve enerji kaybına sebep olur. Termodinamik kondensstopun çalışması, hatta buhar verildiği zaman buhar ilk olarak hattı ısıtmaya çalışır. Hatta birikmiş kondens ve hava karışımı buhardan önce termodinamik kondensstopa ulaşır. Kondensstopta disk yukarıda olduğu için genişlene kadar içerisindeki kondens dışarıya tahliye eder. Buharın sıcaklığı ve basıncı arttıkça içeriye giren kondensin de

sıcaklığı artar. Kondenstopa giden kondens, kanalı daraltacağından dolayı kondensin hızı artar, basıncı düşer ve flaş buhar ortaya çıkar. Kondensle beraber flaş buhar öyle bir dengeye ulaşır ki bu noktada diskin altından geçen akışın hızı da artar. Bu sayede disk, oturma yüzeyine yani sit alanına doğru hareket eder. Bu hareket disk ile oturma yüzeyi arasında çok küçük bir boşluk oluşuncaya kadar devam eder. Bu boşluk dış basınç ile iç basınç farkından kaynaklanır. Oluşan bu boşluktan flaş buharı kanallar sayesinde üst bölgeye ulaştırılır. Buharın çıktığı bu bölgeye kontrol odası denir. Kontrol odasının çalışma prensibi kondenstopun iç yapısından farklı olarak gerçekleşir. Kesit alanı diskin alt yüzeyinde küçükken kontrol odasında bu alan daha da büyür ve burada oluşan kuvvet, alt yüzeyde oluşan kuvvetten daha büyük olduğundan dolayı kondenstop tam olarak kapanır [16].

Kontrol odasındaki buharın basıncı yoğuşma nedeniyle düşer ve disk yüzeyindeki kuvvet azalincaya kadar sit kapalı kalır. Buhar, basıncını kaybederken sit yavaş yavaş açılır ve yüzeyden ayrılmaya başlar. Kondens bulunduğu açıklıktan dışarı tahliye olmaya başlar (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Termodinamik kondenstopun çalışma prensibi [16]

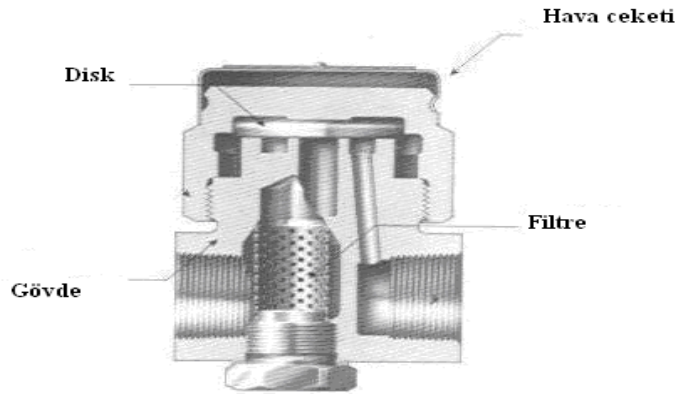
Termodinamik kondenstoplarda dikkat edilmesi gerekenler önemli parametrelerden bazıları;

- Kondenstopdan sadece flaş buhar çıkışı olmalıdır, asla canlı buhar çıkışı olmamalıdır. Canlı buhar çıkışı görülüyorsa kapanda kaçak var demektir.
- Yoğuşmanın geç olmaması ve buhar hattında kondens birikmesine neden olmamak için kondenstopa çok sıkı yalıtım yapılmamalıdır.

Termodinamik kondenstoplar kontrol odası dizaynına göre, düz kapaklı, hava ceketli ve buhar ceketli olmak üzere üç grupta sınıflandırılmaktadır.

3.1.1. Düz Kapaklı Termodinamik Kondenstop

Düz kapaklı termodinamik kondenstop en yaygın ve en çok bilinen kondenstop tipidir (Şekil 3.4). Düz kapaklı termodinamik kondenstopun en büyük dezavantajı yalıtımının iyi yapılmamış olmasıdır. Bu sebepten dolayı ısı geçişi iki ortam arasında çok fazla olur ve sık sık açılıp kapanarak kondenstopun kullanım ömrünü azalır. Isı farkı fazla olan yerlerde kullanımı uygun olmaz ve atmosfere açık ortamlarda pek tavsiye edilmez.



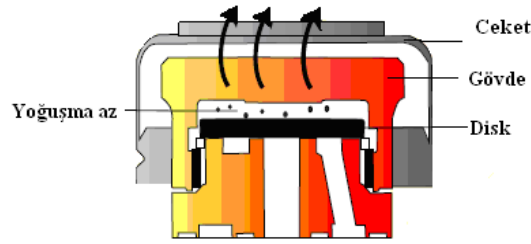
Şekil 3.4. Düz kapaklı termodinamik kondensatör [16]

3.1.2. Hava Ceketli Termodinamik Kondensatör

Hava ceketli termodinamik kondensatörün kontrol odası düz ceketli kondensatöre göre daha iyi bir yalıtıma sahiptir. Bu sayede dış ortam ile içerisi arasındaki sıcaklık farkını sabit tutmaya çalışarak kondensatörün çalışmasını kolaylaştırır.

3.1.3. Buhar Ceketli Termodinamik Kondenstop

Buhar ceketli termodinamik kondensstopta, kontrol odasının üzerinde bir kontrol odası daha bulunur (Şekil 3.5). Kontrol odaları beraber dolarken alt taraftaki kontrol odası, dışarı ile temas halinde olmadığından içerisi ile dışarısı arasındaki sıcaklık ve basınç farkından fazla etkilenmez [17]. Açma kapama frekansı düzenli olacağından kondensstopun kullanma ömrü de buna bağlı olarak uzar ve verimi de artar. Buhar ceketli kondensstopta diğer kondensstoplara göre daha az buhar kaçağı olur.



Şekil 3.5. Buhar ceketli termodinamik kondensstop [14]

3.1.4. Donma ve İzolasyon

Termodinamik kondensstoplar donmaya karşı oldukça dayanıklı bir yapıya sahip olarak üretilirler. İçerisindeki parçaların tümü çelik döküm, paslanmaz çelik ve alaşımlı çelikten üretildiği için donma olduğu zaman kondensstopa zarar vermeden donar. İçyapısı dökme demir olanlar sıcaklık farkı çok olduğu zamanlarda bazen donma yapar ve bununda kısmi bir yalıtımla önüne geçilebilir. Kondensstoplardaki yalıtımın asıl amacı, kondensstopun açma kapama frekansını ayarlamaktır. Yalıtım çok sıkı yapılırsa kondensstop içerisindeki kondens geç soğuyacağından görevini geç yerine getirir ve hatta kondens birikmesine sebep olur [16]. Yalıtım az olursa kondensstop sürekli açma kapama yapar. Çizelge 3.1'de termodinamik kondensstopların genel özellikleri ve avantajları verilmiştir.

Çizelge 3.1. Termodinamik kondensstopların genel özellikleri ve avantajları [14]

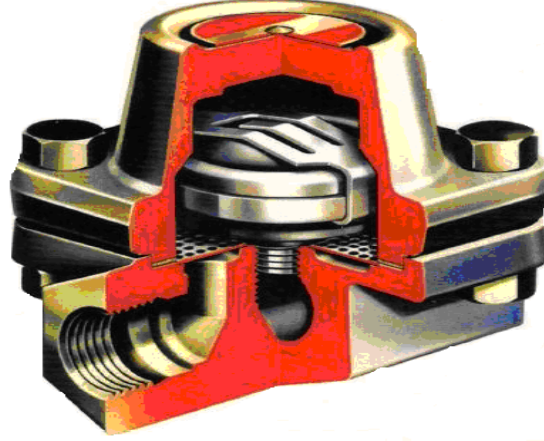
Özellik	Avantajı
Kompakt bir yapıya	Montajı kolaydır.
Hafiftir.	İlave boru destekleri gerekmez.
Basit bir yapısı vardır.	Maliyeti düşük, bakımı kolaydır.
Tek hareketli parçası vardır.	Koç darbesi ve titreşime karşı sağlamdır.
Sabit orifise sahiptir.	Valf ve orifisi değiştirmeden çok geniş basınç aralığında çalışabilme imkânı vardır.
Su sızdırmazlığı yoktur.	Yüksek basınç ve kızgın buharda kullanılabilir.
Paslanmaz modelleri mevcuttur.	Korozif kondense dayanıklıdır ve donmadan etkilenmez.
Bimetal bilezik mevcuttur.	Hava ve yoğuşmayan gazları hızla tahliye eder.
Dahili filtreye sahiptir	Kondenstopu pisliklerden korur.
Düz, hava ve buhar ceketli kapak seçenekleri mevcuttur.	Her türlü uygulama için ihtiyaçlar karşılanabilir. Özellikle yağmur, kar ve rüzgara maruzsa kullanılabilir.
Değişebilir valf sitlidir.	Hat içerisinde onarım yapılabilir, bakım maliyetleri düşüktür.

3.2. TERMOSTATİK KONDENSTOPLAR

Termostatik kondensstoplar, kondens sıcaklığının hissedilmesi prensibine göre çalışırlar. Buhar yoğuştukça, oluşan kondens buhar sıcaklığındadır, fakat bu kondens kapana doğru aktıkça sıcaklığını kaybeder. Bu sıcaklık, buhar sıcaklığının altında belirli bir değere düştüğünde, kondensstop kondensi tahliye etmek için açar ve kondens tahliye edilir.

Termostatik kondensstoplarda işi yapan asıl eleman, iki ucuna metal kaynatılmış olan körüktür. Bu körük vasıtasıyla kondensstop açma-kapama işlemlerini gerçekleştirir. Alt kısmında bulunan plakaya sübap monte edilmiştir. Üretim esnasında körüğün içerisindeki hava vakumla alınıp, içerisine kaynama noktası suyun kaynama noktasından daha düşük olan bir sıvı enjekte edilir ve sıvı alkol bazlı bir karışımdır. Sıvının kaynama noktası suyun kaynama noktasından yaklaşık 10 °C daha düşük olacak şekilde ayarlanır. Körük ısınmaya başladığında, suyun kaynama noktasına gelmeden içindeki sıvı kaynatarak gaz haline geçer. Gaz haline geçerken körük,

içerisinde onu çevreleyen basınçtan daha büyük bir basınç oluşturarak genişir. Şekil 3.6'da termostatik kondenstopun iç yapısı görülmektedir [15].



Şekil 3.6. Termostatik kondenstopun şematik yapısı [15]

Kondenstop buhar hattına bağlandıktan sonra hatta buhar vermeye başlanır. Hattaki buhardan önce hat üzerinde birikmiş kondens ve hava karışımı kondenstopa ulaşır. İlk başta körük soğuk olduğundan kanal açıktır ve hava buradan tahliye olur. Hava orifis kanalından geçerken, flaş buharda yavaş yavaş kondenstopa girer ve körüğü ısıtmaya başlar. Belirli bir sıcaklığa ulaşıncaya (suyun kaynama sıcaklığına yakın bir değer) körüğün içerisindeki sıvı kaynamaya, dolayısıyla genişlemeye başlar ve körük genişerek kondenstopu kapatır. Son durumda körük kapalı vaziyette iken etrafı sıcak kondens ve flaş buhar karışımı ile doludur. Kondens artık kondenstopun içine giremediğinden hatta birikmeye başlar. Körüğün etrafındaki kondens Beklemeden dolayı belirli bir süre sonra soğur ve yoğuşur. Körük içerisindeki sıvı da yoğuşup sübapın oturma yüzeyinden ayrılmasından sonra içeri yeni kondens girer ve içerideki kondens de orifis kanalından tahliye olur. Termostatik kondenstopun çalışma prensibi Şekil 3.7'de verilmiştir [14].



Şekil 3.7. Termostatik kondensstopun çalışma prensibi [14]

Kızgın buhar sıcaklığının o basınca karşılık gelen doymuş buhar sıcaklığından çok daha yüksek olmasından dolayı termostatik kondensstoplar, kızgın buhar hatlarında kullanılmazlar. Kızgın buharın sahip olduğu yüksek sıcaklık, körük içerisindeki sıvının aşırı genleşmesine ve yapısının bozulmasına neden olur. Sıvının yapısı bozulduğu zaman kondensstop açma-kapama yapamayacağından iş göremez duruma gelir.

3.2.1. Donma ve İzolasyon

Körüğün genişip soğumasını ayarlamak için sıcaklığın iyi kontrol edilmesi gerekir. Bu nedenle termostatik kondensstopun yalıtılması istenmeyen bir durumdur. Yalıtım sıkı yapıldığı zaman körük zor soğuyacağından kondensi boşaltamaz ve hatta çok fazla kondens biriktirir. Şayet termostatik kondensstop, çok soğuk ortam ya da sürekli sıcaklık değişimine maruz kalan bir ortamda kullanılıyor ise bu durumda kısmi bir yalıtım yapılabilir. Çizelge 3.2’de termostatik kondensstopların genel özellikleri ve avantajları verilmiştir [16].

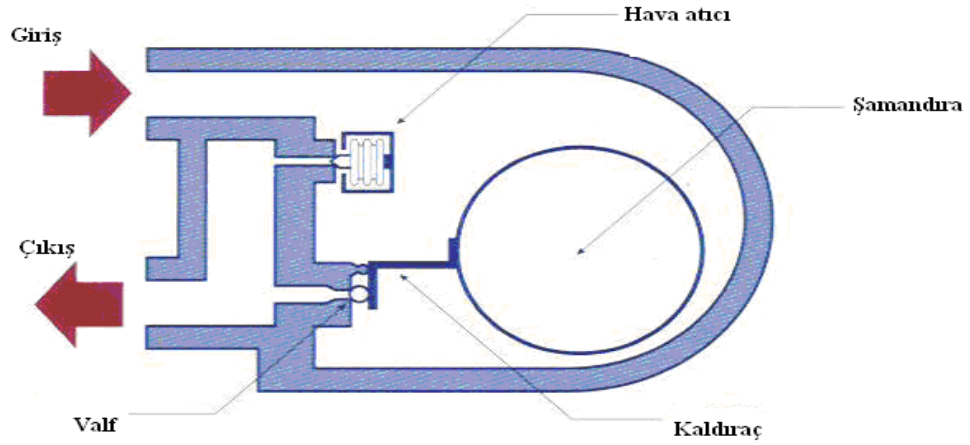
Çizelge 3.2. Termostatik kondensstopun genel özellikleri ve avantajları [14]

Özellik	Avantajı
Kompakt yapıya sahiptir.	Montajı kolaydır.
Hafiftir.	İlave boru destekleri gerekmez.
Sıcaklığı algılayarak çalışır.	Devreye alma esnasında havayı atar. Böylece ısınma süresini ve verimliliği arttırır.
Tek bir orifis ve geniş bir basınç aralığında çalışır	Kondensstopun boyutuna göre kondens tahliye kapasitesi yüksektir.
Kapsül doymuş buhar eğrisini yakından izleyerek çalışır.	Kondensstop, tekrar ayar gerektirmeksizin basınç değişimleri ve kondens akış oranlarındaki değişimlere uyum sağlar.
Filtre ihtiva eder.	Boru pullanmalarından gelecek zararları önler.
Kapsül ve sit kolayca değiştirilebilir.	Bakımı kolaydır ve kondensstop hattan sökülmeden bakımı yapılabilir
İyi bir kapsül dizaynına sahiptir.	Düşük miktarlarda kızgın buharı tolere eder. Makul oranlarda su koçu darbelerine karşı dayanıklıdır. Güvenli arıza verir (arızaya geçme durumunda açık kalır, kondens tahliyesi devam eder) ve karşı basınçtan fazla etkilenmez.

3.3. ŞAMANDIRALI KONDENSTOPLAR

Şamandıralı kondensstoplar, buhar ve kondens yoğunlukları arasındaki fark prensibi ile çalışırlar. Kondens seviyesi yükseldikçe, bir şamandıra yükselecek, bir valfi açacak, fakat içerisinde yalnız buhar olması durumunda, şamandıra kalkamayacak ve böylece valf kapalı kalacaktır. Şamandıralı kondensstop içerisine termostatik bir eleman yerleştirilmedikçe, havayı ve yoğuşmayan gazları tahliye edemezler. Bu elemanlar, termostatik kapanlarda kullanılan termostatik elemanların minyatürüdürler.

Buhar hatlarında kullanılan şamandıralı tip kondensstoplar, kaldıraç tipli şamandıralı kondensstop ve serbest tip şamandıralı kondensstop olmak üzere iki çeşittir [16].



Şekil 3.8. Kaldıraç tipli kondensstopun şematik yapısı [16]

3.3.1. Kaldıraç Tipli Şamandıralı Kondensstop

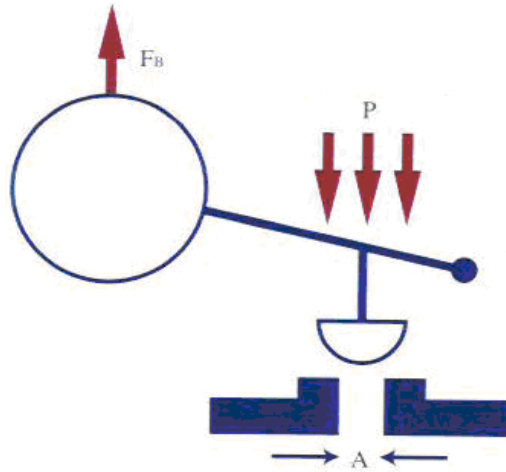
Kaldıraç tipli model bir adet şamandıra, gövde, kol ve hava atıcıdan oluşur. İçerisindeki şamandıra hassas bir işlem yaptığından kesinlikle paslanmaz çelikten yapılması gerekir. Aksi halde kondens ve buhar zamanla şamandırayı çürütürük görev yapamaz hale getirir. Şamandıra kondensstopun içinde kondensin üzerinde yüzme işlemi gerçekleştirir. Şamandıranın pozisyonu, buhar kaçaklarını minimize etmek için belirli bir kondens seviyesinin altında kalacak şekilde dizayn edilmiştir. Hava atıcı ise şamandıranın üst kısmında bulunur. Kaldıraç tipli şamandıralı kondensstopun iç yapısı Şekil 3.8’de verilmiştir.

Kondensstop hatta bağlandıktan sonra diğer kondensstoplarda da olduğu gibi ilk başta hatta hava vardır. Buhar havayı, sıkıştırarak ve hızlandırarak kondensstopun içine doğru sürükler. Şamandıra ilk durumda kapalı olduğundan hava atıcı yani orifis kanalı da açıktır ve gelen hava buradan tahliye olmaya başlar. İçerdeki kondens ve flaş buhar da yavaş yavaş kondensstopa gelmeye başlar. İçeriye giren kondens suyun kaldırma kuvveti ile şamandırayı yukarıya doğru kaldırır. Kondensin miktarı arttıkça şamandıra daha da yukarı kalkarak deliği kapatır ve kondensi alt taraftaki orifis kanalından dışarıya vermeye başlar [14]. Bu işlem yapılırken azalan kondens miktarı kadar buhar içeriye girmeye başlar. Buhar, sahip olduğu sıcaklık ile hava atıcının genişmesini sağlar ve deliğin kapanmasına sebep olur. Alttaki kondens miktarı çok az

olduğundan buhar şamandırayı aşağıya doğru hareket ettirir. Buhar sıcaklığını kaybedip, kondens haline gelince şamandıra tekrar yukarı kalkar ve orifis kanalından dışarıya tahliye işlemini başlatır. Kaldıraçlı kondensstoptaki en önemli özellik basınç ve sıcaklık dalgalanmalarından etkilenmemesidir. Değişen durumlara kolayca ayak uydurabilen bir yapıya sahip olması artı bir avantajdır.

3.3.1.2. Orifis Ölçüsü

Kaldıraçlı kondensstoplarda orifis ölçüsü ve maksimum çalışma basıncı arasındaki ilişkiyi çok iyi bir şekilde analiz etmek gerekir. Bu ilişki, kondensin şamandıraya uyguladığı kaldırma kuvveti ile maksimum basınç arasındaki ilişkidir [16, 18]. Valfi sitten ayırabilmek için suyun kaldırma kuvveti ile oluşan kuvvetin (F_B), A alanına etkiyen basıncın oluşturduğu kuvvetten büyük olması gerekmektedir (Şekil 3.9).

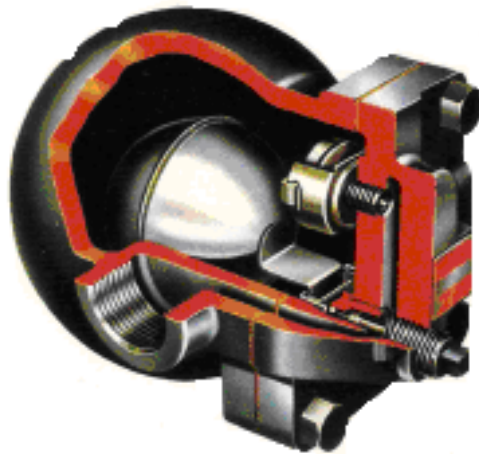


Şekil 3.9. Kaldıraç tipli kondensstopun orifis ölçüsü hesabı [18]

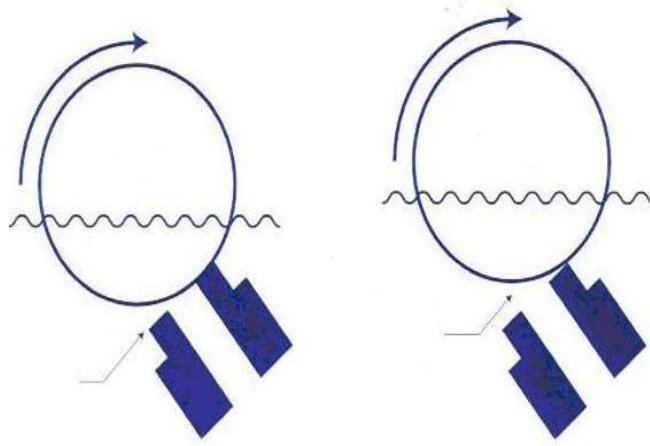
3.3.2. Serbest Şamandıralı Kondensstop

Bu kondensstopta kaldıraç yoktur ve hareketli olan şamandıra tek parçadır. Şamandıra yüksek kalitede çelikten üretilmiş olup, toleransı oldukça düşüktür. Bu tip kondensstoplarda şamandıralar 316L çelikten yapılırlar ve toleransları oldukça hassas olup, 0.004 civarındadır [19]. Şekil 3.10'da şamandıralı tip kondensstopun kesit resmi görülmektedir.

Kondenstop hatta bağlandıktan sonra hatta bulunan hava buharın vasıtasıyla kondensstopa gelir ve orifis kanalından dışarı atılır. Orifis kanalı başta soğuk olduğundan açık olur ve hava buradan tahliye olmaya başlarken kondens yavaş yavaş kondensstopa gelmeye başlar. İçeriye dolan kondens kaldırma kuvvetinin etkisiyle şamandırayı yukarıya doğru hareketlendirir. Belirli bir seviyeye gelince şamandıra tamamen kalkar ve alttaki kanal açılarak kondens buradan tahliye olur. Kondensstop içerisindeki en önemli durumlardan birisi şamandıranın yapmış olduğu harekettir. Şamandıra bağımsız olduğu için kondens sayesinde yukarı kalkarken bir dönme hareketi yapar (Şekil 3.11). Kondens miktarı arttıkça şamandıra dönerek yükselme hareketi yapar ve kanalı yavaş yavaş açar. Kondensstopun içerisine tekrar buhar girdiğinde basıncın etkisiyle şamandırayı aşağıya doğru iter ve kanalın kapanmasını sağlar. İçeride kalan buhar belirli bir süre sonra dış etkenlerden dolayı soğur ve yoğunlaşarak kondens hale gelir. Buhar kondens dengesi yakalanıp, kondensin basıncı buhar basıncını yenmeye başladığı anda şamandıra yukarı doğru harekete geçer [19]. Şamandıralı kondensstoplarda buhar sızdırmazlığını sağlamak için metal-metal sızdırmazlığının yanında valfte orifisin üzerinde kalacak bir su seviyesi olması gerekir. Şamandıralı kondensstopta asla buhar çıkışı gözlenmez. Sadece bozuk olduğunda veya sızdırmazlığını kaybettiğinde canlı buhar çıkışı görülür. Çizelge 3.3’de şamandıralı kondensstopun genel özellikleri ve avantajları verilmiştir.



Şekil 3.10. Serbest şamandıralı kondensstopun şematik yapısı [16]



Şekil 3.11. Şamandıranın dönme hareketi [16]

Çizelge 3.3. Serbest şamandıralı kondensstopların genel özellikleri ve avantajları [20]

Özellik	Avantajı
Sadece tek hareketli parçası vardır.	Bakımı basit, yedek parça maliyeti düşüktür.
Kolay açılır kapağa ve sağlam bir yapıya sahiptir.	Bakım yapmak için kondensstopun hattan sökülmesi gerekli değildir.
Şamandırası, hassas yüzeyli paslanmaz çelikten yapılmıştır.	Şamandıra topu, valf siti ile sonsuz sayıda temas noktası sağlayarak daha az aşınma ve uzun ömür sağlar.
Valf orifisine erişim kolaydır.	Orifis, kondensstopu hattan sökmeden kontrol edilebilir. Şayet gerekliyse, değişimi çok kolaydır.
Şamandıra orifisten dönerek uzaklaşır.	Kondensstop, kondens yükündeki değişimlere otomatik olarak kendini ayarlar. Kondens oluşur oluşmaz tahliye edilir.
Basit şamandıra/orifis düzeneğine sahiptir.	Kondensstop karşı basınçtan etkilenmez.
Valf orifisi, kondensstop içerisindeki su seviyesinin yeterince altındadır.	Buhar kaçağı önlenir.
Termostatik hava tahliye elemanına sahiptir.	"Hava kilitlemesi" olmadan ekipman çabuk devreye alınır.
Dahili filtreye sahiptir.	Kondensstopu pisliklerden korur.

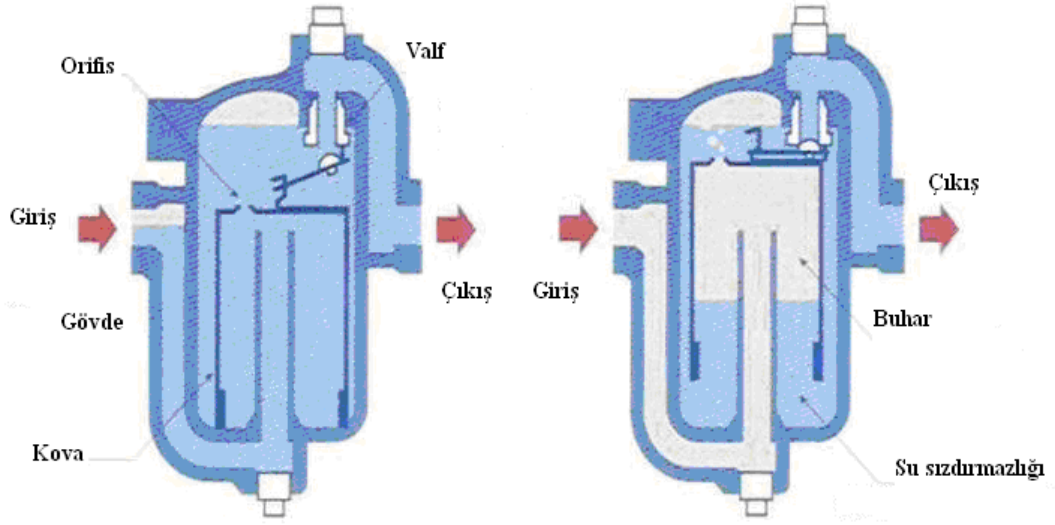
3.4. KOVALI TİP KONDENSTOPLAR

Kovalı tip kondenstoplarda orifisi açma-kapama işlevini, bir bakıma kaldıraç tipli şamandıralı kondenstopa benzer şekilde, kovaya bağlanmış bir manivela ucundaki bilye yapar. Kovanın yukarı kalkmasıyla, orifis kapatılır, artan kondensle kovanın aşağıya inmesiyle orifis açılır. Kovalı buhar kapanlarının ömrünü azaltan/arttıran en önemli etkenler; açma-kapama yapan bilye malzemesi, kova-manivela ve diğer bağlantıların sağlamlığıdır.

Ters kovalı kondenstop ve ters küre kovalı kondenstop olmak üzere iki çeşit kovalı tip kondenstop türü vardır. Kovalı tip kondenstopların çalışma yapısı birbiri ile çok benzerlik gösterir. Kova ya da küre su içerisinde yüzerken açma kapama işlemini gerçekleştirir.

3.4.1. Ters Kovalı Kondenstoplar

Gövde içerisinde bulunan kova, üzerinde bir sübap bulunan kaldıraçla bağlantılıdır. Ters kovanın üzerinde ise bir adet hava kanalı (hava atıcı) bulunur. Bu hava atıcının görevi kondensden önce gelen havayı içeride muhafaza etmeden hemen tahliye etmektir. Eğer hava içeride kalırsa basınç dengelenmesi sağlanamayacağından dolayı kondenstop açma kapama işlemini gerçekleştiremez. Hat devreye alınırken kondensden önce hava gelir ve dışarı atılır. Havadan sonra kondenstopa artık kondens girmeye başlar ve kova aşağıda olduğundan kondens açık olan kanaldan dışarıya doğru tahliye olmaya başlar. Son olarak buhar kondenstopa gelir ve kovaya alttan basınç yapmaya başlar. Kova basıncın etkisiyle yukarı kalkarak kapağı kapatır ve yolu keser ve artık kondens ve buhar içeride hapsolmuş haldedir. Sübap site yaklaşınca yüksek hızdaki kondens orifisten geçerken sübap hızlı bir kapatma işlemi gerçekleştirir (Şekil 3.12). Kova ile gövde arasında kalan su sayesinde buhar sızdırmazlığı sağlanmış olur. Bu sayede canlı buhar çıkışı görülmez ve buna su kilidi adı verilir. İçerde kalan buhar yavaş yavaş yoğuşmaya başlar ve kaldırma kuvvetini kaybederek kondens hale gelir. Bu sırada kova tekrar aşağıya doğru bir hareket yapar ve sit oturma yüzeyinden ayrılır. Kondens buradan tahliye olmaya başlar ve çevrim bu şekilde devam eder.



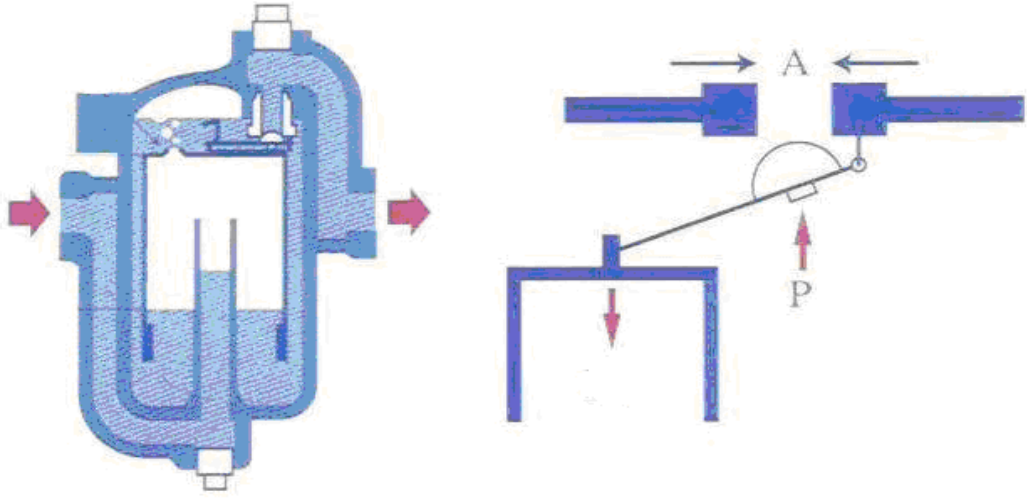
Şekil 3.12. Ters kovalı kondensstopların çalışma prensibi [9]

Şayet kondensstopa az miktarda kondens girişi olursa, kova içerisinde bulunan buhar yoğunlaşacak ve kovada buhar- kondens karışımı kalacaktır. Bu durumda kova aşağıya doğru az bir kımıldama hareketi ile orifisi açma kapama işlemi yapacak ve buhar kaçıracaktır. Bu olaydan dolayı ters kovalı kondensstoptan bazen buhar çıkışı görülebilir.

Ters kovalı kondensstop, diğer kondensstoplara göre hattaki ani basınç ve sıcaklık değişimlerinden çok çabuk etkilenirler. Sebebi ise içerde kalan kondensin ani değişimlerde flaş buhar haline geçmesidir. Flaş buhar yukarı yükselir, hava aşağıya gelir ve bu esnada kova kanalı açarak buhar çıkışına neden olur.

3.4.1.2. Orifis Çapı ve Hesaplanması

Ters kovalı kondensstop dizayn edilirken göz önüne alınması gereken faktörlerden en önemlileri kovanın ağırlığı ve orifisin çapıdır [18, 19]. Prensip olarak kovanın ağırlığı, yüzecek kadar hafif fakat orifisi açacak kadar da ağır olmalıdır. Ters kovalı kondensstopun dizaynı bu prensibe göre yapılır. Şekil 3.13'te orifis ölçüsü şematik olarak verilmiştir.



Şekil 3.13. Ters kovalı kondensstoplarda orifis ölçüsü [9]

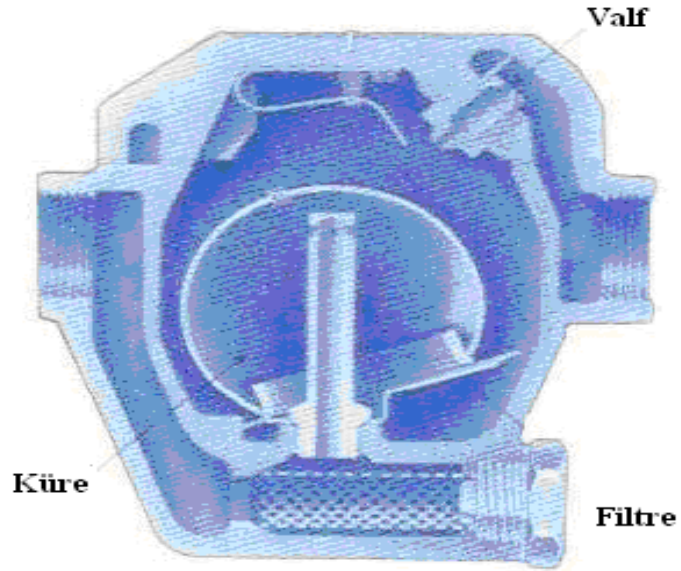
3.4.2. Ters Küre Kovalı Kondensstoplar

Kürelî tip kovalı kondensstop, kovalı tip kondensstopa göre daha dayanıklı ve emniyetlidir. Aşınabilecek herhangi bir parçası olmadığından uzun süre çalışabilir. Su koçu darbesi prensibiyle çalışırlar ve bu sayede kürenin sit yüzeyine çarpması engellenmiş olur. Ayrıca hiçbir mekanik bağlantı olmayan küre kendi eksenî etrafında dönme hareketi yapar. Dönme hareketi sırasında sürtünmede göz önüne alınmalıdır. Çünkü sürtünme kondensstopun verimini azaltır ve şamandıranın da erken aşınmasına sebep olur. Bu nedenle şamandıra yüzeyinin hassas işlenmesi bu kondensstopta avantajdır.

Küresel şamandıranın üzerinde hava atma deliği ile bir adet pim vardır. Pim aşağı yukarı hareket ederek kondensstopu pislikten korur. Şekil 3.14’de ters küre kovalı kondensstopun şematik yapısı görülmektedir. Devreye alma esnasında bimetallik hava atıcı küresel kovayı sîttten uzak tutar. Kondens içeriye girdiğinde bimetallik hava atıcı soğuk ve açıktır ve kondens direk olarak buradan dışarıya tahliye olur.

Kondens buhar sıcaklığına yaklaştığında genişleme katsayısı yüksek bimetallik hava atıcı genişler ve kondensstopu kapatır. Buhar kondens hale geçince bimetallik hava atıcı tekrar soğur ve kapak açılarak tahliye işlemini başlatır ve bu işlem defalarca

sürer. Küre kovalı kondensstoplarda seçim yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlardan en önemlisi, kondensstopun en düşük fark basınçta istenilen miktarda kondensi dışarı tahliye edebilecek ve maksimum çalışma basıncına da dayanabilecek kapasitede seçilmesidir [16].



Şekil 3.14. Ters küre kovalı kondensstopun şematik yapısı [16]

4.3. Donma ve İzolasyon

Kovalı tip kondensstoplar çalışırken içerisinde bir miktar kondens her zaman bulunur. Kondensstopun çalıştığı ortam çok soğuk bir ortam ise içindeki kondens donar. Donmaması için ortama göre yalıtım yapılabilir. Fakat istenmeyen bir ortamda yalıtım yapılmış ise buhar çok geç soğuyacağından hatta kondens birikmeye başlar. Çizelge 3.4’de serbest ters küre ve serbest kovalı kondensstopların başlıca özellikleri ve avantajları verilmiştir [14].

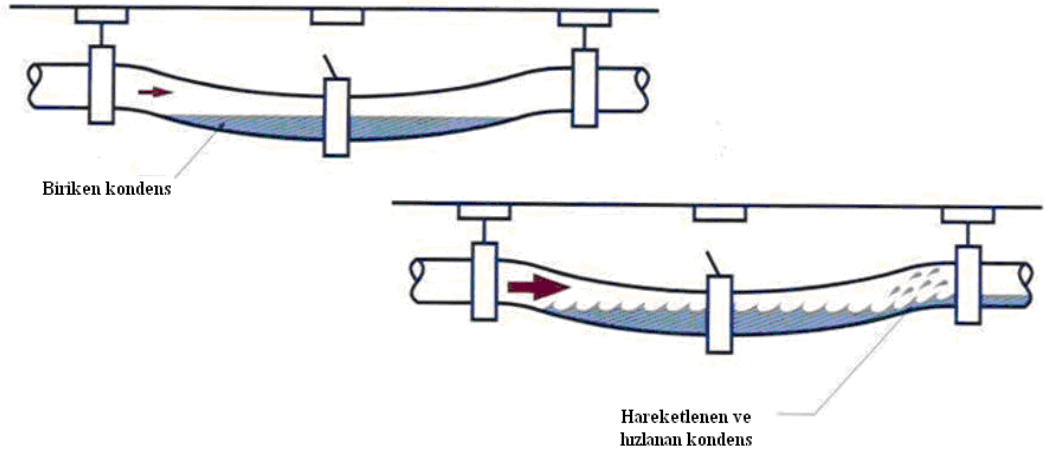
Çizelge 3.4. Serbest ters küre ve serbest kovalı kondensstopların başlıca özellikleri

Özellik	Avantajı
Sadece bir hareketli parçası vardır.	Bakımı kolay, düşük maliyetli ve yedek parça gereksinimi azdır.
Sağlam yapı, kolay de monte edilebilir kapağa sahiptir.	Bakım için kondensstopu tesisattan sökmeye gerek yoktur.
Paslanmaz çelikten hassas taşlanmış küre ve kovaya sahiptir.	Kova döndüğü için sit ile sonsuz temas yüzeyi sağladığından dolayı az aşınma, uzun ömürlüdür.
Termostatik hava atıcıya sahiptir.	Hava kilitlemesi olmaksızın, buhar ekipmanının çabuk devreye alınmasını sağlar.
3 noktalı oturma yüzeyi	Mükemmel sızdırmazlık ve böylece neredeyse ihmal edilebilecek düzeyde buhar kaybı olur.
Dahili filtresi vardır.	Pisliklerden kaynaklanan zararı önler.
İyi bir şekilde tasarlanmış giriş nozula sahiptir.	Girişteki şok dalgalanmaları küre-kovanın küresel yüzeyi üzerine dağıtır. Bu sayede kovanın sit üzerine hızla çarpmasını engeller.

3.5. BUHAR HATLARINDA MEYDANA GELEN FİZİKSEL OLAYLAR VE KONDENSTOPLARA ETKİLERİ

3.5.1. Koç Darbesi

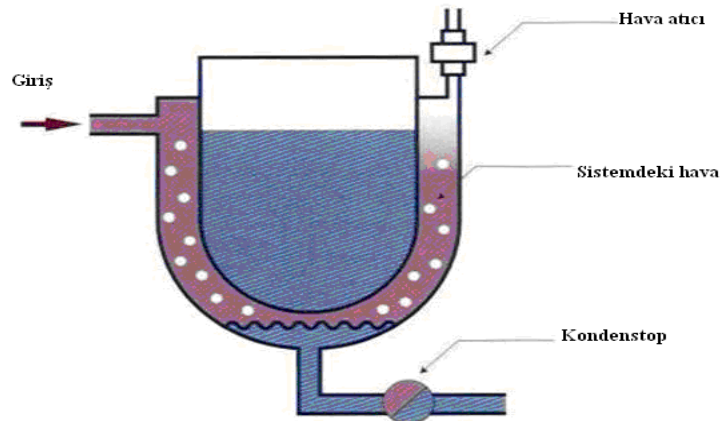
Koç darbesi, hat üzerinde biriken kondensin ani bir şekilde ekipmana çarpması olarak ifade edilebilir. Hat üzerinde istenmeyen bir şekilde kondens birikmesine izin verilirse, buhar önüne gelen kondensi en yakın bağlantı elemanına doğru sürüklemeye başlar. Kondens çok hızlı olduğundan önüne gelen ilk ekipmana çarpar ve önemli derecede zararlar verebilir. Şekil 3.15’de görüldüğü gibi borunun eğilmesine ve kondensin birikmesine izin verilen bir hat görülmektedir [15, 16].



Şekil 3.15. Koç darbesi [16]

3.5.2. Hava ve Hava Kilitlenmesi

Buhar hatlarında durdurma ya da kapatma işlemi yapıldıktan sonra borularda kalan buhar yoğuşarak kondens oluşur. Buhar yoğuşurken içeriye doğru vakum oluşturur ve oluşan vakumla birlikte flanş contalarından içeriye hava girer. İçerideki kondens, hava ile beraber boruda birikir ve hat tekrar devreye girdiği anda hava kondensden önce önüne gelen ilk ekipmana gelir. Eğer havanın geldiği ekipmanda hava atıcı yoksa içeride kalan hava, Şekil 3.16'da görüldüğü gibi ekipmanın düzgün çalışmasını engeller [21]. Buhar hatlarında meydana gelen bu olaya hava kilitlenmesi denir.

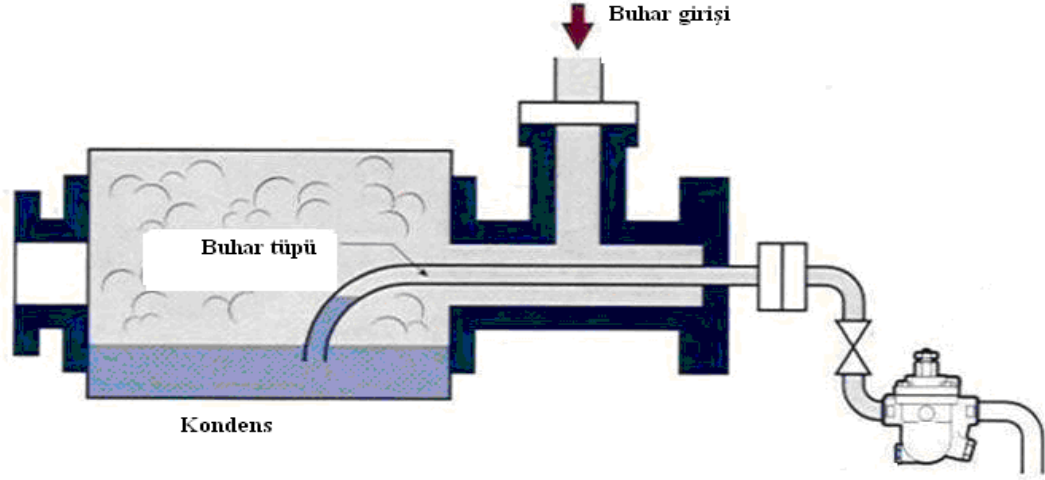


Şekil 3.16. Hava ve hava kilitlenmesi [16]

Kondenstop seçimi yapılırken hava atıcılı olanı tercih edilmelidir. Buhar sistemi kapatıldığında içeride kalan sadece hava değildir. Kimyasal, gaz, oksijen vb. elementlerde hat içerisinde olabilir. Bu gazlar yoğuşamayacağından dolayı bunları atabilecek kapasitede kondenstop seçimi yapılmalıdır.

3.5.3. Buhar Kilitlenmesi

Buhar, kondenstopa istenmeyen bir şekilde ulaştığı zaman kondenstopu kilitler. Şekil 3.17’de görüldüğü gibi buhar kondensin kondenstopa ulaşmasını engelleyerek hatta kalmasına neden olur. Eğer kondens fazla ise ekipmana kadar uzanabilir ve ekipman üzerinde bozulmalara neden olabilir. Bu problem küçük, dahili, iğne bypass valfi olan kondenstoplarla çözülebilir. Valf, az miktarda açılarak buharın çıkması sağlanır ve buhar kilitlenmesi olayının üstesinden gelinmiş olur [14, 16].

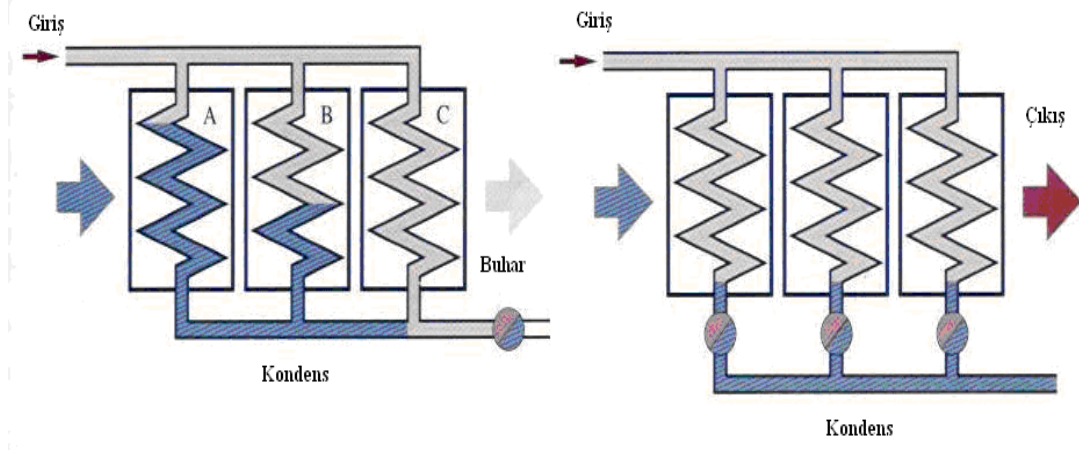


Şekil 3.17. Buhar kilitlenmesi olayı [16]

3.5.4. Gruplandırma

Birden çok kondenstop hattını tek yerde toplamak iyi seçim değildir. Çünkü bağlantı sayısı arttıkça ileriye doğru kondens miktarı azalacağından buhar, hattı kapatmaya başlar. Şekil 3.18’de görüldüğü gibi üç tane bağlantının en sonundaki hatta kondens azalmış ve buhar, hattı doldurmuş ve içeride de kondens birikmesine sebep olmuştur. A, B ve C hattında, en çok kondens A hattında, daha sonra B hattında en sonda C

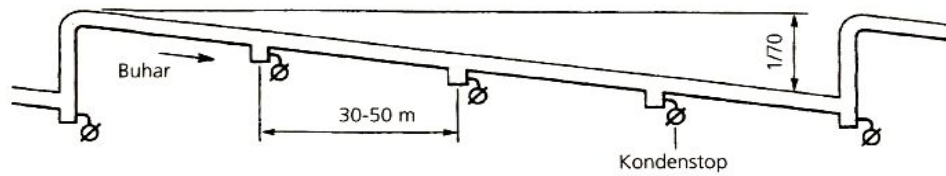
hattında görülmektedir. Eğer C hattını buhar doldurursa, A ve B hattında kondens birikir. Böyle durumlarda tek tek kondenstop bağlantısı yapılmalıdır.



Şekil 3.18. Graplama metotları [16]

3.5.5 Ana Hatlardan Buhar Tahliyesi

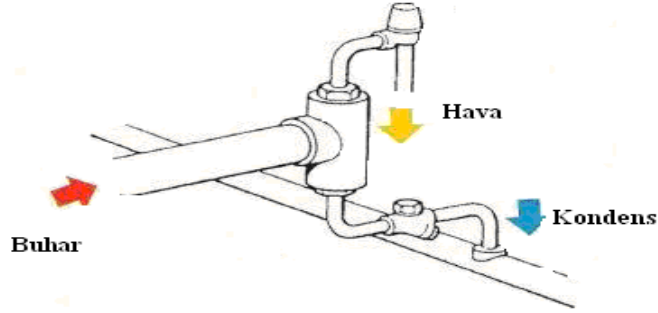
Ana hatlarda, şamandıralı ya da termodinamik kondenstop kullanmak genelde firmalarında tercihidir. Ana hatlarda, boru hattına biraz eğim verilerek kondensin akması sağlanmalıdır. Eğim miktarı ise minimum % 0.3 civarında olmalı yada bir başka ifadeyle 10 m'lik hatta, yaklaşık 3 cm eğim verilmelidir. Şekil 3.19'da örnek bir ana hat dizaynı görülmektedir.



Şekil 3.19. Ana hat dizaynı [15]

Ana hat üzerinde yükselen yerlerde alt taraflara mutlaka kondensstop cebi yapılmalıdır. Buhar yükselirken kondens, hatta kalamayıp geriye giderek hatta tıkanmalara, eğer gelen buhar yüksek basınçta gelirse koç darbesine de sebep olabilir. Ana hattın branşman alınırken, alttan değil üstten bağlantı yapılmalıdır. Alt

tarafıta her zaman kondens birikeceği unutulmamalıdır. Hattın sonunda genelde hava birikeceğinden dolayı tahliye edebilmek için hat sonlarındaki bağlantılarda mutlaka hava atıcı bulundurulmalıdır. Şekil 3.20’de örnek bir ana hatta hat sonu uygulaması gürmektedir.



Şekil 3.20. Hat sonu uygulaması [16]

Őekilden de gürlebileceği gibi ana hatlar üzerindeki bağlantılar, cepler ağılarak yapılmalı ve bu ceplere de yandan kondens stop bağlantıları yapılmalıdır. Direk bağlantı yapılırsa, yúksekten dűŐen kondens kondens stopa zarar verebilir.

3.5.6. Kondens stopların Karakteristik Özellikleri

Çizelge 3.5’de tüm kondens stopların avantaj, dezavantaj ve kullanım yerleri verilmiştir. Çizelgeden kondens stopların uygulama alanlarına göre avantaj ve dezavantajları karşılaştırmalı olarak gürmektedir.

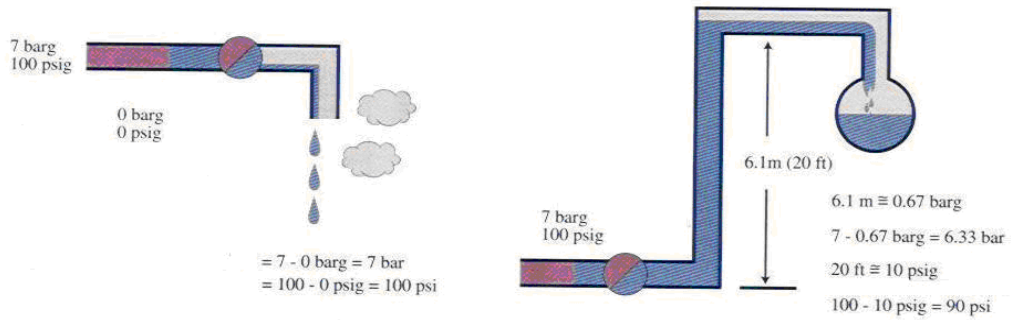
Çizelge 3.5. Kondensstopların karakteristik özellikleri [14]

Kondenstop tipi	Avantajları	Dezavantajları	Uygulama alanları
Bimetalik	<p>1- Küçüktür.</p> <p>2- Yüksek basınçta hava tahliyesi iyidir.</p> <p>3- Koç darbesine dayanıklıdır.</p> <p>4- Yüksek basınçlı buhar hatlarında kullanılabilir.</p>	<p>1- Çok geniş bir basınç aralığı için ayar gerektirir</p> <p>2- Soğuyuncaya kadar kondensi biriktirir.</p> <p>3- Yük değişimlerine yavaş cevap verir.</p> <p>4- Karşı basınçtan etkilenir.</p>	<p>1- Düşük sıcaklıkta izleme hatlarında kullanılır.</p> <p>2- Yüksek basınçlı hava tahliye elemanı olarak kullanılabilir.</p> <p>3- Standart hava tahliye elemanı olarak kullanılabilir.</p>
Serbest Şamandıralı Termostatik	<p>1- Basit yapılıdır.</p> <p>2- Aşınma ve kilitleme yapabilecek mekanizma bulunmaz.</p> <p>3- Basınç ve kondens debisindeki değişimlere anında cevap verir.</p>	<p>1- Çok aşırı koç darbesinden hasar görebilir</p> <p>2- Maruz kaldığı durumlarda donabilir.</p>	<p>1- Maksimum verimlilik istenen tüm ısı eşanjörleri ve proses ekipmanlarında kullanılır.</p> <p>2- Hızlı ısıtma isteyen kesikli proseslerde kullanılır.</p>
Ters Kovalı	<p>1- Kuvvetli yapıya sahiptir.</p> <p>2- Belli derecelere kadar koç darbesine dayanıklıdır.</p>	<p>1- Donma sonucu hasar görebilir.</p> <p>2- Ani basınç düşmelerinde, su sızdırmazlığı kaybolarak, buhar kaçaklarına sebebiyet verir.</p>	<p>1- Ana hatların tahliyesinde kullanılır.</p> <p>2- Düzenli şartlarda çalışan</p>
Termodinamik	<p>1- Basit yapılıdır.</p> <p>2- Koç darbesine, donmaya ve kızgın buhara dayanıklıdır.</p> <p>3- Özel bimetal bilezik, devreye almada havayı tahliye eder.</p> <p>4- Yüksek kapasitelidir.</p>	<p>1- Çok küçük giriş basınçlarında kullanılamaz.</p> <p>2- Giriş basıncının % 80'inden daha büyük çıkış basınçlarında kullanılamaz.</p> <p>3- Özel bimetal bilezik yoksa hava kilitletir.</p>	<p>1- Tüm ana buhar hatlarının, özellikle yüksek basınç ve kızgın buhar hatlarının drenajında kullanılır.</p> <p>2- Titreşim bulunan küçük ekipmanlarında kullanılabilir.</p>

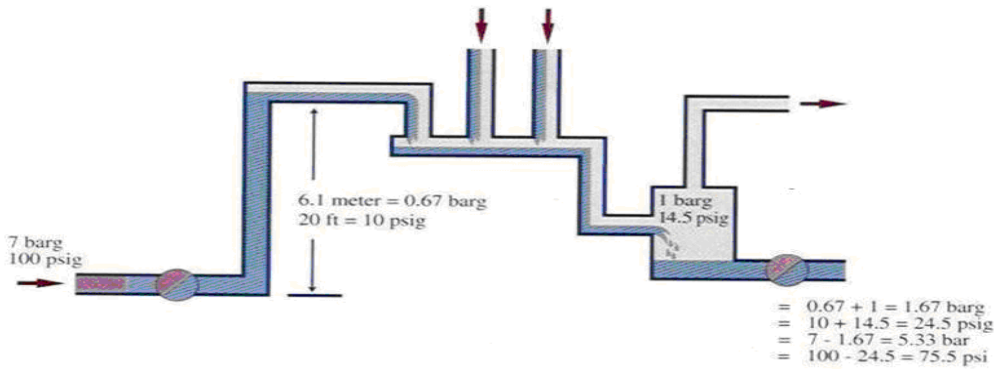
3.6. KONDENSTOPLARIN BOYUTLANDIRILMASI

Kondenstoplarda tip ve boyut belirlenirken; fark basıncı, kondens akış debisi ve imalatçı firmanın belirlediği kapasite grafiği dikkate alınır. Fark basıncı, kondensstopun giriş ve çıkış basıncı arasındaki fark olarak ifade edilir. Şekil 3.21’de fark basıncı ile ilgili iki farklı örnek verilmiştir. Birinci örnekte, giriş ve çıkış basıncı aynı olduğu için fark basınç sıfır olarak ölçülmüş, ikinci şekilde giriş ile çıkış arasında yükseklik farkı olduğundan kondens karşı basınca maruz kalmıştır.

Kondens nadiren de olsa atmosfere verilebilir. Genel olarak tanka ya da dearatör denilen toplama elemanlarına gönderilir. Şekil 3.22’de bir buhar hattındaki fark basınçların belirlenmesine ait bir uygulama görülmektedir. Şekildeki basınç, $0.67+1=1.67$ barg (1 mSS = 0.11 barg), fark basıncı ise, $7-1.67=5.33$ barg olarak bulunur.



Şekil 3.21. Fark basıncının belirlenmesi [18]

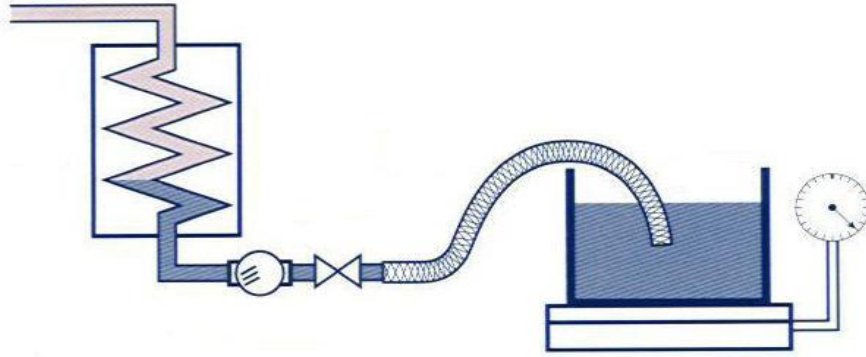


Şekil 3.22. Kaba boşaltılan kondensin fark basıncının belirlenmesi [18]

Kondens akış debisi ise buhar hatlarında bilinmesi gereken en zor parametrelerden birisidir. Kondens debisini belirlemek için aşağıdaki yöntemlerden birisi kullanılır.

- Proses bilgisi
- Program kullanarak debi hesaplama
- İmalatçı firma ile beraber bir çalışma yaparak debi hesaplama
- Gerçek testler

Yukarıda ifade edilen yöntemlerden kondens akış debisi belirlenemediği durumlarda, son yöntem olarak Şekil 3.23'te verilen akış debisi belirleme yöntemi kullanılmaktadır. Şekilden de görülebileceği gibi kondensin flaş buhar haline geçmesini engellemek için kap su ile doldurulmaktadır. Bu yönteme göre belirlenen debi değerine yaklaşık % 20 oranında ilave edilerek gerçek kondens debi değeri bulunabilir.



Şekil 3.23. Kondens akış debisinin belirlenmesi [16]

Kapasite diyagramlarına ait bir örnek diyagram Şekil 3.24'te verilmiştir. Diyagram TLV firmasının örnek bir kapasite diyagramıdır. Serbest şamandıralı ve termostatik kondensstoplar için yapılmış bu diyagramlardan kondensstop seçimi yapılırken yararlanılabilir [22].

GRAPH STYLE CAPACITY CHARTS

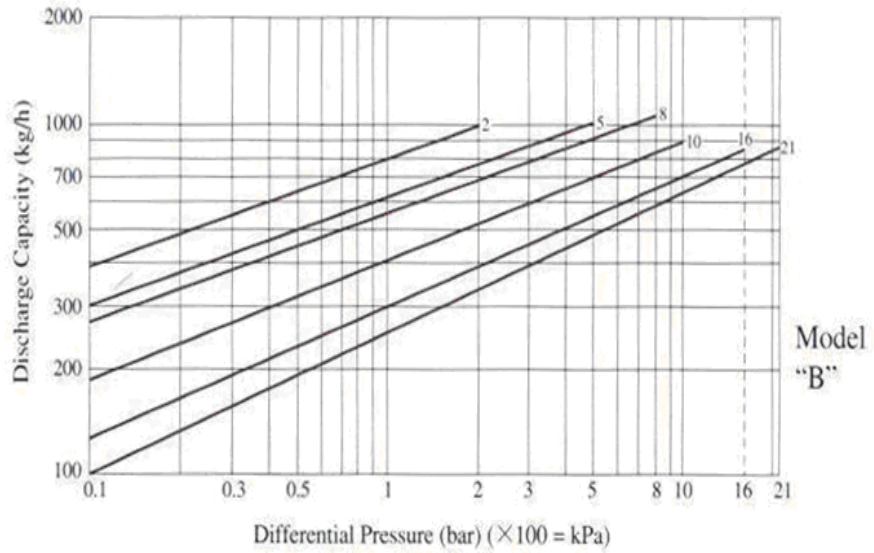
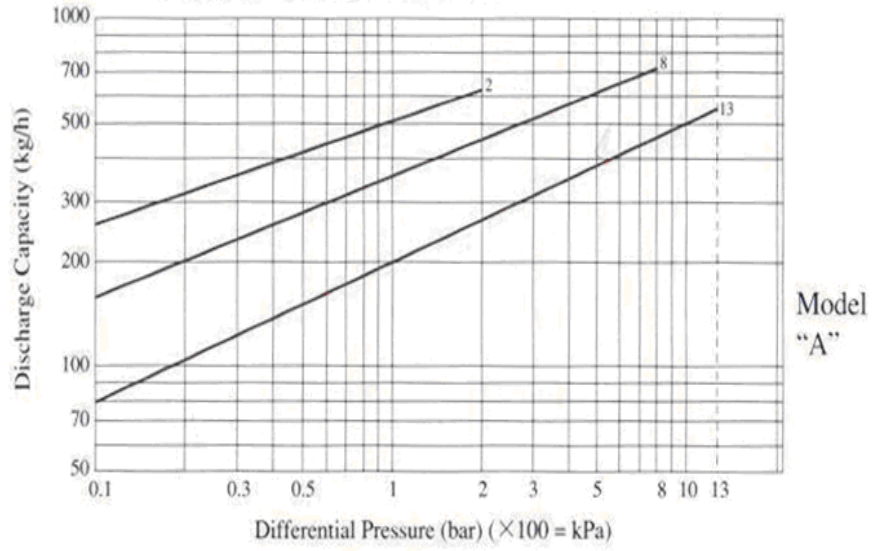


TABLE STYLE CAPACITY CHARTS

Model	Size	PMX	Series No.	Press.: ΔP /psi										Unit: lb/hr	
				0.5	1	5	15	30	75	100	150	250	300		
"A"	1/2"	15	"A"-1	444	567	998	1470								
		30	"A"-2	337	428	745	1090	1380							
	3/4"	75	"A"-5	248	319	574	857	1100	1540						
		150	"A"-10	144	189	352	540	706	1010	1130	1320				
	1"	250	"A"-18	105	139	264	409	538	689	870	1020	1250			
		300	"A"-21	98	129	245	380	502	724	812	955	1170	1260		
"B"	3/4"	30	"B"-2	508	649	1150	1690	2170							
		75	"B"-5	396	503	877	1280	1630	2240						
	150	"B"-10	247	320	572	850	1090	1520	1690	1950					
	1"	250	"B"-18	186	240	434	650	838	1170	1300	1510	1830			
		300	"B"-21	142	187	358	558	738	1070	1200	1410	1730	1870		

Şekil 3.24. Örnek kondenstop kapasite diyagramı [22]

Kondenstopların boyutlandırması yapılırken bilinmesi gereken bazı özellikleri vardır. Bu özelliklerden en önemlisi kondenstop tipinin belirlenmesidir. Bir buhar hattında hangi tip kondenstop kullanılacağına karar verebilmek için aşağıdaki parametrelerin bilinmesi gerekir.

- Kondenstop girişindeki basınç değeri
- Oluşacak karşı basınç değeri
- Fark basınç değeri
- Kondens yükü

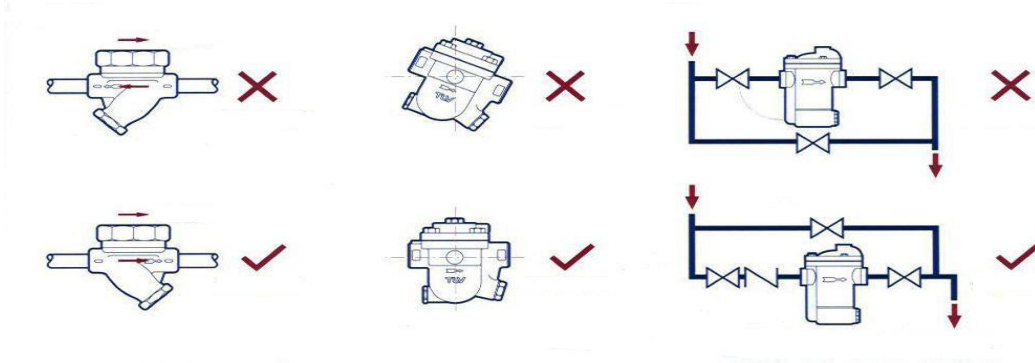
Buhar hattına ait yukarıdaki değerler belirlendikten sonra, kondenstopun boyutlandırması,

$$\text{Boyutlandırma yükü} = \text{Çalışma yükü} \times \text{Emniyet faktörü} \quad (3.1)$$

eşitliğinden bulunur. Emniyet faktörü, serbest şamandıralı ve termostatik kondenstoplar için 1.5–2 diğer kondenstoplar için 2–2.5 aralığında alınabilir. Belirlenen kondenstop boyutlandırma yüküne göre, üretici firmaların kapasite diyagramlarından kondenstop seçimi yapılarak, hatta kullanılacak kondenstop belirlenmiş olur [22].

3.7. KONDENSTOPLARIN HATTA YERLEŞTİRİLMESİ

Kondenstopların buhar hattında verimli çalışması için mutlaka üretici firmanın ürün kataloğuna göre hareket etmeli ve seçim yapılmalıdır. Kondenstopların üzerlerinde akış doğrultusunu gösteren ok olması gerekir. Bu sayede akış yönüne göre kondenstopun hatta bağlantısı yapılır. Şayet kondenstop hatta ters bağlanırsa, kondenstop çalışmaz ve hatta sürekli olarak kondens birikmesine sebep olur. Şekil 3.25'te şamandıralı ve termodinamik kondenstopların yanlış ve ters bağlanması ile ilgili örnekler verilmiştir.

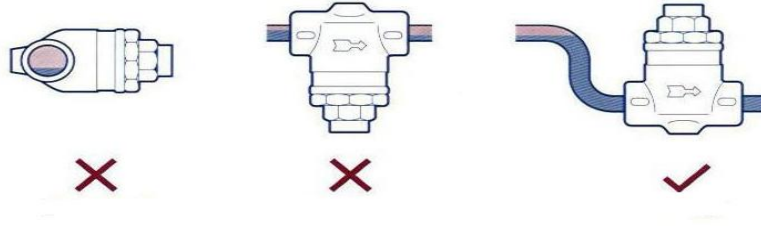


Şekil 3.25. Kondensstopların hatta yerleştirilmesi [14]

Kondenstoplarda buhar ve hava kilitlemesini önlemek için genelde hatların giriş bağlantıları, kondensstopun giriş bağlantısından büyük seçilir. Çıkış bağlantıları ise kondensstopla aynı seçilerek bağlantı yapılır. Sıcak kondens ile soğuk kondens karşılaşarak flaş buhar haline geçmesini engellemek için pompaların bağlantısı, kondens dönüş hattına yapılır. Şayet iki kondensstopun birbirlerine doğru bağlantısı yapılırsa önce boşaltım yapan kondensstop diğer kondensstopa koç darbesi oluşturur. Birbirlerine karşı boşaltım yapacaklarından verimli çalışamazlar [14, 16].

Serbest şamandıralı kondensstoplar hatta yatay olarak bağlanmalıdır. Ok yönüne dikkat edilip istenilen yerden bağlantı yapılabilir. Ters kovalı kondensstopların ana hat üzerine konulması pek tavsiye edilmez. Zorunlu halde bağlantı yapılırsa, iki türlü yöntem izlenmelidir. Birincisi kondensstopun girişine çek valf konulması, ikincisi ise bypass hattı oluşturmaktır. Birinci yöntemde hatta çek valf koyulmasının temel amacı, hattaki ani basınç ve sıcaklık değişimlerinden kondensstopun etkilenmemesi içindir. İkinci yöntemde ise, bypass hattındaki vana tam olarak kondensstopun üzerinde olmalıdır. Böylece bypass açık olduğu zaman, ani basınç düşüşü nedeni ile oluşan su sızdırmazlığı sayesinde buhar kaçağı önlenmiş olur. Eğer su sızdırmazlığı flaşlaşarak kaybolursa, buhar kaçaklarına sebep olur.

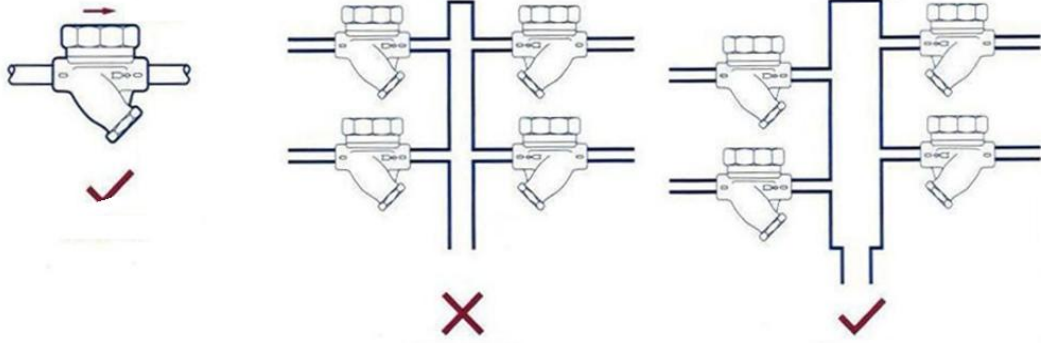
Termostatik kondensstopların denge basınçlı ve bimetalik hava atıcı olan modelleri hatta yatay veya ters yerleştirilmemelidir (Şekil 3.26). Dik olarak ve ok yönüne göre yerleştirilmelidir. Ters veya yatay bağlanırsa, körük sürekli kondense maruz kalır ve görevini düzgün yapamaz.



Şekil 3.26. Termostatik kondensstopların hatta yerleştirilmesi [16]

Şayet lift bağlantısı yapılıyorsa, tahliye ettikleri buhar ekipmanından aşağıda bir noktaya koyulmalıdır ki yerçekimi sayesinde aşağıya doğru bir akım oluşsun. Bu sayede boşaltım daha kolay olmuş olur. Bunun mümkün olmadığı yerlerde ise yukarıya lift bağlantısı ile kondensstop bağlantısı yapılmalıdır ve kolonun tamamen kondensle dolu olması sağlanmalıdır.

Termodinamik kondensstoplar, kondensstoplar içinde en rahat montajlanabilen kondensstopdur. Birbirlerine karşı boşaltım yapmayacak şekilde her türlü montaja uygun olarak dizayn edilmişlerdir (Şekil 3.27).



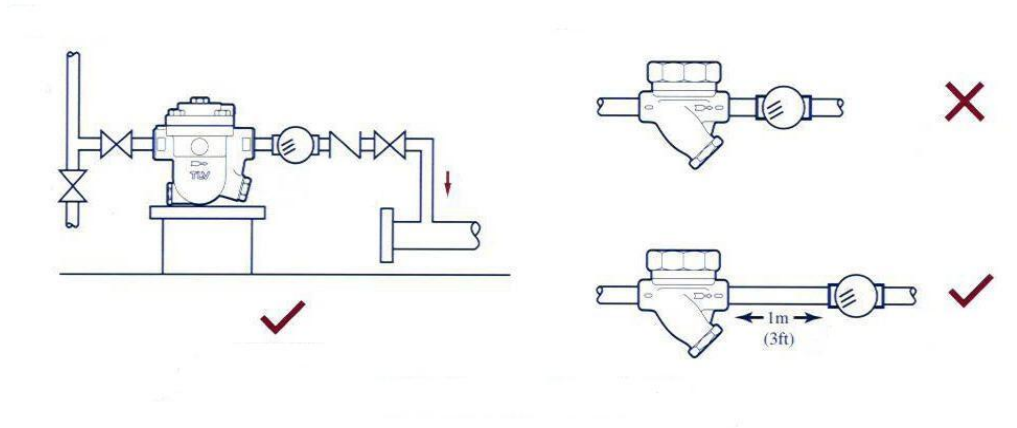
Şekil 3.27. Termodinamik kondensstopların hatta yerleştirilmesi [16]

Toplu halde bağlantı yapılacak ise bağlantı yapılacak olan kollektör boru vb. gibi bağlantılarda kondensstopların boşaltma tarafları aynı kotta olmamalıdır. Birbirlerine karşı basınç oluşturarak kondensstopun verimli çalışması engellenmiş olur. Şekil 3.27'de termodinamik kondensstopların bir boruya bağlantı şekilleri verilmiştir.

3.7.1. Tipik Yerleştirme Düzeni

Kondenstoplardaki tipik yerleştirme düzenine örnek bir uygulama Şekil 3.28’de verilmiştir. Bu tür uygulamalarda kullanılan ekipmanlar sisteme uygun olarak seçilmelidir. Bu ekipmanlar;

- Vana: Kondenstopa bakım yapılacağı zaman hattı kesmek için kullanılır.
- Kondenstop: Hattaki kondensi boşaltmak için kullanılır.
- Filtre: Kondensin içerisindeki parçacıkları yakalamak için kullanılır.
- Çek valf: Hatta geriye doğru akış olmasını engellemek için kullanılır.
- Gözetleme camı: Kondenstopun çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için kullanılır.



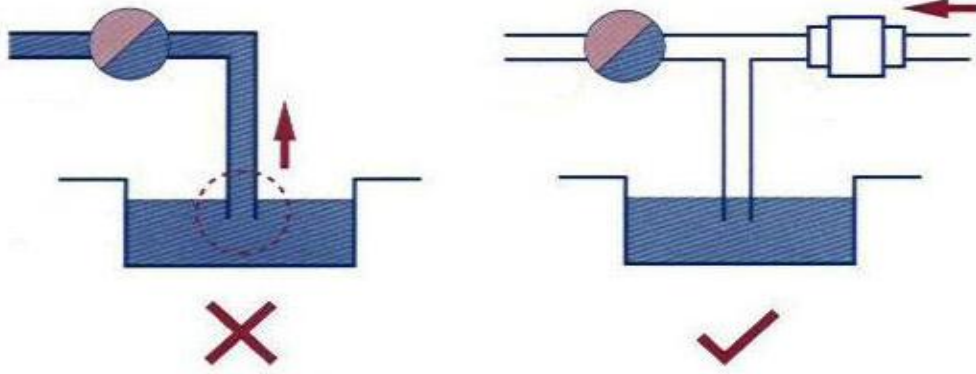
Şekil 3.28. Tipik kondensstop yerleştirme düzenine ait bir uygulama [16]

Gözetleme camı kondensstopdan 1 metre uzağa yerleştirildiği takdirde daha verimli olarak çalışır. Sebebi, kondensstop boşaltma yaparken cama zarar vermesini engellemektir.

3.7.2. Su İçerisine veya Trençlere Tahliye

Kondenstopun su içerisine tahliye yaptığı yerlerde genelde su sıçrama tehlikesi ve aynı zamanda da geriye vakum söz konusu olur. Hattaki buhar kesildiği zaman buhar ekipmanı soğuyacak ve geriye doğru vakum oluşturarak suyun içeriye girmesine neden olacaktır. Bunu engellemek için hattın boşaltım noktasına bir adet vakum

kırıcı konulur. Vakum kırıcı geri gelen vakumu engeller ve böylece ekipman korunmuş olur (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Kondensstopun su trençlerine tahliyesine ait uygulama [16]

3.8. KONDENSTOPLARIN PERFORMANSLARI VE OLUŞAN KAYIPLAR

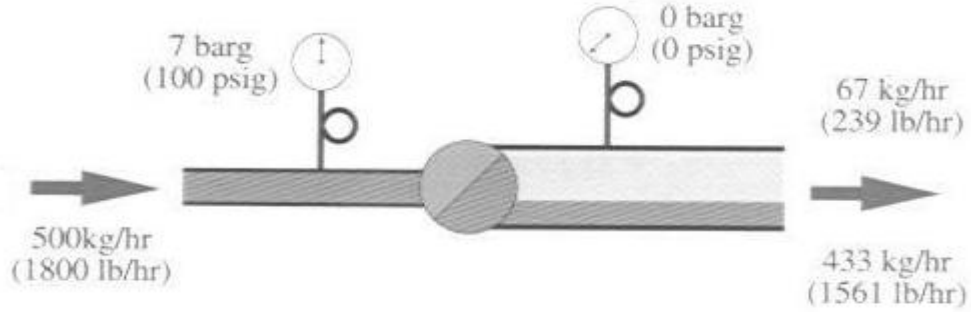
3.8.1. Kondensstopların Performans Kıyaslaması

Genelde kondensstop üreticileri kendi imal ettikleri kondensstopun buhar ya da enerji kaybına yol açmadığını iddia etseler de tüm kondensstoplarda enerji kayıpları oluşur. Kaybolan ısı, radyasyon ya da taşınım ile olabilir ve birde bu ısı kaybına, çalışma esnasında kaybettiği buhar kaçakları da eklenirse önemli miktarda enerji kaybı ortaya çıkar. Ortaya çıkan enerji kayıpları standart hale getirilmiş ve standart numarası ISO 7841 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Kondensstopların çalışma esnasında ortalama buhar kayıpları (kg/h)
(Test Basıncı 7 barg, Kondens Yükü: 10 kg/h) [14]

Kondensstop tipi	Buhar kaybı (kg/h)
½” Termodinamik Kondensstop	0,48
½” Serbest Şamandıralı Kondensstop	0,10
½” Ters Kovalı Kondensstop	0,52
½” Bimetalik	0,19
½” Denge Basıncılı (Termostatik)	0,30

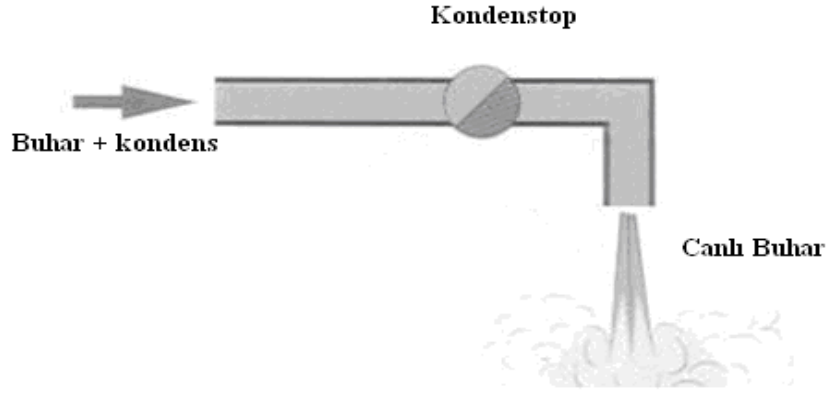
Kondenstoplarda performans kayıpları en çok flaş buhar yoluyla olur. Kondenstop çıkışında canlı buhar görülmesi nedeniyle kondenstoplarda canlı buhar kaçığı yoluyla enerji kayıpları olduğu ileri sürülmektedir [17]. Fakat kondenstopun çıkışındaki canlı buhar olmayıp, flaş buhar olduğundan sadece kondenstopun yeterince iyi çalışmadığının bir göstergesidir. Flaş buhar, yüksek sıcaklıktaki kondensin yüksek basınçtaki ortamdan daha düşük basınçtaki ortama geçtiği zaman oluşan ıslak buhardır. Şekil 3.30’da flaş buhar kayıplarına ait örnek bir uygulama verilmiştir.



Şekil 3.30. Kondens ve flaş buhar kayıpları [18]

3.8.2. Buhar Kaçaklarıyla Oluşan Enerji Kayıpları

Kondenstoplardaki buhar kaçakları genelde arıza sebebiyle oluşur. Sadece bazı kondenstopların çalışma prensibine bağlı olarak az miktarda buhar çıkışı görülebilir ve bu miktar çok az olduğundan hesaplamalarda ihmal edilirler.



Şekil 3.31. Canlı buhar çıkışı [16]

Şekil 3.31’de canlı buhar çıkışı yapan bir kondenstop görülmektedir. Kondenstoptaki kaçak miktarı birçok olayla bağdaştırılabilir ve bu kaçakları sayısal verilere dökmek oldukça zordur. Kondenstoplardaki buhar kaçağı miktarını belirlemek, profesyonel bir firma tarafından yapılacak testlerle mümkün olur. Çünkü her durumda kondenstopun kaçak miktarı farklı olacaktır. Valfin durumu, kondenstopun durumu, kondenstopun uzaklığı vb. birçok parametre kaçak ölçümü yapılırken etkili olabilir. Örnek olarak, termodinamik bir kondenstop arızalı olarak açık kalırsa içindeki disk hızlı bir şekilde açıp kapatmaya devam eder [16]. Bu durumda orifisin çapındaki kaçak miktarının % 30’u kadar bir kaçak değeri almak doğru olur. Üretici firmaların oluşturdukları tablolar, enerji yöneticilerinin kondenstoplardaki kaçakları hesaplamalarında yardımcı olan bir kaynaktır. Tablolardan, atmosfere tahliye yapan bir orifisten geçen buhar miktarının basıncına göre, buhar kaçağının ne kadar olduğu kJ/kg cinsinden belirlenebilmektedir.

3.8.3. Kondenstoplardaki Buhar Kaçağı Maliyeti

Çizelge 3.7’de teorik olarak kondenstopların boşaltım miktarları görülmektedir. Örneğin; orifis çapı 8 mm olan ve 8 bar basınç altında çalışan atmosfere tahliye yapan bir kondenstopun kaybı yaklaşık olarak 175 kg/h olarak bulunur. Bu değer teorik bir değer olup genelde hesaplama yapılırken bu değer yarısı alınarak yaklaşık bir değere ulaşırlar. Bunun sebebi, flaş buharın bir kısmı geride kondenstopun içinde kondens olarak kalır [16]

Çizelge 3.7. Kondenstop buhar kaçağı kayıp tablosu (kg/h olarak buhar kaybı)

Orifis çapı (mm)	Basınç (barg)				
	2	4	8	10	15
3	9	14	25	30	43
5	24	39	68	83	120
8	60	99	175	212	308
10	94	154	273	332	479
12	135	222	393	478	690

3.9. KONDENSTOP TESTLERİ

Kondenstopların görevini yerine getirip getiremediğini kontrol etmek için teorikte 7 yöntem kullanılmaktadır [21]. Bu yöntemler, en ilkel metotlardan en son teknolojiye kadar sürekli olarak kendini yenilemiş olup, günümüzde en yaygın kullanılan yöntem ultrasonik ölçme yöntemidir. Kondenstopun çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için kullanılan yöntemler;

- Tornavida ile dinleme
- Kondenstop üzerine su dökmek
- Sıcaklık ölçümü kullanmak
- Kondenstop çıkışını atmosfere açmak
- Gözetleme camı kullanmak
- İletkenlik ölçme
- Ultrasonik ölçüm

3.9.1. Tornavida ile Dinleme Yöntemi

Tornavida ile dinleme yöntemi, en eski ve ilkel yöntemlerden birisidir. Tornavidanın bir ucunu kondenstopa, diğer ucunu da kulağa koyarak yapılan bir uygulamadır. Kondenstoptaki olası bir anormal ses var ise tornavida aracılığıyla duyulabilmektedir. Ancak bu ses her zaman doğru bir sonuç vermez. Eğer kondenstop çalışırken kendiliğinden ses çıkaran bir kondenstop ise bu ses yanlış

anlaşılabilir. Bu ses kondensstopun bozuk olduğu anlamına gelmemekle beraber kondensstop sürekli bir şekilde boşaltım yapıyor da olabilir. Bu yöntemle arıza tespiti yapılması oldukça zordur.

3.9.2. Kondensstop Üzerine Su Dökme Yöntemi

Kondensstopu test etme metotlarından diğeri ise kondensstopun üzerine su dökme'dir. Kondensstopun üzerine su döküp suyun buharlaşmasını izleyerek kondensstopun çalışıp çalışmadığı kontrol edilebilir. Bu test aslında sadece kondensstopun sıcak mı, yoksa soğuk mu olduğunun bir göstergesi olabilir. Eğer kondensstop soğuksa, kilitli kalmış olabileceğinden rasgele bir tespit yapılmış olur ve bu metotla, kaçak tespiti ya da diğeri tip arızalar tespit edilemeyebilir.

3.9.3. Sıcaklık Ölçüm Yöntemi

Elde taşınabilen portatif dijital termometrelerdeki teknolojik gelişmeler nedeniyle son yıllarda kondensstop testleri sıcaklık ölçüm yöntemi ile yapılmaya başlamıştır. Bu yöntemde öncelikle kondensstopa gelen buhar hattından bir ölçüm alınır, ikinci bir ölçüm ise kondensstopa yakın bir yerden alınarak iki ölçüm kıyaslanır. Şayet ölçülen kondens sıcaklıkları farklı ise kısmen kondensstop çalışıyor denilebilir. Kısmen denir, çünkü kondensstop blokede olmuş olabilir ya da kondensstop buhar sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta kondens tahliyesi yapıyor olabilir.

3.9.4. Kondensstop Çıkışını Atmosfere Açma Yöntemi

Kondensstopu hatttan ayırıp, bir ucunu atmosfere açık bırakarak yapılan bir uygulamadır. İyi bir gözlemci ya da operatör dikkatlice takip edebilirse, kondensstopun bozuk ya da sağlam olduğunu kısmen de olsa söyleyebilir.

3.9.5. Gözetleme Camı Kullanma Yöntemi

Gözetleme camları, kondensstopun çalışıp çalışmadığının yanı sıra buhar kilitleme ve çözücü sistemlerinde doğru ayarlanmasını sağlar. Gözetleme camlarının kendi

bakımları da zor olduğu için pek tavsiye edilmez ve sadece gerekli yerlere monte edilmelidir. Gözetleme camlarının en büyük avantajı, izleyen kişiye kondens stop çıkışında kondens akışının nasıl olduğu hakkında önemli bilgiler vermesidir.

3.9.6. İletkenlik Ölçme Yöntemi

Kondens stop kontrol yöntemlerinden bir diğeri kondens stopun içinden geçen kondens ile çıkan buharın iletkenliğinin karşılaştırılmasıdır. Çok net bir sonuç vermemesine rağmen yine de kondens stopun arızalı olduğunu ya da kaçak yapıp yapmadığı hakkında bilgi verebilir. Diğer arızalar; bloke, yetersiz boşaltım vb. arızaları tespit edemeyeceğinden dolayı çok fazla tercih edilmez.

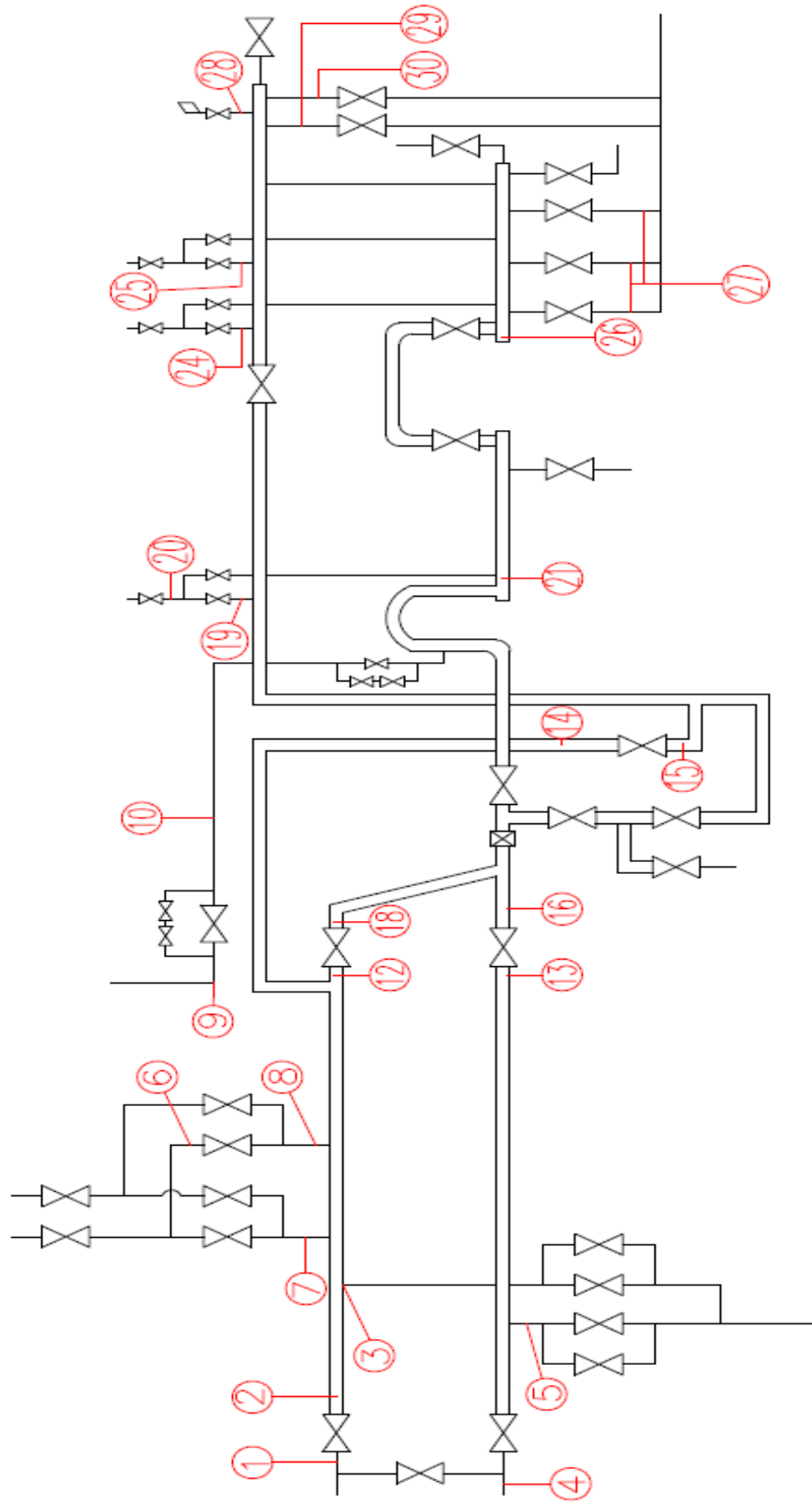
3.9.7. Ultrasonik Ölçme Yöntemi

Kondens stop testlerinin yapılmasında en yaygın olarak kullanılan metotlardan birisi ultrasonik ölçme yöntemidir. Ölçüm cihazı bir adet temas grubu, gösterge ve kulaklıktan oluşur. Propla mekanik titreşimlerin sesi ölçülür ve kulaklığa iletilerek test yapılır. Bu yöntemde, ölçümün kondens stopa yakın bir yerden dinleyerek yapılması gerekir. Bu metotta dikkat edilmesi gereken en önemli husus, her kondens stop için ayrı ayrı limitlerin belirlenmesi zorunluluğudur. Yüksek debili bir kondens toptan çıkan ses ile düşük debili bir kondens toptan çıkan ses aynı olmayabilir.

BÖLÜM 4

BUHAR HATTINDA OLUŞAN KONDENS, ENERJİ VE EKSERJİ KAYIPLARININ BELİRLENMESİ

Bu çalışmada, KARDEMİR A.Ş. Demir Çelik Fabrikası Enerji Tesislerinde pilot bölge olarak seçilen ve üzerinde otuz adet kondenstop bulunan buhar hattında üzerinde bulunan kondenstoplardan dışarıya atılan atık kondenssten ısı geri kazanım yöntemleri incelenmiştir. Kondenstopların bağlantı noktaları düğüm noktası olarak ele alınmış ve Şekil 5.1’de buhar hattı ve 30 düğüm noktası detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Buhar hattı üzerinde bulunan kondenstopların tipi, belirlenen düğüm noktalarına ait sıcaklık, basınç ve boru çapı değerleri Çizelge 5.1’de, hattın uzunluğu, ana hattın çapı ve kot farkı ile ilgili değerler ise Çizelge 5.2’de detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 4.1. İncelenen buhar hattı ve belirlenen düğüm noktaları

Çizelge 4.1. Düğüm noktalarına ait boru çapı, buharın basıncı, buharın sıcaklığı ve hattaki kondenstop tipi verileri

Düğüm No	Hattın Çapı (mm)	Hattaki Buharın Basıncı (bar)	Hattaki Buharın Sıcaklığı (°C)	Hattaki Kondenstop Tipi
1	27,20	25	385 (± 15)	A65S DN20
2	27,28	25	385 (± 15)	A65S DN20
3	26,90	25	385 (± 15)	A65S DN20
4	33,00	25	385 (± 15)	A743 CA40F DN15 1/2
5	27,33	25	385 (± 15)	A65S DN20
6	27,33	25	385 (± 15)	A65S DN20
7	27,33	25	385 (± 15)	A65S DN20
8	27,33	25	385 (± 15)	A65S DN20
9	27,33	25	385 (± 15)	A65S DN20
10	21,81	25	385 (± 15)	A65S DN20
11	21,99	25	385 (± 15)	A743 CA40F DN15 1/2
12	28,31	25	385 (± 15)	A743 CA40F DN15 1/2
13	27,30	25	385 (± 15)	A65S DN20
14	27,00	25	385 (± 15)	A65S DN20
15	28,00	25	385 (± 15)	A65S DN20
16	27,66	25	385 (± 15)	A65S DN20
17	27,66	25	385 (± 15)	A65S DN20
18	27,66	25	385 (± 15)	A65S DN20
19	26,80	25	385 (± 15)	A65S DN20
20	26,80	25	385 (± 15)	A65S DN20
21	26,80	25	385 (± 15)	A65S DN20
22	27,80	25	385 (± 15)	A65S DN20
23	27,80	25	385 (± 15)	A65S DN20
24	27,80	25	385 (± 15)	A65S DN20
25	27,80	25	385 (± 15)	A65S DN20
26	27,80	25	385 (± 15)	A65S DN20 ŞAMANDIRALI KONDESNTOP
27	27,80	25	385 (± 15)	A65S DN20
28	27,80	25	385 (± 15)	A65S DN20
29	27,80	25	385 (± 15)	A65S DN20
30	27,80	25	385 (± 15)	A65S DN20

Çizelge 4.2. Düğüm noktalarındaki hattın uzunluğu, kot farkı, ana hat çapı ve ana hat uzunluğu değerleri

Düğüm No	Hattın Uzunluğu (m)	Ana Hat ile Kondenstop Arasındaki Kot Farkı (m)	Ana Hattın Çapı (mm)	Ana Hattın Uzunluğu (m)
1	8	2,5	200	24
2	4	2,5	200	24
3	7	3,5	200	24
4	6,5	2,5	200	24
5	3	2	200	24
6	5	2	200	24
7	9	2,5	200	24
8	4	1,3	200	24
9	7	2,7	150	14
10	1,5	1	150	14
11	30	2,5	200	24
12	10	2	200	24
13	8	2	200	24
14	5	1,7	250	25
15	5	1,7	250	25
16	15	1	200	5
17	1	1	250	40
18	20	3	200	11
19	1	0,7	250	5
20	3	3	250	5
21	1	0,5	250	5
22	2,5	2,5	250	17
23	1	0,4	250	40
24	4,5	1,5	250	40
25	5,5	2	250	40
26	1	1	250	7
27	2,5	1,5	250	7
28	1,5	0,5	250	40
29	1,7	0,5	250	40
30	1,5	0,5	250	40

4.1. HATTA OLUŞAN KONDENS MİKTARININ BELİRLENMESİ

Kondenstoplarda biriken kondens miktarının belirlenmesinde, buhar sıcaklığı, buhar basıncı, çevre sıcaklığı, hattaki borunun çapı, hattın uzunluğu, boru dış yüzeyindeki yalıtım malzemesi gibi parametreler etkili olmaktadır. Buhar hattında oluşan kondens miktarı, buharın taşındığı boruların dış yüzeyinden ışınila meydana gelen ısı kaybına göre belirlenmiştir. Buna göre ilk olarak, boru dış yüzeyinden ışınila meydana gelen ısı kaybı belirlenmiş, elde edilen değere bağlı olarak buhar hattında oluşan kondens miktarı hesaplanmıştır. Kondens miktarının belirlenmesinde, TLV firmasının hazırlamış olduğu bir bilgisayar programı kullanılmıştır. Program, ışınila meydana gelen ısı kaybı ve bu ısı kaybı sonucunda oluşan kondens miktarını aşağıdaki eşitliklere göre hesaplamaktadır.

$$Q_r = \frac{2\pi (T_s - T_{\text{çev}})}{\left(\frac{1}{k} \ln \left(\frac{d + 2t}{d} \right) + \frac{2U}{d + 2t} \right)} \quad (4.1)$$

$$\dot{m}_{\text{kon}} = \frac{3,6 \times Q_r}{\Delta H} \quad (4.2)$$

Eşitlikte; Q_r ; buhar hattındaki boru yüzeyinden ışınila oluşan ısı kaybını (W), T_s ; buhar sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$), $T_{\text{çev}}$; çevre sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$), U ; toplam ısı transfer katsayısını ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$), k ; yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısını (W/mK), d ; hattaki borunun dış çapını (m), t ; boru dış yüzeyindeki yalıtımın et kalınlığını (m), \dot{m}_{kon} ; hatta oluşan kondens miktarını (kg/h), ΔH ; aynı basınç altındaki kızgın buhar ile doymuş suyun entalpi farkını (kJ/kg) göstermektedir. Hesaplamalarda, buhar sıcaklığı 385°C , çevre sıcaklığı 10°C , yalıtımın et kalınlığı 50 mm, 25 bar basınçtaki kızgın buharın entalpisi su buharı tablolarından 3204,5 kJ/kg, doymuş suyun entalpisi ise 971,86 kJ/kg olarak alınmıştır.

Bilgisayar programı yardımıyla 30 düğüm noktası için ısı kaybıyla oluşan kondens miktarı belirlenmiştir. Programa ait örnek hesaplama ekranı Şekil 4.2'de

görülmektedir. Hesaplama sonucunda her bir düğüm noktasında ısı kaybıyla oluşan kondens miktarı Tablo 4.4’de verilmiştir.

11320 Radiation Heat Loss from Piping **TLV**

Input			Answer	
Pipe Grade	Pipe Size	Insulation		Unit-System
<input type="text" value="DIN-2448"/>	<input type="text" value="200 mm"/>	<input type="text" value="Glasswool"/>	<input type="button" value="Enter"/>	<input type="text" value="SI"/>
Steam Pressure	<input type="text" value="25.00"/>	<input type="text" value="barG"/>	Condensate Load	<input type="text" value="15.2"/>
Steam Temperature	<input type="text" value="385.0"/>	<input type="text" value="C"/>	Radiant Heat	<input type="text" value="9437.8"/>
Wind Velocity	<input type="text" value="1.00"/>	<input type="text" value="m/s"/>		
Insulation Thickness	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="mm"/>		
Pipe Length	<input type="text" value="24.00"/>	<input type="text" value="m"/>		
Ambient Temperature	<input type="text" value="10.0"/>	<input type="text" value="C"/>		
			$Q_r = 2 \cdot \pi \cdot (T_s - T_{am}) / (1/c \cdot \ln((d_1 + 2 \cdot t)/d_1) + 2/(d_1 + 2 \cdot t)/a)$ $F_c = 3.6 \cdot Q_r / dH$	

11320 Radiation Heat Loss from Piping **TLV**

Input			Answer	
Pipe Grade	Pipe Size	Insulation		Unit-System
<input type="text" value="DIN-2448"/>	<input type="text" value="250 mm"/>	<input type="text" value="Glasswool"/>	<input type="button" value="Enter"/>	<input type="text" value="SI"/>
Steam Pressure	<input type="text" value="25.00"/>	<input type="text" value="barG"/>	Condensate Load	<input type="text" value="30.5"/>
Steam Temperature	<input type="text" value="385.0"/>	<input type="text" value="C"/>	Radiant Heat	<input type="text" value="18920.2"/>
Wind Velocity	<input type="text" value="1.00"/>	<input type="text" value="m/s"/>		
Insulation Thickness	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="mm"/>		
Pipe Length	<input type="text" value="40.00"/>	<input type="text" value="m"/>		
Ambient Temperature	<input type="text" value="10.0"/>	<input type="text" value="C"/>		
			$Q_r = 2 \cdot \pi \cdot (T_s - T_{am}) / (1/c \cdot \ln((d_1 + 2 \cdot t)/d_1) + 2/(d_1 + 2 \cdot t)/a)$ $F_c = 3.6 \cdot Q_r / dH$	

Şekil 4.2. Kondens miktarının belirlenmesine ait hesaplama ekranı görüntüsü

Çizelge 4.3. Her bir düğüm noktasında oluşan kondens miktarı

Düğüm No	Buhar Hattının Çapı (mm)	Buhar Hattının Uzunluğu (m)	Isı Kaybıyla Oluşan Kondens Miktarı (kg/h)
1	200	24	15,20
2	200	24	15,20
3	200	24	15,20
4	200	24	15,20
5	200	24	15,20
6	200	24	15,20
7	200	24	15,20
8	200	24	15,20
9	150	14	7,20
10	150	14	7,20
11	200	24	15,20
12	200	24	15,20
13	200	24	15,20
14	250	25	19,10
15	250	25	19,10
16	200	5	3,20
17	250	40	30,50
18	200	11	7,00
19	250	5	3,80
20	250	5	3,80
21	250	5	3,80
22	250	17	13,00
23	250	40	30,50
24	250	40	30,50
25	250	40	30,50
26	250	7	5,30
27	250	7	5,30
28	250	40	30,50
29	250	40	30,50
30	250	40	30,50
Toplam			478.5

Sistem sabit, sistemin giriş ve çıkış noktaları arasında kot farkı olmadığı düşünülerek kinetik ve potansiyel enerjiler ihmal edildiğinde, enerjinin korunumu eşitliği aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_\varphi . h_\varphi - \sum \dot{m}_g . h_g \quad (4.6)$$

Sistemde herhangi bir iş yapılmadığı veya dışarıdan sisteme herhangi bir iş girişi olmadığından sistemden çevreye atılan ısı enerjisi, Eşitlik 4.8'den bulunabilir.

$$\dot{W} = 0, \dot{Q} = -\dot{Q}_k \quad (4.7)$$

$$\dot{Q}_k = \sum \dot{m}_g . h_g - \sum \dot{m}_\varphi . h_\varphi \quad (4.8)$$

Tüm kondensstopların girişindeki sıcaklık 385 °C, basınç 25 bar, çıkışındaki sıcaklık 100 °C, basınç ise 1 bar'dır. Bundan dolayı, kondensstopların girişindeki ve çıkışındaki entalpi değerleri bütün kondensstoplarda aynı olacaktır. Sadece kondensstop kapasitelerine göre debiler farklı olacaktır.

Su buharı tablosundan 385 °C ve 25 bar giriş sıcaklığı ve basıncı değerlerine göre kondensstopun girişindeki entalpi değeri 3207,26 kJ/kg, 100 °C ve 1 bar çıkış sıcaklığı ve basıncı değerlerine göre çıkışındaki entalpi değeri ise 104,93 kJ/kg olarak bulunmuştur.

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12,13 nolu kondensstopların akış debileri aynı olduğundan dolayı enerji kaybı hesabı;

$$\dot{Q}_k = \sum \dot{m}_g . h_g - \sum \dot{m}_\varphi . h_\varphi$$

$$\dot{Q}_k = (0,00416 \times 3207) - (0,00416 \times 104,93) = 12,90 \text{ kW}$$

9, 10 nolu kondensstopların akış debileri aynı olduğundan dolayı enerji kaybı hesabı;

$$\dot{Q}_k = \sum \dot{m}_g \cdot h_g - \sum \dot{m}_\varphi \cdot h_\varphi$$

$$\dot{Q}_k = (0,002 \times 3207) - (0,002 \times 104,93) = 6,2 \text{ kW}$$

14,15 nolu kondensstopların akış debileri aynı olduğundan dolayı enerji kaybı hesabı;

$$\dot{Q}_k = \sum \dot{m}_g \cdot h_g - \sum \dot{m}_\varphi \cdot h_\varphi$$

$$\dot{Q}_k = (0,00531 \times 3207) - (0,00531 \times 104,93) = 16,46 \text{ kW}$$

16 nolu kondensstopun enerji kaybı hesabı;

$$\dot{Q}_k = \sum \dot{m}_g \cdot h_g - \sum \dot{m}_\varphi \cdot h_\varphi$$

$$\dot{Q}_k = (0,000889 \times 3207) - (0,000889 \times 104,93) = 2,75 \text{ kW}$$

17, 23, 24, 25, 28, 29, 30 nolu kondensstopların akış debileri aynı olduğundan dolayı enerji kaybı hesabı;

$$\dot{Q}_k = \sum \dot{m}_g \cdot h_g - \sum \dot{m}_\varphi \cdot h_\varphi$$

$$\dot{Q}_k = (0,00847 \times 3207) - (0,00847 \times 104,93) = 26,27 \text{ kW}$$

18 nolu kondensstopun enerji kaybı hesabı;

$$\dot{Q}_k = \sum \dot{m}_g \cdot h_g - \sum \dot{m}_\varphi \cdot h_\varphi$$

$$\dot{Q}_k = (0,0019 \times 3207) - (0,0019 \times 104,93) = 6,03 \text{ Kw}$$

19, 20, 21 nolu kondensstopların akış debileri aynı olduğundan dolayı enerji kaybı hesabı;

$$\dot{Q}_k = \sum \dot{m}_g \cdot h_g - \sum \dot{m}_\varphi \cdot h_\varphi$$

$$\dot{Q}_k = (0,00106 \times 3207) - (0,00106 \times 104,93) = 3,28 \text{ kW}$$

22 nolu kondensstopun enerji kaybı hesabı;

$$\dot{Q}_k = \sum \dot{m}_g \cdot h_g - \sum \dot{m}_\varphi \cdot h_\varphi$$

$$\dot{Q}_k = (0,0036 \times 3207) - (0,0036 \times 104,93) = 11,20 \text{ kW}$$

26, 27 nolu kondensstopların akış debileri aynı olduğundan dolayı enerji kaybı hesabı;

$$\dot{Q}_k = \sum \dot{m}_g \cdot h_g - \sum \dot{m}_\varphi \cdot h_\varphi$$

$$\dot{Q}_k = (0,00147 \times 3207) - (0,00147 \times 104,93) = 4,56 \text{ kW}$$

4.3. KONDENSTOPLARDA OLUŞAN EKSERJİ KAYBININ BELİRLENMESİ

Ekserji, referans çevreye göre tamamen kararlı dengede olmamanın sonucu olarak değişime neden olan akış ya da sistemin potansiyelinin bir ölçüsüdür. Bir sistemden elde edilebilecek en çok iş, sistem belirli bir başlangıç halinden, tersinir bir hal değişimi ile çevrenin bulunduğu hale (ölü hal) getirilirse elde edilir. Bu değer, sistemin verilen başlangıç halinde, yararlı iş potansiyelini veya iş yapma olanağını göstermekte ve ekserji (kullanılabilirlik) olarak adlandırılmaktadır [1].

Bir madde ya da bir enerji akışına bağlı ekserji; baca gazı, soğutma suyu ve ısı kaybı şeklinde çevreye atılır. Hem ekserji tahribi hem de ekserji kaybı, termodinamiğin ikinci kanun analizi olarak bilinen ekserji analizine göre belirlenir. Ekserji tahribi, direk olarak sistem içindeki tersinmezliklerin sonucunda olur. Tersinmezlik, bir proses sırasında kaybedilen iş potansiyeli olarak ifade edilebilir. Bu kayıp iş potansiyeli, ekserji tahribi olarak adlandırılır. Bir sistemden maksimum iş elde edebilmek için, sistemin geçirdiği hal değişimleri sonunda sistemden çıkanların ölü halde olması gerekir. Bir sistemin ölü halde olması demek, çevresiyle termodinamik dengede bulunması anlamına gelir. Sistem ölü halde iken, çevre sıcaklığında ve çevre basıncındadır. Başka bir ifade ile sistem, çevresiyle ısı ve mekanik dengededir.

Ayrıca sistemin çevresine göre kinetik ve potansiyel enerjileri sıfırdır. Sistemin ölü haldeki özellikleri, (P_o , T_o , h_o , s_o ve u_o) sıfır indisıyla gösterilir. Ölü hal sıcaklığı 25 °C ve basıncı ise 1 atm olarak kabul edilir ve buna göre ekserji analizi yapılır. Bir sistemin ölü haldeki ekserjisi sıfırdır [1].

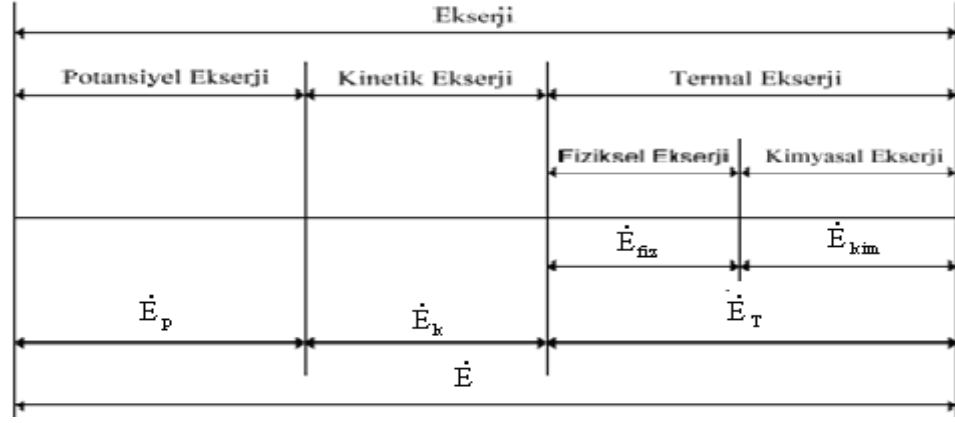
Ekserji analizi, sadece faydalı enerji düşüncesinden oluşmayan, aynı zamanda çevreyi kirleten enerji kaynaklarının tüketiminin azaltılması ve yeni çevre dostu enerji kaynaklarının kullanıma sunulması gibi konuları da kapsayan çok önemli bir mühendislik yaklaşımıdır [1].

4.3.1. Ekserji Kavramının Önemli Boyutları

- Ekserji, sistem ve çevrenin bir arada oluşturduğu kombine çevrimden elde edilebilen maksimum teorik iştir.
- Ekserji, sistemde her zaman mevcuttur, negatif olamaz, ekserji korunamaz.
- Ekserji, sistem durumunun çevresel durumdan uzaklaşma ölçüsüdür. Verilen bir durumdaki T sıcaklığı ile çevrenin T_o sıcaklığı arasındaki fark büyüdükçe ekserji değeri de buna bağlı olarak büyür.

4.3.2. Ekserji ve Çeşitleri

Akış halindeki bir maddenin, nükleer, manyetizma ve elektrik etkileri ile yüzey geriliminin ihmal edildiği durumda E ile gösterilen ekserji başlıca dört gruba ayrılabilir. Bunlar; potansiyel ekserji, kinetik ekserji, fiziksel ekserji ve kimyasal ekserjidir. Aşağıda Şekil 4.3'te bileşenler detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Ekserji bileşenleri

Bu ifadeler ışığında ekserji için şöyle bir matematiksel eşitlik yazılabilir:

$$\dot{E}_X = \dot{E}_k + \dot{E}_p + \dot{E}_{fiz} + \dot{E}_{kim} \quad (4.9)$$

Burada, \dot{E}_k ; kinetik ekserji, \dot{E}_p ; potansiyel ekserji, \dot{E}_{fiz} ; fiziksel ekserji ve \dot{E}_{kim} ; kimyasal ekserjiyi göstermektedir.

4.3.2.1. Fiziksel ekserji

Fiziksel ekserji; akış halindeki bir maddenin çevresi ile sadece termal etkileşim içeren tersinir fiziksel prosesler ile başlangıç şartlarından (P_o , T_o) belirli çevre şartlarına getirildiği zaman, elde edilen maksimum iş miktarına eşittir. Verilen herhangi bir durum için sistemin özgül fiziksel ekserjisi e_{fiz} , entalpi ve entropi parametrelerinin çevreye bağlı fonksiyonu olarak aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir [2].

$$e_{fiz} = (h - h_o) - T_o(s - s_o) \quad (4.10)$$

4.3.2.2. Kimyasal ekserji

Bir maddenin çevresiyle kimyasal denge haline geldiğinde ısı transferi ve madde alışverişinden dolayı yaptığı maksimum işe kimyasal ekserji denir. Buhar hattında oluşan kondensin özgül kimyasal ekserjisi aşağıdaki eşitlikten bulunmuştur [2].

$$e_{kim} = \frac{1}{M} \left\{ \left[\bar{g}_{h_2o(l)} - \bar{g}_{h_2o(g)} \right] (T_o, P_o) + \bar{R} T_o \ln \left(\frac{1}{y_{h_2o}^e} \right) \right\} \quad (4.11)$$

Eşitlikte, M; suyun moleküler ağırlığını (kg/kmol), $\bar{g}_{h_2o(l)}$, $\bar{g}_{h_2o(g)}$; suyun $T_o = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $P_o = 1 \text{ atm}$ çevre şartlarında sıvı ve gaz halindeki molar Gibbs fonksiyonunu (kJ/kmol), R; universal gaz sabiti (8,314 kJ/kmolK), T_o ; çevrenin ölü hal sıcaklığını ve $y_{h_2o}^e$; atmosferdeki su buharının mol oranını göstermektedir.

Yukarıda ifade edilen fiziksel ve kimyasal ekserji eşitlikleri, 30 adet düğüm noktasının her birisi için tek tek uygulanarak her bir noktanın ekserji kaybı belirlenmiştir. Bulunan toplam ekserji kaybı tablo haline aşağıda gösterilmiştir. Bütün kondens toplardaki sıcaklıklar ve basınçlar aynı olduğundan dolayı entalpi (h) ve entropi (s) değerleri hepsinde aynı olacaktır. Su buharı tablolarından entalpi ve entropi değerleri 25 bar, $385 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de $h = 3207,25 \text{ kJ/kg}$, $s = 6,967 \text{ kJ/kgK}$, ölü haldeki ($25 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 atm) entalpi ve entropi değerleri ise $h_o = 104,93 \text{ kJ/kg}$, $s_o = 0,3672 \text{ kJ/kgK}$ olarak bulundu. Kimyasal ekserji eşitliğindeki molar Gibbs fonksiyonu değeri $\bar{g}_{h_2o(l)} = -237180 \text{ kJ/kmol}$, $\bar{g}_{h_2o(g)} = -228590 \text{ kJ/kmol}$ ve atmosferdeki su buharının mol oranı ise $y_{h_2o}^e = 0,0303$ olarak alınmıştır [2].

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12,13 nolu kondens topların ekserji kaybı hesabı;

$$e_{fiz} = (h - h_o) - T_o(s - s_o)$$

$$e_{fiz} = (3207,25 - 104,93) - 298 \times (6,967 - 0,3672)$$

$$e_{fiz} = 1136 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{kim} = \frac{1}{M} \left\{ \left[\bar{g}_{h_2o(l)} - \bar{g}_{h_2o(g)} \right] + \bar{R} T_o \ln \left(\frac{1}{y_{h_2o}^e} \right) \right\}$$

$$e_{kim} = \frac{1}{18} \left\{ [-237180 - (-228590)] + (8,314)(298) \ln \left(\frac{1}{0,0303} \right) \right\}$$

$$e_{kim} = 4,1 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{\text{top}} = e_{\text{kim}} + e_{\text{fiz}}$$

$$e_{\text{top}} = 1136 + 4,1$$

$$e_{\text{top}} = 1140,1 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{E}x = \dot{m}_{\text{kon}} \times e_{\text{top}}$$

$$\dot{E}x = 0,0043 \times 1140,1$$

$$\dot{E}x = 4,9 \text{ kW}$$

9, 10 nolu kondensstopların ekserji kaybı hesabı;

$$e_{\text{fiz}} = (h - h_o) - T_o (s - s_o)$$

$$e_{\text{fiz}} = (3207,25 - 104,93) - 298 \times (6,967 - 0,3672)$$

$$e_{\text{fiz}} = 1136 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{\text{kim}} = \frac{1}{M} \left\{ \left[\bar{g}_{\text{h}_2\text{o}(l)} - \bar{g}_{\text{h}_2\text{o}(g)} \right] + \bar{R} T_o \ln \left(\frac{1}{y_{\text{h}_2\text{o}}^e} \right) \right\}$$

$$e_{\text{kim}} = \frac{1}{18} \left\{ [-237180 - (-228590)] + (8,314)(298) \ln \left(\frac{1}{0,0303} \right) \right\}$$

$$e_{\text{kim}} = 4,1 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{\text{top}} = e_{\text{kim}} + e_{\text{fiz}}$$

$$e_{\text{top}} = 1136 + 4,1$$

$$e_{\text{top}} = 1140,1 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{E}x = \dot{m}_{\text{kon}} \times e_{\text{top}}$$

$$\dot{E}x = 0,002 \times 1140,1$$

$$\dot{E}x = 2,28 \text{ kW}$$

14,15 nolu kondensstopların ekserji kaybı hesabı;

$$e_{fiz} = (h - h_o) - T_o(s - s_o)$$

$$e_{fiz} = (3207,25 - 104,93) - 298 \times (6,967 - 0,3672)$$

$$e_{fiz} = 1136 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{kim} = \frac{1}{M} \left\{ \left[\bar{g}_{h_2o(l)} - \bar{g}_{h_2o(g)} \right] + \bar{R} T_o \ln \left(\frac{1}{y_{h_2o}^e} \right) \right\}$$

$$e_{kim} = \frac{1}{18} \left\{ \left[-237180 - (-228590) \right] + (8,314)(298) \ln \left(\frac{1}{0,0303} \right) \right\}$$

$$e_{kim} = 4,1 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{top} = e_{kim} + e_{fiz}$$

$$e_{top} = 1136 + 4,1$$

$$e_{top} = 1140,1 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{E}x = \dot{m}_{kon} \times e_{top}$$

$$\dot{E}x = 0,00531 \times 1140,1$$

$$\dot{E}x = 6,05 \text{ kW}$$

16 nolu kondensstopun ekserji kaybı hesabı;

$$e_{fiz} = (h - h_o) - T_o(s - s_o)$$

$$e_{fiz} = (3207,25 - 104,93) - 298 \times (6,967 - 0,3672)$$

$$e_{fiz} = 1136 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{kim} = \frac{1}{M} \left\{ \left[\bar{g}_{h_2o(l)} - \bar{g}_{h_2o(g)} \right] + \bar{R} T_o \ln \left(\frac{1}{y_{h_2o}^e} \right) \right\}$$

$$e_{kim} = \frac{1}{18} \left\{ \left[-237180 - (-228590) \right] + (8,314)(298) \ln \left(\frac{1}{0,0303} \right) \right\}$$

$$e_{kim} = 4,1 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{\text{top}} = e_{\text{kim}} + e_{\text{fiz}}$$

$$e_{\text{top}} = 1136 + 4,1$$

$$e_{\text{top}} = 1140,1 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{E}x = \dot{m}_{\text{kon}} \times e_{\text{top}}$$

$$\dot{E}x = 0,00089 \times 1140,1$$

$$\dot{E}x = 1,02 \text{ kW}$$

17, 23, 24, 25, 28, 29, 30 nolu kondensstopların ekserji kaybı hesabı;

$$e_{\text{fiz}} = (h - h_o) - T_o(s - s_o)$$

$$e_{\text{fiz}} = (3207,25 - 104,93) - 298 \times (6,967 - 0,3672)$$

$$e_{\text{fiz}} = 1136 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{\text{kim}} = \frac{1}{M} \left\{ \left[\bar{g}_{\text{h}_2\text{o}(l)} - \bar{g}_{\text{h}_2\text{o}(g)} \right] + \bar{R} T_o \ln \left(\frac{1}{y_{\text{h}_2\text{o}}^e} \right) \right\}$$

$$e_{\text{kim}} = \frac{1}{18} \left\{ [-237180 - (-228590)] + (8,314)(298) \ln \left(\frac{1}{0,0303} \right) \right\}$$

$$e_{\text{kim}} = 4,1 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{\text{top}} = e_{\text{kim}} + e_{\text{fiz}}$$

$$e_{\text{top}} = 1136 + 4,1$$

$$e_{\text{top}} = 1140,1 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{E}x = \dot{m}_{\text{kon}} \times e_{\text{top}}$$

$$\dot{E}x = 0,00847 \times 1140,1$$

$$\dot{E}x = 9,66 \text{ kW}$$

18 nolu kondensstopun ekserji kaybı hesabı;

$$e_{fiz} = (h - h_o) - T_o(s - s_o)$$

$$e_{fiz} = (3207,25 - 104,93) - 298 \times (6,967 - 0,3672)$$

$$e_{fiz} = 1136 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{kim} = \frac{1}{M} \left\{ \left[\bar{g}_{h_2o(l)} - \bar{g}_{h_2o(g)} \right] + \bar{R} T_o \ln \left(\frac{1}{y_{h_2o}^e} \right) \right\}$$

$$e_{kim} = \frac{1}{18} \left\{ \left[-237180 - (-228590) \right] + (8,314)(298) \ln \left(\frac{1}{0,0303} \right) \right\}$$

$$e_{kim} = 4,1 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{top} = e_{kim} + e_{fiz}$$

$$e_{top} = 1136 + 4,1$$

$$e_{top} = 1140,1 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{E}x = \dot{m}_{kon} \times e_{top}$$

$$\dot{E}x = 0,00194 \times 1140,1$$

$$\dot{E}x = 2,21 \text{ kW}$$

19, 20, 21 nolu kondensstopların ekserji kaybı hesabı;

$$e_{fiz} = (h - h_o) - T_o(s - s_o)$$

$$e_{fiz} = (3207,25 - 104,93) - 298 \times (6,967 - 0,3672)$$

$$e_{fiz} = 1136 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{kim} = \frac{1}{M} \left\{ \left[\bar{g}_{h_2o(l)} - \bar{g}_{h_2o(g)} \right] + \bar{R} T_o \ln \left(\frac{1}{y_{h_2o}^e} \right) \right\}$$

$$e_{kim} = \frac{1}{18} \left\{ \left[-237180 - (-228590) \right] + (8,314)(298) \ln \left(\frac{1}{0,0303} \right) \right\}$$

$$e_{\text{kim}} = 4,1 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{\text{top}} = e_{\text{kim}} + e_{\text{fiz}}$$

$$e_{\text{top}} = 1136 + 4,1$$

$$e_{\text{top}} = 1140,1 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{E}x = \dot{m}_{\text{kon}} \times e_{\text{top}}$$

$$\dot{E}x = 0,00106 \times 1140,1$$

$$\dot{E}x = 1,21 \text{ kW}$$

22 nolu kondensstopun ekserji kaybı hesabı;

$$e_{\text{fiz}} = (h - h_o) - T_o(s - s_o)$$

$$e_{\text{fiz}} = (3207,25 - 104,93) - 298 \times (6,967 - 0,3672)$$

$$e_{\text{fiz}} = 1136 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{\text{kim}} = \frac{1}{M} \left\{ \left[\bar{g}_{\text{h}_2\text{o}(l)} - \bar{g}_{\text{h}_2\text{o}(g)} \right] + \bar{R} T_o \ln \left(\frac{1}{y_{\text{h}_2\text{o}}^e} \right) \right\}$$

$$e_{\text{kim}} = \frac{1}{18} \left\{ [-237180 - (-228590)] + (8,314)(298) \ln \left(\frac{1}{0,0303} \right) \right\}$$

$$e_{\text{kim}} = 4,1 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{\text{top}} = e_{\text{kim}} + e_{\text{fiz}}$$

$$e_{\text{top}} = 1136 + 4,1$$

$$e_{\text{top}} = 1140,1 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{E}x = \dot{m}_{\text{kon}} \times e_{\text{top}}$$

$$\dot{E}x = 0,0036 \times 1140,1$$

$$\dot{E}x = 4,1 \text{ kW}$$

26, 27 nolu kondensstopların ekserji kaybı hesabı;

$$e_{fiz} = (h - h_o) - T_o(s - s_o)$$

$$e_{fiz} = (3207,25 - 104,93) - 298 \times (6,967 - 0,3672)$$

$$e_{fiz} = 1136 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{kim} = \frac{1}{M} \left\{ \left[\bar{g}_{h_2o(l)} - \bar{g}_{h_2o(g)} \right] + \bar{R} T_o \ln \left(\frac{1}{y_{h_2o}^e} \right) \right\}$$

$$e_{kim} = \frac{1}{18} \left\{ [-237180 - (-228590)] + (8,314)(298) \ln \left(\frac{1}{0,0303} \right) \right\}$$

$$e_{kim} = 4,1 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{top} = e_{kim} + e_{fiz}$$

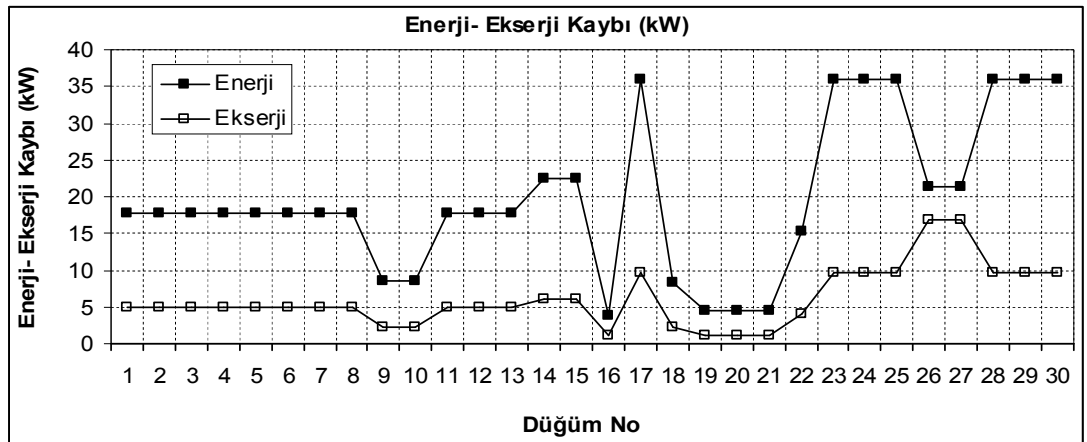
$$e_{top} = 1136 + 4,1$$

$$e_{top} = 1140,1 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{E}x = \dot{m}_{kon} \times e_{top}$$

$$\dot{E}x = 0,0147 \times 1140,1$$

$$\dot{E}x = 16,76 \text{ kW}$$



Şekil 4.4. Hattın oluşun enerji ve ekserji kayıpları

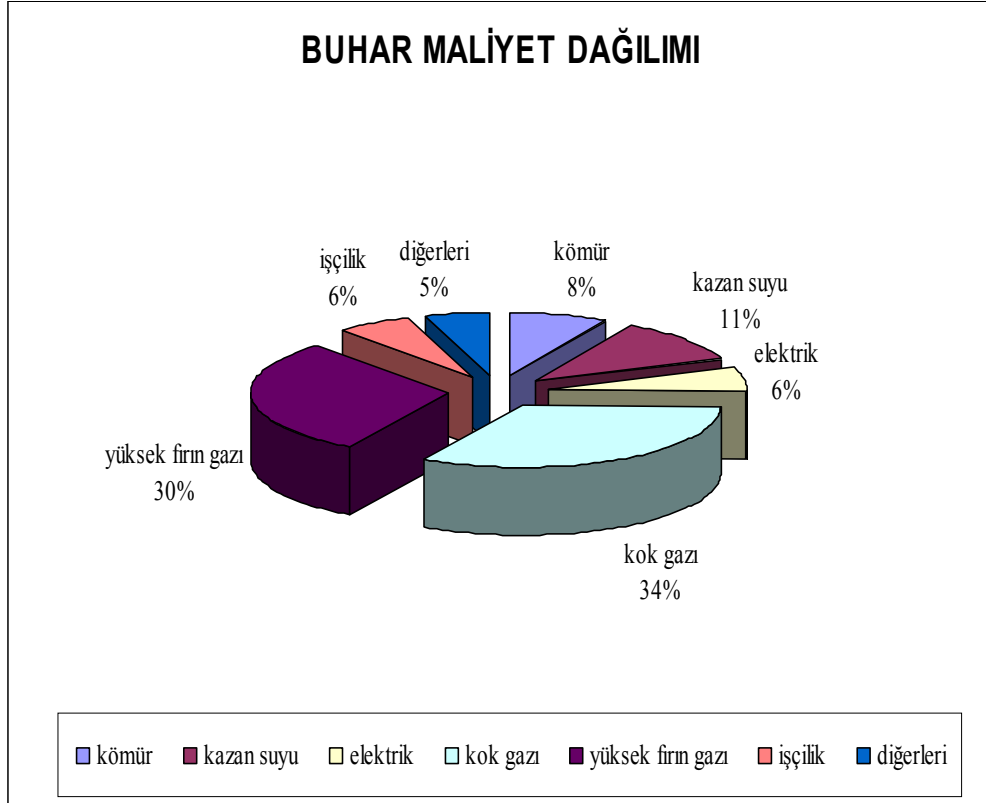
Çizelge 4.4. Hatta oluşan enerji ve ekserji kayıp değerleri

Düğüm no	Enerji kaybı (kW)	Ekserji kaybı (kW)
1	12,9	4,9
2	12,9	4,9
3	12,9	4,9
4	12,9	4,9
5	12,9	4,9
6	12,9	4,9
7	12,9	4,9
8	12,9	4,9
9	6,2	2,28
10	6,2	2,28
11	12,9	4,9
12	12,9	4,9
13	12,9	4,9
14	16,46	6,05
15	16,46	6,05
16	2,75	1,02
17	26,27	9,66
18	6,03	2,21
19	3,28	1,21
20	3,28	1,21
21	3,28	1,21
22	11,20	4,1
23	26,27	9,66
24	26,27	9,66
25	26,27	9,66
26	4,56	16,76
27	4,56	16,76
28	26,27	9,66
29	26,27	9,66
30	26,27	9,66
Toplam	410,05	182,66

4.4. BUHAR KAZANINDA ÜRETİLEN BUHAR MALİYETİNİN BELİRLENMESİ

Bir ton buhar elde etmek için gider maliyet değerleri Şekil 5.5'te detaylı olarak gösterilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi giderlerin büyük bir bölümünü, buhar kazanında yakıt olarak kullanılan kok gazı ve yüksek fırın gazı oluşturmaktadır. Kömürün buhar üretimindeki yüzdesinin az olması sistem için bir avantajdır. Çünkü kömürün yanması sonucu ortaya çıkan atıklar çevreye atılmamış, aynı zamanda kömürün aşındırıcılığı fazla olduğundan ekipmanlarda fazla yıpranmamış ve hasara uğramamış olurlar [23]. İşçilik ve elektrik giderleri % 6 civarında ve diğerleri olarak

ifade edilen toplam giderin %5'lik kısmını oluşturan gider ise kazan kimyasalları, malzeme giderleri, amortismanlar vb. tüm giderleri içine alan giderdir. Örnek olarak Kardemir A.Ş. Enerji Tesisleri Müdürlüğünde Şubat 2011'de toplam 168000 ton buhar üretilmiş ve üretilen buharın maliyeti 8 400 000 TL olarak hesaplanmıştır. Bu değerler dikkate alınarak bir ton buharın maliyeti 50 TL olarak alınmıştır.



Şekil 4.5. Kazanda üretilen buharın maliyetini oluşturan bileşenler

BÖLÜM 5

KONDENSDEN ISI GERİ KAZANIM YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

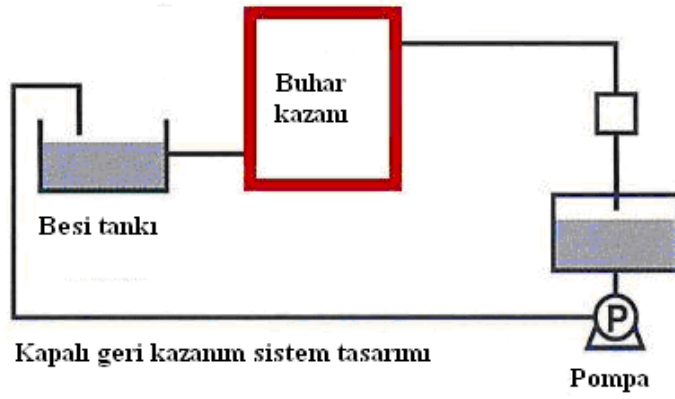
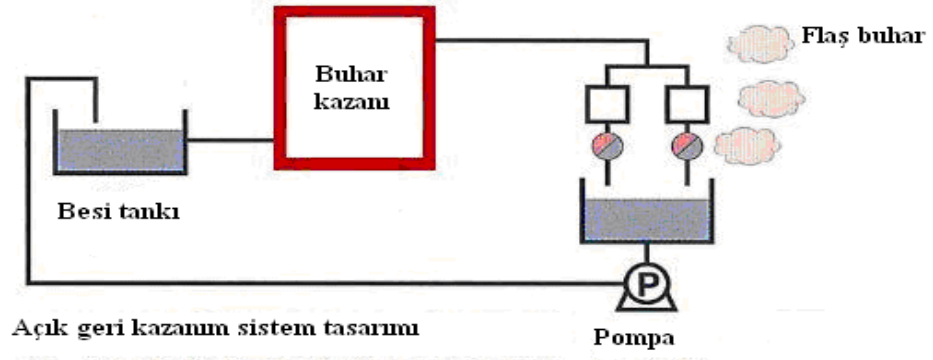
Bir önceki bölümde buhar hattında bulunan 30 adet kondenstopla oluşan kondens kaybı hesaplanarak, hatta oluşan toplam kayıp kondens miktarı belirlenmişti. Bu bölümde ise, buhar hatlarında kondenstoplar aracılığıyla atmosfere atılan kondensin toplanarak, buhar kazanına geri döndürülmesi veya kondensin sahip olduğu ısının geri kazanılarak bir başka sistemde kullanılması incelenecektir. Kondensin sahip olduğu ısı enerjisinin geri kazanma yöntemleri incelenerek, geri kazanılan ısının uygulamada nasıl kullanılabileceği üzerine yapılan öneriler değerlendirilecektir.

Buhar hatlarında oluşan kondensin toplanarak buhar kazanına geri döndürülmesi ile kazan besleme suyunun buhar haline getirilmesi esnasında harcanan enerjiden daha az enerji harcanarak buhar üretimi gerçekleştirilmiş olacaktır. Böylece, buhar kazanına geri döndürülen kondensin sahip olduğu ısı enerjisi geri kazanılarak daha az yakıt kullanılarak buhar üretileceğinden dolayı yakıt tasarrufu sağlanmış olacaktır. Bu uygulamadan elde edilecek diğer bir tasarruf ise, kazan besleme suyunun kazana verilmeden önce bazı kimyasallar kullanılarak arıtıldıktan sonra kazana verilmesi nedeniyle su arıtımında kullanılan kimyasallardan sağlanacak olan tasarruftur.

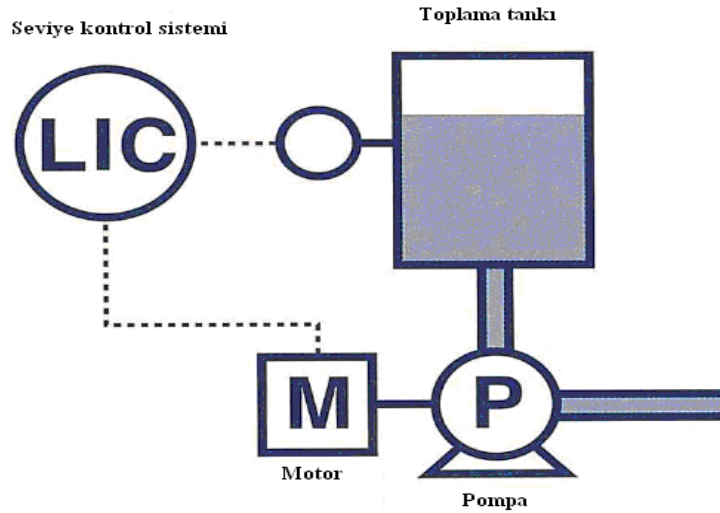
Endüstriyel tesislerde, buhar hatlarında oluşan kondensin kondenstoplar aracılığıyla atmosfere tahliyesi, iş ve iş güvenliği açısından tehlikeli durum oluşturur. Uçları açık bırakılan kondenstop hatları ani patlamalara veya boşaltım sırasında yakınındaki çalışanlara zarar verebilir. Ayrıca kışın dışarıya atılan kondens donarak çalışanların kayarak iş kazasına sebep olabilir. Bundan dolayı, kondenstoplardan atmosfere atılan kondensin toplanarak sahip olduğu ısısının geri kazanılması iş ve iş güvenliği açısından önemli katkıları olan bir uygulama olacaktır.

Buhar hatlarında oluşan kondens, açık veya kapalı sistem kurularak bir tankta toplanabilir. İncelenen buhar hattında toplam 478,5 kg/h kondens oluşacağı bir önceki bölümde belirlenmişti. Yapılacak olan açık veya kapalı sistemde, mümkünse kondens hatları tek tek toplama hattına bağlanabileceği gibi bu durumun mümkün olmadığı durumlarda kondens hatları asgari şekilde gruplandırılarak toplama hattına bağlanabilir. Kondens toplama sisteminin açık veya kapalı sistem olmasının duruma göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Açık sistemin kapalı sisteme göre en büyük dezavantajı, flaş buharı dışarı atmasıdır. Bu dezavantajının yanında maliyetinin ucuz olması ve takip gerektirmemesi ise en büyük avantajlarındandır.

Kondens toplama sistemi, kapalı olarak tasarlandığında mutlaka bir kontrolör gerekmektedir. Hat üzerindeki kondensstopların bozuk olup olmadığı, sürekli olarak yapılması gereken kontroller neticesinde belirlenebilir. Kapalı sistemde, kondensstoplardan birisi ya da bir kaçı bozuk olduğunda, kondensstoplar kondens toplama hattına kondensden daha fazla flaş buhar vereceğinden dolayı buhar kilitlenmesine ve tankın içinde basıncın artmasına neden olur. Kondens toplama hattının bağlı olduğu tanktaki basıncın olması gerekenden daha fazla olması durumunda tanka ve diğer ekipmanlara zarar verebilir. Şekil 5.1'de kondens geri kazanımı için tasarlanabilecek açık ve kapalı sistemin şematik yapısı görülmektedir. Her iki sistemde kondensstop hatları, kondens toplama borusuna üstten bağlanmalıdır. Aksi takdirde geriye doğru kondens akışı olacağından dolayı hatta karşı basınç oluşturur. Kondensin tankta toplanabilmesi için kondens toplama boruları, % 30 eğimle tanka bağlanırsa, kondens borunun eğimi ile tanka kadar gelecek ve tankta toplanabilecektir. Tankın üzerine seviye algılama sensörü koyularak pompanın çalışması sağlanabilir. Seviye algılama sensörü üzerinde alt ve üst limitler ayarlanır ve kondens bu limitlere geldiği zaman sensör pompaya komut verir ve pompa biriken kondensi istenilen yere basmaya başlar (Şekil 5.2). Seçilen pompanın basıncı, kondensin basılacağı ekipmanın çalışma basıncından büyük olmalıdır. Pompanın çıkışından alınan branşmanlar sayesinde kondensi istenilen yere istenilen basınçta göndermek mümkündür.



Şekil 5.1. Açık ve kapalı sistemin şematik yapısı



Şekil 5.2. Kondens toplama tankının şematik yapısı

Tankta toplanan kondensin kazan besleme suyunu sağlayan Drum'a gönderilmesi, kondensin sahip olduğu ısısının geri kazanılmasında yapılabilecek uygulamalardan birisi olabilir. Böylece kondenstoplardan atmosfere atılan kondens, toplanarak kazana geri döndürülmüş olur. Toplanan kondensin bu Şekilde değerlendirilmesi, çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde “neri 1” olarak ele alınacaktır. Şekil 5.2’de bu uygulamaya ait bir Şematik Şekil görülmektedir.

5.1. ÖNERİ 1: TOPLANAN KONDENSİN DRUM’A GÖNDERİLMESİ

5.1.1. Tasarruf Analizi

neri 1’in uygulanmasıyla kazanda üretilen buharın maliyetinde önemli yer tutan yakıttan ve buhar üretilecek suyun arıtılması sırasında kullanılan kimyasallardan tasarruf sağlanacaktır. Bundan dolayı, bu uygulama ile elde edilecek tasarruflar, yakıttan tasarruf ve su arıtmadan tasarruf olmak üzere iki ayrı Şekilde incelenmiştir.

5.1.1.1. Yakıttan Sağlanacak Olan Tasarruf Miktarının Belirlenmesi

İncelenen buhar hattında oluşan toplam kondens miktarı 478,5 kg/h olarak hesaplanmıştı. Bu kondens, bir toplama tankında toplandıktan sonra buhar kazanına geri döndürüldüğünde, kazan besleme suyunun buhar haline getirilmesi esnasında harcanan enerjiden daha az enerji harcanarak buhar üretimi gerçekleştirilmiş olacaktır. Böylece, buhar kazanına geri döndürülen kondensin sahip olduğu ısı enerjisi geri kazanılarak daha az yakıt kullanılarak buhar retileneğinden dolayı yakıt tasarrufu sağlanmış olur.

Bölüm 4’te verilen buhar kazanında üretilen buharın maliyet bileşenleri içerisinde toplam maliyetin %72’sini kazanda kullanılan yakıt oluşturmaktadır. neri 1’in uygulanmasıyla yakıttan sağlanacak tasarruf miktarının belirlenmesinde, yıllık yakıt maliyeti, sistemin açık sistem mi, kapalı sistem mi olacağı, kondensin drum’a dönüş sıcaklığı, fiili geri kazanılabilecek kondens miktarının bilinmesi gerekmektedir.

Buhar hattında oluşan kondens miktarı hesabının yapıldığı ay içerisindeki buhar üretimi ve buhar üretimi için giderlere göre, kazanda üretilen 1 ton buharın maliyetinin 50 TL olduğu bir önceki bölümde belirlenmişti. Buna göre, 1 ton buharın üretim maliyetinin %72'sini yakıt gideri oluşturmaktadır. Öneri 1 için buhar kazanında kullanılan yakıttan sağlanacak tasarruf; kazanda kullanılan yakıtın yıllık maliyeti, kondensin buhar kazanına dönüş sıcaklığı, kondensstop üretici firmaların hazırlamış olduğu tasarruf tablolarından belirlenen tasarruf miktarına göre belirlenmiştir. Hesaplama yapılacak veriler aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Bir ton buhar için yakıt maliyeti	: $50 \times 72 / 100 = 36$ TL/ton
Yapılacak olan sistem(açık- kapalı)	: Açık sistem
Kazanın çalışma süresi	: 340 gün/yıl (~ 25 gün bakım)
Kazanın ürettiği buhar miktarı	: 20 ton/h
Kazanın yıllık buhar üretimi	: $20 \times 24 \times 340 = 163200$ ton/yıl
Kazanın yıllık yakıt maliyeti	: $163200 \times 36 = 5875200$ TL/yıl
Hatta oluşan yıllık kondens miktarı	: $0,4785 \times 24 \times 340 = 3917$ ton/yıl
Kazanın çalışma basıncı	: 25 bar
Toplanan kondensin sıcaklığı	: 70 °C
İşlenmemiş suyun sıcaklığı	: 20 °C

Kazanın çalışma basıncı, tankta toplanan kondensin sıcaklığı ve işlenmemiş suyun sıcaklığına göre Çizelge Ek A.1'den tasarruf elde edilebilecek maksimum enerji oranı %7,68 olarak bulunur. Bu değerden buhar kazanı blöf sistemi, sızıntılar, flaş buhar kayıpları gibi kaçınılmaz enerji kayıpları düşüldükten sonra geri kazanılabilecek kondens miktarı belirlenir. Bu tür kayıplar için genellikle kondens miktarının yaklaşık 3/4'ü alınarak hesaplama yapılır. Bu durumda tasarruf miktarı; $\%7,68 \times 3/4 = \%5,76$ eşit olur. Buna göre, kazanda kullanılan yakıttan sağlanan parasal tasarruf; $5875200 \times 5,76/100 = 338412$ TL/yıl olarak bulunur. Kazanda oluşan daimi blöf miktarı, kazanda üretilen toplam buhar miktarının yaklaşık %3'üne eşit kabul edilebilir ve yıllık toplam blöf miktarı; $163200 \times 0,03 = 4896$ ton/yıl eşit olur. Kazandaki toplam blöf + kondens kaybı; $4896 + 3917 = 8813$ ton/yıl olarak bulunur. Kazanda oluşan blöf + kondens toplamı (8813 ton/yıl) için sağlanan tasarruf

338412 TL/yıl olduğuna göre, sadece kondens miktarı için sağlanacak tasarruf miktarı;

$$338412 \times 3916 / 8812 = 150338 \text{ TL/yıl}$$

olarak bulunur.

5.1.1.2. Su Arıtmadan Sağlanacak Olan Tasarruf Miktarının Belirlenmesi

Kazanda buhar üretmek için kullanılan su, şartlandırılmış su olup bir diğer ismi ise demi suyudur. Suyun şartlandırmasından sağlanacak olan tasarruf miktarı belirlenirken kazan besleme suyunun toplam maliyeti, tahmini blöf kayıplarının oranı ya da miktarı, geri kazanılan kondens miktarının ne kadarının tekrar şartlandırılması gerektiği gibi parametrelerin bilinmesi gerekmektedir.

Suyu şartlandırmanın maliyeti	: 1 TL/ton
Buhar hattında oluşan yıllık kondens miktarı	: $0,4785 \times 24 \times 340 = 3917 \text{ ton/yıl}$
Demi suyu maliyeti	: $3917 \times 1 = 3917 \text{ TL/yıl}$

Yakıttan sağlanan tasarrufun belirlenmesinde olduğu gibi geri kazanılan kondensin $3/4$ 'ü tekrar kullanılabilir kabul edilirse, su arıtmadan sağlanacak tasarruf miktarı $3917 \times 3/4 = 2938 \text{ TL}$ olarak bulunur. Kimyasalın özelliğini yitirmesi ve kimyasalın bir kısmının sudan ayrışması nedeniyle geri kazanılan kondensin bir kısmının tekrar şartlandırılması gerektiği kabul edilir ve buna göre sağlanacak tasarruf miktarı; $2938 \times 3/4 = 2203 \text{ TL/yıl}$ 'a eşit olur.

Öneri 1 için sağlanacak toplam tasarruf miktarı ise;

$$\begin{aligned} \text{Toplam tasarruf miktarı} &= \text{Yakıttan tasarruf} + \text{Su arıtmadan tasarruf} \\ &= 150388 + 2203 = 152591 \text{ TL/yıl} \end{aligned}$$

olarak bulunur. Kazanda üretilen buharın maliyet dağılımı, Bölüm 4'de Şekil 4.5'de verilmişti. Toplam buhar maliyetinin %72'si yakıt giderleri, %28'ini ise diğer

giderler oluşturmaktadır. Bu durumda, diğer giderlerden de tasarruf sağlanacağı için, yukarıda elde edilen toplam tasarruf miktarı yeniden hesaplanırsa;

$$\begin{aligned} \text{Düzeltilmiş toplam tasarruf miktarı} &= (128/100) \times \text{Toplam tasarruf miktarı} \\ &= (128/100) \times 152591 \\ &= 195\,316 \text{ TL/yıl} \end{aligned}$$

olarak elde edilir.

5.1.2. Kondens Dönüş Hattının Ölçülendirilmesi

Kondens dönüş hattının ölçülendirilmesi yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus, basınç farkından dolayı kondensin flaş buhar haline geçip hacminin artmasıdır [20, 21].

Buhar hattında bulunan kondenstopların her biri 25 bar basınç altında ortalama 15 kg/h kondens yüküne sahip olduğu bundan önceki bölümde bulunmuştu. Kondense karşı oluşan karşı basınç değerinin 1 bar olduğu kabul edilirse, 25 bar'dan 1 bar 'a düşen kondensin bir kısmı basınç kaybından dolayı flaş buhar olur. Oluşan flaş buhar miktarı Çizelge 5.1'den % 22 olarak bulunur [22].

Çizelge 5.1. Basınç farkından dolayı kondensin flaş buhara dönüşme oranı (%)

PRIMARY PRESSURE (barg)	SECONDARY PRESSURE (barg)													
	0	0.2	0.5	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	
0.2	0.97													
0.5	2.21	1.25												
1	3.90	2.94	1.71											
2	6.38	5.44	4.22	2.54										
4	9.88	8.96	7.77	6.13	3.65									
6	12.40	11.50	10.33	8.72	6.28	2.70								
8	14.44	13.55	12.40	10.81	8.41	4.88	2.23							
10	16.12	15.24	14.11	12.53	10.17	6.69	4.06	1.87						
12	17.63	16.76	15.63	14.08	11.74	8.30	5.71	3.55	1.70					
14	18.95	18.09	16.98	15.44	13.12	9.72	7.16	5.02	3.20	1.52				
16	20.15	19.30	18.19	16.67	14.37	11.00	8.47	6.35	4.55	2.89	1.39			
18	20.73	19.88	18.78	17.26	14.97	11.62	9.10	6.99	5.20	3.55	2.05	0.68		
21	22.76	21.93	20.84	19.35	17.10	13.80	11.32	9.26	7.50	5.88	4.42	3.07	2.41	

Toplam oluşan flaş buhar miktarı, tablodan okunan flaş buhar yüzdesi, kondensstopların kondens yükü ve buhar hattındaki kondensstop sayısı ile çarpılarak aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\text{Toplam flaş buhar miktarı} = 15 \times 30 \times 22/100$$

$$\text{Toplam flaş buhar miktarı} = 99 \text{ kg/h}$$

Kondensstoplarda saatte 99 kg kondensin flaş buhara dönüştüğü belirlendikten sonra aşağıdaki eşitlikten boru içerisindeki kondens hızı hesaplanır.

$$V_{\text{kon}} = \frac{v_f \times (\dot{m}_{\text{fk}} - \dot{m}_{\text{flaş}}) + v_g \times \dot{m}_{\text{flaş}}}{\dot{m}_{\text{fk}}} \quad (5.1)$$

Eşitlikte, v_f , v_g ; suyun ve dönüş hattındaki buharın özgül hacmi (m^3/kg), \dot{m}_{fk} , $\dot{m}_{\text{flaş}}$; kondensin ve flaş buharın akış debisini (kg/h) göstermektedir. Buna göre kondens hızı,

$$V_{\text{kon}} = \frac{0,001(450 - 99) + 1,159 \times 99}{450}$$

$$V_{\text{kon}} = 0,25 \text{ m/s}$$

olarak bulunur. Bulunan bu hız değerinin Çizelge 5.2'deki hangi aralığa karşılık geldiği belirlenerek, boru çapı için kabul edilebilir hız değeri bulunur. Yukarıda bulunan 0,25 m/s hız değerine göre kabul edilebilir hız değeri,

$$\text{Kabul edilebilir hız değeri} = 0,88 + 112 \times V_{\text{kon}}$$

$$\text{Kabul edilebilir hız değeri} = 0,88 + 112 \times 0,25$$

$$\text{Kabul edilebilir hız değeri} = 28,88 \text{ m/s}$$

olarak bulunur. Bulunan bu hız ve karşı basınç değerine göre Çizelge Ek A.2'den boru çapı 40 mm olarak belirlenir.

Çizelge 5.2. Kondens için kabul edilebilir hız aralığı

V_{kon}	Kabul edilebilir hız (m/s)
$V_{kon} \leq 0,01$	2
$0,01 < V_{kon} < 0,26$	$0,88 + 112 \times V_{kon}$
$V_{kon} \geq 0,26$	30

5.1.3. Öneri 1'in Maliyet Hesabı ve Geri Ödeme Süresi

Buhar hattında oluşan kondensin geri kazanılarak kazana geri döndürülmesi için yapılacak yatırımın maliyeti ve geri ödeme süresi belirlenerek, ileriki bölümlerde diğer öneriler ile karşılaştırılacaktır. Buna göre Öneri 1 için yapılacak yatırımın maliyeti aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

1. Toplama borusunun çapı : DN 32- DN 40
2. Dönüş borusunun uzunluğu (tanka kadar): 50 m
3. Kondens tankının kapasitesi : 2 ton
4. Tank ile drum arası boru çapı : DN 32- DN 40
5. Tank ile drum arası boru uzunluğu : 50 m
6. Tanktan drumda basacak pompa özellikleri: Yatay milli santrifüj pompa
(η : %70 , 75 mSS)
7. Sistemde kullanılan ekipmanlar : Manometre, termometre, dirsek, valf
çekvalf, , filtre, limit switch'i, seviye
ölçüm çıtası vb.
8. Harcanan elektrik maliyeti : Pompanın harcanan enerji
9. İzolasyon maliyeti : Boruların ve tankın
izolasyonunun yapılması
10. İşçilik maliyeti : Elektrik ve mekanik işçilik maliyeti
11. Kapalı sistem için kontrol cihazı : Kondenstop kontrol cihazı
12. Kapalı sistem işçi maliyeti : Adam saat/gün

Maliyetler:

Toplam boru maliyeti	: 500 €
Tank maliyeti	: 500 €
Pompa maliyeti	: 1000 €
Ekipmanların maliyeti	: 1000 €
İzolasyon maliyeti	: 500 €
Elektrik maliyeti	: 30 kW'lık motor için yıllık 950 €
İşçilik maliyet	: 1000 €
Kontrol cihazı maliyeti	: 2000 €
İşçi maliyeti	: 750 €/ay

Açık ve kapalı sistem için toplam maliyet değerleri €/TL kuru= 2,35 olarak kabul edilerek aşağıda ayrı ayrı bulunmuştur.

Açık sistem için toplam maliyet = 500+ 500+ 1000+ 1000+ 500+ 950+ 1000

Açık sistem için toplam maliyet = 5450 € x 2,35 = 12 800 TL

Kapalı sistem için toplam maliyet = 500+ 500+ 1000+ 1000+ 500+ 950+1000+ 2750

Kapalı sistem için toplam maliyet = 8200 € x 2,35 = 19 270 TL

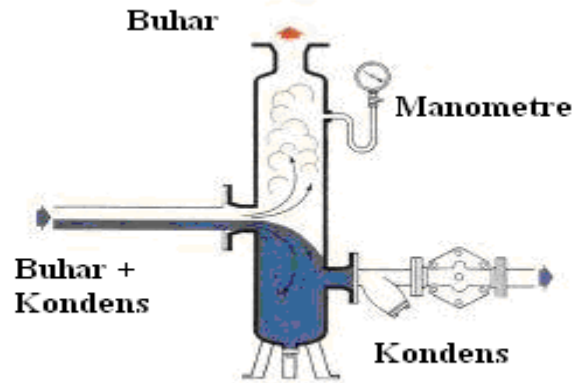
olarak bulunur.

Öneri 1 için yapılacak toplam yatırım maliyeti, açık sistem için 12800 TL olurken, kapalı sistem için 19700 TL olmuştur.

5.2. ÖNERİ 2

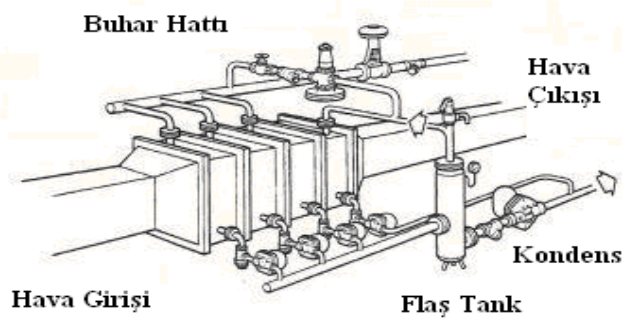
Buhar hattında oluşan kondens ve flaş buharı kapalı bir sistemde toplayıp, tesise sıcak hava sağlayan hava hattının içerisinden geçirilerek kondensin sahip olduğu enerjisinden yararlanılabilir. Kazana yakma havasını sağlayan hava hattı üzerine bir sistem yapılarak kazana giren yakma havası ısıtılabilir. Enerjisi geri kazanılmış kondens ise bir kalorifer kazanın besleme suyuna takviye olarak verilebilir. Bu

uygulamanın yapılabilmesi için 30 adet kondensatör hattının çıkışlarının hesaplanan çaptan bir büyük çap seçilip, basınç farkı da kullanarak kondensin bir kısmı daha flaş buhara dönüştürülür. Böylece buhar miktarı artırılmış olur ve bu buharın sıcaklığı yaklaşık olarak 90- 100 °C civarındadır. Kapalı olarak dizayn edilen kondens dönüş hattı üzerine yerleştirilecek bir flaş tank sayesinde buhar toplanıp transfer edilir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Örnek bir flaş tankın şematik yapısı

Yukarıdaki şekilde de görüldüğü üzere flaş buhar yukarıdan, biriken kondens ise aşağıdan istenilen yere gönderilebilir. Flaş tankın üst kısmından çıkan flaş buhar, Şekil 5.4'de de görüldüğü gibi hava hattı içerisine yapılacak bir sistemde değerlendirilir.



Şekil 5.4. Örnek bir hava hattının flaş buharla beslenmesi

Enerjisinin büyük bir kısmını hava hattındaki havaya verecek olan buhar, tekrar kondens haline dönüşecektir. Bu kondens flaş tankın altından çıkan daha sıcak olan kondensle beraber bir tankta toplanabilir. Tankta toplanan kondens pompa vasıtası ile (1 nolu öneriye benzer) kalorifer sistemine su sağlayan kazanın besleme deposuna verilebilir.

Öneri 1 için yapılan hesaplamalarda flaş buhar miktarı 99 kg/h olarak bulunmuştu. Öneri 2’de kondenstopun çıkışı büyütüldüğünden dolayı flaşlaşma olmadan önceki kondensin (450 kg/h) yaklaşık % 20’lik bir bölümü daha flaş buhara dönüşmüş olur. Buda kondensin yaklaşık olarak 70 kg/h miktarının flaş buhara dönüşmesi demektir. Böylece oluşan toplam flaş buhar miktarı, yaklaşık 170 kg/h olur.

5.2.1. Öneri 2’nin Maliyet Hesabı

Öneri 2 olarak, buhar hattında oluşan kondens ve flaş buharın Kardemir lojmanları ısıtma sisteminde kullanılması düşünülmüştür. Öneri 2’nin kurulması ile sağlanacak tasarruf miktarının belirlenebilmesi için ısıtma sisteminin yakıt tüketimi, işçilik giderleri, nakliye giderlerinin bilinmesi gerekmektedir.

5.2.1.1. Yakıt Tüketimi

Kardemir lojmanları ısıtma sistemi, merkezi sistem olup toplam altı adet kazan bulunmaktadır. Bu kazanlardan üç tanesi fiili olarak çalışmakta olup üç tanesi yedek olarak beklemektedir. Öneri 2’nin kurulması ile sağlanacak tasarruf miktarı, tek bir kazan için belirlenmiştir. Merkezi sistemdeki kazanlarda, yakıt olarak kömür kullanılmaktadır. Sistemdeki kazanların ortalama yıllık kömür tüketim miktarı tek bir kazan için ortalama 130 ton’dur. Sistemdeki kazanlarda yakıt olarak kullanılan kömürün piyasa fiyatı 300 TL/ton olarak alınmıştır. Bu durumda kömür maliyeti;

Kömür maliyeti = 130 ton/yıl x 300 TL/ton = 39000 TL/yıl

olmaktadır.

5.2.1.2. İşçilik Giderleri

Kardemir lojmanları ısıtma sisteminde bir yıl boyunca işçilik hizmeti olarak kalorifer kazan işçilik hizmeti alımı yapılmıştır. Alınan bu işçiliğin maliyeti, yıllık 12000 TL civarında olmaktadır. Kalorifer kazan işçiliği maliyeti, belirli dönemlerde enflasyon oranına göre artış gösterdiğinden ortalama % 5 oranında bir ücret artışı yansıtılırsa,

$$\text{İşçilik maliyeti} = 12000 \text{ TL/yıl} \times 1.05 = 12500 \text{ TL/yıl}$$

olmaktadır.

5.2.1.3. Nakliye Giderleri

Kardemir lojmanları ısıtma sisteminde yıllık ortalama 130 ton kömür kullanılmaktadır. Bu kömürün merkezi ısıtma sistemi kazan dairesinin deposuna kadar taşıma maliyeti, nakliye giderlerini oluşturmaktadır. Nakliyede kullanılan kamyonların taşıma kapasiteleri ortalama 20-30 ton'dur. Sistemde yakıt olarak kullanılan 130 ton kömür için 5 adet taşıyıcı kullanılması düşünülmüştür. Buna göre nakliye maliyeti;

$$\text{Nakliye maliyeti} = 200 \times 5 = 1000 \text{ TL/yıl}$$

$$\text{Yükleme ve taşıyıcının yakıt maliyeti} = 70 \text{ TL/yıl} \times 5 = 350 \text{ TL/yıl}$$

$$\text{Operatör maliyeti} = 20 \text{ TL/yıl} \times 5 = 100 \text{ TL/yıl}$$

$$\text{Toplam nakliye giderleri} = 1000 + 350 + 100 = 1450 \text{ TL/yıl}$$

Öneri 2 için toplam maliyeti;

$$\text{Toplam maliyet} = \text{Yakıt maliyeti} + \text{nakliye maliyeti} + \text{işçilik maliyeti}$$

$$\text{Toplam maliyet} = 39000 + 1450 + 12500 = 52950 \text{ TL/yıl}$$

Sistemdeki bir kazanda saatte 6 ton su ısıtılmakta olup, kazan yılda ortalama 6 ay (180 gün) çalıştırılmaktadır. Buna göre,

$$\text{Kazanda ısıtılan yıllık su miktarı} = 6 \text{ ton/h} \times 24 \text{ h/gün} \times 180 \text{ gün/yıl} = 25920 \text{ ton/yıl}$$

Kazanda ısıtılan suyun maliyeti = $52950 \text{ TL/yıl} / 25920 \text{ ton/yıl} = 2,04 \text{ TL/ton}$
Kazanın bir ton suyu ısıtmada harcadığı maliyet 2,04 TL'dir.

Buhar hattında hesaplanan 478 kg/h kondens miktarının 178 kg/h kadarı flaş buhar olacağından dolayı ısıtma kazanına gönderilecek kondens miktarı 300 kg/h olur. Buna göre kazanda saatte ısıtılan 6 ton suyun 0.3 tonu kondenssten karşılanacak olup kazandan sağlanacak tasarruf $0,3 \times 2,04 \text{ TL/ton} = 0,612 \text{ TL/h}$ olarak bulunur.

Kazanın çalıştığı dönemdeki sağlanacak tasarruf miktarı ise;

$$0,612 \text{ TL/h} \times 24 \text{ h/gün} \times 180 \text{ gün/yıl} = 2644 \text{ TL/yıl}$$

olarak bulunur.

Hatta oluşan flaş buharın sıcaklığının ve basıncının istenen işletme değerlerinden düşük olmasından dolayı flaş buharın işletme değerlerine çıkarılması için ayrıca bir ekipmana ihtiyaç vardır. Kardemir'de benzer ekipmanların işletme değerleri; 2 bar basınç, minimum 150 °C sıcaklık ve 6 ton/h buhar debisinde çalışmaktadır. Öneri 2 kapsamında değerlendirilecek olan flaş buharın basıncı atmosfer basıncı ile aynı, sıcaklığı da 80- 100 °C arasında, debisi de 0.17 ton/h olduğundan dolayı önerinin bu kısmı çok yararlı bir yatırım olmayacağı kanaatine varılmış ve hesaplamalarda flaş buharın değerlendirilmesi dikkate alınmamıştır.

Öneri 2'nin yatırım maliyeti;

Flaş tank	: 2000 TL
İşçilik (malzeme dahil)	: 1000 TL
Kapalı sistem maliyeti	: 8000 TL

Öneri 2'nin toplam yatırım maliyeti:

$$8000 + 2000 + 1000 = 11000 \text{ TL} \text{ olarak bulunmuştur.}$$

5.3. GERİ ÖDEME SÜRESİ VE NET BUGÜNKÜ DEĞER YÖNTEMİ

5.3.1. Geri Ödeme Süresi

Bir yatırımın ekonomik olup olmadığını değerlendirmek için birkaç metot vardır. Bunlardan biriside geri ödeme süresi metodudur. Geri ödeme süresi metodu (amortisman süresi) sarf edilen tüm paranın geri alınması için geçen süre olup aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$\text{Geri ödeme süresi} = \frac{\text{Yatırım maliyeti}}{\text{Yapılacak tasarruf}} \quad (5.2)$$

5.3.2. Net Bugünkü Değer Yöntemi

Bir yatırımın bugünkü değeri, yatırım için yapılan maliyet tutarı ile yatırımdan elde edilecek net nakit akımlarının bugünkü değerleri arasındaki farktır. Bu yöntemle göre $NBD > 0$ ise yatırım yapılmaya müsait bir proje, $NBD < 0$ ise yatırım yapılmaya müsait olmayan ve $NBD = 0$ ise proje gerekli mi? sorusuna verilen cevaptır. Projenin net bugünkü değeri (NBD), her t dönemindeki nakit akım değeri (NA_t) ve iskonto (i) oranının oranlanmasından bulunur [24].

$$NBD = \sum_{t=1}^n \frac{(NA_t)}{(1+i)^t} \quad (5.3)$$

Bu oran bulunurken bilinmesi gereken bazı parametreler vardır. Bu parametreler; yıllık bakım masrafı, amortisman ve işletme sermayesidir. Yıllık bakım masrafı, yapılacak olan projenin yatırım maliyetinin % 5'i olarak alınır. Amortisman, sabit yatırım maliyetinin, önerideki tasarımın ekonomik ömrüne oranından bulunur. İşletme sermayesi, toplam işletme giderinin % 25'i alınarak hesaplanır. Iskonto oranı ise % 5 olarak alınmıştır.

5.3.2.1. Nakit Akım Çizelgeleri

Birinci Öneri 1'deki iki sistem için ve Öneri 2'in ekonomik analiz verileri aşağıda Çizelge 5.3'de verilmiştir. Öneri 1'deki tasarımın ömrü 15 yıl, Öneri 2'nin ömrü ise 30 yıl olarak alınmıştır.

Çizelge 5.3. Önerilerin ekonomik analizleri

	ÖNERİ 1 : Açık Sistem (TL)	ÖNERİ 1: Kapalı Sistem (TL)
1. İŞLETME GELİRLERİ		
Yıllık Toplam Gelir	195 316	195 316
2. YATIRIMLAR		
Sabit yatırımlar	12 800	19 270
İşletme Sermayesi	374	563
Toplam Yatırım	13 174	19 833
3.İŞLETME GİDERLERİ		
Bakım ve Diğer Giderler	640	964
Amortisman	854	1 285
Toplam İşletme Giderleri	1 494	2 249

Çizelge 5.4. Öneri 2'nin ekonomik analizi

	ÖNERİ 2 (TL)
1. İŞLETME GELİRLERİ	
Yıllık Toplam Gelir	2 664
2. YATIRIMLAR	
Sabit yatırımlar	11 000
İşletme Sermayesi	229
Toplam Yatırım	11 229
3. İŞLETME GİDERLERİ	
Bakım ve Diğer Giderler	550
Amortisman	366
Toplam İşletme Giderleri	916

Ekonomik analizler yapıldıktan sonra önerilerin geri ödeme süreleri bulunur. Çizelge 5.5, 5.6 ve 5.7’de Öneri 1 ve Öneri 2 için geri ödeme süreleri bulunmuştur. Öneri 1 için geri ödeme süresi dönemi on günlük dilimler şeklinde, Öneri 2 için geri ödeme süresi dilimleri yıllık hesaplanmıştır.

Çizelge 5.5. Öneri 1: Açık sistem için geri ödeme

	Yatırım Dönemi	İşletme Dönemi (10 günlük)		
	1	1	2	3
Amortisman		$854 \times 0,027 = 24$	24	24
Yatırım	12 800			
Bakım		$640 \times 0,027 = 18$	18	18
Tasarruf		$195\ 316 \times 0,027 = 5274$	5274	5274
Toplam	-12 800	5232	5232	5232

$$\text{Geri ödeme süresi} = 12800 / 5232 = 2,4 \sim 24 \text{ gün}$$

Çizelge 5.6. Öneri 1: Kapalı sistem için geri ödeme

	Yatırım Dönemi	İşletme Dönemi (10 günlük)		
	1	1	2	3
Amortisman		$854 \times 0,027 = 24$	24	24
Yatırım	19 270			
Bakım		$640 \times 0,027 = 18$	18	18
Tasarruf		$195\ 316 \times 0,027 = 5274$	5274	5274
Toplam	-19 270	5232	5232	5232

$$\text{Geri ödeme süresi} = 19270 / 5232 = 3,6 \sim 36 \text{ gün}$$

Çizelge 5.7. Öneri 2 için geri ödeme süresi

	Yatırım Dönemi	İşletme Dönemi (yıllık)					
	1	1	2	3	4	5	6
Amortisman		366	366	366	366	366	366
Yatırım	11 000						
Bakım		650	650	650	650	650	650
Tasarruf		2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664
Toplam	-11 000	1 748	1 748	1 748	1 748	1 748	1 748

$$\text{Geri ödeme süresi} = 11000 / 1748 = 6 \text{ yıl } 3 \text{ ay}$$

Çizelge 5.9. Öneri 2 için NBD hesaplamaları

Yatırım D.	2. öneri için işletme dönemi															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Nakit Girdiler	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	
Nakit Çıktılar																
1-Yatırım	11 000															
2-Bakım	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	
Net Nakit Akım	-11 000	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	
İndirgenmiş Akım (%5)	-10 450	1 907	1 813	1 722	1 635	1 554	1 476	1 402	1 332	1 265	1 202	1 142	1 085	1 030	979	
Kümülatif Akım	-10 450	-8 449	-6 541	-4 728	-3 006	-1 371	182	1 668	3 060	4 393	5 667	6 869	8 000	9 086	10 116	11 096

2. öneri için işletme dönemi															
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	2 664	
550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	
2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	2 114	
930	884	840	798	758	720	684	650	617	586	557	529	503	477	453	
12 025	12 909	13 750	14 548	15 306	16 025	16 709	17 359	17 976	18 562	19 119	19 648	20 151	20 631	21 084	

Çizelge 5.10'da buhar hattında oluşan kondensin geri kazanılması için uygulanması öngörülen Öneri 1 ve Öneri 2'nin birbirine göre kıyaslama tablosu verilmiştir. Çizelgede önerilerin yatırım maliyetleri, tasarruf maliyetleri ve geri ödeme süreleri kıyaslanabilmektedir. Buhar hattında oluşan kondensin geri kazanılma yöntemleri arasında Öneri 1: Açık sistem, çok kısa sürede kendini amorti ederken, Öneri 2, 6.3 yıl gibi çok uzun sürede kendini amorti edebilmektedir.

Çizelge 5.10. Önerilerin kıyaslama tablosu

	Öneri 1: Açık sistem	Öneri 1: Kapalı sistem	Öneri 2
Öneri maliyeti	12 800	19 270 TL	11000 TL
Öneri için tasarruf miktarı	195 316 TL/ yıl	195 316 TL/ yıl	1748 TL/ yıl
Geri ödeme süresi	24 gün	36 gün	6,3 yıl
Net bugünkü değeri	1 973 038 TL	1 960 829 TL	21 084 TL

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, KARDEMİR A.Ş. Demir Çelik Fabrikası Enerji Tesislerinde pilot bölge olarak seçilen ve üzerinde otuz adet kondenstop bulunan buhar hattında dışarıya atılan atık kondensin ısı geri kazanım yöntemleri, sağlanacak tasarruf ve yatırım maliyeti açısından değerlendirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, buharın taşındığı borulardan ışınlama ısı kaybına göre buhar hattında oluşan kondens miktarı belirlenmiştir. Ayrıca, buhar hattındaki enerji kaybı ve ekserji kaybı analizi yapılarak, buhar hattından atmosfere atılan kondensin kayıp kullanılabilir enerjisinin ne kadar olduğu bulunmuştur. Ayrıca, buhar hatlarında oluşan kondensin ısı geri kazanım yöntemlerine ait iki farklı öneri ele alınarak, kondensin ısı geri kazanımı sonucunda elde edilecek tasarruf miktarları, ilk yatırım maliyetleri ve geri ödeme süreleri bulunmuştur.

Buhar hattında saatte 478.5 kg kondens oluştuğu, bu kondens ile birlikte kondenstoplardan meydana gelen enerji kaybının 410 kW, ekserji kaybının ise 183 kW olduğu tespit edilmiştir.

Öneri 1, toplam 30 adet kondenstoptan atmosfere atılan kondensin kondenstop çıkışlarına açık veya kapalı bir sistem yapılarak bir tankta toplanması ve kazana geri döndürülmesi olarak ele alınmıştır. Öneri 2 ise olarak, bir flaş buhar tankı kullanılarak flaş buharı tesisteki sıcak hava gereksinimini karşılamak için hava ısıtma hattında, oluşan kondensin ise tesisin kalorifer tesisatlarında kullanılması düşünülmüştür.

Çizelge 6.1. Önerilerin karşılaştırmalı tablosu

	Öneri 1: Açık sistem	Öneri 1: Kapalı sistem	Öneri 2
Öneri maliyeti	12 800 TL	19 270 TL	11 000 TL
Önerinin yıllık tasarrufu	195 316 TL	195 316 TL	1748 TL
Önerinin geri ödeme süresi	24 gün	26 gün	6 yıl 3 ay
Net bugünkü değeri	1 973 038 TL	1 960 829 TL	21 084 TL

Önerilerdeki yapılacak olan sistemlerin maliyeti analizleri, tasarruf miktarları, geri ödeme süreleri ve net bugünkü değerleri ayrı ayrı hesaplanarak bulunmuş ve her iki önerinin de sağladığı kazançlar belirlenmiştir. Çizelge 6.1’de önerilerin maliyet analizleri, geri ödeme süreleri ve net bugünkü değerleri verilmiştir. Önerilerin net bugünkü değerleri sıfırdan büyük ($NBD > 0$) olması nedeniyle öneriler yatırıma uygun öneriler olmuştur. Yapılan bu çalışma ile, buhar hattında oluşan kondensin ısı geri kazanım yöntemleri arasında yapılan önerilerden en fazla kazanç sağlanacak önerinin kondensin bir tankta toplanarak açık sistem olarak kazana geri döndürülmesi olarak ele alınan Öneri 1 olduğu ortaya konmuştur. Öneri 1’in açık sistem olarak uygulanmasıyla sağlanacak tasarrufun yıllık parasal değeri 195 316 TL, yatırım maliyeti ise 12 800 TL, geri ödeme süresi 24 gün, yatırımın net bugünkü değeri ise 1 973 038 TL olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre buhar hatlarında oluşan kondensin önemli miktarda ısı geri kazanımı sağlanabileceği, üretimde ve iş gücünde herhangi bir azalma olmadan enerjinin verimli kullanılabilceği, aynı işin daha az enerji kullanılarak yapılabileceği ortaya konulmuştur. Sürdürülebilir bir gelecek için gerekli olan mevcut enerjinin verimli bir şekilde kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Çengel, Y. A. and Boles, M. A. “Mühendislik yaklaşımıyla termodinamik”, Çeviri editörü Derbentli T., *McGraw Hill – Literatür*, İstanbul, 52-690 (1996)
2. Michael, S. and Howard, N.S., “Fundamentals of engineering thermodynamic, 4 th. ed.” *John Wiley & Sons Inc.*, United States of America, 730-764 (2000)
3. Şahin Z., “Gaz-Katı yakıtlı enerji santralinin ekserji verim artışının araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak, 1-40 (2006)
4. Şahin, Z., Kopaç, M. and Aydın, Ö., “The investigation of increasing of the efficiency in the power plant with gas- solid fuels by exergy analysis” *Isı Bilimi ve Tekniği*, 31 (1): 85-107 (2011)
5. Aşkınoğlu O., “Kondenstoplar ve kondenstopların sanayide uygulanma örnekleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-64 (1995)
6. Çetin E., “Buhar tesisatlarındaki enerji tasarrufu çalışmalarında kondenstopların rolü”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 10-78 (1998)
7. Özer S., “Buhar sistemlerinde kondenstop, flaş buhar ve kazan blöf sistemi ile enerji geri kazanımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne, 13-33 (2004)
8. Kızıltan G., “Flaş buhardan enerji geri kazanımı”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 26-42 (2008)
9. Saraç H.İ, Kaya D., Sözbir N. ve Çallı İ., “Tüpraş İzmit rafinerisi proses atık Buharı ısı enerjisinin geri kazanılmasının araştırılması”, *Beşinci Yanma Sempozyumu*, Kirazlıyayla, Bursa, (1997)
10. Bhatt M., “Energy audit case studies – steam systems” *Applied Thermal Engineering*, 20: 285-296 (2000)
11. TMMOB, “Kızgın yağlı, sulu ve buharlı ısıtma sistemleri”, *TMMOB*, Ankara, 7-55 (2001)
12. İnternet: Geotr, “ Buhar Eğitim Notları”, <http://www.geotr.com/buhar> (2010)

13. Bilgiç, M., “Endüstri kazan dairelerinde enerji tasarrufu”, *Tesisat Mühendisliği*, 8: 1-26 (2008)
14. İnternet: TLV, “Products”, <http://www.tlv.com/products> (2011)
15. Spirax Sarco, “Buhar Tesisatları ve Buhar Cihazları El Kitabı” , *İnterval*, İstanbul, 12: 1- 245 (2010)
16. TLV, “Steam trapping principles U9012”, *Venkava*, Hyogo, 1- 131 (2006)
17. TLV, “Managing the steam trap population U9020”, *Venkava*, Hyogo, 1- 94 (2003)
18. İnternet: Spirax Sarco, “ The steam centre of energy savings”, <http://www.spiraxsarco.com/steam.html> (2011)
19. İnternet: Venkava Buhar Kapanları, “ Buhar kapanları” <http://www.venkava.com.tr/products.html> (2007- 2012)
20. TLV, “Condensate drainage and recovery U9016”, *Venkava*, Hyogo, 1- 96 (2005)
21. TLV, “ Efficient use of process steam U9008”, *Venkava*, Hyogo, 1- 169 (2008)
22. TLV, “Pocket data book U9024”, *Venkava*, Hyogo, 1- 155 (2003)
23. Küçükşahin, F., “Buhar kazanları” *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 40-150 (2008)
24. Ayanoğlu, K., Düzyol, .C., İlter, N. ve Yılmaz, C., “Kamu yatırım projelerinin planlanması ve analizi”, *İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü* Ankara, 150-230 (1996).

ÖZGEÇMİŞ

Buğra DENİZ 1985 yılında Karabük'te doğdu. İlköğrenimini Karabük'te tamamladı. 75. Yıl Karabük Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2003 yılında Kırıkkale Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde okumaya başladı. 2007 yılında mezun olduktan sonra ara vermeden askere gitti. Askerlik dönüşü İstanbul'da Özsoy Mühendislik adlı şirkette işe başladı. Buradan ayrıldıktan sonra 2009 yılında Kardemir A.Ş. de Enerji Tesisleri Müdürlüğü'nde bakım planlama mühendisi olarak çalışmaya başladı. Halen aynı görevde çalışmaya devam etmektedir. Evli ve bir erkek çocuk babasıdır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Yenişehir Mahallesi
Ergenekon cad. 38/9
78200 KARABÜK

Tel: (370) 418 5861
(506) 532 2881

E- posta: bdeniz@kardemir.com

EK AÇIKLAMALAR A.

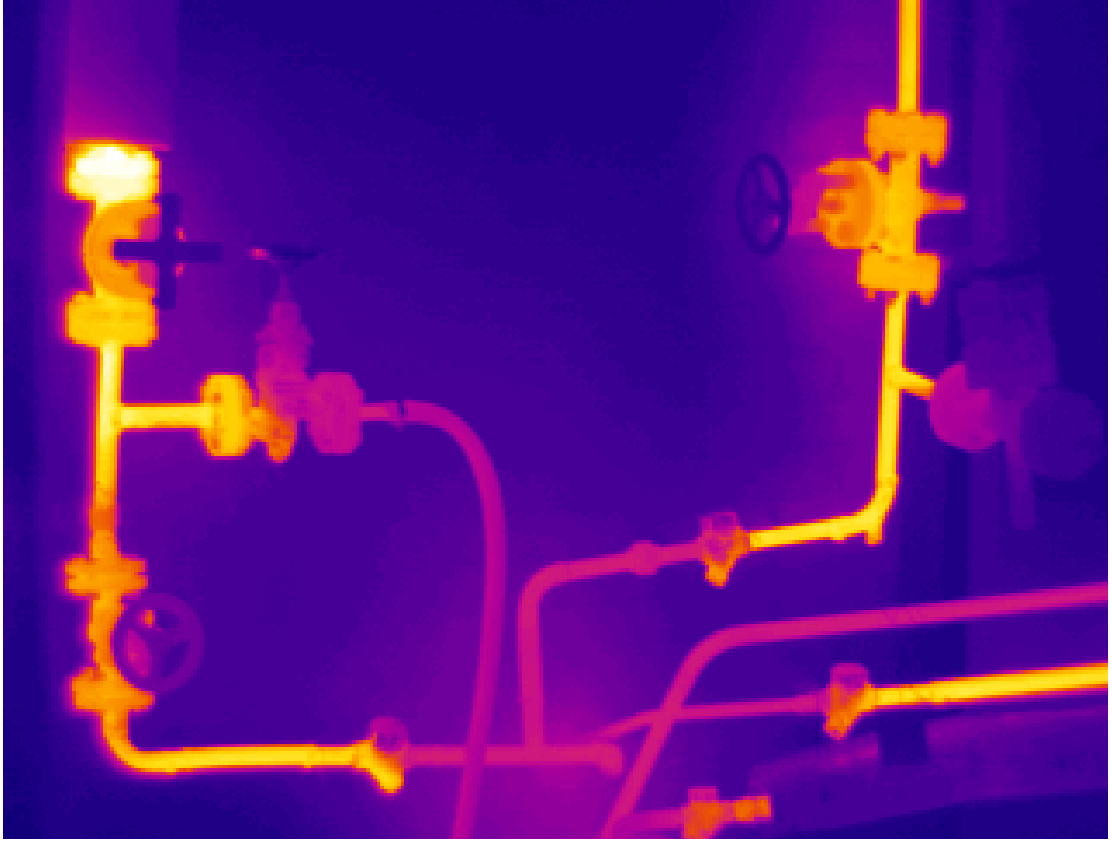
ÇİZELGELER VE RESİMLER

Çizelge Ek A.1. Tasarruf yüzde miktarı

		KONDENS GERİ DÖNÜŞ SICAKLIĞI (°C) (KAZAN DAİRESİNDE)																			
KAZAN İŞLETME BASINCI (barg)	BESİ SUYU SICAKLIĞI (°C)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
		8	10	6.12	6.89	7.65	8.42	9.19	9.95	10.72	11.49	12.26	13.03	4.66	5.44	6.22	6.99	7.77	8.55	9.33	10.11
	20	1.60	2.41	3.21	4.01	4.81	5.62	6.42	7.23	8.03	8.84	*	0.1	1.63	2.44	3.26	4.08	4.90	5.72	6.53	7.36
	40	*	*	*	*	*	*	*	0.86	1.72	2.59	6.11	6.87	7.63	8.40	9.16	9.93	10.69	11.46	12.23	13.00
10	10	6.11	6.87	7.63	8.40	9.16	9.93	10.69	11.46	12.23	13.00	4.65	5.42	6.20	6.97	7.75	8.53	9.31	10.08	10.86	11.65
	20	1.60	2.40	3.20	4.00	4.80	5.60	6.41	7.21	8.01	8.82	*	0.81	1.63	2.44	3.25	4.07	4.88	5.70	6.52	7.34
	40	*	*	*	*	*	*	*	0.86	1.72	2.58	6.09	6.86	7.62	8.38	9.14	9.91	10.67	11.44	12.20	12.97
12	10	6.09	6.86	7.62	8.38	9.14	9.91	10.67	11.44	12.20	12.97	4.64	5.41	6.19	6.96	7.74	8.51	9.29	10.06	10.84	11.62
	20	1.60	2.39	3.19	3.99	4.79	5.59	6.39	7.19	7.99	8.80	*	0.81	1.62	2.43	3.25	4.06	4.87	5.69	6.50	7.32
	40	*	*	*	*	*	*	*	0.86	1.71	2.57	6.08	6.84	7.60	8.36	9.13	9.89	10.65	11.41	12.18	12.95
14	10	6.08	6.84	7.60	8.36	9.13	9.89	10.65	11.41	12.18	12.95	4.63	5.40	6.17	6.95	7.72	8.49	9.27	10.04	10.82	11.60
	20	1.59	2.39	3.19	3.98	4.78	5.58	6.38	7.18	7.98	8.78	*	0.81	1.62	2.43	3.24	4.05	4.86	5.68	6.49	7.31
	40	*	*	*	*	*	*	*	0.85	1.71	2.57	6.06	6.82	7.58	8.34	9.10	9.86	10.62	11.38	12.14	12.90
21	10	6.06	6.82	7.58	8.34	9.10	9.86	10.62	11.38	12.14	12.90	4.62	5.38	6.15	6.92	7.70	8.48	9.24	10.01	10.78	11.56
	20	1.59	2.38	3.17	3.97	4.77	5.56	6.36	7.15	7.95	8.75	*	0.81	1.61	2.42	3.23	4.04	4.85	5.66	6.47	7.28
	40	*	*	*	*	*	*	*	0.85	1.70	2.56	6.05	6.81	7.57	8.33	9.09	9.85	10.61	11.37	12.13	12.89

Çizelge Ek A.2. Borulardaki buhar kapasitesi

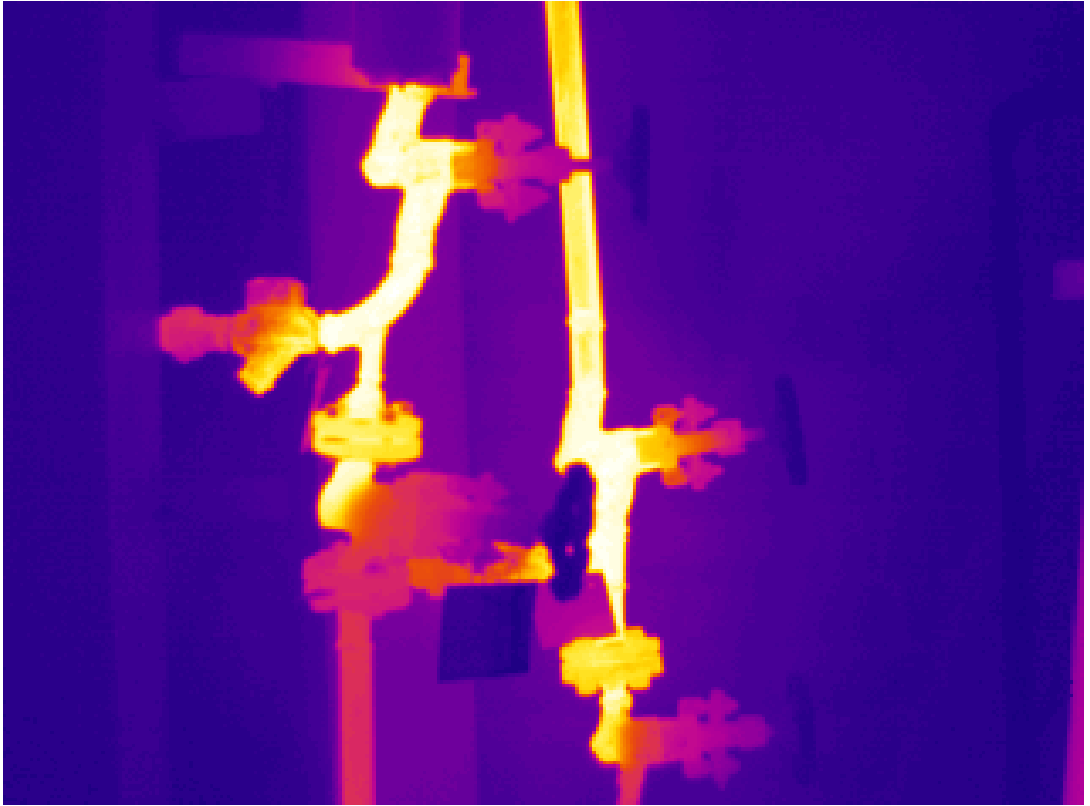
BASINÇ		BORU BOYUTLARI (mm)														DIN 2448 Reihe 1
HIZ		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250		
gosterge	(m/s)	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250		
0.5	5	3	6	9	16	22	36	60	83	139	211	309	524	827		
	10	7	12	19	33	45	72	120	166	279	423	619	1048	1654		
	20	14	24	39	67	90	144	241	332	559	846	1238	2096	3308		
	25	18	30	49	84	113	181	301	415	699	1057	1547	2621	4136		
	5	4	7	12	22	29	47	78	108	183	276	405	686	1082		
1	10	9	15	25	44	59	94	157	217	366	563	810	1372	2165		
	20	19	31	51	88	118	189	315	434	732	1107	1620	2744	4330		
	25	23	39	64	110	148	237	394	543	915	1384	2025	3430	5412		
	5	6	11	18	32	43	69	115	158	267	404	592	1003	1582		
	10	13	23	37	64	86	138	230	317	535	809	1184	2006	3165		
2	20	27	46	75	129	173	277	461	635	1071	1619	2369	4012	6331		
	25	34	58	94	161	216	346	576	794	1338	2024	2961	5015	7914		
	5	9	15	24	42	56	90	151	208	350	530	776	1314	2073		
	10	18	30	49	84	113	181	302	416	701	1060	1552	2628	4147		
	20	36	60	99	169	227	363	604	832	1403	2121	3104	5257	8295		
3	25	45	76	124	211	284	454	755	1040	1754	2652	3880	6571	10369		
	5	11	18	30	52	70	112	186	256	432	654	957	1621	2558		
	10	22	37	61	104	140	224	372	513	865	1308	1914	3242	5116		
	20	45	75	122	208	280	448	745	1027	1730	2617	3829	6484	10232		
	25	56	93	153	261	350	560	932	1283	2163	3271	4786	8105	12790		
4	5	13	22	36	61	83	133	221	304	513	777	1136	1925	3037		
	10	26	44	72	123	166	266	442	609	1027	1554	2273	3850	6075		
	20	53	89	145	247	332	532	885	1219	2055	3108	4547	7700	12151		
	25	67	111	181	309	416	665	1107	1524	2569	3885	5684	9626	15189		



Şekil Ek A.1. Kondensstopların termal ve dijital fotoğrafları



Şekil Ek A.1. (devam ediyor)



Şekil Ek A.1. (devam ediyor)