

**ŞEHİR GİRİŞİ DOĞALGAZ BASINÇ DÜŞÜRME  
ÖLÇÜM İSTASYONLARINDA (RMS-A) ENERJİ  
TASARRUF İMKANLARININ İNCELENMESİ**

**2014  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**Ahmet KİBRİTÇİ**

**ŒEHİR GİRİŒİ DOĞALGAZ BASINÇ DÜŒÜRME ÖLÇÜM  
İSTASYONLARINDA (RMS-A) ENERJİ TASARRUF İMKANLARININ  
İNCELENMESİ**

**Ahmet KİBRİTÇİ**

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

**KARABÜK  
Haziran 2014**

Ahmet KİBRİTÇİ tarafından hazırlanan “ŞEHİR GİRİŞİ DOĞALGAZ BASINÇ DÜŞÜRME ÖLÇÜM İSTASYONLARINDA (RMS-A) ENERJİ TASARRUF İMKANLARININ İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarız.

Doç. Dr. Hüseyin KURT

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Dr. Cevat ÖZARPA

Tez Danışmanı, İGDAŞ



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 20/09/2014

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Hüseyin KURT (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Yaşar YETİŞKEN (KBÜ)



...../...../2014

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

Prof. Dr. Mustafa BOZ

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.”*

Ahmet KİBRİTÇİ

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **ŞEHİR GİRİŞİ DOĞALGAZ BASINÇ DÜŞÜRME ÖLÇÜM İSTASYONLARINDA (RMS-A) ENERJİ TASARRUF İMKANLARININ İNCELENMESİ**

**Ahmet KİBRİTÇİ**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Hüseyin KURT**

**Dr. Cevat ÖZARPA**

**Haziran 2014, 109 sayfa**

Doğal gaz dağıtım sistemlerinin en önemli düzenleme ve ölçüm kısmı basınç düşürme ve ölçüm istasyonları (RMS-A)'dır. Basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarının amacı, tüketicinin kullanabileceği basınç ve sıcaklıkta doğal gaz sağlamak, hatta verilen gaz miktarını belirlemek ve doğal gazı filtreden geçirerek tüketici donanımlarına zarar verebilecek boru hattında bulunan toz, kum gibi katı tanecikler ve sıvılardan temizlemektir. Bu çalışmada yüksek basınçlı doğal gaz iletim hatlarının sonunda, şehir girişlerinde kullanım yerlerine istenilen şartlarda doğal gazı servis edilebilmesi için kullanılan RMS-A istasyonlarında tüketilen toplam enerjinin, basınç düşürme istasyonlarında tasarruf edilebilmesinin ne kadar mümkün olduğu araştırılmış, ayrıca bu yenilikçi yöntemlerin teknik ve ekonomik etüdü yapılmıştır. İlk yatırım maliyetinin yüksek, fakat işletme ve bakım maliyeti diğer yöntemlere

göre oldukça düşük olan vorteks tüpü uygulamasının enerji tasarrufu açısından RMS-A istasyonlarında uygulanabilecek en iyi yöntem olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler :** Doğal gaz, doğal gaz boru hattı, RMS-A, enerji geri kazanım.

**Bilim Kodu** : 914.1.038

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **EVALUATION OF ENERGY SAVING OPPORTUNITIES OF NATURAL GAS PRESSURE REDUCING AND METERING STATIONS (RMS-A) IN THE CITY ENTRANCE**

**Ahmet KİBRİTÇİ**

**Karabuk University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Mechanical Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Assoc. Prof. Dr. Hüseyin KURT**

**Dr. Cevat ÖZARPA**

**June 2014, 109 pages**

The most important regulation and measurement parts of natural gas distribution systems are pressure reduction and measurement stations (RMS-A). The RMS-A stations are placed at the end of high pressure natural gas transmission lines at the city entrances. The main purpose of the RMS stations is to supply natural gas with a certain pressure and temperature which end users can utilize, to determine the natural gas flow rate supplied to pipeline and to clean the natural gas from fluids and solid particles such as dust and sand in the pipeline which may damage the end users' equipments by filters. In this study, the possibility of reducing total energy consumptions in the RMS-A stations was examined and innovative methods in this respect were investigated in terms of technical and economic aspects. Vortex tube application, whose initial investment cost is high but operating and maintenance

costs are considerably low according to other methods, was specified as the best method to be applied at the RMS-A stations in terms of energy saving.

**Key Word** : Natural gas, natural gas pipeline, RMS-A, energy recovery.

**Science Code** : 914.1.038



## TEŞEKKÜR

Program süresince yardımlarını esirgemeyen, Karabük Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü Akademik Kadrosunda görevli tüm hocalarıma; Doç. Dr. Yaşar YETİŐGEN, Yrd. Doç. Dr. Selami SAĞIROĞLU, Yrd. Doç. Dr. Ercüment N. DİZDAR, Yrd. Doç. Dr. Alper ERGÜN, Doç. Dr. Naci KURGAN ile danışmanım Sn. Doç. Dr. Hüseyin Kurt'a ve ikinci danışmanım Sn. Dr. Cevat ÖZARPA'ya teşekkürü borç bilirim, kendilerinden ders almak benim için bir övünçtür.

Katkılarından dolayı İGDAŞ, BOTAŞ, İZGAZ GDF SUEZ yetkililerine, çalışmaktan kıvanç duyduğum BIL BOTAŞ International Limited şirketi yöneticilerime, mesai arkadaşlarıma ve çalışmam boyunca özellikle bana manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xviii
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	5
RMS-A DİZAYN İLKELERİ.....	5
2.1. REGÜLATÖRLER .....	7
2.1.1. Kısıtlama Elemanı .....	12
2.1.2. Yükleme Elemanı .....	15
2.1.3. Ölçüm Elemanı .....	16
2.2. DOĞRUDAN ETKİLİ GAZ BASINÇ REGÜLATÖRLERİ .....	18
2.2.1. Yay Etkisi .....	18
2.2.2. Diyafram Etkisi.....	21
2.3. PİLOT KONTROLLÜ GAZ BASINÇ REGÜLATÖRLER.....	23
2.4. İSTASYON DONANIMLARI.....	27
2.4.1. Yalıtım Contası.....	28
2.4.2. Giriş Vanası .....	28
2.4.3. Filtreler .....	29
2.4.3.1. Siklon Filtreler .....	29
2.4.3.2. Kartuşlu Filtreler.....	32

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.4.4. Fark Basınç Göstergeleri .....	33
2.5. BASINÇ DÜZENLEYİCİLERİN ÖZELİKLERİ.....	34
2.5.1. Doğrulukla İlgili Özellikler .....	34
2.5.2. En Büyük Doğrulukta Debi .....	35
2.5.3. Kilitlenmeyle İlgili Özellikler.....	36
2.5.4. Debinin En Yüksek Doğrulukla Hesaplanması .....	37
2.5.5. Esas Akış Karakteristikleri .....	38
2.6. SAYAÇLAR .....	38
2.6.1. Sayaç Karakteristikleri.....	39
2.6.1.1. Doğruluk .....	39
2.6.1.2. Kapasite Oranı .....	40
2.6.1.3. Yineleyebilirlik .....	40
2.6.1.4. Doğrusallık.....	40
2.6.2. Sayaç Türleri.....	41
2.6.2.1. Rotari Sayaçlar .....	41
2.6.2.2. Türbin Sayaçlar .....	42
2.6.2.3. Orifis Sayaçlar .....	44
2.6.2.4. Ultrasonik Sayaçlar .....	45
2.6.2.5. Yakıt Hattı Sayacı .....	47
2.7. ÇIKIŞ VANASI .....	48
2.8. OTOMATİK EMNİYET KAPAMA VANALARI .....	48
2.9. OTOMATİK EMNİYET BOŞALTIM VANALARI .....	50
2.10. KABİN YAPISI .....	51
BÖLÜM 3 .....	52
İSTASYON TASARIM İLKELERİ.....	52
3.1. İSTASYONLAR İÇİN TASARIM PROSEDÜRÜ .....	52
3.1.1. İşverenden Tasarım Verilerinin Alınması .....	52
3.1.2. PID Kontrolü veya Oluşturulması .....	53
3.1.3. Hesaplar Ve Ürün Listesinin Oluşturulması.....	53
3.1.4. Regülatör Önce Ve Sonrası Boru Çapı Seçimi.....	53
3.1.5. Regülatör Seçimi .....	53

	<b><u>Sayfa</u></b>
3.1.6. Sayaç Seçimi.....	54
3.1.7. Ürün Listesinin Oluşturulması.....	54
3.2. İSTASYON ÇALIŞMA KOŞULLARININ BELİRLENMESİ.....	54
3.2.1. Gerekli Veriler.....	54
3.2.2. Verilerin Önemi.....	55
3.2.3. En Düşük (Minimum) Giriş Basıncı .....	55
3.2.4. En Yüksek (Maksimum) Giriş Basıncı .....	55
3.2.5. Çıkış Basıncı.....	55
3.2.6. En Yüksek (Maksimum) Debi.....	55
3.2.7. Gazın Türü ve İçeriği .....	55
3.2.8. Hız .....	56
3.2.9. Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi .....	56
3.2.10. Flanş Bağlantılarının Belirlenmesi.....	56
3.2.11. Uygulama Türünün Belirlenmesi .....	56
3.3. İSTASYON DONANIMI SEÇME KISTASLARI VE HESAPLAMALARI .....	56
3.3.1. Borulama.....	57
3.3.1.1. Boru Çapı Seçimi.....	57
3.3.1.2. Boru Et Kalınlık Tayini .....	60
3.3.1.3. Bileşenlerin Et Kalınlık Tayini .....	60
3.3.2. Filtre Hesapları .....	61
3.3.3. Basınç Düzenleyici Seçimi .....	62
3.3.3.1. Akış Davranışını Belirleme.....	63
3.3.3.2. Debi İçin Pratik Hesaplamalar .....	64
3.3.4. Otomatik Emniyet Kapama Vanası .....	66
3.3.5. Otomatik Emniyet Boşaltma Vanaları.....	66
3.3.6. Sayaç Seçimi.....	67
3.3.6.1. Hacimsel Hesaplamalar .....	67
3.3.6.2. Minimum Kapasite Hesapları .....	67
3.3.6.3. Hacim Üzerine Basınç Ve Sıcaklık Düzeltme Hesapları.....	69
3.3.6.4. Sayaç Basınç Kaybı .....	69
3.3.7. Akış Düzenleyicisi Seçimi.....	71

	<b><u>Sayfa</u></b>
3.3.8. Kazan Dairesi Gaz Besleme Grubu .....	72
3.3.9. Kazan Dairesi.....	73
3.3.9.1. Sahra Tipi Isıtma.....	73
3.3.9.2. Eşanjör Tipi Isıtma.....	73
3.3.10. Isıtma ve Regülasyon Grubu .....	74
BÖLÜM 4 .....	77
ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE BULGULAR .....	77
4.1. RMS-A İSTASYONLARINDA PROSES AMAÇLI KULLANILAN ISITMA GAZI MİKTARINI ETKİLEYEN PARAMETRELER .....	77
4.2. RMS-A İSTASYONLARINDA BULUNAN ISITMA SİSTEMLERİNİN KULLANIM İHTİYACI.....	79
4.3. RMS-A İSTASYONLARINDA PROSES ISITMA GAZINDA TASARRUF İÇİN KULLANILAN ALTERNATİF YENİLİKÇİ METOTLAR .....	80
4.3.1. Basınç Düşümünden Yararlanarak Elektrik Üretmek Amaçlı Türbin Kullanımı .....	81
4.3.2. Vorteks Tüpü Kullanımı .....	81
4.3.3. Isıtıcı Ceket, Isıtıcı Rezistans Veya Elektrikli Pilot Isıtıcısı Kullanımı .	83
4.3.4. Pilotlar İçin Ayrı Eşanjör Kullanımı.....	84
4.3.5. RMS-A Isıtma Gazından Tasarruf Amaçlı Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması .....	85
4.3.5.1. Yatırım ve İşletme Maliyeti .....	85
4.3.5.2. İşletme, Bakım, Arıza ve Güvenlik Açısından Değerlendirilmesi.....	86
4.3.5.3. İstasyondan Düşük Sıcaklıklarda Gaz Arzının Getireceği Riskler .....	86
4.3.6. Kazan Verimleri.....	89
4.3.7. RMS-A 'lardan Geçen Gaz ve Isıtma Gazı Tüketimi Oranı Değerlendirilmesi.....	91
4.3.8. Şehir-1 RMS-A İstasyonu Gaz Tüketimi Değerlendirmesi.....	92
4.3.9. Şehir-2 RMS-A İstasyonu Gaz Tüketiminin Değerlendirmesi.....	94
4.3.10. Şehir-3 RMS-A İstasyonu Gaz Tüketimi Değerlendirmesi.....	96
4.3.11. Şehir-4 RMS-A İstasyonu Gaz Tüketimi Değerlendirmesi.....	97
4.3.12. Şehir-5 RMS-A İstasyonu Gaz Tüketimi Değerlendirmesi.....	99
4.3.13. Şehir-6 RMS-A İstasyonu Tüketimleri Değerlendirmesi .....	100

	<b><u>Sayfa</u></b>
4.3.14. Şehir İstasyonlarının Isıtma Gazı Tüketimlerinin Karşılaştırılması ...	101
4.3.15. Verimlilik Açısından Şehir İstasyonlarının Isıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	103
BÖLÜM 5 .....	104
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	104
KAYNAKLAR .....	108
ÖZGEÇMİŞ .....	109

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1.1.	Doğal gaz üretim, iletim, dağıtım hatlarının şematik görünümü .....	2
Şekil 1.2.	Dağıtım sisteminde farklı basınç (tüketim) noktaları ile basınç düzenleme istasyonlarının bulunma noktalarının şematik gösterimi .....	3
Şekil 2.1.	Basınç düşürme ve ölçüm istasyonu örneği .....	5
Şekil 2.2.	RMS istasyonunda genel enstrümantasyon dizilimi .....	6
Şekil 2.3.	Tipik bir gaz basıncı düzenleme (regülasyon) sistemi .....	7
Şekil 2.4.	Doğrudan etkili regülatör .....	8
Şekil 2.5.	Tipik bir kısıtlayıcı eleman .....	9
Şekil 2.6.	Tipik bir yükleme elemanı .....	10
Şekil 2.7.	Ölçüm elemanı eklenerek elde edilmiş bir regülatörün yapısı .....	11
Şekil 2.8.	Kısıtlayıcı vana boyunca akış basınç değişimi.....	12
Şekil 2.9.	Akışın orifis noktasındaki basınç değişimleri .....	13
Şekil 2.10.	Yüksek ve düşük kurtarımlı vanaların basınç değişimi .....	14
Şekil 2.11.	Regülatör diyafram takımı .....	17
Şekil 2.12.	Diyafram üzerindeki gerilme kuvvetleri .....	18
Şekil 2.13.	Tipik doğrudan işletmeli regülatör örneği.....	19
Şekil 2.14.	Sabit $P_a$ ve $P_e$ için performans eğrisi .....	20
Şekil 2.15.	Sabit $P_a$ değerleri için performans eğrileri.....	21
Şekil 2.16.	Basınç diyafram etkili alan ilişkisi .....	22
Şekil 2.17.	Yay ve diyafram etkisiyle basınçta görülen düşme.....	22
Şekil 2.18.	Doğrudan işletmeli regülatörde akordeon tarzı katlamalı diyafram.....	23
Şekil 2.19.	Pilot kontrollü bir regülatör örneği.....	24
Şekil 2.20.	Pilotun basıncı algılamasını şematik gösterimi .....	25
Şekil 2.21.	Pilot kontrollü regülatör ve pilot örneği .....	26
Şekil 2.22.	Yalıtım contasının kesit görünümü .....	28
Şekil 2.23.	Yüzer tip vana ve Trunion tip vana örneği.....	29
Şekil 2.24.	Siklon tip filtre .....	30
Şekil 2.25.	Akış eksenli kartuşlu filtre .....	31

## Sayfa

Şekil 2.26. Filtre kartuşu .....	33
Şekil 2.27. Bir fark basınç göstergesinin önden ve yandan görünüşü.....	34
Şekil 2.28. En yüksek ve düşük doğruluktaki debileri belirten performans eğrileri ailesi (Pas sabit, kararlı şartlar) .....	36
Şekil 2.29. Kilitlenme basıncı bölgesini belirten performans eğrisi .....	37
Şekil 2.30. Esas akış karakteristikler diyagramına ait üç örnek .....	38
Şekil 2.31. Rotari sayacın çalışmasının şematik gösterimi .....	42
Şekil 2.32. Değişik tipte akış düzenleyiciler .....	43
Şekil 2.33. Kesiti alınmış türbin sayaç örneği.....	44
Şekil 2.34. Flanş bağlantılı orifis sayacın basınç profili .....	45
Şekil 2.35. Ultrasonik sayacın çalışma prensibinin gösterimi.....	46
Şekil 2.36. Bir ultrasonik sayaç görüntüsü.....	46
Şekil 2.37. Otomatik emniyet kapama vanası kesiti.....	49
Şekil 2.38. Emniyet kapama vanalı regülasyon sistemi .....	50
Şekil 2.39. Emniyet boşaltım vanası .....	51
Şekil 3.1. Maksimum debi, maksimum hız ve minimum giriş basıncı bilinen gaz için DN boru çapı belirleme diyagramı.....	59
Şekil 3.2. Kontrol elemanı sabit konumda iken regülatörün akış davranışı .....	64
Şekil 3.3. Doğru ölçümler için sayaç önce ve sonrası için bırakılması gereken mesafelere örnek sayaç.....	71
Şekil 3.4. Tüp demetlerinden oluşmuş akış düzenleyicisinin kesit gösterimi.....	72
Şekil 3.5. Kazan dairesi ısıtma gazı besleme grubu .....	73
Şekil 3.6. Isıtma ve regülasyon grubu. ....	74
Şekil 4.1. Yeni RMS-A istasyonu gaz ısıtma için kullanılan ısıtma sıcak su kazanları .....	77
Şekil 4.2. Zeminde birikmiş yoğunlaşmış sular .....	80
Şekil 4.3. Doğal gaz akışından elektrik üreten genişleme türbini .....	81
Şekil 4.4. Karşıt akışlı bir vorteks tüpteki akış şeması.....	82
Şekil 4.5. Vorteks tüpü ile pilotların ısıtılması.....	82
Şekil 4.6. Regülatörler için ısıtıcı ve ısı ceketini uygulaması. ....	83
Şekil 4.7. Pilot ısıtıcıları .....	84
Şekil 4.8. Pilot ısıtmasına ait ayrı eşanjör kullanımı uygulaması.....	85
Şekil 4.9. Unigas 2000 - Baca gazı analiz cihazı .....	90



**Sayfa**

Şekil 4.10. Sahra tipi gaz ısıtma için kullanılan sıcak su kazanları .....	92
Şekil 4.11. Şehir-1 istasyonu aylık ısıtma gazı ve gaz çekiş miktarı .....	94
Şekil 4.12. Şehir-2 istasyonu aylık ısıtma gazı ve gaz çekiş miktarı .....	95
Şekil 4.13. Şehir-3 istasyonu aylık ısıtma gazı ve gaz çekiş miktarı .....	97
Şekil 4.14. Şehir-4 istasyonu aylık ısıtma gazı ve gaz çekiş miktarı .....	98
Şekil 4.15. Şehir-5 istasyonu aylık ısıtma gazı ve gaz çekiş miktarı .....	100
Şekil 4.16. Şehir-6 istasyonu aylık ısıtma gazı ve gaz çekiş miktarı .....	101
Şekil 4.17. 2013 yılı ısıtma gazı istasyon payları.....	102
Şekil 4.18. 2013 yılı ısıtma gazı/geçen gaz miktarı % oranı.....	103

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Kartuşlu filtrelerin parçaları .....	32
Çizelge 2.2. Belirlenmiş doğruluk sınıfları.....	35
Çizelge 2.3. Kilitlenme basıncı sınıfları. ....	37
Çizelge 3.1. Belirtilen en ince et kalınlıkları. ....	61
Çizelge 3.2. Doğrudan ve pilot işletmeli regülatörlerin basit karşılaştırılması ve avantajlı oldukları alanlar. ....	63
Çizelge 3.3. Sayaç tipinin maksimum kapasitesi ile belirlenmesi. ....	68
Çizelge 4.1. RMS-A ısıtma gazı tasarruf sistemlerine ait maliyet çizelgesi.....	85
Çizelge 4.2. Tasarruf sistemlerinin işletme, bakım, arıza ve güvenlik açısından değerlendirilmesi .....	86
Çizelge 4.3. Şehir-4 ısıtma sistemi 3 adet kazan baca gazı analiz sonuçları .....	91
Çizelge 4.4. Şehir-1 istasyonu yıllara göre aylık gaz çekiş ve ısıtma gazı debileri. 93	
Çizelge 4.5. Şehir-2 istasyonu yıllara göre aylık gaz çekiş ve ısıtma gazı debileri. 95	
Çizelge 4.6. Şehir-3 istasyonu yıllara göre aylık gaz çekiş ve ısıtma gazı debileri. 96	
Çizelge 4.7. Şehir-4 istasyonu yıllara göre aylık gaz çekiş ve ısıtma gazı debileri. 98	
Çizelge 4.8. Şehir-5 istasyonu yıllara göre aylık gaz çekiş ve ısıtma gazı debileri .....	99
Çizelge 4.9. Şehir-6 istasyonu yıllara göre aylık gaz çekiş ve ısıtma gazı debileri .....	101
Çizelge 4.10. Şehir istasyonlar ısıtma gazının gaz çekiş debisine oranı ve yıllık payı .....	102

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

- AC : doğruluk (%)  
d : boru iç çapı (m)  
DP : tasarım basıncı (bar)  
F : kuvvet (N)  
k : yay sabiti (N/cm)  
P : basınç (N/cm<sup>2</sup>, Pa)  
Q : hacimsel debi (m<sup>3</sup>/h)  
R : kapasite oranı  
t : et kalınlığı (mm)  
T : sıcaklık (°C)  
V : hız (m/s)  
x : sıkıştırma miktarı (cm)

### Yunan harfleriyle:

- $\rho$  : yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>)  
 $\Delta P$  : basınç farkı  
 $\sigma_P$  : çevre gerilmesi (N/mm<sup>2</sup>)

### Alt indisler

- a : ayar noktası  
e : giriş noktası  
f : kilitleme  
h : hesaplanan değer  
L : yükleme  
m : ölçülen değer  
vk : vena kontrakta

## KISALTMALAR

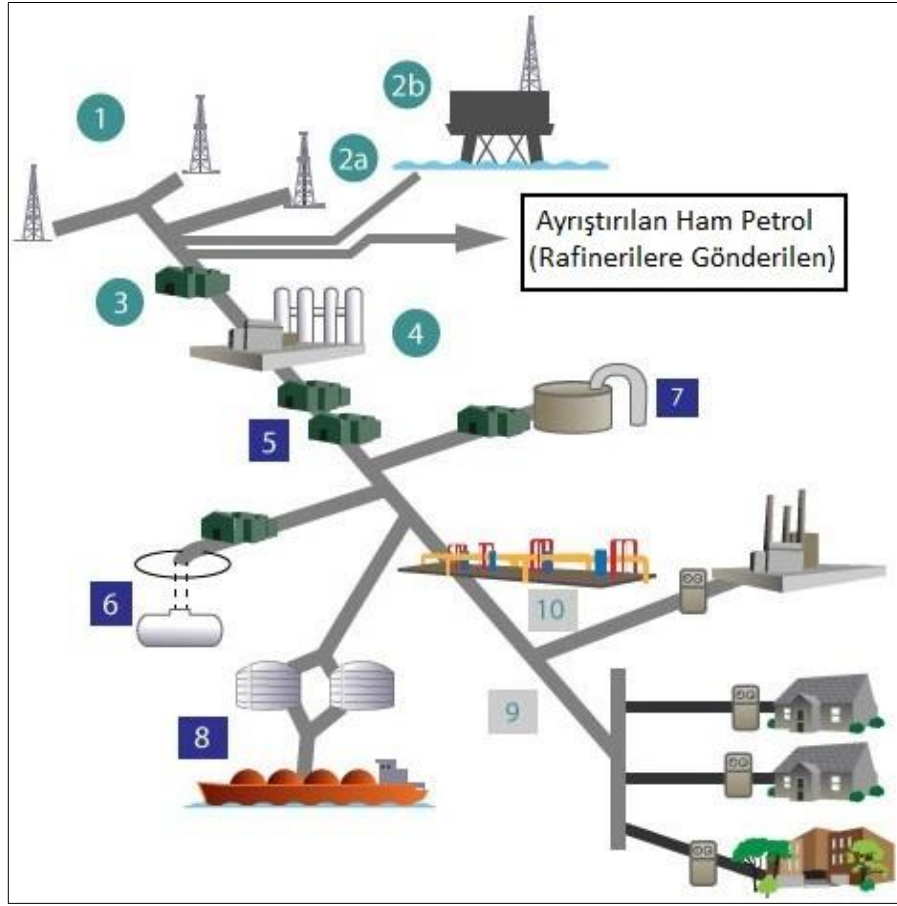
AGA	: American Gas Association
ANSI	: American National Standards Institute
API	: American Petroleum Institute
ASME	: American Society Of Mechanical Engineers
ASTM	: American Society For Testing And Materials
bara	: Bar Cinsinden Mutlak Basınç
barg	: Bar Cinsinden Gösterge Basınç
BOTAŞ	: Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi
D	: Diyafram
DIN	: German Institute For Standardization
DN	: Nominal Diameter
HB	: Histerezis Bant Değeri
ISO	: International Organization For Standardization
İGDAŞ	: İstanbul Gaz Dağıtım Anonim Şirketi
OIML	: International Organization Of Legal Metrology
PE	: Polietilen
PN	: Pressure Number
prEN	: European Draft Standard
PTB	: Physikalisch-Technische Bundesanstalt
RMS	: Regulation And Measuring Station
SG	: Kilitleme Basıncı Sınıfı
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisitio
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

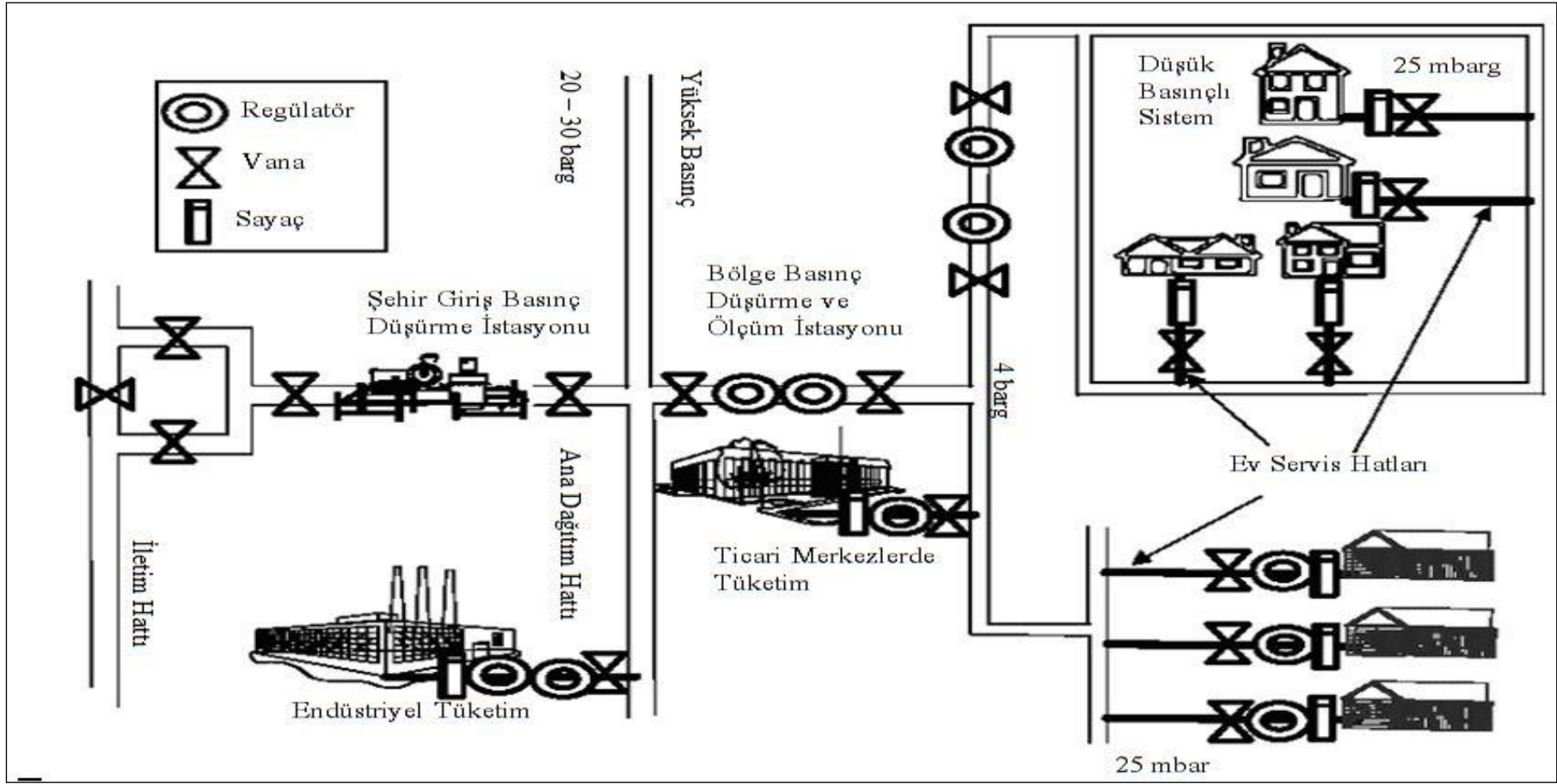
Enerji, halen günümüz dünyasında ülkelerin ekonomik, siyasi ve sosyal gelişimini etkileyen ana temel unsurlardan birisi olmaya devam etmektedir. Her ülkenin enerjiye ucuz ve kesintisiz bir biçimde ulaşmak için yarıştığı çağımızda, dünyanın önde gelen enerji hammadde tedarikçileri ile büyük tüketicileri arasında doğal bir coğrafi köprü ve enerji koridoru oluşturan ülkemizin, küresel enerji jeopolitiğinde ve Avrupa'nın doğal gaz arz güvenliğinde önemi büyüktür [1].

Doğal gazın boru hatlarıyla bir noktadan çok uzaktaki tüketici noktalarına iletilmesi için, gaz basıncı kompresör istasyonlarında yaklaşık 70-40 barg düzeyine yükseltilir. Boru hattında ilerleyen gazın basıncı çeşitli nedenlerden dolayı düşer ve bu basınç farkı gazın hat içinde akmasını sağlar. Gazın tüketicilere dağıtıldığı dağıtım sistemine gelen gaz hala yüksek basınçlıdır, fakat hızı azalmıştır ve hala dağıtım sisteminde alması gereken yol vardır. Hızı artırmak için ve dağıtım sisteminin tasarım basıncı düşük olması nedeniyle, basıncın düşürülmesi gerekmektedir. Bu noktada, ihtiyaç duyulan basınç düşümünü ve dolayısıyla gazdaki hızlanmayı gerçekleştiren basınç düzenleme ve ölçüm istasyonları devreye girer. Şekil 1.1'de görüldüğü gibi basınç düşürmenin birinci aşaması olarak iletim hattı ile dağıtım sistemini birbirine bağlayan ve ara yüz görevini gören şehir ya da organize sanayi bölgelerine gaz veren şehir girişi RMS-A'lardır. RMS-A'dan çıkan gazın basıncı yaklaşık 30– 20 barg arasındadır. RMS-A'dan ana hatlara verilen gaz, yan hatlara geçer ve ikinci aşama basınç düşümü sağlayan, kullanıcıya daha da yakın bölge ya da endüstriyel RMS'lere gelir. Bu istasyonların çıkış basıncı ise 1–4 barg arasındadır. Bu çıkış basıncında gelen gazın tüketimi, Şekil 1.2'de görüldüğü gibi ticari merkezler, hastaneler, okullar, alışveriş merkezleri, toplu konutlar ve evler olarak örneklendirilebilir [2,3].



- **ÜRETİM VE İŞLEME**
  - 1-Sondaj ve Kuyu Alanı
  - 2a- Karadaki kuyular
  - 2b- Denizdeki Kuyular
  - 3- Biriktirme ve basınçlandırma
  - 4- Gaz İşleme Tesisi
- **DOĞALGAZ İLETİM VE DEPOLAMA**
  - 5- İletim Kompresör İstasyonu
  - 6- Yeraltı Depolama
  - 7- LNG Depolama
  - 8- LNG İthal-İhraç Tesisi
- **DAĞITIM**
  - 9- Dağıtım Şebeke / Hizmetler
  - 10- Regülatör ve Sayaçlar

Şekil 1.1. Doğal gaz üretim, iletim, dağıtım hatlarının şematik görünümü [2].



Şekil 1.2. Dağıtım sisteminde farklı basınç noktaları ile basınç düzenleme istasyonlarının bulunma noktalarının şematik gösterimi [2].

Dođal gaz dađıtım sistemlerinin en önemli dűzenleme ve ۆlçűm kısmı basınç dűşűrme ve ۆlçűm istasyonları olan RMS-A'dır. Basınç dűşűrme ve ۆlçűm istasyonlarının amacı, tűketicinin kullanabileceđi basınç ve sıcaklıkta dođal gaz sađlamak, hatta verilen gaz miktarını belirlemek ve dođal gazı filtreden geçirerek tűketicii donanımlarına zarar verebilecek boru hattında bulunan toz, kum gibi katı tanecikler ve sıvılardan temizlemektir.

RMS istasyonlarındaki regűlatörlerde gerçekteşirilen basınç dűşűmünde çıkıř basıncı istenen dođrulukta olmalıdır. Bu durum, istenen gaz debisini karřılayabilen, çıkıř basıncında salınımlar göstermeyen, dođruluk deđerii yűksek regűlatör seçimi ile karřılanabilir. RMS'lerin önemli unsurlarından bir diđerii, istasyondan geçen gazın debisini dođru ve hassas bir şekilde ۆlçűcek sayaçlardır. Sayaçlar, içerisinden geçen gazın debisinin ۆlçűmünde istenilen dođruluk ve hassasiyete, yaz-kıř dönemlerindeki debii deđeriişimlerine, gazın kirliliđine ve basıncına bađlı olarak farklı türlerde olabilmektedir [2,4].

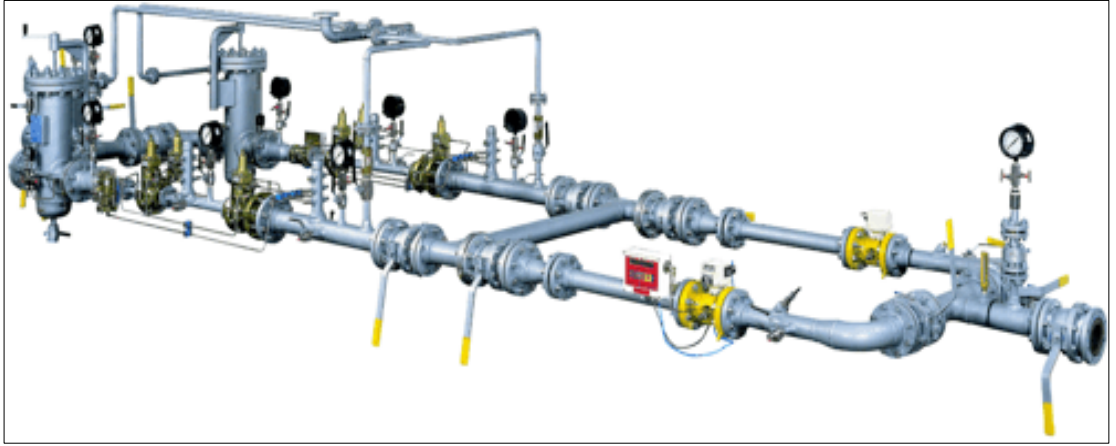
Bu çalıřmada, yűksek basınçlı dođal gaz iletim hatlarının sonunda, řehir giriřlerinde kullanım yerlerine istenilen řartlarda dođal gazın servis edilebilmesi için kullanılan RMS-A istasyonlarında tűketilen toplam enerjinin basınç dűşűrme istasyonlarında tasarruf edilebilmesinin ne kadar műmkűn olduđu arařtırılmıř, ayrıca bu yöntemlerin teknik ve ekonomik etűdű yapılmıřtır.



## BÖLÜM 2

### RMS-A TASARIM İLKELERİ

İmal edilecek istasyonun tasarımında donanımlar seçilirken, donanımların karakteristikleri belirlenerek ve seçim için gerekli hesaplamalar yapılarak, donanım montajı ile tasarım tamamlanır. Burada dikkat edilmesi gereken husus ekipmanların ihtiyacı görecektir şekilde doğru seçilmesidir. Basınç düşürme ve ölçüm istasyonunda genel enstrümantasyon dizilimi şematik olarak Şekil 2.1 ve 2.2’de verilmiştir [2-4].

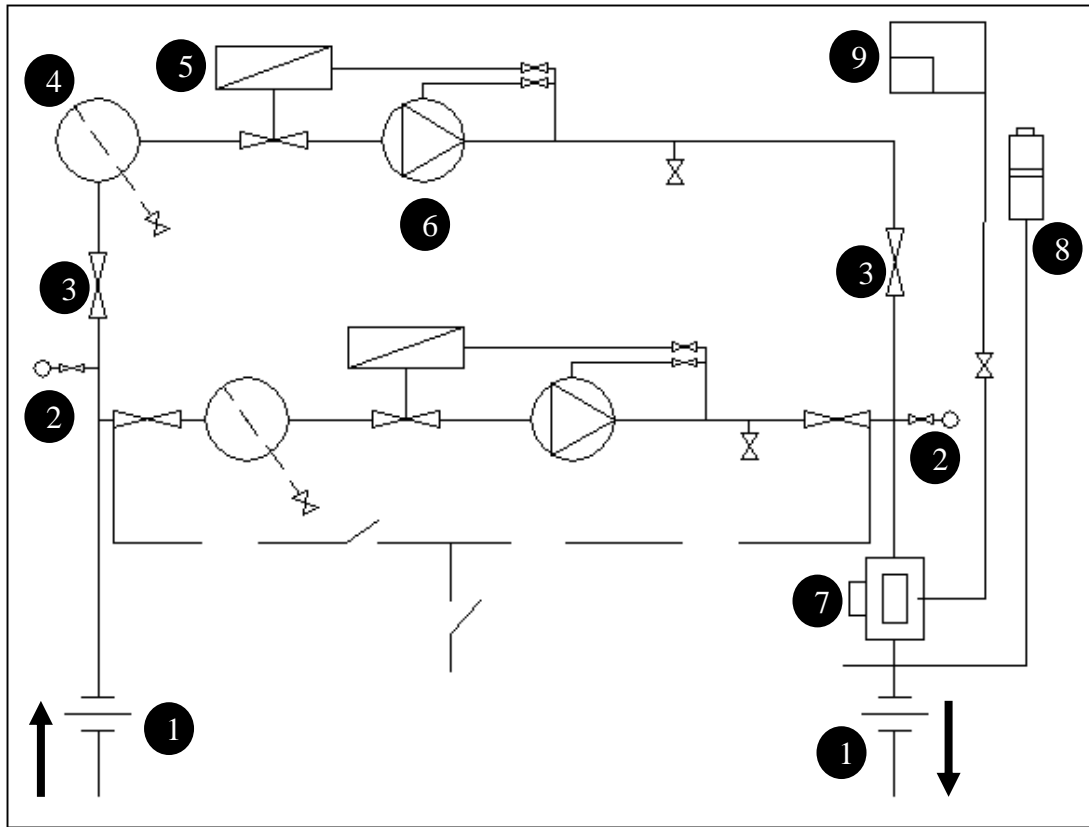


Şekil 2.1. Basınç düşürme ve ölçüm istasyonu örneği [2].

Şekil 2.2’de, şematik olarak gösterilen istasyonda bulunması gereken ana donanımlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- Yalıtım contası: İstasyonu istenmeyen elektrik akımlarından istasyonu korumak için gereklidir.
- Manometreler: İstasyon basınç düzenleme (regülasyon) öncesi ve sonrası basınçta görülen değişimi görmek için gereklidir.
- Vanalar: Arıza-bakım durumlarında istenen lokal bölgedeki ya da bütün istasyon gazının kesilmesi için gereklidir.

- Filtre (fark basınç göstergeli): Gaz hattından gelen partikül ve sıvılardan istasyon donanımlarını korumak, regülatör ve sayacın tıkamasını engellemek için gereklidir.
- Emniyet kapama vanası: Regülatörün arızalanması ya da regülatör sonrası aşırı basınç düşme-yükselme durumlarında gazı otomatik kesmek için gereklidir.
- Basınç düzenleyici: İstenen basınç ve kapasite değerini sağlar.
- Sayaç: tüketiciye sunulan gazın hacminin ölçümü için gereklidir.
- Emniyet boşaltma vanası: Dolaylı nedenlerden çıkışta görülen basınç yükselmelerini düşürmek için gazın boşaltılmasında gereklidir.
- Elektronik hacim düzelticisi: Sayaçtan okunan değerlerin, basınç ve sıcaklık düzeltmeleri için gereklidir [2-4].



Şekil 2.2. RMS istasyonunda genel enstrümantasyon dizilimi [2].

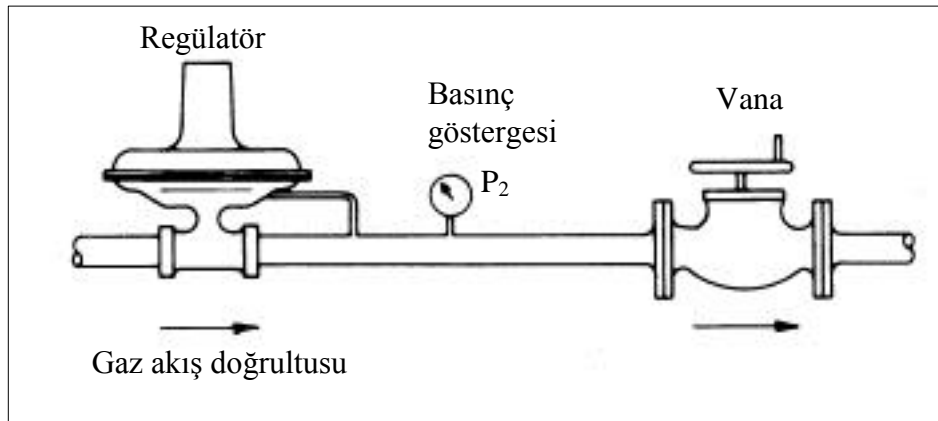
Şehir giriş istasyonlarının ana fonksiyonları;

- Şehir girişinde gazın filtrelenmesi,
- Gazın şehir şebekesine girişinde kokulandırılması,

- On-line olarak gaz analizi yapmak sureti ile satın alınan gazın ısıl değerinin belirlenmesi,
- Acil durumlarda şehir gaz arzının otomatik olarak kesilmesi,
- İstasyon çıkış basıncının şebeke ihtiyaçlarına göre ayarlanması,
- İstasyondan geçen gazın ölçümünün yapılması,
- İstasyonda toplanan bilgilerin SCADA merkezine iletilmesi ve sistemin yönetilmesidir [2-4].

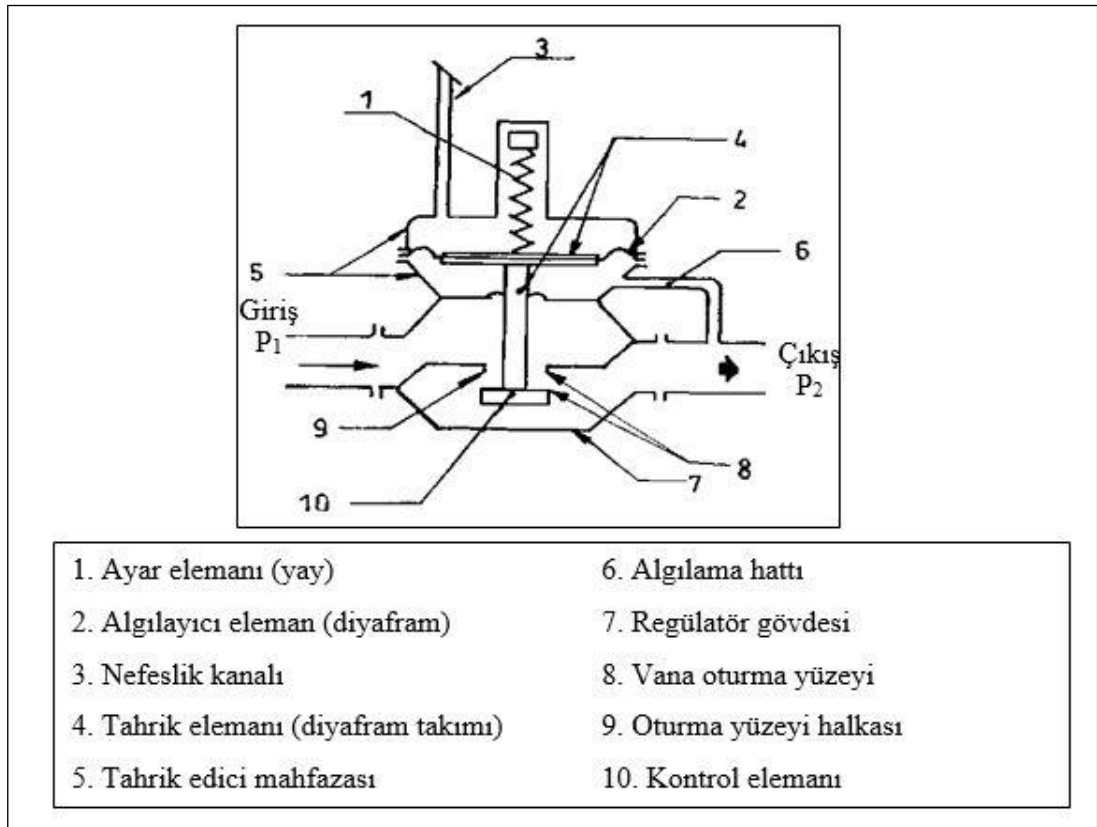
## 2.1. REGÜLATÖRLER

Gaz basıncı düzenleyicileri sık karşılaşılan ve fabrikalarda, binalarda, yol kenarlarında ve hatta evlerde görülen doğal gaz hattı unsurlarıdır. Bu nedenle işlerinin gereği olarak her gün regülatörlerle iç içe olan gaz uygulamacıları, regülatörleri gaz hattına takılmış ve basıncı düşüren basit bir eleman olarak görebilmektedirler. Ancak bir sorun olduğunda ya da yeni bir uygulama için regülatör seçmek gerektiğinde basınç düşürmenin temellerine inilerek, regülatör tipleri ve seçim kriterleri konusunda bilgi sahibi olunmalıdır. Regülatör seçim kriterlerinden bir diğeri de korunum şartlarının aranmasıdır. Bir gaz basınç düzenleyicisinin görevi, sistem basıncını (regülatör çıkış basıncını) kabul edilebilir sınırlar içerisinde tutarak, sistem taleplerini karşılayacak şekilde geçen gaz miktarını ayarlamaktır [2-4].



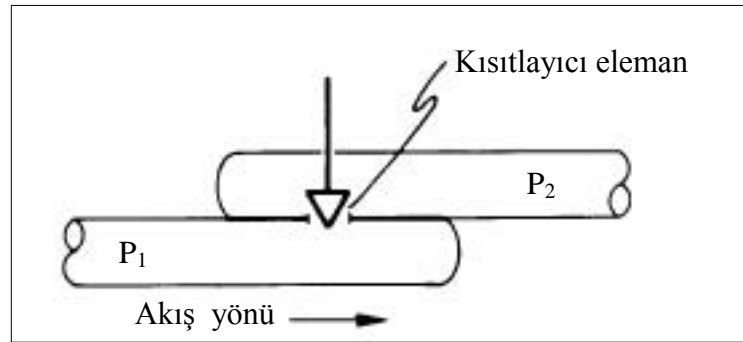
Şekil 2.3. Tipik bir gaz basıncı düzenleme sistemi [2].

Tipik bir gaz basıncı düzenleme sistemi Şekil 2.3’de görülmektedir. Regülatör kendisinden istenilen gaz miktarını ayarlayan bir vana ya da ekipmandan önce yerleştirilir. Eğer sistem tarafından çekilen gaz miktarı azalır, regülatörden geçen gaz miktarı da azalmalıdır. Aksi halde regülatör sisteme gaz verir ve  $P_2$  basıncı artar. Diğer yandan çekilen gaz miktarı arttığında, çıkış hattındaki gaz yokluğu nedeniyle,  $P_2$  basıncını sabit tutmak için regülatörden geçen gaz miktarı da artmalıdır. Bu basit sistemden anlaşılacağı gibi, regülatör tüketicideki donanımdan çekilen gaz miktarına eşit miktarda gazı hatta doldurarak çıkış basıncını sabit tutar. Regülatör genellikle çekilen gaz miktarına hemen karşılık verme yeteneğine sahip değildir. Eğer öyle olsaydı çekişin ani değişimlerinde çıkış basıncında bir değişim görülmezdi. Dolayısıyla, günlük hayattaki tecrübelerle dayanarak, ani gaz tüketim değişimleri ile  $P_2$  çıkış basıncında dalgalanma umulan bir durumdur. Verilen bir uygulama için regülatör seçerken sorulması gereken soru, regülatörün bu dinamik akış koşullarında performansının ne olacağıdır. Şekil 2.4’de şematik olarak bir regülatör bileşenleri görülmektedir [2-4].

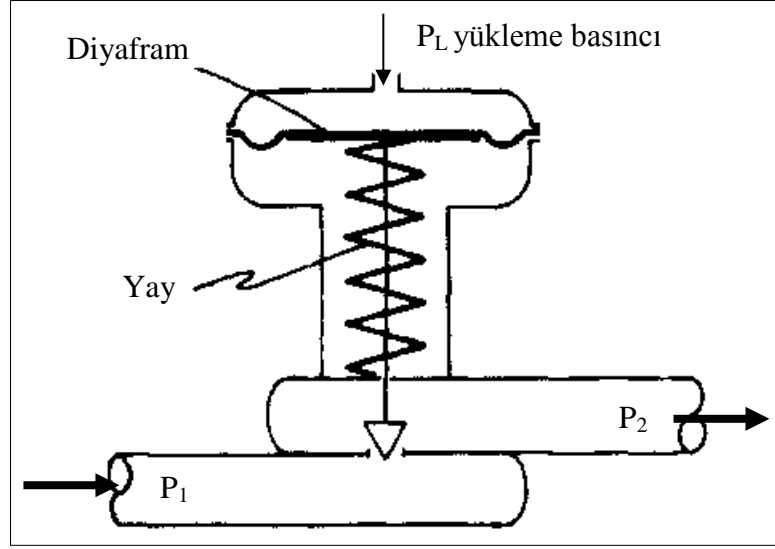


Şekil 2.4. Doğrudan etkili regülatör [2].

Regülatörün görevi sistemin ihtiyacı olan debiyi istenilen basınçta karşılamak olduğundan, regülatörün temel elemanlarından biri regülatörden geçen gazı sistem tarafından çekilen gaz miktarına göre ayarlayabilen ve bunun için değişken bir kısıtlama sağlayan kısıtlama elemanıdır. Şekil 2.4'de görülen doğrudan etkili regülatörde 10 numaralı parça ve Şekil 2.5'te şematik olarak iki farklı şekilde tipik bir kısıtlama elemanı şematik olarak gösterilmektedir. Bu eleman genellikle bir çeşit vana'dır. Kullanılan vana tek portlu küresel vana, kafes vana veya kelebek vana olabilir. Bu kısıtlamanın değişkenliğini sağlayabilmek için, kısıtlama elemanı üzerine bir çeşit yük uygulanmalıdır. Böylece ikinci temel eleman olarak, kısıtlayıcı elemana gerekli kuvveti sağlayan yükleme elemanı olduğunu söyleyebiliriz. Yükleme elemanı ağırlık, yay, diyafram, piston gibi pek çok değişik malzemelerden biri olabilir. Şekil 2.6'da gösterilen ve diyafram ile yaydan oluşan eleman en çok bilinen ve uygulanan yükleme elemanı tipidir [2-4].

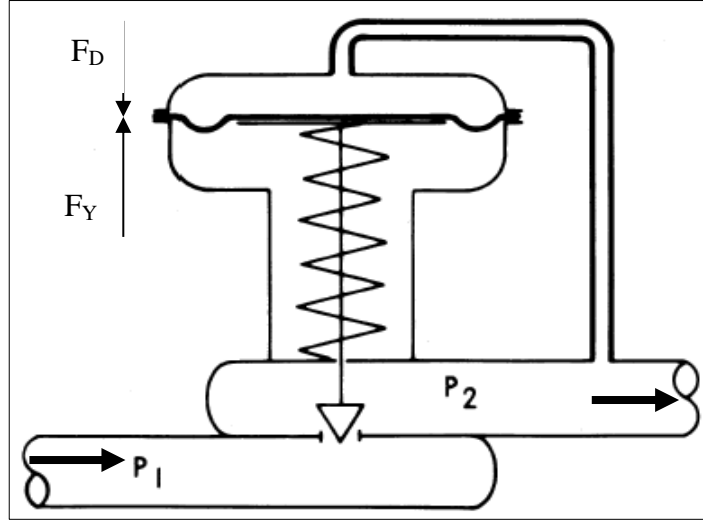


Şekil 2.5. Tipik bir kısıtlayıcı eleman [2].



Şekil 2.6. Tipik bir yüklemesi elemanı [2].

Kısıtlayıcı elemana gerekli hareketi sağlayacak yüklemesi kuvveti, yüklemesi basıncının ( $P_L$ ) diyafraam üzerine uygulanması ile elde edilir. Yay ise, hareketli parçaların ağırlığını yenmek ve basınç kuvvetinden biraz fazla bir kuvvetle regülasyonu sağlamak üzere ters yüklemesi kuvveti uygular. Sistem tarafından çekilen gaz miktarı ile regülatörden geçen gaz miktarının eşleştiği, yani gaz akışının doğru şekilde ayarladığı, bu iki akışın birbirine eşitlendiğini gösteren bir ölçüm elemanı ile mümkündür. Sistem basıncı  $P_2$ , bu iki akışın birbirine eşitlenmesinde doğrudan ilgilidir. Şayet kısıtlama elemanı sisteme gereğinden fazla gaz verirse  $P_2$  basıncı yükselecektir, gereğinden az miktarda gaz verirse basınç azalacaktır. Bu ilişki kullanılarak regülatörün gerekli akışı sağlayıp sağlamadığı ile ilgili bir ölçüm yapılabilir [2-4].



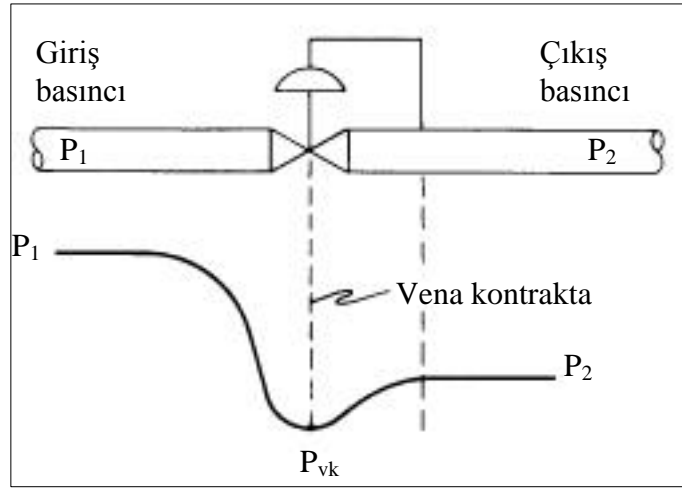
Şekil 2.7. Ölçüm elemanı eklenerek elde edilmiş bir regülatörün yapısı [2].

Manometreler, bourdon tüpleri, körükler, basınç göstergeleri, esnek diyaframlar bu amaçla kullanabilecek ölçüm elemanlarından bazılarıdır. Ne yapılmak istendiğine bağlı olarak bu elemanlardan bir tanesi diğerinden avantajlı olabilir. Ancak diyafram en çok kullanılan tiptir ve yalnızca bir ölçüm elemanı olarak değil aynı zamanda yükleme elemanı olarak da görev yapar. Eğer bu tipik ölçüm elemanı daha önce seçilen yükleme ve kısıtlama elemanlarına eklenecek olursa, Şekil 2.7’de gösterildiği gibi tam bir regülatör elde edilir.

Şayet kısıtlama elemanı sisteme gerektiğinden fazla gaz verir ise  $P_2$  yükselecektir ( $F_Y > F_D$ ). Diyafram ölçüm elemanı olarak, çıkış basıncındaki bu yükselmeyi algılayarak cevap vermek üzere yayı sıkıştıran bir kuvvet oluşturur. Bu kuvvetle kısıtlama elemanı sisteme giden gaz miktarını azaltır ve sistem dengeye ulaşır ( $F_Y = F_D$ ). Şayet regülatör sisteme gerekli gazı gönderemez ise  $P_2$  basıncı azalır, bu durumda diyafram yaya uyguladığı kuvveti ( $F_D$ ) azaltarak cevap verir. Böylece yay, azalmış olan diyafram kuvvetini yenerek sisteme daha çok gaz gitmesi için kısıtlama elemanını açar ve sistem tekrar dengeye ulaşmaya çalışır. Bu örnek, gaz basıncını düşüren regülatörlerin (DIN 3380 standardına uygun olarak) üç temel parça grubunun olduğunu göstermektedir. Bunlar kısıtlama grubu, yükleme grubu ve ölçüm grubudur. Bir sistem ne kadar karmaşık olursa olsun temel olarak bu üç unsuru içerir [2-4].

### 2.1.1. Kısıtlama Elemanı

Kullanılan kısıtlama elemanı şüphesiz bir çeşit vana olacaktır. Hangi tür vana kullanıldığından bağımsız olarak, vananın ana amacının akışa bir sınırlama getirmek olduğu unutulmamalıdır. Vananın oluşturduğu boğaz sayesinde sistemdeki basıncı yüksekten alçağa doğru değiştirmek mümkün olur. Vana boyunca meydana gelen basınç farkı gazın akışını sağlayan potansiyel bir enerji farkı meydana getirir. Bu durum bir tepeden suyun düşmesine benzer. Genel anlamıyla vana boyunca basınç farkı artırıldığı sürece potansiyel enerji artarak geçen gaz miktarı da artar. Gerçekte bu belirli bir kritik değere kadar doğrudur. Şekil 2.8’de gösterilen tipik bir regülatörde akış koşullarında basıncın vana boyunca nasıl bir dağılım sergilediği görülmektedir.

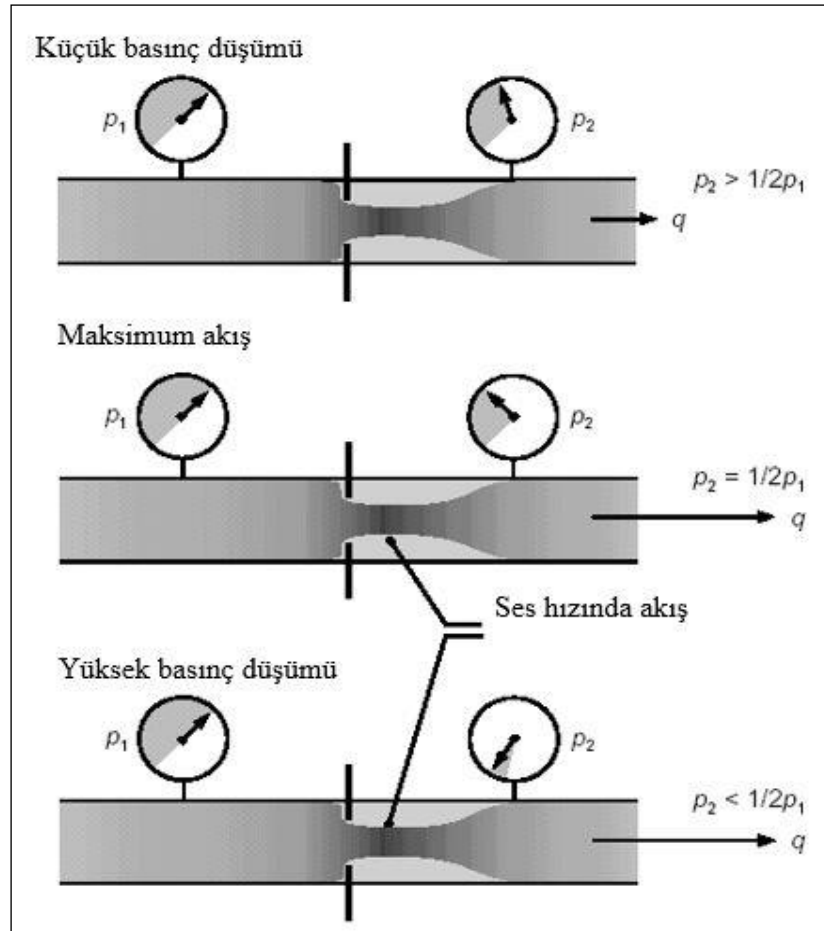


Şekil 2.8. Kısıtlayıcı vana boyunca akış basınç değişimi [2].

Vana hat üzerinde önemli bir kısıtlama noktası oluşturabilmesi için vana akış alanı borunun akış alanından önemli oranda küçük seçilir. Bu sistem boyunca sabit bir akış elde etmek istenirse, bu sınırlı alandan geçen gaz miktarının tüm borudan geçen gaz miktarına eşit tutulması gerekir. Bu durum sağlanmaya çalışıldığında kısıtlama noktasındaki gaz hızı borudakinden çok daha yüksek olacaktır. Bu akış elemanları içerisinde kısıtlamanın en çok olduğu noktada hız maksimuma ulaşacaktır. Bu nokta vena kontrakta olarak bilinir ve gerçek yeri orifisten biraz uzakta ve çıkış tarafına doğrudur. Hızda meydana gelen bu artış, potansiyel enerjinin yerine geçen kinetik



enerjide de artışa neden olur. Böylece Şekil 2.8 ve 2.9'da da görüldüğü gibi hızın maksimuma ulaştığı vena kontrakta noktasında basınç da minimuma düşer. Buradan sonra, gaz tekrar geniş boruya ulaştığı için basınç kaybının bir kısmı geri kazanılır ve buna basınç kurtarılması denir. Sabit basınç girişli bir vanada çıkış basıncı azaltılarak, vananın vena kontrakta noktasının girişindeki gaz kaynağına, iletilen basınç dalgaları ile çıkış tarafında direncin azaldığını işaret ederek daha fazla miktarda gaz geçirilir. Çıkış basıncı azalmaya devam ederken sistemin bütün noktalarındaki gaz hızı da artacaktır. Bu artış sürdürüldüğünde, sonunda vena kontraktada gaz hızı basınç dalgalarının hızına (ses hızı) ulaştığı bir noktaya varır. Artık ses hızına ulaşılan bu noktadan itibaren gaz akışı arttırılamaz. Çünkü, gaz hızı ses hızını aşmaya çalışırken basınç dalgaları gaz kaynağına daha önceki gibi ulaşamamaktadır. Ses hızına eşit, üzerinde veya altındaki akışlarda giriş ve çıkış basıncı arasındaki ilişki Şekil 2.9'da görülmektedir [2-4].



Şekil 2.9. Akışın orifis noktasındaki basınç değişimleri [2].



parametredir. Vena kontrakta basıncını pratikte ölçmek zor olduğu için debi ölçümünde toplam basınç farkının kullanılması zorunluluğu doğar. Toplam basınç kaybı büyük oranda vana tipine bağlı olduğundan, basınç düşümü ve debi ilişkisini kurabilmek için tecrübe ve deneylere gereksinim vardır. Vanadaki basınç düşümü miktarını artırarak geçen akışkan debisi arttırılabilir. Basınç farkını arttırmak için çıkış basıncı  $P_2$  düşürülürse, kritik noktaya ulaşıldıktan sonra çıkış basıncı  $P_2$ 'yi düşürmek debiyi arttırmayacaktır. Şayet tersi düşünülürse, debi artırımını giriş basıncını arttırmak sureti ile kritik noktaya ulaştıktan sonra da sürdürebilir. Bu durumda halâ vena kontraktada ses hızında akış vardır ve akış alanı değişmemiştir. Ancak giriş basıncını arttırmak vanaya giriş yapan gazın yoğunluğunu da artırır. Böylece regülatörden geçen her  $m^3$  gaz yerine standart  $m^3$ 'de daha fazla gaz geçecektir. Bunun etkisi olarak akış miktarı artmamış olmasına rağmen standart  $m^3$ /saat değeri artmaktadır. Bu da debiyi artırmanın başka bir başka yoludur [2-4].

### 2.1.2. Yükleme Elemanı

Regülatörlerin birçoğu yaylıdır. Yay-diyafraam ikilisi kullanılan en genel ve en yaygın yükleyici elemanlardır. Tasarım açısından bakıldığında malzeme, yay çapı, tel çapı, serbest yay boyu ve sarım sayısı gibi pek çok yay faktörü vardır. Ancak gazla uğraşan uygulamacılar açısından bakıldığında tek bir yay faktörü vardır, o da yay sabitidir. Yay sabiti ( $k$ ), yayı 1 birim sıkıştırmak için gerekli olan kuvvet miktarı olarak tanımlanır. Örneğin, yayı 1 cm sıkıştırmak için 60 N gerekiyorsa, yay sabiti 60 N/cm olarak belirlenir. Normal operasyon aralığında yay sabiti ile kuvvet arasında doğrusal bir ilişki vardır. Yani aynı yayı 1.5 cm sıkıştırmak için gerekli kuvvet 90 N'dur. Bu örnekten anlaşılacağı gibi aşağıdaki basit ilişki yazılabilir.

$$F = k x \quad (2.1)$$

Yay kullanılmasının sağladığı en önemli avantaj, bir yönde yükleme kuvveti sağlanmasıdır. Yayı sıkıştırmak için gerekli olan enerji diğer yönden sağlanmalıdır. Bu kuvvet genellikle diyafraam üzerine etki eden çıkış basıncı ile elde edilir. Yayın ayarlanan değere göre kısıtlayıcı bir pozisyon almasıyla çıkış basıncı belirlenir. Bu

durumda yay ve ona karşılık gelen çıkış basıncı denge durumundadırlar. Gaz debisi değerlerinin değişmesine göre çıkış basıncı da değişir. Bu değişimle birlikte yay kuvveti ile kontrol basıncının arasında bir fark kuvvet oluşarak, kısıtlayıcı elemanın hangi yönde (açma-kapama) ve ne kadar hareket edeceği belirlenir. Basıncıtan söz edildiği zaman, bunun bir alan üzerine eşit olarak dağılmış kuvvet olduğu anlaşılır. Bunu tanımlayan bağıntı:

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$

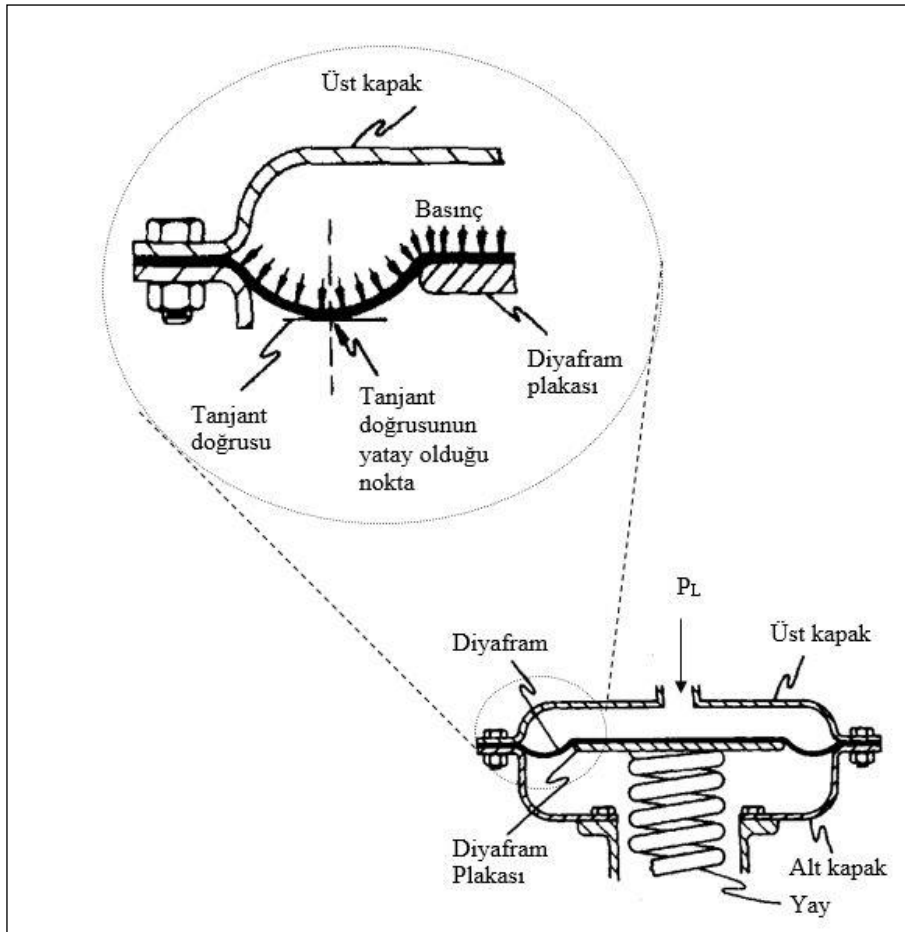
Buradan da ( $F = P.A$ ) basit dönüşümü yapılarak, örneğin diyafram gibi belli bir alanı olan bir yüzeye uygulanan kuvvet kolayca hesaplanabilir. Bu iki temel bağıntı anlaşıldığında, basınç regülasyonunun temelleri de anlaşılmış olur [2,5].

### 2.1.3. Ölçüm Elemanı

Yaygın olarak kullanılan gaz basınç ölçüm elemanları diyaframlardır. Diyafram basit, ekonomik, çok yönlü, bakımı kolay ve hareket etmesi için başka bir parçaya ihtiyaç duymayan bir ölçüm elemanıdır. Diğer bir ifade ile, aynı diyafram hem ölçüm elemanı hem de yükleme elemanı olarak başka bir donanıma gerek duymadan görev yapabilmektedir.

Şekil 2.11'de görüldüğü gibi yükleme basıncı ( $P_L$ ) diyaframın tüm dış yüzeyine uygulanmaktadır. Üzerine basınç uygulanan bu diyaframın çapı üst kapak iç çapına eşittir. Şayet dikkatli olunmazsa bu noktada bir yanılgıya düşülür. Çünkü tüm dış yüzeye basınç uygulanması bu alanın tümünün yükleme kuvveti açısından kullanışlı olduğu anlamına gelmez. Gerçekte durum yeniden analiz edilir ve incelenirse kullanılabilir tek alanın diyafram plakası olduğu görülür. Çünkü yalnızca bu alanda oluşan basınç kuvveti gerçekten yaya iletilebilir. Şayet basıncın böyle uygulandığı düşünülürse yine yanılgıya düşülür. Doğru cevabı bulabilmek için diyaframın plaka ile kapak arasında, boşlukta kalan kısmının kesiti incelenmelidir. Burada diyafram herhangi bir desteğe sahip değildir ve basıncın etkisi ile içbükey bir biçim alacaktır.

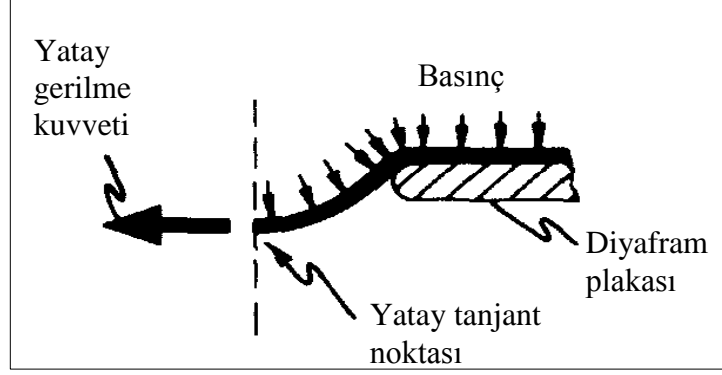
Şekil 2.11'deki kesit resmi diyaframın içbükey şekli üzerinde basıncın eşit olarak nasıl dağıldığını gösterir. Bu şekil incelendiğinde sadece bir noktada tanjantın yatay olduğu görülür. Bu noktaya dik olarak kesikli çizgi ile gösterilen hat diyafram kıvrımını iki bölüme ayırır. Diyafram esnek bir malzeme olduğu için kesme ve basma kuvvetleri oluşmaz. Oluşan tek kuvvet gerilme kuvvetidir ve bu da herhangi bir noktada diyaframa paralel olarak oluşur. Şayet Şekil 2.11'deki kesişme noktası dikkate alınır, tanjantın yatay olduğu bu noktada gerilme kuvveti de yatay olacaktır [3,5].



Şekil 2.11. Regülatör diyafram takımı [2].

Yatay tanjant noktasının solunda kalan kısma etkiyen basıncın oluşturduğu kuvvet diyafram plakasına yalnızca diyafram malzemesi boyunca iletilebilir. Yatay tanjant noktasında bu kuvvet Şekil 2.12'de gösterildiği gibi yataydır ve bu yüzden diyafram plakasının yukarı ve aşağı hareketi üzerinde bir etkisi yoktur. Diğer bir ifade ile,

yatay tanjant noktasının solunda kalan alan etkili bir alan değildir. Bu yüzden bir alan üzerine uygulanan kuvvetin eşitliği olan ( $F=P.A$ ) kullanılırken etkin alan kullanılmalıdır.

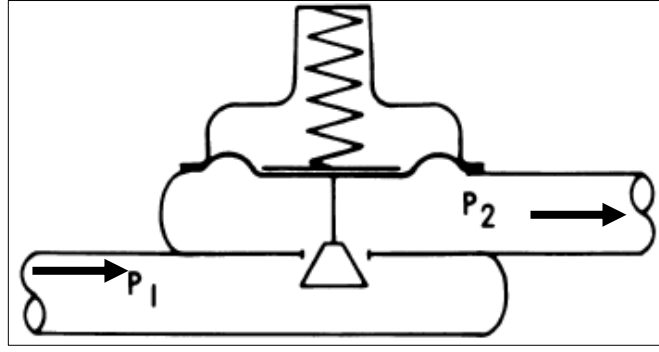


Şekil 2.12. Diyafram üzerindeki gerilme kuvvetleri [2].

## 2.2. DOĞRUDAN ETKİLİ GAZ BASINÇ REGÜLATÖRLERİ

### 2.2.1. Yay Etkisi

Şekil 2.13’de görülen sabit akış koşullarında çalışan bir regülatör (normalde açık) dikkate alınırsa bu regülatörde vana tapası diyaframa uygulanan basınç kuvveti ve buna karşı koyan yay kuvveti ile dengededir. Burada dikkat edilmesi gereken regülatörün tasarımı dolayısıyla, tam açık konumu ile tam kapalı konumu arasındaki vana tapasının hareket etme mesafesinin değişmez olduğudur. Bir diğer dikkat edilmesi gereken nokta ise regülatörün tasarımı açısından normalde açık ya da normalde kapalı olduğuna dikkat edilmesidir. Buradaki örnekte normalde açık regülatör kullanılacaktır.



Şekil 2.13. Tipik doğrudan işletmeli regülatör örneği [2].

Bu karşılıklı iki dengelenmiş kuvvet, önceki bölümlerde ifade edilen denklemlerle aşağıdaki gibi gösterilir.

$$P_2 A = k x \quad (2.3)$$

Yukarıdaki eşitlik kullanılarak,  $k=280 \text{ N/cm}$ ,  $A=516 \text{ cm}^2$  ve  $x=7.62 \text{ cm}$  olması durumunda yayın çıkış basıncı değişimindeki etkisi belirlenebilir. Burada vana tapasının tam açık konumunda yayın önceden ayarlı ve 2.54 cm kadar sıkıştırılmış olduğu varsayalım. Bu varsayımın nedeni, daha sonra akışı kesme ya da azaltma konumuna geçecek olan vana tapasını hareket ettiren yayın, toplam sıkışma mesafesinin bilinmesinin gerekliliğidir.

Birinci durumda sistemden gaz çekişinin azaldığı görülürse, regülatör daha fazla gaz vermeyi durduracak ve vana tapası kapalı konumuna yaklaşacaktır. Vana tapası 5.08 cm kadar sıkışma gösterdiğinde, kontrol edilen çıkış basıncının ( $P_2$ ) diyafram üzerine uyguladığı basınç kuvveti,

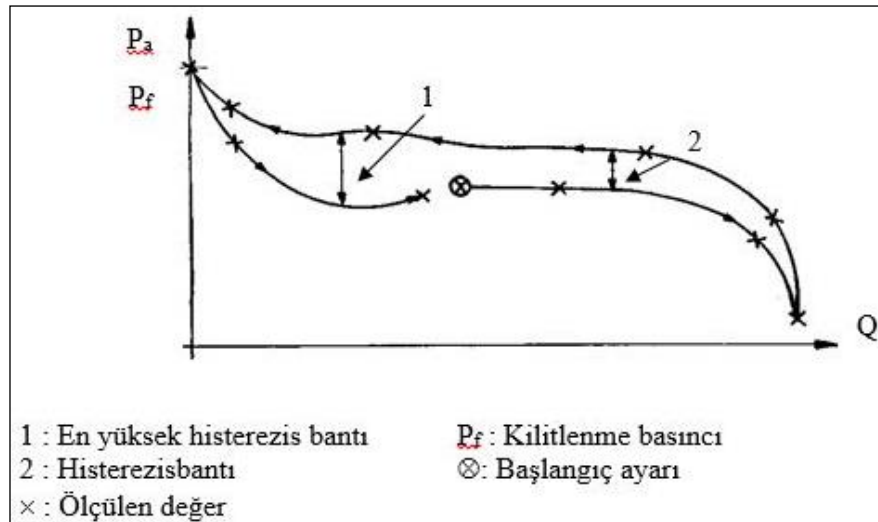
$$P_2 = \frac{(280)(7.62)}{(516)} = 4.13 \text{ N/cm}^2 = 413 \text{ mbarg}$$

olarak hesaplanabilir. Bir süre sonra sistemden gaz talebinin arttığını düşünülürse, regülatör bu maksimum talebi karşılamak üzere sisteme gaz vermeye başlayacaktır. Regülatörün bunu yapması için  $P_2$  basıncının düşmesi gerekir, böyle olduğu için basınç kuvveti yay kuvvetine yenilerek denge anına kadar vana tapası tam açık

konumuna gelir. Yay bu durumda önceki ayar değerine ulaşır ve 2.54 cm kadar sıkışır. Yayın bu sıkışıklığını karşılayan  $P_2$  kontrol basıncı da,

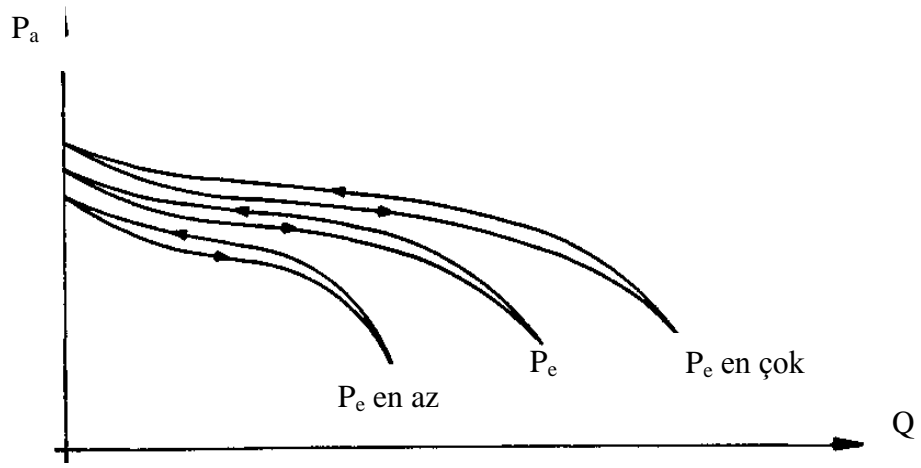
$$P_2 = \frac{(280)(2.54)}{(516)} = 1.378 \text{ N/cm}^2 \cong 138 \text{ mbarg}$$

gibi bir değere eşit olur. Buradan anlaşılacağı gibi, regülatör maksimum akış için 138 mbarg değerine ayarlıdır. 413 mbarg değerine ancak akışın azalmasıyla ulaşılır.  $P_2$  çıkış basıncı debinin azalması ya da artmasıyla, diğer bir ifade ile vana tapasının gerekli debiyi karşılaması için pozisyon almasıyla değiştiği görülür. Bu değişimin minimum ve maksimum değerleri yayın tam akış koşulundaki ilk ayarlanan değerine bağlıdır, ancak bu özelliklerde yay ve diyafram için görülen fark değişim, hesaplamalarda görüleceği gibi sabit kalır. Bu da yayın basınç değişimi üzerinde gösterdiği etkidir. Yay hangi değere ayarlanırsa ayarlanırsa yayın bu etkisi aynı olacaktır. Kontrol edilen basınçta, debi artışıyla görülen bu düşüşe drop denir. Sabit giriş basınçlı regülatörlerin kontrol basınçlarında debinin değişmesiyle bu şekilde düşmeler görülür. Kontrol basınç değişiminin maksimum ve minimum değerleri arasında kalan aralık histerezis bantı olarak tanımlanır ve ortaya regülatörün performans eğrisi çıkar. Verilen ayar noktası ( $P_a$ ) için hiçbir donanım değiştirilmeden belirlenen farklı giriş basıncının ( $P_e$ ) her bir değeri için Şekil 2.14 ve 15'de görüldüğü gibi performans eğrileri takımı elde edilir [2,5].



Şekil 2.14. Sabit  $P_a$  ve  $P_e$  için performans eğrisi [2].



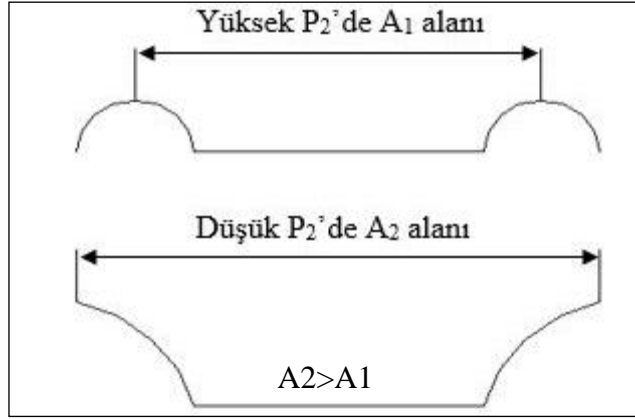


Şekil 2.15.Sabit Pa değerleri için performans eğrileri [2].

### 2.2.2. Diyafram Etkisi

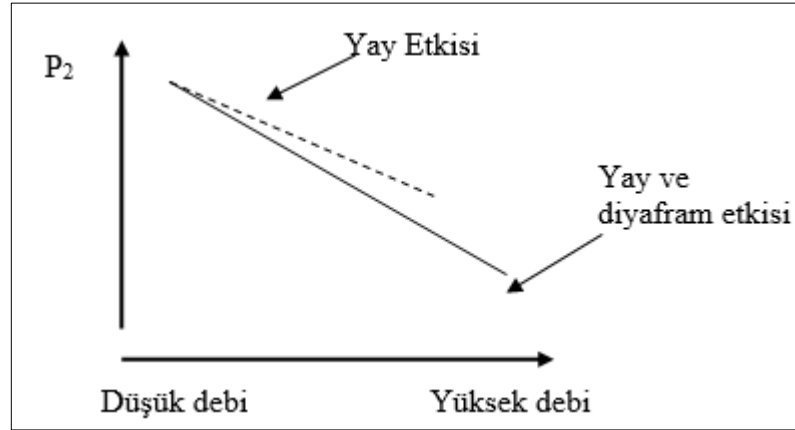
Yukarıdaki örnekte histerezis bandının yay etkisi ile oluştuğu belirtilmesine karşılık, bu örnekte regülatör diyafram etki alanının sabit olduğu varsayımı ile yapılmıştır. Eğer bu etki alanının değiştiği hatırlanırsa, histerezis bant sınırının belirlenmesinde ve duyarlı doğrulukla çalışmasında etkili olduğu görülür. Vana tapası tam kapalı konumunda, yay da maksimum sıkıştırılmış değerinde iken etkin alanın  $516 \text{ cm}^2$  olduğu, tam açık konumunda ise bundan daha büyük bir değerde olacağı ve verilen örnek için bu değer  $645 \text{ cm}^2$  olarak kabul edilsin (Şekil 2.16). Yukarıdaki örnekte diyafram etki alanının sabit olduğu kabulü ile histerezis bant değeri  $275.2 \text{ mbarg}$  iken, bu alanın sabit olmadığı yaklaşımla bu değer ne olduğunu aşağıda görülür.

$$\begin{aligned}
 \text{HB} &= (P_2)_{\text{min debi}} - (P_2)_{\text{max debi}} \\
 &= \frac{(280)(7.62)}{(516)} - \frac{(280)(2.54)}{(645)} \\
 &= 413 \text{ mbarg} - 110.2 \text{ mbarg} \\
 &\cong 301 \text{ mbarg}
 \end{aligned}$$



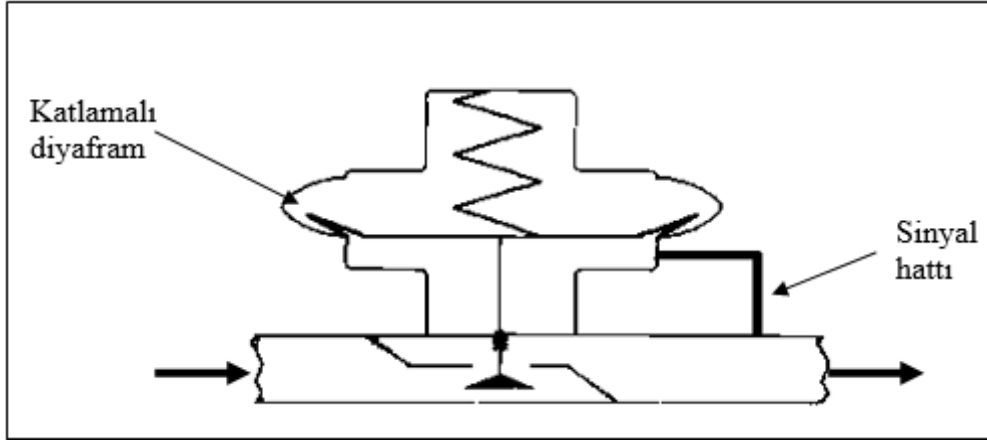
Şekil 2.16. Basınç diyafram etkili alan ilişkisi [6].

Bu sonuç üzere histerezis bant değerinde bir önceki örneğe göre 25 mbarg kadar bir artış oluşturmuştur. Sonuç olarak, histerezis bantı ve basınç düşümü Şekil 2. 17'de görüldüğü gibi, yay ve diyaframın fonksiyonudur.



Şekil 2.17. Yay ve diyafram etkisiyle basınçta görülen düşme.

Regülatörün performansı açısından histerezis bantı olabildiğince dar ve küçük olması istenir. Özellikle diyaframın etkisini azaltmak için, diyafram plakası üzerinde durmayan diyafram parçasının kenarlarını basınç altında kaldığında gerilme kuvveti yaratmayacak, Şekil 2.18'de görüldüğü gibi akordeon tarzı katlamalı diyaframlar üretilmektedir. Ancak büyük diyafram etki alanına sahip regülatörler, küçük basınç değişimlerinin ölçüldüğü düşük basınçlı uygulamalarda kullanılabilir. Buna evlerdeki gaz dağıtımında kullanılan servis regülatörleri örnek olarak verilebilir [2].

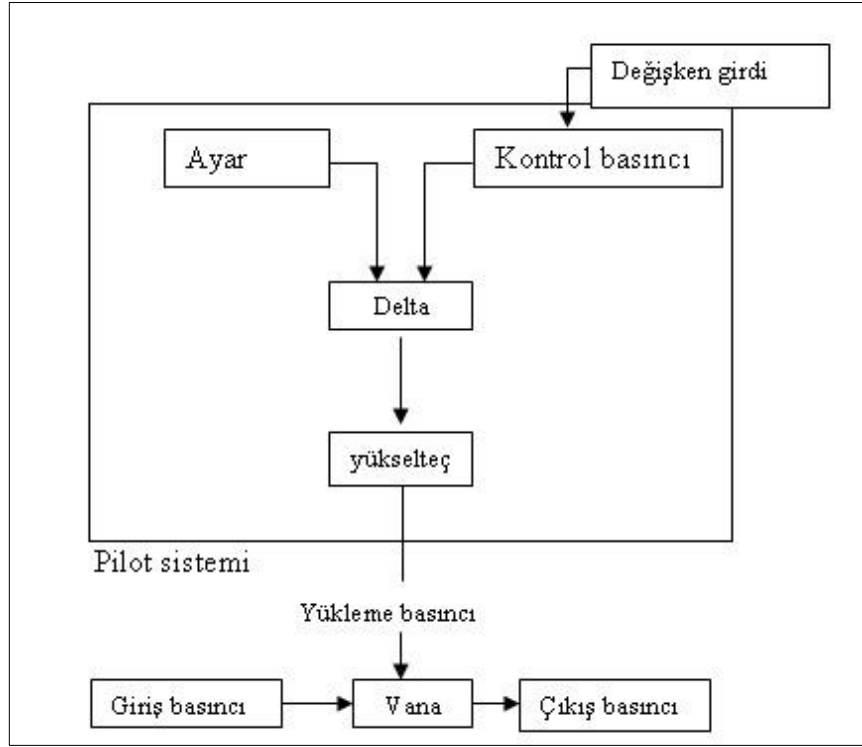


Şekil 2.18. Doğrudan işletmeli regülatörde akordeon tarzı katlamalı diyafram [2].

### 2.3. PİLOT KONTROLLÜ GAZ BASINÇ REGÜLATÖRLER

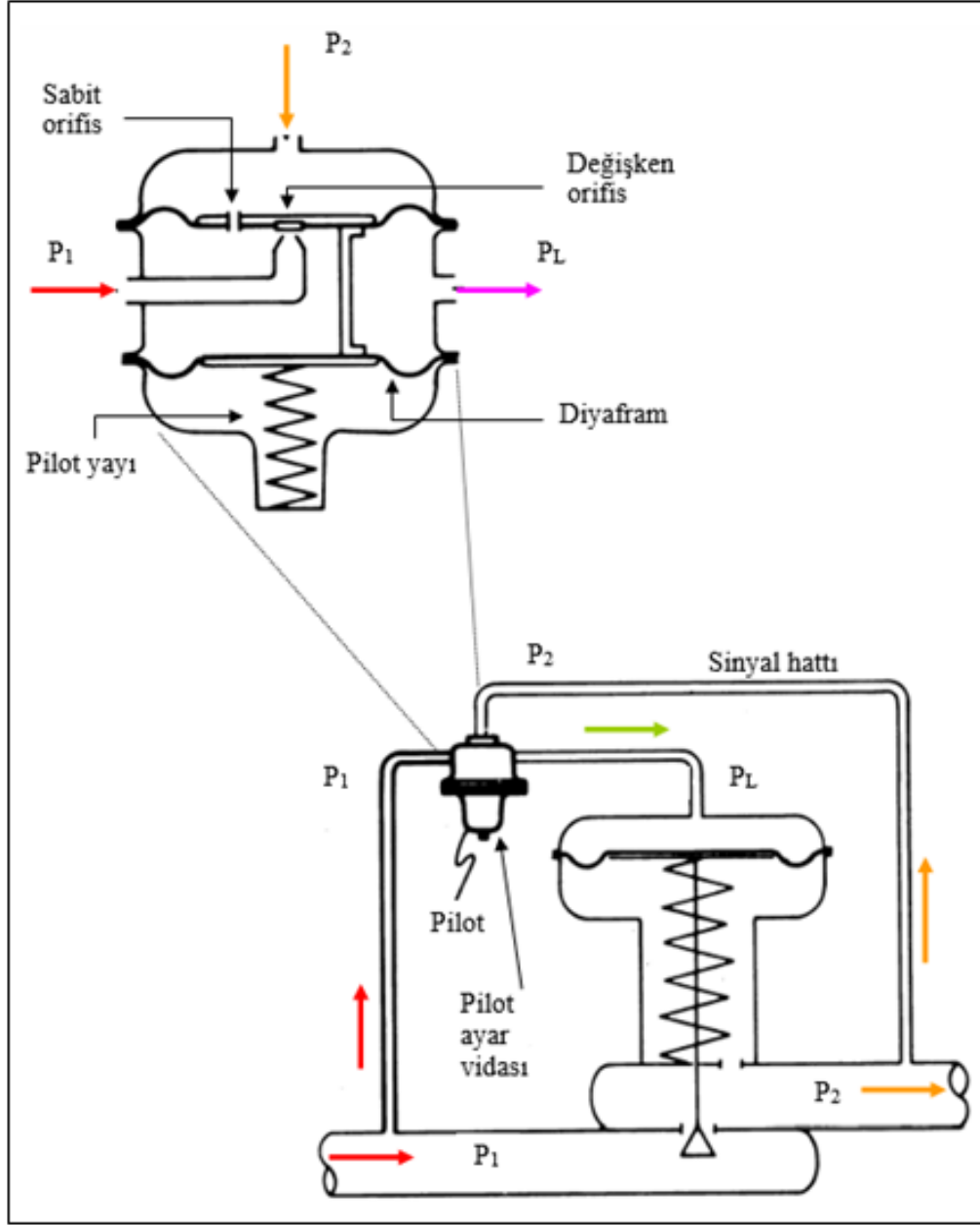
Histerezis bant aralığını küçültmek yada daraltmak için yapılması gerekenler yumuşak yay kullanmak, etkin diyafram alanını sabitlemek ya da vana tapasının aldığı yolu değiştirmektir. Eğer bunlar yetersiz ve pratik gelmiyorsa, histerezis bantı bir hayli etkileyecek ölçüm ya da sinyal hatlarına bağlanan basınç dalgası yükseltici ayarlayıcılar (amplifikatörleri) kullanılır. Bunların bir diğer adı da pilottur. Doğrudan işletmeli regülatörlerinkine benzer elemanları ile pilotlu bir regülatör şematik olarak Şekil 2.19’da görülmektedir.





Şekil 2.20. Pilotun basıncı algılamasını şematik gösterimi.

Tipik bir pilot, Şekil 2.21’de gösterildiği gibi basınca duyarlı, hızlı hareket edebilen ikili diyaframdan oluşmuştur. Bu diyafram takımına hareketi veren yay kuvveti,  $P_L$  yükleme basıncı ve  $P_2$  çıkış basıncı arasındaki farktır. Bu diyafram  $P_2$  çıkış basıncındaki değişimlere göre, regülatörden geçen debiyi ayarlamaktadır. Şekilde görülen değişken orifisin en büyük açılabilirliği, sabit orifisin açıklığından büyük olmalıdır. Sistemin beslemesini genellikle regülatörün girişinden alınan  $P_b$  basıncı ile sağlamaktadır. Şayet çıkış basıncı  $P_2$  artırılırsa değişken orifisin nozzle açıklığı azalır ve bu halde iken sabit orifisteki akış, değişken orifisininkinden daha büyük olur. Bu olay bize yükleme basıncı  $P_L$  ile çıkış basıncı  $P_2$ ’nin arasında ters orantının olduğunu gösterir. Bu şekilde,  $P_2$  çıkış basıncındaki en ufak değişiklikleri algılayabilen ve buna karşılık değişken orifisi kapatıp açabilen verimi yüksek pilotlar dizayn edilebilir. Yani  $P_2$  basıncındaki çok küçük azalmalar  $P_L$  basıncında büyük değişimler yaratabilir.



Şekil 2.21. Pilot kontrollü regülatör ve pilot örneği [2,6].

Pilotun amacı çıkış basıncındaki değişimleri algılayıp, bununla diyafram üzerine uygulanan  $P_L$ 'de daha büyük değişimler meydana getirmektir. Bu durum, pilot sisteminin verimi şeklinde de tanımlanabilir [2,5,6].

$$\text{Verim} = \Delta \text{Çıkış} / \Delta \text{Giriş} \quad (2.4)$$

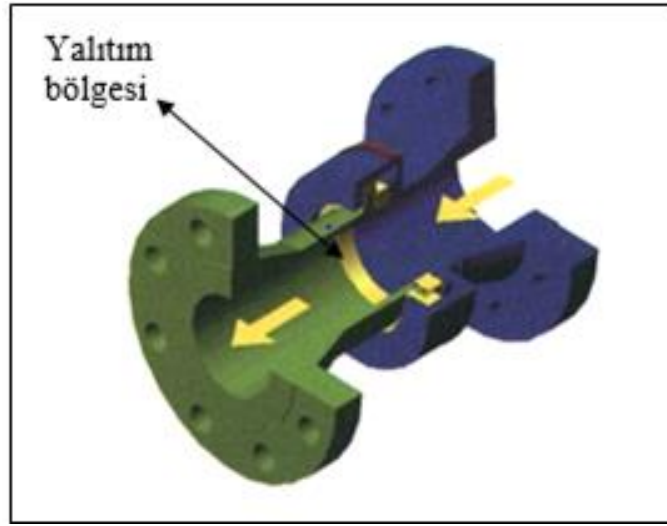
Şayet regülatörün verimi % 20 ise,  $P_2$  çıkış basıncındaki 1 mbar'lık değişim, regülatör diyaframına uygulanan  $P_L$  yükleme basıncında 20mbar'lık bir değişime neden olacaktır. Verim değeri 20 olan pilotlu regülatörde aynı debideki değişimi karşılamak için, kontrol basıncındaki ( $P_2$ ) 1/20'lik değişim, regülatör diyaframı üzerine gerekli kuvvet değişimi sağlanabilir. Bu teknik sayesinde regülatörü HB değeri 20 kat düşürülmüş olur. Pilot kullanılarak daraltılan HB ile regülatörden geçen kapasite arttırılır. Bu yüzden büyük kapasiteli servis hatlarında pilot kontrollü regülatörler kullanılmaktadır. Önceki örnekte HB değeri 301 mbar olan regülatör, verimi yüzde 20 olan pilotlu regülatörle karşılaştırıldığında, bu değer sadece 15.05 mbar olur. HB değerindeki bu kadar büyük bir fark elde ediliyor olması, normal olarak piyasada kullanılan bütün regülatörlerin niçin pilotlu olmadıkları sorusunu akla getirir. Bunu iki nedeni vardır: ekonomi ve kararlılık. Pilotlu regülatörler doğrudan etkili regülatörlerden oldukça pahalıdır ve histerezis bantında ki iyileştirme ile bu maliyeti altına girmeye neden olmayabilir. Diğer yandan pilot verimi, regülatör verimini ve duyarlılığını arttırır. Şayet sistem verimi çok fazla artarsa, sistem kararsız olur ve regülasyonda salınım görülmeye başlar. Şekil 2.21'de dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta da,  $P_L$  yükleme basıncını tahliye etmek gerektiğinde atmosfere değil, regülatörün çıkışına yapılmasıdır. Bunun için  $P_L$  yükleme basıncının  $P_2$  kontrol basıncından büyük olması gerektiğine kesinlikle dikkat edilmelidir. Bunu gerçekleştirmenin yolu ise diyaframın altındaki odacıkta  $P_2$  basıncını bulundurmaktır [2,5,6].

#### **2.4. İSTASYON DONANIMLARI**

Büyük hacimli gaz tüketimlerinde yüksek hat basıncı ile gelen gaz, tüketim öncesi emniyetli bir şekilde basıncı düzenleyecek ve ölçüm yapacak RMS-A istasyonları bulunmaktadır. Bu istasyonlar regülatörler, hacim ölçme sayaçları ve ölçülen hacimleri standart şartlara çeviren hacim düzelticiler, gazı temizleyen filtreler ve bazı emniyet cihazlarından oluşurlar. Bazı özel yerlerde gelen gazın basıncı yüksekse, istasyonda basınç düşürme esnasında meydana gelecek soğumayı dengelemek için istasyon girişlerinde gaz ısıtıcıları kullanılır [2-5].

### 2.4.1. Yalıtım Contası

Yalıtım contası istasyon giriş ve çıkışına, istasyonu kaçak akımlardan ve galvanik koruma sağlamak üzere yerleştirilen bir donanımdır. Bu donanım istasyonun öncesi ve sonrası gaz şebeke borusunun PE yada çelik hat olmasına bağlı olarak ve gerekirse kullanılır. PE hatlarında yalıtım contasına ihtiyaç yoktur. Şekil 2.22’de görüldüğü gibi yapımında karbon çelik kullanılmış ve her iki tarafı bakım kolaylığı sağlaması açısından kaynaklı değil, kullanılacak boru ölçüsünde flanşlı yapılıdır.

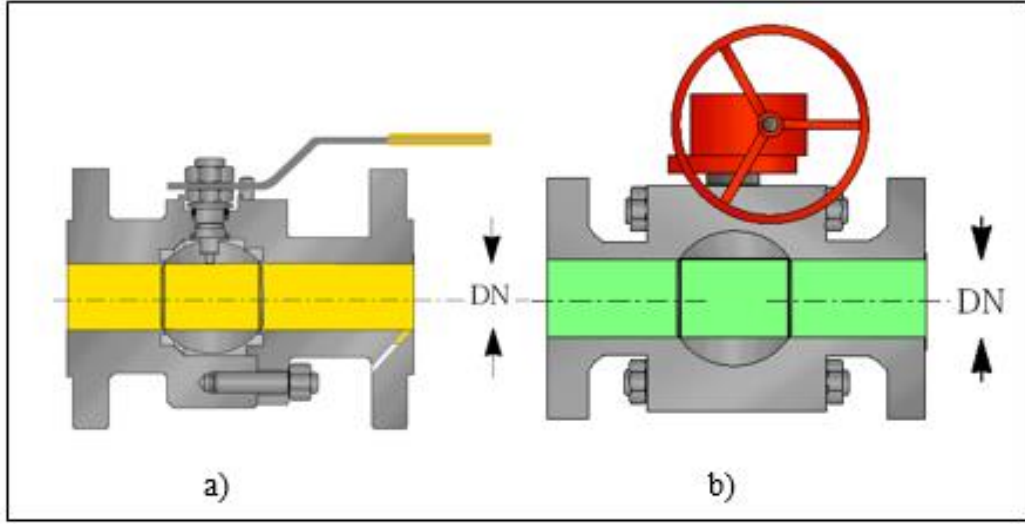


Şekil 2.22. Yalıtım contasının kesit görünümü [2,5].

### 2.4.2. Giriş Vanası

İstasyon girişinde genellikle Şekil 2.23’de görüldüğü gibi API 6D ANSI B31.8 standartlarında yüksek basınca ve gazla gelen partiküller karşısında aşınmaya dayanıklı, yangınlarda güvenli, yüzer veya trunion (simit kontrollü) tip küresel vanalar kullanılır. ANSI B31.8 standardına göre, gaz sistemlerini (basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarını) besleyen kaynaklarda güvenli gaz kesintisi sağlayacak sistem giriş açma-kapama vanaları bulunmalıdır. Otomatik emniyet kapama vanaların bulunması bu şartı sağlaması için yeterli değildir [2-5].





Şekil 2.23. Yüzer tip vana (a), Trunion tip vana örneği (b) [2].

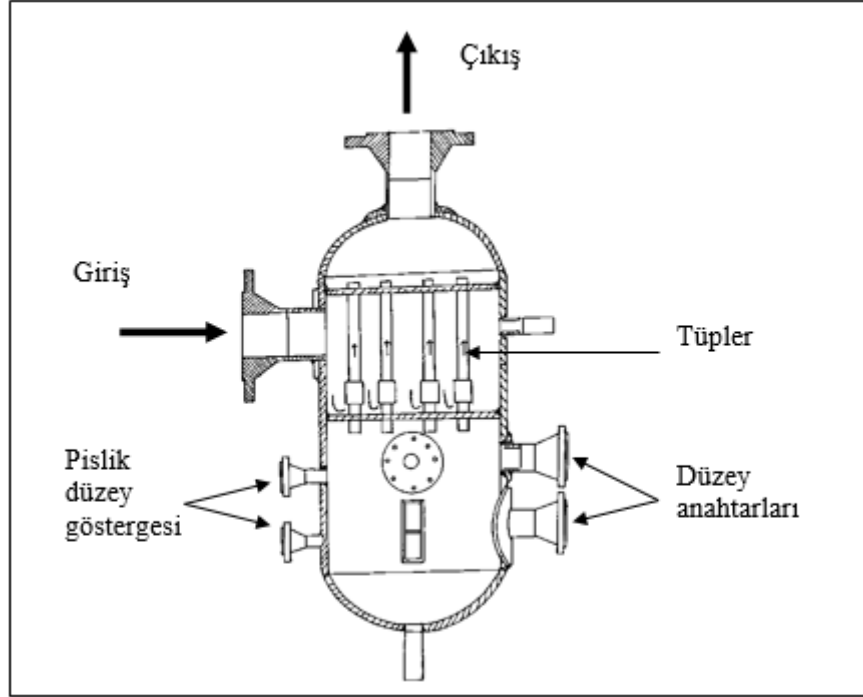
### 2.4.3. Filtreler

Doğal gaz dağıtım sistemlerinde bulunması olası katı ya da sıvı istenmeyen pislikler, basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında olduğu kadar tüketiciye ait donanımlarda da çeşitli zararlar verebilirler. Bu zararların önlenmesi, istasyon girişine konulan kartuş ya da siklon tipi filtrelerle küçük parçacıkların ayrıştırılması ile mümkündür. Şekil 2.24'de siklon tip, Şekil 2.25'de kartuş tipi filtreler görülmektedir [2-5].

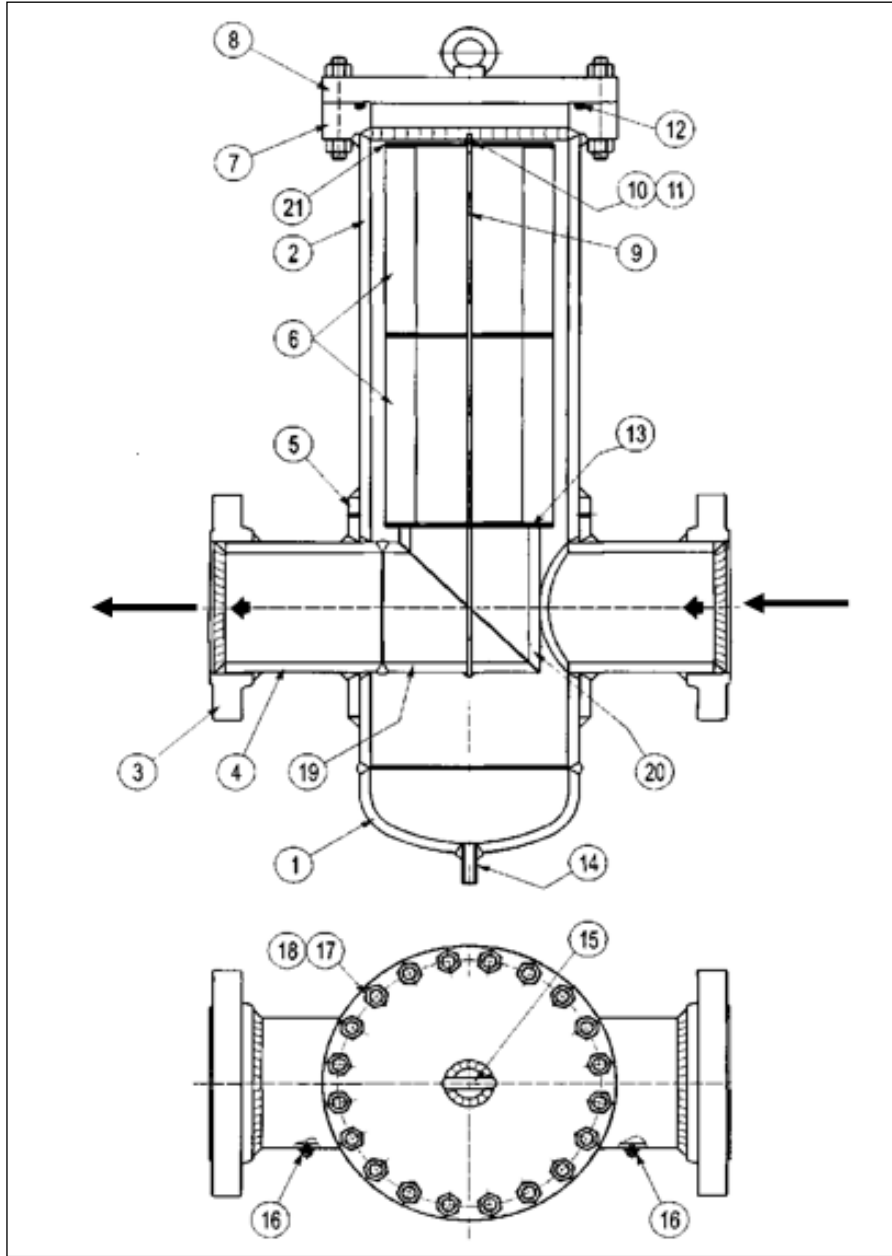
#### 2.4.3.1. Siklon Filtreler

Siklon tip filtrelerde gazın içindeki katı ya da sıvı parçacıklar merkezci kuvvetten yararlanılarak ayrıştırılır. Katı veya sıvı parçacıklar içeren gaz filtreden içeri girdikten sonra eşit çaplı borulardan oluşmuş tüp demetine doğru akar. Burada, eşit hıza sahip gaz akımlarına ayrılır. Daha sonra her akış kolu, siklon pervane kanadıyla dönme hareketine çevrilir. Büyük bir dönme hızı ve kuvveti oluşur. Gazdan daha yoğun olan katı ve sıvı parçacıklar merkezci kuvvet etkisi ile siklonun duvarına çarparlar ve filtrenin altında toplanırlar. Gaz ise yukarı kısımdan çıkar. Siklon tüp demetindeki büyük hız aşınmaya yol açacağı için bu tüplerin malzemesi buna uygun seçilmelidir. Filtrenin altında toplanan katı ve sıvı parçacıkların düzey göstergeleri, bu depoların otomatik boşaltma sistemi ve arıza olduğunda ya da depo otomatik

olarak boşaltılmadığında çalışacak uyarı sistemi bulunmalıdır. En son önlem olarak da filtrenin kendi kendini devre dışı bırakacak sistemi olmalıdır [2-5].



Şekil 2.24. Siklon tip filtre [2].



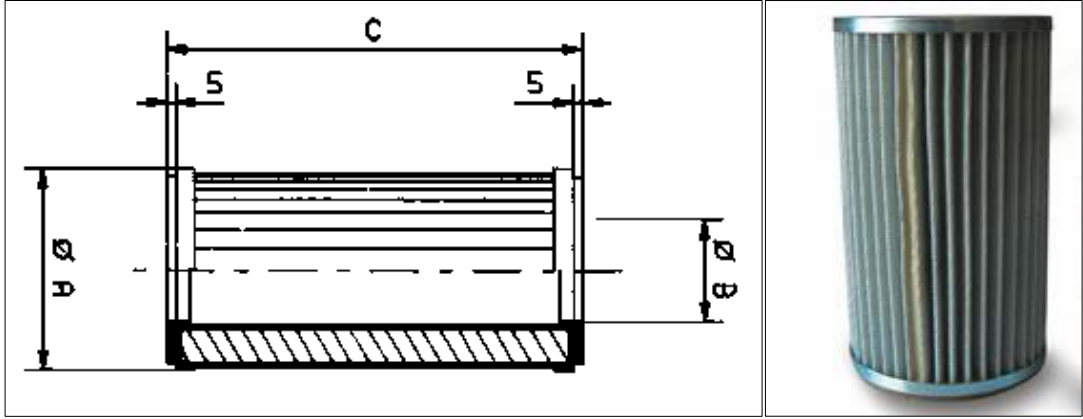
Şekil 2.25. Akış eksenli kartuşlu filtre [2].

Çizelge 2.1. Kartuşlu filtrelerin parçaları.

No	Parça adı	No	Parça adı
1	Başlık	12	O-ring
2	Kartuş muhafazası	13	Kartuş oturma yüzeyi
3	Flanş	14	Boşaltma
4	Ağızlık	15	Kapak kaldırma elemanı
5	Güçlendirme plakası	16	Tredolet
6	Filtre kartuşu	17	Cıvata
7	Muhafaza flanşı	18	Somun
8	Filtre kapağı	19	Boru
9	Cıvata	20	Boru
10	Somun	21	Kartuş üst yüzeyi
11	Pul		

#### 2.4.3.2. Kartuşlu Filtreler

Kartuşlu filtrelerde gaz ve içerdiği parçacıkların ayrıştırılması için, Şekil 2.26 ve Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi gaz polyester kumaş, pamuk gibi malzemelerden geçirilir. Gaz hızının kartuşa zarar vermemesi ve aşınmayı önlemek için giriş kısmına bir hız saptırıcısı yerleştirilir. Kartuşlardaki basınç düşümü 100 mbarg'dan az olmalıdır. Kartuş üzerinde zamanla biriken toz tabakası temizleme verimini arttırmaya karşılık, yüksek basınç düşümüne neden olur. Bu nedenle kartuşlar belli aralıklarla basınçlı hava ile temizlenmeli ve gerekiyorsa değiştirilmelidir. Basınç düşümünü gösterecek basınç göstergeleri ve gerektiğinde önce uyarıcı, daha sonra devre dışı bırakan güvenlik sistemleri filtre üzerinde yer almalıdır.



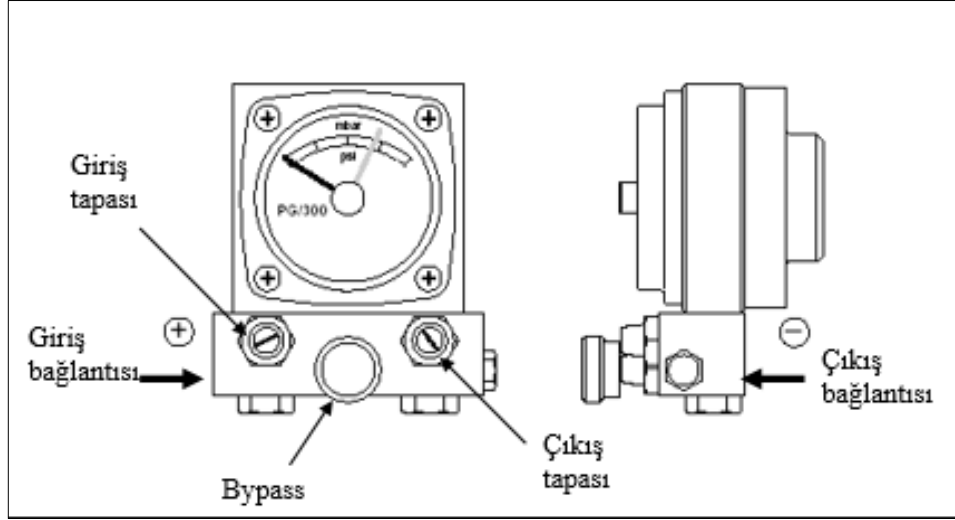
Şekil 2.26. Filtre kartuşu.

TSE standartlarında filtrelerin 5 µm boyutuna kadar olan katı ve sıvı parçacıkları % 100 tutmaları istenir. Bu zorunluluğun yerine getirebilmesi için kartuş ve siklon filtreler birlikte kullanılabilirler. Doğal gaz dağıtım sistemlerinde katı ve sıvı parçacıkları tamamen ortadan kaldırmak mümkün olmasa bile, bunları en aza indirmek ve çok sık filtre kartuşu değişiminden kurtulmak için alınacak bazı önlemler şöyle sıralanabilir:

- Gazın mümkün olduğunca temiz olmasına, karbondioksit, hidrojen sülfür ve su buharı gibi bileşenler içermemesine çalışmak,
- Dağıtım sistemini temiz tutmak, gerektiğinde temizlemek,
- Gaz dağıtım tasarımı yapılırken minimum gaz akış hızı seçmek ve hızın sabit olmasına dikkat etmek [2-5].

#### 2.4.4. Fark Basınç Göstergeleri

Fark basınç göstergeleri Şekil 2.27'de görüldüğü gibi filtrenin istenmeyen tanecikler ile dolduğunda ya da tıkanıldığında, filtrenin giriş ve çıkışı arasında meydana gelen anormal basınç farkını gösterir. Bunlar içerisinde bulunan tıkanma miktarı ile orantılı dengelenmiş yay ve diyafram hareketini mekanik bir amplifikatörle, basınç farkının ibreye iletilmesiyle çalışırlar.



Şekil 2.27. Bir fark basınç göstergesinin önden ve yandan görünüşü.

## 2.5. BASINÇ DÜZENLEYİCİLERİN ÖZELİKLERİ

Basınç düzenleyiciler ayarlandıkları basınçlarda tam, kesin ve ani tepki vererek çalışmayabilirler. Genellikle ayar basınçlarının altında ve üstünde belirli bir tolerans aralığı içinde işlevlerini yerine getirirler. Bu tür tepkisel salınımlar, basınç düzenleyicilerin bileşenlerinin yapıldıkları malzemelerin özelliklerinden, üretim tekniklerinden veya tasarımlarından kaynaklanabilirler. Dolayısıyla, basınç düzenleyicilerin hangi basınç düzeyine ne kadar doğrulukta tepki verdiği, bu tepki sırasındaki debi, tepkime süresi, ve tüm bu parametrelerin her bir basınç düzenleyici için önceden tahmini sağlayan hesaplama sonuçları, basınç düzenleyicilerin seçiminde ve kullanımında önemli kıstaslar olarak ortaya çıkmaktadır. Söz konusu bu kıstaslar, basınç düzenleyicilerin kendi sınıfları içindeki özelliklerini ve karakteristiklerini ortaya koyarlar.

### 2.5.1. Doğrulukla İlgili Özellikler

Doğruluk, çalışma aralığında pozitif ve negatif kontrol sapmalarının en büyük mutlak değerlerinin ortalamasıdır ve ayar noktası Pas'nin yüzdesi olarak ifade edilir. Doğruluğun izin verilen en büyük değeri regülatörlerin üzerinde AC simgesiyle belirtilir. Doğruluk giriş basıncının fonksiyonu olduğu için, giriş basıncı aralığı

içinde belirtilebilir. Bu aralık, sınır değerleri olan “ $P_{e,max}$ ” ve “ $P_{e,min}$ ” ile karakterize edilir. Regülatörler, beyan edilen doğruluk sınıfıyla ilgili Çizelge 2.2’de verilen doğruluk şartlarına uygun olmalıdır.

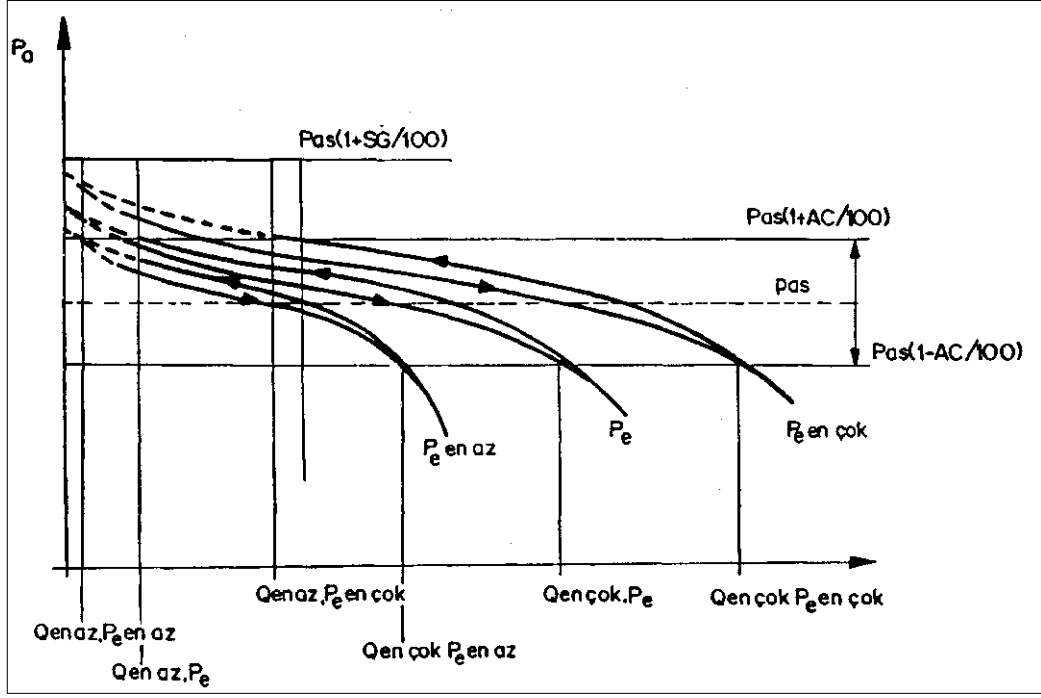
Çizelge 2.2. Belirlenmiş doğruluk sınıfları.

Doğruluk sınıfı	İzin verilen pozitif ve negatif toleranslar
AC 1	% $\pm 1$ *
AC 2.5	% $\pm 2,5$ *
AC 5	% $\pm 5$ *
AC 10	% $\pm 10$
AC 20	% $\pm 20$
AC 30	% $\pm 30$
* $\pm 1$ mbar’dan küçük olmamak üzere	

Regülatörlerin ayarlanması veya bazı bileşenlerinin değiştirilmesi (yay veya vana oturma yüzeyinin değiştirilmesi gibi) ile elde edilebilen ayar noktalarının bütünü ayar aralığı denir. Aynı tip regülatörler, ayar aralığına veya giriş basıncı aralığına göre, farklı doğruluk sınıflarına sahip olabilirler [2-5].

### 2.5.2. En Büyük Doğrulukta Debi

Şekil 2.28’de görüldüğü gibi, verilen bir ayar noktası için ve belirlenmiş ortam sıcaklık aralığında, bu değere kadar olan “en küçük  $P_{e,min}$  giriş basıncı debisi ( $Q_{max}, P_{emin}$ )” ve “en büyük  $P_{e,max}$  giriş basıncı debisi ( $Q_{max}, P_{emax}$ )” arasındaki ara giriş basıncı  $P_e$  debisinde ( $Q_{max}, p_e$ ) verilen doğruluk sınıfının sağlandığı en büyük hacimsel debinin en küçük değeridir.



Şekil 2.28. En yüksek ve düşük doğruluktaki debileri belirten performans eğrileri ailesi (Pas sabit, kararlı şartlar) [2].

### 2.5.3. Kilitlenmeyle İlgili Özellikler

Kontrol elemanının açık konumundan kapalı konumuna gelmesi için geçen süreye kilitlenme süresi ( $t_f$ ) denir. Kapalı konumunda olduğunda, kontrol edilen değişkenin ölçme noktasında meydana gelen basınçta kilitlenme basıncı ( $P_f$ ) olarak adlandırılır. Kilitlenme basıncı, Şekil 2.28’de görülen performans eğrisinde, sıfır hacimsel debideki çıkış basıncına karşılık gelmektedir. Bu basınç, debinin Q değerinden sıfıra değişmesi için geçen süre regülatörün kilitlenme süresinden daha büyük olduğunda ortaya çıkar. Ayar noktasının yüzdesi olarak ifade edilen SG değeri, ayar noktası ile gerçek kilitlenme basıncı arasında izin verilen en büyük pozitif farktır.

$$SG = \frac{P_f - P_{as}}{P_{as}} \times 100 \quad (2.5)$$

Regülatörler, Çizelge 2.3’den seçilerek beyan edilen sınıfla ilgili kilitlenme basıncı kurallarına uygun olmalıdır. Aynı tip regülatörler, belirlenmiş ayar aralığına veya giriş basıncı aralığına göre, farklı kilitlenme basıncı sınıflarına sahip olabilirler [2].



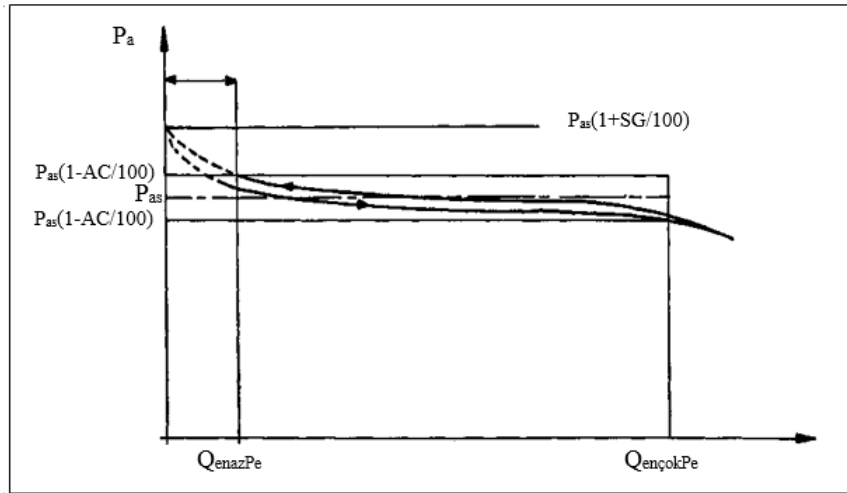
Çizelge 2.3. Kilitlenme basıncı sınıfları.

Kilitlenme basıncı sınıfı	Kilitlenme basıncı bölgesinde izin verilen pozitif toleranslar
SG 2,5	% 2.5 *
SG 5	% 5*
SG 10	% 10
SG 20	% 20
SG 30	% 30
SG 50	% 50

\*  $\pm 1$  mbar' dan küçük olmamak üzere

#### 2.5.4. Debinin En Yüksek Doğrulukla Hesaplanması

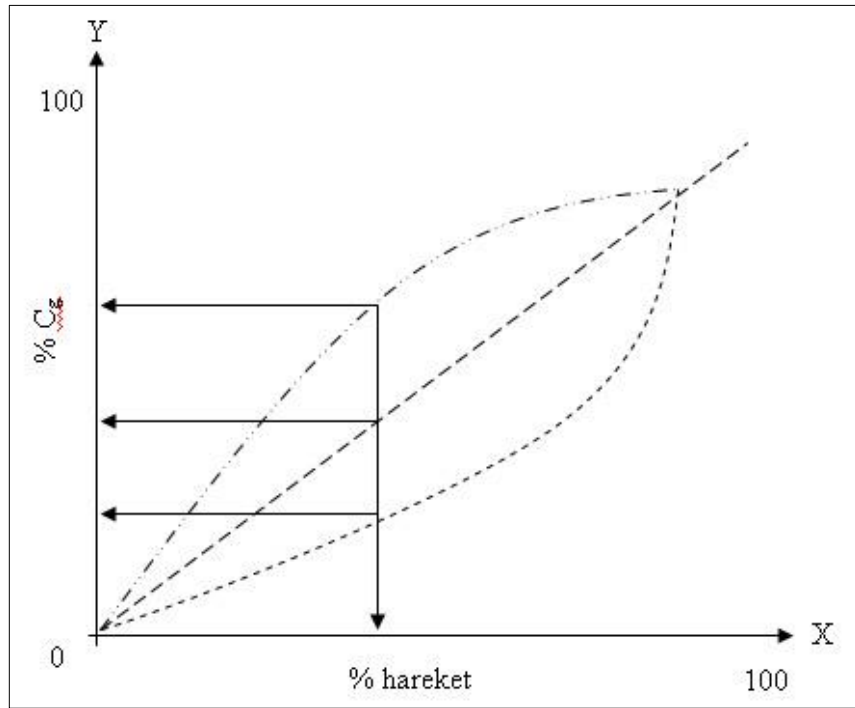
Şekil 2.29'da görüldüğü gibi en yüksek doğruluğa sahip debi, yukarıda verilen eşitliklerden, tam açık konumda akış katsayısının uygulanabilir yüzdesi kullanılmak suretiyle hesaplanmalıdır. Bu yüzde değeri, AC doğruluk sınıfına bağlı ve 100'e eşit veya daha az bir değer olup, üretici firma tarafından belirlenmektedir [2].



Şekil 2.29. Kilitlenme basıncı bölgesini belirten performans eğrisi [2].

### 2.5.5. Esas Akış Karakteristikleri

Akış katsayısı ve kontrol elemanının konumu arasındaki ilişki, genellikle Şekil 2.30 verilen diyagram şeklinde gösterilir. Akış katsayıları genellikle tam açık konumundaki akış katsayısının bir yüzdesi olarak ve kontrol elemanının konumu (mekanik bir durdurucu ile sınırlandırılmış), yani en büyük hareketinin bir yüzdesi, olarak belirtilir. Şekil 2.30'da üç farklı tip regülatörün esas akış karakteristikleri verilmiştir [2-5].



Şekil 2.30. Esas akış karakteristikler diyagramına ait üç örnek [2].

### 2.6. SAYAÇLAR

Sayaçlar doğal gaz boru hatlarından geçen gaz miktarını kütleli veya hacimsel ölçen aygıtlardır. Hacimsel ölçümün daha kolay ve ucuz olması nedeniyle, sayaçların çoğu gaz debisinin hacimsel olarak elde edilmesini sağlarlar. Debi ölçümleri ya hattın bir noktasındaki basınç düşümü yardımı ile ya da aynı noktadaki sayacın mekanik parçalarının hareketi ile elde edilir. Bunların dışında bir de hat içinde akan gazın (fiziksel özelliklerine bağlı olarak), akış doğrultusunda belirli bir açıda gönderilen ses

dalgalarını geçirme yeteneğinden yararlanılarak yapılan debi ölçümleri vardır. Hangi mekanizma ve yöntemle olursa olsun, sayaçlar ölçülecek büyüklüğün gerçek değerini vermeyebilir veya doğru ölçüm değerini vermede sürekliliğini koruyamayabilir. Dolayısıyla, debi ölçümlerinde sayaçların kendilerine özgü karakteristikleri ölçüm sonuçlarını etkileyebilen unsurlar olarak ortaya çıkmaktadırlar [2].

### 2.6.1. Sayaç Karakteristikleri

Sayaçlar aşağıda verilen 4 adet parametreler ile karakterize edilirler.

- Doğruluk
- Kapasite oranı
- Yineleyebilirlik
- Doğrusallık

#### 2.6.1.1. Doğruluk

Sayacın doğruluğu, sayaç içi akış koşullarındaki gerçek debiyi, tanımlanmış bir debi aralığında gösterebilmesinin ölçüsüdür. Gerçek debi ile ölçülen debi farkının mutlak değerinin gerçek debiye oranı sayacın doğruluğu olarak tanımlanır ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$AC = \frac{|Q_a - Q_m|}{Q_a} \times 100 \quad (2.6)$$

Eşitlikte;  $Q_a$  gerçek debi değerini ( $m^3/h$ ),  $Q_m$  sayaç tarafından ölçülen debiyi ( $m^3/h$ ) göstermektedir. Doğruluk tüm skalanın yüzdesi olarak ya da sayaçtan okunan değer yüzdesi olarak iki şekilde ifade edilebilir. İkinci yöntem daha çok kullanılmaktadır. Birinci yöntem daha çok orifis sayaçların, ikinci yöntem ise türbin ve döner sayaçların tanımlanmasında kullanılır. Birinci yöntem örneği:  $100 m^3$ 'lük bir sayaçta tüm skalanın  $\pm \%1$  doğruluğunda ölçüm yapmak demek, geçen debinin gerçek değerinden  $\pm 1 m^3$  az ya da fazla ölçmesi demektir. Ölçülen değer  $10 m^3$  olan sayaç için gerçek değer  $9 - 11 m^3$ ,  $100 m^3$  için  $99 - 101 m^3$  arasında olabilir. İkinci yöntem örneği:  $50 m^3$  ölçülen değer için  $\%1$  doğrulukla, gerçek değer  $49.5 - 50.5$

m<sup>3</sup>, 10 m<sup>3</sup> ölçülen değer için ise gerçek değer 9.9 – 10.1 aralığında olabilir. İkinci yöntem daha iyi sonuçlar vermektedir, çünkü ölçümdeki hata geçen debinin büyüklüğüne orantılıdır [2,4].

### **2.6.1.2. Kapasite Oranı**

Tanımlanan doğruluk sınırı içerisinde, minimum kapasitenin maksimum kapasiteye oranı olarak tanımlanır.

$$R = Q_{\min \text{ sayaç}} / Q_{\max \text{ sayaç}} \quad (2.7)$$

Eşitlikte; R kapasite oranını,  $Q_{\min \text{ sayaç}}$  0 °C ve 1.013 bar'da sayaç debisini (m<sup>3</sup>/h),  $Q_{\max \text{ sayaç}}$  0 °C ve 1.013 bar'da sayaç maksimum debisini (m<sup>3</sup>/h) göstermektedir. Örnek verilecek olunursa, %1 doğrulukla tanımlanmış bir sayaç için maksimum ve minimum kapasiteleri 50 m<sup>3</sup> ve 10 m<sup>3</sup> olan sayacın kapasite oranı 1/5'tir. Akış koşullarında maksimum kapasiteyi sağlayan sayacın seçiminde sağlanması gereken minimum kapasite bu orandan hareketle belirlenir. Aynı maksimum kapasiteyi karşılayabilen kapasite oranları farklı sayaçlar bulunabileceği için sayaç seçiminde bu orana dikkat edilmelidir.

### **2.6.1.3. Yineleyebilirlik**

Bu karakteristik sayacın belli periyotlara kadar aynı doğrulukta okuma yapabilmesini ifade eder, doğrulukla karıştırılmamalıdır. Doğruluk değeri düşük fakat yineleyebilirlik değeri iyi olan sayaçlar olabilir.

### **2.6.1.4. Doğrusallık**

Kalibrasyon eğrisinin ideal eğriden sapmasının bir ölçüsüdür; verilen kapasite veya kapasite oranında tanımlanır. Kalibrasyon eğrisi iyi doğrusallığa sahipken, bu doğrusallığından sapması sayacın doğruluğunu azaltır.

## 2.6.2. Sayaç Türleri

Sayaçlar konumları, donanım maliyetleri, kapasiteleri, çalışma basıncı aralıkları, gaz kirliliği altındaki performansları, doğrulukları, bu doğrulukta ölçebildikleri maksimum ve minimum kapasiteleri gibi karakteristikler ve amaca uygunlukları açısından çeşitli türlerde olabilirler. Sayaçlar genellikle,

- pozitif ötelemeli/döner sayaçlar (endüstriyel istasyonlar)
- türbin sayaçlar (bölge istasyonlar)
- orifis tipi sayaçlar (ana istasyonlar)
- ultrasonik sayaçlar (ana istasyonlar)

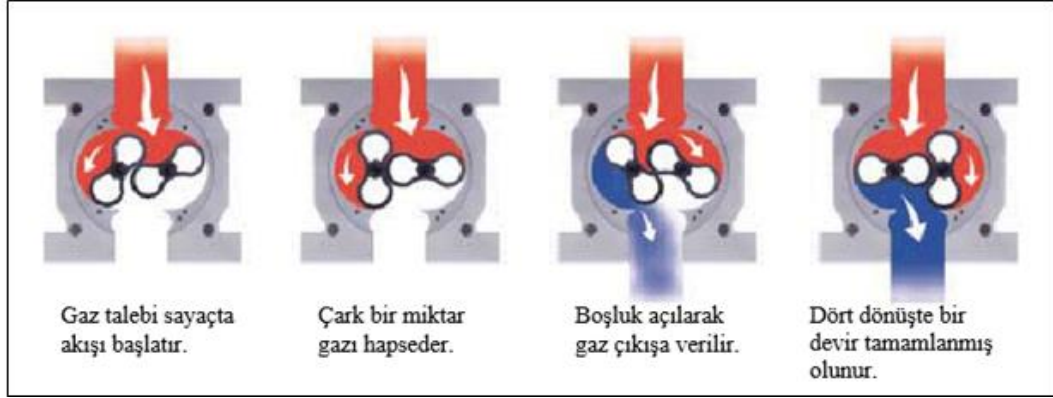
olarak sınıflandırılırlar. Bunlardan döner sayaç, türbin sayaç ve orifis sayaç geleneksel türde sayaçlardır. Ultrasonik sayaçlar ise diğerlerine göre daha yeni bir sayaç tipidir. Bunlar dışında gaz endüstrisinde kullanılan başka sayaçlar da vardır.

### 2.6.2.1. Rotari Sayaçlar

Bu sayaç tipi basit olarak gazı odacıklarda hapseden ve ters yönlerde dönen iki çarktan ve bu çarkların bağlı olduğu bir şafttan meydana gelmiştir. Gaz talebi oluştuğunda sayacın giriş ve çıkışında meydana gelen basınç farkı ( $\Delta P$ ) gazın, çark ile sayaç muhafazası arasında bulunan boş odacıklara akmasını sağlar. Bu şekilde çarkların üzerine bir kuvvet oluşur ve bu kuvvet ile çarklar dönme enerjisi kazanarak gazı sıra ile sabit hacimli odacıklara doldurur. Bu arada bir odacık dolar iken diğer odacık talebi karşılamak üzere gazı çıkışa boşaltır. Çarklar çok iyi zamanlanmış senkronize edilmiş dişliler yardımıyla, çark şaftının bir tur yapması için dört defa döner. Şekil 2.31'de görüldüğü gibi bu çalışma esnasında çark ve sayaç muhafazası arasında çarkların dönmesini etkileyebilecek hiçbir temas yoktur [2,4].

Rotari sayaçlar düşük basınçlı, türbin sayaçların kullanıldığı yerlere oranla daha az gaz tüketimi gösteren endüstriyel işletme, ticari merkez, hastane ve okullardaki istasyonlarda, gazı faturalandırma amaçlı kullanılmaktadır. Gazın sayaçtan önce mutlaka filtreden geçmiş olması gerekir. Kesintili akışlarda rahatlıkla kullanılabilen

ve derli toplu (kompakt) bir yapıya sahip döner sayaçlarda kapasite oran aralığı geniştir, giriş ve çıkışlarda akış düzenleyiciye gerek kalmaz.

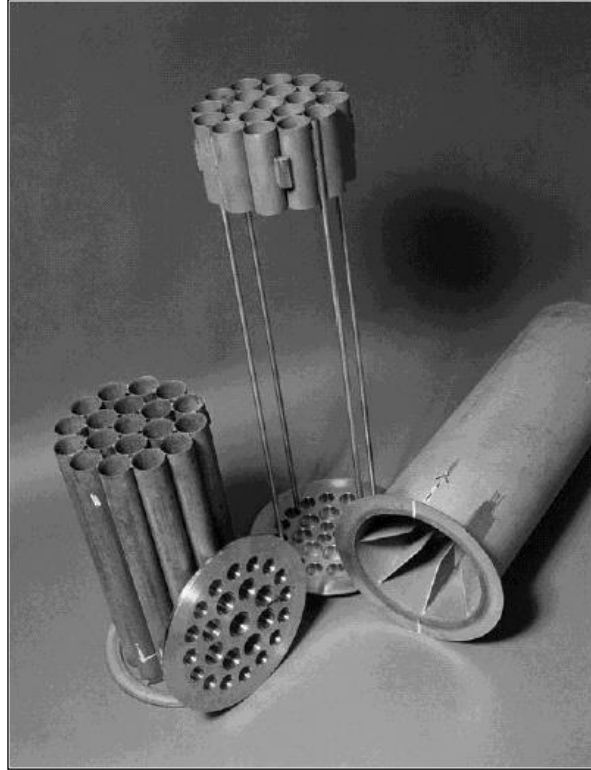


Şekil 2.31. Rotari sayacın çalışmasının şematik gösterimi [2].

#### 2.6.2.2. Türbin Sayaçlar

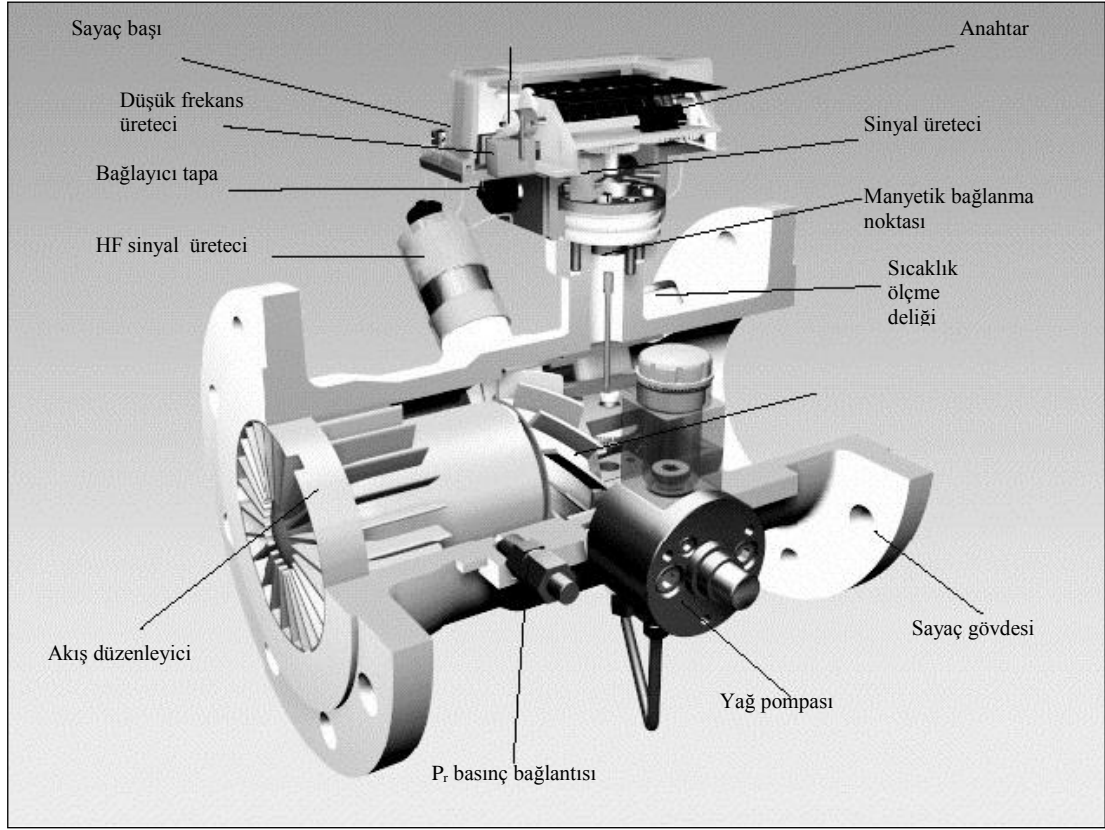
Türbin sayaçlar gaz iletim ve dağıtım firmaları tarafından, yüksek basınçlı ve gaz tüketiminin yüksek olduğu endüstriyel istasyonlarda, yaygın kullanılan bir sayaç tipidir. Gaz hattına kurulurken gerekli uyarı ve kurallara uyulduğunda, ölçümde yüksek performans sağlamak üzere tasarlanmışlardır. Ölçümdeki doğrulukları yüksektir. Bu sayaçlarda ölçüm yapılan gaz kesinlikle önceden fitrelenmiş olmalıdır. Çalışma prensibi, sayaçtan geçen gaz hızının ölçülmesi temeline dayanır. Şekil 2.32’de görüldüğü gibi sayacın girişinde bulunan akış düzelticisinde başlayan çap daralmasıyla gaz hızı artar ve belirlenen kesit alanındaki sayaç pervanelerine çarparak dönme etkisi yaratır. Pervanenin akış esnasında yaptığı tur sayısı akışın debisiyle orantılıdır. Akış düzenleyicisinin çapındaki daralma, akışta meydana gelen türbülansları azaltmak veya tamamen gidermek üzere tasarlanmıştır. Türbin sayaçların sağlaması gereken standart ve rehber niteliğindeki bilgiler OIML R32, ISO9951, PTB G13, AGA7 ve yeni olan prEN12261’de tanımlanmıştır. Herhangi bir gaz uygulamasında yapılan gözlemler neticesinde sayacın kendisinde bulunan akış düzenleyicisinin, türbülanslı akışları düzenlemesinde yeterli olmayacağı kanaatine varıldığında, sayaç öncesi ve iki flanş arasına standartlarda belirtildiği ve Şekil 2.32’de görüldüğü gibi tasarımları farklı ek akış düzenleyiciler kullanılır. Sayaç

pervanesinin gelişigüzel dönmesini engellemek için aşamalı bir dişli ünitesi bulunmaktadır. Şekil 2.33’de görülen bu ünitedeki en son çarkın bulunduğu şafta bağılı olan ve dönme sayısını takip eden ve analog göstereyi yazdıran manyetik bir ünite vardır [2,4].



Şekil 2.32. Değişik tipte akış düzenleyiciler.

Gaz ölçme endüstrisinde son zamanlarda gelişen teknoloji ile türbin seçeneği oluşturacak yeni sayaçlar geliştirilmiştir. Özellikle büyük çaplı boru hatları için (12” ve üzeri) ultrasonik sayaçlar geliştirilmiştir ve kullanılmaktadır. Fakat halâ türbin sayaçlarının gaz, petrol ve diğer endüstriyel sıvıların ölçümünde kullanılmasını gerektirebilecek bazı avantajları vardır. Birinci avantaj bu sayaçların halâ diğer sayaçlardan daha ekonomik olmalarıdır. Bu sayaçları kullananlar yeni teknolojilere ek bir yatırım ve masraf yapmak istememektedirler. İkinci avantaj bu sayacın daha güvenilir olması ve hareketli parçaların aşınması ya da zarar görmesinde servis maliyetini arttıran parçaların daha dayanıklı olması için (örnek olarak sık sık hasar gören dişliler) porselenden yapılmasıdır.



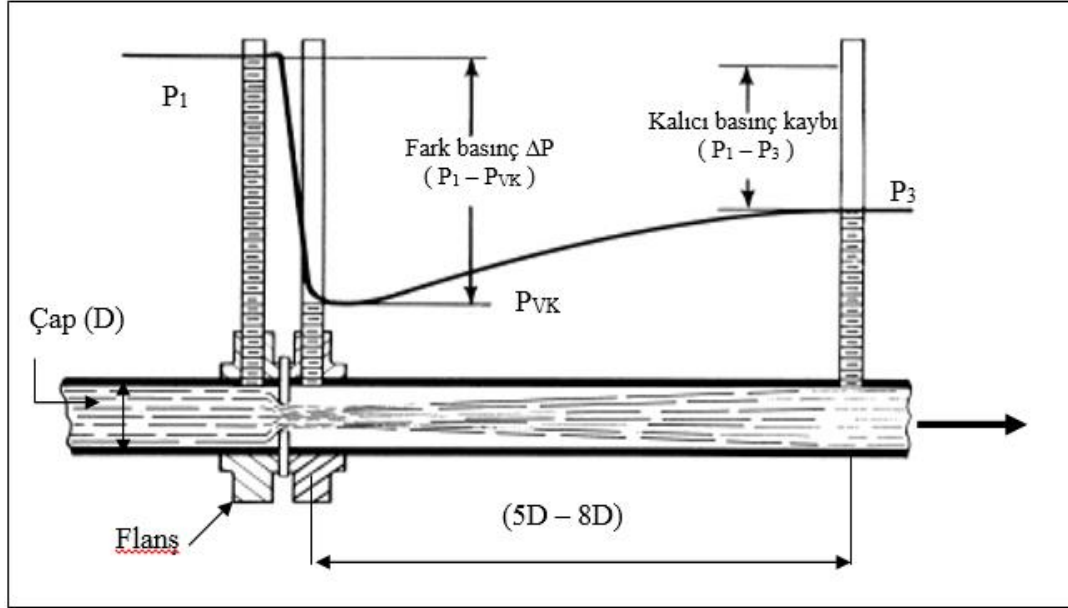
Şekil 2.33. Kesiti alınmış türbin sayaç örneği [2,5].

### 2.6.2.3. Orifis Sayaçlar

Bu sayaç tipi debinin ve boru çaplarının yüksek olduğu iletim hatlarındaki gaz uygulamalarında (ana istasyonlar) yaygın kullanım alanına sahiptir. API ve ASME standartlarına uygun tasarlanmış ve gaz hattına kurulmuş orifis sayaçları ile, türbülanslı akışa sahip akışlarda doğruluğu yüksek akış-debi hesaplamaları yapılabilir. Bu tür sayaçlarda, Şekil 2.34'de görüldüğü gibi gaz orifis noktasına yaklaşırken basınç bir miktar artar, ve bu noktaya ulaşıncaya kadar basınçta ani bir düşüş gözlenir. Bu düşüş vena kontrakta denilen bölgeye kadar gerçekleşir ve bu bölgeden sonra basınç boru çapının 5 – 8 katına eş bir uzaklığa kadar artarak maksimum basınç noktasına ulaşır. Ancak basınç girişteki değerine hiçbir zaman ulaşamaz. Gözlenen basınç kaybı ortamdaki sürtünme ve türbülanslı akış kayıplarıdır. Orifis boyunca görülen basınç kaybı debinin artmasıyla artabilir. Akış yoksa basınç farkı da yoktur.  $\Delta P$  basınç farkı hızın karesi ile doğru orantılıdır ve eğer diğer bütün faktörler



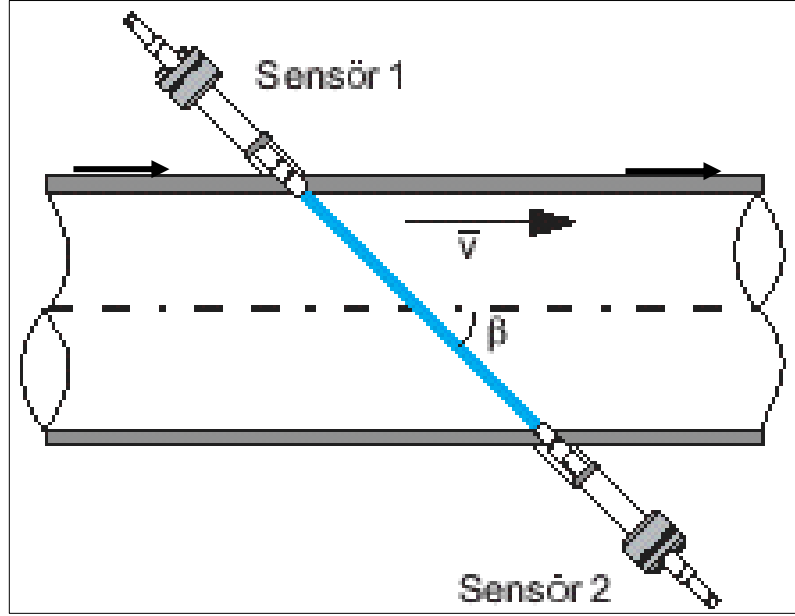
sabit kabul edilirse, akış debisinin karesinin, basınç farkı ile doğru orantılı varsayılarak akışkan debi ölçümü yapılır.



Şekil 2.34. Flanş bağlantılı orifis sayacın basınç profili.

#### 2.6.2.4. Ultrasonik Sayaçlar

Gaz akış koşullarında hız kullanılarak debinin hesaplanması esasına bağlı olarak çalışan sayaç tipidir. Bu sayaçlarda hız ultrasonik dalgalar kullanılarak saptanır. Şekil 2.35’de görülen sensörler hem alıcı hem de verici durumunda çalışırlar. Borunun bir tarafındaki sensörden karşı taraftaki sensöre gönderilen ses sinyalinin bir ulaşma süresi vardır ve bu süre gaz akışı hızı ile orantılıdır. Ses dalgasının karşıya geçme süresinden gazın hızı ve dolayısıyla akış koşullarındaki sıcaklık ve basınçtaki debisi hesaplanır. Şekil 2.36’da görüldüğü gibi, sayacın üzerinde birden fazla sensör çifti bulunabilir.



Şekil 2.35. Ultrasonik sayacın çalışma prensibinin gösterimi.



Şekil 2.36. Bir ultrasonik sayaç görüntüsü.

Bu sayacın sağladığı en önemli avantaj doğruluk karakteristiğinin gelişmiş olmasıdır.

Diğer avantajları ise,

- Kapasite oran aralığı yüksektir,
- Hızdaki değişimi bir saniyeden daha kısa sürede algılar,

- Yok denecek derecede basınç düşüşü (akış yönünde boru kesit alanında engel bulunmaz ve herhangi bir daralma görülmez) sayaç sonrası türbülanslı akış yaratmaz,
- Yapısında hareketli donanım bulunmaz (donanım aşınması görülmez),
- Bakım maliyeti düşüktür,
- Büyük çaplı borularda kolay kurulum sağlar,
- Gaz iletim hatlarında basınç düşümü gerçekten önemli bir konudur ve gaz hattında sağlıklı bir iletim için basıncı eski değerine getirmek ekstra maliyet gerektirir.

Ultrasonik sayaçların görülen dezavantajları ise,

- Bakım ve onarım için uzman teknisyenlere gerek duyar,
- Kesintisiz enerji sağlanmasını gerektirir,
- Yıldırım çarpmalarına maruz kalmaktadır [2-5].

#### **2.6.2.5. Yakıt Hattı Sayacı**

A tipi istasyonlarda türbinlere ve ultrasonik debimetre dışında istasyondaki gazın ısıtılması amacıyla kazan dairesinde kullanılan doğalgaz miktarının ölçülmesi amacıyla istasyon içerisinde üçüncü bir ölçüm yapılmaktadır. Bu sayaç istasyondaki regülasyon sonrasında kazan dairesini besleyen basınç düşürme grubunun sonrasında yer alır. Bu sayaç rotarimetre olarak da seçilebilecek olup yedek olmayan kazanların tüm kapasitesini karşılayacak şekilde seçilir. Sayacın rotarimetre seçilmesi durumunda girişindeki mesafe minimum 2D olmalıdır ve ayrıca girişine konik filtre montajı yapılabilir. Sisteme verilen gazın ısıtılmasında kullanılan gaz miktarının ölçülmesi işletme giderleri açısından önemlidir. Ayrıca bu takip ile kazan ve brülörlerin verimli çalışıp çalışmadığı takip edilir. İletim şirketi gazı 15 °C’de taahhüt ettiği endüstriyel işverenler için bu sayaçta ölçülen yani ısıtmada harcanan gaz miktarını faturaya esas turbinmetrede ölçülen gaz miktarından düşmektedir. Dağıtım şirketleri ile olan sözleşmelerinde ise iletim şirketinin gaz sıcaklığı ile ilgili garantisi 0-15 °C olduğundan bu kısımda oluşan tüketimin bedeli dağıtım şirketine aittir.

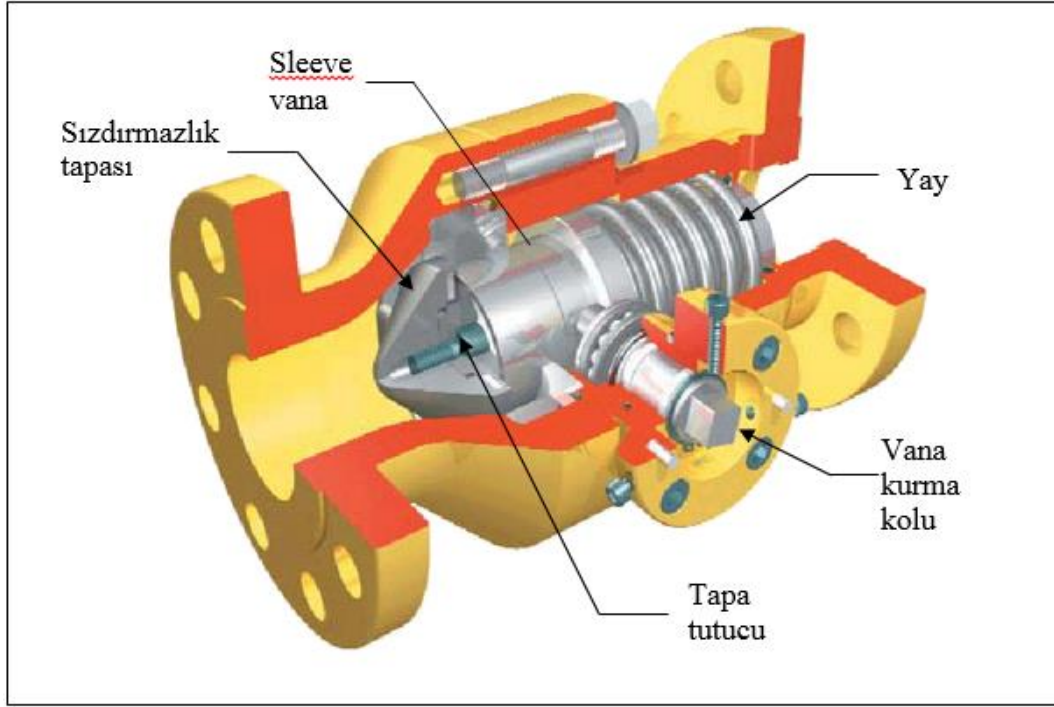
Dolayısı ile ısıtma gazı tüketiminin doğru ölçülmesi, düzenli takibi ve asgariye indirilecek sistemlerin tesisi dağıtım şirketleri açısından önem arz etmektedir [2-5].

## **2.7. ÇIKIŞ VANASI**

Bir basınç düzenleme istasyonunun önemli aygıtlarından birisi de, istasyonu çıkış hattına bağlayan çıkış vanasıdır. Çıkış vanası seçiminde göz önünde bulundurulması gereken en önemli ayrıntı çıkış basıncıdır. 10 bar'a kadar çıkış basıncı veren istasyonlarda kelebek vana kullanılabilir. Bunun üstündeki basınçlarda küresel vanalar kullanılması önerilir.

## **2.8. OTOMATİK EMNİYET KAPAMA VANALARI**

Regülatörler herhangi bir sebeple beklenmedik bir anda arıza yapabilirler. Regülatör çıkış basıncının kontrol dışında yükselmesi ya da azalması durumunda, bu durumu hissedip, regülatör girişini kapayan otomatik emniyet kapama vanaları kullanılması vazgeçilmez bir uygulama haline gelmiştir. Şekil 2.37'de otomatik emniyet kapama vanasının şematik yapısı görülmektedir. Emniyet sistemi vana üzerindeki kurma kolu saat yönünün tersine çevrilerek açılır. Bu vanalarda sinyal hattı ile sistem çıkış basınç değerini takip eden, ayar değerine sahip pilot bulunmaktadır. Ayar değerinin bir maksimum ve bir de minimum değeri bulunabilir. Çalışma basıncı ayar değeri aralığında olduğu sürece sistem açık kalmaktadır. Eğer basınç bu ayarlanan değerlerin dışına çıkarsa, basıncın artması ya da azalması, bu değişmeyi diyafram sistemiyle algılayan pilot kurma kolunu serbest bırakır ve yay etkisiyle sleeve vana sistemi kapatır.

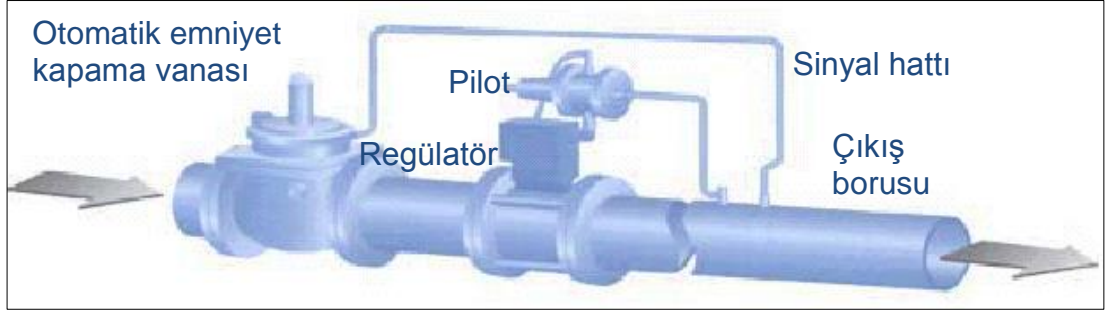


Şekil 2.37. Otomatik emniyet kapama vanası kesiti [2].

Bu vanaların başlıca üç türü mevcuttur :

- Kontrol altındaki basıncın yükselmesinde kapatan,
- Kontrol altındaki basıncın azalmasında kapatan,
- Kontrol altındaki basıncın yükselmesi veya azalması halinde kapatan vanalar.

İlk iki tür vananın maliyeti hemen hemen aynı olmakla beraber, üçüncü tip vana ek bir maliyet getirir. Ancak bazı kritik yakma donanımlarının, yakma sistemleri içindeki gaz basıncının yüksek olması kadar düşük olması da önemli bir faktör olduğundan, bu üçüncü tip vana gibi bir enstrüman gerekebilir. Temel emniyet kapamalı regülasyon sistemi Şekil 2.38'deki gibi otomatik kapama vanası regülatörden önce kurulur.

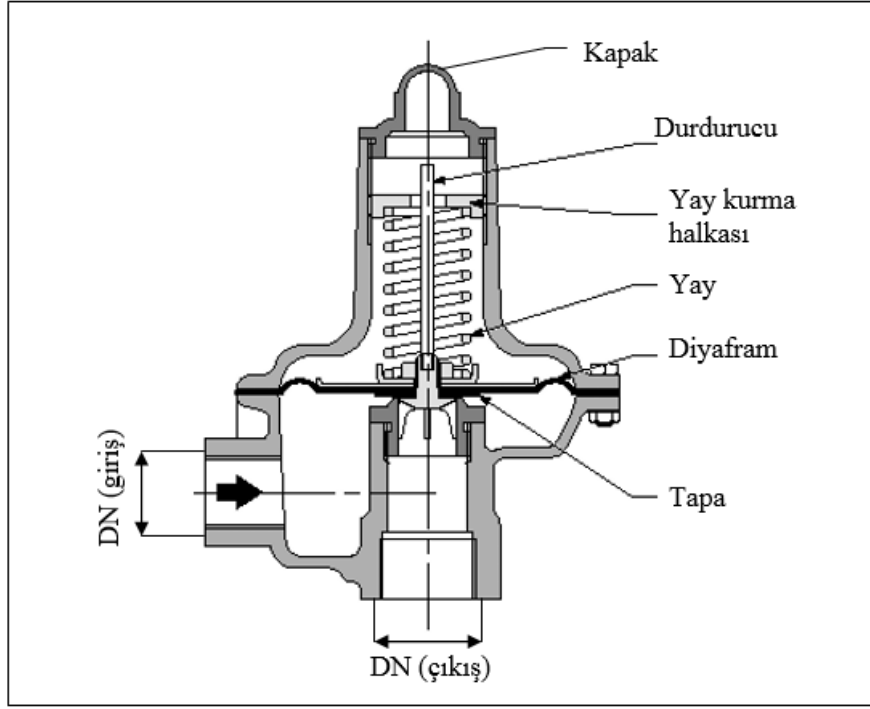


Şekil 2.38. Emniyet kapama vanalı regülasyon sistemi [2].

## 2.9. OTOMATİK EMNİYET BOŞALTIM VANALARI

İkinci bir emniyet elemanı otomatik boşaltım vanasıdır. Otomatik emniyet boşaltım vanaları herhangi bir sebeple regülatör çıkış basıncının artması ve otomatik kapama fonksiyonunun çalışmaması halinde, belirli bir ayar basıncının üzerindeki gaz birikimini atmosfere boşaltma işlevini görür. Ayar basınçları otomatik kapama vanası ayar basınçlarının biraz üstündedir.

Şekil 2.39'daki örnek boşaltım vanasında görüldüğü üzere, girişten gelen ve diyaframın altındaki yüzeye etki eden gaz basıncı ona karşı koyan yay kuvvetini aştığında, tapa açılarak orifisten bir miktar gaz havaya serbest bırakılır ve bu işlem sistem basıncı yay kuvvetine eşit ya da daha küçük olana kadar devam eder. Bunun bir diğer anlamı da boşaltma değerinin boşaltım vanası üzerinde bulunan ayar halkası ile istenen değere ayarlanabilir.



Şekil 2.39. Emniyet boşaltım vanası [7].

## 2.10. KABİN YAPISI

Kabinler istasyon ve donanımı çevresel etkilerden korumak üzere yapılırlar. Kabin yapımında istasyon tasarımına uygun, istasyona rahatlıkla giydirilebilecek, istasyon kontrolünde, sayaç okumada, parça değişiminde, arıza ve bakımda müdahale kolaylığı sağlayan, yağmur suyundan etkilenmeyen, estetik görüntü veren tasarımlara yer verilir. Altta ve üstte mutlaka havalandırma boşlukları bulunur. Çevre koşullarına bağlı olarak patlamaya izin vermeyen ve ses geçirmez olmalıdırlar.

## BÖLÜM 3

### İSTASYON TASARIM İLKELERİ

İyi bir istasyon tasarımı, tasarım ilkelerinin iyi bilinmesi ve anlaşılması ile mümkündür. Tasarıma başlarken ilgili gaz kuruluşu yada işverenden tasarım kriterleri ve kullanılacak verilerin neler olduğu doğru şekilde tespit edilir. Bu bilgilerin doğru ve eksiksiz elde edilmesin ile doğru, güvenli ve ekonomik donanım seçimi yapılır.

#### 3.1. İSTASYONLAR İÇİN TASARIM PROSEDÜRÜ

Tasarımı planlanan basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarına yönelik, aynı gaz akış şartları için, üreticiler tarafından sunulan çok sayıda ürün vardır ve tasarım için bir seçim yapmak gerçekten zordur. İstasyonu tasarlamak üzere işverenden akış şartlarında gazla ilgili özellikler, basınç, sıcaklık, tüketim kapasitesi gibi bazı veriler elde edildikten sonra, yapılan çalışmalar sonucunda tasarlanacak istasyon ile ilgili işverene bir fiyat ve ürün listesiyle birlikte bir dizayn götürülür. İyi bir dizayn için ekonomik tasarımlar gerekir ve bu da ancak doğru donanım seçimi ile mümkündür [2,4].

##### 3.1.1. İşverenden Tasarım Verilerinin Alınması

Bu kısım tasarımın ön şartıdır. Bu nedenle özenle aşağıda verilen tüm bilgiler işverenden alınmalıdır. Bu bilgiler;  $Q$  maksimum ve minimum debi,  $P_e$  giriş basıncı aralığı,  $P_a$  çıkış basıncı aralığı,  $P_{set}$  çıkış basıncı ayar değeri,  $T_e$  istasyona gelen gazın sıcaklık değeri,  $T_a$  istenen çıkış sıcaklık değeri, istasyon kabulünü yapacak gaz kuruluşunun şartnamesi, istasyonda kullanılacak enstrümanların tür ve pozisyonlarını gösterir çizim gibi parametreleri içermelidir.



### 3.1.2. PID Kontrolü veya Oluşturulması

Eğer şartnameler tarafından belirli bir PID verilmiş ya da tanımlanmış ise bunun kullanılması zorunludur. Eğer işveren tarafından ayrı bir PID verilmiş ya da PID'yi değiştirecek isteklerde bulunulmuş ise, bu durumda yeni bir PID mutlaka oluşturulmalı ve işveren ile PID üzerinde görüş birliğine varılmalıdır.

### 3.1.3. Hesaplar ve Ürün Listesinin Oluşturulması

Tasarım verileri ve PID kullanılarak aşağıdaki yöntemler yardım ile hesaplamalar yapılır ve ilgili ürünler seçilerek bir liste oluşturulur.

### 3.1.4. Regülatör Önce ve Sonrası Boru Çapı Seçimi

Bu seçim için hız eşitliği kullanılır. Hız belirli kesit alanından geçen debiye bağlıdır ve daha önce gösterildiği gibi aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$V = 353.85 \frac{Q}{(P + 1.013)d^2} \quad (3.1)$$

$$d = 18.81 \sqrt{\frac{Q}{PV_{\max}}} \quad (3.2)$$

Bu eşitlik ile hesap edilen hız değeri, şartnameler ile sınırlanan hız değerinden küçük ya da bu değere eşit olmalıdır. Şartnamede belirtilen basınç farkına dayanarak, kartuş üreticisinin verdiği çizelgeler yardımı ile gerekli kartuş tipi ve buradan yola çıkılarak filtre tipi seçilmelidir.

### 3.1.5. Regülatör Seçimi

Giriş ve çıkış basınçlarından yararlanılarak, regülatör üreticisinin verdiği Çizelgeler veya formüller yardımı ile regülatör seçilir. Giriş basıncı Pemak ve Pemin aralığında olabileceği için hesaplamalarda hangi değer kullanıldığına dikkat edilmelidir.

### 3.1.6. Sayaç Seçimi

Sayaç seçimi normal şartlarda geçmesi istenen debinin akış şartlarında sabit sıcaklıkta minimum basınç kullanılarak belirlenen kapasite değerine göre yapılır.

### 3.1.7. Ürün Listesinin Oluşturulması

Bir malzeme listesinde, PID numarası, ürün tanımı, ürün teknik özellikleri, bağlantı tipi, basınç sınıfı ve malzeme özellikleri gibi bilgiler bulunmalı ve bunların adetlerin seçimi PID'e göre, basınç sınıflarının seçimi istasyon maksimum giriş ve maksimum çıkış basınçlarına göre, çaplarının seçimi ise yukarıda açıklandığı gibi yapılmalıdır.

## 3.2. İSTASYON ÇALIŞMA KOŞULLARININ BELİRLENMESİ

Yapımı planlanan istasyonda doğru donanım seçimi için, geçecek gazın özellikleri ve akış koşulları, tüketicinin gaz kullanma davranışları (kesikli yada sürekli tüketim) ile ilgili veriler belirlenir. Donanım seçiminde gerekli verilerin neler olduğu ve bu verilerin donanım seçiminde ne kadar etkili olduğu iyi anlaşılmalıdır [2,4].

### 3.2.1. Gerekli Veriler

Aşağıda sıralanan veriler gaz dağıtım kuruluşu ya da işverenden temin edilmektedir. Bu verilerin gereklilikleri nedenleri ile maddeler halinde belirtilmiştir [2,4].

- En düşük – en yüksek giriş basıncı ( $P_{e \max, \min}$ )
- En düşük – en yüksek çıkış basıncı ( $P_{a \max, \min}$ )
- En düşük – en yüksek debi ( $Q_{\max, \min}$ )
- Gaz türü
- Müsaade edilebilir hız ( $V_{\max}$ )
- Müsaade edilebilir ses gürültü seviyesi
- Flanş bağlantıları
- Uygulama türü

### **3.2.2. Verilerin Önemi**

İstasyonlarda en düşük giriş basıncı, en yüksek giriş basıncı, çıkış basıncı, debi, gazın hızı ve gazın türü vb. hususlar tasarımda önemlidir. Bu hususlarla ilgili açıklamalar aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

### **3.2.3. En Düşük (Minimum) Giriş Basıncı**

Minimum giriş basıncı üç temel nedenle gereklidir: regülatörün, filtrenin ve giriş borusunun çap seçimi ve boyutlandırılmasında kullanılmaktadır.

### **3.2.4. En Yüksek (Maksimum) Giriş Basıncı**

Bu veri, istasyon tasarlanırken kullanılacak donanımların basınç sınıfının belirlenmesi ve seçilecek regülatörün akış şartlarındaki maksimum kapasitesini tespit etmek için kullanılır.

### **3.2.5. Çıkış Basıncı**

Regülatör boyutlandırma ve seçimi, sayaç ve boşaltma vanası seçimi ile çıkış borusu çapının hesaplanmasında kullanılır.

### **3.2.6. En Yüksek (Maksimum) Debi**

Regülatör ve filtrenin boyutlandırılması ve seçiminde, giriş ve çıkış boru çapının hesaplanmasında, boşaltma vanası ve sayaç seçiminde gereklidir.

### **3.2.7. Gazın Türü ve İçeriği**

Gazın türü ve içeriğinin belirlenmesi istasyon tasarımında kullanılacak donanım malzemesinin gaz içeriğine uyumluluğu açısından önemlidir. Örneğin, regülatör ve diyafram seçiminde, filtre ve kartuşu seçiminde, sayaç seçiminde özenle dikkat edilerek gaz içeriğine bağlı deformasyona uğramayacak malzemeler seçilmelidir.

### **3.2.8. Hız**

Bu veri, ilgili şartnamelerde (Botaş, İgdaş vb.) istasyon giriş ve çıkışı için ayrı olarak belirlenmiştir. Bu şarta bağlı kalınarak boru çapı seçiminde ve seçilen regülatörün çıkış flanşında sınırlandırılmış ses seviyesine uyulup uyulmadığının tespitinde kullanılmaktadır.

### **3.2.9. Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi**

Yine ilgili şartnamede belirlenmiş ses seviyesini aşmamak üzere, regülatör çıkış flanşının belirlenmesinde, klasik ya da sessiz regülatör seçimi yapılmasında gereklidir.

### **3.2.10. Flanş Bağlantılarının Belirlenmesi**

İstasyon ana donanımlarının bir araya getirilmesinde, istasyon giriş ve çıkışının gaz şebekesine bağlanmasında uyumluluğun sağlanması açısından flanş tipinin ANSI standardında mı, DIN standardında mı olacağı belirlenmesi gereklidir.

### **3.2.11. Uygulama Türünün Belirlenmesi**

Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta gaz tüketicisinin gaz kullanımında davranışını belirlemek olacaktır. Başka bir deyişle, gaz akışı sürekli mi yoksa kesikli mi olacak bilinmelidir. Buradan hareketle regülatör tipi, doğrudan işletmeli ya da pilot kontrollü regülatör seçimi yapılır. Arıza durumunda dahi sürekli gaz akışı için çift hatlı ve ilave olarak bypass hatlı istasyon tasarımı bu veriler doğrultusunda yapılmaktadır [2,4].

## **3.3. İSTASYON DONANIMI SEÇME KISTASLARI VE HESAPLAMALARI**

Donanım seçiminin önkoşulu olan verilerin belirlenmesinden sonra, bu verilerle seçimde bulunulacak donanım ile ilgili hesaplamalar ve seçim kriterleri iyi anlaşılmalı. Burada dikkat edilecek bir nokta, aynı amaca yönelik farklı üretici

firmalar tarafından sunulan donanım ve ürünlerin seçiminde, farklı hesaplama ve kriterler kullanılabilir. Bunun bir karışıklık yarattığı düşünülse de, bu tamamen ürünün üretim ve malzeme özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

### **3.3.1. Borulama**

Tasarımda kullanılan boru ve bileşenleri ile kaynaklar ASME Sec VIII Div1 ve ANSI B31.8 standart ve kurallarına uygun olmalıdır.

#### **3.3.1.1. Boru Çapı Seçimi**

İstasyon regülatör öncesi giriş ve regülatör sonrası çıkış borulama hesaplarının yapılabilmesi için aşağıda belirtilen veriler tasarım girdileri olarak alınır. Bu girdiler istasyon işvereni veya gaz dağıtım kuruluşu tarafından alınır ve bu veriler doğrultusunda ilgili formülasyonu kullanarak boru çapı seçimi yapılır. İşveren veya gaz kuruluşundan boru çapı seçimi için alınan veriler,

- max-min  $P_e$  giriş basıncı (barg)
- max-min  $P_a$  çıkış basıncı (barg)
- Anma kapasitesi ( $Nm^3/h$ )
- max giriş ve çıkış hızı (m/sn)

olarak sıralanabilir. Alınan verilerden hızın maksimum değeri ile sınırlandırılmasının birkaç nedeni vardır:

- Gazla birlikte boru hattından yüksek hızla gelen katı tanecikler, boru cidarının aşınmasına sebep olur ve zamanla lokal bölgelerdeki boru et kalınlığı azalır,
- Yüksek hızlı akışlarda, boru içerisinde bulunan sıcaklık ölçerler gerilmeye maruz kalıp kırılırlar,
- Gaz hızı attıkça, gazın geçtiği noktalarda basınç kayıpları artarken, basınç farkı da artar. Bu ise gürültü seviyesinde seslerin oluşmasına sebep olur. Sesteki meydana gelen bu artışı azaltma çabası gaz uygulamacısı için ilave maliyet getirir,

- Bu nedenlerden dolayı, deneyimler sonucunda gaz hızı 20 – 25 m/s aralığında tutulmaya çalışılır.

Süreklilik eşitliğinden,

$$P_1 Q_1 = P_2 Q_2 \quad (3.3)$$

yazılabilir. Burada debi yerine kesit alanından geçen gazın hızı yerleştirilir ve gerekli düzenlemeler yapılırsa,

$$P_1 V_1 \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \frac{3600 \text{s}}{\text{saat}} \right) A_1 (\text{m}^2) = P_2 Q_2 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{saat}} \right)$$

veya

$$V_1 = \frac{P_2 Q_2 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{saat}} \right) \left( \frac{\text{saat}}{3600 \text{s}} \right)}{P_1 A_1 (\text{m}^2)}$$

elde edilir. Alan terimi çap cinsinden yazılarak denklem yeniden düzenlenirse,

$$V_1 = \frac{P_2 Q_2 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{saat}} \right) \left( \frac{\text{saat}}{3600 \text{s}} \right)}{P_1 3.14 \frac{d_1^2 (\text{mm}^2)}{4} \left( \frac{\text{m}}{10^3 \text{mm}} \right)^2}$$

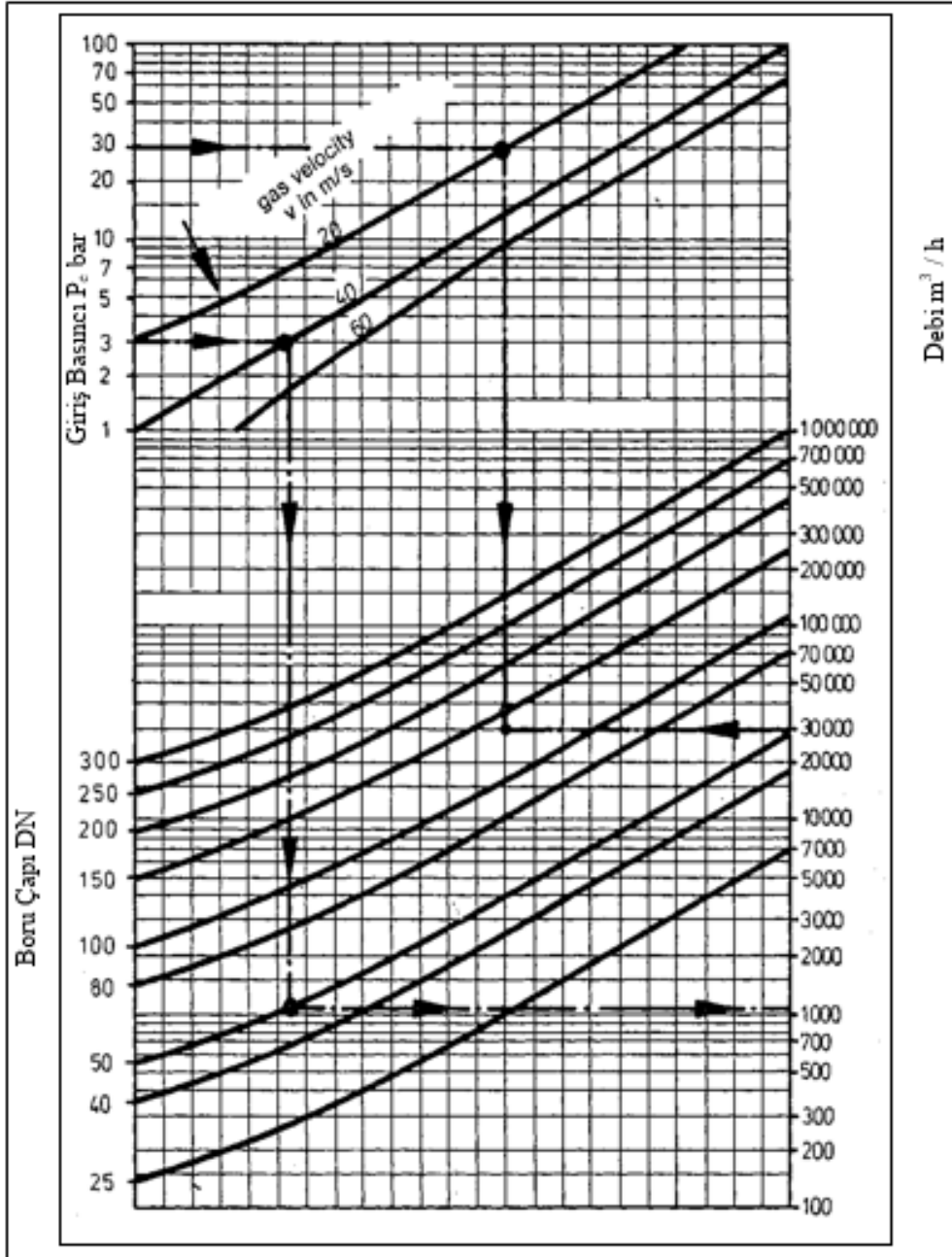
olur. Burada  $P_2$  basıncı 1.013 bar alınır,

$$V_1 = 353.85 \frac{Q_2}{d_1^2 P_1}$$

sonucuna ulaşılır.

Eşitlikte;  $P_1$  giriş basıncı (bar),  $Q_1$  giriş debisini ( $\text{m}^3/\text{h}$ ),  $V_1$  giriş hızını (m/s),  $A_1$  boru kesit alanını ( $\text{m}^2$ ),  $d_1$  boru çapını (mm),  $P_2$  çıkış basıncını (bara),  $Q_2$  çıkış debisini ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) göstermektedir.

Bunun yanında gaz endüstrisinde gaz hızı, debisi, giriş basıncı ve boru çapı ile ilişkilendirilmiş, Şekil 3.1’de görülen grafikler de çıkarılmıştır. Pratik olduğu için saha koşullarında bu grafikler kullanılabilir [2,4].



Şekil 3.1. Maksimum debi, maksimum hız ve minimum giriş basıncı bilinen gaz için DN boru çapı belirleme diyagramı [2].

### 3.3.1.2. Boru Et Kalınlık Tayini

Kullanılacak boru et kalınlığı aşağıda verilen ilişkilerden hesaplanabilir.

$$\sigma_p \leq f_o \times R_{t0.5}(\theta) \quad (3.4)$$

olması şartıyla düz boruda iç basınca dayanacak en düşük et kalınlığı

$$t_{\min} = \frac{DP \times d}{20 \sigma_p} \quad (3.5)$$

eşitliği ile hesaplanır. Eşitlikte;  $t_{\min}$  minimum et kalınlığını (mm), DP tasarım basıncını (bar), d EN 10208-2'ye uygun olarak boru dış çapını (mm),  $\sigma_p$  gerilme ( $N/mm^2$ ), çevre gerilmesini,  $f_o$  tasarım faktörünü,  $R_{t0.5}(\theta)$  tasarım basıncında en düşük akma mukavemetini ( $N/mm^2$ ) göstermektedir. Tasarım aşamamasında şayet  $d_i$  iç çap belirtilmişse, boru çapı ( $d=d_i+2t_{\min}$ ) eşitliğinden hesaplanır. Boru hattı bölümünde kullanılacak iç basınç için, eşitlikteki en yüksek tasarım faktörü ( $f_o$ ) istasyonlar hariç, yeraltı bölümleri  $\leq 0.72$ ; kesintisiz destekli, tüneller içindeki boru hatlar  $\leq 0.72$ ; ve istasyonlar  $\leq 0.67$  (Çizelge 3.1'deki ilave et kalınlık kurallarıyla birlikte) olarak önerilmektedir [2,4].

### 3.3.1.3. Bileşenlerin Et Kalınlık Tayini

İstasyonun her bir tekli bileşeni, kendi fonksiyonunu yerine getirecek kapasitede olmalı ve ele alınan bileşenin tasarımı olduğu standartları karşılamalıdır. Bileşenler mekanik elemanlar (Örnek 1), elektrikli elemanlar (Örnek 2), boru donanımı ve boru hattı elemanlarını (Örnek 3) kapsar.

ÖRNEK 1 : Kompresörler ve pompalar.

ÖRNEK 2 : Jeneratörler, bataryalar.

ÖRNEK 3 : Bağlantı elemanları, flanşlar, contalar, vanalar.

Boru tesisatının belirtilen et kalınlığı (t), Çizelge3.1'de belirtilen et kalınlığından



daha ince olmamalıdır. Bu et kalınlığı ayrıca  $f_0 < 0.67'$  lik bir tasarım faktöründeki (iç basınç dahil olmak üzere) maruz kaldığı yüklerle dayanabilecek yeterlilikte olmalıdır.

Çizelge 3.1. Belirtilen en ince et kalınlıkları.

d (mm)	$\leq 114.3$	168.3	219.1	273	323.9
t (mm)	3.2	4	4.5	5	5.6
d (mm)	355.6	406.4	508	610	> 610
t (mm)	5.6	6.3	6.3	6.3	% 1 d

İstasyonlardaki bileşenler yağ, gaz, basınçlı hava ve su boru donanımı ile ölçme, kontrol tertibatı, cihazların tükettiği gaz ve numune alma boru donanımı dahil, genellikle boru tesisatına bağlanır. Bu boru tesisatı ve üzerindeki vanalar, flanşlar, redüksiyonlar, dirsekler ve diğer bileşenler uygun malzemeden yapılmış olmalı, en düşük ve en yüksek basınç ve sıcaklıklara dayanabilmelidir. Tesis ele alınan istasyonun emniyetini ve güvenilirlik kurallarını tümüyle karşılamalıdır [2.4].

### 3.3.2. Filtre Hesapları

İstasyon filtresi ve kartuş seçimi için aşağıda verilen gerekli veriler tasarım girdileri olarak alınır.

- Minimum giriş basıncı
- Maksimum basınç kaybı (Şartnamelerde belirtilir)
- Anma kapasitesi
- Referans basıncı (1.013 bar)
- Referans sıcaklığı (15 °C)
- Gazın türü

Üreticilerin verdiği filtre seçim çizelgeleri, minimum giriş basıncı, maksimum basınç kaybı ve anma kapasitesi kullanılarak, filtre dizaynı, filtre tipi ve kartuş seçimi yapılır. Kullanılacak filtre, ASME Sec VIII Div1 kapalı basınçlı kaplar standardı ile uyumlu olmalıdır.

### 3.3.3. Basınç Düzenleyici Seçimi

Regülatör seçimi yapılabilmesi için birkaç tane temel veriye ihtiyaç vardır. Bunlar;

- Giriş basıncı: regülatör öncesi giriş basıncının minimum ve maksimum değerinin bilinmesi, regülatörün basınç sınıfının belirlenmesinde kullanılır. Kataloglarda aynı tip regülatör için farklı basınç sınıfları bulunmaktadır. Farklı basınç sınıfları farklı maliyetler getirir.
- Çıkış basıncı: regülatör sonrası çıkış basıncı, regülatörün hangi ayar değerinde çalışacağı ve seçilen regülatörün özellikleri dolayısıyla bu ayar değeri ile çıkış basıncını hangi doğrulukla gerçekleştireceği belirlenir.
- Debi: tüketicinin istediği debiyi karşılayacak regülatör seçiminde kullanılır.
- Akışkan özellikleri: regülatör kullanılacak akışkan türüne göre seçilir. Akışkan hava, gaz ya da buhar olabilir. Seçilen akışkanın kirli, temiz veya aşındırıcı etkisinin olması da bu seçimi etkiler.
- Sıcaklık: çevre ve akış ortamındaki sıcaklık, regülatör yapımında kullanılan malzemenin ve özellikle diyafram veya tapa malzemesinin seçiminde etkilidir.
- Boru çapı: seçimi yapılacak regülatörün nominal çapı, hesaplanan borunun çapına eşit veya küçük olmalıdır.
- Regülatör malzemesi: regülatörün çalışacağı iç ve dış ortamın sıcaklık ve basınç değerleri, regülatör malzemesinin çalışma sıcaklığı ve basıncı sınırları içerisinde olmalıdır.
- Tüketim kapasitesi: regülatör tipini belirler.
- Tepki hızı: doğrudan işletmeli regülatörler hızlı iken, pilot kontrollü regülatörler daha yavaştır.
- Sinyal hattı: basınç kontrolü regülatörün çıkış noktasında yapılıyorsa dahili, bu noktadan ileride yapılıyorsa harici sinyal hattı kullanan regülatörler seçilir.

- Sızdırmazlık: elastomer tapalı regülatörler çok sıkı sızdırmazlık sağlarken, naylon veya metal tapalı regülatörler bu kadar iyi sızdırmazlık sağlayamazlar.

Aşağıda verilen Çizelgede, seçme durumunda kalınan doğrudan işletmeli ve pilot kontrollü gaz basınç regülatörlerinin başarılı oldukları alanlardaki bir karşılaştırması yapılmıştır.

Çizelge 3.2. Doğrudan ve pilot işletmeli regülatörlerin basit karşılaştırılması ve avantajlı oldukları alanlar.

	Doğruluk	Kapasite	Kilitleme basıncı	Cevaplama hızı	Maliyet
Doğrudan işletmeli				✓	✓
Pilot işletmeli	✓	✓	✓		

Aynı kapasite ve çıkış basıncı verebilen regülatörler arasından her zaman yay sabiti düşük, yani yumuşak yaylı regülatörler seçilir. 18 regülatör tip seçimi yapıldıktan sonra, seçilen regülatörün sınıfı içinde arzu edilen kapasiteyi karşılaması gerekir. Doğrudan işletmeli regülatörler için kapasite hesaplamaları regülatör üreticilerinin ilgili ürün çizelgelerinden bulunur. Ancak pilot kontrollü yüksek kapasiteli regülatörler için kapasite hesaplamaları çizelgelerle yapılamaz.

### 3.3.3.1. Akış Davranışını Belirleme

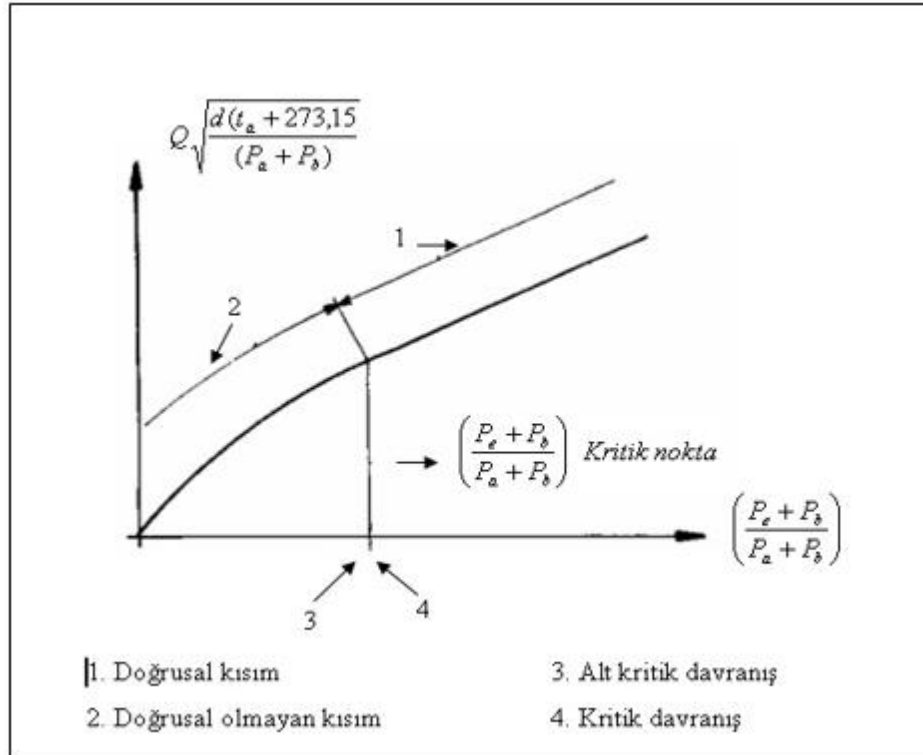
Pilot kontrollü regülatör ölçülerinin belirlenmesinde sabit giriş sıcaklığında hacimsel debi, yalnızca mutlak giriş basıncı ile orantılı olarak değişiyorsa, regülatörün akış davranışı kritik olarak kabul edilir. Başka bir ifade ile, ortamdaki atmosfer basıncının  $P_b=1.013$ , regülatör giriş basıncının  $P_e$ , ve çıkış basıncının  $P_a$  olduğu varsayılırsa,

$$\frac{(P_e + P_b)}{2} \geq (P_a + P_b) \quad (3.6)$$

olduğunda “akış kritiktir” denir. Sabit giriş sıcaklığında hacimsel debi, mutlak giriş ve çıkış basınçlarının her ikisi ile değişiyorsa, regülatörün akış davranışı, alt kritik olarak kabul edilir. Bu durumda ise yukarıdaki eşitliğin tersi alınır ve

$$\frac{(P_e + P_b)}{2} < (P_a + P_b) \quad (3.7)$$

olduğunda “akış kritik altıdır” denir. Kritik ve alt kritik akış davranışlarının sınırları, Şekil 3.2’de kartezyen koordinat sisteminde gösterilmiştir ve çizilen eğrinin iki farklı bölümü ile çakışmaktadır.



Şekil 3.2. Kontrol elemanı sabit konumda iken regülatörün akış davranışı.

### 3.3.3.2. Debi İçin Pratik Hesaplamalar

Pilot kontrollü regülatör ölçülerinin belirlenmesinde, hacimsel debiler EN 60534-2’de verilen ölçülendirme eşitlikleri kullanılarak hesaplanmalıdır.

a) Alt kritik akış davranışta

$$Q = \frac{6,79}{\sqrt{d(T_e + 273,15)}} C_g (P_e + P_b) \sin \left[ K_1 \sqrt{\frac{P_e - P_a}{P_e + P_b}} \right]_{deg} \quad (3.8)$$

b) Kritik akış davranışta

$$Q = \frac{6,79}{\sqrt{d(T_e + 273,15)}} C_g (P_e + P_b) \quad (3.9)$$

Eşitlikte;  $C_g$  akış katsayısını,  $d$  bağıl yoğunluğu,  $K_1$  gövde şekil faktörünü,  $P_b$  ortam atmosfer basıncını (1.013 bar),  $P_e$  giriş basıncını (barg),  $P_a$  çıkış basıncını (barg),  $T_e$  regülatör girişindeki gaz sıcaklığını ( $^{\circ}\text{C}$ ) göstermektedir.

Debi için basitleştirilmiş hesaplamalar, aşağıda verilmiştir.

$K_1 \leq 130$  ve  $(P_e - P_a) > 0.1 (P_e + P_b)$  ise aşağıdaki basitleştirilmiş eşitlikler, % 10'dan daha az bir hatayla kullanılabilir. Akış katsayılarının dönüşümü, EN 60534-2-2'ye uygun olarak gerçekleştirilebilir.

a ) Alt kritik akış davranışı

$$(P_e - P_a) \leq 0.5(P_e + P_b) \quad (3.10)$$

ise;

$$Q = \frac{13.75}{\sqrt{d(T_e + 273.15)}} C_g \sqrt{(P_a + P_b)(P_e - P_a)} \quad (3.11)$$

b ) Kritik akış davranışı

$$(P_e - P_a) > 0.5(P_e + P_b) \quad (3.12)$$

$$Q = \frac{6.79}{\sqrt{d(T_e + 273.15)}} C_g (P_e + P_b) \quad (3.13)$$

Yukarıdaki eşitlikleri kullanarak  $C_g$  değeri hesaplandıktan sonra çizelgelerin yardımı ile hesaplanan  $C_g$  değerinden daha büyük bir  $C_g$  değerine sahip, nominal çapı ve tipi belli regülatör seçilir. Regülatör seçimi yapıldıktan sonra regülatör conta oturma yerinde geçen gazın hızı istenen değerde (120 m/s) olup olmadığını kontrol etmek gerekir. Bunun için kullanılan hız eşitliği aşağıda verilmiştir.

$$V = 345.92 \left( \frac{Q}{DN^2} \right) \left( \frac{1 - 0.002P_e}{1 + P_e} \right) \quad (3.14)$$

Eşitlikte; V hız (m/s), Q standart şartlardaki debiyi ( $m^3/h$ ), DN regülatör nominal çapını (mm),  $P_e$  regülasyon basıncını (barg) göstermektedir.

### **3.3.4. Otomatik Emniyet Kapama Vanası**

Otomatik emniyet kapama vanalarının seçiminde kapasite hesaplanması için, regülatör için kullanılan hesaplama denklemlerinin aynısı kullanılır. Hesaplamalar için gerekli  $C_g$  kapasite değerleri ilgili çizelgelerden temin edilir.

### **3.3.5. Otomatik Emniyet Boşaltma Vanaları**

Boşaltma vanası seçiminde dikkat edilmesi gereken, vana dayanma basıncı ve boşaltma basıncını belirleyen yayı seçmektir. Bu iki kritere göre vana özellikleri belirlenmiş olunur. Boşaltma değeri genellikle regülatör çıkış basıncının en az %15 kadar üzerinde bir değerdir ve istasyonun yapıldığı gaz kuruluşunun ilgili şartnamesinde belirtilmektedir. Otomatik boşaltma vanaları normalde regülatörün çıkışına gaz hattı üzerine yerleştirilirler. Boşaltma vanası gazın boşaltmasında kullanılırken, boşaltılan gaz kapalı alan içerisine, kabin veya bina içinde kalmamalıdır. Bir boru yardımıyla mevcut mekan dışına, havadar bir bölgeye boşaltma yapılır ve boşaltma borusu ağız yerden yaklaşık 3 m kadar yüksekte bırakılır [2,4].

### 3.3.6. Sayaç Seçimi

İstasyon tasarımında geçen gaz miktarını ölçülendirme için sayaç seçilirken genel olarak dikkate alınması gereken kıstaslar sırasıyla,

- Teknik faktörler: akışta kullanılacak gazın türü, debi, basınç, maksimum basınç kaybı, tüketim davranışı (debideki değişim), ölçümde gözetilen doğruluk, güvenilirlik ve süreklilik.
- Pratikteki uygulaması: sayaç için ayrılan yerin uygunluğu, sayacı işletecek personelin kullandığı yeterliliği ve yapılan satış sözleşmesi.
- Uygulamalardaki geçerliliği: standartlarla uyumlu ve bağımsız kurumlarca ölçüm için yeterlilik kabulü almış olmalı.
- Ekonomik faktörler: kurulacak sistemin maliyeti, işletme maliyeti ve dağıtım yapılan enerjinin maliyeti olarak sayılabilir. Sayaç ebatları, dolayısıyla maliyetleri, kullanıldığı gaz hattındaki basınç arttıkça azalacağından bazen, sayaçların regülatör önlerine ve hemen filtreden sonra konulması bir alternatif olabilir.

Bundan sonra sayaç seçiminde kullanılacak hesaplamalar döner ve türbinmetre sayaçlar için yapılmıştır.

#### 3.3.6.1. Hacimsel Hesaplamalar

İlk adım olarak sayaç seçimi için gerekli tasarım girdileri ve uygulama türü belirlenir.

#### 3.3.6.2. Minimum Kapasite Hesapları

Tasarım girdilerinden normal şartlarda ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve  $P_b=1.013\text{ bar}$ ) geçirilmesi istenen saatlik istasyon anma akış debisi ( $Q_{anma}$ ) kullanılarak, sayacın akış şartlarında ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve mutlak  $P_{e\text{ min sayaç}}$ ) geçirilmesi gereken kapasite değeri aşağıda verilen eşitlikten bulunur.

Mutlak basınç (bara) = P (barg) + P<sub>b</sub>

$$P_b Q_{anma} = P_{e\ min} Q_h \quad (3.15)$$

Eşitlikte; P<sub>b</sub> atmosfer basıncını (1.013 bar), P<sub>e min</sub> akış şartlarında sayaçtaki minimum mutlak basıncı (barg), Q<sub>anma</sub> istasyon anma debisi (m<sup>3</sup>/h), Q<sub>h</sub> anma debisinin P<sub>min sayaç</sub> ve 0 °C'de hesaplanan debi değerini (m<sup>3</sup>/h) göstermektedir. Bu eşitliği kullanarak yapılan hacimsel debi hesaplamaları için, seçilecek sayacın hangi şartlarda kalibre edildiğini ilgili kataloglardan veya üretici firmadan öğrenilmelidir.

İstasyon anma kapasitesinin mutlak minimum basınç etkisi altında, hesaplanan kapasite değeri ile seçilecek sayacın ilgili sayaç kataloglarından bu değeri sağlayan daha büyük kapasiteli sayaç seçilir. Sayaç seçim çizelgelerinde belirtilen sayaç tiplerinin maksimum kapasiteleri, bir sonraki sayaç tipinin anma değerine eşittir ve maksimum kapasiteli sayaç bu çizelgelerden seçilir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Sayaç tipinin maksimum kapasitesi ile belirlenmesi.

Tip	G16	G25	G40	G65	G100	G160	G250	G400	G650
Kapasite Q <sub>maksayaç</sub> (m <sup>3</sup> /saat)	25	40	65	100	160	250	400	650	1000

Sayacın akış koşulundaki basınçlarda akışın azalması durumunda hangi minimum kapasite değerinde hassas ölçümler yapabileceği önemli olması dolayısıyla Çizelgelerde verilen kapasite oranı değeri ile sayaç minimum kapasitesini bulmak için,

$$\text{Kapasite Oranı} = \frac{Q_{\min\ \text{sayaç}}}{Q_{\max\ \text{sayaç}}} \quad (3.16)$$

denklemini kullanılır. Seçilen sayaç tipi maksimum kapasitesinde, sayaç minimum mutlak çalışma basıncında geçen debi için, aşağıdaki denklem kullanılarak normal şartlarda 0 °C ve P<sub>atm</sub> için sayaçtan geçebilecek maksimum debi bulunur.



$$Q_{maksayaç} \times P_{eminsayaç} = Q_{mak} \times P_{atm} \quad (3.17)$$

### 3.3.6.3. Hacim Üzerine Basınç ve Sıcaklık Düzeltme Hesapları

Seçilen sayaç tipinin akış koşullarındaki referans sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) ve basınçlarındaki (barg) gerekli düzeltmeler yapılarak maksimum ve minimum kapasite hesaplamaları aşağıda verilen denklemlerle bulunur. Maksimum sayaç giriş basıncında minimum debi aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$Q_{minHP} = Q_{minsayaç} \sqrt{\frac{P_r}{P_{emak} + P_b}} \sqrt{\frac{T_r + 273.15}{T_n + 273.15}} \sqrt{\frac{1}{G}} \quad (3.18)$$

Eşitlikte;  $Q_{minHP}$  akış koşullarındaki maksimum mutlak giriş basıncında (bara) ve sıcaklığında minimum debiyi ( $\text{m}^3/\text{h}$ ),  $Q_{min\ sayaç}$  sayacın  $0\ ^{\circ}\text{C}$ 'de minimum debi değerini,  $P_b$  atmosfer basıncını (1.013 bar),  $P_r$  referans basıncı (barg)  $P_{e\ mak}$  sayacın maksimum giriş basıncını (barg),  $T_r$  referans sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_n$  normal şartlardaki sıcaklığı ( $0\ ^{\circ}\text{C}$ ),  $G$  gazın pesifik gravitesini (boyutsuz) göstermektedir.

Kapasite oranını 1/20 olan bu sayacın akış koşullarındaki maksimum debidir ve  $\text{m}^3/\text{h}$  biriminde,

$$Q_{makHP} = Q_{minHP} \times \text{Kapasite Oranı} \quad (3.19)$$

Eşitliğinden hesaplanır. Eşitlikte;  $Q_{makHP}$  akış koşullarında sayaçtan geçen maksimum debiyi ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) göstermektedir.

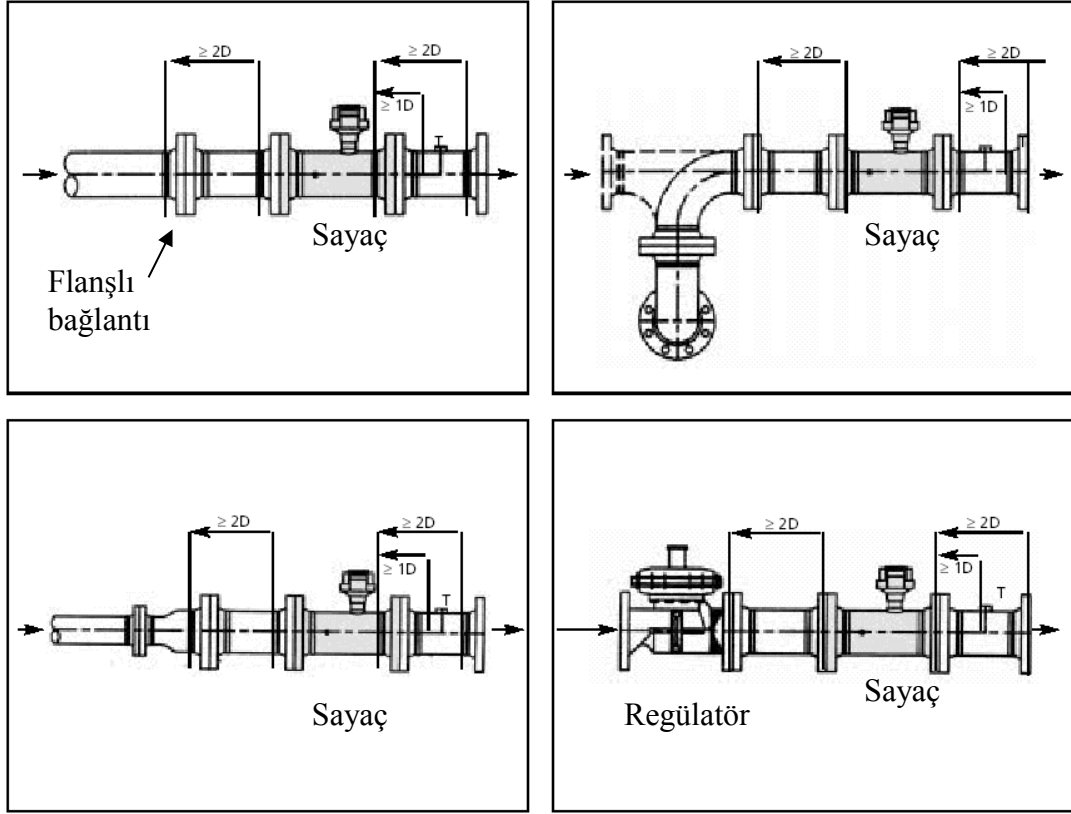
### 3.3.6.4. Sayaç Basınç Kaybı

Sayaç sonrasında basınç kaybı fazla olmamalıdır. Referans alınan normal şartlardaki basınç kayıplarını, ilgili sayaç üreticisinin çizelgelerinden edinerek, akış koşullarındaki basınç kayıpları,

$$\Delta P = \Delta P_r \times \frac{\rho_n}{0.83} \times \frac{(P_e + 1.013)}{1.013} \times \left( \frac{Q_h}{Q_{s\text{mak}}} \right)^2 \times \left( \frac{273.15}{273.15 + T_r} \right) \quad (3.20)$$

eşitliği ile hesaplanabilir. Eşitlikte;  $\Delta P$  akış şartlarındaki maksimum basınç kaybını (15 °C ve 19 barg),  $\Delta P_r$  normal şartlarda basınç kaybını (0 °C ve 1.013 barg),  $\rho_n$  gazın yoğunluğunu (0 °C ve 1.013 barg değerinde 0.63 kg/m<sup>3</sup>),  $P_e$  akış şartlarındaki çalışma basıncını (barg),  $Q_h$  hesaplanan debiyi (m<sup>3</sup>/h),  $Q_{s\text{mak}}$  seçilen sayacın maksimum debisini (400 m<sup>3</sup>/h),  $T_r$  akış koşullarındaki gazın sıcaklığı olan 15 °C'yi göstermektedir.

Maksimum basınç kaybını hesaplamak için giriş basıncı aralığında maksimum değer seçilir. Sayaç seçildikten sonra sayaç boyutları, ağırlıkları ile ilgili veriler ilgili sayaççizelgelerinden edinilir. İstasyon dizaynında sayaca uygun bir pozisyon belirlenmesi, yani sayaçla çalışmayı, söküp-takmayı kolaylaştıran ve aynı zamanda diğer donanımlarla da çalışmayı engellemek için, sayaç boyutları özellikle bilinmelidir. Bunun için sayaç öncesi ve sonrası için uygun uzunluklarda borular kesilmelidir. Bir diğer önemle dikkat edilmesi gereken nokta, sayacın sağlıklı ölçümler yapabilmesi için türbülanslı akışlardan uzak kalacak şekilde sayaç flanşlarının ön yüzlerinden itibaren önce ve sonrasında bırakılması gerekli olan, her sayaç tipi ve markada farklı olabilen, üretici tarafından belirlenen minimum mesafenin korunmasıdır. Buna Şekil 3.3'deki bir sayacın önce ve sonrası bırakılması gereken mesafelere örnektir. Etkin alan yeterli değilse akış düzenleyicisi kullanmak yerinde olabilir [2,4].



Şekil 3.3. Doğru ölçümler için sayaç önce ve sonrası için bırakılması gereken mesafelere örnek sayaç.

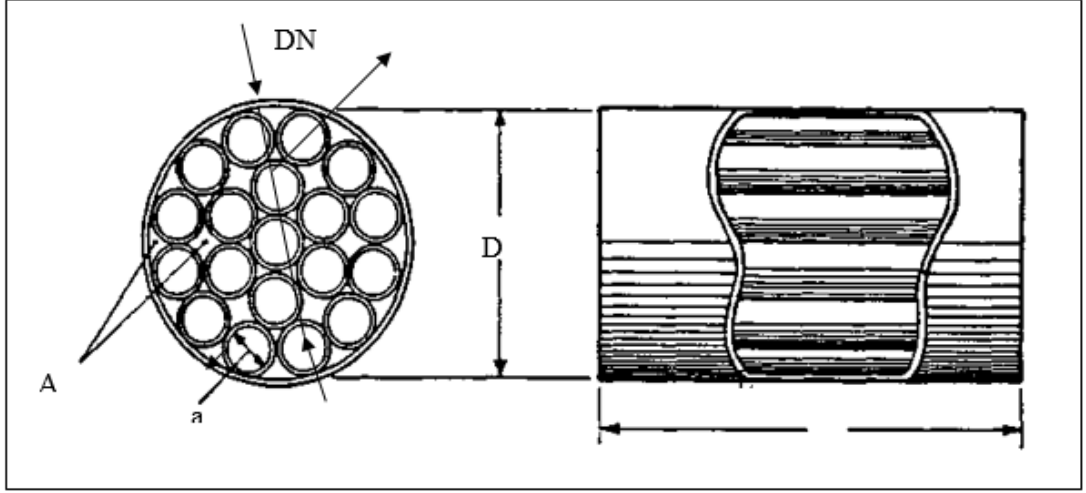
Tasarlanan istasyonun boru hattı düzeneğine göre, sayacın duracağı yer önemlidir. Uygulamalarda karşılaşılan sorunlardan bir tanesi, çift hatlı istasyonlarda regülatör sonrasına yerleştirilen sayaç, aktif birinci hat altında kaldığında, boru etrafındaki yoğuşma nedeniyle su altında kalabilmektedir. Pratik çözümlerden birisi sayacı aktif olmayan ve gerektiğinde çalışan yedek hattın altına yerleştirmektir [2,4].

### 3.3.7. Akış Düzenleyicisi Seçimi

Sayaç öncesi düzenli bir akış için tüp demetlerinin birleştirilmesinden yapılmış akış düzenleyicileri kullanılır. AGA standartlarına göre kullanılacak akış düzenleyicisinde uyulması gereken bazı oran ölçüleri vardır. Şekil 3.4'de görülen bir akış düzenleyici kesitinde:

- Bir tüpün çapı (a), akış düzenleyicisinin içine yerleştirileceği borunun nominal çapının (DN)  $\frac{1}{4}$ ' ünden daha büyük olmamalıdır.

- Şekilde görülen “A” kesiti borunun kesit alanının 1/16 değerini geçmemelidir.
- Tüpün uzunluğu (L), (a) çapının en az 10 katı olmalıdır [2,4].



Şekil 3.4. Tüp demetlerinden oluşmuş akış düzenleyicisinin kesit gösterimi.

### 3.3.8. Kazan Dairesi Gaz Besleme Grubu

İki regülasyon (aktif+yedek) hattından ve bir by-paslı ölçüm hattından oluşan gaz besleme grubu, brülörlerin gaz tüketimine göre istasyon çıkışı gaz basıncını ayarlar. Şekil 3.5’te görüldüğü gibi 16-19 bar seviyelerinden 150-300 mbar seviyelerine kadar çift kademeli regülasyon yapar. Ana bileşenleri, küresel vanalar, birinci kademe regülatörleri, ikinci kademe regülatörleri, emniyet tahliye vanaları, rotari sayaç, basınç ve sıcaklık transmitterleri ve göstergeleridir [2,4].



Şekil 3.5. Kazan dairesi ısıtma gazı besleme grubu.

### 3.3.9. Kazan Dairesi

RMS-A’larda iki tür ısıtıcı sistem mevcuttur. Bunlardan birincisi sahra tipi ısıtma, ikincisi ise kazan-eşanjör tipi ısıtmadır.

#### 3.3.9.1. Sahra Tipi Isıtma

Gaz ikiye ayrılıp bir kısmı sahra tipi kazan içindeki su yatağından gaz geçirilerek ısıtılıp daha sonra ısıtılmamış gazla harmanlanarak regülasyona gönderilmesi sistemidir.

#### 3.3.9.2. Eşanjör Tipi Isıtma

Kazanlarda ısıtılan suyun pompalar yardımıyla regülasyonun hemen öncesindeki eşanjöre gönderilmesi ve plakaların bir yanından su diğer yanından gaz geçirilmesiyle yapılan ısıtma sistemidir. Gazın ısıtılmasında kullanılan eşanjör sistemindeki su, yine doğalgaz ile çalışan kazan ve brülör sistemi ile ısıtılır. Kazan kapasitesi hesaplanan eşanjör kapasitesinden % 10 fazla seçilir ve kazanlar yedekli olarak tasarlanır. Bu regülasyon grubundan itibaren yapılacak tesisat ve kazan bağlantıları için yapılacak malzeme secimi ve hesaplarda (hız, çap, basınç kaybı,

havalandırma vb.) iç tesisat şartnameleri ve TSE 7363 kullanılır. Seçilen kazanın kapasitesine ve verimine bağlı olarak tesisat çapları hesaplanır. Kazan kapasitesinden % 10 fazla bir değerde de brülör kapasitesi seçilir. Gazın regülasyonunda basınç düşümünden kaynaklı oluşan ısı kaybını telafi etmek için aranjörlere sürekli sıcak su tedarik eder. Isıtılan su, pompalar vasıtasıyla devir daim eder. Ana Bileşenleri, brülörler, kazanlar, pompa grubu ve genleşme tanklarıdır.

### 3.3.10. Isıtma ve Regülasyon Grubu

Filtre edilen yüksek basınçlı gazın, sağlıklı bir şekilde kullanım basıncına düşürülebilmesi için Şekil 3.6'da görüldüğü gibi ısıtma ve regülasyon grubu bulunur. Bu grup biri devamlı olarak devrede olan, diğeri ise herhangi bir arıza durumu veya bakım işlemi için yedek olarak bekletilen % 100 yedekli iki hattan oluşur.



Şekil 3.6. Isıtma ve regülasyon grubu.

Her iki hattında giriş ve çıkış vanalarının her ikisi açık olmak zorundadır. Her hat; bir ısıtıcı üzerindeki sinyal vericiler ile bir monitör-aktif regülatör ve her iki hattı gerektiğinde izole edebilmek için giriş ve çıkışlarda bulunan küresel vanalardan

oluşur. Borulama ve vanaların dayanımları regülatör grubunun çıkış izolasyon vanasına kadar giriş basıncı sınıfına uygun olmalıdır. Ayrıca A tipi istasyonlarda regülatörlerin çıkışında birleşen hat üzerinde, istasyon kapasitesinin % 10'unu atabilen emniyet tahliye vanası olmalıdır [2,4].

Isıtıcı grubu regülasyon grubu öncesinde yer alır. Filtrasyondan geçirilen gazın istenilen basınca düşürülmesi esnasında gazın soğuması (Joule-ThompsonEffect) sebebiyle gaz regülatör pilotlarında donma oluşur, aynı zamanda gazın sıcaklığının su ve hidrokarbonların yoğuşmaya sıcaklığının altına düşmesi sonucu boru hattında su ve hidrokarbon sıvıları (kondens) meydana gelir. Oluşan sıvılar, boru hattında korozyona, hassas ölçü ve kontrol cihazlarında tahribata sebep olurlar. Regülatördeki ve çıkış hattındaki donmayı engellemek ve şehir şebekesine gazı 15 °C'de vermek maksadı ile gaz regülasyon öncesi ısıtılır. Doğalgaz beslemeli kazan-brülör sisteminden gelen sıcak suyun regülasyon hattındaki ısı eşanjöründe taşınım yolu ile doğalgaza ısı enerjisi verilmesi sureti ile gerçekleşir. Isıtıcılar, pilot alevinin sönmesi, set ayarlarının altında ve üstündeki değişikliklerde otomatik olarak devreden çıkarlar. Isıtıcı seçiminde gazın kaç derece ısıtılacağı, maksimum basınç farkı ve ısıtılacak gaz miktarı önemlidir. Her 1 bar basınç düşümü için gazın kaç derece soğuyacağı Joule-Thompson diyagramı yardımıyla belirlenir [2,5].

Isıtma ve regülasyon grubunun ana bileşenleri;

- Regülatörlerdeki basınç düşüşünden meydana gelen ısı kaybını telafi eden, istasyon çıkışı gaz sıcaklığı için gerektiğinde ilave ısıtma yapan, su sirkülasyonu 90 °C ve 3 bar'ın altında olan ve her biri birer su emniyet tahliye vanası ile donatılmış olan ısı değiştiriciler,
- Her iki hattı gerektiğinde izole edebilmek için giriş ve çıkışlarda bulunan küresel vanalar,
- Önceki monitör olarak sonraki aktif fonksiyonunda olan ve iletim şebekesinden gelen gaz basıncını giriş basıncındaki dalgalanmalardan ve akış debisindeki değişkenliklerden bağımsız olarak, sabit bir çıkışı basıncına düşüren pilot tahrikli veya yay tahrikli regülatörler,

- Herhangi bir sebeple regülatör çıkış basıncının artması ve otomatik kapama fonksiyonunun çalışmaması halinde, belirli bir ayar basıncının üzerindeki gaz birikimini atmosfere boşaltma işlevini gören emniyet tahliye vanası,
- Gerekliğinde, sistemin giriş ve çıkış vanalarını otomatik olarak kapatmak üzere regülasyon sonrasında istasyondaki istenmeyen derecedeki yüksek basınç sinyallerini kontrol sistemine ileten basınç anahtarları, Sıcak ve soğuk su giriş ve çıkışlarını kontrol için ısıtıcılar üzerinde bulunan birer adet kelebek vana,
- Su sıcaklığını ölçmek için kullanılan birer adet termometre,
- Regülasyon sonrasında sıcaklık ölçümü yaparak ısıtıcılara sıcak su girişini kontrol eden birer adet termostatik üç yollu vana,
- Gaz basıncının görülebilmesi için manometre ve sıcaklık göstergeleri,
- Basınç ve sıcaklık bilgilerinin kontrol merkezine aktarılması için gerekli basınç ve sıcaklık transmitterleridir [2,5].



## BÖLÜM 4

### ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE BULGULAR

#### 4.1. RMS-A İSTASYONLARINDA PROSES AMAÇLI KULLANILAN ISITMA GAZI MİKTARINI ETKİLEYEN PARAMETRELER

Ülkemizde RMS-A istasyonlarının çoğunluğunda standart olarak RMS-A çıkışında gaz sıcaklığı BOTAŞ şartnameleri gereği 15°C olacak şekilde ayarlanması gerekmektedir. Tüm istasyonlarda kazan sistemleri mevcut olup, BOTAŞ şartnameleri gereği yeni inşa ettirilecek istasyonlarında da ısıtma kazanları bulunması gerektiği görülmektedir. Şekil 4.1’de, RMS-A istasyon istasyonu gaz ısıtma için kullanılan Şehir-4 istasyonu yeni ısıtma kazanlarının resimleri görülmektedir.



Şekil 4.1. Yeni RMS-A istasyonu gaz ısıtma için kullanılan ısıtma sıcak su kazanları.

Proses amaçlı olarak istasyondan servis edilen doğal gazın ısıtılması için kullanılan ısıtma gazı tüketiminde tasarruf edilebilmesi için bazı noktalar tespit edilmiştir. Ancak burada en yüksek tasarrufu sağlayacak noktanın tespiti daha önemlidir. Mümkün ise tasarruf sağlamak için yapılacak çalışmaların nereden başlanması gerektiğine ışık tutacaktır. Isıtma gazı tüketimini istasyondan geçen servis edilen gazın giriş ve çıkış sıcaklığı, giriş ve çıkış basıncı, gazın debisi doğrudan etkilemektedir. Ayrıca gaz tüketimini etkileyen hususlarla ilgili genel bilgiler aşağıda verilmiştir.

Sıcak su ısıtma kazanı verimliliği açısından aşağıdaki hususlar etkilidir:

- Eksik yanma
- Baca gazındaki su buharı nedeniyle olan ısı kaybı
- Kuru baca gazı nedeniyle olan ısı kaybı
- Fazla hava
- Baca gazı sıcaklığı
- Yakıt cinsi
- Kazan yükü
- Kazan yüzeyinden olan ısı kayıpları
- Blöf nedeniyle olan ısı kaybı
- Besi suyu sıcaklığı
- Kondensatın geri kazanımı
- Yanma havası sıcaklığı
- Kazan seçimi
- Kazan brülör uyumu
- Kazanın verimli ekonomik ömrünü tamamlamış olması

Kullanılan Brülör verimliliği açısından aşağıdaki hususlar etkilidir:

- Brülörün hava yakıt karışımı oranı
- Yanma kalitesi
- Emisyon değerleri
- Doğru brülör seçimi

Elektrik kullanımının verimliliği açısından aşağıdaki hususlar etkilidir:

- Pompalardaki elektrik tüketimi

- Aydınlatmada kullanılan elektrik tüketimi
- Jeneratörlerde kullanılan yakıt tüketimi
- Sensörler ve Sistemden alınan verilerin doğruluğu

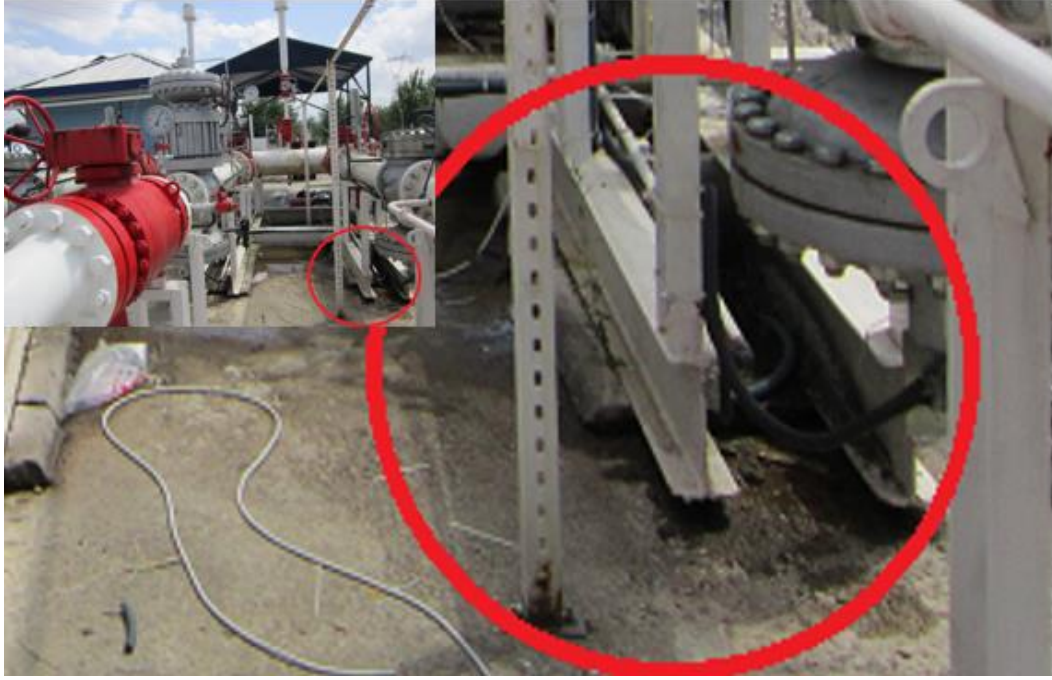
Gaz Isıtma İşlemi açısından aşağıdaki hususlar etkilidir:

- Optimum ısıtma sıcaklığının sağlanması
- Optimum ısıtma için istasyonun optimum tasarımı

Bu çalışma kapsamında yapılan incelemede RMS-A istasyonlarının çoğunda çıkış gaz sıcaklığı ayarlanabilir olmakla birlikte, tecrübeden gelen temayüller gereği 12 °C ile 15 °C aralığında olacak şekilde çalıştırıldığı tespit edilmiştir.

#### **4.2. RMS-A İSTASYONLARINDA BULUNAN ISITMA SİSTEMLERİNİN KULLANIM İHTİYACI**

RMS-A istasyonlarında ısıtma sistemlerinin kullanımı teknik şartnamenin gaz sıcaklığını temin etmek ayrıca özellikle pilot ve regülatörlerde yaşanabilecek olası donmaları engellemek ve muhtemel güvenlik risklerini ortadan kaldırmak için yapıldığı tespit edilmiştir. Fakat geçmişte ölçüm hatlarının istasyon çıkışında olması ve enerji fiyatlarının ucuz olması nedeniyle RMS-A istasyonu çıkışında gaz sıcaklığı standart şartlardaki gaz hesabında kullanılan 15 °C olacak şekilde işletmecilik yapıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca bu sıcaklık seviyesinde çıkış borularında terleme olmamaktadır. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi, RMS-A istasyonu çıkışında sıcaklık 10-12 °C olduğunda çıkış boruları yüzeyinde yoğunlaşma gözlenmiştir, sıcaklık düşükçe yoğunlaşmanın arttığı tespit edilmiştir. Bu durum işletmeler tarafından istenmemektedir. Boru yüzeylerinin sürekli nemli olması beraberinde korozyona da sebep olduğu gözlenmiştir. Bu durum bakım ve onarım maliyetlerini de artırabilmektedir [2,5].



Şekil 4.2. Zeminde birikmiş yoğuşmuş sular.

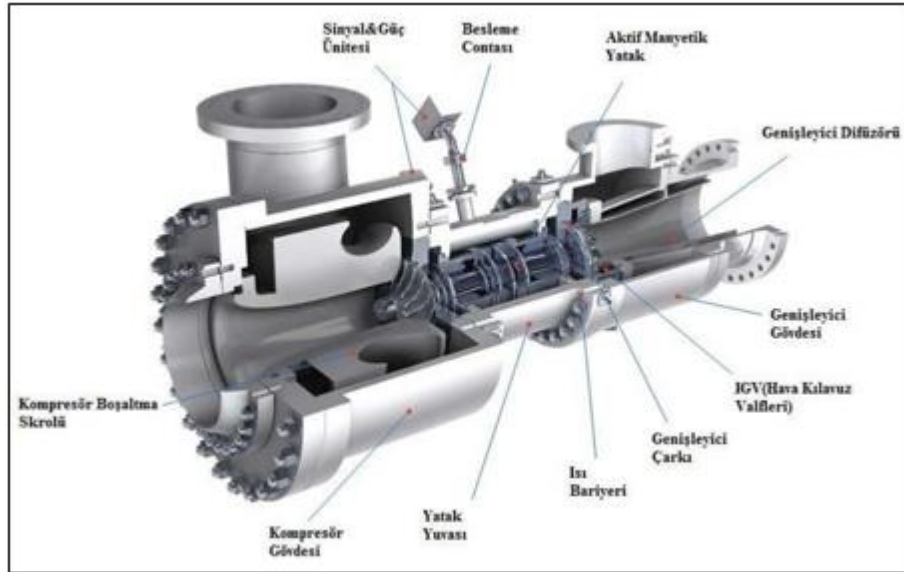
#### **4.3. RMS-A İSTASYONLARINDA PROSES ISITMA GAZINDA TASARRUF İÇİN KULLANILAN ALTERNATİF YENİLİKÇİ METOTLAR**

İstasyonlarda işletme gideri açısından ısıtma gazının maliyeti yüksektir. Bu kapsamda işletmelerin ısıtma gazı giderini azaltmak için bazı yöntemler geliştirmeye çalıştığı gözlenmektedir. Bu çalışma kapsamında klasik bilenen yöntemlere ilave nelerin yapılabileceği hususunda araştırma yapılmıştır. Bu tespit edilen tekniklerle ilgili uygulanabilirliği, ekonomiklik işletme açısından avantaj ve dezavantajlar incelenmiştir.

- Basınç düşümünden yararlanarak doğal gazdan elektrik üretmek amaçlı türbin kullanımı,
- Vorteks tüpü kullanımı,
- Elektrikli pilot ısıtıcı kullanımı,
- Elektrikli pilot ısıtıcı ceket kullanımı,
- Ayrı eşanjör kullanımı,

### 4.3.1. Basınç Düşümünden Yararlanarak Elektrik Üretmek Amaçlı Türbin Kullanımı

Bir genişleme türbini, gaz basıncının düşürülmesi esnasında akuple jeneratör yardımıyla elektrik üretimini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. İş üretmek için, yüksek basınçlı gaz basıncının düşürülmesi üzere bir genişleme türbinine konulmaktadır. Basınçlı gazdan elde edilen enerji, gazın basıncı ve sıcaklığını düşürmektedir. 1930'larda düzenlenen bu türbinler 15-25 yıl, kimya endüstrisinde hava sıvılaştırma için kullanılmıştır. Enerji geri kazanım cihazları gibi genişleme türbinlerinin kullanımı da 1980'lerin başında başlamıştır. Basit bir genişleme türbini bir genişletirici kanat, bir shaft ile rotora bağlanan jeneratörü kapsamaktadır. Yüksek basınçlı gaz boru hattı ile genişleme kanatlarını içeren gövde içerisine yönlendirilir. Dönen kanatlar rotor ve mil tertibatını döndürerek elektrik üreten rotordan çıkan gaz düşük basınçlı olarak çıkar. Genişleme türbini kullanılarak doğal gaz akışından elektrik üretimi yapan örnek türbin Şekil 4.3'de verilmiştir [2,8,9].

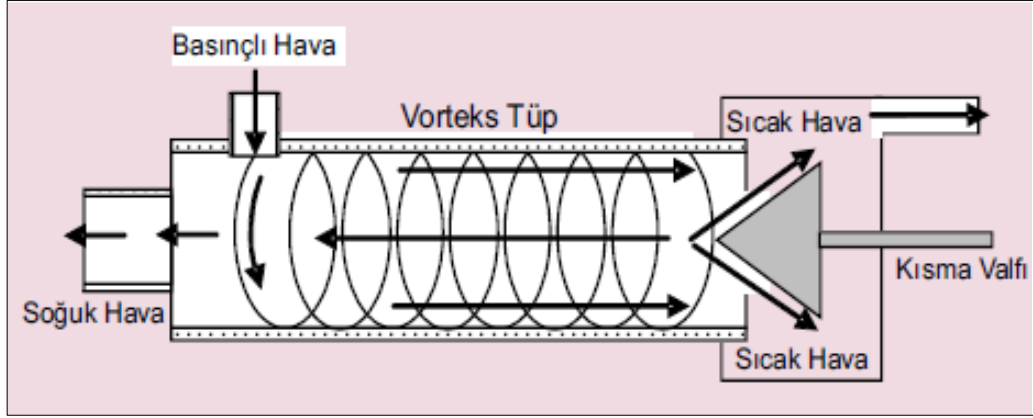


Şekil 4.3. Doğal gaz akışından elektrik üreten genişleme türbini.

### 4.3.2. Vorteks Tüpü Kullanımı

Bazı dağıtım firmaları ısıtma gazından tasarruf için vorteks tüplerini kullanmaya başladığı tespit edilmiştir. Sistem çalışması kısaca şöyledir; vorteks tüpü yapısı

gereği üzerinde geçen gazı 2 ayrı akıma (sıcak ve soğuk) ayırmakta, sıcak akım regülatör pilotları üzerinden geçirilerek pilotların donması engellenmektedir. Şekil 4.4.'de karşıt akışlı bir vorteks tüpteki akış Şeması gösterilmiştir [2,10].



Şekil 4.4. Karşıt akışlı bir vorteks tüpteki akış Şeması.

Sođuk akım ise direkt olarak boru hattına çıkış gazına verilmektedir. Bu sayede RMS-A çıkışında gaz ısıtılmadan veya daha dűřük sıcaklıklarda ısıtılarak istasyon çıkışına verilmektedir. Őekil 4.5'de vorteks tüpü ile pilotların ısıtılmasına ait uygulama resimleri verilmiştir.



Şekil 4.5. Vorteks tüpü ile pilotların ısıtılması.



### 4.3.3. Isıtıcı Ceket, Isıtıcı Rezistans Veya Elektrikli Pilot Isıtıcısı Kullanımı

Bu yöntemde ise regülatörpilotlara giden gaz ilave bir rezistanslı sistem ile ısıtılarak pilotların donması engellenmekte, bu sayede RMS-A çıkışında gaz ısıtılmadan veya daha düşük sıcaklıklarda ısıtılarak istasyon çıkışına verilmektedir. Bazı gaz dağıtım firmaları regülatörede ısıtıcı ceket takmaktadır. Şekil 4.6'da ısıtıcı ceket uygulamasına, Şekil 4.7'de pilot ısıtıcılarına ait resimler verilmiştir.



Şekil 4.6. Regülatörler için ısıtıcı ve ısı ceket uygulaması.

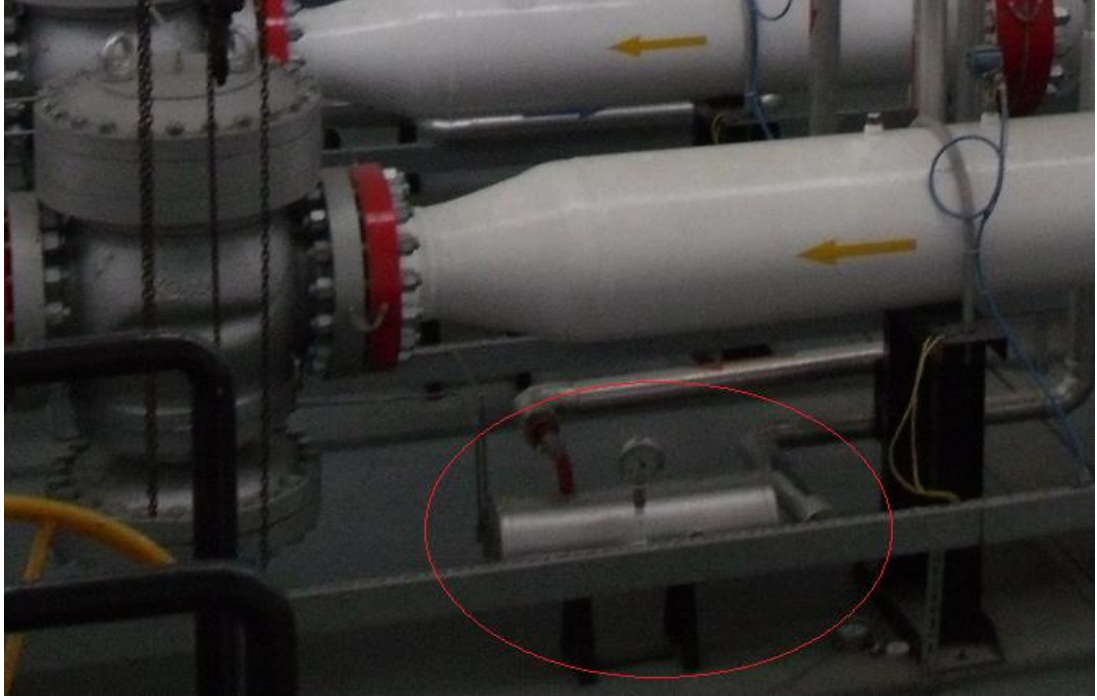


Şekil 4.7. Pilot ısıtıcıları.

#### 4.3.4. Pilotlar İçin Ayrı Eşanjör Kullanımı

Bu yöntemde ise pilotlar için ayrı eşanjör yapılarak, pilot ısıtması genel sistemden ayrıştırılarak, RMS-A çıkışındaki gazı ısıtmadan veya daha düşük ısılarda gaz arzı yapılması mümkün olabilmektedir. Şekil 4.8’de pilot için ayrı bir eşanjör kullanılmasına ait uygulama resmi verilmiştir.





Şekil 4.8. Pilot ısıtmasına ait ayrı eşanjör kullanımı uygulaması.

#### 4.3.5. RMS-A Isıtma Gazından Tasarruf Amaçlı Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması

Yöntemler, ilk yatırım, yıllık işletme maliyeti, bakım ve işletme güvenliği açısından değerlendirilmiştir.

##### 4.3.5.1. Yatırım ve İşletme Maliyeti

RMS-A istasyonlarında proses amaçlı kullanılan ısıtma gazından tasarruf amacıyla kullanılacak yöntemlerin ilk yatırımına ve yıllık işletmesine ait maliyetler verilmiştir Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. RMS-A ısıtma gazı tasarruf sistemlerine ait maliyet çizelgesi.

Kullanılan Isıtma Tipi	İlk Yatırım Maliyeti ( Hat başına )	İşletme Maliyeti ( Hat başına yıllık )
Vorteks Tüpü Kullanımı	20.000 TL	100 TL
Elektrikli Isıtıcı Kullanımı	4.000 TL	3.372 TL
Ayrı Eşanjör Kullanımı	6.000 TL	1.000 TL

#### 4.3.5.2. İşletme, Bakım, Arıza ve Güvenlik Açısından Değerlendirilmesi

Çizelge 4.2'de RMS-A ısıtma gazından tasarruf amacıyla kullanılabilen yöntemlerinin İşletme, bakım ve güvenlik açısından değerlendirilmesi verilmiştir.

Çizelge 4.2. Tasarruf sistemlerinin işletme, bakım, arıza ve güvenlik açısından değerlendirilmesi.

	İşletme	Bakım	Arıza	Güvenlik
Vorteks Tüpü Kullanımı	RMS-A istasyonunda pilot bağlantıları regülatörün standart bağlantı şeklinden farklı olmaktadır.	Vorteks tüpünün herhangi bir bakımı bulunmamakta, fakat üzerine takılan ilave kontrol ekipmanlarının kontrolü gereklidir.	Sistem üzerinde bulunan solenoid ve kontrol ekipmanında arıza oluşma ihtimali var.	Korektör veya solenoidte oluşacak bir arıza neticesinde regülatör sonrası basıncın giriş basıncına eşitlenmesi riski mevcuttur.
Elektrikli Pilot Isıtıcı Kullanımı	Regülatörün standart bağlantılarında bir değişiklik gerekmemektedir.	İlave bir bakımı yükü getirmemektedir.	Isıtıcının kendisinde oluşabilecek arıza dışında herhangi bir arıza riski bulunmamaktadır.	İlave bir güvenlik riski bulunmamaktadır.
Elektrikli Pilot Isıtıcı Ceket Kullanımı	Regülatörün standart bağlantılarında bir değişiklik gerekmemektedir.	Regülatör ve pilotların üzerine kaplandığından dolayı bakım sırasında sökülmesi gerekmektedir.	Isıtıcı ceketin kendisinde oluşabilecek arıza dışında herhangi bir arıza riski bulunmamaktadır.	İlave bir güvenlik riski bulunmamaktadır.
Ayrı Eşanjör Kullanımı	Regülatörün standart bağlantılarında bir değişiklik gerekmemektedir.	İlave bir bakımı yükü getirmemektedir.	Arıza riski bulunmamaktadır.	İlave bir güvenlik riski bulunmamaktadır.

#### 4.3.5.3. İstasyondan Düşük Sıcaklıklarda Gaz Arzının Getireceği Riskler

RMS-A istasyonlarında en kötü şart olan 50 bar basınç düşümü ve giriş gazının 7-8 °C gelmesi durumunda 28 °C ısı düşümü ile gaz ısıtılmadığı takdirde istasyon çıkışında -20 °C olacaktır. Ortalama şartlar için ise 30 bar basınç düşümü ve giriş gazının 10 °C gelmesi durumunda 16.8 °C ısı düşümü ile gaz ısıtılmadığı takdirde istasyon çıkışında -7 °C olacaktır.

EPDK Şebeke İşleyiş Düzenlemeleri (ŞİD) EK-1 Doğalgaz Kalite Şartnamesinde :

Doğalgaz Kimyasal Kompozisyonu (Mol Yüzdesi Olarak)

Metan	Min. % 82
Etan	Maks. % 12
Propan	Maks. % 4
Bütan	Maks. % 2.5
Pentan ve Diğer Ağır Karbonlar	Maks. % 1
Karbondioksit	Maks. % 3
Oksijen	Maks. % 0,5
Azot	Maks. % 5.5
Kükürt	
Hidrojen Sülfür	Maks. 5.10 mg/m <sup>3</sup>
Merkaptan Kükürt	Maks. 15.30 mg/m <sup>3</sup>
Toplam Kükürt	Maks. 110 mg/m <sup>3</sup>

Üst Isıl Değer

Maksimum	10427 kcal/m <sup>3</sup>
Minimum	8100 kcal/m <sup>3</sup>

Wobbe Sayısı

Maksimum	54.7 MJ/m <sup>3</sup>
Minimum	45.7 MJ/m <sup>3</sup>

Su Çiğlenme Noktası	Maksimum -8 °C
Hidrokarbon Çiğlenme Noktası	Maksimum 0°C

Yukarıda verilen hususlar belirtilmekte olup, iletim firmasının 0 °C altında kondens oluşumu ve -8 °C altında ise sıvı oluşumu için garantisi bulunmamaktadır. Bu nedenle düşük sıcaklıklarda gaz arzı boru hatlarında uzun vadede gazın içerisinde bulunan nemin ve kimyasal bileşiklerin sıvıya ve kondense dönüşümü riski getirebilecektir. Bunun yanı sıra düşük sıcaklıklarda gaz arzından dolayı istasyon

çıkışında bulunan ekipmanlarda da uzun vadede yoğuşmaya bağlı iç ve dış korozyon oluşması riskini de artıracaktır.

RMS-A istasyonlarında vorteks tüpü kullanılarak sadece pilotların ısıtılması, regülatörlerden geçen gazın ısıtılmadan veya düşük sıcaklıklarda geçirilmesinin regülatörlerin çalışması üzerinde olumsuz etkilerinin olup olmadığının belirlenmesi, vorteks tüpü kullanıldığı takdirde RMS-A istasyonunda arızadan kaynaklı elektrik kesintisi yaşanması durumunda güvenli gaz arzının devam ettirilip ettirilemeyeceği konusu belirsizlik göstermektedir.

İlk yatırım ve işletme maliyetleri ile işletme, bakım ve güvenlik konuları göz önüne alındığında ayrı eşanjör kurulumu yapılarak sistem kurulması daha efektif gözükmemektedir. Bununla birlikte uzun vadede oluşabilecek kondens ve yoğuşmadan kaynaklı risklerde göz önünde bulundurularak en düşük gaz arzı sıcaklığının dikkate alınması faydalı olacaktır.

Doğalgazın güvenli bir şekilde tüketiciye sunulması, istenen basınç ve sıcaklıkta, kesintisiz ve güvenli bir akışın sağlanmasıyla olur. Bu da ancak iyi ve doğru tasarımlar ile mümkündür. İyi bir tasarımın başlangıç noktası, ön fikir sağlayabilecek tasarım için gerekli verilerin en doğru şekilde toplanmasıdır. Bunlar genel olarak istasyon giriş-çıkış basıncı, gaz özellikleri, maksimum kapasite, standart şartlar, uygulama türü, maksimum akışkan hızı, flanş bağlantıları, maksimum gürültü seviyesi, dağıtım sisteminde kullanılmış olan boru tipidir. Vortex tüpü kullanımı ile işletme güvenliğinden taviz verilmeden gazın ısıtılması için kullanılan yakıt gazından tasarruf edilip edilemeyeceğinin araştırılması belirsizlik göstermektedir. RMS-A istasyonunda regülatörlerden geçen gazın ısıtılmadan veya düşük sıcaklıklarda arzından dolayı regülasyon sonrası hatlarda yoğuşmadan kaynaklanabilecek olası korozyon problemleri ile karşılaşılabılır. Bazı gaz dağıtım firmalarının hem vortex tüpü hem de ısıtıcı ceket uygulamasını birlikte kullandığı görülmüştür.

#### 4.3.6. Kazan Verimleri

Kazanlar, işlevleri gereği bünyelerinde yakılan yakıtlarda açığa çıkan ısı enerjisini içlerindeki akışkana aktaran cihazlardır. Bu akışkan su, hava veya kızgın yağ olabilir. Bir kazanın verimini belirleyen dört ana faktör vardır.

- Yakıt Alt Isıl Değeri: Bu özellik yakıtın kendisi ile ilgilidir, kazandan bağımsızdır, ancak verim hesabında etkili faktörlerden biridir.
- Yanma Verimi: Büyük ölçüde yakıcıya, kısmen de kazan dizaynına bağlıdır.
- Zarf Kayıpları: Kazan gövdesinden çevreye olan ısı kayıplarıdır. Bu kayıplar kazanın büyüklüğü ve ısı izolasyonu ile yakından bağlantılıdır.
- Yukarıda sıralanan üç faktör genelde sabit değerlerdir.
- Baca Gazı Çıkış Sıcaklığı: Kazan verimini etkileyen ve belirleyen en önemli faktördür. Kazanda yakılan yakıtın yanması sonucu açığa çıkan ısı enerjisinin kazan bünyesindeki akışkana hangi ölçüde aktarıldığını belirler.

Baca gazı çıkış sıcaklığı öncelikle kazanın çalışma rejimine sonra kazanın dizaynına bağlıdır. Herhangi bir kazanda baca gazı çıkış sıcaklığı çalışma rejimine ve kullanılan yakıt cinsine göre belirlenen değerler aralığında olmalıdır.

Bu çalışma kapsamında yapılan ölçümlerde, Şehir-4 istasyonunda 3 adet kazan için baca gazı analiz cihazıyla ölçüm yapılabilmektedir. Şehir-4 istasyonu yeni inşa edilmiş modern kontrol sistemleri kullanıldığı tespit edilmiştir. Ölçümde kullanılan baca gazı analiz cihazı Unigas 2000, Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Unigas 2000 - Baca gazı analiz cihazı.

Şekil 4.1’de verilen yeni RMS-A istasyonu gaz ısıtma sıcak su kazanlarının UNİGAS 2000 baca gazı analiz cihazıyla ölçümleri yapılmıştır. Şehir-4 ısıtma sisteminde kullanılan 3 adet kazanın baca gazı analiz sonuçları aşağıda Çizelge 4.3’de verilmiştir. Yapılan analiz sonucunda ölçülen verim değerleri şöyledir:

Kazan Verimleri:

Kazan 1 : % 97.3

Kazan 2 : % 97.9

Kazan 3 : % 96.3

Çizelge 4.3. Şehir-4 ısıtma sistemi 3 adet kazan baca gazı analiz sonuçları.

	Kazan 1	Kazan 2	Kazan 3
Analiz Cihazı	Unigas 2000	Unigas 2000	Unigas 2000
Analiz Cihazı Seri No	47240	47240	47240
Test Tarihi - Saati	05.12.2013- 17:27	05.12.2013 17:14	05.12.2013-17:50
Yakıt	Doğal Gaz	Doğal Gaz	Doğal Gaz
O <sub>2</sub> , %	4.9	5.1	5.4
CO <sub>2</sub> , %	9,2	8,8	8
Hava fazlalık katsayısı, $\lambda$	1.24	1.29	1.28
Gaz Sıcaklığı, °C	69.4	56.7	91.6
Hava Sıcaklığı, °C	16.7	17.1	16.9
Fark Sıcaklık, °C	52.7	38.6	74.7
Net Verim, %	97.3	97.9	96.3
Net Kayıp, %	2.7	2.1	3.7
CO	67	21	0
Çekiş	----	----	----
Referans O <sub>2</sub> ,%	3	3	3
CO, ppm	73	23	0
İslilik	----	----	----
Ortalama İslilik	----	----	----

#### 4.3.7. RMS-A'lardan Geçen Gaz ve Isıtma Gazı Tüketimi Oranı Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında tüm kazanlarda ölçüm yapma imkanı olmadığı için, verimlilik ölçümü yapılan ve teknoloji açısından yeni olan şehir 4 istasyonu referans olarak kabul edilerek ısıtma gazı tüketimleri ve sistemden geçen gazlar arasındaki ilişki analiz edilmeye çalışılmıştır. Şekil 4.10'da sahra tipi gaz ısıtma için kullanılan sıcak su kazanları verilmiştir. Bu kazanlarda yanmayı kontrol eden otomatik kontrol sistemleri mevcut değildir.



Şekil 4.10. Sahra tipi gaz ısıtma için kullanılan sıcak su kazanları.

Tez kapsamında 6 şehir istasyonu tüketim değerleri dikkate alınarak analiz çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda yeni inşa edilmiş modern istasyon olan Şehir-4 ile Şehir-1, Şehir-2, Şehir-3, Şehir-5 ve Şehir-6 istasyon ısıtma sistemleri gaz tüketimleri kıyaslanacaktır. Konuyla ilgili hazırlanan tüketim değerleri çizelgesi ve grafiği her istasyon için ayrı ayrı yıllar ve aylar bazında tüketimleri verilmiştir.

#### **4.3.8. Şehir-1 RMS-A İstasyonu Gaz Tüketimi Değerlendirmesi**

2012 yılına ait bazı verilere ulaşamadığı için 2013 yılına ait tüketim verilerine bakılacak olursa giriş basıncı yükseldikçe, basınç düşümü sebebiyle gazın soğuması ile yakılması gereken gaz miktarı arttığı tespit edilmiştir. Doğal gazın basıncında 1 bar'lık düşüş gaz sıcaklığında ortalama 0.56 °C'lik düşüşe sebep olmaktadır. İstasyon girişinde gaz basıncı ne kadar yüksekse ısıtma için tüketilen gaz miktarı da o oranda artış göstermektedir. İlgili veriler Çizelge 4.4'de ve Şekil 4.11'de grafik halinde verilmiştir.

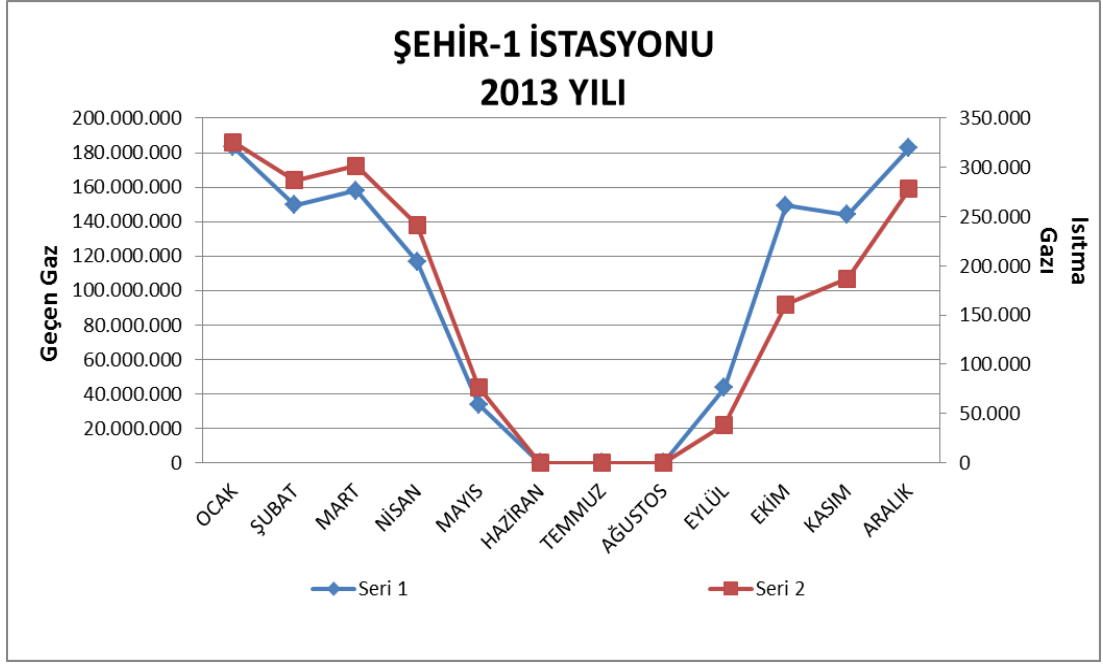


### 1-3 Numaralı Kazanlar:

Miktar : 3 Adet  
Markası : PROSER  
Yapım Yılı : 1991  
Tipi : Sahra Tipi  
Kapasite : 2500000 kcal/h – adet  
Toplam Kapasite : 872 MW

Çizelge 4.4. Şehir-1 istasyonu yıllara göre aylık gaz çekiş ve ısıtma gazı debileri.

ŞEHİR-1	2012 YILI		2013 YILI				
	Isıtıcı (Sm <sup>3</sup> )	Gaz (Sm <sup>3</sup> )	Akış (Sm <sup>3</sup> )	Tg (°C)	Pg (bar)	Pç (bar)	Isıtma Gazı (Sm <sup>3</sup> )
OCAK	Ulaşılamayan veri		183165000	14	53.1	22.4	325900
ŞUBAT	Ulaşılamayan veri		149567000	13.4	53.7	22.4	286723
MART	Ulaşılamayan veri		157923000	13.2	52.1	22.4	301522
NİSAN	Ulaşılamayan veri		117012000	13.2	52.1	22.4	241692
MAYIS	Ulaşılamayan veri		33791000	15.3	61.1	22.6	76569
HAZİRAN	Ulaşılamayan veri		0	16.8	58.8	21.9	0
TEMMUZ	96872	83283000	0	19.7	60.8	22.7	0
AĞUSTOS	101972	76788000	0	21.4	62.8	22.7	0
EYLÜL	115237	90030254	43625000	13.2	54.7	22.4	38825
EKİM	160464	97727000	149423000	17.9	55.8	22.3	160907
KASIM	216945	223021000	143923000	16.5	54.8	22.3	187208
ARALIK	295182	349842000	182763260	11.5	51.5	22.2	278250
TOPLAM (Sm <sup>3</sup> )	986672	920691254	1167192260				1897596



Şekil 4.11. Şehir-1 istasyonu aylık ısıtma gazı ve gaz çekiş miktarı.

Grafikte verilen mavi renkli Seri 1 istasyondan geçen gazı, kırmızı olarak verilen Seri 2 ise tüketilen ısıtma gazını göstermektedir. İstasyon giriş basıncı düştükçe ısıtma gazı tüketimi düşmüştür. Yılın ilk yarısında oran olarak ısıtma gazı yüksekken (Seri 2, Seri 1'in üzerinde) 2013 yılının 2. yarısında giriş basıncının düşük olmasına bağlı olarak ısıtma gazı tüketimi de azalmıştır.

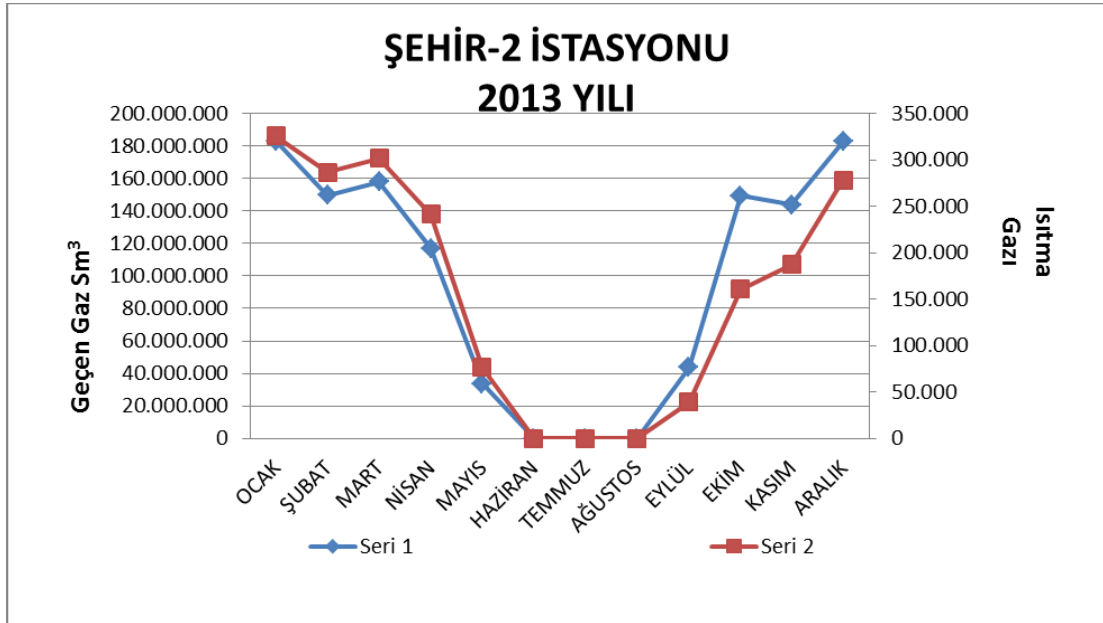
#### 4.3.9. Şehir-2 RMS-A İstasyonu Gaz Tüketiminin Değerlendirmesi

1-3 Numaralı Kazanlar :

Miktar : 3 Adet  
 Markası : BONGIOANNI  
 Yapım Yılı : 1996  
 Tipi : Shelter Tipi  
 Kapasite : 1750000 kcal/h – adet  
 Toplam Kapasite : 611 MW

Çizelge 4.5. Şehir-2 istasyonu yıllara göre aylık gaz çekiş ve ısıtma gazı debileri.

ŞEHİR-2	2012 YILI		2013 YILI				
	Isıtıcı (Sm <sup>3</sup> )	Gaz (Sm <sup>3</sup> )	Akış (Sm <sup>3</sup> )	Tg (°C)	Pg (bar)	Pç (bar)	Isıtma Gazı (Sm <sup>3</sup> )
OCAK	Ulaşılamayan veri		121069000	14	53.1	22.4	104260
ŞUBAT	Ulaşılamayan veri		99059000	13.4	53.7	22.4	94951
MART	Ulaşılamayan veri		97456000	13.2	52.1	22.4	90697
NİSAN	Ulaşılamayan veri		85003558	13.2	52.1	22.4	86330
MAYIS	Ulaşılamayan veri		1944000	15.3	61.1	22.6	2257
HAZİRAN	Ulaşılamayan veri		0	16.8	58.8	21.9	0
TEMMUZ	0	0	0	19.7	60.8	22.7	0
AĞUSTOS	0	0	0	21.4	62.8	22.7	0
EYLÜL	0	0	0	13.2	54.7	22.4	0
EKİM	0	0	22000	17.9	55.8	22.3	130
KASIM	36088	0	10291000	16.5	54.8	22.3	9096
ARALIK	90872	0	112047200	11.5	51.5	22.2	77593
TOPLAM (Sm <sup>3</sup> )	126960	0	526891758				465314



Şekil 4.12. Şehir-2 istasyonu aylık ısıtma gazı ve gaz çekiş miktarı.

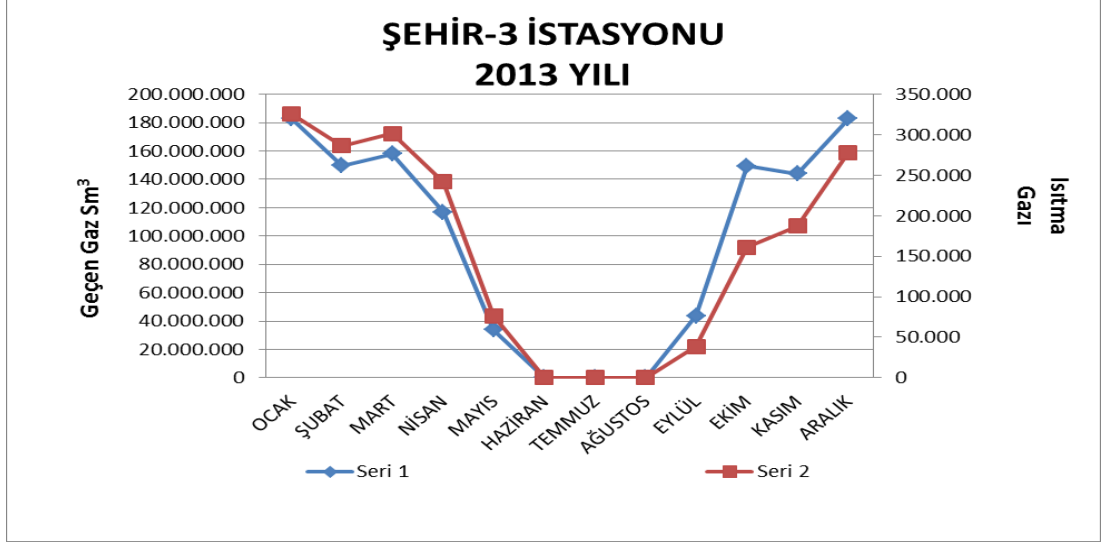
#### 4.3.10. Şehir-3 RMS-A İstasyonu Gaz Tüketimi Değerlendirmesi

##### 1-3 Numaralı Kazanlar:

Miktar	: 3 Adet
Markası	: BONGIOANNI
Yapım Yılı	: 1998
Tipi	: Shelter Tipi
Kapasite	: 1750000 kcal/h – adet
Toplam Kapasite	: 611 MW

Çizelge 4.6. Şehir-3 istasyonu yıllara göre aylık gaz çekiş ve ısıtma gazı debileri.

ŞEHİR-3	2012 YILI		2013 YILI				
	Isıtıcı (Sm <sup>3</sup> )	Gaz (Sm <sup>3</sup> )	Akış (Sm <sup>3</sup> )	Tg (°C)	Pg (bar)	Pç (bar)	Isıtma Gazı (Sm <sup>3</sup> )
OCAK	Ulaşılamayan veri		15456000	14.0	53.1	22.4	13954
ŞUBAT	Ulaşılamayan veri		0	13.4	53.7	22.4	0
MART	Ulaşılamayan veri		0	13.2	52.1	22.4	0
NİSAN	Ulaşılamayan veri		25051000	13.2	52.1	22.4	20543
MAYIS	Ulaşılamayan veri		73301000	15.3	61.1	22.6	66411
HAZİRAN	Ulaşılamayan veri		93616000	16.8	58.8	21.9	71702
TEMMUZ	0	0	93028000	19.7	60.8	22.7	56106
AĞUSTOS	0	0	81439000	21.4	62.8	22.7	45270
EYLÜL	0	0	55048000	13.2	54.7	22.4	21923
EKİM	0	0	40648000	17.9	55.8	22.3	16447
KASIM	0	0	108645000	16.5	54.8	22.3	65522
ARALIK	21268	0	116145700	11.5	51.5	22.2	77892
TOPLAM(Sm <sup>3</sup> )	21268	0	702377700				455770



Şekil 4.13. Şehir-3 istasyonu aylık ısıtma gazı ve gaz çekiş miktarı.

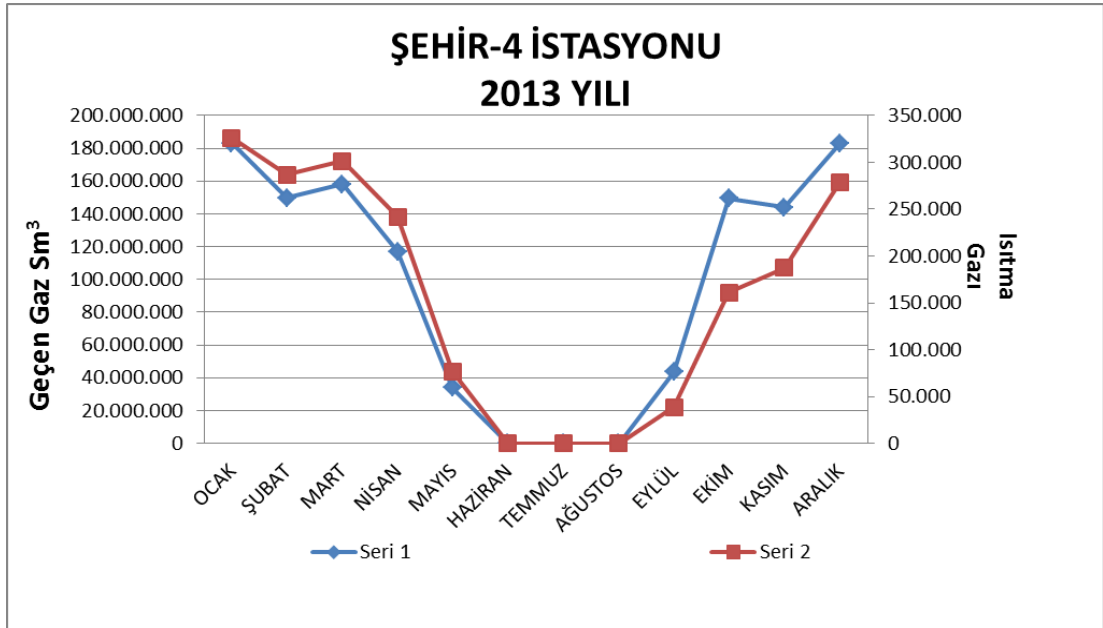
#### 4.3.11. Şehir-4 RMS-A İstasyonu Gaz Tüketimi Değerlendirmesi

##### 1-3 Numaralı Kazanlar:

Miktar	: 3 Adet
Markası	: ISIMEK
Yapım Yılı	: 2009
Tipi	: Shelter Tipi
Kapasite	: 5000000 kcal/h – adet
Toplam Kapasite	: 17.45 MW

Çizelge 4.7. Şehir-4 istasyonu yıllara göre aylık gaz çekiş ve ısıtma gazı debileri.

ŞEHİR 4	2012 YILI		2013 YILI				
	Isıtıcı (Sm <sup>3</sup> )	Gaz (Sm <sup>3</sup> )	Akış ( Sm <sup>3</sup> )	Tg ( °C )	Pg (bar )	Pç ( bar )	Isıtma Gazı (Sm <sup>3</sup> )
OCAK		181782000	204930000	14.8	52.5	22.2	166899
ŞUBAT		171557000	187682000	13.5	51.1	22.2	180003
MART		165819000	137038000	14,1	50.4	22.1	124337
NİSAN	0	0	0	0	0	0	0
MAYIS	0	0	0	0	0	0	0
HAZİRAN	0	0	0	0	0	0	0
TEMMUZ	0	0	0	0	0	0	0
AĞUSTOS	0	0	0	0	0	0	0
EYLÜL	0	0	0	0	0	0	0
EKİM	0	0	0	0	0	0	0
KASIM	0	0	0	0	0	0	0
ARALIK		139230000	148332000	14.6	53.2	22.2	
TOPLAM(Sm <sup>3</sup> )	0	65838800	677982000				471239



Şekil 4.14. Şehir-4 istasyonu aylık ısıtma gazı ve gaz çekiş miktarı.

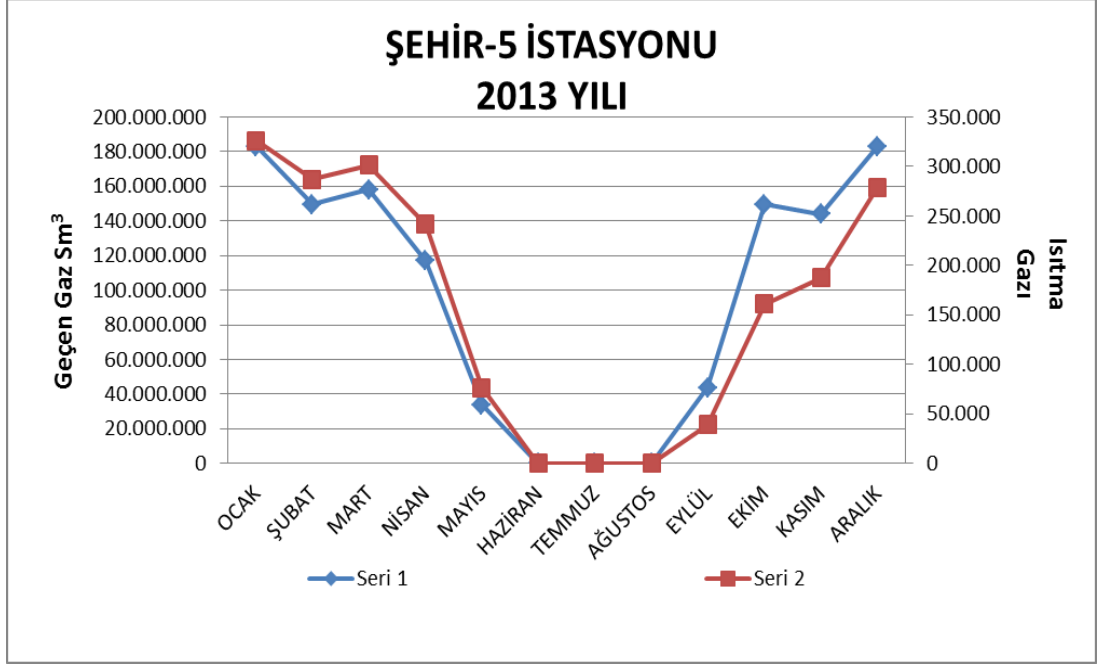
#### 4.3.12. Şehir-5 RMS-A İstasyonu Gaz Tüketimi Değerlendirmesi

1-3 Numaralı Kazanlar \_\_\_\_\_ :

Miktar : 3 Adet  
Markası : SELNİKEL  
Model : OKS/A  
Yapım Yılı : 2010  
Tipi : Shelter Tipi  
Kapasite : 2650000 kcal/h – adet

Çizelge 4.8. Şehir-5 istasyonu yıllara göre aylık gaz çekiş ve ısıtma gazı debileri.

ŞEHİR 5	2012 YILI		2013 YILI				
	Isıtıcı (Sm <sup>3</sup> )	Gaz (Sm <sup>3</sup> )	Akış ( Sm <sup>3</sup> )	Tg ( °C )	Pg (bar )	Pç ( bar )	Isıtma Gazı (Sm <sup>3</sup> )
OCAK	Ulaşılamayan veri		1117020	9.2	51.8	28.8	86264
ŞUBAT	Ulaşılamayan veri		1834290	9.2	51.5	28.8	68842
MART	Ulaşılamayan veri		542550	10.6	51.6	29.8	61581
NİSAN	Ulaşılamayan veri		10440	13.6	57.7	27.5	0
MAYIS	Ulaşılamayan veri		18589570	15	59.5	34	0
HAZİRAN	Ulaşılamayan veri		71728000	17.5	63.5	34	0
TEMMUZ	102017	173846696	99015000	20.0	57.1	33	0
AĞUSTOS	101764	150631565	37451000	21.0	49.6	28.4	0
EYLÜL	74908	146107265	4467482	22.0	52	28.1	0
EKİM	97402	153061163	9612000	21.0	53.1	27	0
KASIM	89300	171370286	66954000	18.0	51.3	33.8	0
ARALIK	82470	152735482	71360000	18.0	52	32.8	94233
TOPLAM(Sm <sup>3</sup> )	547861	947752457	383681350				310920



Şekil 4.15. Şehir-5 istasyonu aylık ısıtma gazı ve gaz çekiş miktarı.

#### 4.3.13. Şehir-6 RMS-A İstasyonu Tüketimleri Değerlendirmesi

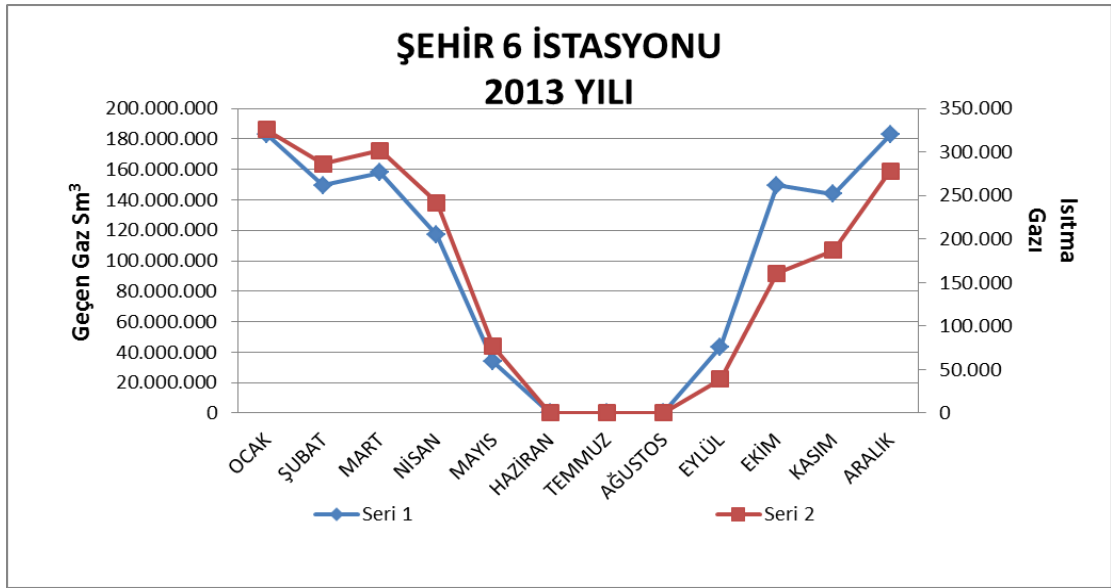
1-3 Numaralı Kazanlar :

Miktar : 3 Adet  
 Markası : SELNİKEL  
 Model : OKS/A  
 Yapım Yılı : 2010  
 Tipi : Shelter Tipi  
 Kapasite : 1010000 kcal/h – adet



Çizelge 4.9. Şehir-6 istasyonu yıllara göre aylık gaz çekiş ve ısıtma gazı debileri.

ŞEHİR 6	2012 YILI		2013 YILI				
	Isıtıcı (Sm <sup>3</sup> )	Gaz (Sm <sup>3</sup> )	Akış (Sm <sup>3</sup> )	Tg (°C)	Pg (bar)	Pç (bar)	Isıtma Gazı (Sm <sup>3</sup> )
OCAK	Ulaşılamayan veri		134211052	13.5	51.7	18.8	88630
ŞUBAT	Ulaşılamayan veri		109376152	13	52.8	18	78322
MART	Ulaşılamayan veri		117213564	12.6	50.4	18.8	84033
NİSAN	Ulaşılamayan veri		127648207	13	54.7	18.8	95312
MAYIS	Ulaşılamayan veri		138087435	13	61.3	18.8	112245
HAZİRAN	Ulaşılamayan veri		139354703	16.5	62.3	18.8	115655
TEMMUZ		7742520	142623420	17.9	58.8	18.8	101693
AĞUSTOS		20622000	150332000	21.5	58.8	18.8	82378
EYLÜL		21261170	173180400	22.8	56.2	19	60332
EKİM		21738000	174029420	21.8	57.2	18.9	64314
KASIM		2049340	173371900	18.6	54.3	18.8	74593
ARALIK		282580	111302511	15.3	49.5	18.8	66702
TOPLAM(Sm <sup>3</sup> )	0	73695610	1690730764				1024208



Şekil 4.16. Şehir-6 istasyonu aylık ısıtma gazı ve gaz çekiş miktarı.

#### 4.3.14. Şehir İstasyonlarının Isıtma Gazı Tüketimlerinin Karşılaştırılması

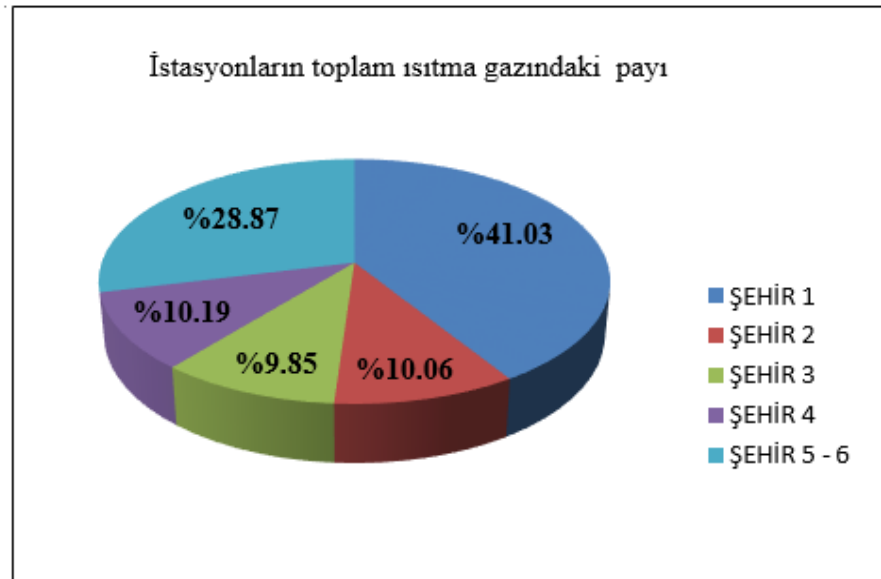
Tez kapsamında analiz edilen 6 adet istasyona ait yıllık tüketim verileri ve yıllık payları aşağıda Çizelge 4.9'da, Şekil 4.17'de ise pasta grafik şeklinde verilmiştir.

Şehir-1 istasyonunun 2013 yılında toplam tüketilen ısıtma gazındaki payı % 41.3'dür. Verimsizlik sebebiyle 2013 yılındaki doğalgaz kaybı 1150592 m<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplanmıştır. Yenileme çalışması ile sadece 1 istasyonda yıllık tasarruf edilecek doğal gaz 1150592 m<sup>3</sup>'dür.

Çizelge 4.10. Şehir istasyonlar ısıtma gazının gaz çekiş debisine oranı ve yıllık payı.

2013 YILI	İstasyondan geçen gaz miktarı (Sm <sup>3</sup> )	Isıtma amaçlı gaz tüketimi (Sm <sup>3</sup> )	Isıtma gazının geçen gaza oranı (%)	İstasyonun toplam ısıtma gazındaki payı (%)
ŞEHİR - 1	1167192260	1897596	0.162	41.03
ŞEHİR - 2	526891758	465314	0.088	10.06
ŞEHİR - 3	702377700	455770	0.065	9.85
ŞEHİR - 4	677982000	471239	0.069	10.19
ŞEHİR 5 - 6	2074412114	1335128	0.064	28.87
Toplam	5148855832	4625047	0.448	100

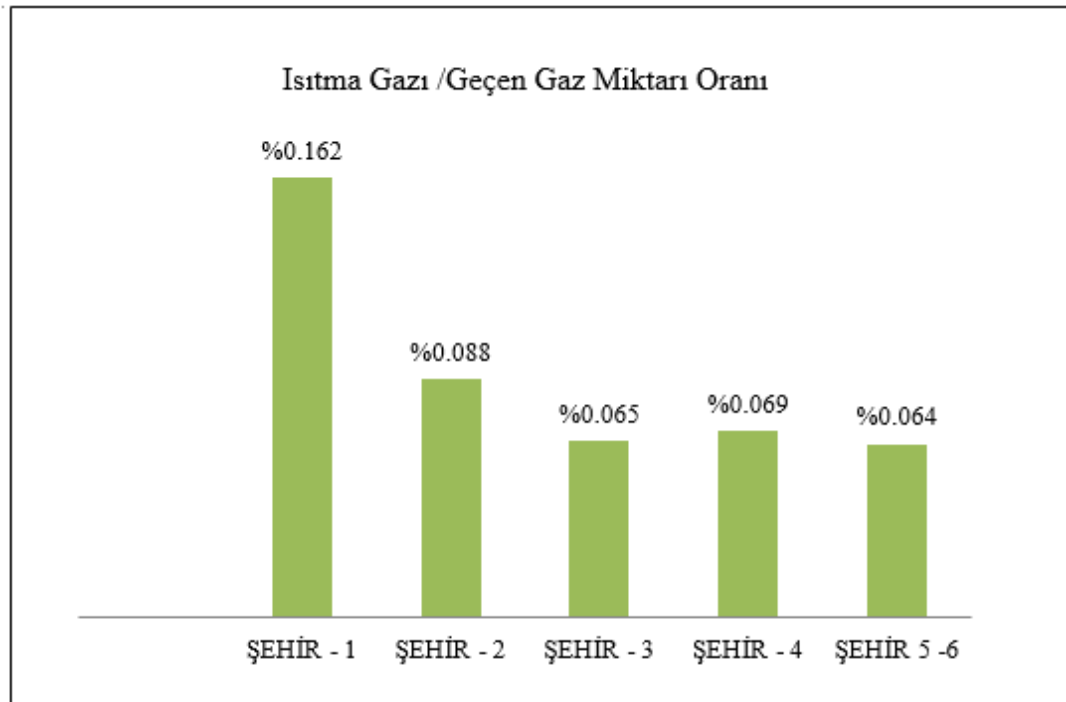
Şehir-1 istasyonunda yıllık bazda geçen gaz toplamda % 22'lik paya sahipken ısıtma gazının % 41'ini tek başına tüketmiştir. Bu istasyonda sistem veriminin oldukça düşük olduğunun vurgulanmasında fayda vardır.



Şekil 4.17. 2013 yılı ısıtma gazı istasyon payları.

#### 4.3.15. Verimlilik Açısından Şehir İstasyonlarının Isıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması

Sahra tipi Şehir-1 istasyonu, Şekil 4.18’de verilen grafiğe göre 1000 m<sup>3</sup> gaz ısıtmak için 1.6257m<sup>3</sup> doğal gaz tüketmektedir. Yeni Şehir-4 istasyonu ise, 1000 m<sup>3</sup> gaz ısıtmak için 0.64 m<sup>3</sup> doğal gaz tüketmektedir. Bu grafikten de görülebileceği gibi sahra tipi istasyon 2.54 kat daha fazla yakıt tüketmektedir. Bu sonuç, ekonomik ömrünü tamamlamış ısıtma sistemlerinde yapılacak yenileme çalışmaları işletmelere ciddi tasarruflar sağlayacağını göstermektedir. Şehir-3, 4, 5 ve 6 nolu istasyon gaz tüketimleri, hemen hemen bir birine yakın olacak şekildedir. Fakat, Şehir-2 istasyonunda diğer 4 istasyona kıyasla bir verimsizlik olduğu görülmektedir. Şehir-1 istasyonuna kıyasla verimi %37.5 daha düşüktür.



Şekil 4.18. 2013 yılı ısıtma gazı/geçen gaz miktarı % oranı.

## BÖLÜM 5

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Şehir girişi doğal gaz basınç düşürme ölçüm istasyonlarında (RMS-A) Enerji Tasarruf İmkanlarının İncelenmesi tez çalışması kapsamında elde edilen genel sonuçlar ve tasarrufla ilgili sonuçlar ve öneriler birlikte maddeler halinde aşağıda verilmiştir:

- RMS-A istasyonlarında ısıtma gazından tasarruf amacıyla uygulanabilecek yöntemlerden vorteks tüpü kullanımının ilk yatırım maliyeti elektrikli ısıtıcı kullanımı yöntemine göre 5 kat, ayrı eşanjör kullanımı yöntemine göre 3.5 kat daha fazla olurken, işletme maliyeti elektrikli ısıtıcı kullanımı yöntemine göre yıllık bakım işletme maliyeti 33 kat, ayrı eşanjör kullanımı yöntemine göre 10 kat daha düşük olmaktadır. Bu değerlere göre, ilk yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen işletme ve bakım gideri oldukça düşük olması nedeniyle vorteks tüpü kullanılarak düşük maliyet ile enerji tasarrufu sağlanabilecektir.
- Ekonomik ömrünü tamamlamış ısıtma sistemleri yenilenme çalışmaları yapılması işletmelere ciddi tasarruflar sağlayacaktır. Sahra tipi Şehir-1 istasyonu 1000 m<sup>3</sup> gaz ısıtmak için 1.6257 m<sup>3</sup> doğal gaz tüketmektedir. Yeni modern Şehir 4 istasyonu ise 1000 m<sup>3</sup> gaz ısıtmak için 0.64 m<sup>3</sup> doğal gaz tüketmektedir. Sahra tipi istasyon 2.54 kat daha fazla yakıt tüketmektedir.
- Şehir-1 istasyonun 2013 yılında toplam tüketilen ısıtma gazındaki payı %41.3'dir. Yenileme çalışması ile 1150592 m<sup>3</sup>/yıl doğal gaz tasarrufu sağlanabilecektir.
- Gaz dağıtım şirketlerinde pilotlu tip regülatör kullanımı ile sadece pilotların ısıtılarak regülatörlerden geçen gazın ısıtılmadan sisteme verildiği tespit

edilmiştir. Bu durum  $-8^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşülmesi durumunda yoğuşmaya sebebiyet vererek problem meydana getirebilir.

- Bazı gaz dağıtım firmalarının hem vortex tüpü hem de ısıtıcı ceket uygulamasını birlikte kullanmayı tercih ettikleri tespit edilmiştir. Isıtma gazı tasarrufu sağladığı tespit edilmiş ama getirmesi muhtemel yeni problemler konusunda yeterli çalışma olmadığı görülmüştür.
- İlk yatırım ve işletme maliyetleri ile işletme, bakım ve güvenlik konuları göz önüne alındığında ayrı eşanjör kurulumu yapılarak sistem kurulması daha efektif görülmektedir. Bununla birlikte uzun vadede oluşabilecek kondens ve yoğuşmadan kaynaklı risklerde göz önünde bulundurularak en düşük gaz arzı sıcaklığının belirlenmesi ısıtma gazı tüketimini azaltması yönünde faydalı olacaktır.
- Doğalgazın başarılı bir şekilde tüketiciye sunulması, istenen basınç ve sıcaklıkta, kesintisiz ve güvenli bir akışın sağlanmasını sağlamak için tasarımda istasyon giriş-çıkış basıncı, gaz özellikleri, maksimum kapasite, standart şartlar, uygulama türü, maksimum akışkan hızı, flanş bağlantıları, maksimum gürültü seviyesi, dağıtım sisteminde kullanılmış olan paslanmaz çelik veya PE boru tipi dikkate alınmalıdır.
- İlk olarak, istasyonların temel görevi regülasyonu gerçekleştirecek olan, tüketim debilerini kesintisiz sağlayabilen, basınç salınımı göstermeyen uygulama türüne göre regülatör (doğrudan işletmeli veya pilot kontrollü) seçimi yapılmalıdır.
- Diğer bir temel görevi debi ölçülendirmesi olan istasyonlar için doğruluğu yüksek, uygulama türüne göre kapasite aralığı ideal, gaz özelliklerine uygun hacim düzeltici ile birlikte çalışan sayaç seçimi yapılmalıdır.
- Tüm istasyonun çalışmasını bir anlamda temin edecek, regülatör ve sayacı bloke olmasını önleyecek, gaz hattından gelen katı parçacık ve sıvıları tutacak

olan filtre seçiminin önemli olduğu tespit edilmiş olup, gaz hattından gelen katı parça ve sıvılarla, regülatörün bloke olduğu ve akışın olmadığı durumlarda dahi regülatör sızdırmazlık görevini yerine getiremediği için giriş basıncını çıkışa aynen ilettiği ve çıkıştaki donanımlara zarar verebildiği gözlemlenmiştir. Isıtma sıcaklığı bu hususta dikkate alınmalıdır.

- İstasyon donanımlarını ani basınç yükselmelerinden koruyan otomatik emniyet kapama ve boşaltım vanaları kullanılmalıdır. Otomatik emniyet vana seçiminde, büyük kapasitede gaz tüketen brülörlerin minimum çalışma basıncı şartının sağlanmadığı hallerde sistemi kapatan uygun emniyet kapama vanası seçilmelidir aksi durumlarda ısıtma prosesi istenilen standartlarda yapılamayabilir.
- Vorteks tüpü kullanımı ile ısıtma gazı tasarrufu sağlandığı tespit edilmiş ancak işletme güvenliği açısından kesin veriler henüz tespit edilememiştir. Vorteks tüpü kullanımı durumunda RMS-A istasyonundan gaz arzı olmadığı durumlarda, regülasyon hattı sonrasında aşırı basınç yükselmesi problemi olup olmayacağının araştırılması faydalı olacaktır.
- RMS-A istasyonunda regülatörlerden geçen gazın ısıtılmadan veya düşük sıcaklıklarda arzından dolayı ısıtma gazı tasarrufu sağlandığı tespit edilmiş ancak regülasyon sonrası hatlarda yoğunlaşmadan kaynaklanabilecek olası korozyon problemlerinin araştırılması faydalı olacaktır. Ayrıca RMS-A istasyonundan arz edilen gazın ısıtılmadan veya düşük sıcaklıklarda boru hattına verilmesinin bölge regülatörleri vb. sistem enstrümanları üzerinde olumsuz etkilerinin olup olmayacağı araştırılmalıdır.
- RMS-A istasyonundan hatta verilecek gaz sıcaklığı konusunda enerji tasarrufu ve işletme güvenliği gibi konular da göz önünde bulundurularak, RMS-A istasyonlarından sevk edilecek gazın sıcaklığı için optimum minimum, ideal ve maksimum değerlerinin her şehir istasyonunun yerleri tüketimi ve basınçları dikkate alınarak deneysel olarak tespit edilmesi faydalı olacaktır.

- İstasyona giren doğal gazın basıncının yüksek olması ve gaz giriş sıcaklığının düşük olması gaz dağıtım şirketlerinin daha fazla ısıtma gazı yakmasına sebep olduğu tespit edilmiştir. İletim şirketleri kompresör istasyonlarını optimizasyon yaparak daha az enerji ile optimum iletim hattı basıncını sağlayacaklar, böylece enerji tasarrufu sağlarken, gaz dağıtım şirketleri daha az ısıtma gazı kullanabileceklerdir. Bu optimizasyon Türkiye çapında gerçekleşirse ciddi bir enerji tasarrufu sağlayacaktır.
- Eski ısıtma sistemlerine göre yeni teknoloji ve SCADA ile takip edilen sistemlerin daha az ısıtma gazı tükettiği tespit edilmiştir. Otomatik kontrol sistemleri tasarrufa katkı sağlamaktadır.
- Şehir girişi RSM-A istasyonlarının enerji giderlerinin azaltılması için imkanlar mevcuttur. Modern, yüksek verimli ısıtma sistemlerinin kullanımı yanında, yeni alternatif ısıtma sistemlerinin kullanımı ile ilgili yeni deneysel araştırmalar yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. İnternet: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı., “BOTAŞ 2013 Yılı Sektör Raporu”, [http://www.enerji.gov.tr/yayinlar\\_raporlar/Sektor\\_Raporu\\_BOTA\\_S\\_2013.pdf](http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Sektor_Raporu_BOTA_S_2013.pdf) (2014).
2. Vatansever, Ö., “Doğal gaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonu tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi , *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 15-21 (2003).
3. Yılmaz, N. F. and Demir, Y., “Doğal gaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonları”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 93: 20-28 (2006).
4. Türkel, V., “Doğalgaz Dağıtımında Tasarım İmalat ve Yönetim”, *İGDAŞ*, İstanbul, 45-60 (2012).
5. Keleşoğlu, S., “Doğal gaz basınç düşürme istasyonlarında enerji geri kazanımının teknik ve ekonomik etüdü”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 25-36 (2006).
6. Rami, E. G. and Jean-Jacques, B., “Grenouilleau Pascal, Menu François stability study and modelling of a pressure regulating station”, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 82: 51–60 (2005).
7. Rami, E., G., Jean-Jacques, B., Brunob, D. and François, M., “Modelling of a pressure regülatör”, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 84: 234–243 (2007).
8. Lehman, B. and Worrell, E., “Electricity production from natural gas pressure recovery using expansion turbines”, *Energy Efficiency in Industry Conference* New York, Vol 2: 43-54 (2001).
9. Howard, C., Oosthuizen, P. and Peppley, B., “An investigation of the performance of a hybrid turboexpander-fuel cell system for power recovery at natural gas pressure reduction stations”, *Applied Thermal Engineering*, 31(13): 2165-2170 (2011).
10. Ahlborn B., Keller J. U., Staudt R., Treitz G. and Rebhen E., “Limits of temperature separation in a vortex tube”, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 27: 480-488 (1994).



## ÖZGEÇMİŞ

Ahmet KİBRİTCİ, 1972 yılında Erzurum'da doğdu. İlk,orta ve Lise eğitimini Ankara'da tamamladı. Gaziantep Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü'nden 1996 yılında mezun oldu.Sektöründe söz sahibi Çeşitli Özel ve Kamu Kuruluşlarında çoğunlukla Bakım ve Onarım Mühendisi olarak çalıştı. Hidroelektrik santrallerine türbin, Jeneratör, Micro HES vb. ürünler üreten TEMSAN Türkiye Elektromekanik Sanayi Genel Müdürlüğü'nde AR-Ge Mühendisi olarak çalıştı. 2006-2007 yılları arasında Japonya'da 6 ay Endüstriyel Otomasyon ve Robotik eğitimi aldı. Halen BOTAŞ International Ltd. Şirketinde, Bakım Müdürlüğü bünyesinde Mekanik Bakım Süpervizörü olarak görev yapmaktadır.