

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENERJİ ÜRETİM TESİSLERİ İÇİN DÜŞÜK MALİYETLİ GAZ
KAÇAK TESPİT OTOMASYON SİSTEM TASARIMI VE
UYGULAMASI

HÜSEYİN YÜKSEL

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

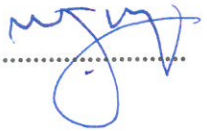
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENERJİ ÜRETİM TESİSLERİ İÇİN DÜŞÜK MALİYETLİ GAZ
KAÇAK TESPİT OTOMASYON SİSTEM TASARIMI VE
UYGULAMASI

HÜSEYİN YÜKSEL

Dr. Öğr. Üyesi Murat AYAZ
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Ercüment KARAKAŞ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet UÇAR
Jüri Üyesi, Düzce Üniversitesi





Tezin Savunulduğu Tarih: 08.07.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Son yıllarda, teknolojinin hızla gelişmesi endüstriyel otomasyon sistemlerinin daha basit yapılı, izlenebilir, güvenilir ve daha düşük maliyetler ile oluşturulabilmelerine imkân sağlamaktadır. Bu kapsamda, özellikle yüksek yatırım maliyeti gerektiren tehlikeli gaz ölçüm ve denetleme sistemleri gibi otomasyon yapılarının mümkün olan en az sayıda donanım ile basit yapıda tasarlanması büyük bir maliyet kazancı sağlayacaktır. Bu çalışmada enerji üretim ve dönüşüm tesislerinde/santrallerinde çevresel ve çalışma ortam güvenliği açısından önemli olan tehlikeli gaz kaçağı tespit sistemi için düşük maliyetli yeni bir sistem tasarımı ele alınmıştır. Çalışma, bu tür tesislerde hâlihazırda yüksek maliyetler ile oluşturulan benzer geleneksel sistemlere alternatif teşkil ederek kurulum maliyetlerinin azaltılmasında katkı sağlayacaktır.

Tez çalışmam sürecinde, çalışmanın planlanması ve değerlendirilmesi aşamalarında büyük bir titizlik, sabır ve özveriyle bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile beni yönlendirip araştırmaya yönelten ve çalışmalarımda yardımcı olan danışman hocam, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Murat AYAZ' a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca yüksek lisans süreci boyunca kendilerinden ders alma fırsatı bulduğum bilgi ve deneyimlerinden yararlanarak fikir alış verişinde bulunduğum tüm hocalarıma da teşekkür ederim.

Temmuz-2019

Hüseyin YÜKSEL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTARCT.....	viii
GİRİŞ.....	1
1.ENERJİ DÖNÜŞÜM TESİSLERİ.....	2
1.1. Doğal Gaz Enerji Üretim Santrali.....	3
1.2. Kömür Enerji Çevirim Santrali.....	3
1.3. Akaryakıt Enerji Santralleri.....	4
2.GAZ KAÇAK TESPİT SİSTEMLERİ VE SENSÖR TEKNOLOJİLERİ.....	6
2.1. Gaz Algılayıcı Sensör Çeşitleri.....	9
2.1.1. Katalitik sensör (catalytic sensor).....	9
2.1.2. Elektrokimyasal Gaz Sensörü (Electrochemical).....	10
2.1.3. Kızılötesi Gaz Sensörü (Infrared).....	12
2.1.4.SAW Sensör (Surface Acoustic Wave).....	13
2.1.5.Ultrasonik Gaz Sensörleri.....	13
2.2. Gaz ölçüm Otomasyon Sistemleri Ve Teknolojisi.....	14
2.2.1.SCADA kontrollü kablo dağıtılmış sensör otomasyon sistemleri.....	15
2.2.2.GSM kontrollü dağıtılmış sensör otomasyon sistemleri.....	16
2.2.3.SCADA kontrollü kablosuz dağıtılmış sensör otomasyon sistemleri.....	17
3.ÖNERİLEN DÜŞÜK MALİYETLİ GAZ KAÇAK TESPİT SİSTEMİ.....	19
3.1. Gaz Ölçüm Sahası.....	21
3.2. Önerilen Sistemin Fiziksel Büyüklüklerin Belirlenmesi.....	26
3.3. Önerilen Düşük Maliyetli Gaz Kaçağı Tespit Sisteminin Otomasyonu	29
3.4. Önerilen Düşük Maliyetli Gaz Kaçak Tespit Sisteminin SCADA Yapısı.....	36
4.DENEYSEL ÖLÇÜM PERFORMANSI VE VERİ DEĞERLENDİRME.....	40
4.1. Önerilen Sistemin Ölçüm Noktalarına Göre Gecikme Süreleri Tespiti.....	41
4.2. Belirli Uzaklıklarda Meydana Gelen Gaz Kaçaklarının Tespiti.....	43
4.3. Önerilen Sistemin Periyodik Çalışma Performansı.....	46
5.MALİYET ANALİZİ.....	49
6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	51
EKLER.....	58
KAYNAKLAR.....	52
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Termik enerji üretim sistem şematigi [25].....	2
Şekil 1.2. Doğalgaz çevirim santrali	3
Şekil 1.3. Kömür enerji çevirim santrali	4
Şekil 1.4. Dizel yakıt enerji çevirim santrali.....	5
Şekil 2.1. Gaz sensör genel yapısı.....	6
Şekil 2.2. Gaz sensör mikro denetleyici yapısı	7
Şekil 2.3. Sabit gaz sensör bloğu	8
Şekil 2.4. Geleneksel gaz sensör sistemi.....	8
Şekil 2.5. Katalitik sensör içyapısı	10
Şekil 2.6. Yarıiletken metal oksit gas sensör prensip şema	11
Şekil 2.7. IR gaz sensör basit şeması	12
Şekil 2.8. SAW sensör basit şeması	13
Şekil 2.9. Ultrasonik gaz dedektör kullanım metodu	14
Şekil 2.10. Gaz ölçüm uygulama alanı	15
Şekil 2.11. SCADA kontrollü kablo dağıtılmış gaz otomasyon sistemi	16
Şekil 2.12. GSM kontrollü dağıtılmış sensör otomasyon sistemi	17
Şekil 2.13. SCADA kontrollü kablosuz dağıtılmış sensör otomasyon sistemleri.....	18
Şekil 3.1. Kimyasal madde depolama tesisi.....	23
Şekil 3.2. Depolama tesisi geleneksel sensör ölçüm yerleşim planı	24
Şekil 3.3. Önerilen gaz kaçağı tespit sisteminin bölgesel üst görünümü	25
Şekil 3.4. Önerilen gaz kaçak tespit sistemi boru hattı ve pano şeması.....	25
Şekil 3.5. Önerilen sistemin ölçüm periyodu	29
Şekil 3.6. Öaz kaçağı tespit sistemi blok şeması.....	32
Şekil 3.7. PLC modülü.....	34
Şekil 3.8. HMI modülü	34
Şekil 3.9. Sistem akış diyagramı	35
Şekil 3.10. SCADA ana ekran.....	36
Şekil 3.11. SCADA ana ekran 2.....	37
Şekil 3.12. Grafik ekran bölge 1	37
Şekil 3.13. Grafik ekran bölge 2	38
Şekil 3.14. Grafik ekran bölge 3	38
Şekil 3.15. Grafik ekran bölge 4	39
Şekil 3.16. Grafik ekran bölge 5	39
Şekil 4.1. Önerilen sistem uygulama alanı.....	40
Şekil 4.2. Bölge 1 karşılaştırma	40
Şekil 4.3. Bölge 2 karşılaştırma	40
Şekil 4.4. Bölge 3 karşılaştırma	40

Şekil 4.5. Bölge 4 karşılaştırma	40
Şekil 4.6. Bölge 5 karşılaştırma	40
Şekil 4.7. Her iki sistem için eşzamanlı ölçme işlemi.....	44
Şekil 4.8. 1 metre ölçüm karşılaştırma.....	44
Şekil 4.9. 5 metre ölçüm karşılaştırma.....	44
Şekil 4.10. 10 metre ölçüm karşılaştırma.....	44
Şekil 4.11. Geleneksel sistemin 1. bölgede ölçüm değerleri.....	44
Şekil 4.12. Geleneksel sistemin 1. bölgede ölçüm karşılaştırma	44
Şekil 4.13. Geleneksel sistemin 1. bölgede ölçüm eğrisi	44
Şekil 4.14. Geleneksel sistemin 1. bölgede ölçüm tepe değeri	44

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1 Propan bütan ve metan gazları durum bilgisi [67].....	20
Tablo 3.2 H ₂ S gazı için kritik değerler [68]	21
Tablo 3.3 Tesiste oluşabilecek yanıcı gazların lel seviyeleri[66]	22
Tablo 3.4. Hava numunesi taşıma sistemi temel değerleri.....	27
Tablo 3.5 Sistemde yer alan akışkanların özellikleri	27
Tablo 3.6 Önerilen sistemin ekipman listesi	30
Tablo 3.7 Geleneksel sistem ekipman listesi	31
Tablo 5.1 Gaz kaçağı tespit sistemi bileşen ve maliyetleri	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CH ₄	: Metan
CO	: Karbon Monoksit
CO ₂	: Karbon Dioksit
cSt	: Centistokes (Kinetik Vizkozite Birimi)
<i>D</i>	: Boru çapı, (milimetre)
H ₂ S	: Hidrojen Sülfür
<i>l</i>	: Ölçüm noktası uzaklığı, (Metre)
<i>n</i>	: Ölçüm nokta sayısı, (adet)
mbar	: Milibar
mm	: Milimetre
NO ₂	: Azot dioksit
O ₂	: Oksijen
<i>Re</i>	: Reynold Katsayısı
SnO ₂	: Kalay Oksit
SO ₂	: Kükürt dioksit
<i>T</i>	: Ölçüm periyodu, (saniye)
<i>t_m</i>	: Ölçüm için gereken süre, (Saniye)
<i>t_c</i>	: Temizlik süresi, (Saniye)
ρ	: Akışkan yoğunlu, (kg/m ³)
<i>v</i>	: Akış hızı, (metre/saniye)
μ	: Akışkan viskozitesi, (cst)
ΔP	: Fark basınç, (paskal)
Δx	: Hat uzunluk, (metre)

Kısaltmalar

HMI	: Human Machine Interface (İnsan Makine Arayüzü)
LEL	: Low Explosion Level (Düşük Patlama Seviyesi)
SAW	: Surface Acoustic Wave (Yüzey Akustik Dalgası)
PLC	: Programmable Logic Controller (Programlanabilir Lojik Kontrolör)
PPM	: Part Per Million (Milyonda Bir Birim)
PVC	: Poly Vinyl Chloride (Poli Vinil Klorür)
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition (Merkezi Kontrol ve Veri Toplama Sistemi)
VAC	: Volt Alternative Current (Volt Alternatif Akım)
VDC	: Volt Direct Current (Volt Doğru Akım)

ÖZET

Enerji üretim ve dönüşüm santrallerinde, endüstride ve kimyasal depolama tesislerinde üretim, depolama ve boru hatlarında, insan sağlığını ve çalışma ortamını olumsuz şekilde etkileyen tehlikeli gazlar açığa çıkabilmektedir. Gaz ve sıvılardan oluşan kaçaklar zehirlenme, ölüm tehlikesi, patlayıcı ortam oluşması, yangın gibi istenmeyen durumlara sebep olmaktadır. Bu gibi olumsuz durumları en kısa sürede tespit edebilmek için sürekli olarak ortam gaz seviye ölçümü ve tespiti endüstriyel otomasyon sistemleri ile yapılmaktadır. Bu tür sistemlerde kullanılan gaz algılama sensörleri, aynı anda yalnızca birkaç farklı türde gaz bileşenini sınırlı mesafelerden algılayabilmektedir. İşletme alanının büyük ve ortaya çıkabilecek tehlikeli gaz türlerinin fazla sayıda olması, sensör sayısının artmasına neden olmaktadır. Bu durum, daha karmaşık bir kontrol yapısını ve daha yüksek yatırım ve işletme maliyetlerini ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada, sensör tabanlı, dağınık kontrol yapılı bu tür geleneksel sistemlere alternatif oluşturacak daha düşük maliyetli, tek noktadan periyodik ölçüm tabanlı gaz kaçağı tespit otomasyon sistemi önerilmektedir.

Geleneksel gaz kaçak tespit sistemlerinde, ölçüm yapılacak alanda gaz kaçağı muhtemel noktalara gaz bileşenlerine bağlı olarak farklı sensörlerden oluşan sensör seti yerleştirilmektedir. Önerilen gaz kaçak tespit sisteminde ise geleneksel sistemlerin aksine belirlenen ölçüm noktalarına sensör setleri yerleştirmek yerine her bir ölçüm noktasından hava numuneleri merkezi bir noktaya belirli periyotlar ile alınarak analiz edilmektedir. Merkezi ölçüm noktasına tek bir sensör seti yerleştirilerek ölçüm noktalarından hava numuneleri borular ile merkez noktasına taşınmaktadır. Ölçüm nokta sayısı ve gaz bileşen türleri arttıkça geleneksel sistemde kullanılması gerekli olan sensör sayısı artarken, önerilen sistemde ise gaz bileşen sayısına bağlı olarak çok az sayıda artış gerçekleşmektedir. Bu durum önerilen sistemi kurulum ve işletme maliyeti açısından oldukça avantajlı kılmaktadır. Önerilen sistem, beş ayrı noktadan ölçümün gerçekleştirileceği 4000m³ hacimli bir kimyasal depolama tesisi için tasarlanmaktadır. Ölçüm periyodu, boru çapı, fan gücü, kabin ölçüleri, akış hızı vb. tasarım parametreleri ölçüm noktalarının sayısı ve merkez ölçüm noktasına uzunlukları dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Tasarlanan sistem ilgili tesiste kurularak deneysel çalışma performans verileri elde edilerek geleneksel sistem verileri ile karşılaştırılmıştır. Deneysel veriler önerilen sistemin geleneksel sistemle benzer performansa sahip olduğunu ve tasarım parametrelerini doğrulamaktadır. Kurulum ve işletme maliyeti açısından önerilen sistem, geleneksel sisteme kıyasla %75 oranında daha düşük bir maliyete sahiptir. Dahası, önerilen sistemde, sensör biriminin ölçüm sahasının dışına yerleştirilmesi sayesinde güvenlik riskleri, yangına sebep olabilecek ateşleyici faktörünün ortadan kaldırılması ile azaltılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gaz Kaçak Tespit Sistemi, Gaz Ölçüm ve Kontrol Sistemi, Maliyet Analizi, Otomasyon Sistemi, SCADA Kontrol.

ABSTARCT

Hazardous gases can be released in power generation and conversion plants, industry and chemical storage facilities, in production, storage and pipelines, which adversely affect human health and the working environment. Leakage from gases and liquids can lead to undesirable situations such as poisoning, death, explosive atmosphere and fire. In order to detect such negative conditions in the shortest possible time, ambient gas level measurement and detection is continuously performed by industrial automation systems. The gas detection sensors used in such systems are able to detect only a few different types of gas components at a limited distance at a time. The large number of operating areas and the large number of hazardous gas types that may arise can lead to an increase in the number of sensors. This results in a more complex control structure and higher investment and operating costs. In this study, a more cost-effective, one-point periodic measurement based gas leak detection automation system is proposed as an alternative to traditional sensor based distrubuted control systems.

In conventional gas leak detection systems, a sensor set consisting of different sensors is placed at each point where gas leakage is possible in the measurement area depending on the gas components. In the proposed gas leak detection system, in contrast to conventional systems, instead of placing sensor sets at the determined measurement points, air samples are taken from each measurement point to a central point and analyzed periodically. A single sensor set is placed at the central measuring point and air samples are transported from the measuring points to the central point by pipes. As the number of measurement points and types of gas components increase, the number of sensors required to be used in the conventional system increases, while the proposed system increases slightly depending on the number of gas components. This makes the proposed system very advantageous in terms of installation and operating costs. The proposed system is designed for a chemical storage facility with a volume of 4000 m³ where measurements from five different points will be carried out. Measurement period, pipe diameter, fan power, cabin dimensions, flow rate and etc. Design parameters are calculated taking into account the number of measuring points and their lengths to the central measuring point. The designed system was installed in the facility and experimental performance data were obtained and compared with the traditional system data. Experimental data confirm that the proposed system has similar performance to the traditional system and suitable of the design parameters. In terms of installation and operating costs, the proposed system has a 75% lower cost than the traditional system. Furthermore, in the proposed system, the safety risks are reduced by eliminating the igniter factor that may cause a fire by placing the sensor unit outside the measuring range.

Keywords: Gas Leak Detection System, Gas Measurement and Control System, Cost Analysis, Automation System Design, SCADA Control

GİRİŞ

Endüstriyel işletmelerde, fosil yakıt tabanlı enerji üretim tesislerinde, kimyasal depolama tesislerinde ve petrokimya sanayiinde üretim, depolama ve boru hatlarıyla hammadde taşıma süreçlerinde, insan sağlığını ve çalışma ortamını olumsuz etkileyebilecek tehlikeli gazlar ve sıvılar açığa çıkabilmektedir.[1,2] Tehlikeli gazlardan ve sıvılardan oluşabilecek sızıntı ve kaçaklar zehirlenme, ölüm tehlikesi oluşturma, patlayıcı ortam oluşması, yangın vb. gibi istenmeyen durumlara neden olmaktadır [3]. Bu gibi olumsuz durumları en kısa zamanda önlemek için sürekli olarak işletme ortam gaz seviye ölçüm ve risk analizleri yapılarak insan, çevre ve işletme güvenliğinin sağlanması gerekmektedir [4,5]. Geleneksel gaz ölçüm ve denetim sistemleri ile bu gibi güvenlik önlemleri alabilmek için ölçüm yapılacak tüm bölgelere proseste oluşabilecek gaz gruplarına uygun sensörlerin kurulumunun yapılıp durum takibinin yapılabilmesi yüksek yatırım maliyetleri gerektirmektedir [6]. Ayrıca ölçüm cihazlarının çalışma ortamlarında bulunma sebebi ile bakım ve kontrol durumlarında personelin proses içinde bulunması risk oluşturmaktadır [7,8]. Bu gibi sebeplerden oluşabilecek maliyetlerin azaltılması ve daha verimli gaz ölçüm metotları geliştirmek için sensör teknolojisinde, kontrol ve görüntüleme sistemleri üzerine çeşitli çalışmalar yapılmaktadır [9,10]. Şekil 1 de örnek endüstriyel sistemde çevre ve işletme için zararlı çeşitli gaz salınımları gösterilmiştir.

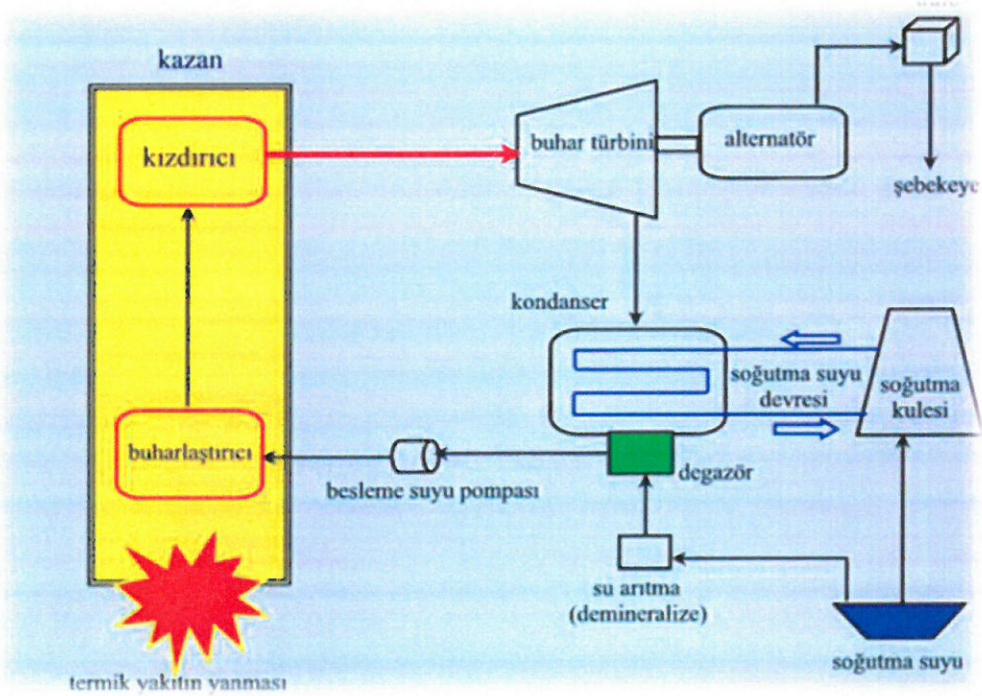
Günümüzde artan yatırım maliyetleri ve işletme proses karmaşıklığı nedeniyle birçok uygulamada entegre sistemlerin tercih edilmesiyle tek noktadan kontrol sistemlerinin tasarımı üzerinde durulmaktadır [11]. Tek nokta kontrol sistemi, daha az bileşen kullanarak proses kontrolünün etkin olarak yapılabilmesini, bakım, arıza ve kalibrasyon gibi maliyetlerinin hızlı olarak analiz edilip süreçlerin azaltılması ve zaman tasarrufu sağlar. [12]. Geleneksel gaz sensörü ve sensör sistemlerinde olduğu gibi tek nokta ölçüm sistemlerinde de ölçüm güvenilirliğini sağlamak amacıyla kullanılan sensör tipine göre kalibrasyonlarının periyodik olarak yapılması önemlidir [13,14 Bu tür sistemlerde, sensör teknolojisinin yanı sıra, doğru ölçüm sonuçları elde etmek için kontrol yöntemi iyi tanımlanmış olmalıdır [15]. Bu bağlamda,

yüksek veri iletim ve işleme hızında kararlı çalışabilen kontrol elemanları kullanılmalı, ölçüm ve işlem adımları belirli bir algoritma ile yapılmalı ve görev döngüsü süreleri en uygun hale getirilmelidir [16,17]. Bu amaçla PLC (programmable logic controller) ler hız, güvenilirlik ve proses kapasitesi gibi üstün özellikleri nedeniyle gaz ölçüm, gaz kaçağı tespit sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [18]. Uygun sistem optimizasyonları ile enerji tüketimi azaltır, sistem yanıt süresi kısılır. SCADA (supervisory control and data acquisition) sistemleri ile sensörlerden gelen bilgiler uzak kontrol noktalarına haberleşme metodları ile aktarılabilir ve ölçüm yapılan alanların tek noktadan sürekli izlenebilirliği sağlanır [19].

Bu çalışmada, düşük maliyetli, 5 farklı bölgeden tek noktaya numune gaz taşıma ile gaz kaçağı tespit sistem tasarımı ve uygulaması ele alınmaktadır. Önerilen sistemde yer alan bileşenlerin; emiş fanı gücü, ölçüm kabini boyutları, sensör grubu, boru çap ve uzunlukları gibi tasarım parametrelerinin belirlenmesi detaylıca ele alınmaktadır. Önerilen sistem farklı kimyasalların bulunduğu bir kimyasal madde depolama tesisinde uygulanarak deneysel performans verileri elde edilmiştir. Hedeflenen sistem, ölçüm performansı, kurulum ve işletme maliyetleri açısından geleneksel sistemle karşılaştırılmıştır [20].

1. ENERJİ DÖNÜŞÜM TESİSLERİ

Genel bir tanımla fiziksel anlamda enerji, hareket sağlayıcı güç kaynağı anlamına gelmektedir [21]. Günümüzde enerji üretimi dünyamızın ihtiyaç duyduğu ve çözüme kavuşturulması gereken en önemli konulardan birisidir ve enerji üretimi hidroelektrik, doğalgaz, katı yakıt çevirim, akaryakıt, güneş, rüzgâr, nükleer ve jeotermal çevirim santralleri aracılığı ile çeşitli yöntemler ile sağlanmaktadır [22]. Yakıtlar veya doğal yolla oluşan sıcaklık aracılığı ile ısınin meydana getirilip suyun buharlaştırılması, buharlaşan suyun buhar türbinine gönderilip mekanik enerji oluşturulması ve alternatör aracılığı ile mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi bu santrallerin temel çalışma biçimleridir. Bu gibi enerji santralleri arasında katı yakıt, akaryakıt, gaz ve jeotermal enerji gibi enerji çevirim santrallerinde enerji üretimi esnasında patlayıcı ve zehirli gazlar açığa çıkabilmektedir. Bu tip gazların personel ve işletme güvenliğini etkilememesi için santrallerde ortam gaz ölçümlerinin de yapılması gerekmektedir [23]. Şekil 1 de enerji üretim tesisinin dış görünümü şematik olarak gösterilmiştir[24]. Şekil 1.1 de Termik yakıtın suyu ısıtması ve buharlaştırması ile oluşan buhar enerjisi türbinlere aktarılmakta, türbinlerden doğrudan alternatörlere mekanik birleşme ile aktarılacak enerji üretimi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Termik enerji üretim sistem şematiği [25]

1.1. Doğal Gaz Enerji Üretim Santrali

Doğalgaz kombine enerji çevirim santrallerinde enerji verimliliğini arttırmak amacıyla gaz türbinleri ve buhar türbinleri birlikte kullanılarak enerji üretiminde verimlilik sağlanmaktadır [26]. Yakıt olarak doğal gaz kullanılan gaz türbinlerinden elde edilen elektrik enerjisinin yanı sıra türbin egzozundan yüksek sıcaklığa sahip egzoz gazlarının atık ısısının kazana verilmesiyle elde edilen buhar ile buhar türbinlerinden de ek elektrik üretimi sağlanmaktadır [27].

Enerji üretim esnasında yakıt olarak kullanılan doğalgaz ile gazın yanması sonucu ortaya çıkan karbon monoksit gazı risk oluşturmaktadır [28]. Bu sebeple ortam içinde bulunan bu gazların kazalara sebep olmadan belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir [29]. Şekil 1.2 de standart doğalgaz enerji çevirim santralinde kapalı alan görülmektedir. Gaz motoru, buhar üretici, baca, soğutma kulesi ve doğalgaz boru hatları ana sistemi oluşturmaktadır [30].



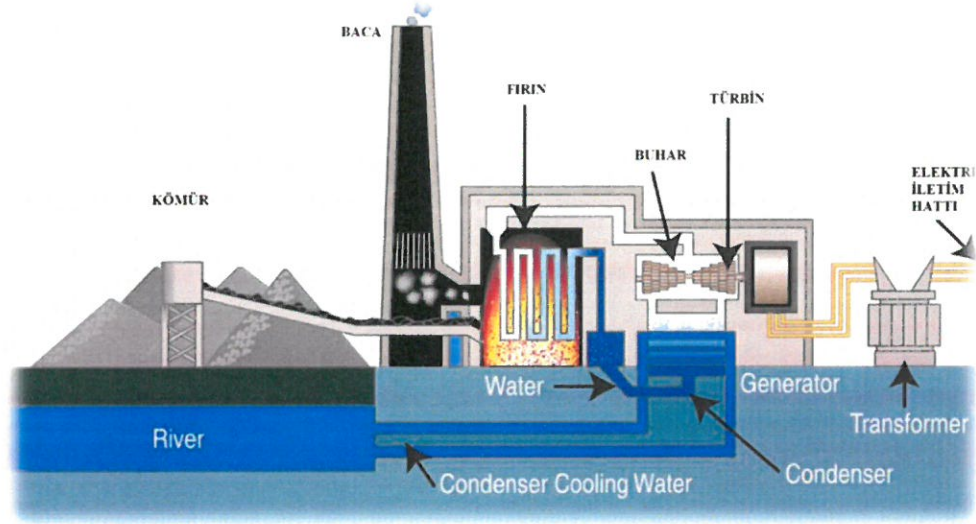
Şekil 1.2. Doğalgaz çevirim santrali

1.2. Kömür Enerji Çevirim Santrali

Genel termik santrallerde olduğu gibi kömür enerji santrallerinde kömürün yakılması ile elde edilen ısı enerjisinin suya teması ile buhara dönüştürülmesi ve oluşan mekanik enerjinin alternatörler ile elektrik enerjisine dönüşümü olarak tanımlanmaktadır [31].

Kömür santralleri diğer termik santrallere göre daha düşük verimle çalışmakta ve yüksek maliyetlerde işletilmektedir [32]. Kömürün taşınması, atık oluşturması, baca gazının kirliliğe sebep olması başlıca yüksek maliyet sebepleridir. Ayrıca baca

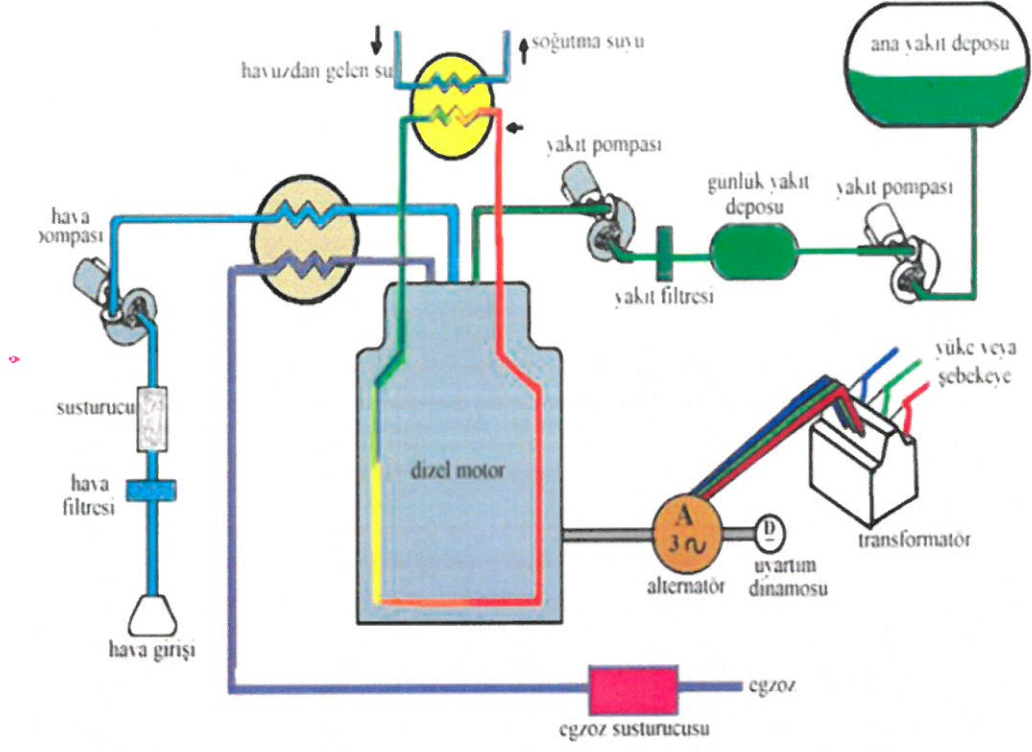
gazında ve ham kömürde zehirli gazlar oluşmaktadır. Şekil 1.3 genel santral görünümü belirtilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi kömürün depolanması ve yakıt olarak kullanımı sürecinde karbon monoksit ve metan gibi gazlar kirlilik ve tehlikeli ortam oluşmasına sebep olmaktadır [33].



Şekil 1.3. Kömür enerji çevirim santrali

1.3. Akaryakıt Enerji Santralleri

Fuel oil, diesel veya benzin santrallerde yakıt olarak kullanılabilir. Bu tip yakıt santrallerinde mekanik enerjiyi oluşturan kısım akaryakıt motordur veya buhar üretimi için doğrudan yanma uygulanmaktadır. Şekil 1.4 te gösterilen dizel enerji çevirim santrali çalışması prensibi özetle; süzgeç ve susturucudan geçerek basınç ve sıcaklığı artırılmış hava, dizel motora verilir. Motorun pistonları tarafından sıkıştırılan bu havanın içine basınçlı yakıt (Mazot) püskürtüldüğünde, ortamda bir yanma oluşur. Bu yanma etkisi ile sıkışan pistonlar harekete geçer ve eksenel hareket aktarımı sağlanır. Bu olay zincirleme devam eder. Pistonların ucuna bağlı bir volan sayesinde hareket düzgün dairesel harekete çevrilir. Buradaki mekanik enerji dizel motorun miline bağlı alternatörü döndürerek, elektrik enerjisine çevrilir [34]. Bu santrallerde de yakıttan ve yanmadan kaynaklı karbon monoksit gibi gazlar meydana gelebilmekte, gaz değer ölçümlerinin yapılması işletme güvenliği açısından gerekmektedir [35].

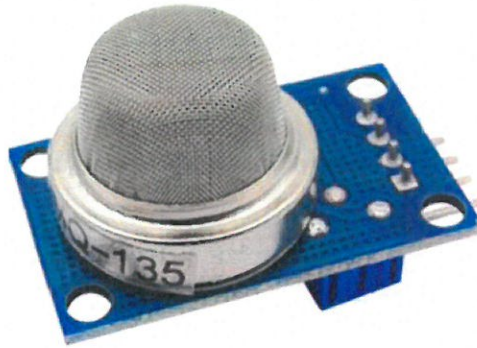


Şekil 1.4. Dizel yakıt enerji çevirim santrali

2. GAZ KAÇAK TESPİT SİSTEMLERİ VE SENSÖR TEKNOLOJİLERİ

Gaz kaçaqlarının algılanmasında ve ortam içindeki miktarının ölçülebilmesinde teknik olarak gaz sensörleri ve otomasyon sistemleri kullanılmaktadır[36]. Endüstride zehirli ve yanıcı gazların izlenebilmesi ve bu amaçla düşük maliyette en güvenilir sensör ve sistemlerin uygulanması gereklidir [37]. Sensör verimliliği ve çeşitliliği ile ilgili yapılan çalışmaların yanı sıra bu sensörlerin geniş alanlarda kullanılmaları sebebiyle ortam gaz değerlerinin düzenli ve tek kontrol noktasından izlenebilmesi, bilgilerin kayıt altına alınması ve uygun takip yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir [38].

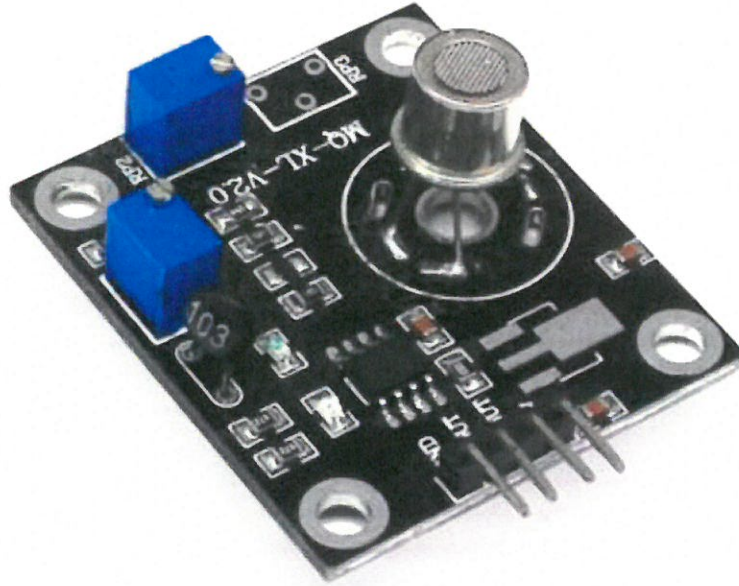
Şekil 2.1’de genel tip sensör hücresi belirtilmektedir. Gazın algılandığı ve mikroişlemciye elektriksel bilgi akışının sağlandığı kısımdır. Ölçüm yapılacak ortama göre gaz sensörleri çeşitlilik göstermektedir [39].



Şekil 2.1. Gaz sensör genel yapısı

Şekil 2.2’de sensör hücresi bir mikro denetleyici elektronik kart üzerine montaj yapılmıştır. Sensörden algılanan gaz ile oluşan elektriksel bilgi mikro denetleyici sistemlere aktarılır. Mikro denetleyici sensörden alınan verileri belirlenen parametreler ile karşılaştırarak değerlendirir ve tekrar çıkışlarına elektriksel olarak aktarır [40]. Bulunduğu alan içinde oluşan gazların yayılım hızına ve yoğunluğuna göre algılama yapabilen sabit gaz sensörleri algıladıkları değerleri dahili ekranlarında göstermektedir. Kompakt sabit gaz sensör bloğu Şekil 2.3’te örnek olarak verilmiştir

[41]. Sensör bloğu içinde gaz algılama sensörü, mikro denetleyici, dahili dijital ekran ve son kullanıcının taleplerine göre elektriksel verilerin aktarılacağı analog sinyal elektronik kartı, kablosuz haberleşme kartı, GSM (Global System for Mobile Communication) haberleşme modülü, dahili batarya modülü ve kullanılacağı ortama uygun çıkış birimleri eklenebilmektedir [42]. Ölçüm alanlarının genişlemesi ve farklı türde gazların tespit edilmesi gerekliliği alan içindeki sensör sayısının artmasına sebep olmaktadır. Alan içindeki sensörlerin ölçüm değerlerinin tek bir noktada toplanması ve kontrolünün yapılması zaman tasarufu ve iş güvenliği açısından önemlidir. Bu sebeple sensör blokları sinyal kabloları veya kablosuz haberleşme yöntemleri ile uzak kontrol noktalarına bilgi akışını sağlayabilmektedirler [43].

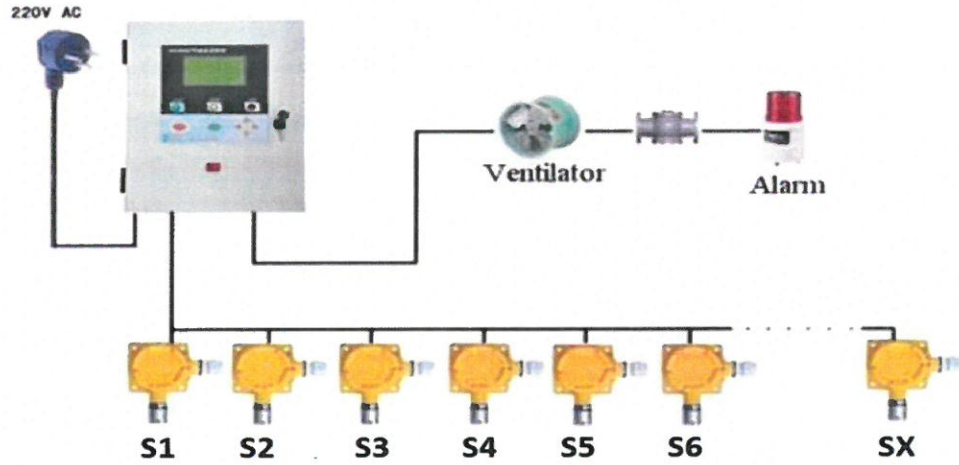


Şekil 2.2. Gaz sensör mikro denetleyici yapısı



Şekil 2.3. Sabit gaz sensör bloğu

Şekil 2.4'te belirtilen tek nokta kontrollü gaz sensör sistemi, sensör sistemlerinin basitleştirilmiş genel kullanım modelidir. Otomasyon paneli, sensör setleri, kullanıcı ekranları, fan, uyarı ve vana ekipmanları gibi ürünler dahil edilebilir. PLC ve HMI uygulamaları ile tek nokta kontrolü oluşturulan sensörlerden kablolu veya kablosuz olarak uygun elektriksel sinyaller ile tek nokta kontrol birimine aktarılan bilgiler kontrol birimi üzerindeki ekranda da görülebilmektedir[44].



Şekil 2.4. Geleneksel gaz sensör sistemi

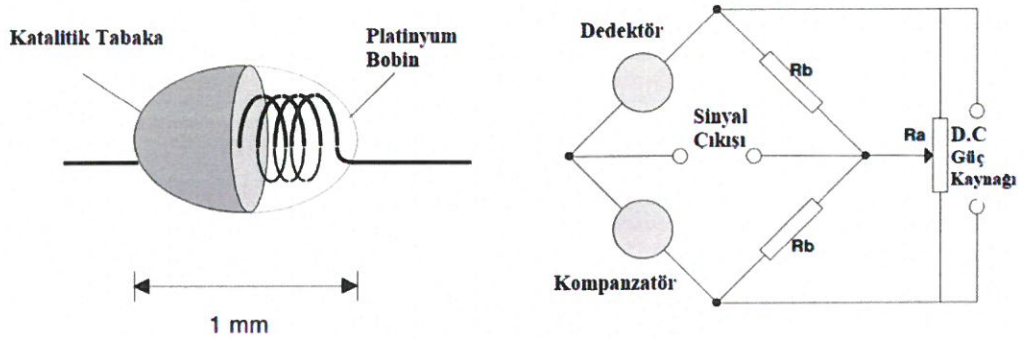
2.1. Gaz Algılayıcı Sensör Çeşitleri

Gaz sensörleri, bulundukları ortamdaki fiziksel veya kimyasal değişimleri algılayarak meydana gelen değişimi elektrik sinyaline dönüştürebilen cihazlardır. Bu sensörler özelliklerine göre ortamda oluşan gazları algılar, mikro denetleyici sistemleri ile dahili ekranlarına veya bağlı oldukları otomasyon sistemlerine ölçüm bilgisini sayısal veya analog sinyal olarak sağlarlar. Ayrıca sensörler uygulama alanına ve gaz tipine göre farklı özelliklerde üretilmektedir [45]. Gaz sensör uygulamalarında uygun ölçüm sistemi ve sensör tipini belirlemek için bazı genel fiziksel özellikler dikkate alınmalıdır. Bu özelliklerin başında seçicilik, tekrarlanabilirlik, hızlı ölçüm alabilme, ilk pozisyonuna dönebilme özelliği (sıfırlama), kullanım ömrü ve bu özellikler kapsamında en uygun hedef maliyetli ürünler tercih edilmektedir [46]. Sensör, ölçülmek istenilen gaz türünü ek mikro denetleyiciler ile herhangi bir katsayı işlemi kullanmaksızın ayırt edebilmesi sensörün seçici özelliğinin yüksek olduğunu gösterir. Tekrarlanabilirlik ise sabit ortam koşulları altında art arda yapılan ölçümler sonucunda sensör ölçüm değerlerinin birbirine uygun olan en yakın veya aynı seviyede değerler göstermesi olarak tanımlanabilir. Genel olarak kullanılan gaz sensör tipleri bu kısımda detaylandırılmaktadır.

2.1.1. Katalitik sensör (catalytic sensor)

Genellikle, metan, propan, metanol, etanol gibi yanıcı ve patlayıcı gazların algılanmasında kullanılan bu sensörler mekanik olarak iki tane pelistör adı verilen mini seramik kürelerden oluşmaktadır [47]. Pelistörlerin içinde bobin biçiminde sarılat platinyumdan imal edilmiş tel, telin üstünde de katalizör biçiminde tabaka bulunur. Patlayıcı veya yanıcı gaz sensör yüzeyine temas ettiğinde katalizör tabaka ile etkileşime girer, bunun sonucunda oksidasyon meydana gelir ve pelistör ısı yükselir. Isının artmasıyla birlikte platinyum malzemeden yapılmış bobinin elektriksel direnci doğru orantılı olarak artar. Bu tip sensörlerde sadece bir pelistör üzerinde katalizör tabaka bulunur. Diğer pelistör değer karşılaştırma için kullanılır. Wheatstone köprüsü bağlantı modeli ile iç sıcaklık artışı olsa bile hata algılanmaz. İç sıcaklık artması durumunda iki pelistörde de ısı artar, böylelikle sensörlerde sinyal oluşmaz ve ölçüm değerlendirilmez. Ancak patlayıcı gaz algılandığında pelistörlerden biri ısınır ve sensörde çıkış sinyali oluşur [48]. Şekli 2.5 te sensörde oluşan sinyal mikroişlemciler aracılığı ile işlenerek dahili ekrana aktarılır ve ortam

içinde oluşan gaz seviyesi belirtilmiş olur. Seviye birimi PPM (part per million) veya mg/m³(miligram/metreküp) olarak belirtilir. Katalitik tip sensörler normal koşullarda kullanım ömrü yaklaşık olarak beş yıldır. Ölçümlerde yıllık ortalama %5 veya %10 aralığında değer kaybı meydana gelebilmektedir. Sensörün sürekli ölçülen gaza temas etmesi ve temas sıklığına göre kullanım süresi değişkenlik gösterebilmektedir [49,50]. Katalitik tip sensörler H₂S, CH₄ ve H₂ gibi yanıcı ve zehirli gazları maksimum %100 LEL(Lower explosion level) e kadar algılayabilmektedir. Ancak bu sensörlerin sürekli olarak yüksek konsantrasyonda gaza uzun süreli bırakılmaları önerilmez. Yüksek gaz konsantrasyonunda oksijen seviyesi azalır ve pelistör bobinde oksidasyon gerçekleşmeyebilir. Bu durumda sensör ölçüm hassasiyetini kaybederek hatalı sonuçlar üretebilir. Bu durumun engellenebilmesi için sensörün algılayıcı hattına vakum tahliye sistemi ile birlikte gaz kesme sistemlerinin yapılması önerilebilir. Bu işlemler hem sensör bloğunun hacminin büyümesine hem de ek sistem ekipmanları ile birlikte ek maliyetlerin oluşmasına sebep olabilir, ancak sensörü uzun ömürlü hale getirilebilir.[51]



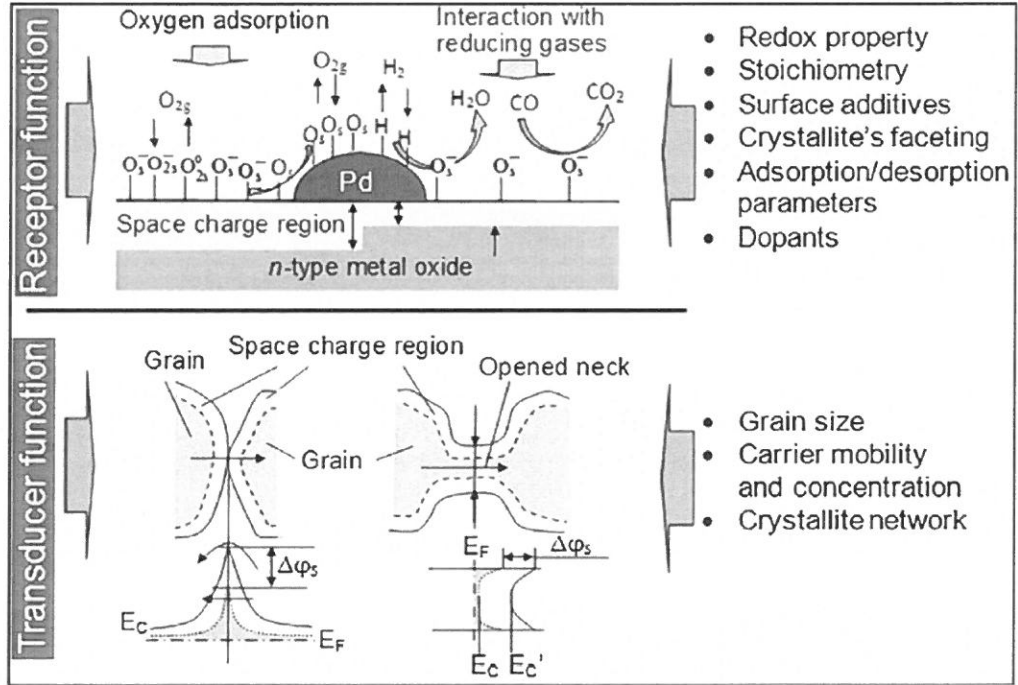
Şekil 2.5. Katalitik sensör içyapısı

2.1.2. Elektrokimyasal Gaz Sensörü (Electrochemical)

Elektrokimyasal gaz sensörlerinin ana yapısı hava katodu, elektrolit ve anod'dan oluşmaktadır. Gazların elektrokimyasal ile etkileşimi prensibine göre çalışırlar. Sensör, harici bir devre aracılığı ile akım oluşturmak için oksidasyon veya indirgeme tepkimelerini baz alarak ölçülecek gazın ortam içindeki konsantrasyonunu ölçer [52]. Elektrokimyasal sensörün temel bileşenleri şekil 2.6 da gösterildiği gibi bir "aktif" elektrot, bir "zıt" elektrot ve genellikle bir "referans" elektrodu içerir. Bu bileşenler,

sensor haznesi içinde sıvı bir elektrolit ile bütünleştirilmiştir. Ölçüm yapılacak hedef gaz, membrandan sensör haznesine yayılır ve elektrolit ile doğrudan temas gerçekleştiği için elektrokimyasal tepkime meydana gelir. Oksidasyon tepkimesi, aktif elektrottan karşı elektrota doğru akım akışı gerçekleşir. Oluşan akımın elektriksel büyüklüğü ortam içinde oluşan gaz miktarıyla orantılıdır ve sensöre bağlı harici bir elektronik devre ile büyüklük ölçülür. Bu büyüklük, standartlara göre belirlenir. Genellikle elektrokimyasal sensörler ortamda ölçüm yapılmak için hedeflenen gaz bulunmadığında sıfır akım üretirler, bu sebeple sıfırlama ihtiyacı bulunmamaktadır. Şekil 3-6 sensörü içyapısı sembolik olarak belirtilmiştir. Genellikle bu sensörler ortam oksijen miktarının ölçümü için kullanılırlar [53].

Elektrokimyasal gaz sensörleri, geniş bir ölçüm yüzey alanına sahip olduklarında en iyi şekilde çalışırlar. Böyle bir sensör, özellikle düşük gaz konsantrasyonlarda mümkün olduğunca fazla hedef gazı absorbe edebilir ve güvenilir değerler sağlar. CO₂, NO₂ ve SO₂ genel ölçüm uygulamalarıdır.

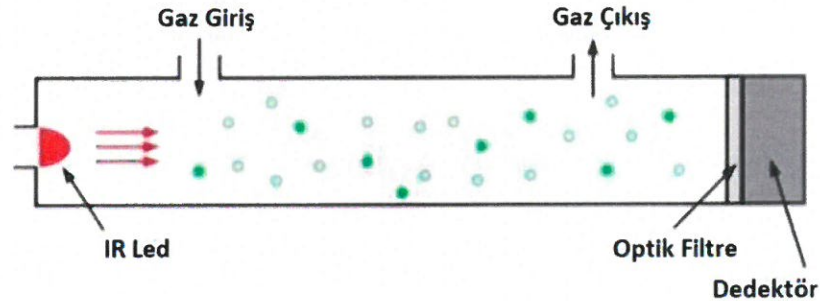


Şekil 2.6. Yarıiletken metal oksit gas sensör prensip şema

2.1.3. Kızılötesi Gaz Sensörü (Infrared)

Patlayıcı ve yanıcı gazların algılanmasında yaygın olarak kullanılan sensörlerden biride kızılötesi (Infrared) gaz sensörleridir. Genellikle metan, propan gibi hidrokarbonların oluşturduğu gaz salınımların algılanmasında kullanılır. Bu sensörler sıcaklık değişimlerine, ortamdaki neme, yüksek gaz konsantrasyonuna ve hidrojen sülfür gibi korozyif etkili gazlara karşı dayanıklıdır [54]. İşlevsel olarak kızılötesi sensörler Şekil 2.7 deki bir yapıda elektromanyetik radyasyon enerjisini elektriksel sinyallere dönüştürür. Birçok gaz molekülünün özelliklerinin işlemcisinde tanımlanmasıyla özel dalga boylarında yayılım sağlayan çeşitli gazların kızılötesi radyasyonu emer ve işlemcisinde yapısal olarak tanımlı bilgileri analiz ve karşılaştırma yaparak bilgi akışı sağlar.

IR (Infrared) ışık kaynağı optik tasarlanmış gaz haznesine bir ışın yönlendirir. Sensör haznesi içine giren gaz ışık kaynağından çıkan IR ışınını soğurur. Tanımlı referans ışın ile ölçüm için yönlendirilen ışın arasındaki sönüm farkı alarm seviyesi olarak belirlenen eşiğe geldiğinde sensör sinyal gönderir. Elektronik sisteminde tanımlama yapılarak değerler elektriksel ve görsel veri olarak dışa aktarılır Oksijen konsantrasyonunun belirlenen değerler aralığında uygun bulunduğu ortamlarda IR sensörleri güvenilir ölçümler yapabilmektedir. Termoelektrik, Termistör Bolometre, Pyroelektrik dedektör ve Foton dedektörü olarak farklı tiplerde IR dedektörleri uygun gaz ölçümleri sağlamak için tasarlanmışlardır. Şekil 2.7 de basitleştirilmiş sensör yapısı gösterilmiştir. Bu yapıya uygun farklı modellerde de IR Sensör üretimleri yapılmaktadır[55].

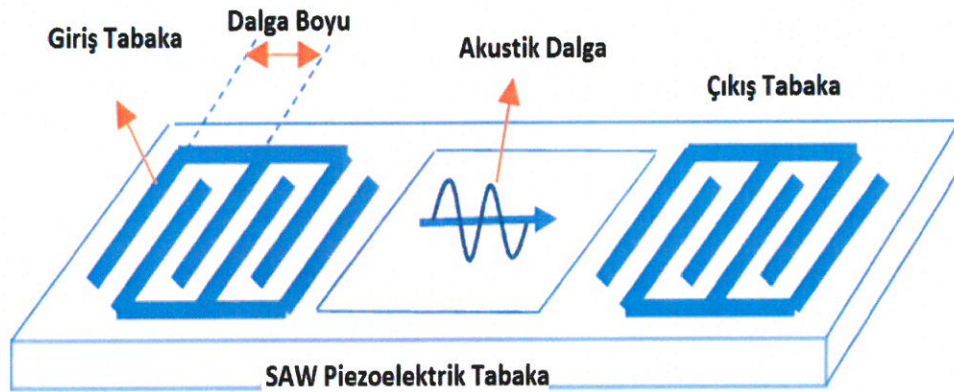


Şekil 2.7. IR Gaz sensör basit şeması

2.1.4. SAW Sensör (Surface Acoustic Wave)

Piezoelektrik mekanik bir enerjiyi elektrik enerjisine ya da tam tersi olan elektrik enerjisini mekanik enerjiye çevirebilme özelliği olarak tanımlanmaktadır. Yüzey Akustik Dalga (SAW) gaz ölçüm sensör metodu da bu bağlamda piezoelektrik uygulamasını kullanan gaz ölçüm sensörü uygulamaları için kullanılmaktadır. 1885 yılında Rayleigh, yüzey akustik dalgaların düşük yoğunluktaki atmosferik ortamlarda hava ile temas halindeki katı yüzeyler üzerinde doğrusal hareket edebileceğini öngörmüştü [56]. Günümüzde Rayleigh dalgaları adı da verilen mekanik dalgalar elektriksel sinyal işleme uygulamalarında büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda geliştirilen SAW sensörleri günümüzde birçok kimyasal gaz algılama uygulamalarında kullanılmaktadır [57].

SAW sensör Şekil 2.8’de belirtildiği gibi genel yapı olarak iki adet tarak biçimindeki altın elektrot arasında akustik dalgaları iletecek piezoelektrik osilatör bulunur. Akustik mekanik dalgalar elektrotların yüzeyi boyunca ilerler ve akustik dalganın faz hızındaki kaymalar hesaplanarak gazın miktarı belirlenir [58].

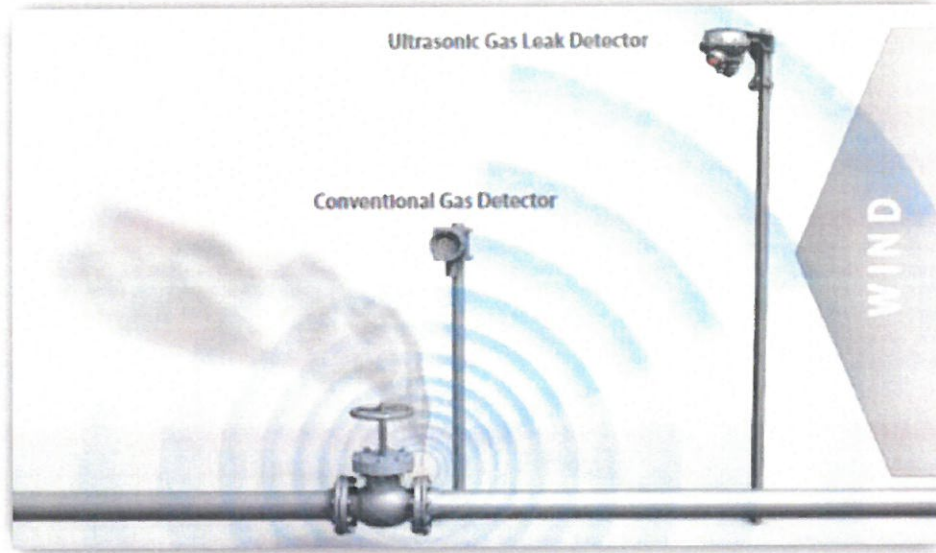


Şekil 2.8. SAW Sensör basit şeması

2.1.5. Ultrasonik Gaz Sensörleri

Ölçüm yapılacak ortamda birikmiş gazı ölçebilen geleneksel tipte gaz dedektörlerinden farklı olarak, ultrasonik gaz dedektörleri sızıntıyı duyma metodu ile algılar ve uyarı sistemlerini aktif eder. Bu sensörler, kaçak oluşturan gazın ultrasonik frekanslarda oluşturduğu sese tepki verir. İşlemcisi aracılığı ile tanımlanan ses

aralıkları ile algılayıcıdan alınan ses karşılaştırma yapılarak kaçak oluşumu algılanabilir. Genellikle geniş ve uzun mesafe boru hatlarında kullanılmaktadır. Sistemlerde sızıntı oranı esas olarak sızıntının büyüklüğüne ve gaz basıncına bağlıdır [59]. Şekil 2.9 geleneksel gaz ölçüm sistemi ile ultrasonik gaz sensörü karşılaştırılmıştır. Geleneksel gaz sensörü kaçak olan noktaya daha yakın bölgede bulunmaktadır. Bu sebeple bölgesel ölçüm yapabilmekte ve riski bölgede bulunmaktadır.



Şekil 2.9. Ultrasonik gaz dedektör kullanım metodu

2.2. Gaz ölçüm Otomasyon Sistemleri Ve Teknolojisi

Bilgisayar ve haberleşme teknolojilerindeki gelişmeler ile birlikte otomasyon sistemleri de sürekli olarak gelişmektedir. Hemen hemen endüstrinin her alanında kullanılan otomasyon sistemleri gaz ölçüm ve tespit sistemleri içinde kullanılmaktadır. Gaz ölçüm sensörleri çeşitli otomasyon sistemleri aracılığı ile farklı bölgelerde kurulu gaz sensörlerinin kontrolünü tek bölgeden takip edilebilir bir yapıya dönüştürmekte, teknik ve ekonomik olarak işletme işlevselliğini uygun hale getirmektedir [60]. Şekil 2.10 de geniş alanı gaz ölçüm uygulama sahası belirtilmiştir. Sahanın geniş olması ve farklı türlerde gazların ölçülmesi gerekliliği maliyetlerin en uygun seviyede tutulmasını ve kontrol işlemlerinin kolaylaştırılması

ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Temel olarak uygulanan gaz ölçüm otomasyon sistemleri 3 ana başlıkta belirtilmiştir.



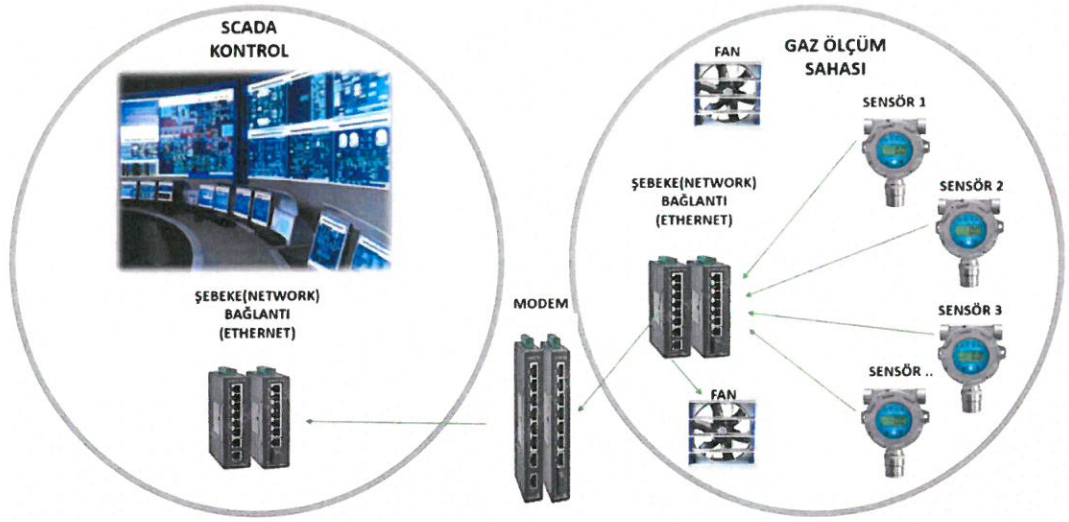
Şekil 2.10. Gaz ölçüm uygulama alanı

2.2.1. SCADA kontrollü kablolu dağıtılmış sensör otomasyon sistemleri

SCADA, bilgisayarlardan, PLC cihazlarından, haberleşme ekipmanlarından, sensörler veya diğer aygıtlardan oluşturulmuş denetlenebilen ve genel sistemin şematik olarak kontrolünün bilgisayar ortamında sağlandığı sistemlerdir. SCADA kontrolü ile sistem bilgileri hızlı biçimde kayıt altına alınır, raporlar etkili biçimde analiz edilebilir ve daha ekonomik işletme yönetimi ile sistem izlenebilirliği sağlanabilmektedir [61].

Gaz sensör otomasyon sistemleri ve SCADA uygulamaları genel olarak farklı bölgelerde bulunan gaz sensörlerinin ölçüm değerlerinin uzaktan bütün olarak izlenebilmesi ve değerlendirilmesi amacıyla uygulanmaktadır. Kablolu dağıtılmış sensör otomasyon sistemlerinde alan içinde belirli bölgelere yerleştirilmiş sensörlerin çalışabilmesi için enerji kablo hattı ve ölçüm değerlerinin SCADA ya aktarılabilmesi için veri aktarma kablo hatları kullanılmaktadır. Sensörlerden gelen kablolar alan içinde uygun bir bölgede elektrik terminal panosunda birleştirilir. Terminal panosunda enerji dağıtım terminali ve sensör bilgi terminalleri ayrı ayrı bulunur.

Sensör bilgi terminallerinden gelen bilgiler genelde 4-20 ma analog değerdir. İşletme SCADA yapısına uygun olarak gelen bu bilgiler doğrudan SCADA işlem merkezine aktarılır veya bir çevirici yardımı ile bilgiler analogdan dijitale terminal panosu içine dahil edilen çeviriciler ile çevrilir. Bilgiler uygun metot kullanıldıktan sonra SCADA bilgisayarına aktarılır ve ölçüm takibi bu şekilde yapılır. Şekil 2.11’de sistemin genel yapısı belirtilmektedir. Sensörlerden gelen bilgiler doğrultusunda sisteme ek olarak temiz hava fanları ve yangın sistemleri gibi ek ekipmanlar eklenerek endüstriyel sistemlerde daha detaylı olarak tasarlanabilmektedir. [62]



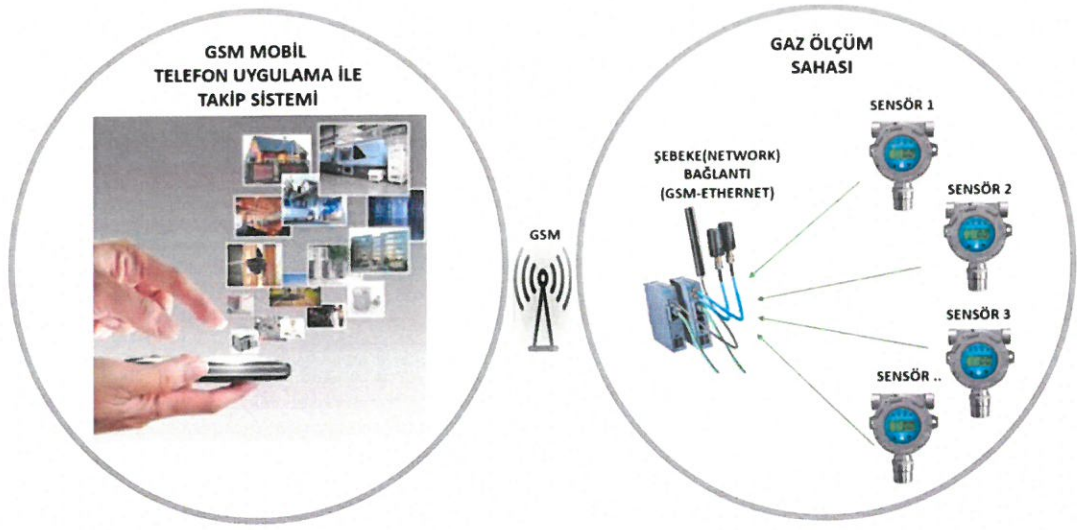
Şekil 2.11. SCADA Kontrollü Kablo Dağıtılmış Gaz Otomasyon Sistemi

2.2.2. GSM kontrollü dağıtılmış sensör otomasyon sistemleri

GSM Kontrollü dağıtılmış sensör otomasyon sistemleri genel olarak SCADA kontrollü kablolu dağıtılmış sensör otomasyon sistemlerine benzemektedir. Bu sistemlerde ayırt edici özellik sistemin bir bilgisayar aracılığı ile kontrolünden çok GSM sistemlerinde oluşan eş zamanlama problemi sebebiyle sistemin sadece izlenebilirliği ön plana çıkmaktadır. Sistemde kullanılan gaz ölçüm sensörleri bir bütün olarak dahili mikroişlemci, okuma ekranı ve GSM modülünden oluşabildiği gibi dahili GSM modemi olmadan sensörler kablolu bağlantı ile elektrik terminal kutusuna bağlanıp terminal kutusu içinde bulunan GSM modeme çevirici ile bağlanabilmektedir. Şekil 2.12’de belirtilen örnek GSM kontrollü dağıtılmış sensör otomasyon uygulamasında gaz sensörleri kablolu olarak GSM modemine analog dijital çevirici aracılığı ile bağlanmıştır. Dijital bilgi GSM verici aracılığı ile mobil

telefona mobil uygulama arayüzü ile aktarılır. Bilgiler uygulama aracılığı ile tekrardan set edilerek gerçek ölçüm bilgileri haline getirilir. GSM Mobil uygulaması genel olarak tek veya az sayıda sensör uygulaması için kullanılır.

Tek veya az sayıda sensör uygulamalarında da GSM vericisi sensör modülüne dahil edilerek tümleşik yapıda çalışır. Daha geniş alanların ölçümünde kullanılan fazla adetli sistemlerde ise sensörler elektrik terminal kutusuna kablolar aracılığı ile veya kablosuz(wireless) haberleşme metodu ile bağlanarak toplanan elektriksel veriler SCADA ya aktarılır [63].

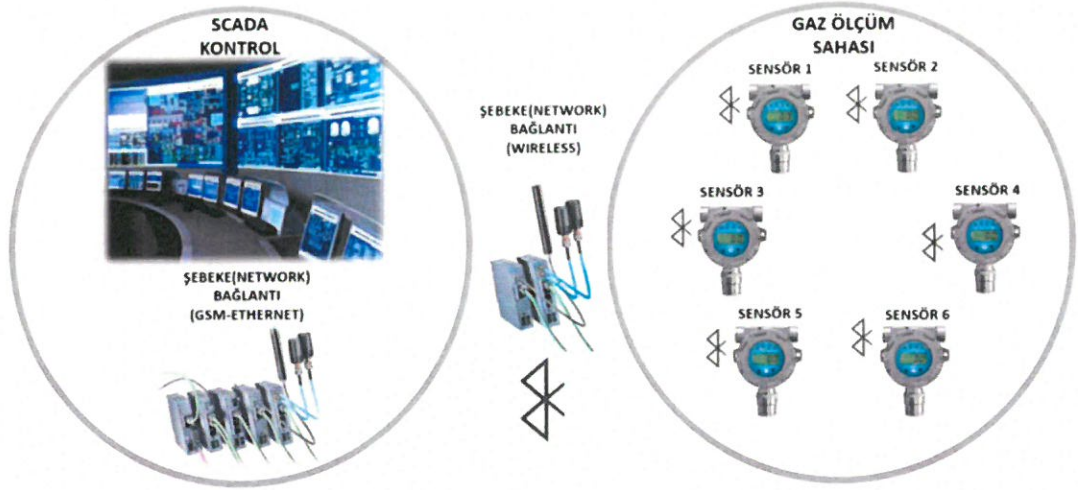


Şekil 2.12. GSM kontrollü dağıtılmış sensör otomasyon sistemi

2.2.3. SCADA kontrollü kablosuz dağıtılmış sensör otomasyon sistemleri

SCADA Kontrollü kablosuz dağıtılmış sensör otomasyon sistemleri genel olarak SCADA kontrollü kablolu dağıtılmış sensör otomasyon sistemlerine benzemektedir. Bu sistemlerde de diğer sistemlerden ayırt edici özellik sensörlerden alınan bilgilerin kablosuz iletişimle sağlanması ve sensörlerin güneş panelleri veya bataryalı özelliklere sahip olmasıdır [64]. Bu durumun sebebi ise ölçüm yapılacak alanların genişliği, sensörlerin birbirinden uzak mesafelerde konumlandırılması, alan içinde elektrik enerjisinin bulunmaması veya mesafelerin fazla olması sebebiyle kablolu bağlantının oluşturacağı ek maliyetlerden kaçınma sebebiyle uygulanmaktadır. Bu Sistemlerde de kullanılan gaz ölçüm sensörleri dahili mikroişlemci, okuma ekranı ve kablosuz işlem modülünden oluşmaktadır[65]. Şekil 2.13’de belirtilen örnek kablosuz kontrollü dağıtılmış sensör otomasyon uygulamasında gaz sensörleri

kablosuz olarak veri toplayıcı modeme sensör işlemcisi tarafından dijital bilgiye çevrilen aktarılmaktadır. Dijital bilgi toplayıcı modem aracılığı ile kablolu veya kablosuz olarak uygulanacak metoda göre SCADA ya aktarılır. Bu uygulamada önemli olan verilerin güncellenebilmesidir. Sensörlerde veya haberleşme ağında oluşabilecek sorunların SCADA tarafından algılanması ve sürekli olarak sistem uygunluğunun otomatik olarak test edilmesi gerekmektedir. Aksi halde yanıltıcı değerler SCADA bölümünde hatalara sebep olabilir.



Şekil 2.13. SCADA kontrollü kablosuz dağıtılmış sensör otomasyon sistemleri

3. ÖNERİLEN DÜŞÜK MALİYETLİ GAZ KAÇAK TESPİT SİSTEMİ

Önerilen düşük maliyetli tek noktadan kontrollü gaz kaçağı tespit sistemi, geleneksel sistemlere kıyasla sensör sayısının oldukça az olması nedeniyle veri analizi ve az sayıda sensör kullanımı sebebiyle maliyet açısından üstünlüğe sahiptir. Ancak, Önerilen sistemde ölçüm noktalarının sayısının ve ölçüm noktalarının ölçme yapılan noktaya uzaklığının artması ölçüm geçiş süresinde ve ölçüm sıralamasının tamamlanmasında gecikmeye sebep olacaktır. Bu gecikme süreleri tasarım aşamasında dikkate alınarak mümkün olduğunca güvenilirliği etkilemeden azaltılmalıdır. Örnek olarak Tablo 3.2’de H₂S gazının PPM değerleri ve oluşturacağı tehlikeli durumları ile propan ve metan gazının etkileri Tablo 3.1’de belirtilmektedir. Bu bağlamda Tasarlanacak gaz kaçağı tespit sisteminde ölçme performansının geleneksel ölçme sistemiyle aynı olması veya mümkün olduğunca yakın olması gerekmektedir. Bu bağlamda, Önerilen sistemin ölçme performansının istenilen aralıkta olabilmesi için kullanılacak emiş fanı gücünün, boru çaplarının ve kontrol algoritmasının uygun veriler ile belirlenmesi büyük öneme sahiptir. Uygulanacak sistemin tasarımında belirlenen bütün ölçüm noktalarının kontrol edilmesi ve maksimum 70 saniyelik bir periyot içinde yapılması hedeflenmektedir.

Tablo 3.1 Propan Bütan ve Metan Gazları Durum bilgisi [67]

Özellik Durumu	LPG Likit Petrol Gazı	NG Doğalgaz
Bileşimi	%30 Propan %70 Bütan	%90 Metan, % 10 Etan
Üretim	Petrol Rafinerileri	Yeraltı Doğal Kaynak
Taşıma	Tüp/Tank	Boru Hatları
Yeterli Isı Kaynağı	Kıvılcım	Kıvılcım
Yeterli Oksijen	12%	12%
Yanma Şekli	Patlama (C Türü)	Patlama (C Türü)
Söndürme Maddesi	KKT, CO ₂	KKT, CO ₂
Toksidite	Zehirsiz	Zehirsiz
Koku	Kokusuz (+ Merkaptan)	Kokusuz (+ THT)
Patlama Limitleri (%)	2,3 ile 9,6 Aralığında	5 ile 15 Aralığında
Yoğunluk (Hava=1)	2	0,58
Gereken Hava (V/V)	23,8	9,75
Gaz/Sıvı Oranı (V/V)	300	600
Algılama	%1 lik konsantrasyon için kokulandırılmıştır.	
Kaçak Durumu	Kaçak farkedildiğinde kıvılcım çıkarılmaz.	
Tahliye	Tabandan Süpürme	Tavandan Süpürme
Söndürme	Boğma, Islak Bez, KKT vs ile oksijensiz bırakılır	
Söndürme	Kaçağı kapatamıyorsanız söndürmeyiniz	

Tablo 3.2 H₂S gazı için kritik değerler [68]

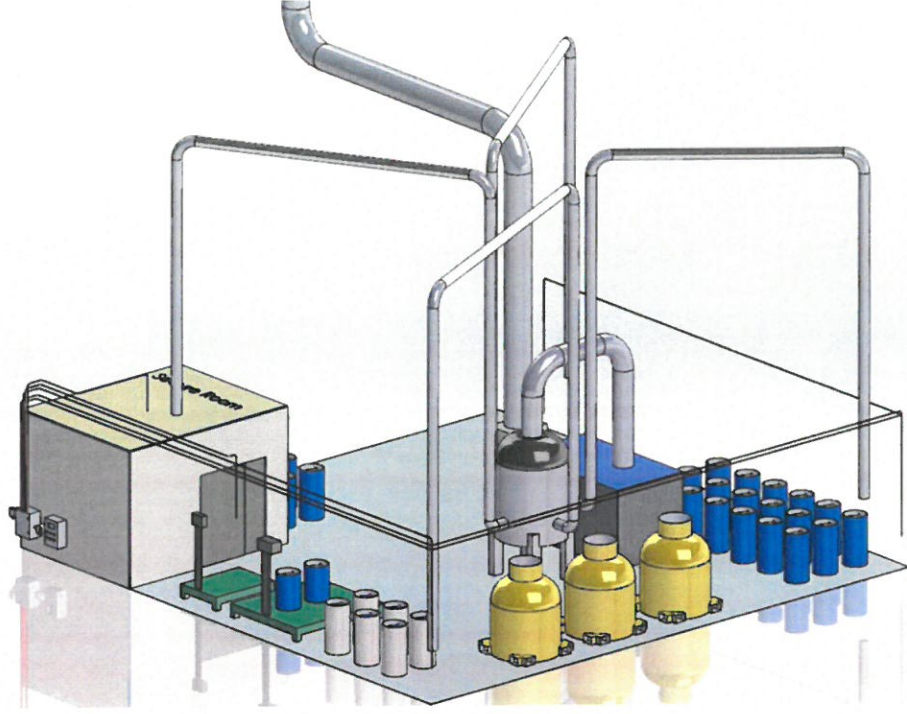
Konsantrasyon (PPM)	H ₂ S Gazı Kişisel Etkileri
0,01–0,3	Koku Algılama Sınırı
10 PPM	Bu limitlerin üzerinde kişisel koruyucu ekipmanlar kullanmak şarttır.
15 PPM	15 dakika kişisel maruz kalma sınırıdır
20 PPM	Kişisel maruz kalma sınırı aşılmıştır.
100 PPM	Koku alma duyusu 2 ila 15 dakika arasında kaybolur. Boğaz yanması, baş ağrısı ve bulantı başlayabilir.
200 PPM	Koku alma duyusu hızlı bir şekilde kaybolur. Boğaz ve göz yanmaları meydana gelir.
500 PPM	Kişide denge ve yorumlama yetisi kaybolur. Solunum 2 ila 15 dakika içinde durur. Acil tıbbi müdahale gerekir. Dikkat edilmelidir.
700 PPM	Ani bilinç kaybı meydana gelir. Vücudun idrar ve bağırsak kontrolü kaybolur. Hızlıca kurtarma olmazsa solunum durur.
1000 PPM	Ani solunum durması meydana gelir. Hızlı müdahale olmazsa Ölüm ya da kalıcı beyin hasarı ile sonuçlanır.

3.1. Gaz Ölçüm Sahası

Önerilen düşük maliyetli gaz kaçak tespit sistem uygulamasının gerçekleştirileceği endüstriyel tesiste farklı türlerde kimyasal madde depolanmaktadır. Depo edilen kimyasal maddeler dolayısıyla operasyon anı veya depolama tanklarında oluşan hasarlar sonucu zamanla açığa çıkabilecek tehlikeli gaz türleri dikkate alındığında, tesiste H₂S, CO, CH₄ ve CH₃CH₂CH₃ olmak üzere dört farklı ölçüm alınması gereken hedef gaz bulunmakta ve bu sebebiyle 4 farklı gaz ölçümü gerçekleştirilmektedir. Gazların LEL seviyeleri Tablo 3.3'te belirtilmiştir. Tesisin genel yerleşim planı ve boyutları Şekil 3.1'de gösterilmektedir. Kimyasal tesisin toplam hacmi (4000m³) dikkate alındığında 5 adet ölçüm noktası belirlenmiştir.

Tablo 3.3 Tesiste Oluşabilecek Yanıcı Gazların LEL Seviyeleri[66]

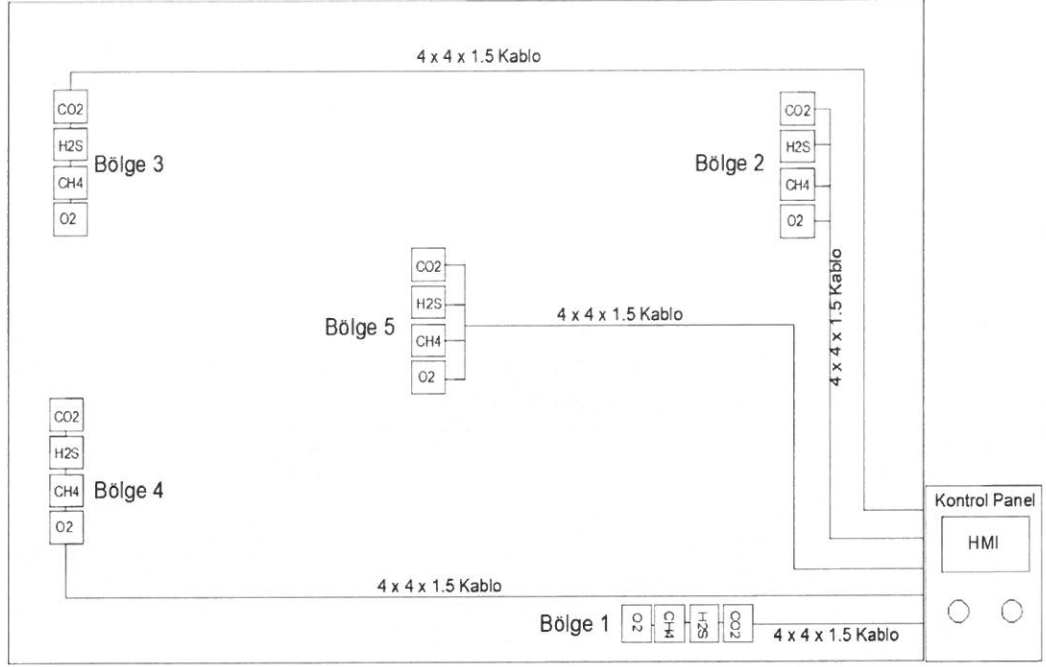
Gazın Adı	Oluşum / Meydana Çıkma	LEL % Alt Sınır	LEL % Üst Sınır	Buhar Yoğunluğu Hava=1	Tutuşma Sıcaklığı °C	(Sıvı Halde) Kaynama Noktası °C
Karbonmonoksit (CO)	Atık Yakıcı Sistem Atığı	12,5	74,2	0,967	651	-192
Hidrojen Sülfür H ₂ S	Depolanan Kimyasal	4,3	45,5	1,189	260	-60
Metan CH ₄	LNG Tankları	5,3	13,9	0,554	540	-161
Propan CH ₃ CH ₂ CH ₃	Kaynak Seti ve Atık Yakıt Sistem	2,2	9,5	1,56	466	-43



Şekil 3.1. Kimyasal madde depolama tesisi.

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi tesis içerisinde gaz kaçağı oluşması durumunda kaçak gazın ortamdan uzaklaştırılması ve çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi için bir havalandırma sistemi bulunmaktadır. Havalandırma sisteminde ölçüm noktalarının olduğu noktalardan emiş menfezleri yer almaktadır.

Geleneksel gaz ölçüm ve kaçak tespit sistemi ile bu tesiste belirlenen dört farklı gazın ölçülmesi için her bir bölgeye sensör setlerinin kurulması gerekmektedir. Bu durumda, 5 adet sensör seti ile toplamda 20 adet tehlikeli ortam özelliklerine uygun gaz sensörüne ihtiyaç duyulmaktadır. Sensörlerden elde edilecek veriler ise tek bir kontrol merkezinde kablolar aracılığı ile toplanarak bir PLC veya SCADA sistemi ile kayıt altına alınmaktadır. Her bir bölgede anlık olarak gaz ölçümü gerçekleştirildiğinden herhangi bir gecikme olmaksızın tehlikeli durumlar tespit edilebilmektedir. Tesis içerisinde geleneksel sistem kullanıldığında sensör yerleşimi ve kontrol birimine olan mesafeleri Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Depolama tesisi geleneksel sensör ölçüm yerleşim planı

Önerilen sistemin bu tesise uygulamasında geleneksel sistemlerin aksine yalnızca tek sensör grubu ve dolayısıyla yalnızca dört adet sensör yeterli olacaktır. Geleneksel sistemde olduğu gibi Önerilen sistemde de bir kontrol paneli yer almaktadır. Kontrol paneli 4 farklı sensörden gelen bilgiyi değerlendirip kayıt altına almak ve sırayla ölçüm yapılacak bölgelerin emiş boru hatlarını aktif hale getirmek için kullanılmaktadır. Geleneksel sistemden farklı olarak, ortam havası emiş fanı, boru hattı altyapısı, gaz ölçüm kabini, hava akış kontrol valfleri gibi ilave bileşenler ortaya çıkmaktadır. Sistemde yer alan emiş fanı, her bir bölgeden periyodik olarak hava numunelerinin gaz ölçüm noktasına borular vasıtasıyla taşınmasını sağlamaktadır. Ölçüm noktasına gelen hava sensörler tarafından ölçüldükten sonra temiz hava otomatik vanası açılarak dış ortamdan alınan temiz hava ile kabin ve sensörler temizlenmesi sağlanır, ardından bir sonraki bölgenin hava numunesi kabin içerisine alınır. Hedeflenen sistemin tesis içerisine kurulumu için gereken boru hattı yerleşimi (layout) ve uzunlukları Şekil 3.3'te gösterilmektedir.

Şekil 3.4'te sistemin boru hattı ve enstrüman diyagramı bulunmaktadır. Sistem 1 adet otomasyon kontrol paneli, 4 adet farklı tipte gaz algılama detektörü, 6 adet selenoid vana, 1 adet ortam hava emiş fanı ve enstrümanların montajının yapıldığı, emiş depolama alanı olarak kullanılan sensör panosu ve belirlenen bölgelerden ortam hava numunelerinin alınmasını sağlayan boru hattından oluşmaktadır. Otomasyon paneli sistemin lokal olarak kontrolünü, sürekliliğini ve değerlerin takibini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Emiş fanı 0,1m³ hacimli panoya dışarıdan monte edilir ve pano içinde negatif basınç oluşturmak amacıyla kullanılır. Herhangi bir bölgenin otomatik vanası açıldığında negatif basınç oluşan pano açık olan vana hattından hava numunesini panonun içine emer, sensörlerin monte edildiği kanallardan geçer ve aynı anda emilen hava tahliye edilir. Tahliye edilmesinin amacı pano içinde pozitif basınç oluşmamasını sağlayıp emiş fanının fazla enerji tüketiminin önlenmesidir.

Otomatik ölçüm işleminde Hava numunesi belirlenen bölgelerden PLC aracılığı ile periyodik sıralı çalışan selenoid vanalar ve emiş fanı yardımı ile sensör panosuna çekilir. Sensör Panosu üzerinde bulunan 4 farklı gaz detektörü çekilen gazı belirlenen süreler aralığında okur ve değerler PLC'ye aktarılır. Numune alma işleminin, belirlenen mantık sırası ve ölçüm durumuna göre kapalı döngü içinde sürekliliği sağlanır. Ölçüm noktasının uzaklığı ve boru hattının çapı hava numunesinin panoya ulaşma süresini doğrudan etkilemektedir. PLC programı ve HMI aracılığı ile bölgelere bağlı bulunan selenoid vanaların açılma-kapanma sürelerini programa yazılan reçete ile belirlenmektedir. Boru hattı mesafesi ve emiş basıncına göre uygulanan Reçete hesaplaması bölüm 3.1 Fiziksel Büyükler Belirlenmesi bölümünde belirtilmiştir. Bu hesaplamalar ve reçete ile birlikte bölgelerde oluşacak tehlikeli gaz kaçağının tespit edilmesinde gecikme süreleri mümkün olan en uygun seviyelere düşürülecek, sistem akışı otomatik olarak sağlanacaktır.

3.2. Önerilen Sistemin Fiziksel Büyüklüklerin Belirlenmesi

Sistemde, ölçüm yapılacak tesiste beş ayrı noktadan periyodik gaz ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Tablo 3.4'te ölçüm noktalarının ölçme kabine olan uzaklıkları, kullanılan PVC borunun temel değerleri ve Tablo 3.5'te akışkan özellikleri yer almaktadır.

Tablo 3.4. Hava numunesi taşıma sistemi temel değerleri

Parametre	Birim	Değer
PVC İç Çap (D)	mm	8
Fark Basınç (ΔP)	mbar	20
Bölge 1 Hat Uzunluk(Δx_1)	m	22
Bölge 2 Hat Uzunluk (Δx_2)	m	12
Bölge 3 Hat Uzunluk (Δx_3)	m	20
Bölge 4 Hat Uzunluk (Δx_4)	m	30
Bölge 5 Hat Uzunluk (Δx_5)	m	35

Tablo 3.5 Sistemde yer alan akışkanların özellikleri

Parametre	Birim	Değer
Hava Yoğunluk 20 °C (ρ_{air})	kg/m ³	1,225
H ₂ S Yoğunluk at 20 °C (ρ_{H_2S})	kg/m ³	136
CO Yoğunluk at 20 °C (ρ_{CO})	kg/m ³	1,1778
CH ₄ Yoğunluk 20 °C (ρ_{CH_4})	kg/m ³	0,656
O ₂ Yoğunluk 20 °C (ρ_{O_2})	kg/m ³	1,143
Hava Viskosite 20 °C (μ_{air})	cSt	1,81x10 ⁻⁵
H ₂ S Viskosite 20 °C (μ_{H_2S})	cSt	0,01166
CO Viskosite 20 °C (μ_{CO})	cSt	1,47x10 ⁻⁵
CH ₄ Viskosite 20 °C (μ_{CH_4})	cSt	1,10x10 ⁻⁵
O ₂ Viskosite 20 °C (μ_{O_2})	cSt	2,04x10 ⁻⁵

Önerilen sistemde hava numunelerinin sensör birimine taşınması için kullanılacak boru mesafeleri, akışkan özellikleri dikkate alınarak boru içerisinde katmanlı bir akış elde etmek için boru çapının ve emiş fan gücünün doğru belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda Denklem 1 kullanılarak çalışma hızı ve boru çapına uygun olarak akışın katmanlı olup olmayacağı belirlenmektedir. Denklemde 1’de ρ akışkan yoğunluğunu, v akış hızını, D boru çapını, μ akışkan viskozitesini temsil etmektedir.

Katmanlı bir akış elde edilebilmesi için maksimum çalışma hızında Reynold katsayısının 2000 değerinin altında olması gerekmektedir.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (3.1)$$

Boru içerisinde sürtünmeden dolayı meydana gelecek kayıpları da dikkate alarak hesaplama yapmak için sürtünme katsayısının belirlenmesi gerekmektedir. Dairesel bir boru içerisinde Reynold katsayısına bağlı olarak sürtünme katsayısı Denklem 2 ile belirlenebilir.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (3.2)$$

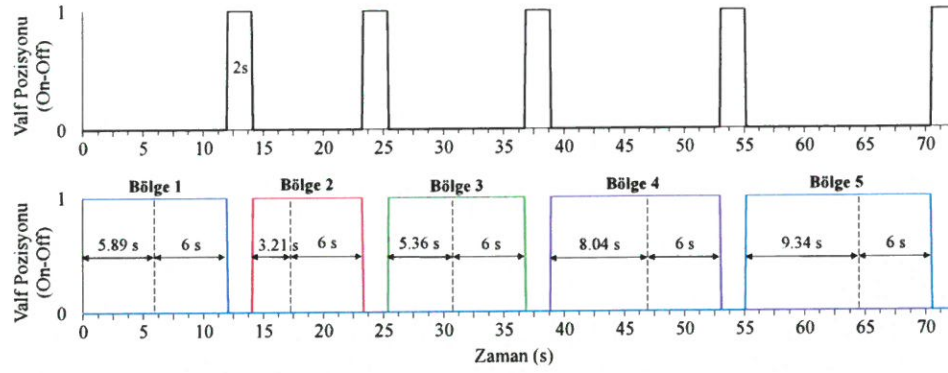
Sürtünme katsayısının dikkate alınarak akışkan hızının hesaplanması Denklem 3 ile yapılabilir. Denklem 3'de Δx boru hattı uzunluğunu, ΔP basınç farkını ifade etmektedir.

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho(4f\frac{\Delta x}{D}-1)}} \quad (3.3)$$

Ölçüm periyot süresi ve bölgelerin uzaklığı dikkate alındığında olması gereken gaz akış hızı Denklem 4 kullanılarak belirlenebilir. Denklem 1'de T periyotu, v akış hızını, n ölçüm nokta sayısını, l ölçüm noktasının uzaklığını, t_m ölçüm için gereken süreyi, t_c kabin içi temizleme için gereken süreyi ifade etmektedir.

$$T = \frac{1}{v} (l_1 + l_2 + \dots + l_n) + n (t_m + t_c) \quad (3.4)$$

Sistemin hedeflenen çalışma periyodu dikkate alınarak belirlenen, ölçme süresi, kabin temizleme süresi ve ölçüm noktalarından hava numunelerinin ölçüm noktasına ulaşması için gerekli minimum süreler Şekil 4.5'te gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Önerilen sistemin ölçüm periyodu

Şekil 3.5 ile verilen ölçüm periyodunun gerçekleştirilebilmesi için akış hızı minimum 3,73 m/s değerinde olması gerekmektedir. Bölgelerin ölçme kabinine olan uzaklıkları ve akış hızı dikkate alındığında hava numuneleri ölçüm noktasına belirli bir gecikme ile ulaşmaktadır. Sistemde en kısa hatta sahip olan 2. bölgeden alınan hava numunesinin ölçme kabinine ulaşma süresi 3.21 s iken, en uzun hatta sahip olan 5. bölge için ise ulaşma süresi 9,34 saniyedir. Önerilen sistemde hava numunelerinin doğru analiz edilebilmesi için her bölge ölçümünden sonra 2 saniye süre boyunca ölçme kabini temizlenmektedir. Her bir bölge için 6 saniyelik bir ölçme süreci gerçekleştirilmektedir. Sonuç olarak toplam ölçme süresi periyodu 70 saniye olarak gerçekleştirilmektedir. Ölçüm noktalarından hava numunelerinin belirlenen mesafede ve hızda ölçme kabinine taşınması için uygun boru çapı ve emiş fanı gücü belirlenmelidir. Denklem 5 ve Denklem 6 ile sistemin çalışma hızına bağlı olarak katmanlı bir akış şeklinin sağlanarak gerçekleştirilebilmesi için sistem debisi ve fan gücü hesaplanabilir.

$$Q = v A_{pipe} \quad (3.5)$$

$$P_{fan} = Q \Delta P \quad (3.6)$$

3.3. Önerilen Düşük Maliyetli Gaz Kaçağı Tespit Sisteminin Otomasyonu

Önerilen periyodik gaz kaçağı tespit sisteminin kontrol bileşenleri Tablo 3.6'da ve geleneksel gaz ölçüm sistemleri kontrol bileşenleri Tablo 3.6'da gösterilmektedir. Bir adet sensör panosu ve bir adet otomasyon panosu kullanılmaktadır. Sistem 230VAC şebeke gerilimi ile çalışmaktadır. Otomasyon panosu içinde ölçüm verilerinin

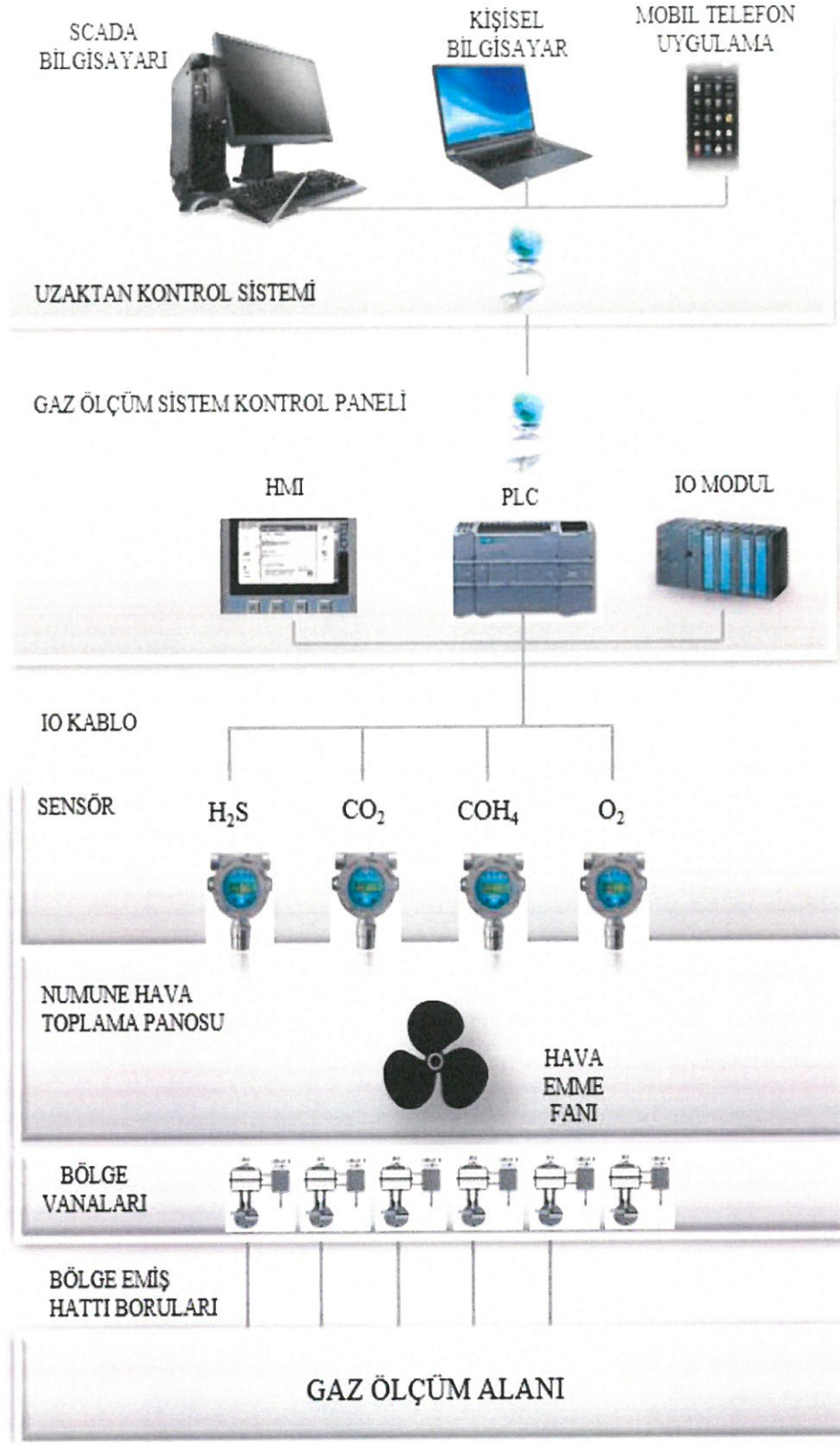
toplanması ve kontrolü için sistemde bir adet programlanabilir lojik kontrolör (PLC) ,ölçüm sonuçlarının anlık olarak görüntülenmesi ve ayrıca bölgesel hedef gaz değerlerinin sistemde güncellenebilmesi için bir adet HMI operatör panel, 16 bit çözünürlüğe sahip PLC Analog giriş kartı, 24VDC güç kaynağı, SCADA haberleşmesi için bir adet modem, otomatik vanaları aktif etmek için kullanılacak 6 adet röle ve sistem koruma sigortaları kullanılacaktır. Her bir bölgeden hava numunelerinin belirlenen periyot süreleri boyunca ölçüm noktasına taşınabilmesi için bir adet hava emiş fanı, her bir bölgenin tek tek kontrolü için 6 adet otomatik valf sistemi ve 4 adet farklı türde gazların algılanmasını sağlayan katalitik sensör tipli ve ekranlı gaz sensörleri yer almaktadır. Ayrıca bir adet bilgisayara Sistemin uzaktan izleme ve kontrolü için SCADA sistemi kurulmuştur. 5 farklı gaz ölçüm bölgesinden PVC borular kullanılarak sensör kontrol panosuna boru hattı montajı yapılmıştır. Sensör panosu ölçüm yapılacak kapalı alanın dışında boru hatlarının birleştirildiği en uygun noktaya otomasyon panosu ile birlikte monte edilmiştir.

Tablo 3.6. Önerilen sistemin ekipman listesi

Malzeme Listesi	Marka	Özellik	Adet
H2S Gaz Sensör	Raeguard	Katalitik Sensör	1
CH4 Gaz Sensör	Raeguard	Katalitik Sensör	1
CO2 Gaz Sensör	Raeguard	Katalitik Sensör	1
O2 Gaz Sensör	Raeguard	Katalitik Sensör	1
Otomatik Vana	SMS Tork	Elektro Vana	6
Emiş Fani	Siemens	Santrifuj Fan	1
Sensör Panosu	Tempa	Fiber	1
Boru	UPVC	PVC	200 Metre
Otomasyon Panosu	TEMPA	Fiber	1
PLC	Siemens	Standart	1
HMI	Siemens	Renkli Ekran	1
Analog Modülü	Siemens	4 Giriş /16 Bit	1
Kablo	Prysmian	Korumalı Kablo	2 Metre
Röle	Omron	10Amper 2 NA	7
Kontaktör	Schneider	10Amper 2 NA	1
Ethernet Modem	Moxa	5 Port 100Mps	1
SCADA Programı	Schneider	Standart	1

Tablo 3.7. Geleneksel sistem ekipman listesi

Malzeme Listesi	Marka	Özellik	Adet
H2S Gaz Sensör	Raeguard	Kapasitif Sensör, Ekranlı	5
CH4 Gaz Sensör	Raeguard	Kapasitif Sensör, Ekranlı	5
CO2 Gaz Sensör	Raeguard	Kapasitif Sensör, Ekranlı	5
O2 Gaz Sensör	Raeguard	Kapasitif Sensör, Ekranlı	5
Otomasyon Panosu	TEMPA	Fiber	1
PLC	Siemens	Standart	1
HMI	Siemens	Renkli Ekran	1
Analog Giriş Modülü	Siemens	4 Giriş /16 Bit	1
Kablo	Prysmian	3x1 Ekranlı	200Metre
Eternet Modem	Moxa	5 Port 100Mps	1
SCADA Programı	Schneider	Standart	1

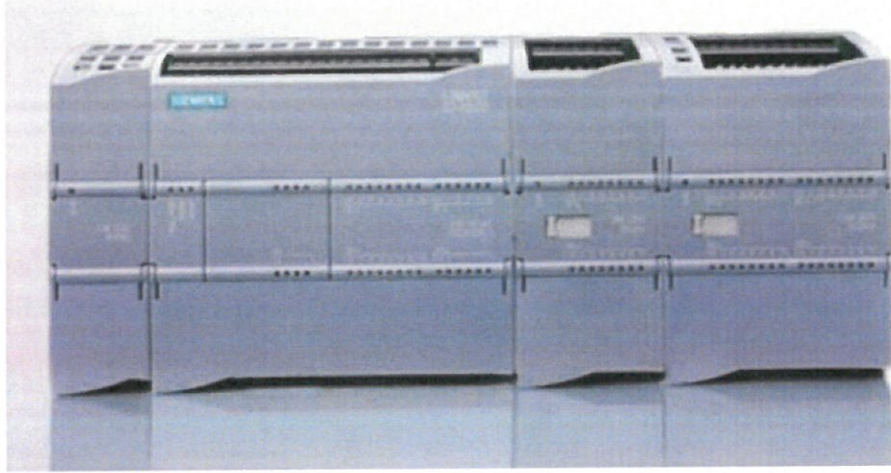


Şekil 3.6. Gaz kaçağı tespit sistemi blok şeması

Sistem kontrol algoritması Şekil 3.9’da verilmiştir. Kontrol algoritmasına göre, sistem çalışmaya başlamadan önce kontrol paneli(HMI) üzerinden her bir ölçüm bölgesinde izin verilen gaz hedef değerleri gazın tehlike oluşturabilecek sınır değerine göre sistem üst limit değeri olarak girilmektedir. Sensör ünitesinin ilk çalışma ve periyodik belirlenen kalibrasyon kontrolü zamanlarında ölçüm doğruluğu test edilmektedir. Tüm koşullar sağlandıktan sonra periyodik ölçme sistemi başlatılır. Tanımlanan ilk bölgeden hava numunesinin ölçme kabinine taşınması için emiş fanı devreye otomatik olarak girer. Ölçme kabinene gelen hava numunesi bölgenin uzaklığı dikkate alınarak belirlenen süre boyunca kabine alınmaya devam edilir. Belirlenen süre sonunda hava numunesi belirlenen sınır değerlerinin altında ise ilgili bölge valfi kapatılarak ölçüm kabini temizleme valfi açılır ve temizleme işlemi başlatılır. Eğer hava numunesi belirlenen tehlike sınırlarının dışında ise ölçüm değeri kayıt altına alınarak uyarı sistemi devreye alınır. İlgili bölgenin gaz ölçümü periyot zamanından bağımsız olarak güvenilirliğin ve güvenliğin ön planda tutulması gerekliliği ile ölçüm işlemine devam edilir. Hava numune değerleri belirlenen sınır değerlerin altına düştüğünde periyodik sıralama ile diğer bölge ölçümlerine geçilmektedir. Bu çalışma şartları her bir bölge için tekrarlanmaktadır. Ölçüm tüm bölgeler için periyodik olarak tamamlandıktan sonra sistem tekrar ilk bölgeden hava numunesi alarak ölçüm işlemine devam eder. Bölgelerden fan yardımı ile çekilen hava numunesi fan çıkışında filtreden geçirilerek atmosfere tahliye edilir veya tekrardan ortam içine belirli yükseklikten salınır. Ölçüm bölgesi periyot süreleri boru hattı uzunluğuna ve emiş fanının hesaplanan sürelerde numune havanın ölçüm kabinine ulaşma süresine göre set edilebilir. Daha uzun mesafelerden ölçüm sonuçlarının daha hızlı alınabilmesi için boru çapları hesaplara göre artırılabilir ve sistemin daha verimli ve hızlı ölçüm sonuçları alması sağlanabilmektedir.

Sistem içinde bulunan sensörlerin ölçüm değerleri dışında yüksek gazlara maruz kalması ve ölçüm hassasiyetinin doğruluğunun sağlanabilmesi için belirli periyotlarda veya arıza durumlarında kalibrasyon yapılması gerekmektedir. Geleneksel sistemlerde sensörler işletme içinde bulunduğu için doğrudan her bir sensör için ayrı ayrı kalibrasyon yapılması gerekmektedir ve bu durum kalibrasyon yapacak personelin işletme içinde riskli bölgelerde çalışması anlamına gelir. Önerilen düşük maliyetli gaz kaçak tespit sisteminde ise sisteme adapte edilen farklı

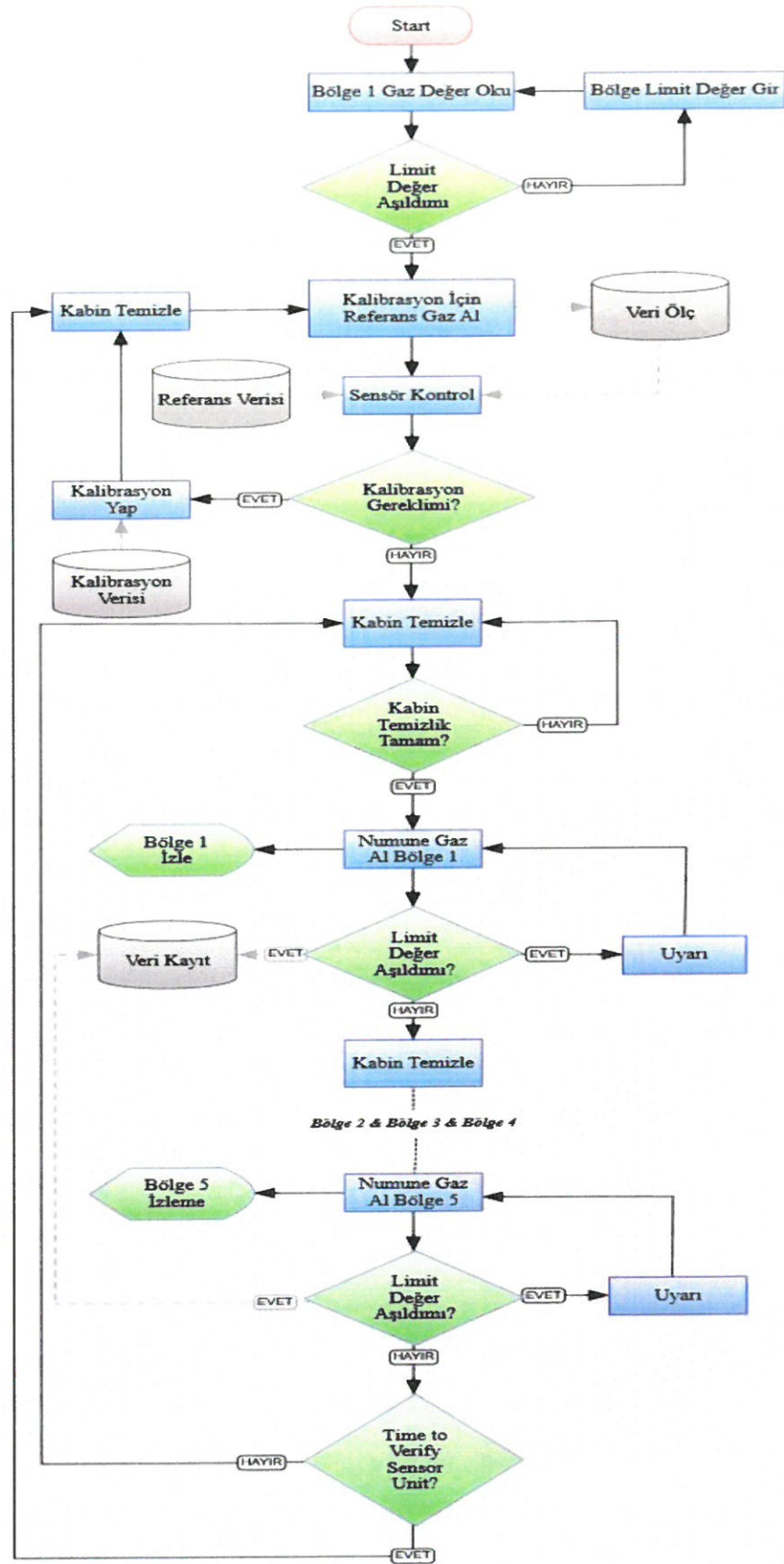
türdeki kalibrasyon gazları sisteme dahil edilerek otomatik olarak personel gereksinimi olmadan güvenli şekilde sensör kalibrasyonlarını yapılabilmektedir. Bu işlem hem işletme maliyetini düşürmekte hem de güvenli olarak bakım ve kalibrasyon yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Sistemde kullanılan PLC ve HMI modelleri Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de belirtilmiştir.



Şekil 3.7. PLC Modülü



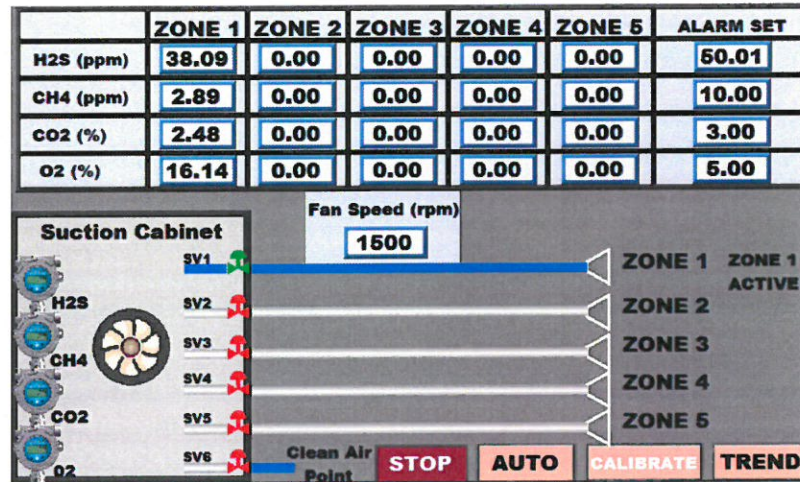
Şekil 3.8. HMI Modülü



Şekil 3.9. Sistem akış diyagramı

3.4. Önerilen Düşük Maliyetli Gaz Kaçak Tespit Sisteminin SCADA Yapısı

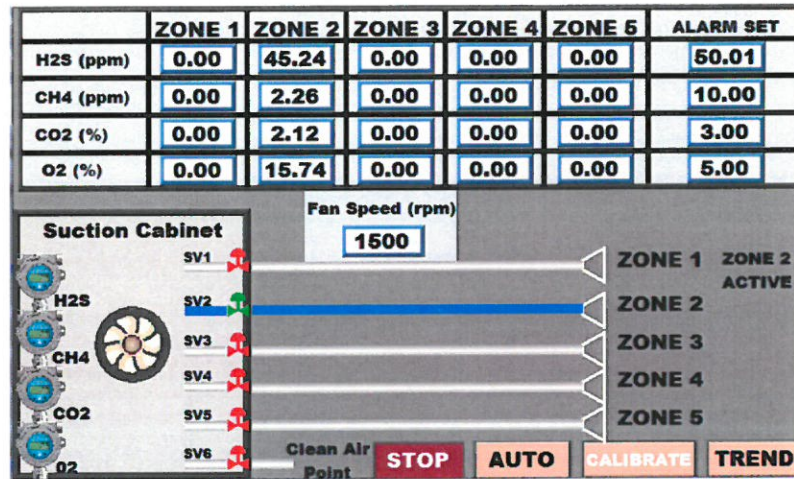
Endüstriyel tesisler ve depolama alanları yapı itibarı ile geniş alanlara ve farklı türlerde üretim ve bina yapılarına sahiptir. Bu alanların ve sistemlerin kontrolü merkezi bir biçimde yapılmaktadır. Bu amaçla bölgesel kontrol tasarımı yapılan sistemin merkezi sistem kontrol bilgisayarlarından da kontrolünün sağlanması gerekmektedir. İşletmeler genellikle farklı otomasyon alt yapısına sahip olan sistemlerin kontrolünü tek bir SCADA sistemi ile gerçekleştirmektedir. Önerilen gaz kaçağı tespit sistemi uzaktan kontrolü gerçekleştirebilmek amacı ile işletme içinde bulunan farklı SCADA sisteminden bağımsız olarak tek bir SCADA yazılımı ile düzenlenmiştir. Önerilen sistemin SCADA yapısı bilgisayar tabanlı kontrolden oluşmaktadır. PLC cihazından eş zamanlı olarak kablolu haberleşme alınan bilgiler bilgisiyar ekranında da eşzamanlı olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.10. SCADA Ana Ekran

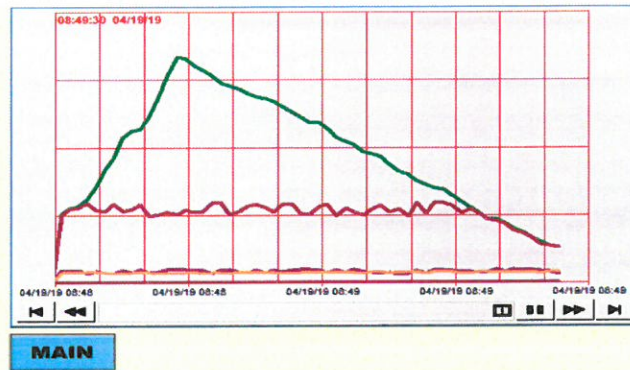
Şekil 3.10'da önerilen sistem SCADA ana ekranı gösterilmektedir. Tek nokta kontrolün sağlandığı HMI paneli ile karışıklık olmaması için aynı tasarım kullanılmıştır. Sistem ekrandaki otomatik model seçimi yapıp start sanal butonu çalıştırılmaktadır. Start butonuna basıldığında emiş fanı devreye girer birinci bölge otomatik vanası açılarak sistem birinci bölgeden numune gazını sensör panosuna taşır. Hedeflenen sürede taşınan gaz analiz edilerek değerler anlık olarak aktif bölgenin bulunduğu bloğa yazılır. Aynı anda aktif bölgenin görsel hat çizimi farklı bir renk ile gösterilerek bölge pozisyonu belirtilir. Hedeflenen set değerli üzerinde bir ölçüm olması durumunda sistem uyarı vererek alarm bilgisi ekrana yansıtılıp veri

kaydı yapılır. Sistem algoritması PLC içinde yazıldığı için set değerlerinin aşılması durumunda otomatik olarak sistem aynı bölgeyi ölçmeye devam edecek ve uyarılar belirtilecektir. Set değeri altında kalan durumlarda sistem normal akış algoritmasında çalışacak ve diğer bölgelerin taraması devam edecektir. Şekil 3.11’de sistemin sırayla çalışma prensibini ve bulunduğu sensör bölgesini göstermektedir.



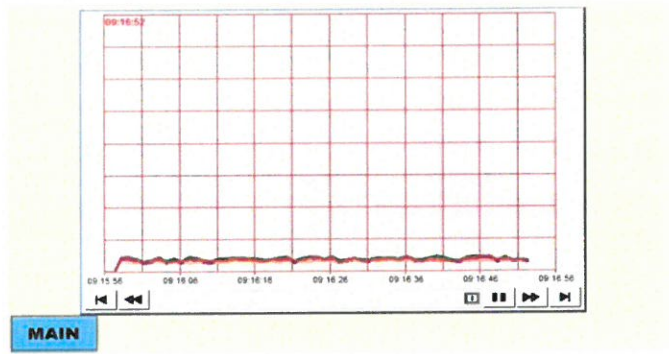
Şekil 3.11. SCADA Ana Ekran 2

Önerilen sistemde kullanılan sensörler katalitik sensör ve elektrokimyasal sensördür. Bu sebeple sensörlerin belirli aralıklarla kalibrasyon yapılması gerekmektedir. Kalibrasyon işlemi sanal kalibrasyon butonu ile başlatılır. Kalibrasyon yapılmak istenilen sensör referans gazı ile karşılaştırılır ve ekrandan takibi yapıp referans gazı ile sensör ölçüm değeri karşılaştırılıp sensör set edilir ve kalibrasyon işlemi tamamlanır.



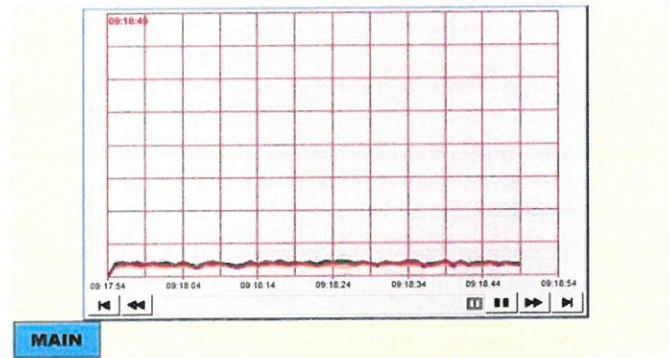
Şekil 3.12. Grafik Ekran Bölge 1

Grafik ekranları ölçüm durumlarını anlık ve geçmişe dönük olarak analiz edebilmek amacıyla kullanılır. Sistem ölçüm almaya başladığı an ile ölçümü tamamladığı süre arasında oluşan grafikler ve değerler analiz edilerek ölçümün hangi anda ve seviye ne durumda olduğu değerlendirilir. Şekil 3.12’de birinci bölge ölçüm grafiği verilmiştir. Ölçüm anında H₂S gaz değerinin artmakta olduğu ve aynı anlarda ortam içinde oksijen durumu ile diğer gazların durumunun takibi yapılabilmektedir. Bu değerlendirme sonucu ile herhangi bir gaz artışının diğer gazlar üzerinde etkisi değerlendirilip etkileşim değerleride belirlenebilmektedir.



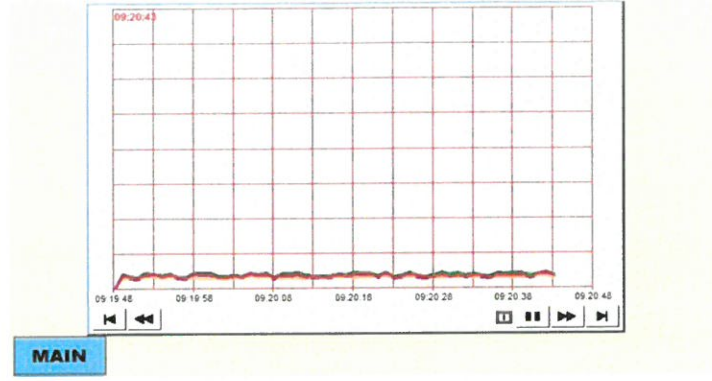
Şekil 3.13. Grafik ekran bölge 2

Şekil 3.13’te ikinci bölgenin grafik değeridir. Birinci bölge aktif olduğunda ikinci bölgenin grafik değerlerinin sıfır olduğu ve sistemin bu bölgede aktif olmadığı görülmektedir.



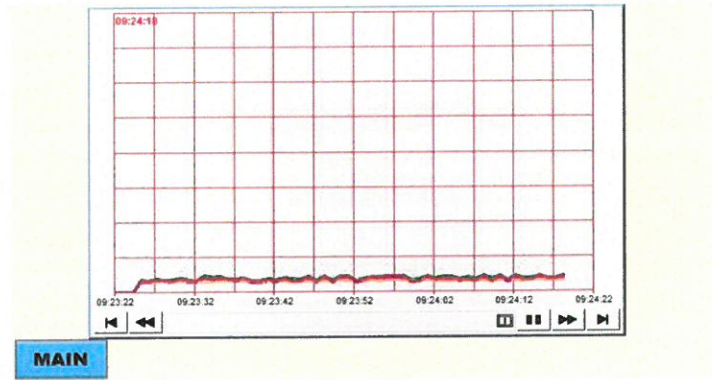
Şekil 3.14. Grafik ekran bölge 3

Şekil 3.14’te üçüncü bölgenin grafik değeridir. Birinci bölge aktif olduğunda üçüncü bölgenin grafik değerlerinin sıfır olduğu ve sistemin bu bölgede aktif olmadığı görülmektedir.



Şekil 3.15. Grafik ekran bölge 4

Şekil 3.15'te dördüncü bölgenin grafik değeridir. Birinci bölge aktif olduğunda dördüncü bölgenin grafik değerlerinin sıfır olduğu ve sistemin bu bölgede aktif olmadığı görülmektedir.



Şekil 3.16. Grafik ekran bölge 5

Şekil 3.16'da da beşinci bölgenin grafik değeridir. Birinci bölge aktif olduğunda beşinci bölgenin grafik değerlerinin sıfır olduğu ve sistemin bu bölgede aktif olmadığı görülmektedir.

4. DENEYSEL ÖLÇÜM PERFORMANSI VE VERİ DEĞERLENDİRME

Geleneksel gaz ölçüm kaçak tespit sistemi ve önerilen tek nokta gaz kaçağı tespit sisteminin deneysel performans verilerinin elde edilmesi için Şekil 4.1'de gösterilen 4000m³ kapalı hacme sahip bir endüstriyel gaz depolama tesisine her iki sistemde kurulmuştur. Her iki sistemin performanslarının doğru bir Şekilde karşılaştırılması ve güvenilirliğin sağlanması amacıyla kullanılan sensör ve kontrolör yapıları aynı özelliklerde tercih edilmiştir. Tesis içerisinde belirlenen 5 ölçüm noktasına geleneksel sistem için sabit sensör birimi yerleştirilirken, önerilen sistem için ise boru hattı montajı yapılmıştır. Geleneksel sistemde H₂S, CO, CH₄ ve O₂ gaz sensörlerinden oluşan 5 adet sensör takımı yer alırken, önerilen sistemde merkezi ölçme kabini içerisinde 1 set sensör takımı kullanılmıştır.



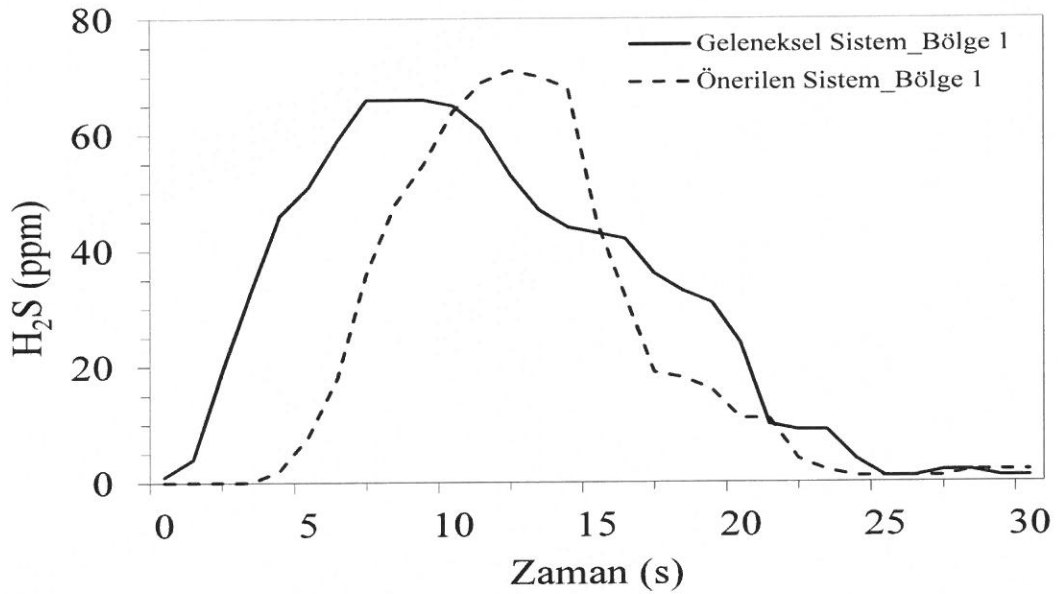
Şekil 4.1. Önerilen sistem uygulama alanı

Önerilen sistem ve geleneksel sistem deneysel performans verileri 3 aşamada testler yapılarak elde edilmiştir. Deneysel test aşamasında H₂S gazı kullanılarak ölçümler elde edilmiştir. İlk aşamada her bir ölçüm noktası için önerilen sistemin gaz kaçağı tespitinde ortaya çıkan gecikme süresi ölçülmüştür. İkinci aşama testte ise ölçüm noktalarına belirli uzaklıklarda oluşan gaz kaçağı durumunun her iki sistemde ne kadar bir süre içerisinde tespit edilebildiği deneysel olarak karşılaştırılmıştır. Üçüncü

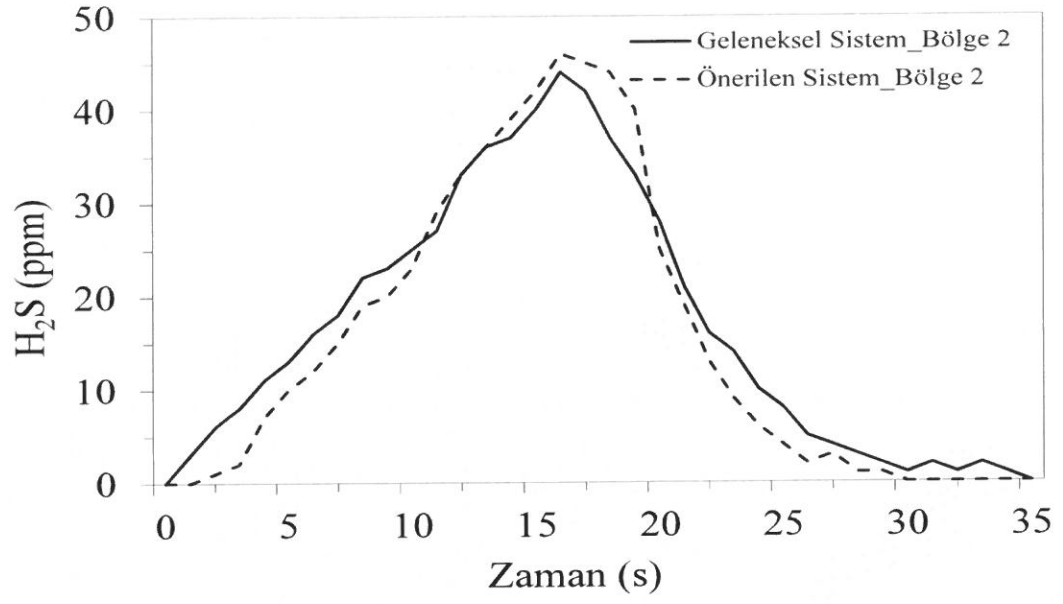
aşama testte ise önerilen sistemin periyodik çalışma modunda iken herhangi bir bölgede kaç kaçağı oluşması durumunda performans verileri elde edilmiştir. Ayrıca, önerilen sistemin periyodik çalışma modunda bölgesel bazda ölçtüğü gaz değerleri referans alınarak gaz ölçüm performansı incelenmiştir.

4.1. Önerilen Sistemin Ölçüm Noktalarına Göre Gecikme Süreleri Tespiti

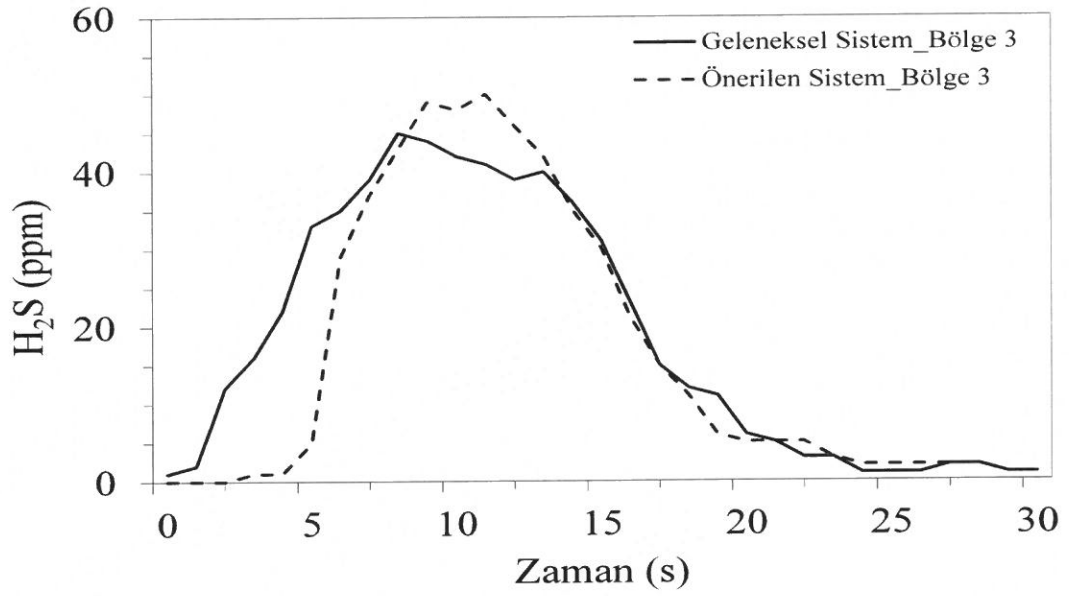
Her bir bölge için 50-100PPM arası H_2S gazı salınarak her iki sistem içinde ölçüm değerleri kayıt altına alınmıştır. Şekil 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6'da 5 bölge için gerçekleştirilen gaz ölçüm grafikleri yer almaktadır. Önerilen sistem ile sabit sensör birimi aynı anda ölçüm yapmaya başlamaktadır. Sabit sensör gaz miktarını gazın doğal yayılımı ile ölçmeye başlarken Önerilen sistemde ise hava numunesi boru hattı ile ölçme kabinine taşınmakta ve dolayısıyla ölçme işlemi gecikmeli olarak başlamaktadır. Şekil 6.2 incelendiğinde, geleneksel sistemde ölçülen gaz değerleri ile önerilen sistemde ölçülen gaz değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Her bir bölge için hesaplanan hava numunesinin ölçme kabinine ulaşma süreleri deneysel olarak doğrulanmıştır.



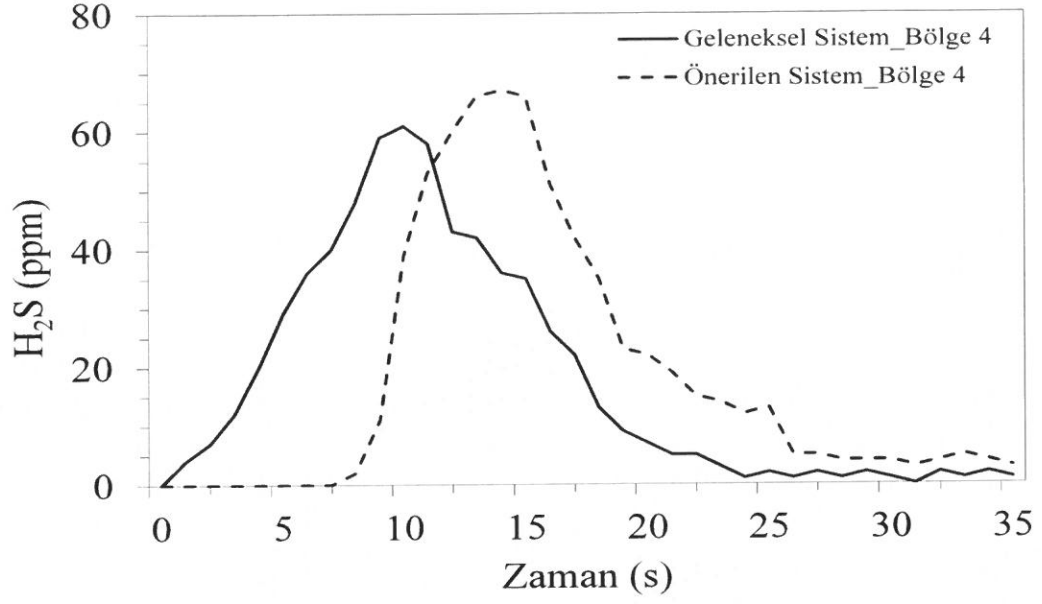
Şekil 4.2. Bölge 1 Karşılaştırma



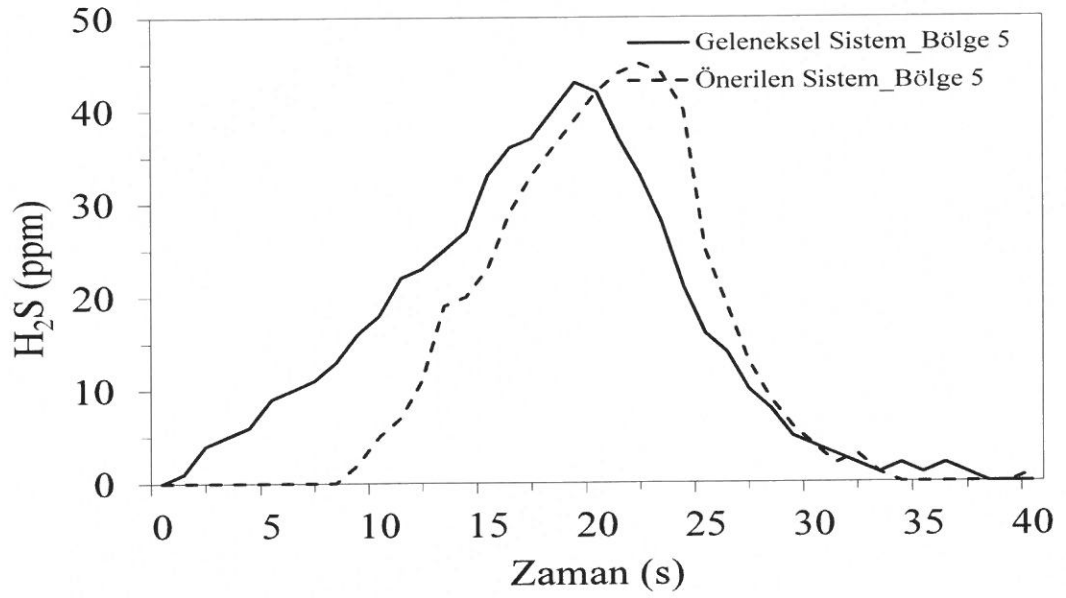
Şekil 4.3. Bölge 2 Karşılaştırma



Şekil 4.4. Bölge 3 Karşılaştırma



Şekil 4.5. Bölge 4 Karşılaştırma

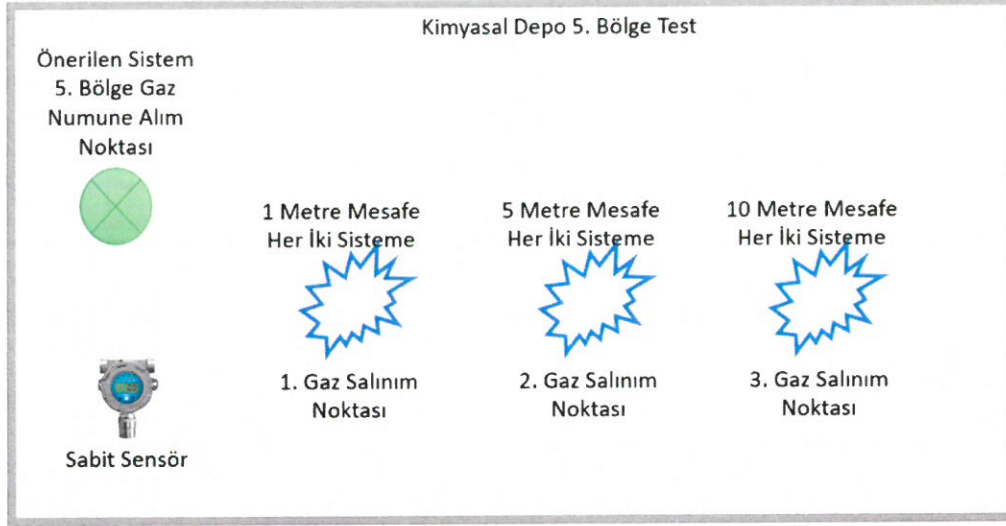


Şekil 4.6. Bölge 5 Karşılaştırma

4.2. Belirli Uzaklıklarda Meydana Gelen Gaz Kaçaklarının Tespiti

Belirlenen ölçüm noktalarına belirli uzaklıklarda meydana gelecek gaz kaçaklarının ölçülmesinde her iki sistemin performansı eş zamanlı olarak test edilmiştir. Bu

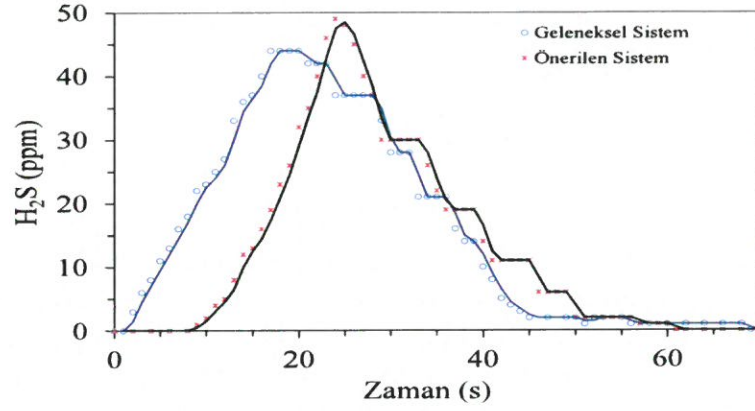
doğrultuda, Şekil 4.7’da gösterildiği gibi 5. bölgede ölçüm noktasına 1 metre, 5 metre ve 10 metre uzaklıkta 3 ayrı noktadan H₂S gaz salınımı sistem testi için belirli aralıklarla gerçekleştirilmiştir.



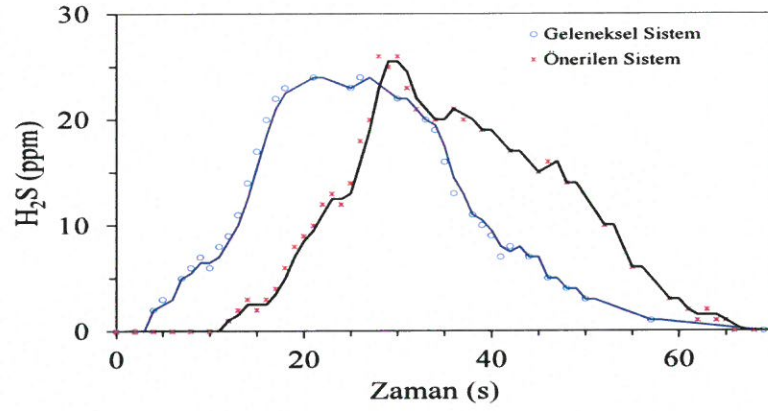
Şekil 4.7. Her iki Sistem İçin Eşzamanlı Ölçme İşlemi

Özellikle, önerilen sistemde en uzun boru hattına sahip bölge olan 5. bölge seçilerek olabilecek en kapsamlı durumlar için performans karşılaştırması yapılmıştır. 5. bölge içerisinde ölçüm noktasına 1 metre mesafede H₂S gaz salınarak her iki sistem içinde ölçülen değerler kayıt altına alınmıştır. Aynı işlem ölçüm noktasına 5 metre ve 10 metre mesafeler için tekrarlanmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları karşılaştırmalı olarak şekil 4.8, şekil 4.9, şekil 4.10’da gösterilmektedir. Ölçümü gerçekleştirilen gazın yayılım özelliklerine bağlı olarak, geleneksel sistemde ölçüm noktasına olan uzaklık arttıkça ölçüm belirli bir süre gecikme ile gerçekleşmektedir. Önerilen sistemde ise gazın ortama yayılımının yanı sıra emiş yapılarak ölçüm noktasına ulaşması daha hızlı gerçekleştirilebilmektedir. Şekil 5-4 incelendiğinde, 1 metre mesafede oluşan gaz kaçağını sabit sensör çok kısa bir sürede algılarken, Önerilen sistem sensörü ise boru hattı uzunluğundan dolayı yaklaşık 8-9 saniyelik bir gecikme ile algılamaktadır. Gaz kaçağının ölçme noktasına 5 metre uzaklıkta gerçekleşmesi durumunda sabit sensör yaklaşık 3-4 saniye, Önerilen sistem sensörü 10-11 saniye süreyle gecikme ile algılamaya başlamaktadır. Benzer Şekilde 10 metre mesafedeki gaz kaçağı geleneksel sistemde 8-9 saniyelik bir gecikme ile algılanırken Önerilen sistemde bu gecikme süresi 12-13 saniye olmaktadır. Gaz kaçağının ölçüm noktasına yakın olduğu durum dikkate alındığında her iki sistemin gaz algılama gecikme süresi

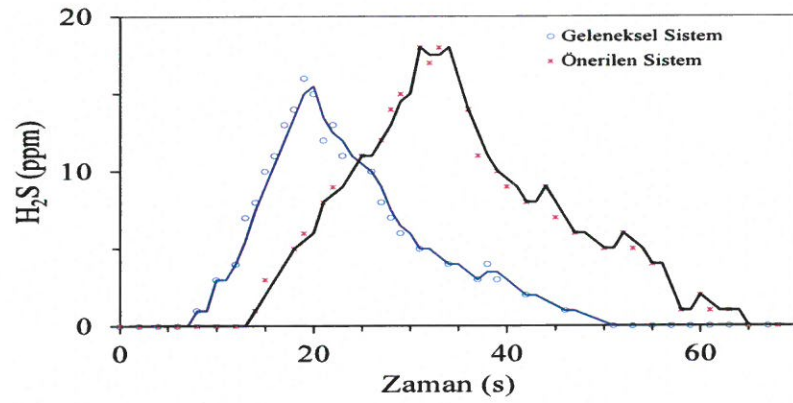
arasındaki fark yaklaşık 8 saniyedir. Gaz kaçağının ölçüm noktasına en uzak olduğu durum dikkate alındığında ise bu süre farkı yaklaşık 4 saniye olmaktadır.



Şekil 4.8. 1 Metre Ölçüm Karşılaştırma



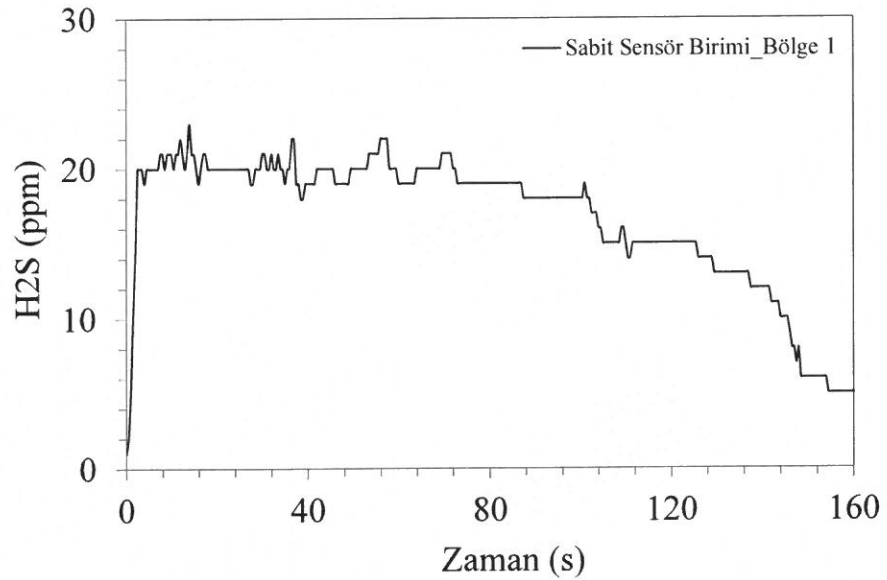
Şekil 4.9. 5 Metre Ölçüm Karşılaştırma



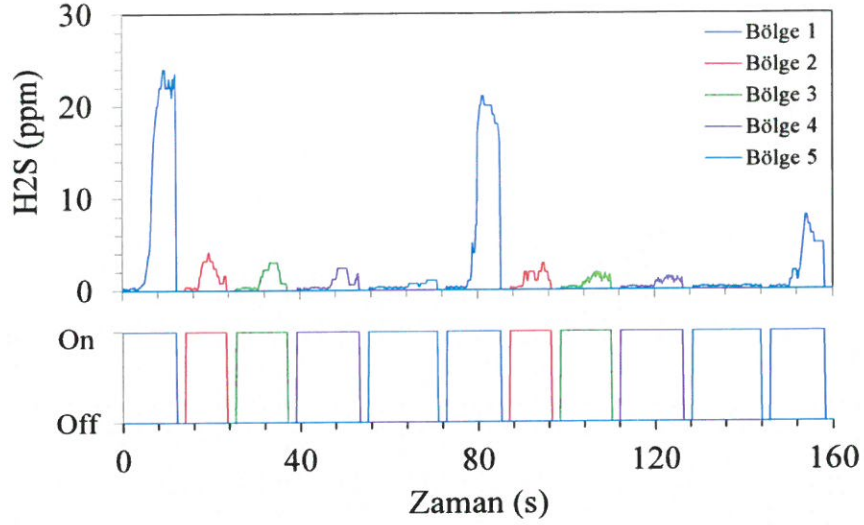
Şekil 4.10. 10 Metre Ölçüm Karşılaştırma

4.3. Önerilen Sistemin Periyodik Çalışma Performansı

Geleneksel sistemde her bir bölgede sensör ünitesi yer aldığından meydana gelecek gaz kaçaqlarında veya gaz seviyesi ölçümünde süreklilik sağlanabilmektedir. Ancak, önerilen sistemde ise her bölgenin aynı anda ölçülmesi mümkün olmadığından belirlenen periyodik ölçme düzeninde performansının mümkün olduğunca geleneksel sisteme yakın olması gerekmektedir. Bu bağlamda, 1. bölgede H_2S gazı belirli süre boyunca salınarak önerilen sistemin ölçüm performansı deneysel olarak test edilmektedir. Şekil 4.11’de 1. bölgede yer alan sabit sensör biriminin H_2S gazı ölçüm değerleri gösterilmektedir. Önerilen sistemin 70 saniyelik ölçüm periyodu ile sürekli çalıştırılarak her bir bölgenin gaz ölçümü gerçekleştirilmiştir ve elde edilen veriler Şekil 4.12’de verilmektedir. Şekil 4.12’den görüldüğü gibi önerilen sistem ile yapılan gaz ölçümünde 1. bölgede 9.cu saniyede yaklaşık 22-24 ppm, 160 saniye sonunda ise 5,7 ppm H_2S gazı olduğu tespit edilmiştir.

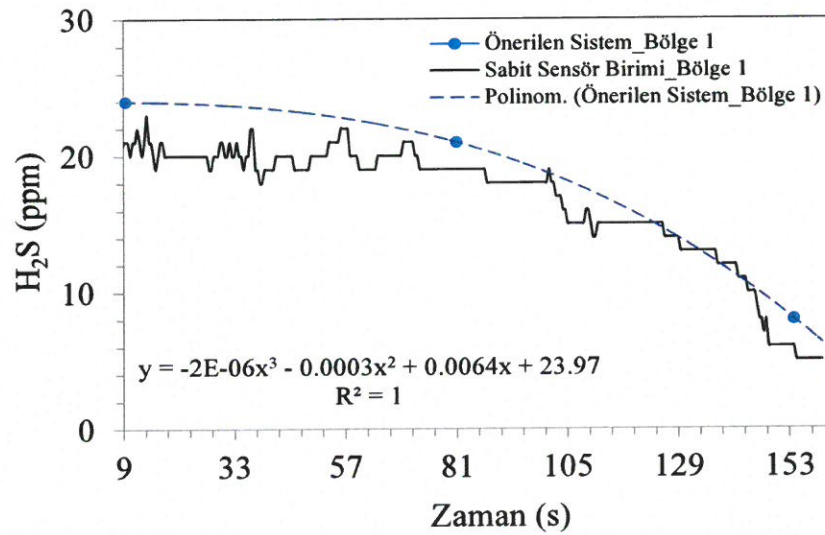


Şekil 4.11. Geleneksel sistemin 1. Bölgede ölçüm değerleri

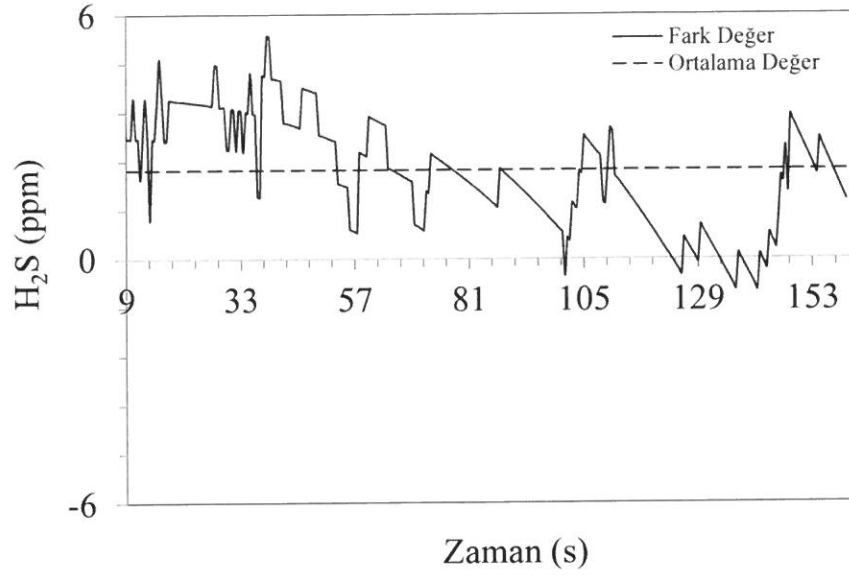


Şekil 4.12. Geleneksel sistemin 1. Bölgede ölçüm Karışlaştırma

Önerilen sistemde 1. bölgeden peryodik olarak alınan H_2S değerleri bir polinom ile ifade edilerek ölçüm yapılmadığı zaman diliminde bölge içerisinde bulunan gaz değeri tahmini olarak belirlenebilir. Şekil 4.13'te ve şekil 4.142'te 1. bölgede sabit sensör biriminin ölçme değeri ile önerilen sistemden alınan ölçme değerleri kullanılarak oluşturulan eğri gösterilmektedir. Oluşturulan tahmin eğrisi ile gerçek ölçüm değerleri arasında oluşan fark değeri maksimum 5-6 ppm olurken, ortalama fark değeri 2.2 ppm'dir.



Şekil 4.13. Geleneksel sistemin 1. Bölgede ölçüm eğrisi



Şekil 4.14. Önerilen sistemin 1. Bölge ölçüm tepe değeri

Önerilen sistemin geleneksel sistem ile deneysel olarak performans karşılaştırması hem aynı anda ölçüm işlemi hem de periyodik çalışma durumları göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Deneysel performans testleri, önerilen sistemin geleneksel sistemlere benzer ölçüm performansına sahip olduğunu göstermektedir.

5. MALİYET ANALİZİ

Önerilen gaz kaçağı tespit sistemi ile geleneksel sistemin maliyet karşılaştırmasının doğru yapılabilmesi için her iki sistemin aynı alana kurulumu ve değerlendirilmesi dikkate alınmalıdır. Tablo 5.1’de her iki sisteme ait bileşen ve bu bileşenlerin maliyetleri detaylandırılmıştır. Geleneksel sistemde sensör sayısının maliyetin yükselmesinde en büyük etken olduğu görülmektedir. Düşük maliyetli gaz kaçak tespit sisteminde yalnızca 4 adet sensör bulunurken geleneksel sistemde ise en az 20 adet sensör kullanılması gerekmektedir. Bu durum, ölçüm yapılacak bölge sayısının artması ile daha da artacağı anlamına gelmektedir. Dolayısıyla ölçüm nokta sayısı ve ölçülecek gaz tipinin artmasıyla bu maliyet farkı oldukça yüksek olacaktır. Kurulum maliyeti dikkate alındığında ise Önerilen sistemde ilave ekipmanların olması, diğer yandan geleneksel sistemde de kurulum yapılacak sensör sayısının fazla olması ve kablo montaj maliyetlerinin artması ile her iki sistem içinde birtakım dezavantajlar bulunmaktadır. Alan olarak 20000 m³ kapasiteli işletmelerde, özellikle çeşitli gaz gruplarının oluşma riski bulunan ortamlarda geleneksel sistemlere göre önerilen sistemin kullanılması maliyet ve işletme süreçleri açısından kabul edilebilir değerlerdedir. Sonuç olarak her iki sistem maliyet açısından karşılaştırıldığında, bu çalışma kapsamında ele alınan alan için düşünüldüğünde önerilen sistem yaklaşık % 75 oranında daha az maliyet ile gerçekleştirilebilmektedir

“ Tablo 5.1 Gaz kaçağı tespit sistemi bileşen ve maliyetleri

	Geleneksel	Sistem	Önerilen	Sistem
	Adet	Fiyat €	Adet	Fiyat €
H ₂ S Gaz Sensörü	4	16500	1	2000
O ₂ Gaz Sensörü	4	16500	1	2000
CH ₄ Gaz Sensörü	4	16500	1	2000
CO Gaz Sensörü	4	16500	1	2000
Merkezi Kontrol Paneli	1	500	1	500
PLC	1	500	1	500
HMI	1	500	1	500
Kontrol Röle	0	0	6	50
Haberleşme Modül	0	0	1	250
SCADA	1	1000	1	1000
Sensör Grup Kabini	0	0	1	250
Emiş Fanı	0	0	1	250
Otomatik Vana	0	0	6	300
Boru ve Birleştiriciler	0	0	1	250
Elektrik Altyapısı	1	750	0	0
Kurulum İşçilik Maliyeti	1	2000	1	1300
Kalibrasyon	20	5000	4	1000
Elektrik Tüketim	1	200	1	600
İşletme Bakım Maliyet	20	100	4	100
Toplam Maliyet		76550		14850

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gaz ölçüm ve izleme sistemleri güvenli çalışma ortamlarının ve yaşam alanlarının sağlanması açısından büyük öneme sahiptir. Ölçümün gerçekleştirileceği alanın büyüklüğü, farklı gaz tipleri ve ölçüm kontrol yapıları sensör sistemlerinin güvenilirliği gaz ölçüm sistemlerinin kurulum ve işletme maliyetlerinin belirlenmesinde temel parametrelerdir. Ölçüm alanlarının genellikle tehlikeli ortam olması ve bu ortama uygun ekipmanların kullanılması gerekliliği bu sistemlerin maliyetlerinin oldukça yüksek olmasına neden olmaktadır. Bu değerler dikkate alındığında tez çalışmasında, geleneksel gaz ölçüm kaçak tespit sistemleri ile benzer ölçme performansının elde edilebileceği düşük maliyetli bir gaz kaçağı tespit sisteminin tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Her iki sistemde 4000 m³ hacme sahip bir endüstriyel işletmede kurularak hem performans hem de maliyet açısından analiz edilmiştir. Önerilen sistemde, geleneksel sisteme kıyasla çok az sayıda sensör kullanılması kurulum maliyeti açısından çok büyük bir üstünlük sağlamıştır. Beş ayrı ölçüm noktası dikkate alınarak gerçekleştirilen gaz ölçüm sisteminde, Önerilen gaz ölçüm sistemi geleneksel sisteme nazaran daha düşük bir maliyet ile gerçekleştirilmiştir. Bölge sayısının artması bu maliyet kazancının daha da artmasını sağlayacaktır.

Önerilen sistemde tek sensör ünitesinin bulunması dolayısıyla her bölgenin gaz seviyesinin ölçülmesi belirli bir periyot ile gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca ölçüm noktaları ile sensör ünitesi arasında belirli mesafelerin olması ölçme işleminde gecikmeye neden olmaktadır. Bütün bu noktalar önerilen sistemin dezavantajlarıdır. Önerilen sistemde bu dezavantajların minimize edilmesi veya ortadan kaldırılması için tasarım aşamasında periyot süresinin ve boru hattı uzunluklarının uygun değerlerde belirlenmesi gerekmektedir. Yapılan deneysel ölçümler, Önerilen sistemin geleneksel sistem ile yakın performansa sahip olduğunu göstermektedir. Her bölgeden alınan hava numunesinin ölçüm kabinine ulaşma süresinin ölçme işleminde hataya sebep olmadığı deneysel olarak doğrulanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Shao H., Duan G., Risk quantitative Calculation and ALOHA Simulation on the Leakage Accident of Natural Gas Power Plant, *Procedia Engineering*, 2012, **45** (2012) 352 – 359
- [2] Pal-Stefan M., Ioan Silea, A Survey On Gas Leak Detection And Localization Techniques, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2012, **25** 966e973
- [3] Bret F. B., Sven-Eric J., Sensory Detection and Responses to Toxic Gases, *Proceedings of the American Thoracic Society*, 2017, Vol 7
- [4] Heri H., Mohamad Evi Nur H., Anggraini Ratih K., Masafumi Y., Azmi B. Mohd S., Assessment, Mitigation, and Control of Potential Gas Leakage in Existing Buildings Not Designed for Gas Installation in Indonesia, *Energies* 2018, 11, 2970; DOI:10.3390/en11112970
- [5] Siddiqui M., Jayanti S., Swaminathan T., CFD Analysis of Dense Gas Dispersion In Indoor Environment For Risk Assessment And Risk Mitigation, *Journal of Hazardous Materials* 209– 210 (2012) 177– 185
- [6] Andreas S., Integrated Sensor Systems for Indoor Applications: Ubiquitous Monitoring for Improved Health, Comfort and Safety, *Procedia Engineering*, **120** (2015) 492 – 495
- [7] Longxiang D., Hongchao Z., Liang H., Bin Y., Licheng Li, Liyang W., Simulation of Heavy Gas Dispersion in a Large Indoor Space Using CFD Model, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* **46** (2017) 1e12
- [8] Prakash Bahadur T., Oil Gas Offshore Safety Case (Risk Assessment), <https://www.researchgate.net/publication/306576079>, 2016, (Ziyaret tarihi: 10.05.2019)
- [9] Zainab Y., Gas Sensors, *Sensors & Transducers*, Vol. 168, Issue 4, April 2014, pp. 61-75
- [10] Shashikant V. Lahade, Pravin D. Pardhi, Gas Sensing Technologies: Review, Scope and Challenges, *International Journal of Recent Trends in Engineering & Research*, Volume 04, Issue 02; February – 2018
- [11] Fei-Yue W., Derong L., Networked Control Systems: Theory and Applications, Springer, 2008

- [12] Nicole Beatriz Portilla C., José E R C., Max Hering de Q., Integration of Supervisory Control with SCADA System for a Flexible Manufacturing Cell, DOI: 10.1109/INDIN.2014.6945518, November 2014
- [13] Shicheng Z., Lingshuang C., Jacek A. K., Steven J. Hoff, David R. S., Charles J. Clanton, Larry D. J., David B. P., Albert J. H., Field Air Sampling and Simultaneous Chemical and Sensory Analysis of Livestock Odorants with Sorbent Tubes and GC-MS/olfactometry, *Sensors and Actuators B* 146 (2010) 427–432, 22, November 2009
- [14] MSA Gas Detection Handbook Fifth Edition, ID5555-312-MC/Aug 2007
- [15] Llobet E., Brezmes J., Ionescu R., Vilanova X., Al-Khalifa S., Gardner J.W., Barsan N., Correig X., Wavelet Transform and Fuzzy ARTMAP-Based Pattern Recognition for Fast Gas Identification Using a Micro-Hotplate Gas Sensor, *Sensor and Academy B* 83(2002) 238-244
- [16] Florian W., Philipp M., Steven L., Georg F., Development Process for Dependable High-Performance Controllers Using Petri Nets and FPGA Technology, *1st IFAC Workshop on Dependable Control of Discrete Systems* (DCDS'07) ENS Cachan, France - June 13-15, 2007
- [17] Jurgen G., Georg F., Probabilistic timed automata for modeling networked automation systems, *1st IFAC Workshop on Dependable Control of Discrete Systems* (DCDS'07) ENS Cachan, France - June 13-15, 2007
- [18] Jin X., Zhao K., Ji J., Du X., Ma H. Qiu Z., Design and Implementation of Intelligent Transplanting System Based on Photoelectric Sensor and PLC, *Future Generation Computer Systems*, 2018
- [19] Tanveer J., Mohamed M., Using Gas Monitoring and Personnel/Vehicle Tracking to Maximize the Benefits of Ventilation-on-demand in Underground Mining Operations, *Conspec Control Limited*
- [20] Murat A., Erkutay T., Hüseyin Y., Volkan A., Comprehensive Study on Automation of Toxic Gas Measurement, *Arabian Journal of Geosciences*, (2018) 11: 725
- [21] Hayati D., Ogün C., Enerji kaynakları, *pegem akademi*, 2017
- [22] World Energy Council, *World Energy Resources* 2016
- [23] Torgrim L., Wegar Bjerkeli P., Heike M., Optical Gas Imaging (OGI) as a Moderator for Interdisciplinary Cooperation, Reduced Emissions and Increased Safety, *Energies*, 12-1454, 2019
- [24] <https://www.latimes.com> (Ziyaret tarihi: 27.05.2019)

- [25] <https://docplayer.biz.tr/8603275-3-unite-termik-santraller.html>, (Ziyaret tarihi: 15.05.2019)
- [26] http://ee.istanbul.edu.tr/uploads/duyurular/4562_dogalgaz_kombine_cvrimsantralleri.pdf, (Ziyaret tarihi: 11.05.2019)
- [27] Taillon J., Blanchard R.E., Exergy Efficiency Graphs for Thermal Power Plants, *Energy xxx (2015) 1-10*
- [28] Ohwojero C., Carbon-Monoxide (CO): A Poisonous Gas Emitted from Automobiles, Its Effect on Human Health, *Advances in Automobile Engineering, 2016*
- [29] Sibu T., Nishi Shahnaj H., Instruments for Methane Gas Detection, *Journal of engineering research and applications*, May 2014, pp.137-143
- [30] <https://www.kuark.org/2015/09/1dogalgaz-kombine-cevrimsantralleri/> (ziyarer tarihi: 21.05.2019)
- [31] Jordan H., James J., Kailyn S, Jason D, Coal Fired Power Plant, *Univercity of Callargi, Energy Education*, 2014
- [32] Miguel A. Gonzalez-Salazara , Trevor K., Lubos P., Review of the Operational Flexibility and Emissions of Gas and Coal-fired Power Plants in a Future with Growing Renewables, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017
- [33] Ravinder K., Avdhesh Kr. Sharma, P. C. Tewari, Cost Analysis of a Coal-fired Power Plant Using the NPV Method, *Springer*, 2015
- [34] Priyanka M., Sunita T., Jangamshetti S.H, Operation of Diesel Power Plant, <https://www.researchgate.net/publication/220036919> (Ziyarer tarihi: 24.05.2019)
- [35] Frederica P., Pollution from Fossil-Fuel Combustion is the Leading Environmental Threat to Global Pediatric Health and Equity: Solutions Exist, *Environmental Research and Public Health*, 23 December 2017
- [36] General Monitors Technical Depertmant, A Guide to the Characteristics of Combustible Gases and Applicable Detection Technology, *Fundamentals of Combustible Gas Detection*.
- [37] Duk-Dong L., Dae-Sik L., Environmental Gas Sensors, *IEEE Sensors Journal*, Vol. 1, No. 3, October 2001
- [38] Sachin S., Rohit J., Pankaj S., Adnan A., SCADA Based Monitoring and Controlling Using ZIGBEE (IJCSIT), *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, Vol. 3 (3) , 2012,3958-3961

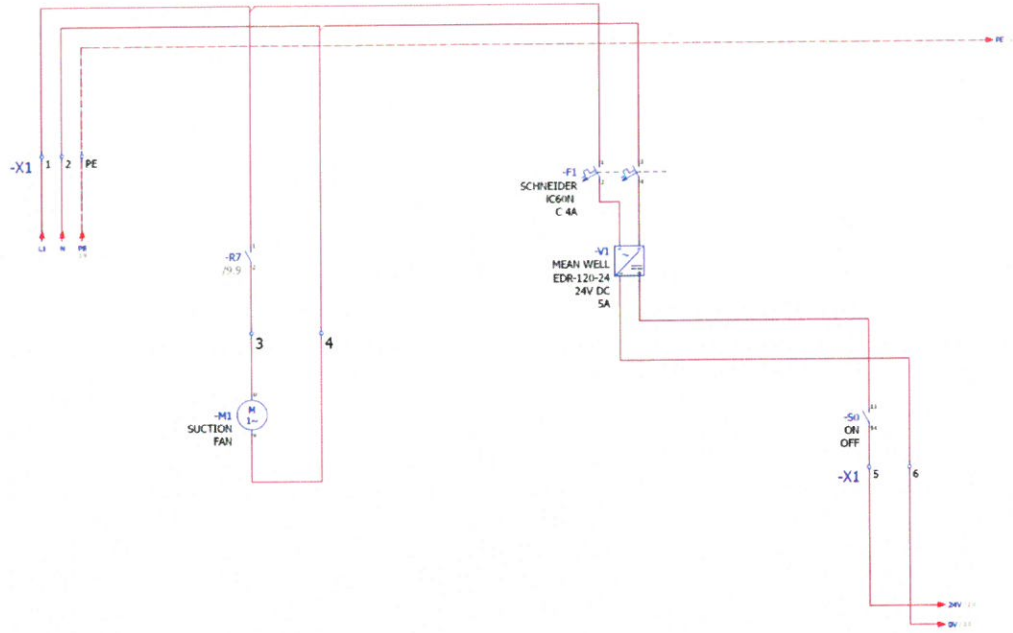
- [39] Xiao L., Sitian C., Hong L., Sha H., Daqiang Z., Huansheng N., A Survey on Gas Sensing Technology, *Sensors* 2012, 12, 9635-9665
- [40] Markus E. S., Toxic and Flammable Gases in Research Laboratories: Considerations for Controls and Continuous Leak Detection, *Journal of Chemical Health & Safety*, May/June 2013
- [41] Roderick L. Shepherd, William S. Yerazunis, *Senior Member, IEEE*, King Tong Lau, and Dermot Diamond, Low-Cost Surface-Mount LED Gas Sensor, *IEEE SENSORS JOURNAL*, VOL. 6, no. 4, august 2006
- [42] Ashish S., Ratnesh P., Rajeev K., Rahul V., GSM Based Gas Leakage Detection System, *International Journal of Technical Research and Applications*, Volume 1, (2013)
- [43] Durán C. M., Monsalve P.A.G, Mosquera C. J., Multisensor System for Toxic Gases Detection Generated on Indoor Environments, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 157 (2016) 012029
- [44] Li M., Liu H., Yang C., A Real-Time GIS Platform For High Sour Gas Leakage Simulation Evaluation And Visualization, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. II-4/W2, 2015
- [45] Karthikeyan S., Haresh M. P., Sharma M. U., K. Gopal, Gas Sensor, *J. Environ. Nanotechnol.*, Vol. 4(3), 01-14, (2015)
- [46] www.emo.org.tr/ekler/5d09e120346e61b_ek.pps (Ziyarer tarih:i 13.05.2019)
- [47] Krebs P ., Grisel Microsens A., A Low power Integrated Catalytic Gas Sensor, *Sensors and Actuators B*, 13-14 (1993) 155-158
- [48] <https://www.elektriktesisatportali.com> (Ziyarer tarihi: 22.05.2019)
- [49] Elena K., Sergey M., Alexey S., Alexey K., Evgeny E. K., Evgeny F. K., Increase of Catalytic Sensors Stability, *Sensors and Actuators B* 197 (2014) 358–363
- [50] Evgeny E. K., Evgeny F. K., Alexey S., Sergey M., Alexander B., Vladimir S., Lucia C., Energy efficient planar catalytic sensor for methane measurement, *Sensors and Actuators A* 194 (2013) 176– 180
- [51] Fengmin Liu, Yiqun Z., Yingshuo Yu, Jing X., Jianbo S., Geyu L., Enhanced sensing performance of catalytic combustion methane sensor by using Pd nanorod/ γ -Al₂O₃, *Sensors and Actuators B* 160 (2011) 1091– 1097
- [52] Werner Weppner, Solid State Electromechanical Gas Sensors, *Sensors and Actuators*, 12 (1987) 107 – 119

- [53] R. Vasant K., Carsten S., Solid State Electrochemical Sensors in Metal Processing, *16th IFAC Symposium on Automation in Mining, Mineral and Metal Processing August 25-28, 2013*. San Diego, California, USA
- [54] Tegstam J. F., Danjoux R., Gas Leak Detection in the Oil and Gas Industry Using Infrared Optical Imaging, *Thermografie-Kolloquium 2007 - Vortrag 03*
- [55] Qiulin T. , Xiangdong P., Simin Z., Dong S., Jun L., Chenyang X., Ting L., Wendong Z., Jijun X., Development of an Optical Gas Leak Sensor for Detecting Ethylene, Dimethyl Ether and Methane, *Sensors* 2013, 13, 4157-4169
- [56] Şimşek M., Yüzey Akustik Dalga Rezonatörler ve Uygulamaları, <https://web.itu.edu.tr/~simsekmu/files/yuzey%20akustik%20dalga%20rezonatorleri%20ve%20uygulamaları.pdf>
- [57] Gökçimen F., Ebeoğlu M. A., Taştaltın C., SAW Sensör Dizileri İle Nem Etkisi Gözetilerek Kimyasal Gazların Tür Ve Miktar Tespitleri, *IEEE 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference* (SIU 2014)
- [58] Reibel J., Stahl U., Wessa T., Rapp M., Gas analysis with SAW sensor systems, *Sensors and Actuators B* 65 _2000. 173–175
- [59] Naranjo E., Baliga S., Expanding the Use of Ultrasonic Gas Leak Detectors: A Review of Gas Release Characteristics for Adequate Detection, <https://www.researchgate.net/publication/265061522>, 2009
- [60] Shahzad A., Lee M., Doo Kim H., Seon-mi W., Naixue X., New Security Development and Trends to Secure the SCADA Sensors Automated Transmission during Critical Sessions, *Symmetry* 2015, 7, 1945-1980; doi:10.3390/sym7041945
- [61] Rajkumar P., Teli S. N., Gaikwad L. M., Design and Analysis of Mechatronics System: A Case Study for Handling Hazardous Gases for Chemical Industry, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* ISSN: 2278-0181 Vol. 3, Issue 4, April – 2014
- [62] Annarita G., Gabor K., Tanya R., Aakash S., Bruno S., Jon W., A Testbed for Secure and Robust SCADA Systems, *14th IEEE Real-time and Embedded Technology and Applications Symposium (RTAS '08)*. Saint Louis, MO, April 2008.
- [63] Seema V., Komil V., GSM Based Remote Monitoring of Waste Gas With the Implementation of MODBUS Protocol and GPS, *Recent Trends in Electronics & Communication Systems* ISSN: 2393-8757 (Online) Volume 4, Issue 1
- [64] Sven R., Katrin S., Jürgen W., Wireless Gas Sensor Network for the Spatially Resolved Measurement of Hazardous Gases in Case of a Disaster, *EURO-SENSORS* 2015

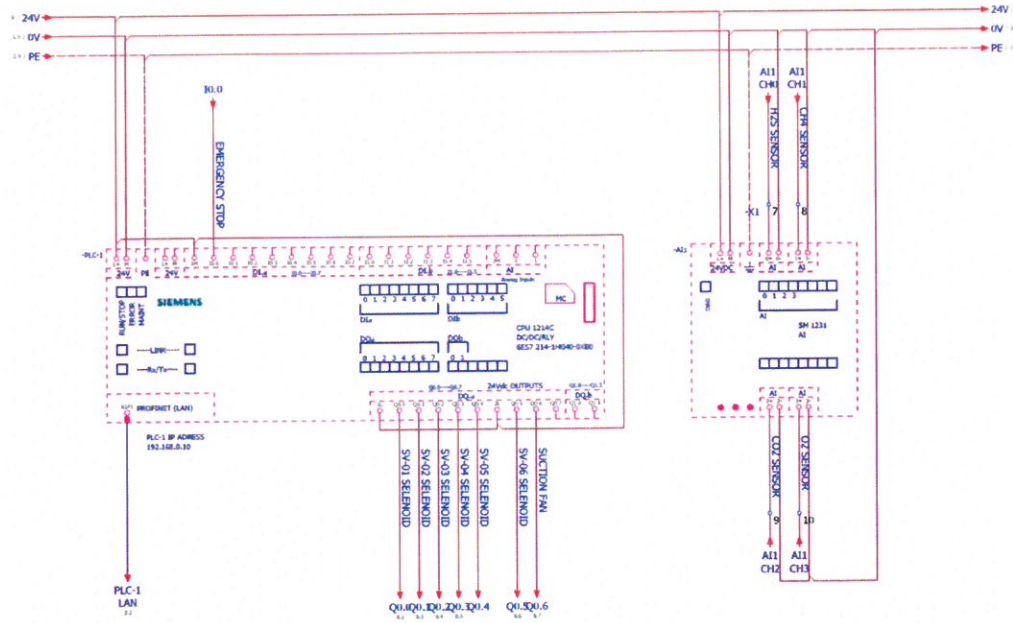
- [65] Kolavennu S., Gonia P., Wireless Gas Sensors for Industrial Life Safety, *Honeywell Labs*, Minneapolis, MN, USA
- [66] British Standard, Part 29-2: Gas detectors-Selection, Installation, Use and Maintenance of Detectors for Flammable Gases and Oxygen, BS EN 60079-29-2:2007
- [67] www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye/pratikbilgiler/Documents/LPGveDogalgazBilgisi.pdf (Ziyarer tarihi: 23.05.2019)
- [68] <https://www.osha.gov/SLTC/hydrogensulfide/hazards.html> (Ziyaret tarihi: 19.05.2019)

EKLER

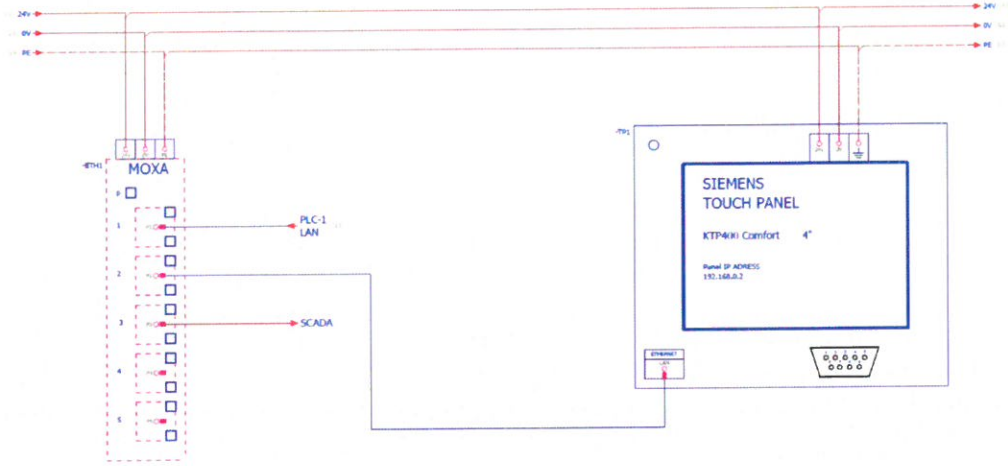
Ek A



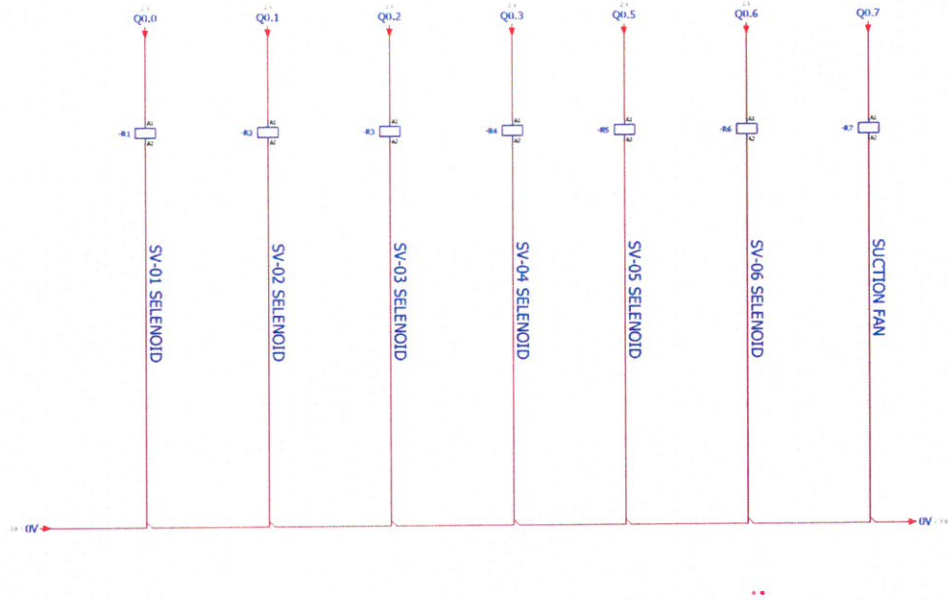
Şekil A. 1. Sistem güç diagramı



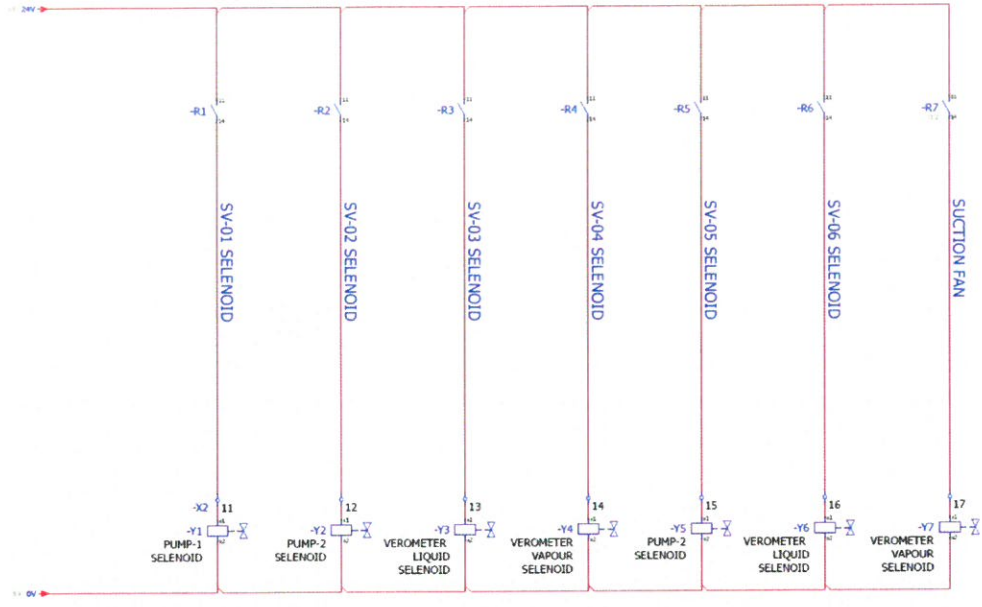
Şekil A. 2. PLC bağlantı diagramı



Şekil A. 3. HMI bağlantı diagramı



Şekil A. 4. Otomatik vana röle diagramı



Şekil A. 5. Otomatik vana bağlantı diagramı

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] Ayaz M., Tasdemirci E., **Yuksel H.**, Aygul V., Comprehensive Study On Automation Of Toxic Gas Measurement, *Arabian Journal of Geosciences*, (2018)
- [2] **Yuksel H.**, Ayaz M., PLC Tabanlı Kimyasal Dozajlama Sistemi Tasarımı, *International Marmara Science and Social Sciences Congress*, 26 – 28 Nisan 2019 Kocaeli / Türkiye

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Elazığ’ da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli’de tamamladı. 2005-2013 yılları arasında Tezcan Galvanizli Yapı Elemanları A.Ş’de çalıştı. Kocaeli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Öğretmenliği bölümünü kazandı. 2012 yılında Kocaeli Üniversitesi’nden mezun oldu. 2013-2019 yılları arasında Dağgaz Doğalgaz’da çalıştı. 2016 Yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı.