

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

139670

**LPG-HAVA KARIŞTIRMA (FAKİRLEŞTİRME)
SİSTEMLERİ**

139670

Makina Müh. Halil KIZILHAN

**F.B.E. Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Doğan ÖZGÜR

Doç. Dr. Mesut ÖZGÜR

Doç. Dr. Eyüp AKARILDIR

İSTANBUL, 2003

**TC. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
TEZ KURULU BAŞKANLIĞI**

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	i
KISALTIMA LİSTESİ.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. LPG (LİKİD PETROL GAZI) ÜRETİMİ.....	2
2.1. Petrol Nedir?.....	2
2.1.1 Petrolün Tarihi.....	2
2.1.2 Petrolün Fiziksel Özellikleri.....	3
2.1.3 Petrolün Kimyasal Özellikleri.....	4
2.1.4. Türkiye’ deki Petrol Rafinerileri.....	4
2.2. Petrolün Rafinerizasyonu ve LPG.....	5
2.3. LPG (Likid Petrol Gazı)	5
2.4. Hampetrolün İşlenmesi Esnasında LPG Açığa Çıkan Prosesler.....	6
2.4.1. Distilasyon Prosesi.....	6
2.4.1.1 Gaz – Sıvı Fazı Dengesi.....	7
2.4.2. Cracking Prosesleri.....	8
2.4.2.1. Termal Cracking Prosesi.....	8
2.4.2.2. Catalitic Cracking Prosesi.....	9
2.3. Hydrocracking Prosesi.....	10
3. LPG’ NİN DEPOLANMASI ve KULANIM ALANLARI.....	12
4. SANAYİ’ DE ENERJİ KESİNTİSİ ve YEDEKLEME SİSTEMLERİ.....	14
4.1. Doğalgaz Kullanılan Tesislerde Yedekleme Sistemleri.....	14
4.1.1 Yedekleme Yakıtının Seçimi.....	14
4.2. Eşdeğer Gaz Karışımı.....	15
5. YAKMA TEKNOLOJİSİNDE LPG-HAVA KARIŞIMININ ÖNEMİ.....	17
5.1. LPG-Hava Karışımı Nedir?.....	17
6. LPG-HAVA KARIŞIMININ DOĞALGAZ YERİNE İKAME EDİLEBİLİRLİĞİ.....	19
6.1. Doğalgaz Yerine İkame Ettirilebilecek Gaz Yakıtlar.....	20

6.1.1	Gaz Yakıtların İkame Edilebilmelerinde Etkili Olan Parametreler.....	21
6.1.1.1.	Spesifik Gravite.....	21
6.1.1.2.	Kalorifik Değer.....	21
6.1.1.3.	Wobbe İndeksi.....	22
6.1.1.4.	Alev Teşekkülü ve Rengi.....	24
6.2	Yakıt Alt Isıl Değer Hesabı(Hu).....	24
6.2.1.	Gerekli Hava Miktarı(Lmin).....	25
7	YAKMA PROSESİNDE NO _x OLUŞUMU.....	26
7.1.	CO ve NO _x Emisyonlarının Eş Zamanlı Olarak Düşük Tutulması.....	26
7.2.	NO _x Kontrol Stratejileri.....	27
7.2.1.	Alev Tepe Sıcaklığının Düşürülmesi.....	27
7.2.2.	Alev Tepe Sıcaklığında Kalma Süresinin Düşürmek.....	28
7.2.3.	O ₂ Konsantrasyonunun Kontrolü.....	28
8.	LPG-HAVA KARIŞTIRICISI(FAKİRLEŞTİRİCİ).....	29
8.1.	LPG-Hava Karıştırıcısı (Fakirleştirici) Temel Elemanları.....	29
8.1.1.	Pilot Kontrollü Hava Regülatörü.....	29
8.1.2.	Hava Pilot Regülatörü.....	31
8.1.3.	Ana Karıştırıcı Valf.....	31
8.1.4.	Gaz Regülatörü.....	32
8.1.5.	Gaz Pilot Regülatörü.....	32
8.1.6.	Diferansiyel Basınç Göstergesi.....	33
9.	LPG-HAVA KARIŞTIRICISI(FAKİRLEŞTİRİCİ) PROSES KONTROLÜ.....	34
10.	UYGULAMA PROJESİ (GÜRAL PORSELEN-KÜTAHYA FABRİKASI) FAKİRLEŞTİRİCİ PROJELENDİRİLMESİ.....	37
10.1.	LPG- Tankı Stok Kapasitesi Tayini.....	37
10.2.	Boru Çapları Hesabı.....	38
10.2.1.	Likid LPG Hatları.....	38
10.2.2.	LPG-Hava Karışım Gazı (Fakirleştirilmiş Gaz) Hatları.....	38
10.2.3.	Fakirleştirici Hava Hattı Çapı.....	39
10.2.4.	Deneme Bacası Çapı.....	39
11.	PROJE UYGULAMASI (GüralPorselenA.Ş.-Kütahya Fabrikası).....	40
12.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	42
	KAYNAKLAR.....	43
	EKLER.....	44
Ek 1	LPG (Likid Petrol Gazı) ürün özellikleri.....	45
Ek 2	Likid propan ürün özellikleri.....	46
Ek 3	Likid bütan ürün özellikleri.....	47
Ek 4	nBütan molier diyagramı.....	48

Ek 5 iBütan molier diyağramı.....	49
Ek 6 Propan molier diyağramı.....	50
ÖZGEÇMİŞ.....	51



SİMGE LİSTESİ

Dh	Hidrolik çap (m)
Hk	Toplam düz boru enerji kaybı (Pa)
H	Hampetrol
Hu	Yakıt alt ısı değeri (Kcal/Kg yakıt)
J	Birim boy düz boru enerji kaybı (Pa/m)
K	Faz denge sabiti
Lmin	Tam yanma için gerekli min. hava miktarı (nm ³ /Kg yakıt)
U	Kükürt Giderme özelliği
P _i	İ bileşeninin kısmi basıncı
Pi	Aynı sıcaklıkta İ bileşeninin buhar basıncı
P	Sistemin toplam basıncı
P	Oktan artırma özelliği
Yi	Buhar fazındaki İ bileşeninin mol oranı
Xi	İ bileşeninin mol oranı
Q	Debi (m ³ /s)
V	Akım hızı (m/s)
Va	Vakum
Vort	Ortalama akışkan hızı (m/s)
Z	Potansiyel enerji (mSS)
g	Yerçekimi ivmesi (m ² /s)
λ	Hava fazlalık miktarı
γ	özellik ağırlık (Kg/m ² s ²)
ρ	Yoğunluk (Kg/m ³)

KISALTMA LİSTESİ

HC	Hydrocracking ünitesi
HSR	Ağır nafta
LCS	Likid kontrol sistemi
LSR	Hafif nafta
LPG	Likid Petrol Gazı
NG	Doğalgaz
Stand-by	Yedekleme
Plt	İzomerizasyon ünitesi
Ppm	particul per milion
TÜPRAŞ	Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş.
WI	Wobbe İndeksi



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Bölgeler itibarı ile hampetrol rezervleri.....	3
Şekil 2.2. Distilasyon prosesi akış diyagramı.....	8
Şekil 2.3. Değişik reaksiyon oranı katsayılarına göre izotermal Hydrocracking akış diyagramı.....	11
Şekil 7.1. Alev-Duman gaz sıcaklıklarının zamanla değişimi.....	27
Şekil 7.2. Brulör dizaynının NOx emisyonuna etkisi.....	28
Şekil 7.3. Aşırı hava ile yakmanın emisyonlar üzerindeki etkisi.....	28
Şekil 8.1. Fakirleştirici prensip şeması.....	30
Şekil 9.1. Fakirleştirici proses şeması.....	36



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Hampetrolde bulunan elementlerin ağırlıkça yüzdeleri ve limitleri.....	4
Çizelge 2.2. Türkiye' deki petrol rafinerilerinin kapasiteleri ve buldukları iller.....	4
Çizelge 2.3. Bazı hidrokarbon bileşimli gazların kaynama noktaları ve kritik sıcaklıkları...	6
Çizelge 3.1. Propan, Bütan ve izobütan özelliklerinin karşılaştırılması.....	13
Çizelge 6.1. LPG(Likid Petrol) gazlarının ve doğalgazın tutuşma limitleri.....	19



ÖNSÖZ

Son yıllarda doğalgazın ülkemizde yaygınlaşması, özellikle sanayi tesislerinde, doğalgaz kullanımını artırmıştır. Doğalgaz'ın temiz, ucuz olması ve yakma prosesi açısından kolaylıkları, diğer yakıtlara karşı en önemli avantajlarındanıdır.

Enerji kesintisine tahammülü olmayan, seramik, cam, metal ergitme v.b. sektörlerde doğalgaz kullanımı, aynı zamanda yedekleme konusunu gündeme getirmiştir. Doğalgaza dönüşümü yapılmış olan bir tünel fırında, herhangi bir nedenle doğalgaz kesildiğinde, hızlı devreye girecek, fırının tahrip olmasını engelleyecek, alternatif bir yedekleme sisteminin tesis edilmesi gerekmektedir. Hazırlamış olduğum çalışmada, LPG' nin doğalgaz yedeklemesinde kullanılması için gerekli hususlar tespit edilmiştir.

Çalışmalarım esnasında her türlü yardım ve desteğini eksik etmeyen başta tez danışmanım Sn. Prof. Dr. Doğan ÖZGÜR olmak üzere, TÜPRAŞ İzmit Rafineri Müdürlüğü' ne teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Enerji, sanayinin en önemli gereksinimlerinden birisidir. LPG, ülkemizde özellikle sanayinin enerji ihtiyacının karşılanmasında, günümüze kadar önemli bir rol üstlenmiştir. Doğalgazın yaygınlaşmasına paralel olarak, stoklama, kullanım kolaylıkları, yüksek kalori değeri, yanma verimi ve doğalgazla aynı karakterde olması nedeniyle, LPG fizibil bir yedekleme yakıtı olarak kullanılabilir.

Herhangi bir gaz yakıtın, bir başka gaz yakıtı yerine ikame edilebilmesi için gerekli parametrelerin neler olması gerektiğinden hareket edilerek, yakıt yedekleme sistemlerinde kullanılacak parametreler tespit edilmiştir. Bu parametreler tespit edilirken, herhangi bir yakma düzeneğinde yakıtın(gaz) ve yerine ikame ettirilecek gaz yakıtın, boru içersindeki akış şartları kullanılarak Wobbee indeks katsayısına erişilmiştir.

Eşdeğer Wobbee indekse sahip, LPG-hava karışımını elde edebilmek için gerekli fakirleştirici proses diyagramı oluşturularak, bir proje uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler : LPG, cracking, distilasyon, fakirleştirici, yedekleme,



ABSTRACT

Energy is one of the important necessity of industry. In Turkey, LPG (Liquefied Petroluem Gases) has taken an important role to cover of energy requirements of industry. The using of natural gas(NG) is increasing, at the same time because of the stock easiness and comfort, high calorifical degree, burning productivity, same charecteristics, LPG can use as an stand-by fuel instead of natural gas.

The parameters, that we want to use the stand-by fuel instead of NG, has found. While I were founding this parameters, I used the flow relations in a pipe for two different fuel.

After I found the parameters to related the stand-by fuel, I drow the process diagram for an LPG – air mixing system and then I prepared a project as application for a ceramic company.

Keywords : LPG, distilation, cracking, distilation, mixer, stand-by.



1. GİRİŞ

Petrolün bir türevi olan LPG (Likid Petrol Gazı), ülkemizde ve Dünya' da gün geçtikçe kullanımı yaygınlaşan bir yakıt türüdür. LPG' nin likid olarak depolanıp, nakledilebilmesi, kalorifik değerinin ve yanma veriminin diğer yakıtlara oranla daha yüksek olması, kullanımı ve yaygınlaşması yönünden büyük bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca LPG' nin sanayide, özellikle proseslerde, konut ve villalarda ısınma amaçlı kullanımının yanında, son yıllarda "otogaz" olarak adlandırılan, otomobillerde alternatif yakıt olarak kullanılması, dikkatlerin LPG' ye yönelmesini sağlamıştır.

Doğalgazın ülkemizde sanayide ve konutların ısıtılmasında gittikçe artan oranda yaygınlaşması LPG tüketimini de dolaylı yoldan etkilemektedir. Doğalgaz konfor ve avantajlarını arayan, doğalgazın henüz ulaşmadığı yörelerde, LPG rakipsiz bir yakıt konumundadır. LPG tüketimini artıran diğer bir faktör de, dönem dönem yaşamış olduğumuz doğalgaz kesintileridir. Özellikle doğalgaz kullanılacak şekilde kurulmuş olan sanayi tesislerinde ve kojenerasyon ünitelerinde doğalgaz kesintisi, sanayi tesisinin durması, üretim/imalatın kesintiye uğraması anlamına gelmektedir. Bu nedenle doğalgaz ile çalışan sanayi kuruluşları ya LPG yedeklemeli olarak çalışmakta yada kesinti riskine maruz kalmamak için normal değerinden daha yüksek fiyata doğalgaz kullanmaktadır.

Bu tez çalışması ile amaçlanan; LPG' nin üretim prosesini inceleyerek fiziksel ve kimyasal özelliklerini irdelemek, yaygın bir enerji kaynağı olan doğalgazın yerine ikame edilebilmesi için gerekli parametreleri çıkarmak ve böylelikle uygun bir LPG fakirleştirme sisteminin proses diyagramını oluşturmaktır.

Bu amaçla tez çalışması temel olarak üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, genel olarak LPG' nin petrolün bir türevi olarak petrole olan bağlantısı , özellikleri, üretilme yöntemleri üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde, LPG' nin doğalgaz yerine ikame edilebilmesi için taşınması gereken eşdeğer gaz kriterleri incelenmiş olup, wobbee indeks katsayı tespit edilmiştir. Üçüncü bölümde ise, bir fakirleştirici sisteminde bulunması gereken temel elemanlar tespit edilmiş ve bunların birbirleriyle sürekli kontrolü sağlayacak şekilde çalışabilmeleri için gerekli proses akış diyagramı çıkarılmıştır.

Elde edilen veriler ışığında, çıkarılan proses akış diyagramına uygun olarak, Güral Porselen A.Ş. firmasının doğalgaz yedekleme sisteminde kullanılacak LPG fakirleştirici sisteminin projelendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

2. LPG (LİKİD PETROL GAZI) ÜRETİMİ

2.1 Petrol Nedir?

Doğal organik maddelerin bir karışımı olan petrol, jeolojik yer katmanları arasında likid veya gaz fazında bulunmaktadır. Rafinerizasyon işlemleri ile bileşenlerine veya alt ürünlere ayrılabilen likid fazı, hampetrol olarak adlandırılmaktadır. Petrol, yeraltı jeolojik katmanları arasında doğalgaz ve tuzlu su ile birlikte bulunmaktadır. Petrolün yeraltındaki dizilimi aşağıdan yukarı azalan yoğunlukta olacak şekildedir. En üstte doğalgaz olarak isimlendirebileceğimiz, düşük molekül ağırlıklı alkanlar (C_nH_{2n+2}), çoğunlukla metan (CH_4), ile birlikte inorganik gazlardan (karbondioksit, nitrojen, hidrojen sülfid, ve bazen helyum) oluşmaktadır. Tabakanın orta kısmında, jeolojik katmanın sahip olduğu sıcaklık ve basınçta likid (doymuş) fazında bulunan hidrokarbonlar ve yoğunlaşmış gazları bünyesinde bulunduran tabaka gelmektedir. En altta bulunan katman ise, çoğunlukla 10^4 ppm' den daha fazla miktarda su içersinde ergimiş halde bulunan inorganik tuzlardan (Çoğunlukla sodyum sülfat, potasyum, kalsiyum ve magnezyum) oluşmaktadır.

Yeraltındaki rezervuarından çıkarılan hampetrol, rafinerilerdeki proseslerle bünyesindeki istenmeyen maddelerden ayrılmakta ve türevlerine ayrıştırılmaktadır.

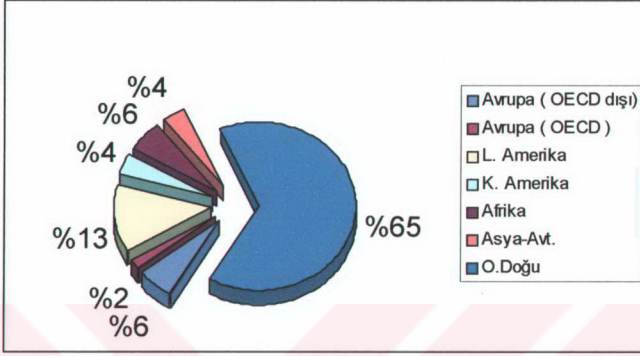
2.1.1 Petrolün Tarihi

Petrol kelimesi, latince' de taş anlamına gelen (petra) ve yağ anlamına gelen (oleum) kelimelerinin kısaltılmış şeklidir. Çok eski zamanlardan beri petrolün ısıtma, inşaat ve izolasyon da kullanıldığı bilinmektedir. Babil şehrinin yıkıntılarında, bitümlerin tuğla yapılar da harç olarak kullanıldığını ve bu şehrin sokaklarının tabii asfalt ile kaplanmış tuğlalardan döşendiğini görmekteyiz. Bu maddelerin, Bağdat ve Musul arasında Dicle kenarında bulunan petrol sızıntılarından temin edildiği sanılmaktadır. 15. yy' da Ren vadisinin Fransa tarafında bulunan petrolü kumtaşlarının o zamanki madencilik metodları ile işlendiği, buna benzer şekilde Polonya ve Rusya' da üretim yapıldığı anlaşılmaktadır.

Petrol ve petrol gazlarının sızıntı halinde yeryüzüne çıkması, yıldırım düşmesi gibi tabiat olayları ile kendiliğinden ateş alması ve asırlar boyu sönmeden devamlı yanması bu ateşin kutsal sayılmasına sebep olmuştur. Bakü, Kerkük ve Güney İran' da bol miktarda bulunan sızıntılar bu bölgede yaşayan insanların uzun süre bu ateşe tapmasına yol açmıştır.

Modern Petrol endüstrisinin başlangıcı olarak, 1859 yılında A.B.D.' de Albay Drahe tarafından, modern anlamdaki ilk kuyunun açılması kabul edilir. Hemen hemen aynı

zamanlarda Polonya, Romanya, Rusya ve bazı Amerika ülkelerinde petrol sahalarının işletilmesi yoluna gidilmiştir.



Şekil 2.1 : Bölgeler itibarı ile Dünya hampetrol rezervleri (1.1.1993) – TÜPRAŞ İzmit rafineri Müdürlüğü yayını (1996)

2.1.2 Petrolün Fiziksel Özellikleri

Petrolün fiziksel özellikleri geniş limitler arasında değişir. Çoğunlukla hafif (Yüksek graviteli) petroler açık kahverengi, sarı ve yeşil renkli, ağır (Düşük graviteli) petroler açık kahverengi veya siyah renklidirler. Petrolün önemli bir fiziksel özelliği olan ve petrol sanayiinde API gravitesi ile ölçülen özgül ağırlığı da büyük ölçüde değişmektedir. API gravitesi ile özgül ağırlık arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir.

$$141.5$$

$$\text{ÖZGÜL AĞIRLIK} = \frac{141.5}{131.5 + \text{API Gravite}}$$

$$131.5 + \text{API Gravite}$$

Yüksek graviteli (Düşük özgül ağırlıklı) petrolün rafinajından çoğunlukla benzin, gazyağı ve motorin gibi hafif veya benzer beyaz ürünler, düşük API graviteli petrolün rafinajından ise çoğunlukla fuel-oil ve asfalt gibi ağır ve siyah ürünler elde edilmektedir.

Petrolün bir diğer önemli fiziksel özelliği de viskozitesidir. Bilindiği gibi en basit tarifi ile viskozite, bir akışkanın akışa karşı gösterdiği mukavemettir. Düşük viskoziteli petrolerin nakli ve işlenmesi, yüksek viskoziteli petrolere nazaran daha kolay ve ekonomik olmaktadır. Dolayısıyla bunlar, sanayide tercih edilen petrol cinsini teşkil etmektedirler.

Önemli bir enerji hammaddesi olan petrolün 1 Kg' nin yanmasından meydana çıkan enerji 10.500 Kcal civarındadır. Bu ısı değeri yaklaşık olarak, 3 Kg linyit, 5 Kg iyi kalite odun, 1.5 Kg taş kömürünün verebileceği enerji miktarına eşittir.

2.1.3 Petrolün Kimyasal Özellikleri

Petrol; gaz, sıvı ve katı hidrokarbonların çeşitli oranlarda karışımlarından meydana gelmiştir. İçerisinde hidrokarbonlara ilaveten kükürt, oksijen ve nitrojen gibi elementler de bulunur. Petrolde bulunan kimyasal elementlerin ağırlıkça yüzdeleri genellikle aşağıda gösterilen limitler arasında değişir.

Çizelge 2.1: Hampetrolde bulunan elementlerin ağırlıkça yüzdeleri ve limitleri.
Modern Petroluem Technology (The Institute of petrolium, London)

Karbon	83,9	86,8
Hidrojen	11,0	14,0
Kükürt	0,06	8,0
Nitrojen	0,02	1,7
Oksijen	0,08	1,82
Metaller ¹	0,00	0,14

2.1.4 Türkiye' deki Petrol Rafinerileri

Ülkemizde dördü TÜPRAŞ' a bağlı biride yabancı şirketlerin sahip olduğu toplam beş petrol rafinerisi bulunmaktadır. Türkiye' deki petrol rafinerilerinin, kuruluş yerleri ve kurulu rafinaj kapasiteleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 2.2: Türkiye' deki petrol rafinerilerinin kuruluş kapasiteleri ve buldukları iller.
Tüpraş İzmit Rafineri Müdürlüğü yayını (1996)

<u>Rafineriler</u>	<u>Kurulu Kapasite (Milyon/Ton)</u>	<u>Kuruluş Yeri</u>
İzmit	11.5	Körfez/KOCEALİ
İzmir	10.0	Aliğa/İZMİR
Kırıkkale	5.0	KIRIKKALE
Batman	1.1	BATMAN
TÜPRAŞ (toplam)	27.6	
Ataş	4.4	MERSİN
TÜRKİYE (toplam)	32.0	

¹ Çoğunlukla vanadyum, nikel, demir, alüminyum, gümüş ve bakır.

2.2 Petrolün Rafinerizasyonu ve LPG

Günümüzde petrol ürünleri, yüzlerce ürünün ya hammaddesini oluşturmakta yada direkt olarak kullanılmaktadır. Petrol rafinerileri, hampetrolün çeşitli proseslerden geçirilerek piyasanın ihtiyacını duyduğu ürünlere dönüştürülmesini sağlamaktadır.

Petrol endüstrisinin başlangıcından beri rafinerizasyon mühendisliğinin işlevi; ham petrol içersindeki karışım halinde bulunan hidrokarbonları, geniş bir yelpazede ürüne dönüştürmek, bunu gerçekleştirirken de minimum maliyeti gözetmektir.

Sanayinin gelişmeğe başladığı ilk yıllarda rafinerinin temel ürünü gazyağıydı. Gazyağını elde etmek için distilasyon prosesi kullanılmaktaydı. Zamanla gazyağı ihtiyacının artması ve artakalan hampetrolün işlenmesi gereksinimi, rafinerizasyon prosesini farklı alanlara yönelmeğe sevk etti. 1930' lu yıllarda, hampetrol içersindeki daha yüksek kaynama noktasına sahip bileşenlerin ayrıştırılması temel amacı teşkil etmeğe başladı. Termal cracking yönteminin geliştirilmesi ve yaygınlaşması ile yağ ve asfalt üretimi gerçekleştirildi.

Rafinerizasyon prosesinin asıl önemi 1939-1945 yılları arasında 2. Dünya Savaşı yıllarında hissedildi. Bu dönemde savaş uçaklarının ihtiyacı olan yüksek oktanlı yakıt gereksinimi, petrol ayrıştırılması proseslerinde yeniliklerin hızlanmasını sağladı. Bu trendin sonucunda catalitic cracking yöntemi bulundu. Fakat petrol rafinerizasyonda distilasyon, temel unsur olarak yerini korumağa devam etti.

1970' li yıllarda yaşanan petrol krizi, enerjinin gereken miktarda kullanılması ve proseslerde mümkün olduğunca yüksek verim alınması gerekliliğini gündeme getirdi. Bu gerekliliğin doğal sonucu olarak geri dönüşüm üniteleri, ısı değıştiriciler ve yoğunlaştırucular devreye girdi.

2.3 LPG (Likid Petrol Gazı)

LPG, çoğunlukla C₃ ve C₄ hidrokarbonlarının (propan, propilen, n-bütan, bütilen ve izo-bütan) karışımından oluşmaktadır.

Çizelge 2.3 : Bazı hidrokarbon bileşimli gazların kaynama noktaları ve kritik sıcaklıkları.
Modern Petroluem Technology (The Institute of petroluem, London)

<u>Atmosferik basınçtaki kaynama noktası (°C)</u>		<u>Kritik sıcaklık (°C)</u>
CH ₄	- 162	- 83
C ₂ H ₆	- 89	32
C ₃ H ₈	- 42	97
iC ₄ H ₁₀	- 12	135
nC ₄ H ₁₀	- 1	152
nC ₅ H ₁₂	36	197

Çizelge 2.3' de görüldüğü gibi metan (CH₄) ve etan' ın (C₂H₆) kritik sıcaklığı, çevre sıcaklığının (15°C) altında veya biraz üzerindedir. Türkiye gibi çevre sıcaklığının özellikle yaz aylarında ortalama 35-50 °C' ı bulduğu yerlerde metan ve etan' ın likidleştirilerek taşınması mümkün olmamaktadır. Propan, bütan ve izomerlerinde ise böyle bir durum sözkonusu değildir. Propanda kritik sıcaklık 97 °C, bütan ve izomerlerinde ise 135 °C ve üzeridir. Dolayısıyla propandan itibaren diğer hidrokarbonları likidleştirip stoklamak ve nakletmek mümkün olmaktadır. Bu sebepten dolayı propan, bütan ve izomerleri ticari olarak avantajlı olan değerli hidrokarbonlardır. Bunlar likid olarak depolanmakta, gaz olarak kullanılmaktadır.

Bölüm 2' de belirtildiği gibi LPG' nin kaynağı da doğalgazınki ile aynıdır. Hampetrolün distilasyonu esnasında C₃ ve C₄ hidrokarbonlar doğrudan eriyik içersinde açığa çıktığı gibi rafinerizasyonun diğer catalitic cracking, thermal cracking ve hydrocracking gibi proseslerinde de büyük moleküllerin parçalanması ile C₃ ve C₄' lü hidrokarbonlar açığa çıkmaktadır.

2.4 Hampetrolün İşlenmesi Esnasında LPG Açığa Çıkan Prosesler

2.4.1 Distilasyon Prosesi

Distilasyon prosesi, elementlerin ayrıştırılmasında ikibin yılı aşkın süredir kullanılıyor olmasına rağmen 19. yüzyılın sonuna kadar, distilasyon teorisi anlaşılamadı. Distilasyon prosesi konusundaki bilgilerimiz zamanla arttı. Buna paralel olarak distilasyonu oluşturan bileşenler ve komponent verimleri önceden tahmin edilebilir seviyelere geldi. Herşeye rağmen distilasyon teorisi eksiktir ve bir hayli deneye ve gözleme dayanan amprik bilgileri gerektirmektedir.

2.4.1.1 Gaz – sıvı fazı dengesi

Distilasyonla ilgili pek çok çalışma, bileşenlerin likid ve gaz olarak dağılımını bulmaya yönelik olarak başlar. Bu noktada çoğunlukla Raoult' s kanunu kullanılır. Raoult' s kanunu; denge halinde, bir sıvı çözelti içerisindeki bileşenin kısmi basıncı ile ilgili bağıntı verir.

$$P_i = x_i \cdot P_1 \quad (2.1)$$

P_i = İ bileşenin kısmi basıncı

X_i = İ bileşenin mol oranı

P_1 = Aynı sıcaklıkta İ bileşenin buhar basıncı

Dalton kanununa göre bir bileşenin kısmi basıncı ile sistemin toplam basıncı arasındaki ilişki;

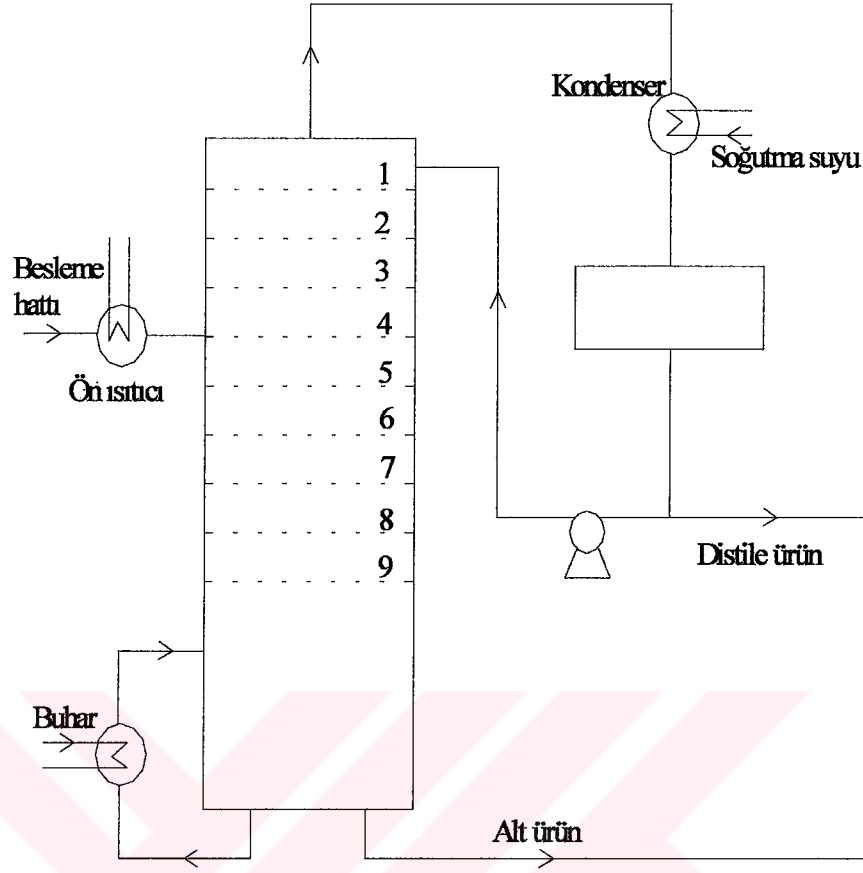
$$P_i = Y_i \cdot P \quad (2.2)$$

Y_i = Buhar fazındaki İ bileşenin mol oranı

P = Sistemin toplam basıncı

$$(2.1) \text{ ve } (2.2) \text{ bağıntılarını birleştirirsek; } Y_i / X_i = P_i / P = K \quad (2.3)$$

elde ederiz. K katsayısı; “Faz denge sabiti” olarak bilinmekte olup, belirli basınç ve sıcaklıkta bileşenlerin sıvı-gaz mol oranları hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 2.2. Distilasyon prosesi akış diyagramı

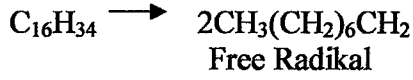
2.4.2 Cracking Prosesleri

2.4.2.1 Termal Cracking Prosesi

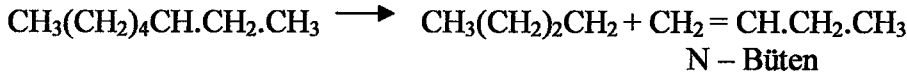
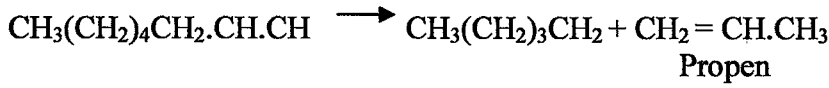
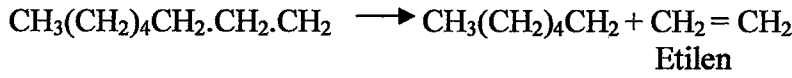
Terim olarak termal cracking, çok karbonlu ağır hidrokarbonların yüksek sıcaklıkta parçalanarak düşük moleküler ağırlıklı ürünlerin elde edilmesini simgelemektedir. Termal cracking yöntemi geniş bir uygulama alanına sahip olup, bu yöntemle bütan, nafta ve motorin eldesi başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

İlk ticari termal cracking uygulaması 1910 – 1920' li yıllarda otomobilin yaygınlaşması dönemine rastlamakta olup, otomobiller için gereken motorin talebi ile doğru orantılı olarak uygulanması artmıştır. Termal cracking, ürün kalitesinin yükseltilmesinde ve yüksek sıkıştırma oranlı dizel motorların geliştirilmesinde büyük rol oynamıştır. 1940' lı yıllarda termal cracking ile toplam motorin ihtiyacının % 40' ı karşılanmaktaydı. Fakat 2. Dünya Savaşı' ndan sonra hızla gerilemeğe başladı ve yerini catalitic cracking' e bıraktı.

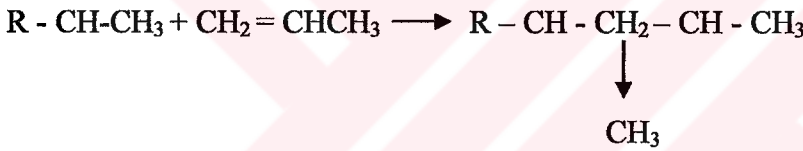
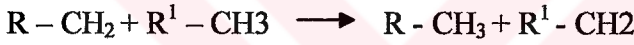
Termal cracking yöntemi, ağır hidrokarbonların 450 °C – 750 °C' a (1 – 70 Bar) varan sıcaklıklara kadar ısıtılmasını gerektirmektedir. Bu proses esnasında, free radikal olarak adlandırılan ve genelde hidrokarbon molekülünün tam ortasında yeralan, C – C bağı yapı meydana gelir. Örneğin parafin 16 C atomu içerir. Termal cracking yöntemi uygulanarak yüksek sıcaklıklarda, free radikal olarak adlandıracağımız herbiri 8 C içeren iki moleküle parçalanır.



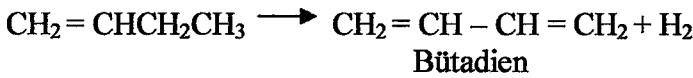
Cracking :



H- transferi :



Dehidrogenation:



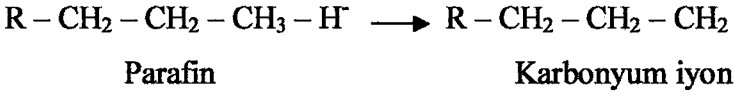
2.4.2.2 Catalitic Cracking Prosesi

Catalitic cracking yöntemi, ağır hidrokarbonlardan benzin üretiminde en başta gelen prosestir. Yaygın bir şekilde kullanımı 1940' lı yıllarda başlamış olup kısa sürede termal cracking yönteminin yerini almıştır. Catalitic cracking; daha verimli olup, ürün kalitesinin yükselmesini sağlamıştır.

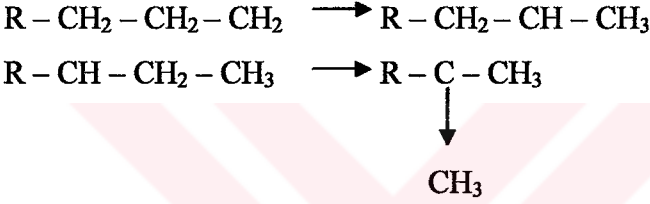
Catalitic cracking prosesi, 1927 yılında Houdry tarafından keşfedilmiştir. Bu yöntemde ağır moleküllü hidrokarbonlar, doğal silica-alümina kil kullanılarak ticari getirisi fazla olan benzine parçalanmaktadır.

Catalitic cracking prosesinde basınç, 2,5 bar civarında olup prosesin reaksiyon bölümünde sıcaklık 480 °C – 540 °C rejenerasyon bölümünde ise 630 °C – 760 °C arasında değişmektedir.

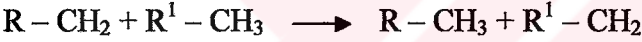
Catalitic cracking prosesi daha komplike bir yöntem olup, çeşitli oranlarda hidrokarbonların karışımını mümkün kılmaktadır. Termal cracking yönteminden farklı olarak catalitic cracking prosesi, karbon iyonlarının aktifliğinde gelişir. Karbon iyonları asidik katalizör vazifesi görmekte olup doymuş hidrokarbonlardan, bir hidrojen iyonu çıkarıp olefin veya aromatik çekirdeğe eklemektedir.



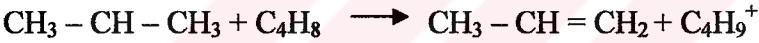
İsomerizasyon



Hidrojen transferi

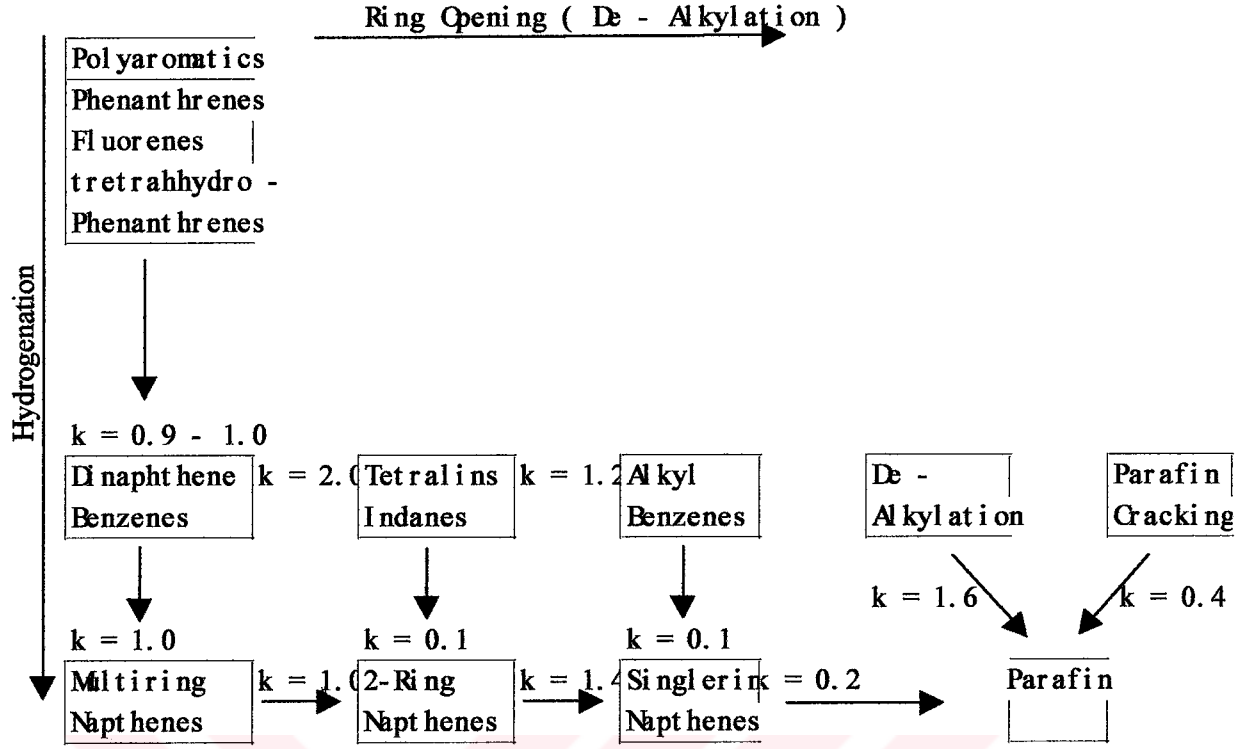


Alternatif olarak bir olefin protonunu, bir başka olefine veya karbonlu iyonla verebilmektedir.



2.4.3 Hydrocracking Prosesi

Yüksek basınç (Yaklaşık 200 bar) kullanarak hidrokarbonlardaki hidrojenin parçalanması, 40 yılı aşkın süredir yaygın olarak uygulanmaktadır. İlk ticari uygulaması 1927 yılına rastlamakta olup prosesin temel ürünü benzindir. 1940' lı yılların başında hydrocracking yönteminin uygulanması ekonomik olmamakla birlikte, catalitic cracking yönteminin yaygın bir şekilde uygulanmağa başlanması bu yöntemin 1950' li yılların ortalarına kadar kullanılmasını engellemiştir. Hydrocracking yöntemi ilk defa Amerika Birleşik Devletleri' nden başlayarak 1950' li yıllardan itibaren petrol endüstrisinde yerini almağa başlamıştır. Bu gelişmenin temel nedeni; hydrocracking prosesinin yüksek kaliteli benzin üretimine olanak sağlamasıdır.



Şekil 2.3. Değişik reaksiyon oranı katsayılarına göre isothermal hydrocracking proses akış diyagramı (103 Bar)
Modern Petroleum Technology (The Institute of petroleum, London)

3. LPG' NİN DEPOLANMASI ve KULLANIM ALANLARI

LPG' nin en önemli avantajlarından biri; likid olarak depolanıp, gaz olarak kullanılabilmesidir. Gemilerle LPG ithal edildiğinde veya TÜPRAŞ' tan alındığında herbir dağıtım firmasının küresel tanklarında stoklanmakta ve bu küresel tanklardan bölgelere dağıtım gerçekleştirilmektedir. LPG' yi kullanım alanlarına göre depolayacak kapasitede stok tankları ve tüpler mevcuttur.

LPG olarak adlandırmış olduğumuz C₃-C₄ hidrokarbon karışımı, ülkemizde % 30 propan - % 70 bütan ağırlıklı karışım olarak kullanılmaktadır. Çizelge 2.3' de görüldüğü gibi propanın kaynama noktası - 41 °C, bütanın ise -1 °C' dır. Propanın kaynama noktasının bütana oranla daha düşük olması ticari olarak propana avantaj sağlamaktadır. Kışın dış hava sıcaklığının -1 °C ve altına düştüğü yerlerde mix LPG' de likidleşme meydana gelmektedir. Bu gibi yerlerde toprak sıcaklığından faydalanmak amacıyla stok tankı yeraltına konulmakta, gaz fazı izoleli borularla veya refakat hattı ile taşınmakta veya % 100' e yakın oranda saf propan kullanılmaktadır.

LPG stok tankları basınçlı tanklar sınıfına girmek olup imalat aşamasında, denetmen firmalar tarafından kontrol edilmekte ve sertifika verilmektedir. Stok tankı, boru ve fittingsleri özel alaşımlı çeliklerden seçilmektedir. Tank malzemeleri WST 350 çeliğidir. LPG tesisatlarında kullanılan borular ise SCH 40 olarak adlandırılan çelik çekme dikişsiz borudur. Boru ve fittingslerin birleştirilmesi kaynakla yapılmaktadır. Sanayi ve evsel amaçlı LPG stok tanklarının kapasiteleri, 800 Kg' dan 90 ton' a kadar geniş bir yelpazede değişmektedir.

LPG' nin propanla karıştırılarak kullanılmasının temel nedeni, propanı itici gaz olarak kullanma isteğidir. Çizelge 3.1' de görüldüğü gibi aynı sıcaklıkta propanın buhar basıncı, bütana oranla 5-7,5 kat mertebelerinde daha fazladır. LPG tanka stoklandığında her ne kadar karışım halinde olsa da denge durumunda yoğunluk farkından dolayı likid bütan altta, propan ise üstte bulunmaktadır. Tankın en üstünde ise, ortam sıcaklığında bütan ve propan gaz fazında karışım halindedir.

İşletmelerde en fazla düşülen hatalardan biri, herhangi bir arıza durumunda likid hattının kapatılıp tankın gaz fazından kullanıma devam edilmesidir. Arıza kısa sürede giderilinceye kadar kullanılabilir olan bu geçici çözüm süreklilik kazanırsa, tankın gaz fazındaki propan tükenmekte tank basıncı düşmektedir. Bu durumda stok tankında LPG bulunsa da

buharlaştırıcıya ulaşmamakta yada yetersiz debide gelmektedir. Bu tür bir durumla karşılaşmamak için zorunlu haller dışında tankın likid hattı kullanılmalıdır.

Çizelge 3.1 : Propan, İzobütan ve bütan özelliklerinin karşılaştırılması
Handbook : Butane and propane gases

<u>Özellik</u>	<u>Propan</u>	<u>İzobütan</u>	<u>Bütan</u>
1. Enerji (Gaz fazında), (Kcal/kg)	12038	11813	11841
2. Hava ile alev alma yüzdesi (den itibaren)	2,4	1,8	1,8
3. Buhar basıncı (Kpa)			
15,5 °C' da	634	165,4	82,7
37,7 °C' da	1213,4	399,9	255,1
4. Likid fazda özgül ağırlık (Su = 1)	0,508	0,563	0,584
5. Atmosferik basınçta kaynama noktası (°C)	- 41	- 11	- 1
6. 15,5 °C, Atmosferik ortamda (m ³ gaz / Kg likid)	0,537	0,407	0,408
7. 15,5 °C, Atmosferik ortamda (m ³ gaz / m ³ likid)	270,7	228,9	237,8
8. Gaz fazın özgül ağırlığı (Hava = 1)	1,52	2,0	2,0

4. SANAYİ' DE ENERJİ KESİNTİSİ ve YEDEKLEME SİSTEMLERİ

Son on yıl içerisinde endüstriyel tesislerde doğalgaz kullanımının son derece yaygın hale gelmesiyle birlikte bir çok sanayi kuruluşunun üretimi doğalgaza bağımlı hale gelmiştir. Ancak ülkemizin her geçen gün doğalgaz ihtiyacının artmasıyla beraber, çeşitli sebeplerden dolayı doğalgaz kesintileri meydana gelmektedir.

Botaş tarafından doğalgaz kesintilerine yönelik “Kesintili” ve “Kesintisiz” olmak üzere iki farklı tarife uygulanmaktadır. Kesintisiz tarife daha pahalıdır. Kesintili tarife ise gaz sıkıntısı yaşandığında, kesilmeyeceğine dair herhangi bir garanti yoktur.

Doğalgaz ile çalışan bir fabrikada, gaz kesintisi üretimi aksatacağı gibi maddi zararların oluşmasına da neden olabilmektedir. Örneğin, birkaç tünel fırın ihtiva eden bir seramik fabrikasında, doğalgazın kesilmesi, fırın içerisinde bulunan ve kontrollü olarak soğutulması gereken mamullerin ani bir şoka maruz kalmasına sebebiyet verir. Bu şok, fırın içerisindeki malzemenin elden çıkmasına neden olur, ayrıca da fırın astarında ve refrakterlerinde onarım gerektirebilecek hasara yol açar. Böyle bir sistemde, frekans ve voltaj karakteristiklerinin çok sıkı kontrol altında tutulması icap eder, şehir ceryanı bunu sağlayamadığından gerekli enerji doğalgaz ile çalışan gaz türbinlerinden sağlanır. Doğal olarak böyle bir tesiste gaz kesintisi bilgisayarda yüklü binlerce done' nin fonksiyon yapamaz hale gelmesine neden olur.

İşte yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı “Kesintili” tarife kullanan sanayi kuruluşlarında yedekleme sistemleri kurmak gündeme gelmektedir. Bununla beraber, “Kesintisiz” tarife kullanan firmalar dahi kendilerini garantiye almak için bu yola başvurabilmektedir. Nitekim geçtiğimiz yıllarda “Kesintisiz” tarife sözleşmesi bulunan firmalarında gaz kesintisi yaşadığı görülmüştür.

4.1. Doğalgaz Kullanan Tesislerde Yedekleme Sistemleri

4.1.1 Yedekleme Yakıtının Seçimi

Doğalgaz ile çalıştırılan bir çok ısıtma ve proses ekipmanı herhangi bir yakıtla yedeklenebilir. Hastahane, üniversite v.b. sosyal tesislerde, resmi binalarda bulunan sıcak su veya buhar kazanları, doğalgazın henüz ulaşmadığı yerlerde genellikle Fuel-oil veya kömür ile yedeklenmektedir. Doğalgaz geldiğinde, bunlar basit bir modifikasyonla gaz yakacak hale dönüştürülmektedir. Mevcut fuel-oil (kömür) tesisatları da sökülmeden, herhangi bir gaz kesintisine karşı “yedekleyici” olarak tutulabilirler. Ancak bu tesislerdeki yakma sistemleri

uzun kullanım sonucu demode hale gelmişlerse veya ekonomik yönden de fizibil olmuyorlarsa, bu tesislerin sökülmesi ve yeni bir yedekleyici sistem daha akılcı olabilir.

Temizlik faktörü, yedekleme sisteminin yakıtının belirlenmesinde önemli etkenlerden biridir. Fuel-oil ile çalışan bir yedekleme sistemi, gaz kesilmesi halinde, sistem devreye alındığında birikmiş olan is veya katı partiküller filtreleri tıkayarak mamul üzerinde kirletici etki yapar. Bu gibi sistemlerde stand-by (Yedekleyici) yakıt olarak propan kullanmak çok iyi netice verir.

Sanayide genel olarak az sayıda fakat büyük kapasitelerde brulör bulunduran tesislerde yedekleme yakıtı olarak LP (Likit petrol) gazı kullanılmaktadır. Eğer tesis çok sayıda ve küçük kapasitelere atmosferik brulörler ihtiva ediyorsa bu durumda propan/hava karışımları kullanılmaktadır. Doğalgaz yakan brulörler, gaz giriş basıncını düşürmek suretiyle, LP gazını yakar hale getirebilirler.

Yedekleme sistemlerinde, bir gazdan bir gaz çeşidine geçmek, operatörün asgari bir bilgi sahibi olmasını gerektirir. Özellikle çok sayıda ve küçük kapasiteli brulör ihtiva eden işletmelerde her bir brulör için orifis değiştirmek ve gaz regülasyon sistemlerinde ayarlama yapmak çok zaman ve emek gerektiren bir iştir.

4.2 Eşdeğer Gaz Karışımı

Atmosferik bir brulörde gazın bir orifisten akış hızı spesifik gravitesiyle orantılıdır. Gazın spesifik gravitesi ne kadar yüksekse o kadar yavaş akar ve bu hıza bağlı olarak muayyen miktar hava emer. Gaz cinsi değiştirildiğinde, aynı miktar ısı kapasitesinin sağlanabilmesi şarttır. Doğalgaz ile aynı ısı kapasitesini verebilecek oranda karıştırılmış LP gaz/hava karışımı, eşdeğer bir gaz karışımıdır.

Orifiste, eşdeğer gaz karışımı, doğalgazdan daha yavaş aktığı için, bu yavaşlığı telafi etmek amacıyla kalorifik değerinin doğal gazdan daha yüksek tutulması gerekir. Eşdeğer gaz karışımı, aynı boru hattı ile doğalgazla birlikte nakledebilir, aynı gaz sayacında ölçülebilir, regülatör ve orifisten aynı basınçta geçer ve aynı brulörlerde yanar. Bütün bunlara rağmen, fiziki ve kimyevi karakteristikleri bakımından, doğalgazdan tamamen farklıdır.

Doğalgaz havadan hafiftir. Takriben 9000 Kcal/m³ lük bir ısı değere sahip olup spesifik gravitesi 0,6' dır. LP gazı havadan iki kat ağır olup, takriben 11800 Kcal/kg' lık bir ısı değere sahiptir. Spesifik gravitesi (Propan/bütan oranına bağlı olarak) 1,85 dir. Doğalgazın fiziki karakteristiklerine başka karışımlar yaparak da ulaşmak mümkündür. Mesela propan ile

hidrojen gazlarını karıştırarak da kullanılabilir. LP gazı, hava ile karıştırıldığında havanın spesifik gravitesi de 1,5 olacaktır.Oluşan ısı değer, 13000 Kcal/m³ civarındadır.

Doğalgaz ikamesi olarak kullanılan LP gaz/hava karışımları ilk anda düşünüldüğü gibi tehlikeli değildir. Bilindiği gibi, LP gazının patlayıcılık sınırı % 2-%8,5 arasında değişmektedir.Yani havadaki LP gazı oranı bu sınır içinde ise, çıplak alevle temas taktirinde infilak meydana gelir.Diğer bir deyişle, mesala 4860 Kcal/m³ lük ısı değerine haiz bir karışım dahi, üst patlama noktasındaki yüzdeye göre iki misli LP gazı ihtiva eder.Pratik bir kaideye varmak istenirse, ısı değeri 4860 Kcal/m³ ün üzerinde olan LP gaz/hava karışımları tam bir emniyet içersinde kullanılabilirler.



5.YAKMA TEKNİĞİNDE LPG-HAVA KARIŞIMLARININ ÖNEMİ

5.1 LPG-hava Karışımı Nedir?

Türkiye de hemen her sanayi tesisinde LPG(Likit petrol gazı) pratik ve kolay bir yakıt cinsi olarak kullanılmaktadır. LPG sistemi genel olarak bir LPG depolama tankı, buharlaştırıcı ve gazı kullanım yerlerine ileten bir dağıtım sisteminden oluşmaktadır.Gerekli olmadıkça bir transfer pompasına bile ihtiyaç göstermeyen bu basit sistemlerde buharlaştırıcıdan çıkan LP gazı brulörlerde yakılır.

Sanayide doğalgaz kullanımının yaygınlaşmasına paralel olarak, bu tesisler de güncel ihtiyaçlara cevap vermek için bazı modifikasyonlara uğrayacaklardır.Bahsettiğimiz LPG sistemleri, muhtemel bir doğalgaz kesintisi halinde, ya fabrika işletmesinin zarara uğramasını önleyecek bir yedekleme sistemi olarak kullanılacak veya şebeke gazının yetersiz kalması halinde, direkt olarak doğalgaz içine enjekte edilerek sistemi takviye edeceklerdir.

Bu durumda, bir gaz kesilmesi halinde, mevcut sistemde direkt LPG yakma imkanı varken neden LPG-hava karışımına ihtiyaç duyulduğu sorusu akla gelmektedir.Sanayide, yakıt olarak direkt olarak LPG kullanmaktansa, LPG-hava karışımı kullanmanın birçok avantajı vardır.

1. LPG-hava karışım gazı,yanma karakteristikleri açısından, doğalgaza çok benzer ve hertürlü şekilde doğalgazı ikame edebilir.Doğalgazın kesilmesiyle, sisteme bu gaz verildiğinde, mevcut sistemdeki hiçbir brulörün regülatörün ayarının yeniden yapılması veya orifislerin değiştirilmesi gerekmez. Halbuki direkt LPG' nin ikame yakıt olarak kullanılmasıyla, doğalgaz kullanımı normale döndüğünde, bütün ayarların eski haline getirilmesi gerekir.Eğer sistemde, bir veya iki büyük brulör (mesela buhar kazanı) mevcutsa bu bir mahsur sayılmazsa da, onlarca ve yüzlerce brulörün çalıştığı işletmelerde büyük sorunlarla karşılaşılır.
2. LPG-hava karışım gazının yoğuşma noktası (Dew point) düşük olduğundan sadece LPG kullanılmasında ortaya çıkan mevzi donmalar, hat buzlanmaları gibi problemler ortadan kalkmaktadır.
3. LPG-hava karışım gazı, 1. madde de belirtildiği gibi, fiziki değilse bile, yanma karakteristikleri doğalgazın hemen hemen aynı olan stabil ve yüksek kaliteli bir yakıt türüdür.Bu özellikleri sayesinde, bir doğalgaz transmisyon hattınının yakınında olupta bu hattan gaz alacak fabrikalar, hattın yapımı esnasında kendi LPG/hava karışım sistemlerini tesis ederek kurulu sistemlerine sadece bir irtibat yaparak, sistemdeki hiçbir cihaz ve

ekipmanı değiştirmeden veya kalibrasyon gerekmeksizin doğalgaza geçmiş olur.Bu takdirde, mevcut LPG-hava karışım tesisi, muhtemel bir gaz kesilmesine (veya gaz basıncının dūřmesine) karşın stand-by bir ünite olarak muhafaza edilir.

4. Doğalgaz nakil hatları, planlanan azami talep esas alınarak boyutlandırıldığı halde, fiiliyatta bu kapasitenin küçük bir kısmı kullanılır.Yaz aylarında veya günün muayyen saatlerinde gaz ekişlerinin çok az olmasına karşın, kış mevsiminde ve “peak” (zirve) saatlerdeki çekişler büyük farklılıklar gösterir. Ekonomik olmayan bu yola gitmektense, hat güzergahına birkaç küçük LPG-hava karıştırıcı ünite yaparak sistemin takviyesi yoluna gidilir.Her iki gazın özellikleri aynı olduğundan, hiçbir aksama olmadan sistemin devamlılığı sağlanır.



6. LPG-HAVA KARIŞIMININ DOĞALGAZ YERİNE İKAME EDİLEBİLİRLİĞİ

Mikser(fakirleştirme) üniteleri aracılığıyla elde edilen LPG-hava karışımlarının, doğalgaz yerine ikame edilebilmesi için gerekli parametrelerden biri olan ve aşağıda detayları ile incelenen, doğalgaz ile ikame gazın tutuşabilme(alev alma) karakteristiklerinin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır.

Çizelge 6.1: LPG(Likit petrol)gazlarının ve doğalgazın tutuşma limitleri
Nisan 1991 tarihli 2178 no' lu TSE standardı

		<u>Propan</u>	<u>Bütan</u>	<u>Doğalgaz</u>
Alt limit (m ³ gaz/m ³ hava)	%	2,15	1,55	5,00
Üst limit (m ³ gaz/m ³ hava)	%	9,60	8,60	15,00

Çizelge 6.1' de görüldüğü gibi, doğalgazın hava ile tutuşabilme limitleri, %5 ile %15 arasında değişmektedir. Bunun yanında örneğin propan gazının hava ile tutuşabilme limitleri %2,15 ile % 9,6 aralığındadır. Bu, hava ile tutuşabilme limitleri göstermektedir ki; söz konusu iki gaz birbirinin eşdeğeri(ikamesi) olabilir. Ancak bunun sağlanabilmesi için brülör memesinde yakılacak olan son karışım içersindeki doğalgaz % miktarı, % 5 den az olmamalı, propan için ise % 9,60 değeri aşılmamalıdır. Eğer bir brülör doğalgaz ile normal çalışıyor fakat propan ile çalışmıyor ise (çizelge 6.1 de' de görüldüğü gibi) bu demektir ki; brülör memesinde yakılmağa çalışılan karışımın tutuşma limitleri %9,5 ile % 15 arasındadır. Bu problem, brülör ayarlanarak, oluşan karışımın hava içersindeki % gaz miktarı, propanın yanma limitleri içersine çekilerek giderilebilir.Yakma sistemlerinde karşılaşılan bu tür problemlerde eğer yakıcı ekipmanlar çok hassas ayar gerektiren, karmaşık sistemler değillerse, gaz giriş basıncını düşürerek uygun, tutuşabilir propan-hava karışımı elde edilebilir.Bunun yanında çok sayıda brülörün bir arada çalıştığı ve aynı ana gaz besleme hattından beslenen sistemlerde(örneğin seramik fırınları gibi tünel tip fırınlarda) benzer yöntemi uygulamak, hat üzerinde bulunan farklı noktalardeki brülörlerde basınç farkları meydana getirmesinden dolayı uygun çözüm olmaz. Bunun yerine, propan' ı yakabilecek uygun brülör memeleri ile doğalgaz memelerinin değiştirilmesi gerekir.

Saf mix gazı yedekleme maksatlı kullanma durumunda doğalgaz ile ortaya çıkan bir diğer uyumsuzluk ise; düşük basınçta çalışan otomatik kontrollü brülörlerde, saf mix LPG ile sorunlar yaşanmakta buna karşın doğalgaz kullanımında sorun ortaya çıkmamaktadır. Otomatik kontrolörlü bu tür brülörlerde, bu tarz bir sorun, brülörün turn-down(kapasitesinin max-min değerleri arasında hareket etme oranı) oranı düşürülerek giderilebilir.Düşük basınçta doğalgaz ile çalışan bir brülörde, gaz nozuldan çok yavaş geçer bunun yanında propan gazı aynı nozulda aynı şartlarda yakılmağa çalışılır ise, akış hızı daha da düşer. Eğer gaz akış hızı,

alev yayılma hızı 'nın altında kalırsa, brulör yanma odasında geri tepme, hatta sistemde maddi hasar dahi söz konusu olabilir.

Doğalgaz ile yerine ikame ettirilecek olan LPG(sadece propan veya propan-bütan karışımı)-hava karışımı konusunda şu hususlar dikkate alınmalıdır.

1. Saf LP gazlarının(propan veya propan, bütan karışımı) tek başlarına doğalgazı ikame etmeleri söz konusu olduğunda, yukarıda belirtilen yakma ile ilgili problemler meydana gelmektedir. Fakat aynı yakma hatlarını ve ekipmanlarını kullanmak, yakıcılarda(brulör veya bek' lerde) hiçbir nozul değişikliğine gitmeden sistemin sürekliliğini sağlamak için, LPG-hava mikserleri(fakirleştiricileri) tesis etmek günümüzde en yaygın çözüm yöntemidir.
2. LPG ile hava, mikser(fakirleştiricide) vasıtasıyla, doğalgaz ile aynı performansı verecek şekilde karıştırılır fakat bu ideal bir çözüm değildir. Reforming veya farklı bir proses uygulanarak, doğalgaz yerine ikame edecek, kimyasal ve fiziksel yönden doğalgaza daha benzer bir gaz elde edilebilir fakat bu çözüm ise, ekonomik değildir.
3. Doğalgazı ikame edecek karışım gazını üretecek olan LPG-hava mikserleri(fakirleştiriciler) ile, doğalgaza benzer fiziksel özellikleri taşıyan(Wobbe indeksi, yanma özellikleri, kalorifik verim v.b.) bir karışım gazı rahatlıkla elde edilir.

6.1 Doğalgaz Yerine İkame Ettirilebilecek Gaz Yakıtlar

Genel olarak bir brulör belli bir gazı yakacak şekilde dizayn edilmişse, tamamiyle farklı yanma karakteristikleri olan diğer bir gazı yakabilmesi için yeniden ayarlanmalı hatta yeniden dizayn edilmelidir.Modern bir gaz brulörü, cihaz giriş klapesinde veya orifisinde yapılacak ufak değişikliklerle diğer bir tür gazı yakar hale getirilebilir. Şayet bu gazın yanma karakteristikleri diğerine benziyorsa böyle bir ayara dahi gerek yoktur.

Eski bir yakma cihazında ise, başka bir gazı yakmak için, brulör giriş ebatlarının yeniden dizayn edilmesi gerekmektedir.Netice itibarı ile muayyen bir gaz tipine göre dizayn edilmiş bir brulör, diğer bir yakıt türüne geçtiğinde az veya çok bir modifikasyona uğrayacaktır. Bu modifikasyonlar yanma prosesinde etkili olan, gaz yakıtların çeşitli parametrelerine dayanmaktadır.

6.1.1 Gaz Yakıtların birbirlerini İkame Edebilmelerinde Etkili Olan Parametreler

Gaz yakıtların birbirlerini ikame edebilmelerinde etkili olan parametreleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz

- Spesifik gravite
- Kalorifik değer
- Wobbe indeksi
- Alev teşekkülü ve renk

6.1.1.1 Spesifik Gravite

Bir gazın spesifik gravitesi, havaya nispetle yoğunluğudur. Doğalgazın spesifik gravitesi takriben 0,6 dır (Hava:1,0). Propan ve bütan gazlarının spesifik graviteleri sırasıyla 1,5 ve 2,0 dir. Netice olarak gerek propan/hava ve gerekse bütan/hava karışımlarının spesifik graviteleri 1,0 dan büyük olacaktır. Doğalgaz ile bir karşılaştırma yapmak istenirse, pratik olarak Rusya doğalgazının spesifik gravitesi 0,6 ve kalorifik değeri(gross) 9300 Kcal/nm³ olarak alınabilir. Bu değere kıyasla Türkiye de kurulan LPG/hava karıştırma tesislerinde %30 propan+%70 bütan kompozisyonu esas alınarak, %49 hava ve %51 LPG karıştırılarak kalorifik değeri 14071 Kcal/nm³ olan karışım gazı kullanılmaktadır.

Görüldüğü gibi orijinal yakıtla ikame yakıtın kalorifik değerleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Su spesifik gravitelerin farklılıklarından ve kimyevi yapıdaki değişikliklerden ileri gelmektedir ve zaten istenen bir olaydır. Spesifik gravite yükseldikçe, gaz ağırlaşır. Dolayısıyla brulör orifisleri, regülatör gibi açıklıklardan akış hızı düşer. Bu nedenle doğal gazdan daha ağır olan LPG/hava karışımının aynı orifiste aynı ısıl gücü verebilmesi için kalorifik değerinin daha yüksek olması gerekmektedir.

6.1.1.2 Kalorifik Değer

Yakıt ısıl (Kalorifik) değerleri “Gross” veya “Net” kalorifik değer cinsinden ifade edilir. Bu iki değer arasındaki fark, yanma esnasında ortaya çıkan su buharının “Gizli” yoğunlaşma ısı sıdır.

Gross ısıl değerde, yanma esnasında teşekkül eden su buharının tamamının yoğunlaştığı kabul edilir. Diğer bir deyişle “Gizli kondensasyon ısı” ndan faydalanıldığı düşünülür. Net kalorifik değer kavramında ise, yanma olayında teşekkül eden su buharının kondanse olamadan, diğer yanma ürünleriyle beraber atıldığı farzedilir. Genelde baca sıcaklıklarının (Ekonamayzer veya hava ısıtıcısı kullanılmıyorsa) suyun kaynama noktasının çok üzerinde olduğu düşünülürse,

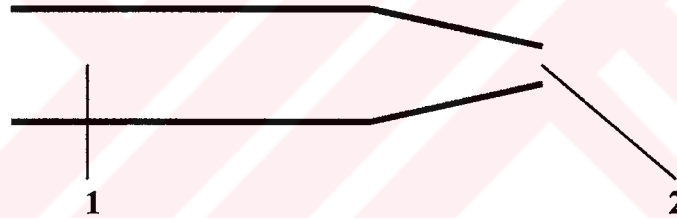
yakıt analizlerinin ve fizibilitelerinin yapılmasında net kalorifik değeri kullanmak daha uygundur.

Genellikle “Gross kalorifik değeri” kavramı tüketiciyi pek alakadar etmez çünkü halen mevcut cihazların hiçbiri su buharının yoğunlaşma ısısından faydalanacak mükemmellikte yanma olayında çok miktarda su hidrokarbonunun yanmasında meydana gelen yanma ürünleri hacimleri aynı olduğundan, Gross değerin kullanılması doğru netice verir.Şayet yakıtın net kalorifik değeri esas alınırsa stikiyometrik hacimlerde az da olsa sapmalar meydana gelecektir.

6.1.1.3 WOBBE İndeksi

WOBBE indeksi, orijinal gaz(Doğalgaz) ile ikame(LPG/hava) gazın yanma özelliklerinin aynı olup olmadığını belirleyen bir faktördür.Şayet iki ayrı tür gazın Wobbe indeksleri aynı ise her ikisi de brulörlerde yandığında eşit miktarda ısı verirler.LPG/hava ünitesini dizayn ederken Wobbe indeksi çok önemli bir dizayn donesidir.

Wobbe indeksinin çıkarılması.



Yukardaki şekilde görülen orifis kesitinde 1 ve 2 no' lu kesitlerdeki gaz akışını Bernoulli denklemi yardımıyla incelersek;

Kullanılan kısaltmalar

P	: Basınç (Pa, Kg/cm ²)	Q	: Debi (m ³ /s)
C	: Hız (m/s)	F	: Akım kesit alanı(m ²)
Z	: Yükseklik(m)	K	: Kalorifik değeri
g	: Yerçekimi ivmesi(m/s ²)	ρ	: Yoğunluk (Kg/m ³)
ΣH _k	: Toplam kayıp(m)		
γ	: Spesifik gravite		

$$P_1/\gamma + C_1^2/2g + Z_1 = P_2/\gamma + C_2^2/2g + Z_2 + \sum H_k$$

($Z_1=Z_2$, $+\sum H_k=0$ kabul edilirse)

Bu durumda;

$P_1/\gamma + C_1^2/2g = P_2/\gamma + C_2^2/2g$ sonucuna ulaşılır. Bu denklemi düzenlersek;

$$(P_1 - P_2) / \rho = (C_1^2 - C_2^2) / 2 \quad (6.1) \text{ şeklini alır.}$$

İki kesitteki debi eşit olacağından;

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 \\ F_1 * C_1 &= F_2 * C_2 \\ C_1 / C_2 &= F_2 / F_1 \\ C_2 &= C_1 * (F_1 / F_2) \end{aligned} \quad (6.2) \text{ olarak bulunur.}$$

(1) no' lu denklemi (2) no' lu denklemde yerinde koyarsak;

$$\begin{aligned} (P_1 - P_2) / \rho &= C_1^2 * ((F_1 / F_2)^2 - 1) \text{ haline dönüşür. } ((F_1 / F_2)^2 - 1) = k \text{ dersek} \\ (P_1 - P_2) / \rho &= C_1^2 * k \end{aligned} \quad (6.3) \text{ denklemine ulaşılır.}$$

Bu üç no' lu denklem herhangi bir akışkanın genel denklemidir. İki farklı gaz için bu denklemi yazıp birbirine oranlarsak;

$$((P_1 - P_2) / \rho) / ((P_1' - P_2') / \rho') = (C_1^2 * k) / (C_2'^2 * k')$$

Gaz hattındaki bu iki gazın basınçları eşittir. ($P_1 = P_1'$, $P_2 = P_2'$) Ayrıca aynı orifisi göz önüne aldığımızda k katsayıları da birbirine eşittir. ($k = k'$). Buna göre denklemde sadeleştirmeler yapılırsa;

$$\rho' / \rho = C_1^2 / C_1'^2 \quad (6.4) \text{ denklemi bulunur.}$$

Bu orifisten akan gazların tamamen birbirini ikame edebilmesi için sağladıkları ısı güç eşit olmalıdır.

$$\text{Isıl güç} = \text{Isıl güç}'$$

$$Q * k = Q' * k'$$

$$C_1 * F_1 * K = C_1' * F_1' * K' \quad (\text{Aynı orifis için } F_1 = F_1')$$

Böylece ;

$$C_1 / C_1' = K' / K \quad (6.5)$$

$$C_1^2 / C_1'^2 = K'^2 / K^2 \quad (6.6) \text{ denklemleri ortaya çıkar.}$$

(6.6) no' lu denklemi (6.4) no' lu denklemde yerine koyarsak;

$$\rho' / \rho = C_1^2 / C_1'^2 = K'^2 / K^2$$

sonucuna ulaşırız. Bu ifadeyi düzenlersek;

$$K / (\rho)^{1/2} = K' / (\rho')^{1/2}$$

Wobbe indeksi olarak ortaya çıkar. Pratikte ρ (yoğunluk) ifadesi yerine spesifik gravite (SG) kullanılır.

$$K_{DG} = 8250 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$$SG_{DG} = 0,587 \text{ (Hava = 1,0)}$$

$$WI_{DG} = K_{DG} / (SG_{DG})^{1/2} = 8250 / (0,587)^{1/2} = 10.767 \text{ olarak bulunur.}$$

Doğalgazın yerine ikame edilecek gazın Wobbe indeksi kesinlikle 10.767' e eşit veya çok yakın olmalıdır. Doğal gazı ikame edecek LPG/hava karışımının hava-LPG oranını hesaplamak için, LPG-hava oranları denenerek Wobbe indeksi doğalgazinkine en yakın olan karışım gazı bulunmaya çalışılır.

Buna göre deneme yanılma yoluyla %55 LPG %45 hava için Wobbe indeksi hesabı yaparsak;

$$WI_{miks} = K_{miks} / (SG_{miks})^{1/2}$$

$$WI_{miks} = ((\%Hava * K_{hava}) + (\%LPG * K_{LPG})) / ((\%Hava * SG_{hava}) + (\%LPG * SG_{LPG}))^{1/2}$$

$$WI_{miks} = 10767 \text{ olarak bulunmaktadır.}$$

Bu da göstermektedir ki doğalgazı ikame edebilecek LPG/hava karışım oranı %45 hava, %55 LPG şeklindedir.

Wobbe indeksi' ne gaz kalitesinin bir fonksiyonu olarak da bakılabilir. LPG/hava oranına ve LPG kompozisyonuna göre değişir. Aynı Wobbe indeksine sahip hidrokarbon gazları aynı miktarda ısı ve yanma ürünleri oluşturur. Aynı zamanda eşit miktarda yanma havasına ihtiyaç gösterirler.

6.1.1.4 Alev Teşekkülü ve Rengi

Propan ve bütan alevlerinin teşekkül ve yayılma hızları aşağı yukarı metaninkine eşittir. Bu sebepten dolayı doğalgaz alevi ile LPG/hava karışım gazının alevi arasında pek bariz bir fark göze çarpmaz. Renk bakımından ise, LPG/hava karışım gazı içerisinde fazla karbon ihtiva eden Propan ve Bütan (Doğalgaz da metan (CH₄) tek karbon içerir.) doğalgaz alevine göre daha sarı yanar. Mesela propan, metan' dan %20 daha fazla, Bütan ise %24 daha fazla karbon içerir. Alev ucundaki sarı renk mühim değildir ve yakma veriminde bir mahzur teşkil etmez.

6.2 Yakıt Alt Isıl Değer Hesabı (Hu)

Yakıt (LPG) bileşimi:

$$C : \% 82,3693 \quad H : \% 17,57 \quad S : \% 0,000607$$

- 1) $C + O_2 \longrightarrow CO_2 + 97.200 \text{ Kcal}$ Yakıtın ısı değerine C' nin katkısı = 81.C
- 2) $H_2 + 1/2 O_2 \longrightarrow H_2O + 57.200 \text{ Kcal}$ Yakıtın ısı değerine H' in katkısı = 286.H
- 3) $S + O_2 \longrightarrow SO_2 + 80.000 \text{ Kcal}$ Yakıtın ısı değerine S' in katkısı = 25.S

$$H_u = 81.C + 286.H + 25.S = 11.696 \text{ (Kcal/Kg)}$$

$\rho_{LPG}: 2,3 \text{ Kg/m}^3$ (%70 Butan, %30 Propan) – Gaz halde

$$H_u: 11.696/2.3 = 26,900 \text{ Kcal/m}^3$$

6.2.1 Gereklı Hava Miktarı (L_{min})

1) $C + O_2 \longrightarrow CO_2$ Analizdeki C' nin tam yanması için (1/100). $1,867 \text{ nm}^3 O_2$

2) $H_2 + 1/2O_2 \longrightarrow H_2O$ Analizdeki H₂' nin tam yanması için (1/100). $5,6 \text{ nm}^3 O_2$

3) $S + O_2 \longrightarrow SO_2$ Analizdeki S' in tam yanması için (1/100). $0,7 S \text{ nm}^3 O_2$

$$O_{min} = (1/100). (1,867.C + 5,6.H + 0,7.S) = 2,52 \text{ Nm}^3 O_2/\text{Kg yakıt}$$

$$L_{min} = O_{min}/0,21 = 2,52/0,21 = 12 \text{ Nm}^3 \text{ hava/ Kg yakıt, } \rho_{hava} = 1,22 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho_{LPG} = 0,550 \text{ Kg/m}^3 \text{ (Sıvı halde)}$$

$$L_{min} = 14,64 \text{ Kg hava/ Kg yakıt}$$

$$L_{min} = 14.64/0.55 = 26.7 \text{ kg hava / m}^3 \text{ yakıt}$$

7. YAKMA PROSESİNDE NO_x OLUŞUMU

Günümüzde gittikçe ön plana çıkan fosil yakıtların atmosferi kirletme riski ve bunun sonucu olarak Dünya' daki tüm yaşamı(insan, hayvan, bitki) tehdit etmesine bağlı olarak otoriteler gittikçe daha sıkı çevre koruma yönetmelikleri çıkartmaya ve kirletici sistemleri daha sıkı denetlemeye başladılar. Söz konusu kirleticiler arasında NO_x emisyonları, yol açtıkları tahribat nedeniyle, son yıllarda daha ön plana çıkmağa başlamıştır.

Ülkemizde şu anda yönetmelikteki sınır değerlerin çok düşük olmaması nedeni ile çok fazla önemsenmeyen NO_x emisyonları, Türkiye' nin AB üyeliği süreci ilerledikçe daha belirleyici olacaktır.

7.1 CO ve NO_x Emisyonlarının Eşzamanlı Olarak Düşük Tutulması.

Yanma ürünlerinin çevreye olan zararlı etkilerinin gün geçtikçe önemsenmesi ve bu emisyonları düşürmeğe yönelik ortak politikaların belirlenmesi çalışmaları, yakma sistemlerinin iyileştirilmesini teşvik etmektedir. Günümüzde CO ve NO_x emisyonları, yakma kalitesini tanımlayan dikkate alınması gereken parametreler haline gelmiştir. Yanma sonucu oluşan bu emisyonları düşük tutabilmek için;

1. NO_x emisyonlarını artıracak komponentlerin yakıttan çıkarılması.
2. Yakma prosesinin NO_x oluşumunu geciktirici, azaltıcı şekilde dizaynı ve kontrolü.
3. Yanma ürünlerinin, NO_x emisyon oluşumunu düşürücü şekilde rehabilitasyonu.

Parametrelerinin dikkate alınması gerekir.

Yukarıda belirtilen NO_x emisyonunu düşük tutmağa yönelik mekanizmalara bakıldığında; sonucu kaynağında, oluşum esnasında çözmek en ideal olanıdır.

Yanma reaksiyonlarında NO_x 3(üç) şekilde oluşmaktadır.

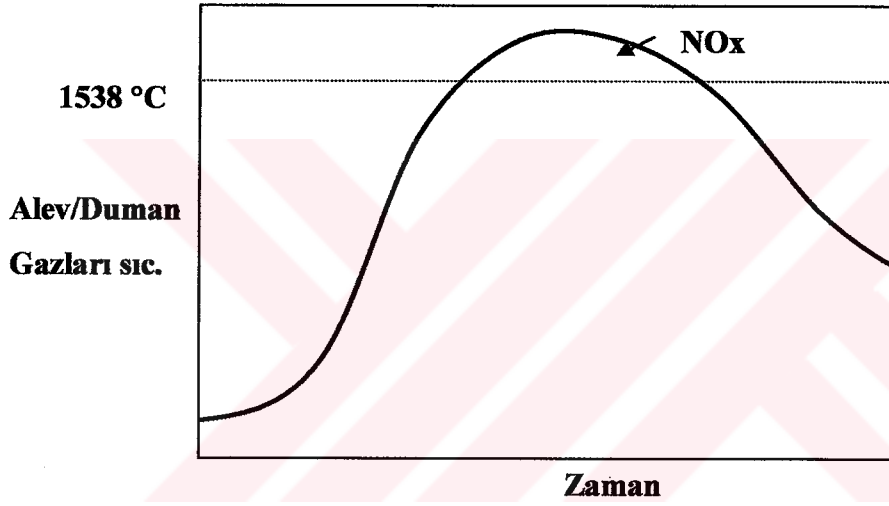
1. Ani(Prompt) NO_x : Yanma reaksiyonlarının ilk aşamalarında ortaya çıkan HCN(Hidrojen siyanid) bileşiği ile hava içersindeki N₂(g) arasındaki kimyasal reaksiyon sonucu oluşur.
2. Isısal(Termal) NO_x : Yanma reaksiyonu esnasında, yüksek sıcaklık nedeniyle ortaya çıkan kısım. Atmosferik N₂' nin alev bölgesi içinden geçerken oksidasyona uğraması sonucu oluşur. Termal NO_x oluşum prosesinde; yüksek enerji, dolayısıyla alev tepe sıcaklığı, oksijen konsantrasyonu ve tepe sıcaklığında kalma süresi ters orantılı olarak etkilidir.

3. Yakıt(Fuel) NO_x : Yakıt içerisindeki N₂' nin parçalanması sonucu oluşan bölüm. (Yakıt NO_x, ağırlıklı olarak kömür veya fuel-oil tarzı katı/sıvı yakıtlarla alakalıdır. LPG ve doğalgaz, iyi bir distilasyon prosesine tabi olduklarından bu tür komponentler içermezler.)

7.2 NO_x Kontrol Stratejileri

7.2.1 Alev Tepe Sıcaklığını Düşürmek.

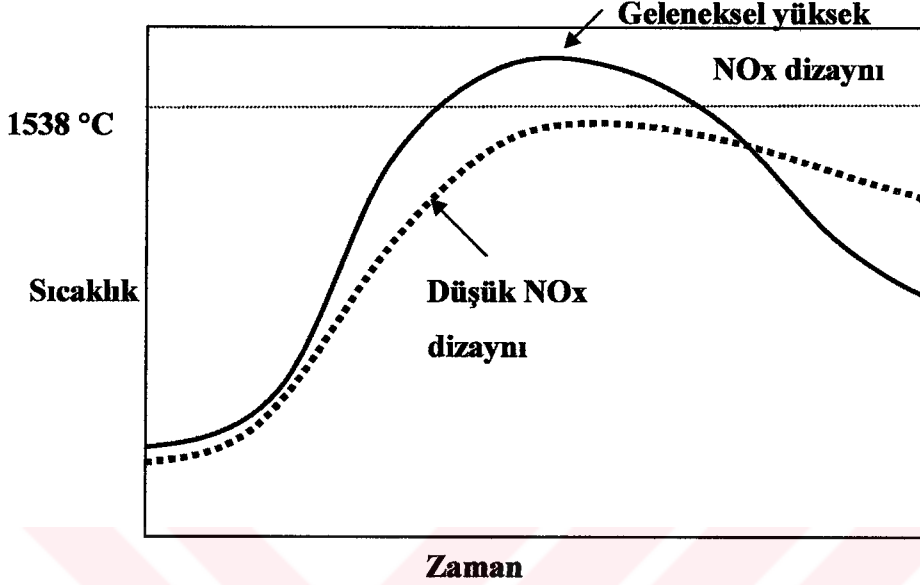
Alev tepe sıcaklığını düşürmek suretiyle NO_x % miktarını azaltmak için uygulanan yöntemlerden bazıları; aşırı havalı olarak yakmak ve yanma odasına buhar enjekte etmektir. Fakat buhar enjeksiyonun korozyon ve efektif olmamasından kaynaklanan dezavantajları bulunmaktadır.



Şekil 7.1. Alev/duman gaz sıcaklığının zamanla değişimi

7.2.2 Alev Tepe Sıcaklığında Kalma Süresini Düşürmek.

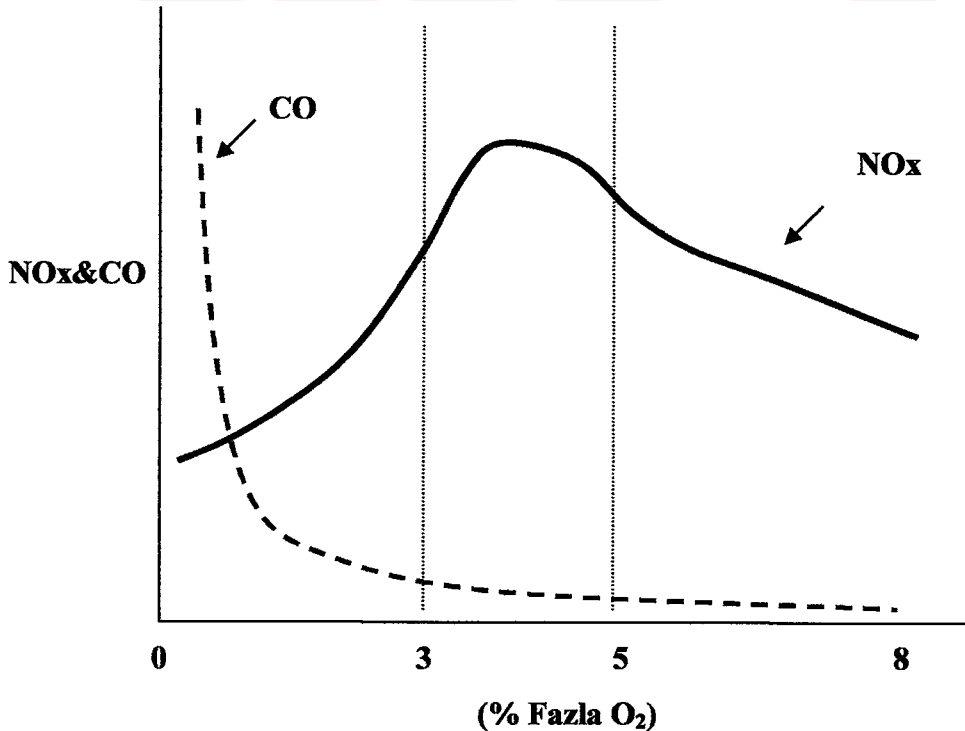
NO_x emisyonunu düşürmek için, alev sıcaklığını düşürmenin yanında etkili olan bir diğer faktörde alev tepe sıcaklığında kalma süresidir. Bu süre ne kadar az olursa NO_x oluşumu o derece azalmaktadır.



Şekil 7.2. Brulör dizaynının NO_x emisyonuna etkisi

7.2.3 O₂ Konsantrasyonunun Kontrolü

Şekil de görüldüğü üzere, % 3-5 O₂ konsantrasyonları arasında(%15-%30 fazla hava) NO_x emisyonu artmaktadır. NO_x emisyonunu düşürmeye yönelik çözüm tespit ederken, bir parametrenin artırılıp azaltılmasının diğer faktörler üzerindeki etkileri de dikkate alınmalıdır.



Şekil 7.3. Aşırı hava ile yakmanın emisyonlar üzerindeki etkisi.

8. LPG-HAVA KARIŞTIRICISI (FAKİRLEŞTİRİCİ)

Kullanılan LPG'deki % butan-propan karışım oranına bağlı olarak deėiŐecek Şekilde, 1-3 bar çıkış basıncında LPG-hava karışımı sağlayabilecek fakirleştirici prensip Şeması Şekil 8.1 de dir.

Bu tip bir fakirleştiricinin en önemli özelliklerinden biri olarak, 1-3 bar çalışma basınc aralığında istenilen çıkış basıncında LPG-hava karışımını verebilecek olması gelmektedir. Bölüm 6.1.1.3' te de incelediğimiz gibi doğalgaz' wobbee indeksine eşdeğer bir LPG/hava karışımı elde edebilmemiz için %55 gaz(LPG) % 45 hava karışımı oluŐturmamız gerekmektedir. FakirleŐtiricimiz zerindeki manuel veya bir servo motor kontrolündeki ayar kolu vasıtasıyla % gaz/hava oranı rahatlıkla ayarlanabilecektir.

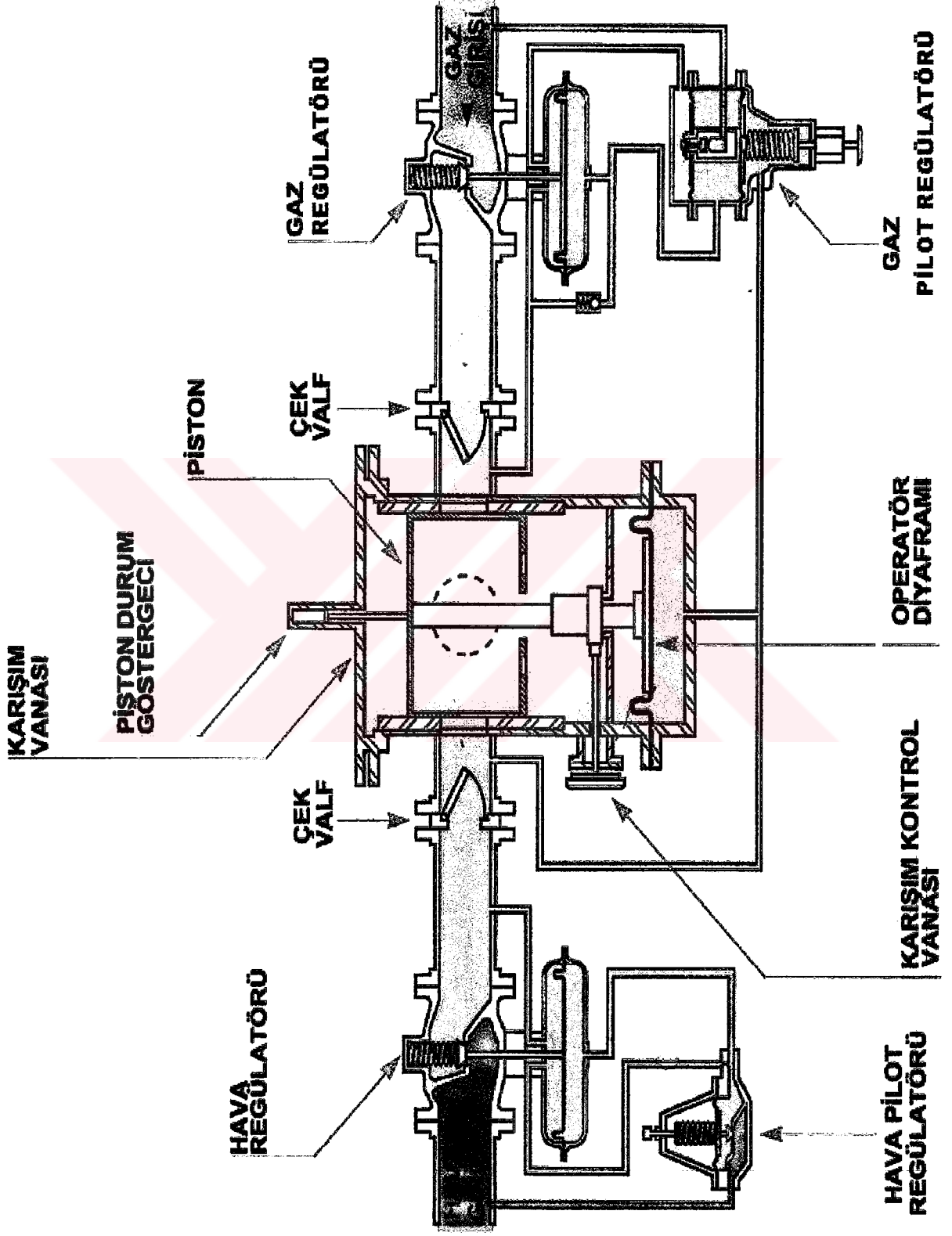
Gaz-hava oranını istenilen değerde ayarlayabilme imkanı, lkemizdeki LPG içeriğinin mevsime göre deėiŐimine uyum sağlamayı kolaylaŐtırmaktadır. Özellikle yaz aylarında havaların sıcak olmasından da faydalanarak % butan – propan oranları değişiklik gösterebilmektedir. Bu deėiŐikliėin doğal sonucu olarak doğalgaz wobbe indeksine eşit LPG-hava karışımını elde edebilmek için %55 gaz, %45 hava karıştırma oranımız değişmektedir. FakirleŐtiricimiz zerindeki gaz/hava oranını ayarlama kolu vasıtasıyla lilen wobbee indeksi değerine göre bu oranı artırıp eksiltebiliriz.

8.1 LPG-Hava Karıştırıcısı(Fakirleştirici) Temel Elemanları

8.1.1 Pilot Kontrollü Hava Regülatörü

Fakirleştirme sistemimizin temel elemanlarından birisidir. Gaz tarafı, hava tarafına bağlı olarak çalıŐacaktır. (Havanın ucuz ve gaza oranla daha fazla kontrol edilebilir olmasından dolayı.) Hava regülatörü, ana karıştırma vanası girişindeki hava basıncını baz alarak, ana gaz regülatörünü kontrol edecektir. Bu amaçla, kompresörden gelen yüksek basıncılı havanın basıncını, kullanım basıncına(fakir gaz çıkış basıncı) düŐürecek Şekilde ayarlanacaktır.

Bu tip reglatrilerde kullanılan pilot regülatörün görevi, normal bir reglatrde kullanılan ana yayın görevinin aynısıdır. Yüksek basıncın söz konusu olduğu sistemlerde, kalın ve büyük kontrol yayına olan ihtiyaı karŐılayabilmek için pilot regülatör kullanmak daha verimlidir.



Sistemimizdeki pilot regülatör, ana hattan aldığı yüksek basıncı, bir miktar düşürerek, iki adet çıkışına verir. Bu çıkışlardan birisi ana çıkış, diğeri ise ani firar çıkış ventildir. Şekilde görüldüğü gibi ana çıkış hava regülatörü diyaframının alt tarafına bağlı olacaktır. Pilot regülatörün diğeri çıkışı ise, hava regülatör diyaframının üst tarafına bağlanacaktır. Ana çıkıştan ayrılan hava, hava regülatörü alt tarafına ulaşır. Diyaframın diğeri tarafında bulundurulmuş hava, hava regülatörü sonrası basıncı düşürülmüş olan havadır.

Hava regülatörü içersinde bulunan orifis, dengeleyici yay tarafından itilen bir tıpa ile kapatılmaktadır. Bu tıpa, bir mil vasıtasıyla hava regülatör diyaframına bağlıdır. Dolayısıyla diyaframın hareketleri bu mil yardımıyla tıpa ile iletilir. Eğer diyaframın alt tarafındaki basınç, üst tarafındaki basıncı ve dengeleyici yay kuvvetini yenerse, mil yukarı doğru hareket eder ve regülatör kesiti büyür.

Normal çalışma şartlarında, diyaframın üst tarafındaki basınç her zaman için daha düşük olduğundan, regülatör kesiti açıktır. Regülatör çıkış basıncının yükselmesi durumunda, diyaframın üst basıncı artacağından mil aşağı hareket eder ve delik bir miktar kapanır. Böylece çıkış basıncı düşeceğinden, mil tekrar yukarı hareket eder ve sistem otomatik olarak dengelenir.

Fakirleştirme sistemindeki çıkış basıncı, hava giriş basıncına bağlıdır. Kullanıcı, pilot regülatör çıkış basıncını ayarlayarak müdahale eder. Yani diyafram alt tarafındaki basınç ayarlanarak, istenilen LPG-hava karışım çıkış basıncı elde edilecektir.

8.1.2 Hava Pilot Regülatörü

Ana karıştırma valfi girişindeki ayar basınç değerini, iç tüketime göre sürekli ve sabit kılacak şekilde hava regülatörüne feed-back sağlayan regülatör.

8.1.3 Ana Karıştırma Valfi

Fakirleştirme sisteminin ortasında yer alacak ve üç yollu vana mantığıyla çalışacak olan temel elemandır. Üzerinde hava ve gaz için birer giriş açıklıkları, karışım gazı(LPG-hava karışımı) için ise bir çıkış ağzı bulunacaktır. Prensipte basit olmasına rağmen, kolay gerçekleşecek bir proses değildir. Öncelikli sorun, hava ve gazın çok küçük toleranslar dahilinde karışım odasına mümkün olduğunca aynı basınçta girmesini sağlamak olacaktır. Farklı basınçlar söz konusu olduğunda, yüksek basınca sahip taraf ana karıştırma valfine birim zamanda daha fazla girecektir. Bu durum ise öngörülen gaz-hava karışım oranını bozacak yönde sonuç

meydana getirecektir. İstenilmeyen bu durumu kontrol altında tutmak maksadıyla, ana karıştırma valfi girişlerinden impuls alan ve bir alarm değeri vasıtasıyla sürekli kontrolü sağlayacak olan bir diferansiyel basınç gösterege ve swiçi kullanılacaktır.

Ana karıştırma valfi , bir piston ve bir silindir ihtiva edecektir. Pistonun yukarı aşağı hareketi vasıtasıyla karıştırma valfine giren gaz/hava debileri kontrol altında olacaktır. Aynı şekilde pistonun sağa veya sola hareket ettirilmesi durumunda ise gaz/hava karışım oranı ayarlanabilecektir.(Manuel veya bir servo motor kontrollü ayar kolu vasıtasıyla)

Ana karıştırma valfinin, işletmeye giden debi değışkenliklerinden haberdar olabilmesi ve gerektiğinde karışım gaz debisini artırıp eksiltebilmesi için pistonu bağı olan bir diyafram olmalıdır. Bu diyaframın aşağı hareket etmesi durumunda içeri giden karışım gaz miktarı azalacaktır. Diyaframın yukarı hareketinde ise işletmeye giden debi miktarı artacaktır.

8.1.4 Gaz Regülatörü

Hava regülatörüne tabi olarak çalışarak, ana karıştırma valfi girişinde hava basıncına eşit basıncı sağlayacak olan regülatördür. Bu maksatla, birinci kademe regüstasyon grubundan gelen yüksek basınçlı LPG' yi ana karıştırma valfi girişindeki hava basıncına eşit basınca düşürecektir.

Pilot kontrollü hava regülatöründen farklı olarak, gaz regülatörünün pilotunda üç adet çıkış ağızı bulunacaktır. Şekilde de görüldüğü üzere, pilot içersinde en alt bölümde fakirleştirici giriş bölümünden gelen hava ve hassas ayar için bir yay, orta bölümde ise basınçlı gaz hattından gelip bir orifisten geçerek basıncı düşürülen ve gaz regülatör diyaframı alt tarafına gönderilen gaz, en üstte ise fakirleştiriciye giden gaz basıncına eşitlenmiş gaz bulunacaktır.

8.1.5 Gaz Pilot Regülatörü

Ana karıştırma valfi, hava pilot regülatörü basınçlarından haberdar olarak gaz regülatörüne yardımcı olan regülatör. İçersindeki en önemli bölüm, yüksek basınçlı gazın basıncını düşüren orifistir. Üst ve alt taraftaki diyaframların hareketine göre açılıp kapanacak olan bu orifis, hava basıncında bir değışiklik olduğunda gaz basıncının değışiminin kontrolünü otomatik olarak sağlayacaktır.

Pilot regülatörün normal çalışması esnasında, en üst ve en alt bölümlerdeki basınçlar eşit olduğundan, yüksek basınçlı gaz pilot orifisinden geçerken basıncı düşecektir. Bu düşük

basınç, gaz regülatörü alt tarafına gönderilecektir. Burada oluşacak basınç, aynı hava regülatöründe olduğu gibi dengeleyici yay kuvvetini yenerek gaz regülatörü kesitiği açar ve buharlaştırıcıdan gelen gazın basıncının hava basıncına eşitlenmesi sağlanır. Ancak hava basıncında bir değişiklik olduğunda, örneğin hava basıncı arttığında, pilot içersindeki hava basıncı da artar. Artan hava basıncı üstündeki diyaframı iterek pilot orifisinin açılmasına, büyüyen orifiste diyafram alt tarafına giden gazın basıncının artmasına neden olur. Böylelikle diyafram yukarı doğru hareket eder ve bağlı olduğu tıpayı yukarı doğru iterek , fakirleştirici gaz giriş basıncının yükselmesini sağlar. Tam tersi olduğunda ise, aynı şekilde pilot içersindeki diyaframların hareketi orifisi daraltarak, gaz basıncını düşürür.

8.1.6 Diferansiyel Basınç Göstergesi

Fakirleştirme sisteminin dinamik işletme şartlarındaki sürekli kontrolünü sağlayacak olan kontrol göstergesidir. Temel görevi; ana karıştırma valfi girişindeki gaz ve hava girişinden çekilecek impuls hatlarından gelen basınçların, differansiyel kontrolünü sağlamak, işletme içersindeki debi değişimleri sonucunda, eğer ana karıştırma valfi girişlerinde gaz ve hava basınçlarından birinin diğerine fazlalığı varsa, ana karıştırma valfini, aynı basınç impulslarını kullanan hava pilot regülatörü, gaz pilot regülatörü aracılığıyla bu differansiyel basınç farkını ortadan kaldıracak şekilde pistonunun yukarı aşağı hareketini gözlemlemek ve kontrol altında tutmak olacaktır.

Diferansiyel basınç göstergesine konulacak olan iki adet swiç aracılığıyla, ölçülen diferansiyel basıncın herhangi bir yönde büyümesi durumunda belirlenecek bir alarm değerine ulaşıldığında, içeri giden karışım gazın kalorifik ve wobbee indeksi değerinin öngörülen değerlerin dışına çıkmaması için sistemin durdurulması sağlanacaktır. Böylelikle işletmeye, öngörülen toleranslarda kalorifik değeri olan bir karışımın gitmesi garanti altına alınacaktır.

9. LPG-HAVA KARIŐTIRICISINDA (FAKİRLEŞTİRİCİ) PROSES KONTROLÜ

LPG-hava karıŐtırıcısında oluŐturulacak olan gaz-hava karışımı oranının s¼rekli olarak g¼zlem altında tutulması, sistem g¼venliĐi a¼ısından olduk¼a ¼nemli bir gereksinimdir. Bu maksatla fakirleştiricide kesintisiz bir tam otomatik kontrol s¼reci hakim olmalıdır. Otomatik kontrol¼ ger¼ekleŐtirmek amacıyla, fakirleştiricide bulunan proses kontroller vasıtasıyla, makinanın belli noktalarından basın¼ ve sıcaklığa iliŐkin impulslar alınmalı ve gelen bu impulslar bilgi iŐlemcide(PLC) değerlendirilmelidir. EĞer sistemden gelen impulslar, sistem sınırları i¼ersinde ise makine durmaksızın ¼alıŐmaĐa devam etmeli, eğer gelen impulslar sistem ¼alıŐma sınırlarını aŐıyor ise, istenilmeyen bir gaz-hava karışımının işletmeye gitmemesi ve sistem işletme g¼venliĐi a¼ısından makine durdurulmalıdır.

Sistemle akuple olarak kurulacak olan bir PLC aracılığıyla, aşağıda belirtilen proses parametreleri ¼l¼¼lmeli ve set değerleriyle karŐılaŐtırılarak s¼rekli kontrol sağlanmalıdır.

1. Karıştırıcı ana valf girişinde, ayarlanmış hava basıncı.
2. Gaz reg¼lat¼r girişindeki, LPG gazı basıncı.
3. Gaz reg¼lat¼r girişindeki, LPG gazı sıcaklığı.
4. Karıştırıcı ana valf girişindeki hava ile, LPG gazı arasındaki diferansiyel(fark) basın¼.
5. Oluşturulan miks(LPG gazı-hava) karışımının kalorifik ve Wobbe indeks değeri.

Yukarıda verilen proses kontrol parametrelerinden sistemin dinamik deĐiŐkenliĐinin kontrol¼ ve g¼venliĐi a¼ısından en ¼nemlisi ana karıştırıcı valf girişindeki gaz ve hava basın¼ları arasındaki fark olacaktır. ¼nceki b¼l¼mlerde de belirtildiği gibi tehlikeden uzak bir miks(LPG gazı-hava) karışımının oluşumu ve s¼rekliliĐi, ana karıştırma valfi girişindeki gaz ve hava arasındaki diferansiyel basın¼ farkının belli limitler arasında olmasına bağlıdır. EĞer ana karıştırıcı valf girişinde, hava ile LPG gazı arasındaki diferansiyel basın¼ kontrol edilmese idi; d¼Ő¼k LPG gaz basıncı, y¼ksek hava basıncı veya hava tarafının s¼reci i¼ersinde baskın olması, oluşturulan gaz-hava karıŐımında tehlikeli b¼lgelere kayma ihtimalini meydana getirebilir. Bu t¼r bir istenmeyen durumları ¼nlemek i¼in, yukarıda da belirtildiği gibi ana karıştırma valfi girişinde hava ile LPG gazı arasındaki fark basın¼ s¼rekli izlenerek g¼zetim altında tutulmalı ve sınırın aşılması durumunda sistem devre dıŐı kalmalıdır.

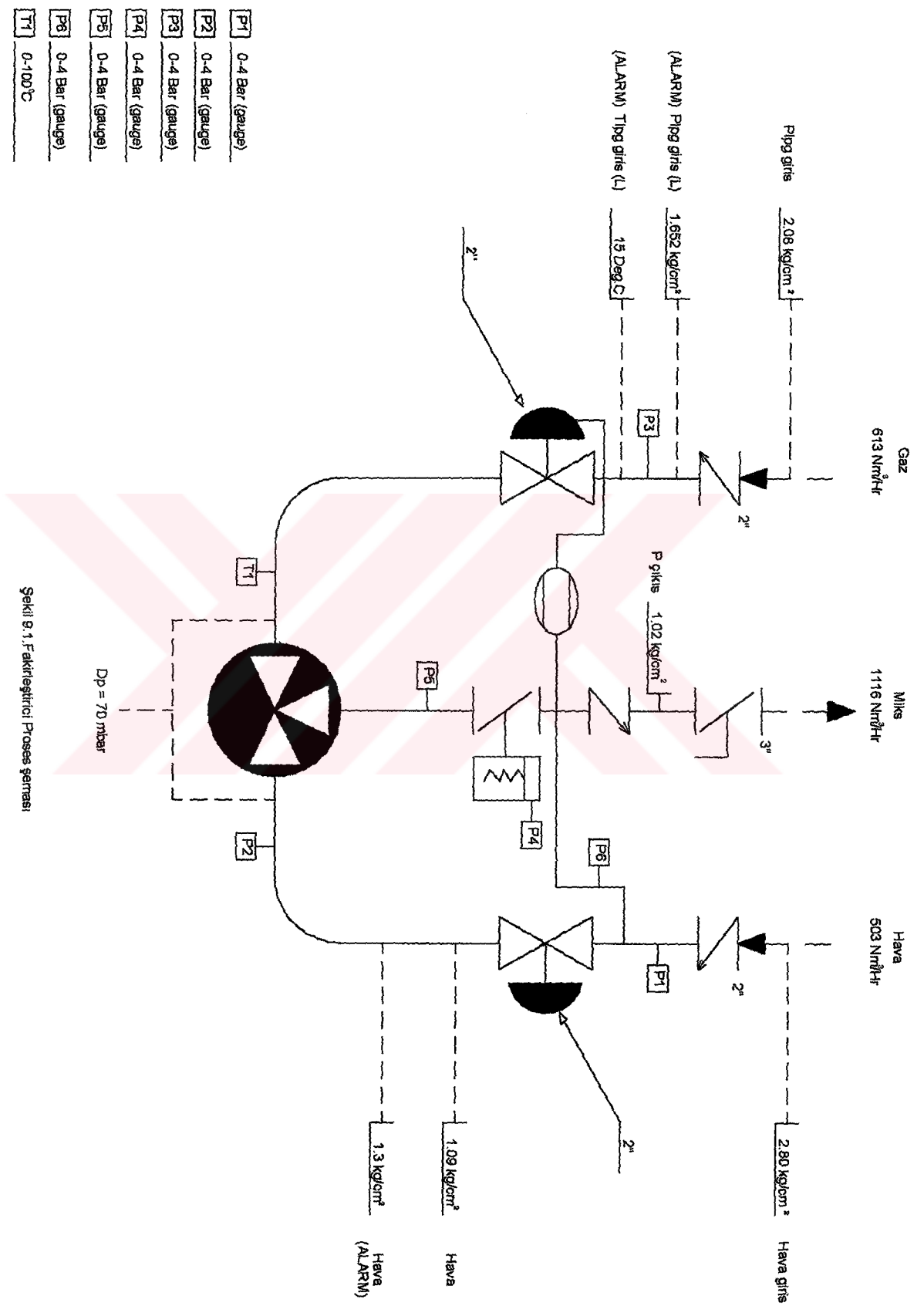
Sistem g¼venliĐi a¼ısından bir diğer unsur ise, ana karıştırıcı valf i¼ersinde konulacak olan fiziksel engelleyiciler olacaktır. Bu fiziksel engelleyiciler aracılığıyla proses esnasında, hi¼bir zaman %20 (m^3 gaz/ m^3) hava oranının altına inilmesine izin verilmelidir. (Manuel veya servo

motor kontrollü ayar oran ayar kolunun, yanlışlıkla %10 ve altına sürülme ihtimaline karşı % 20 oranda, ana karıştırıcı valf içersindeki silindir, fiziksel olarak stoperle sınırlandırılmalıdır.)

Fakirleştirici gaz regülatörü girişinde ölçülen LPG sıcaklığı, makinaya giren LPG' nin o noktada ölçülen basıncına karşılık gelen yoğuşma sıcaklığının üzerinde olup olmadığının belirlenmesini sağlar. Ölçülen sıcaklık değeri, PLC ye girilen ayar değeri ile karşılaştırılır, eğer gaz sıcaklığı, ayar değerinin altında ise makine içersine likit fazda LPG girmemesi için önlem alınmalıdır.(Makine, belli bir alarm bekleme süresinden sonra kendini kapatmalıdır.)

Fakirleştiricinin ilk çalıştırılmaları esnasında ölçüm yapılan yüzey soğuk olduğundan makinanın kendi kendini bloke etmemesi için, geçici olarak sıcaklık set değeri düşürülüp, ölçüm noktası sıcaklığı set basınca karşılık gelen yoğuşma sıcaklığını aşınca, tekrar aynı değere getirilebilir.





Şekil 9.1, Fertilisatör Proses Şeması

P1	0-4 Bar (gauge)
P2	0-4 Bar (gauge)
P3	0-4 Bar (gauge)
P4	0-4 Bar (gauge)
P5	0-4 Bar (gauge)
P6	0-4 Bar (gauge)
T1	0-100°C

10. UYGULAMA PROJESİ (GÜRAL PORSELEN-KÜTAHYA FABRİKASI) LPG-HAVA KARIŞTIRICISI(FAKİRLEŞTİRİCİ) PROJELENDİRİLMESİ

Şekil 9.1. de görülen fakirleştirici proses akış diyagramında görüldüğü gibi, sistemimizin miks(LP gazı-hava) karışım çıkış basıncı $1,02 \text{ Kg/cm}^2$ ' dir. Hava tarafında ana karıştırıcı valf girişinde istenen gaz basıncı $1,09 \text{ Kg/cm}^2$ müsaade edilebilen max basınç ise $1,30 \text{ Kg/cm}^2$ ' dir. Gaz tarafı ana valf girişindeki basınç ise, gaz regülatörü aracılığıyla regüle edilmektedir. Hava tarafı ile gaz tarafı arasında müsaade edilecek max fark basınç değeri 70 mbar' dır Eğer ana karıştırma valfi girişindeki fark basınç değeri 70 mbar' ı aşar ise, sistem otomatik olarak kendini kapatmaktadır..Karıştırma prosesinde, istenilen hava/gaz oranının elde edilebilmesi ve sistemin kesintiye uğramadan çalışabilmesi için, bu fark basınç değerinin 0-15 mbar arasında salınması idealdir.

Güral Porselen tesisleri doğalgaz yedekleme gereksinimi;

İşletme basıncı(Gauge)	: 1 bar
Kapasite(Doğalgaz)	: $2,000 \text{ m}^3/\text{h}$
Hu(Alt ısıl değer,doğalgaz)	: $8,250 \text{ Kcal/nm}^3$
Yedekleme gerektiren enerji miktarı :	$2,000 \text{ Nm}^3/\text{h} * 8,250 \text{ Kcal/nm}^3$
	: $16,500,000 \text{ Kcal/h}$

10.1 LPG Tank Stok Kapasitesi Tayini

Fabrikanın likit fazda LPG ihtiyacını bulmak için, saatlik enerji gereksinimini, likit LPG'nin Kg başına kalorifik değerine bölersek ;

Hu(Alt ısıl değer, likit LPG)	: $11,696 \text{ Kcal/Kg}$
Likit LPG yoğunluğu	: 550 Kg/m^3
Gerekli LPG miktarı(Kg/h)	: $16,500,000 \text{ Kcal/h} / 11,696 \text{ Kcal/Kg}$
	: $1,410 \text{ Kg/h}$
	: $1,410 \text{ Kg/h} / 550 \text{ Kg/m}^3$
	: $2.56 \text{ m}^3/\text{h}$ (Fabrika saatlik maksimum likit LPG çekişi)

Güral Porselen fabrikasında ortalama kapasite kullanım oranı : 0,85 dir.

Dolayısıyla ihtiyaç duyulan likit LPG miktarı : $2,56 \text{ m}^3/\text{h} * 0,85 = 2,18 \text{ m}^3/\text{h}$

Güral Porselen fabrikasında eski tip, tünel fırınlar bulunmaktadır. Bu fırınlardaki ısının hiçbir zaman kesintiye uğramaması gerekmektedir. Her hangi bir şekilde arıza veya kesinti nedeniyle fırınlardaki enerjinin(gazın) kesilmesi, fırınların çökmesine neden olacaktır. Bu maksatla 24 saat kesintisiz enerji kullanımı vardır.

Gerekli günlük LPG(Likit) gereksinimi : $2,18 \text{ Kg/h} * 24 \text{ h / gün} = 52,32 \text{ m}^3/\text{gün}$

Bu tip tesislere her gün ikmal yapılabilmesine rağmen yol ve iklim şartlarını da dikkate alarak en az 5(beş) günlük stok yapmağa ihtiyaç vardır.

Üç günlük gerekli stok miktarı : $52,32 \text{ m}^3/\text{gün} * 5 \text{ gün} = 261,6 \text{ m}^3$

Bu stok imkanını verecek 2(iki) adet 115 m^3 , 1(bir) adet 70 m^3 'lük LPG stok tankı bulunmalıdır.

10.2 Boru Çaplarının Belirlenmesi

Boru çaplarının belirlenmesinde hatlardaki akışkan sınır hızları baz alınarak hesap yaptığımızda;

Likit LPG	: 0,4 m/s
Doğalgaz	: 25 m/s
Hava	: 25 m/s

10.2.1 Likit LPG Hatları

Bölüm 10.1' de, likit LPG çekişi $2,56 \text{ m}^3/\text{h}$ olarak hesaplanmıştı. Hat çapını DN 50 olarak kabul edip hız kontrolü yaparsak;

Debi(m^3/sn) : Akım kesit alanı(m^2) * Akış hızı(m/s)

Likit debisi : $2,56 \text{ m}^3/\text{h} : 0,000711 \text{ m}^3/\text{sn}$

Akım kesit alanı : $(\pi (0,050)^2)/4 : 0,00196 \text{ m}^2$

Hız : Debi / akım kesit alanı : $0,000711 \text{ m}^3/\text{sn} / 0,00196 \text{ m}^2$

Hız : $0,362 \text{ m/sn} < 0,40 \text{ m/sn}$

Olduğundan seçilen çap(DN50 uygundur.)

10.2.2 LPG-Hava Karışım Gazı(Fakirleştirilmiş gaz) Hatları

Bu boru çapının hesabını yapabilmek için öncelikle karışım gazının debisini hesaplamalıyız. Fabrika enerji gereksinimini $16,500,000 \text{ Kcal/h}$ olarak bulmuştuk. Bu değeri LPG' nin gaz faz alt ısı değerine bölersek;

Gerekli gaz LPG gereksinimi : $16,500,000 \text{ Kcal/h} / 26,900 \text{ Kcal/nm}^3$
: $613,8 \text{ m}^3/\text{h}$

Ancak tesiste kullanacağımız fakirleştirilmiş gaz % 55 LPG, % 45 hava içermektedir.(Doğalgaz wobble indeks değerine eşit olabilmesi için)

Dolayısıyla bize gerekli olan kalorifik değeri %55' lik LPG den elde etmekteyiz.(Havanın entalpisi ihmal edilecek düzeydedir.)

Gerekli fakir gaz debisi : $613,8 \text{ m}^3/\text{h} * 0,55 : 1,116 \text{ m}^3/\text{h}$ miks gaz(LPG-hava karışımı)
gereklidir

Hat boru çapı olarak DN125 kabul edelim. Doğalgaz için sınır hız değeri:25 m/sn almıştık,
fakir gaz için de aynısı alırsak;

Debi(m^3/sn) : Akım kesit alanı(m^2) * Akış hızı(m/s)

Karışım gaz(fakir gaz) debisi : $1,116 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ sn}/\text{h} : 0,31 \text{ m}^3/\text{sn}$

Akım kesit alanı : $(\pi (0,125)^2)/4 : 0,0122 \text{ m}^2$

Hız : Debi / akım kesit alanı : $0,31 \text{ m}^3/\text{sn} / 0,0122 \text{ m}^2$

Hız : $25,4 \text{ m}/\text{sn} \leq 25 \text{ m}/\text{sn}$ (Sınır değeri çok fazla aşmadığından kabul edebiliriz.)

Seçmiş olduğumuz DN125 uygundur.

10.2.3 Fakirleştirici Hava Hattı Çapı

Öncelikle hava hattının debisini hesapladığımızda;

Karışım gaz debisi : $1116 \text{ m}^3/\text{h} * 0,45 : 503 \text{ m}^3/\text{h}$

Hava için müsaade edilen maksimum hız değeri: 25 m/sn, hava hattını DN80 seçersek;

Debi(m^3/sn) : Akım kesit alanı(m^2) * Akış hızı(m/s)

Hava debisi : $503 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ sn}/\text{h} : 0,139 \text{ m}^3/\text{sn}$

Akım kesit alanı : $(\pi (0,080)^2)/4 : 0,502 \text{ m}^2$

Hız : Debi / akım kesit alanı : $0,139 \text{ m}^3/\text{sn} / 0,00502 \text{ m}^2$

Hız : $27,68 \text{ m}/\text{sn} > 25 \text{ m}/\text{sn}$ (Sınır değeri geçtiğinden DN100 seçildi.)

Hava hattı için uygun çap : DN100

10.2.4 Deneme Bacası Çapı

Fakirleştiricide hazırlanan karışım gazın(Fakir gaz) işletmeye verilmeye uygun olup olmadığını görmek açısından deneme bacası kullanılmalıdır. Deneme bacasında yakılacak kapasite fabrika kapasitesinin % 15'i olarak alınabilir.

Deneme bacası kapasitesi : $1,116 \text{ m}^3/\text{h} * 1,15 : 167,4 \text{ m}^3/\text{h}$

Deneme bacası boru çapı : DN50 kabul edelim.

Debi(m^3/sn) : Akım kesit alanı(m^2) * Akış hızı(m/s)

Hava debisi : $167,4 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ sn}/\text{h} : 0,0465 \text{ m}^3/\text{sn}$

Akım kesit alanı : $(\pi (0,050)^2)/4 : 0,001962 \text{ m}^2$

Hız : Debi / akım kesit alanı : $0,0465 \text{ m}^3/\text{sn} / 0,001962 \text{ m}^2$

Hız : $23,70 \text{ m}/\text{sn} < 25 \text{ m}/\text{sn}$ (Sınır değeri geçmediğinde seçilen DN50 uygundur.)

11. SONUÇ ve ÖNERİLER

1. Bir gaz yakıtın, diğer bir gaz yakıt yerine ikame edilebilmesi için gerekli temel şart, Wobbee İndeks(WI) değerlerinin eşitlenmesi gerektiğidir.($WI=Hu/SG^{0,5}$)
2. Referans gaz yakıt yerine, ikame edilen eşdeğer gaz yakıtın yanması esnasında, birim miktar başına gerekli yakma havası değişmemekte olup, aynı borudan geçen eşdeğer gaz ısı değeri ve SG değerine göre birim zamanda geçen gaz debisi değişmektedir.
3. Eşdeğer gaz elde edebilmek maksadıyla, fakirleştiricide birim miktar(m^3) LPG içersine katılan primer hava oranı yaklaşık olarak $0.50 (m^3/m^3 \text{ gaz})$ olup, $1 m^3$ gaz LPG' nin tam olarak yanabilmesi için $30 m^3$ hava gereksinimi olduğunu dikkate aldığımızda primer hava miktarı ihmal edilebilir.
4. LPG fakirleştiricisi ile çalışırken, kendi kendine alev alma bölgesinden mümkün olduğunca uzakta, emniyetli bir karışım elde edebilmek için, fakirleştirici içersinde fiziksel stoplar bulunmalıdır.
5. LPG' nin fakirleştirilerek kullanılması, saf olarak kullanılmasına oranla daha fazla avantajlara sahiptir. Bu avantajlardan en önemlisi, LPG içersine hava katılarak, oluşturulan karışımın yoğunlaşma noktasının, saf LPG' nin yoğunlaşma sıcaklığının altına çekilebilmesidir.
6. Fakirleştirme sistemi, dinamik bir sistem olup, işletmeye istenilmeyen niteliklerde yanamayacak bir LPG-hava karışımının gitmemesi için, sistemde üzerinde sürekli bir kontrol mekanizması bulunmalıdır.
7. LPG ile havanın karıştırılması esnasında, karıştırma valfine birim zamanda giren gaz fazında LPG ve hava' nın birbirine göre fark basınçları gözetlenmeli, belirlenecek bir sınır değerinin aşılması durumunda işletmeye giden karışımın kalitesi açısından sistem durdurulabilmelidir.
8. Fakirleştiricide hazırlanan karışım, işletmeye gönderilmeden evvel, kontrollü bir yakma bacasında yakılarak, karışımın istenilen SG, kalorifik değer, WI değerinde olup olmadığı kontrol edilebilir. Aynı zamanda bu yakma bacası, doğalgaz kesilmese dahi, işletme personeli tarafından yapılacak doğalgaz kesinti tatbikatlarında ve eğitim çalışmalarında kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Büyüktür, A. R., (1995), Termodinamik Uygulama Esasları 1, Birsen Yayınevi, İstanbul

Denny, L. C., Luxon, L. L ve Hall, B. E., (1962), Handbook : Butane-Propane Gases, Chilton Company, California

Doğalgaz, LPG, Petrol ve Enerji Dergisi., (Ekim 1999), Teknik Yayıncılık, İstanbul

Hobson, G. D., (1992), Modern Petroluem Technology, The Institute of Petroleum, London, cilt 1-2

LPG Mavi Alev., (Mayıs 2000), Gelişim Matbaacılık, İstanbul

TÜPRAŞ., (1996), Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş. Tanıtım Kitapçığı, İzmit Rafineri Müdürlüğü Eğitim Koordinatörlüğü, Kocaeli

TÜPRAŞ., (1998), Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş. Yıllık Raporu, Tüpraş Genel Müdürlüğü, Kocaeli

Tunalı, N. K ve Aras, N. K., (1987), Kimya Temel Kavramlar, Başarı Yayınevi, Ankara

EKLER

	Sayfa
Ek 1 LPG (Likid Petrol Gazı) ürün özellikleri.....	39
Ek 2 Likid propan ürün özellikleri.....	40
Ek 3 Likid bütan ürün özellikleri.....	41
Ek 4 nBütan molier diyağramı.....	42
Ek 5 iBütan molier diyağramı.....	43
Ek 6 Propan molier diyağramı.....	44



Ek 1

TÜPRAŞ
TÜRKİYE PETROL RAFİNERİLERİ A.Ş
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

CODE NO : TÜPRAŞ – 70

LIQUEFIED PETROLUUM GAS (a)
PRODUCT SPECIFICATION

<u>PROPERTY</u>	<u>GUARANTEE</u>	<u>METHOD (b)</u>
Vapor Pressure, at 100 °F (37.8 °C), psig	150 Max.	NGPA 2140 or ASTM D 1267
Distillation, 95 % Evap, °F (°C)	36 (2.2) Max.	NGPA 2140 or ASTM D 1837
Corrosion, Copper strip at 100 °F (37.8 °C)	No. 1 Max.	NGPA 2140 or ASTM D 1838
Sulfur, grains / 100 Cu.ft., (c) (Mg/M3)	15 (343) Max.	NGPA 2140 or ASTM D 2784 or UOP 9
Free water content	None	Visual (d)

- (a) This product shall be a mixture of hidrocarbons composed predominantly of butanes, butenes, propane and propene.
(b) Natural Gas Processors Association publication 2140 (1962 revision)
(c) On unstenched product.
(d) The presence or absence of water shall be determined by visual inspection of the samples on which the gravity is determined.

Issued : August, 1984

Ek 2

TÜPRAŞ
TÜRKİYE PETROL RAFİNERİLERİ A.Ş
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

CODE NO : TÜPRAŞ – 50

LIQUEFIED PROPANE (a)
PRODUCT SPECIFICATION

<u>PROPERTY</u>	<u>GUARANTEE</u>	<u>METHOD (b)</u>
Vapor Pressure, at 100 °F (37.8 °C), psig	208 Max.	NGPA 2140 or ASTM D 1267
Distillation, 95 % Evap, °F (°C)	-37 (-38.3) Max.	NGPA 2140 or ASTM D 1837
Corrosion, Copper strip at 100 °F (37.8 °C)	No. 1 Max.	NGPA 2140 or ASTM D 1838
Sulfur, grains / 100 Cu.ft., (c) (Mg/M3)	15 (343) Max.	NGPA 2140 or ASTM D 2784 or UOP 9

- (a) This product shall be a mixture of hidrocarbons composed predominantly of propane and/or propylene.
- (b) Natural Gas Processors Association publication 2140 (1962 revision)
- (c) On unstenched product.

Issued : August, 1984

Ek 3

TÜPRAŞ
TÜRKİYE PETROL RAFİNERİLERİ A.Ş
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

CODE NO : TÜPRAŞ – 60

LIQUEFIED BUTANE (a)
PRODUCT SPECIFICATION

<u>PROPERTY</u>	<u>GUARANTEE</u>	<u>METHOD (b)</u>
Vapor Pressure, at 100 °F (37.8 °C), psig	70 Max.	NGPA 2140 or ASTM D 1267
Distillation, 95 % Evap, °F (°C)	36 (2.2) Max.	NGPA 2140 or ASTM D 1837
Corrosion, Copper strip at 100 °F (37.8 °C)	No. 1 Max.	NGPA 2140 or ASTM D 1838
Sulfur, grains / 100 Cu.ft., (c) (Mg/M3)	15 (343) Max.	NGPA 2140 or ASTM D 2784 or UOP 9
Free water content	None	Visual (d)

- (a) This product shall be a mixture of hydrocarbons composed predominantly of butanes and/or butylenes.
- (b) Natural Gas Processors Association publication 2140 (1962 revision)
- (c) On unstenched product.
- (d) The presence or absence of water shall be determined by visual inspection of the samples on which the gravity is determined.

Issued : August, 1984

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	01.09.1976	
Doğum yeri	Çamoluk / Giresun	
Lise	1990-1993	Kadıköy Mehmed Bayazıd lisesi
Lisans	1994-1995	Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fak. Mak. Müh. Bölümü (1. Sınıf)
	1995-1998	Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Müh. Isı-Proses bölümü. 2.3.4. Sınıflar (ÖYS sınavı ile geçiş)
Yüksek Lisans	1998-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Makina Müh. Ana Bilim Dalı Isı Proses Programı

Çalıştığı Kurumlar

1996-1997	KLM Isı Sistemleri Ltd. Şti. (Part-time)
1997-1998	Bariş İnşaat Tesisat Taahhüt San. Tic. Ltd. Şti.
1999-2001	Milangaz LPG Dağıtım Ticaret ve Sanayi A.Ş.
2002-Devam ediyor	Çukurova Isı Sistemleri San. Tic. Ltd. Şti.