

# LPG ve LPG'nin Tesisatlarda Kullanım Özellikleri

Mesut Mumcu; Mak. Yük. Müh.

## ÖZET

LPG, kalorifik değerinin ve yanma veriminin diğer yakıtlara oranla daha yüksek olması, Dünyada gün geçtikçe kullanımın yaygınlaşmasına yol açmaktadır. Ayrıca LPG'nin sanayide, özellikle proseslerde, konut ve villalarda ısıtma amaçlı kullanımının yanında, son yıllarda otogaz olarak adlandırılan, otomobillerde alternatif yakıt olarak kullanılması, dikkatlerin LPG'ye yönelmesini daha çok sağlamıştır. Bu makalede LPG'nin tüm avantajlı yönlerine karşılık dökme gaz olarak tanklarda kullanılması ve depolanması esnasında ne gibi kurallara bağlı olduğu açıklanmaya çalışılmıştır. Bu kurallar tüketicilerin can ve mal güvenliğini korumak için konulmuştur. Kurallara uygun kullanıldığında emniyetli, çevreci ve kullanımı kolay bir yakıttır.

## LPG & Characteristics of Installation in LPG Usage

### ABSTRACT

The higher level of calorific value and combustion efficiency of LPG in comparison with the other fuels provides a great advantage for the prevalence of LPG usage. Besides that; its usage for heating in industry especially in processes, in residences and villas and its being an alternative fuel for autos which has been called autogas in recent years led LPG gain more attention. In this article, the LPG's positive properties and the rules that should be obeyed in using and storing LPG as bulk gas in tanks, are tried to be explained. The rules are set to protect the safety of consumers. If LPG is used appropriately, it is a safe, environmentalist fuel which is very easy to use.

### 1. Giriş

Petrolün bir türevi olan LPG (liquefied petroleum gases-Likit 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.

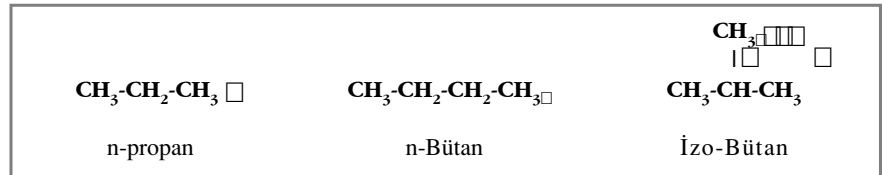
1970'li yılların başından itibaren büyük sanayi kuruluşlarının enerji ihtiyacını büyük dökme gaz tesisleri ile sağlayan LPG, 1990'lı

yılların başlarından itibaren doğal gaz kullanımının yaygınlaşması paralelinde küçük tanklı LPG uygulamaları ile önce sanayide daha sonra konutlarda yaygın olarak tercih edilmeye başlanmıştır. Dökme LPG uygulamasındaki büyük kullanıcı kitlesi LPG'yi, ısıtma, pişirme, proses ve enerji ihtiyacı olan her yerde kullanmaktadır. Çevre dostu bir gaz yakıt olan LPG son yıllardaki hızlı gelişimine paralel olarak yeni bir ürün olan otogaz ile de akaryakıt pazarında yerini almıştır.

### 2. LPG'nin Tanımı ve Elde Edilişi

Ham petrolün damıtılması sırasında elde edilen Bütan, Propan ve İzobütan gazlarının karışımından ibaret, alt ısı değeri 11.200 kcal/kg. olan ve % 90-92 verimle yakılabilen bir yakıttır. Bu gazlar kritik sıcaklıklarına göre belli basınç altında sıvılaştırılmış petrol gazlarıdır. LPG Dünyada ilk defa İngiltere'de 1810 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra Amerika'da 1910-1920 seneleri arasında kullanılmıştır.

LPG fiziksel özelliklerinden dolayı sıvı şeklinde özel olarak tasarlanmış tüplerde veya tanklarda depolanır. Konutlarda tüplü veya küçük tanklı olarak, sanayide ise büyük veya küçük tanklı olarak depolanıp, kullanılmaktadır. Şu anda ülkemizde LPG ticari olarak karışık LPG (% 70 Bütan ve % 30 Propan) ve yalnızca Propan olarak piyasaya sürülmektedir. LPG'nin tanklı olarak kullanılması hali, Dökme LPG olarak tanımlanmaktadır. LPG'yi oluşturan kimyasal gazlar Şekil-1'de verilmiştir.



Şekil-1. LPG'yi oluşturan gazlar

LPG ayrıca daha az miktarda propilen ve Butilen gazlarını da ihtiva etmektedir. LPG iki yoldan elde edilmektedir:

- Tabii gazlardan; hafif olan Metan, Etan gazlarının daha ağır olan Propan, Bütan gazlarından kompresyon yolu ile ayrılması,
- Rafinerilerden; hampetrolün rafinerizasyonu esnasında, Propan, Bütan, İzobütan gazlarının karışımından elde edilir.

### 3. LPG'nin Özellikleri

LPG rensiz, kokusuz, yanıcı ve parlayıcı bir madde olup normal şartlarda gaz olan organik kimyasal maddedir. Basınç altında likit halinde bulunur, atmosfer basıncında buharlaşma yoluyla gaz fazına dönüşür. Havadan daha ağırdır. Buharlaştıran LPG'nin hava ile belirli oranlarda karışımı patlayıcı özellik kazanmasına yol açar, suda çok az çözünür. LPG buharının çok az narkotik etkisi vardır. Rutubetli ortamlarda buharlaşan LPG karakteristik olarak bir sis tabakası oluşturur.

Bütan ve Propan belli oranlarda karıştırılarak LPG halinde kullanılabilir duruma getirilir. LP Gazları merkaptan (R-SH) organik kükürt bileşikleri ile kokulandırılmıştır. Buradaki amaç, gazın ortamdan tehlikeli olabilecek oranda karışmadan farkedilmesi içindir. LPG zehirli değildir fakat buldukları ortamda havadan ağır olması nedeniyle havanın oksijeniyle yer değiştirerek ortamda oksijensizliğe yol açar, bundan dolayı ölüme sebep olabilir. Kapalı ortamlarda (özellikle şofben kullanılan ortamlar) diğer bir etki de yanan gazların yanma sonucu CO<sub>2</sub> gazı çıkarmaları ve bunun sonucunda da düzensiz yanmaya dönüşerek CO gazı çıkarmalarıdır. Bu da zehirli bir gaz olup bu olay kamuoyunda genellikle "Şofben Zehirlenmesi" olarak adlandırılmaktadır. Kapalı bir ortamda % 10 oranında LPG bulunursa 2 dakika içerisinde baş dönmesi ve mide bulantısı olur. Ortamda bulunan kişi oksijensiz kalacağı için boğularak ölebilir. Bunun yanısıra ortamda yanan gaz içerideki oksijeni de bitirecektir.

LPG kapalı ortamlarda patlayıcı özelliğe sahiptir. Hava ile yanıcı gaz, buhar ve tozlar sadece belli bir konsantrasyon aralığında patlayabilir. Oksijen miktarının çok yüksek olduğu (çok

LPG ÖZELLİKLERİ	BİRİM	PROPAN	İZO BÜTAN	n.BÜTAN
<b>Kimyasal Formülü</b>		<b>C<sub>3</sub>H<sub>8</sub></b>	<b>C<sub>4</sub>H<sub>10</sub></b>	<b>C<sub>4</sub>H<sub>10</sub></b>
Molekül Ağırlığı	gr/mol	44,09	58,18	58,12
Normal Kaynama Noktası	°C	-42	-11,7	-0,5
Sıvı Özgül Ağırlığı	kg/lt	0,508	0,563	0,584
Gaz Özgül Ağırlığı	kg/Nm <sup>3</sup>	2,02	2,67	2,7
Sıvı Özgül Isısı (15 °C'de)	kcal/kg/°C	0,57	0,55	0,54
Gaz Özgül Isısı (15 °C'de)	kcal/kg/°C	0,39	0,375	0,38
Buharlaşma Gizli Isısı	kcal/kg	90,5	85	92
Buharlaşma Basıncı 15 °C'de	bar	6,51	0,82	1
Buharlaşma Basıncı 50 °C'de	bar	17,5	4,1	4,5
Alt ısıl değeri (Sıvı)	kcal/kg	11.100	10.800	10.900
Alt ısıl değeri (Gaz)	kcal/Nm <sup>3</sup>	22.200	29.510	29.000
Hacim Oranı (Gaz/Sıvı)		272	238	238
Tam Yanma İçin Gerekli				
Hava Miktarı	Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup>	24	31	31
Tutuşma Sınırları (Karışımdaki				
LPG Yüzdesi) Havada	%	2,0-9,5	1,5-8,5	1,5-8,5
Tutuşma Sınırları (Karışımdaki				
LPG Yüzdesi) Oksijende	%	2,5-48	1,3-47	1,3-47
Tutuşma Sıcaklığı, Havada	°C	510	460	430
Tutuşma Sıcaklığı, Oksijende	°C	490	430	400
Maksimum Alev Sıcaklığı, Havada	°C	1925	1900	1895
Maksimum Alev Sıcaklığı, Oksijende	°C	2850	2850	2850
Maksimum Tutuşma Hızı, Hava ile	cm/s	42	39	32
Maksimum Tutuşma Hızı, Oksijen ile	cm/s	450	370	370
Kükürt Miktarı	mgr/m <sup>3</sup>	Max 343	max 343	max 343
Yanma Ürünleri içerisindeki				
Azami CO <sub>2</sub> Değeri	%	13,8	14,1	14,1

Not: Yukarıda verilen değerler yaklaşık değerlerdir.

fakir karışım) veya yakıtın fazla olduğu (zengin karışım) durumlarda patlama olması mümkün değildir. Bu limitler patlamanın alt ve üst sınırları olarak tanımlanırlar. Burada patlama sınırı alt limit olarak % 1.9 ile üst limit % 9 arasında bulunmaktadır. Alev alıcı sıvılar ve gazlarla birlikte, patlama limitleri ve patlama aralığını belirlemek mümkündür. Patlama sınırları (limitleri) tanımı alevin gitgide genişlediği oksidantla (havaıyla) toz veya gazın konsantrasyonu aralığını ifade eder. Patlama aralığı, en üst patlama limiti ve en düşük patlama limiti arasındaki alan olarak tanımlanır.

#### 4. LPG'nin Kullanılma Alanları

##### a) Konutlarda

Müstakil konut ve villalar, toplu konut ve siteler

##### b) Turizm Sektöründe

Oteller, tatil köyleri, dinlenme tesisleri, restaurantlar

##### c) Sanayi İşletmelerinde

Döküm, metal işleri ve ısıl işlem, kimya ve plastik, kojenerasyon, boyahaneler, seramik, porselen ve cam, tekstil, klimalar

##### d) Tarım ve Hayvancılıkta

Tavuk çiftlikleri, tahıl kurutma, mezbahalar, seralar

##### e) Gıda Sektöründe

Yemek fabrikaları, mandıralar, unlu mamuller ve ekmek fırınları

##### f) Taşıtlarda

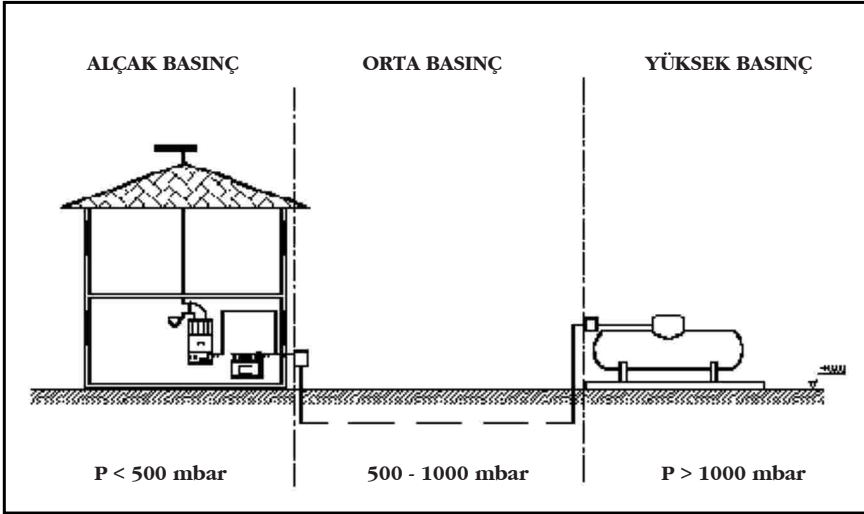
Otomobil, otobüs, kamyon, forklift, çeşitli iş makineleri

Yukarıdaki uygulamalarda LPG ısıtma, sıcak su, pişirme, iklimlendirme, elektrik, buhar ve sıcak hava temini, kurutma gibi birçok prosesi gerçekleştirmede yaygın olarak kullanılan bir yakıt olarak kullanılmaktadır.

#### 5. LPG Boru Tesisatları

##### a) Tesisatlarda Basınç Sınıfları

Bir dökme LPG tesisinde gaz, tanktan yüksek basınçta çıkar; birinci kademe regülatörde basıncı düşürülerek orta basınç seviyesinde bina duvarındaki servis kutusuna kadar gelir (Şekil-2). Kutu içinde basınç ikinci kez düşürülerek alçak basınç seviyesinde bina içine girer. Ancak sanayi tesislerinde ihtiyaca bağlı olarak, bina içinde "orta basınç" değerlerinde gaz kullanılabilir.

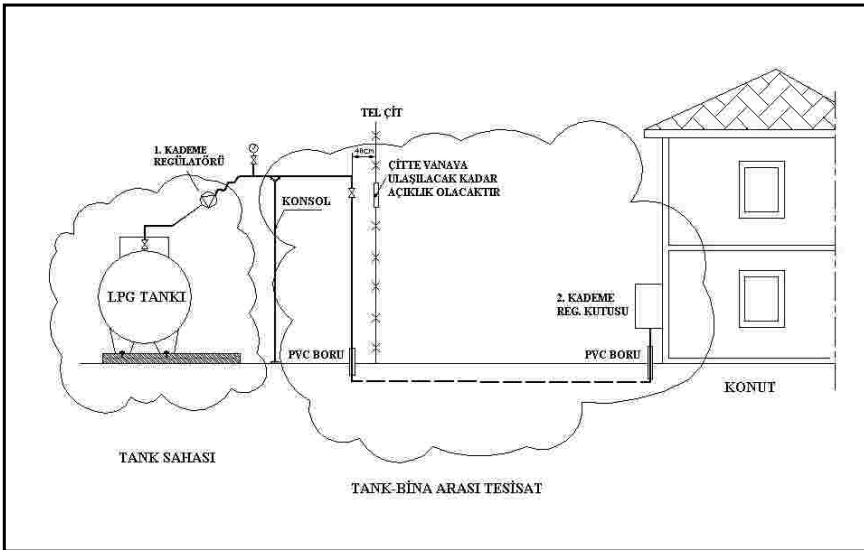


Şekil-2. Tesisat basınç sınıflarının şematik gösterimi

### b) Tesisatlarda Güzergah Seçimi

Boru hattı mümkün olduğunca düz, az dirsekli ve mutlaka emniyetli bir şekilde seçilmeye çalışılmalıdır. Gaz hattının geçeceği yerlerin belirlenmesinde aşağıdaki konular gözönüne alınmalıdır (Şekil-3).

- Hat, çalışan makineler (vinç, forklift vb.) tarafından mekanik hasara uğramayacak şekilde çekilir.
- Boru hattı titreşim ve darbe etkisinde bırakılmaz.
- Tesisat üzerinde yeterli şekilde destek ve askı yapılması sağlanır.
- Yüksek sıcaklığa maruz, aşırı nemli veya asidik olmayan alanlardan geçirilir.
- Diğer akışkan taşıyan hatlardan ve elektrik hatlarından boru çapı kadar açıktan geçirilir (Paralel veya kros).
- LPG hattı, yanıcı, parlayıcı akışkan elektrik hatlarının altından ve yeterince uzak geçirilir.
- LPG boru hattı, drenaj kanalı, kanalizasyon, yangın merdiveni, havalandırma bacası, asansör boşluğu gibi yerlerden geçirilmemesi sağlanır.
- Dilatasyon bölgelerinde esnek bağlantı kullanılır..



Şekil-3. Tank bina arası tesisatın şematik gösterimi

- Acil durum vanalarına kolay ulaşılacak önlemler alınır.
- Korozyona karşı boyanarak korunmalı, bakım ve onarım için yeterli yer bırakılmalıdır.

Binaların dışındaki boru donanımı yeraltında veya yer üstünde veya kısmen de yeraltında tesis edilebilir. Yerüstünde kullanılan boru donanımı iyice desteklenmiş ve fiziki hasarlara karşı korunmuş olarak tesis edilirler. Cadde ve sokak altlarına tesis edilen boru donanımının araç hasarlarına karşı korunması için de gerekli tedbirler alınır. Metalik olmayan boru donanımı, boru bağlantı parçaları dahil olmak üzere, zemin seviyesinden en az 460 mm derinlikte, altı ve üstü kumla kapatılmış durumda ve bina dışına tesis edilirler. Yeraltı boru tesisatının, herhangi bir kazı veya tadilat çalışmasında hasar görmemesi için tesisatın yerini gösteren kılavuz ikaz bantları kullanılmaktadır. Boru ve donanımı 300 mm'den daha derine tesis edilemiyorsa hasarlara karşı gerekli tedbirler (üzerine köprü vb. yapmak) alınması gerekmektedir.

Yeraltına tesis edilen çelik boru donanımı toprak özellikleri dikkate alınarak korozyona karşı korunmaları (örneğin Katodik Koruma) sağlanır.

Ülkemizin % 98'inin deprem etkisi altında olduğu düşünülerek zemin hareketlerine karşı tank çıkış ve cihaz bağlantılarında esnek bağlantı elemanı kullanılması teknik emniyet için son derece zorunlu bir kuraldır. Dahili tesisat boruları mutlaka sıva üstü olmalı ve gerektiği yerlerde koruma altına alınmalıdır.

### c) Boru Malzemesi

LPG tesisatında kullanılacak borular çelik, bakır ve yüksek yoğunluklu polietilen borulardır.

**Likid Hattı:** Sadece kabul edilebilir et kalınlığındaki çelik çekme boru kullanılabilir. Söz konusu boruların kullanıldığı yerler Tablo-1'de gösterilmiştir. Zorunluluk halleri dışında bağlantılar kaynaklı veya flanşlı olmak zorundadır.

Boru Cinsi	Toprak Üstü			Toprak Altı		
	Likit Fazı	Gaz Fazı		Likit Fazı	Gaz Fazı	
		P>2 bar	P<2 bar		P>2 bar	P<2 bar
Çelik Çekme Boru	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Doğalgaz Borusu	Hayır	Hayır	Evet	Hayır	Hayır	Evet
Bakır Boru	Hayır	Hayır	Evet	Hayır	Hayır	Hayır
Polietilen Boru	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet

**Tablo-1.** Basınç ve Faza Bağımlı Olarak Kullanılacak Boru Tipi Tablosu

**Gaz Hattı:** Alçak basınç bölgesinde çelik veya koruyucu önlemleri almak kaydıyla, bakır boru, orta basınç bölgesinde çelik boru veya TSE 10827'e uygun polietilen (HDPE 80, SDR11) boru, yüksek basınç bölgesinde ise mutlaka dikişsiz çelik boru kullanılmalıdır. Yüksek yoğunluklu polietilen borular sadece toprak altı ve bina dışında 2 bar'dan düşük yerlerde kullanılabilir.

**Tehlike Bölgeleri:** Patlayıcı gazın hava ile karışması ve dolayısıyla patlama yapması riskine göre bir tesiste bulunan üç bölge aşağıda verilmiştir:

**Bölge 0:** Patlayıcı gaz/hava karışımının sürekli mevcut olduğu bölgedir. LPG depolama tanklarının iç kısmı bu bölgenin içine girer.

**Bölge 1:** Patlayıcı gaz/hava karışımının oluşabileceği bölgedir. Dispenser, pompa ünitesi, LPG dökme dolun noktası, tank emniyet valfi çıkış ağzı, dreyn çıkış noktası bu bölge içindedir.

**Bölge 2:** Patlayıcı gaz hava karışımının normal şartlarda varolmadığı bölgedir. Elektrik ekipmanları için özel güvenlik önlemi alınmasına gerek olmayan bu bölgeye idari ve yardımcı tesisler girer.

## 6. Tesisatlardaki Elektrikli Cihazlar

Ex-mahal tanımlarındaki bölgelerde (Bölge 0,1) kullanılacak elektrikli cihazlar exproof olmalıdır. Patlayıcı ortamlarda çalışabilir cihazların genel tanıtımı için kullanılan sembol "**Explosion-proof**" kelimesinin kısaltılması olan (Ex) dir. Bu tanıtım sarı zemin üzerine siyah harflerle yazılabildiği gibi kare ve daire içerisine alınarak çerçevelenebilmektedir.

Koruma tiplerini tanıtan harfler aşağıda gösterilmiştir:

- (d) alev sızdırmaz
- (i) kendiliğinden emniyetli
- (e) arttırılmış emniyetli
- (o) yağa daldırılmalı tip
- (p) basınç korumalı
- (q) kuma daldırılmalı tip
- (s) özel korumalı tip
- (m) protolinli koruma
- (n) kıvılcımsız tip koruma

Sembol ve koruma tipleri elektrikli cihazlar üzerindeki etikette bulunmaktadır.

## 7. Genel Güvenlik Kuralları

**Tel Çit:** Bütün toprak üstü tanklar tel çit ile çevrelenir. Toprak altı tanklarda ise, müstakil parseller üzerinde bulunmayan ve kontrolsüz insan hareketi olan yerlerde tel çit yapılır. Tel çit, en az 180 cm yükseklikte kafes tel örgüden yapılmalı ve tank ile buharlaştırıcı arasındaki mesafenin ekipmanlara rahat ulaşılabilmesi açısından en az 1 m. olması sağlanmalıdır.

**İkaz Levhaları:** Tel çit üzerine her yönden görülebilecek "**YANICI MADDE**", "**ATEŞLE YAKLAŞMA**" ve "**SİGARA İÇİLMEZ**" ikaz levhaları konulmalıdır. 10 m<sup>3</sup>'den büyük tanklarda mevcut ikaz levhalarına ilave olarak "**TANKER DOLDURMA BOŞALTMA TALİMATI**", "**İLGİLİDEN BAŞKASI GİREMEZ**", "**LPG**" ikaz levhalarının asılması sağlanmalıdır.

Yer üstü tanklarının üzerinde yanıcı madde sembolü bulunmalıdır. Buharlaştırıcı odalarının dışına, "**İLGİLİDEN BAŞKASI GİREMEZ**", "**LPG**", "**TEHLİKELİ VE YANICI MADDE**" ve "**ATEŞLE YAKLAŞMA**" levhaları konulmalıdır.

**Kesici Vana:** LPG tesisatı üzerinde bina girişinde kesici vana konulmalı; tel çit çıkışında ise kesici vana konulmalıdır.

**Yangın Söndürücüler:** Hacmi 10 m<sup>3</sup> ve daha düşük olan tanklarda en az 2 adet 6 kg'lık kuru kimyevi tozlu TS 862'e uygun yangın söndürücü bulunmalıdır.

Hacmi 10 m<sup>3</sup>'den daha büyük tanklarda TS 862'e uygun, 2 adet 6 kg'lık kuru kimyevi tozlu yangın söndürücü ve arabalı 25 veya 50 kg'lık kuru kimyevi tozlu TS 11749' a uygun yangın söndürücü bulunmalı veya TS 862'e uygun, 4 adet 6 kg'lık kuru kimyevi tozlu yangın söndürücü bulunması sağlanmalıdır.

**Yangın Hidrant ve Yangın Dolapları:**Toplam su kapasitesi 15 m<sup>3</sup>'den fazla olan LPG tanklarında aşağıdaki yangın güvenlik tedbirleri alınmalıdır:

Yer üstü tankların toplam dış yüzeyinin her m<sup>2</sup>'si için en az 3 l/dak su ihtiyacını karşılayacak su deposu veya havuzu, yangın pompası, sprinkleri, yangın hidrantları bulunmalıdır. Sprinklerin herbirinin kapasitesi en az 15 l/dak olmalıdır. En az 2 adet yangın hidrantı veya dolabı çapraz şekilde konumlanmalıdır. Her hidrant için de 20 m'lik yangın hidrant hortumu ve lansı olmalıdır. Yangın su havuzunun kapasitesi hesaplanan su miktarını en az 1 saat süreyle karşılayacak hacimde olmalıdır. Burada anılmayan diğer yangın güvenlik kurallarında mecburi yürürlükte bulunan TS 1446'ya başvurulmalıdır.

**Açıkta Kalan Gaz Tesisatı Branşmanlarının Körlenmesi:** İlk gaz açılışlarında veya uzun süreli duruşların gerçekleştiği tesisatlarda, yapılan tesisat fiilen kontrol edilmeli ve uygunluğu onaylanarak dahili tesisata gaz verilmelidir. Dahili tesisatlarda kesinlikle ucu boşta vana veya branşman bırakılmamalı ve körlenmelidir. LPG'nin depolama kuralları ile ilgili daha detaylı bilgi için Türk Standardları Enstitüsü tarafından yayınlanan TS 1446 SIVILAŞTIRILMIŞ PETROL GAZLARI (LPG) DEPOLAMA KURALLARI'na başvurulabilir.

**Zemin Seviyesinin Altındaki Mahallerde Dökmegaz Kullanımı:** LPG'nin havadan ağır bir gaz olması nedeniyle ülkemiz koşullarında toprak altı (zemin seviyesinden düşük mahallerde) LPG tesisat uygulaması önerilmemektedir. Ancak LPG tesisatı bulundurulması zorunluluğu var ise, aşağıdaki önlemler alınmalıdır:

Kazan dairesinde zeminden daha düşük kotta bölgelerin (pis su çukuru, bodrum süzgeci, kanal vb.) bulunmamasına dikkat edilmelidir.

Bina girişinde devre üzerinde normalde kapalı tipte bir solenoid valf bulunmalıdır. Bu valf brülörden kumanda almalı, brülör çalıştığı sürece gaz beslemesini sağlamalı, durunca gazı kesmelidir.

Yerden en fazla 15 cm yukarıda, gaz kaçağı olabilecek bağlantı parçalarının yakınına yerleştirilecek bir alarm cihazı (gaz dedektörü), gaz sızıntısı olduğunda bina dışındaki bu valfi kapatarak gaz beslemesini kesmelidir.

Zemin seviyesi altındaki kazan dairesinde bulunacak LPG boru tesisatının toplam hacmi, oda hacminin % 0,2'sini aşmamalıdır.

Oda çok iyi havalandırılmalı ve havalandırma menfez kesiti 300 cm<sup>2</sup>'den az olmamalıdır. Mekanik havalandırma yapılıyorsa, saatte en az 1,5 kez hava değişimi sağlanmalı ve havalandırma devreden çıktığında gazı kesen bir solenoid vana bulunmalıdır. Hava debisi ile ilgili bir başka kriter ise, kurulu ısıl gücün herbir Kw değeri için min. 0,6 m<sup>3</sup>/h kirli

havanın dışarı atılmasıdır. Taze hava vantilatörü debisi ise her Kw kurulu güç için min.1,6 m<sup>3</sup>/h olmalıdır. Mekanik havalandırma taze hava fanı hem yakma havasını hem de havalandırma havasını temin etmeli. Buna karşılık egzost fanı sadece havalandırma havası kadar havayı dışarı atmalıdır.

Bina dışında kazan dairesinin elektriğini kesen bir ana şalter bulunmalıdır. Kazan dairesi aydınlatma lambaları ise kapalı sistem (etanaj) olmalıdır.

Gaz borusu kazan dairesine kapalı bir mahalden geçerek geliyorsa, borunun bu kısmı daha büyük çaplı çelik bir boru ile korumaya alınmalı ve bu koruyucu borunun her iki ucu sızdırmaz biçimde kapatılmalıdır.

Bu tip kazan dairelerinde çelik çekme boru, SCH 40 veya eşdeğeri çelik borular kullanılmalı, boru birleştirmeleri kaynakla gerçekleştirilmelidir. Mecbur kalınmadığı sürece, dişli bağlantı kullanılmamalıdır.

## 8. Kaynaklar

1. İPRAGAZ A.Ş., Teknik Eğitim Dökümantasyon Notları, 2002.
2. ARATAY, E., 'KOJENERASYONDA ALTERNATİF BİR YAKIT: LPG' 7. Uluslararası Kojenerasyon, Kombine Çevrim ve Çevre Konferansı, İstanbul, 2001

### **Yazar;**

#### **Mesut Mumcu,**

1989 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirdi. Aynı Üniversitenin Isı Proses Dalı'nda Yüksek Lisansını tamamlayarak 1989 yılında Mak. Yük. Müh. olarak mezun oldu. 1990-1993 yılları arasında Endüstriyel armatür imalat ve satışı konularında özel şirketlerde çalıştı. 1993-1995 yılları arasında İstanbul içinde yirmiden fazla endüstriyel tesisin doğalgaz dönüşüm projelendirme ve taahhüt işlerinde görev aldı. Halen İPRAGAZ A.Ş.'de Dökme ve Otogaz Satış Müdürlüğü'nde Teknik Destek Sorumlusu olarak çalışmaktadır.

# Doğal Gazın Sıvılaştırılması

*Kürsat Ünlü; Mak. Yük. Müh.*

**Prof. Dr. Recep Yamankaradeniz;**

*Mak. Yük. Müh.*

## ÖZET

Dünyamızdaki teknolojik gelişmelerin ve hızla artan nüfusun sonucuna paralel olarak enerji tüketimi de sürekli artmaktadır. Artan enerji tüketimi ülke ekonomilerinin giderlerini oldukça arttırdığı gibi çevre kirliliği problemlerini de beraberinde getirmektedir. Bu açıdan enerjinin berrak ve verimli kullanılması berrak de çevre açısından olumsuz etki yaratmayacak çeşitlerinin irdelenmesi gerekmektedir. Kömür ve petrol kullanımının çevreye verdiği zararlar ilgili kaygılar, doğal gaz rezervlerinin kavranmasıyla, doğal gaz kullanımını arttıran yeni teknolojilerle azalmıştır. Bu çalışmada; günümüzün önemli bir enerji kaynağı olan doğal gazın sıvılaştırılması anlatılmış, tarihçesi ve Dünyadaki kullanımına değinilmiştir. Sıvılaştırılan doğal gazın hacmi küçülmekte, kolaylıkla depolanabilmektedir. Bu sayede boru hattı ile taşınmanın mümkün olmadığı, özellikle deniz aşırı ülkelere rahatlıkla ulaştırılabilmektedir.

## Liquefaction of Natural Gas

### ABSTRACT

Energy consumption, parallel to consequences of the technological developments and rapid increase of population is continuously increasing in the world. Increased energy consumption increase the national expenditures fairly and it leads to environmental pollution. For this reason it is varieties which will not effect the environment negatively. Using coal and petroleum leads to environmental damages and this fact causes worries. But now this worries have been decreased by comprehending natural gas reserves and new technologies which increases using natural gas. In this study we have been told liquification of natural gas, history and the using natural gas all

over the world. If the natural gas liquified then its volume decreases therefore it can be stored easily in this condition. when it's not possible to convey it by pipe line, by the liquefaction process it can be transported especially overseas countries.

### 1. Giriş

Doğal gaz milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvan artıklarından oluşmuştur. Yaygın olarak kullanılması 2.Dünya Savaşı'ndan sonraya 1960'lı yıllara rastlar. Yeryüzü kabukları arasına gömülen bitki ve hayvan artıkları basınç ve sıcaklığın etkisi ile kimyasal değişikliklere uğrayarak doğal gazı meydana getirmiştir. Genellikle doğal gaza sıradağ yamaçlarında petrol yatakları ile birlikte veya serbest olarak rastlanılmaktadır. Bugün üretilen doğal gazın yaklaşık %40 kadarı petrol ile aynı yataklardan %60 kadarı ise petrolün bulunmadığı yataklardan sağlanmaktadır. Doğal gaz kullanımının birçok avantajı vardır. Temizdir ve taşınması kolaydır. Doğal gaz öncelikle evlerde ısınma, su ısıtma ve yemek pişirme gibi işlerde kullanılır. Bunlardan başka doğal gaz kimya endüstrisi için önemli bir hammaddedir.

Doğal gazın ilk modern üretim ve tüketim tekniklerine A.B.D'de rastlanılmaktadır. İlkel yöntemlerle çıkarılan bu gaz Freodania şehrinin aydınlatılması için kullanılmıştır. Doğru Ohio Gaz firması Cleveland'da 1941 yılında daha geniş bir LNG tesisini 1,25 milyon US Dolar maliyetle kurdu. 113,000 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli tesisin amacı, gaz periyodu boyunca meydana gelen fazlalık Doğal Gazı sıvılaştırıp depolayarak kış periyodunda pik talebi karşılamaktır. LNG depolama kapasitesi 6800m<sup>3</sup> olup bu miktar 4,25 milyon m<sup>3</sup> doğal gaz hacmine eşittir. Depolama tankları üç adet olup, 17,4 m çaplı küre şeklindedir. Çevresi 915 mm mantar tabakası ile izole edilmiştir. Üç yıl sonra 13,1 m yükseklikte ve 21,4 m çapında silindirik bir tank daha inşa edilmiş ve bu tankta 915 mm kalınlığında asbest ve amyant ile izole edilmiştir. 8 ay sonra bu tank beklenmedik şekilde çökmüş ve LNG tesisi tutuşmuş;

nihayetinde meydana gelen patlama sonucunda 128 kişi ölmüştür. Zarar 7 milyon US Dolar'dı. Çökme nedeni olarak uygun olmayan çelik (%3,5 Niçeliği) kullanımı gösterilmiştir. Bu tesis tekrar kurulmamıştır.

1947 yılında Dallas Dresser Industries L.P.C (Texas) Rusya'da Moskova bölgesi için 127.000m<sup>3</sup> sıvılaştırma ve depolama kapasiteli LNG tesisinin tasarım ve inşasını yapmıştır. Tesis Moskova'da geniş bir depolama tankı olarak kullanılmıştır. 1940-1950 yılları arasında A.B.D'de bir çok sıvılaştırma ve depolama projesi geliştirmiştir. 1955 yılında, Constock Int. Methane L.P.C; LNG'nin okyanusta taşınması ile ilgili bir çok proje ve tasarım çalışması yürütmüştür. İki yıl sonra British Gas Council şirketi Constock Int. Methane şirketi ile anlaşma yaparak Büyük Britanya'da tüketilen gazın %10 kadarını A.B.D'den ithal etmiştir. Lake Charles yakınlarında A.B.D şirketi LNG depolama tesislerini kurdu. İngiliz şirketi ise, Convey Adalarından ithal edilen LNG'nin, boşaltılma ve depolanması için tesisleri kurmuştur.

Yeni bir firma olan British Methane L.P.C, Dünyada ilk kez okyanusta sıvı metan kargo gemisi ile taşıyarak 'Methane Pioneer'ı kurdu. Methane Pioneer okyanusta altı başarılı LNG naklini gerçekleştirmiştir.

1960'lı yıllarda Arzew(Cezayir)'de CAMEL (Campagne Algerienne du Methane Liquide) adlı şirket tarafından Afrika'nın en büyük kapasiteli (4.230.000m<sup>3</sup>/gün) LNG tesisi kurulmuştur. Özellikleri 18,6 MW elektrik üretme santrali, 96.000 m<sup>3</sup> hacminde ısı eşanjörleri, 7,5 m<sup>3</sup>/s debisinde soğutma deniz suyu ve toplam 140 km. uzunluğunda boru hattına sahiptir.1964'ten itibaren LNG, İngiliz 'Methane Princess' ve 'Methane Progress'ile Fransız 'Jules Werne' adlı taşıyıcılar ile Cezayir'den İngiltere ve Fransa'ya taşınmıştır. 1970'li yılların başında 'Esse Petroleum Company' ile ana firma Exxone Company dünyanın ileri gelen taşıma şirketleri arasında yerini almışlardır.

Günümüzde doğal gaz, yakacak ve ham-madde olarak çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Geçmişte, doğal gazın geniş çapta kullanımında karşılaşılan problemler bu mamulün uzun mesafeli taşınmasına ilişkin gerekli teknoloji ve maliyetine ilişkindir. Bu sebepten dolayı, son yıllara kadar tüketim sahaları gaz üretim alanlarına yakın çevrelerde olmuştur. Çeşitli enerji kaynakları arasında doğal gazın Dünya pazarında böylesine önem kazanmasının nedeni diğer fosil kaynaklı enerji türlerine göre çevre kirliliğine çok daha düşük seviyelerde neden olmasıdır; dolayısıyla bu durum nakliye teknolojisinin gelişmesini, gazın kaynağından çok daha uzak coğrafi bölgelerde kullanımını kolaylaştırmıştır. Düşük maliyetli sıvılaştırma işlemi, metan gazının üretim sahalarından sıvı halde (LNG) çok daha uzak bölgelere taşınmasına, aynı zamanda mamulün yeni ve geniş pazarlara girmesine neden olmuştur.

Geniş kullanım alanı bulunan Doğal Gaz atmosferik basınçta  $-160^{\circ}\text{C}$ 'nin altında, soğutulduğu zaman sıvılaşmaktadır. İşin ilginç yanısıdır ki sıvı fazına geçtiğinde hacmi 600 kat küçülmektedir. Bunun sonucunda da Doğal Gaz özel olarak tasarlanmış tankerlerle deniz aşırı ülkelere rahatlıkla taşınabilmektedir. Çünkü boru hatlarıyla Doğal Gazı taşımak, özellikle deniz aşırı ülkelere taşımak her zaman mümkün olamamaktadır. Doğal Gaz tankerlerle taşındıktan sonra, taşınan limanda tekrar gaz fazına geçirilerek kullanım şebekelerine sunulmakta veya likid halde; ileride kullanılmak üzere depolanmaktadır.

LNG'nin uluslararası dolaşımı 1964 senesinde başlamıştır. Deneme döneminin olumlu sonuçlarını takiben, Arzew (Cezayir) sıvılaştırma tesisleri ile Convey Adası (İngiltere) yeniden gazla dönüştürme tesisleri arasında, deniz yolu nakliyesi ile doğal gaz temini sağlayan anlaşma imzalanmıştır. Bunun akabinde, çeşitli Avrupa ülkelerine LNG temini için, Libya ve Cezayir'de halen çalışmakta olan tesislerin inşaat projeleri başlamıştır. 1969 yılında Japonya, Alaska'dan LNG teminine başlamıştır. Sıvılaştırma ve

yeniden gazla dönüştürme tesislerinden başka, Peak Shaving adı altında, bünyesinde hem sıvılaştırma hem de yeniden gazla dönüştürme ünitelerini bulduran tesisler mevcuttur. Gaz dağıtım hatlarına bağlı bu tesisler, tüketimin düşük olduğu dönemlerde gazı sıvılaştırarak depolama yoluna giderler. Tüketimin yüksek olduğu dönemlerde ise sıvının tekrar gazla dönüşümü ile dağıtım hattına verirler. LNG'nin enerji kaynakları pazarındaki konumu, hedef alınan pazarın özel konumuna göre değerlendirilir. Amerika Birleşik Devletleri'nde 80'li yılların başında beliren talep fazlası üretim, LNG teminini ekonomik kılmıştır. Herşeye rağmen gaz tüketimindeki artış ve her geçen gün enerji kaynaklarının azalması LNG'nin yüzyıl sonunda yeniden cazip hale gelmesine neden olmuştur. Uzak Doğuda Doğal Gaz pazarı tamamen Japonya'nın tümü LNG tüketimine bağlı ithalatı ile yönelir. Son yıllarda LNG talebi çok büyük miktarda artmıştır ve bu talebin %75 gibi büyük bir kısmı elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Mevcut sıvılaştırma tesislerinin üretim kapasiteleri ve gerçekleşmekte olan yeni projelerin üretim kapasiteleri, yüksek gelişme hızı gösteren Güney Kore ve Çin gibi ülkelerin taleplerini karşılamayabileceklerdir.

Son yıllarda LNG pazarında Avrupa'nın durumu değişmemiştir. Yürürlükte olan gaz temini anlaşmaları gazla dönüşüm tesislerinin üretim kapasitelerine bağlı olarak aralıklı diğer takviyelerle desteklenmektedir. Politik durumlardaki değişimler, LNG'nin gelişen ülkelerde elektrik enerjisindeki ve güncel yaşamdaki kullanımının artması ve çevreyle ilgili gelişen duyarlılık, boru hatlarıyla taşınmanın yetersiz kalmasına sebep olabilecektir. Bu ise LNG temini için cazip bir ortam oluşturacaktır.

Ülkemizde de Doğal Gaz arz kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve güvenliğinin sağlanması amacıyla Botaş LNG satın alımı çalışmalarına 1984 yılında başlamıştır. Yapılan ön fizibilite raporu olumlu çıktığı görülmüş, yer seçimi ve tesisin avan projesinin hazırlanması için M.LNG.Kellogg (İngiltere) firması ile

27.09.1985 tarihinde sözleşme imzalanmıştır. Yer seçimi ile ilgili çalışmalar sonucunda LNG ithal terminal sahası olarak Marmara Denizi'nin kuzey kıyısında, İstanbul'dan 95 km. uzaklıkta Marmara Ereğlisi'ndeki bölge uygun görülmüştür. Ülkemizde de doğal gazın temin kaynaklarının çeşitlendirilmesi, mevsimlik (kış-yaz) talep farklılıklarının giderilmesi ve doğal gaz arz güvenliğinin ve esnekliğinin artırılması için hem de gerektiğinde devreye sokulmak üzere Marmara Ereğlisi'nde bir LNG ithal terminali yapılmıştır. Terminalin toplam maliyeti yaklaşık 217,8 milyon US Dolar'ıdır. Doğal Gaz atmosferik basınçta  $-160^{\circ}\text{C}$ 'nin altında soğutulduğu zaman sıvı fazına geçmekte; hacmi 600 kere daha küçüldüğü için özel olarak imal edilmiş gemilerle kolaylıkla taşınabilmektedir. LNG (Liquified Natural Gas)'nin tipik özellikleri şunlardır.

- \* Renksizdir.
- \* Kokusuzdur.
- \*  $-160^{\circ}\text{C}$ 'de 1013 mbar basınçtır.
- \* Yoğunluğu  $460 \text{ kg/m}^3$ 'tür.
- \* Üst ısı değeri  $25,2 \times 10^6 \text{ kg/m}^3 = 6,03 \times 10 \text{ kcal/m}^3$  tür.
- \* Buharlaştırma ısısı  $501,6 \text{ kg/kg} = 120 \text{ kcal/kg}$ 'dir.
- \* Bileşimindeki maddeler;  
%96  $\text{CH}_4$ , %6  $\text{C}_2\text{H}_6$ , %2  $\text{C}_3\text{H}_8$ , %  $1\text{C}_4\text{H}_{10}$ , %0,5  $\text{N}_2$ 'dir.

Doğal Gazın sıvılaştırılması sonucu elde edilen LNG bize çok çeşitli avantajlar sunmaktadır. Bunları şöyle sıralayabiliriz.

- a) Doğal Gazın LNG'ye dönüştürülmesi sırasında tümden artırılması gereklidir. bu sebepten dolayı LNG daima temiz bir yakıttır
- b) Boru hattı ile doğal gaz taşınmasındaki mesafe ve coğrafi sınırlar LNG taşımacılığında önemli değildir. Günümüzde Cezayir'den A.B.D'ye, Japonya'ya LNG nakledilmektedir. Aynı nakliye işlemi doğal gaz boru hattı ile yapmak mümkün olmamaktadır.
- c) Boru hattı ile doğal gaz taşımacılığında çoğu kez boru hattının çok ve çeşitli ülkelerden geçmesi gerekirken LNG'de böyle bir problem yoktur.

d) Doğal Gaz kullanan ülke, boru hatları ile taşımacılığa karşın komşu ülkelerden geçen boru hattı dışında alternatif bir arz kaynağına sahip olabilmektedir.

e) LNG depoları doğal gazın depolanmasına belirli sınırlarda alternatif olabilmektedir.

f) LNG işlemleri büyük yatırım gerektirirler. Bu, gazın fiyatının artmasına neden olurken, alternatif yeni kaynak bulma ve gaz depolaması yönünden önemli yarar sağlar.

Metan taşıyıcılar zincirinin bir halkası olarak düşünülmelidir. Besleme terminalinde Doğal Gaz kaynakları, sıvılaştırma tesisi ve depo-lama imkanı ile yeniden gazlaştırma ve gaz depolama imkanlarını ihtiva eder. Gemide, depolamada LNG tanklarının tasarım ve konstrüksiyonu tasarımında gelişen yeni teknikler, kesinlikle gelecekte LNG'nin deniz yolu ile taşınması kadar kara yolu ile taşınmasını da cazip kılacaktır.

Dünyanın en büyük LNG tüketicisi olan A.B.D ile Fransa, İtalya ve İspanya 1971 sonundan beri Libya'dan LNG ithal etmektedir. Metan tanker kapasitesi 120.000 m<sup>3</sup> olup yılda 1 milyar m<sup>3</sup> LNG Cezayir'den A.B.D'nin doğu kıyılarına taşınmıştır. Bu değer ısıl kapasite olarak 1.000.000 ton sıvı benzin taşınmasına eş değerdir.

A.B.D, Japonya ve Avrupa ülkelerine 1975 yılı sonlarına kadar Cezayir, Libya ve Brunei'den gaz ithal edilirken bugün bu ihraç eden ülkelere Katar, İran, Venazuella, Avustralya, Birleşik Devletler Topluluğu, Sibiryaya Bölgesi, Nijerya ve Endonezya da katılmıştır.

LNG'nin birçok kullanım alanları vardır. Gaz türbinleri, uçak sanayi, özellikle helikopterler için jet yakıtı olarak, otomotiv sanayi, soğutma sanayi alanlarında kullanılabilmektedir.

Doğal gaz için 1 bar basınçta çığ noktası -159°C olup sıvılaştırma için doğal gazın sıcaklığının en az bu sıcaklığa kadar düşürülmesi gerekir. Bu amaçla kullanılacak eşanjör ve makinelerin verimleri ile ekonomiklik göz önüne alındığında 60°C-90°C üzerindeki sıcaklık farklarında tek kademeli soğutma yapmak uygun değildir. Dolayısıyla kademeli soğutma yapmak gerekmektedir. Bir gazın sıvılaştırılması için onun çığ noktası sıcaklığı altına düşmek gerekmektedir. Pratikte ucuz olduğundan soğutma amacıyla ya çevre havası ya da su kullanılır. Ortam sıcaklıklarından daha düşük sıcaklıklarda evaporatif soğutma söz konusudur. Sıcaklık farkı büyüdüğünde bu işlem kademeli olarak yapılır. Pratikte kullanılan doğal gaz sıvılaştırma sistemleri üç ana grupta toplanabilir.

## 2-Kaskad Soğutma Sistemleri

**a) Klasik Kaskad Soğutma Sistemleri:** Soğutma amacıyla kademeli soğutma yapılan ve her kademede ayrı akışkan ve ayrı devrenin kullanıldığı sistemdir.

**b) Karışmış Akışkanlı Kaskad Soğutma Sistemleri:** Soğutmanın kademeli yapıldığı ancak soğutma amacıyla kullanılan farklı akışkanların karışmış olarak bulunduğu soğutma sistemleridir.

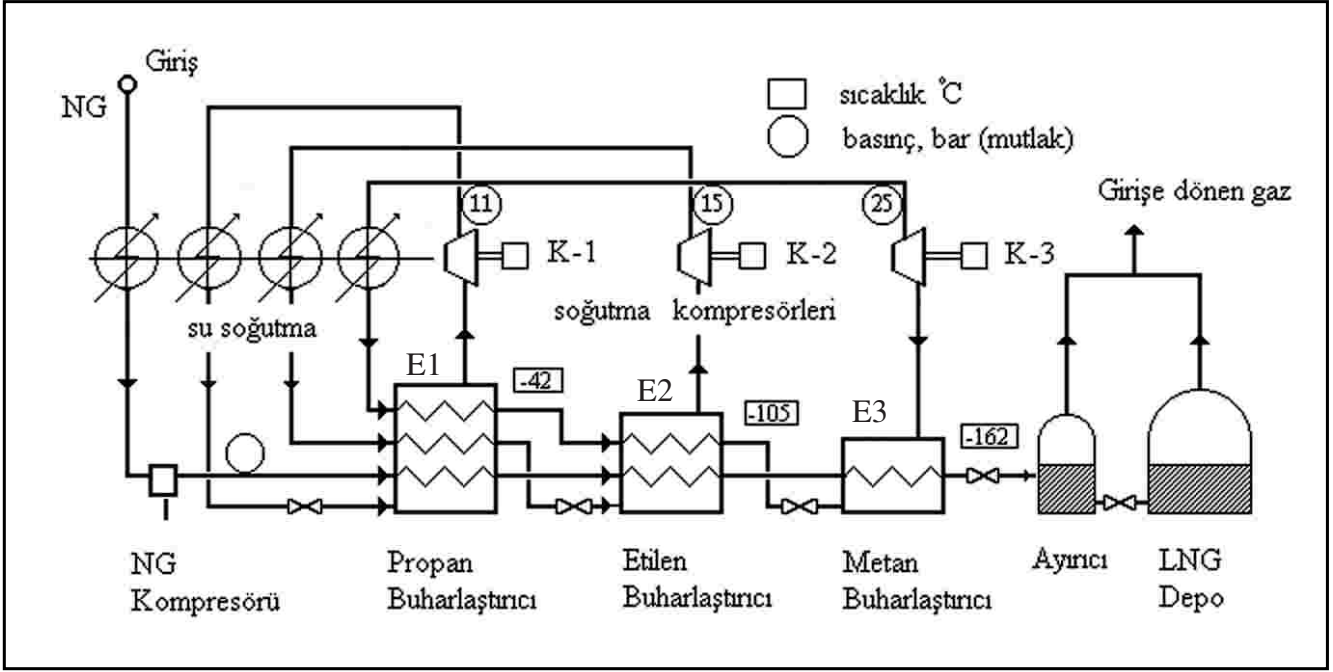
**c) Tek Akışkanlı Kaskad Soğutma Sistemleri:** İkili yada tek akışkanlı kademeli soğutma yapılan açık yada kapalı devreli soğutma sistemleridir.

**3-Türbinle Genleşme Esaslı Soğutma Sistemleri:** Tek ya da çok akışkanlı, kademeli soğutma yapılan genleşmenin türbinde yapıldığı ve alınan işin kullanıldığı soğutma sistemleridir.

**4-Stirling Çevrimi Esaslı Soğutma Çevrimleri:** Sıvının buharlaşması ile düşük sıcaklıkta çekilen ısının sıkıştırma ve sıvılaşma ile yüksek sıcaklıkta atılması şeklinde gerçekleşir. Verimi arttırmak için bir rejeneratör kullanılır. Bu tür soğutma çevrimleri daha küçük kapasiteli doğal gaz sıvılaştırma sistemlerinde kullanılmaktadır.

Bir sıvılaştırma sistemi seçilirken bazı kriterler ele alınır. Bu kriterlere bağlı olarak LNG sistemi tercih edilir. Bu kriterlerden en önemli olanlarını şu şekilde sıralayabiliriz.

- \* LNG sisteminin depolama ünitesine ya da taşıma hattına olan uzaklığı,
- \* LNG için olan talebin sürekliliği, maksimum ve minimum talep ile uzun süreli talep yükleri,
- \* LNG için olan taleplerin kesinlik bakımından güvenilirlik durumları,
- \* LNG bileşimi ve düşünülen fiyat,
- \* LNG için düşünülen kapasite ve debi,
- \* LNG ve gazlaştırma tesislerinin konumu, yer veya bölgenin imkanları. Bu ana kriterlere



Şekil-1. Basit Klasik Kaskad Soğutma Çevrimi

ve varsa diğer kısıtlayıcı parametrelerde göz önüne alınarak uygun bir LNG sistemi seçilir. Aşağıdaki bölümde bu sıvılaştırma metodlarından; Klasik Kaskad Sistemleri anlatılmıştır.

##### 5. Klasik Kaskad Sistemleri

Klasik kaskad sistemlerinde soğutucu akışkan olarak birden fazla akışkan kullanılır. Kompresör kapasitesi ve ısı eşanjörlerinin verimi ile yatırım masraflarına bağlı olarak kademe sayısı, akışkan cinsi ve sayısı belirlenir. Her bir akışkan ayrı bir kapalı devre şeklinde tek kademeli ya da birkaç kademeli olarak uygun sıcaklık ve basınç aralığında çalışır. Akışkan grubu olarak üçlü kademede sırasıyla propan-etilen-etan, amonyak-etilen-metan veya freon 22-freon 13-metan soğutucu akışkan grubu seçilebilir. Akışkan grubu seçildiğinde diğer çalışma parametreleri hemen hemen belirlenmiş demektir. Propan-etilen-metan soğutuculu klasik kaskad devresi için basit bir şema Şekil-1'de gösterilmiştir.

Yabancı bileşenlerinden ayrıştırılarak gelen Doğal Gaz su ile ön soğutma yapıldıktan sonra E1 eşanjörüne gelir. E1 eşanjöründe propan gazı ile -40°C'ye kadar soğutma yapılmaktadır. E1 eşanjöründe ısı çekerek buharlaşan propan K1 kompresöründe 11 bar basıncı civarına sıkıştırılıp su ile

soğutulduktan sonra 1 bar basınca kadar kısılarak E1 eşanjörüne döner ve propan çevrimi tamamlanmış olur. 3,5 bar civarında olan Doğal Gaz -40°C'ye E1 eşanjöründe soğuduktan sonra E2 eşanjörüne gelir ve burada etilen çevriminde -100°C sıcaklığa kadar soğur. E2 eşanjöründe etilen bulunmaktadır. Burada ısı çekerek buharlaşan etilen K2 kompresöründe 15 bar basınca kadar sıkıştırılır. Buradan E1 eşanjörüne gelir ve burada ön soğutmaya uğradıktan sonra 1 bar basınca kısılarak E2 eşanjörüne döner ve bu şekilde etilen çevrimi tamamlanmış olur. Doğal Gaz E2 eşanjöründe -100°C'ye soğuduktan sonra E3 eşanjörüne gelir. E3 eşanjöründe metan bulunmaktadır. Burada 1 barda -160°C civarında Doğal Gazdan ısı çekerek buharlaşan metan K3 kompresöründe 25 bar basınca sıkıştırıldıktan sonra propan çevriminde E1 eşanjörüne gelir; çevrimin son kademesinde ön soğutmadan geçtikten sonra etilen çevrimine gelir. Burada -100°C civarına soğuduktan sonra 1 bar basınca kısılarak E3 eşanjörüne döndürülür. Bu şekilde metan çevrimi tamamlanır. E3 eşanjöründen geçen Doğal Gaz 1 bar basınca kısıldıktan sonra dengeleme ve depolama tankına gelir. Depolama tankında sıvılaşmayan ya da çevreden ısı geçişi nedeniyle yeniden buharlaşan Doğal Gaz kısmı ise ya geri besleme ile LNG sistemi girişine ya da kullanılmak üzere enerji

santrale gönderilir. LNG sisteminin enerjisi santralden karşılanıyorsa bu enerji santrali için gerekli doğal gaz miktarı, seçilen sisteme bağlı olarak, toplam gazın %15-20'si civarındadır. Bu tür sistemlerde kullanılan her bir gaz çevrimi bir kaç soğutma kademesini içermektedir.

Bir LNG sistemi seçiminde başlangıçta da değinildiği gibi, çalışma şartlarının iyi tespit edilmesi ve bu şartlara uygun sistemler arasında verim ve ekonomiklik faktörleri göz önüne alınarak seçim yapılması gerekir. İlk yatırım masraflarının fazla olması önemli bir faktör olduğunda sistemin kapasitesine göre verim ve ekonomik şartlara uygun optimum çözüm aranmalıdır.

##### 6. Sonuç

Doğal Gaz talebindeki artış teknik, ekonomik, çevreci ve politik faktörlerin bileşimi neticesinde ortaya çıkmakta, dolayısıyla ülkelerde arz açıkları meydana gelmektedir. Bu durumda, yeni arz projeleri önem kazanmaktadır. Arz güvenliğinin maksimize edilmesi için depolamaya yönelik ihtiyaç artmaktadır. Ayrıca önemli endüstri memleketlerinin Doğal Gaz açıkları ile Dünyanın diğer bölgelerindeki gaz arzı fazlası; Doğal Gazın bir çok uygulamalarda tercih edilebilir özellikleri ile petrol ve kömüre göre çevre yönünden avantajları; sevkiyatı

ve depolanması için gerekli teknolojileri gelişmiş olması sebebiyle, sıvılaştırılmış Doğal Gaz alternatif enerji çeşitleri arasında çok önemli bir yerdedir.

## 7. Kaynaklar

- Anonim 1997. Petro Gaz Dergisi, Botaş Yayınları, Ankara, s.60
- Anonim 1998. Petro Gaz Dergisi, Botaş Yayınları, Ankara, s.60
- ADDIUTORI, E.F.1989. The New Heat Transfer. Venturo Press, New York, P.38-72
- CAN, M. Ve AVCI,A. Doğal Gaz Sıvılaştırma Sıvılaştırılmış Doğal Gazın (LNG) Nakli ve Depolanması Üzerine Bir İnceleme. Doğal Gaz Dergisi, 38(39):40-56
- DAĞSÖZ, A.K. 1990. Soğutma Tekniği ısı Pompaları ve Isı Boruları. Teknik Kitaplar, İstanbul, s.20-90
- DOSSAT, R.J. 1981. Principles of Refrigeration. John wiley and Sons Press, London, p.53-162
- GÖKNER, M. 1993. Türkiye Geneline Doğal Gaz. Doğal Gaz Dergisi, 24(2) : 25-30
- KOVATS, A and DESMUR, G. 1974 Pumps and Compressors. Mc Graw Hill Book, New York, p.550
- KÖKTÜRK, U. 1989. Doğal Gaz ve Gaz Yakıt Tesisatı Proje Hesapları, Afa Yayıncılık, İstanbul, s.384
- ÖZDEMİR, T. ve TÜZMEN, M. 1994. Botaş Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG) İthal Terminali, Botaş LNG İşletme Müdürlüğü Eğitim Notları, Ankara
- ÖZKOL, N. 1974. Uygulamalı Soğutma Tekniği. Türkiye Makine Mühendisleri Odası Yayınları, s.9-47
- SOĞANCIOĞLU, N. 1998. Dünya Gaz Rezervleri. BOTAŞ Doğal Gaz Sempzyumu Tebliğleri. Ankara, Haziran 1988, s.150-160
- STOECKER, W.F.1989. Design of Thermal Systems. Mc Graw Hill Book, London, P.80-547
- YAMANKARADENİZ, R. 1997. Mühendislik Termodinamiğinin Temelleri Cilt I. Uludağ Üniversitesi Yayınevi, s.461

### **Yazarlar;**

#### **Kürşat Ünlü,**

*1972 yılında Uşak'ta doğdu. 1996 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Daha sonra Doğal Gaz sektöründe proje mühendisi olarak çalıştı. 1999 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisansını tamamladı. Halen aynı bölümde doktorasını ve Araştırma Görevliliği görevini sürdürmektedir. İlgilendiği konular doğal gaz, klima, ısı pompası sistemleridir.*

#### **Prof. Dr. Recep Yamankaradeniz,**

*1954 yılında Bafra'da doğdu. 1975 yılında İTÜ Makina Fakültesini bitirdi. 1983 yılında İTÜ Makina Fakültesi'nde doktorasını tamamladı. 1990 yılında Isı Tekniği dalında Doçent oldu. 1995 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde Profesör oldu. Halen Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. Isıtma, soğutma, klima, doğalgaz ve yangın konularında çalışmalarını sürdürmektedir.*

# LPG’de Cihaz Yerleştirme Mekanı (Kazan Dairesi) Şartları

Şaban Durmaz, Mak. Müh.

Dr. Celalettin Çelik, Mak. Yük. Müh. TTMD Üyesi

## ÖZET

Bu çalışmada evsel amaçlı kullanılan LPG yakıtlı kazanların yerleştirme şartları, Almanya’da geçerli olan TRF (Technische Regeln Flüssiggas = LPG için Teknik Kurallar) şartnamesi esas alınarak açıklanmıştır. Öncelikle gaz yakıtlı cihazlar için genel yerleştirme kuralları verilmiş, daha sonra cihaz tiplerine göre ilave talepler açıklanmış, ayrıca yerleştirme mekanının toprak seviyesinin altında bulunması bali irdelenmiştir.

## Installation Room Conditions for LPG Fired Boilers

### ABSTRACT

In this technical article, installation room conditions of domestic LPG - fired boilers are explained based on a valid German regulation; TRF (Technische Regeln Flüssiggas = Technical Rules LPG). After giving general installation room conditions of gas fired boilers, additional requirements, concerning the installation room, are described according to boiler types. Finally the case where the installation room is below ground level is assessed.

### 1. Giriş

Türkiye’de LPG’nin kullanımı oldukça yaygındır. Katı ve sıvı yakıtlara göre temiz bir yakıt olması nedeniyle ve otomasyonlu cihazlarda kullanımı kolayca mümkün olduğundan, özellikle Doğal Gazın ulaşmadığı yerlerde LPG geçerli bir alternatif oluşturmaktadır. Ancak bilindiği gibi LPG kullanılan tesislerde zaman zaman önemli kazalar meydana gelebilmektedir. Bu kazaların başında “şofben” veya “soba zehirlenmesi” olarak adlandırılan CO (karbon monoksit) zehirlenmesi gelmektedir.

LPG tesisatı ile ilgili Türkiye’de çeşitli teknik kurallar mevcuttur. Ancak bunlar LPG satıcılarının ortaya koyduğu kurallara olup, genellikle gaz tankından gaz tüketicisine

kadar olan tesisatı kapsamaktadır. Bununla birlikte Türkiye’de henüz LPG tüketen gaz yakıtlı cihazların yerleştirme mekanlarının koşullarını da içeren ve Doğal Gaz dağıtım şirketlerinin yayınladığı şartnamelere benzer olmamakla birlikte MMO bu konudaki çalışmalarını sürdürmektedir. Oysa karbon monoksit zehirlenmesinin sebebi olarak çoğu zaman gaz yakıtlı cihazın yerleştirildiği mekanlarda alınan yetersiz önlem veya kullanıcının bu konuda yeterince aydınlatılmaması gerçeği karşımıza çıkmaktadır.

Bu makalede Almanya’da geçerli olan TRF şartnamesi esas alınarak LPG yakan gaz yakıtlı cihazların yerleştirme mekanı (kazan dairesi) şartları özet halinde sunulmaya çalışılacaktır.

### 2. Gaz Yakıtlı Cihazların Yerleştirilmesi

TRF’ye göre LPG (Liquified petrol gas = sıvılaştırılmış petrol gazı); propan, propilen, butan, butilen ve bunların karışımından oluşan C3 ve C4 grubuna dahil olan hidrokarbon gazlarına verilen genel addir. TRF evsel amaçlı kullanılan gaz yakıtlı cihazların yerleştirme şartlarını belirler. 3 tonun üzerindeki tank hacimlerinde ve cihaz gaz bağlantı basınçlarının 50 mbar’ı geçtiği durumlarda (endüstriyel ve iş merkezlerinde) kullanılan gaz yakıtlı cihazlar için başka özel şartnameler de dikkate alınmalıdır.

### 2.1 Gaz Yakıtlı Cihazlar için Genel Kurallar

Monte edilecek cihaz Avrupa Topluluğu Gaz Yakıtlı Cihazlar Direktifi’ne (90/396/EWG) uygun olmalı ve gaz yakıtlı cihazların üzerinde veya tip etiketlerinde bir CE-işareti bulunmalıdır. Bu uygunluk ilgili ülkelerdeki yerleştirme ve bağlantı şartlarının dikkate alındığını gösterir (gaz türü, basınçlar ve gerekirse elektrik beslemesi). Bu uygunluk ayrıca cihazın kullanma ve montaj kılavuzlarının o ülkenin dilinde ve o ülkenin şartları dikkate alınacak şekilde mevcut olduğunu belirtmektedir.

Eğer CE-işareti olan gaz yakıtlı brülörler mevcut bir kazana bağlanırsa (Ör: sıvı

yakıttan gaz yakıtı geçilirken), kazanlar da CE-işareti taşımaları ve kazan ile gaz yakıtlı brülörün uyumu kontrol edilmelidir. 7 kW anma ısı gücünün üzerindeki B<sub>1</sub> tipi gaz yakıtlı cihazlar (oda hava bağlantılı yani bacalı akım sigortalı gaz yakıtlı cihazlar) evlere, insanların bulunabileceği diğer mekanlara (hobi, parti odası gibi) gaz yakıtlı cihazda baca gazı denetleme tertibatı (baca gazı sensörü) mevcut ise yerleştirilebilirler.

### 2.2 Cihaz Yerleşim Mekanları İle İlgili Genel Kurallar

#### 2.2.1 Mekanların Uygunluğu ve Ölçümü

Gaz yakıtlı cihazlar ancak, mekanın durumuna, büyüklüğüne, yapı özelliğine ve kullanım şekline göre, tehlike oluşturmayacak mekanlara yerleştirilebilir. Ayrıca bu mekanda gaz yakıtlı cihazın kurallara uygun yerleştirilebilmesi, işletilebilmesi ve bakımının yapılabilmesi gerekmektedir. Mekanların büyüklüğü iç ölçülere ve bitmiş zemine göre hesaplanmalıdır.

#### 2.2.2 Uygun Olmayan Mekanlar

a) Gaz yakıtlı cihazlar merdiven boşluğuna (yüksek olmayan ve maksimum 2 daireden oluşan evler hariç) ve tehlike çıkışı işlevi olan koridorlara yerleştirilemezler.

b) B Tipi (bacalı) gaz yakıtlı cihazlar, dış atmosfere açılan bir penceresi olmayan ve toplama şaftı üzerinden hava tahliye sistemi bulunmayan banyolara yerleştirilemezler.

c) B Tipi gaz yakıtlı cihazlar kapalı mekanlara (atmosfere açıklığı olan yerleştirme mekanları hariç) veya vantilatör ile hava tahliyesi olan evlere ancak aşağıdaki durumlarda yerleştirilebilir:

- Cihazların baca gazı DIN 18017-3’e uygun havalandırma sistemi ile tahliye edilirse.
- Uygun emniyet tertibatları ile havalandırma sisteminin çalışması sırasında brülörün ve gaz yakıtlı cihazın kapanacağını emniyet altına alınır.
- Vantilatör gaz yakıtlı cihazın baca gazı tahliyesini ve yakma havası teminini

etkilemiyorsa ve böylece emniyetli bir işletme sağlanabiliyorsa.

d) Açık ateş yakılan mekanlarda (şömine vb.) B Tipi gaz yakıtlı cihazlar yerleştirilemez.

e) Kolay yanabilir malzemelerin bulunduğu veya oluşabileceği mekanlarda gaz yakıtlı cihazlar yerleştirilemez.

f) Patlayıcı maddelerin bulunduğu veya oluşabileceği mekanlara gaz yakıtlı cihazlar yerleştirilemez.

g) Toprak seviyesinin altında bulunan mekanlarda gaz yakıtlı cihazların yerleştirilebilmesi için ilave talepler vardır. Bu ilave taleplerin dikkate alınması halinde yerleştirilebilirler.

### 2.3 Yerleştirme ile İlgili Genel Kurallar

#### 2.3.1 Yerleştirme

Gaz yakıtlı cihazların yerleştirilmesinde üreticinin montaj kılavuzu dikkate alınmalıdır. Yerleştirme ile cihazı duvara asmak, monte etmek vb. kastedilmiştir. Gaz yakıtlı cihazların çalışması için mevcut olan elektrik tertibatları normlara uygun olmalıdır. Gaz yakıtlı kondensasyon kazanlarının yerleştirilmesinde kondens tahliyesi için drenaj hazırlanmalıdır.

#### 2.3.2 Yanma Havaşı Temini

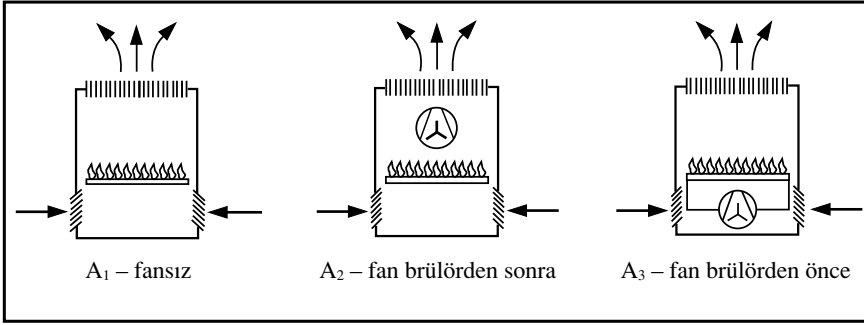
Gaz yakıtlı cihazlar yeterli miktarda yanma havası ile beslenmelidir. Buna ilişkin daha ayrıntılı bilgi ilave talepler bölümlerinde açıklanmıştır.

#### 2.3.3 Gaz Yakıtlı Cihazların Yanabilir Yapı Maddelerine Olan Mesafeleri

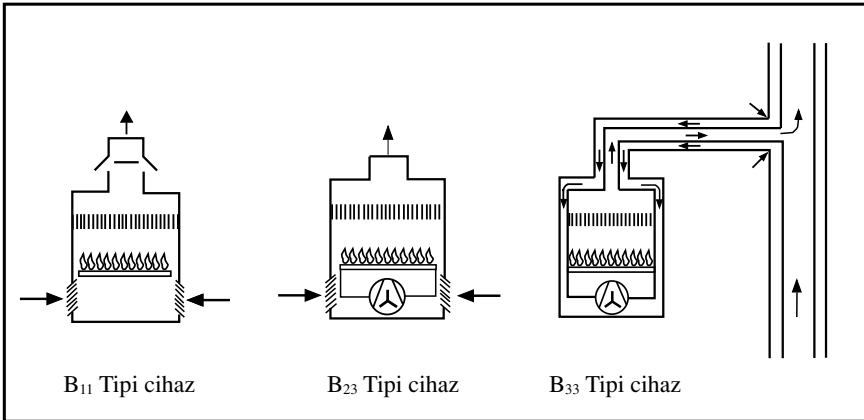
Mesafeler ve koruma önlemleri (örneğin ısı izolasyon tabakası veya ısı radyasyonuna karşı havalandırılmalı koruma) yanabilir yapı maddelerinden imal edilmiş yapı elemanlarının ve mobilya yüzey sıcaklıklarının, cihazın anma ısı gücünde çalışması durumunda 85°C'yi aşmayacağı şekilde tasarlanmalıdır. Buna ilişkin minimum mesafeler üreticinin montaj kılavuzundan alınmalıdır. Eğer üreticinin montaj kılavuzunda ilgili değerler verilmiyorsa minimum 40 cm mesafe olmalıdır.

### 3. İlave Talepler

#### 3.1. A Tipi Gaz Yakıtlı Cihazların Yerleştirilmesinde İlave Talepler



Şekil 1. A Tipi cihazlar



Şekil-2. B Tipi cihazlar

A Tipi gaz yakıtlı cihazların (baca gazı sistemi olmayan gaz yakıtlı cihazlar, Şekil-1) yerleştirilmesi, ancak atık gazların yerleştirme mekanından emniyetli bir hava değişimi ile tehlike oluşturmaksızın atmosfere yönlendirilmesi halinde mümkündür. Bu ancak aşağıdaki maddelere uyulması ile gerçekleştirilmiş sayılır:

- Anma ısı gücü 11 kW'ı aşmayan gaz yakıtlı ev tipi pişirme amaçlı ocaklar için yerleştirme mekanı hacmi 20 m<sup>3</sup>'ün üzerinde olmalı ve bu mekanın atmosfere açılan minimum bir kapısı veya açılabilir bir penceresi olmalıdır.

- Yanma ürünleri için tahliye sistemi olmayan evsel ısıtıcı cihazlar, ilgili mekanda ancak insanların sağlığı için tehlike oluşturabilecek şekilde karbon monoksit konsantrasyonu üretmedikleri zaman (ör. EN 449'a göre) yerleştirilebilirler.

#### 3.2. B Tipi Gaz Yakıtlı Cihazların Yerleştirilmesinde İlave Talepler

B Tipi cihazlar yanma havasını buldukları ortamdandır. 3 çeşit B Tipi cihaz vardır. B<sub>1</sub> Tipi cihazlar akım sigortalı cihazlardır (ör. şofben, bacalı kombi, atmosferik brülörlü kazan). B<sub>2</sub> Tipi cihazlar akım sigortasız fanlı veya fansız cihazlardır (ör. oda hava bağımlı/bacalı yoğuşmalı kombi, üflemlerli brülörlü kazan). B<sub>3</sub> Tipi cihazlar ise akım sigortasız, fanlı ve baca gazının kanalların yanma havası ile temas ettiği cihazlardır (Ör: yoğuşmalı kombi). Cihazlar ayrıca kendi aralarında çeşitli sayı kombinasyonları ile işaretlendirilerek baca ve fan durumunu karakterize edecek şekilde sınıflandırılmaktadırlar (Ör: B<sub>1</sub> Tipi cihazlar için B<sub>11</sub>, B<sub>12</sub> ve B<sub>13</sub> gibi, Şekil 2).

TRF'de B Tipi gaz yakıtlı cihazların yerleştirilmesinde temel olarak iki adet emniyet hedefi dikkate alınmaktadır. Birinci emniyet hedefi cihazın ilk çalışmasında ortaya çıkan CO gazı konsantrasyonunun mutlaka düşürülmesi, ikinci emniyet hedefi ise gaz yakıtlı cihazın emniyetli işletmesini sağlayabilmek için yeterli miktarda yanma havası teminidir.

B Tipi cihazlar baca sistemine sahip ve yanma havasını yerleştirme mekanından alan cihazlardır. Yanma havasını buldukları ortamdandır. Yanma havasını buldukları ortamdandır. Yanma havasını buldukları ortamdandır. Yanma havasını buldukları ortamdandır. Yanma havasını buldukları ortamdandır.

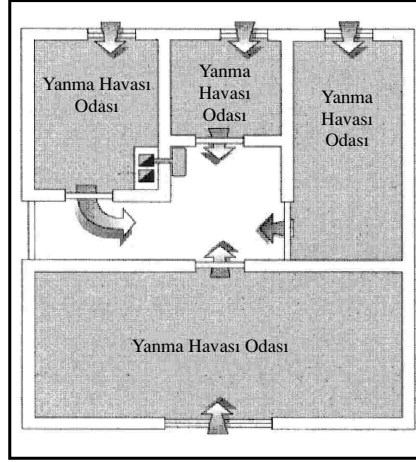
çıkan ve geri tepme durumlarında karşılaşılabilecek yüksek CO gazı konsantrasyonu bakımından bu tip cihazlarda yerleştirme mekanı kuralları net bir biçimde ortaya konulmalıdır. Özellikle bu tip cihazlarda hatalı yerleştirme mekanı tasarımı ve bilinçsizlik (Ör: tüketici tarafından taze hava menfezinin sonradan kapatılması) çok kötü sonuçları beraberinde getirebilmektedir. TRF’de B Tipi gaz yakıtlı cihazların ilave talepleri ortaya konulurken anma ısı gücüne göre cihazlar üçe ayrılmaktadır:

- 35 kW’a kadar anma ısı gücündeki cihazlar,
  - 35 kW ile 50 kW arası anma ısı gücündeki cihazlar,
  - 50 kW’ın üzeri anma ısı gücündeki cihazlar.
- Ayrıca yanma havasının kaynağı da dikkate alınarak ayırım yapılmaktadır. Yanma havasının atmosferden (menfezler ile) sağlanması ve yaşam mahallinden sağlanması durumları ayrı ayrı ortaya konulmaktadır. Genel olarak B Tipi cihazların monte edildiği mekanlarda 1kW anma ısı gücü başına doğal veya cebri olarak 1,6 m<sup>3</sup>/h debisinde taze hava sağlanması halinde yanma havası beslemesinin yeterli olduğu kabul edilmektedir.

### 3.2.1 35 kW Anma Isı Gücüne Kadar B Tipi Cihazlar

**3.2.1.1 Yaşam Mahallinden Yanma Havası Beslemesi** söz konusu ise; 35 kW’a kadar olan cihazlarda yanma havası temini iki şekilde olabilmektedir. 1) Yanma havası beslemesi yerleştirme mekanında bulunan ve dış atmosfere açılan çerçevelerden enfiltrasyon ile gerçekleşirse; - Yerleştirme mekanının atmosfere açılabilen bir kapı veya penceresi olmak zorundadır. - Yerleştirilecek gaz yakıtlı cihazın 1 kW anma ısı gücü başına en az 4 m<sup>3</sup> oda hacmi istenmektedir.

Buna göre örneğin bir şofbenin (18 kW) monte edileceği mekanın minimum hacmi 72 m<sup>3</sup> ve alanı yaklaşık 25 m<sup>2</sup> olmak zorundadır. B tipi cihazın yerleştirileceği mekanın atmosfere açılabilir nitelikte en azından bir kapı veya penceresi olmak zorundadır. Pratikte bu kadar büyük bir mekanın bulunması her zaman mümkün olamamaktadır. Ancak TRF’de bu genişlikte mekan bulunmaması durumunda alternatif çözümler de mevcuttur.



Şekil 3. Oda hava birliğinin oluşturulması

2) Yanma havası beslemesi oda havası birliğinde (komşu mekanlar) bulunan ve iç ortama açılan çerçevelerden enfiltrasyon ile gerçekleşirse,

- Atmosfere açılabilen bir kapı veya penceresi olan ve yerleştirilecek gaz yakıtlı cihazın 1 kW anma ısı gücü başına 4 m<sup>3</sup> oda hacmi sağlamayan yerleştirme mekanları veya
- Atmosfere açılabilen bir kapı veya penceresi olmayan (iç hacimler) yerleştirme mekanları aşağıdaki şekilde yanma havası ile beslenebilir.

1 kW anma ısı gücü başına 4 m<sup>3</sup> mekan hacmi sağlanamaması durumunda TRF bir oda havası birliği tanımlanmaktadır. Buna göre gaz yakıtlı cihazın monte edildiği mekanın hacmi yeterince büyük değilse bu mekan komşu mekanlardan yanma havasını temin edebilir. Ancak burada yerleştirme mekanının ve komşu mekanların yapısı ile yeri, hacimleri, kapıların özelliği ve hava menfezlerinin büyüklüğü ve yerleri dikkate alınarak sınırlar belirlenmiştir. Talepler ulaşılmak istenen emniyet hedefine ve B Tipi cihazın alt kategorisine göre de ayrılmaktadır. Bu sayede yeterli yanma havası beslemesi sağlanmış olmaktadır. Ancak yeterli yanma havası emniyet hedeflerinden biriydi. Diğer emniyet hedefi ise yukarıda da bahsedildiği gibi cihaz ilk devreye girerken oluşan CO gazı konsantrasyonunun düşürülmesi ile ilgilidir. Bu nedenle belirli cihaz tiplerinde ilave önlemlerin alınması gerekebilir. Eğri 1: 3 tarafı sızdırmaz contalı iç kapı, kapı kanadı kısaltılmamış.

Eğri 2: 3 tarafı sızdırmaz contalı iç kapı, kapı

kanadı 1 cm kısaltılmış veya contasız iç kapı, kapı kanadı kısaltılmamış.

Eğri 3: 3 tarafı sızdırmaz contalı iç kapı, kapı kanadı 1,5 cm kısaltılmış veya contasız iç kapı, kapı kanadı 1 cm kısaltılmış. Eğri 4: 150 cm<sup>2</sup> serbest kesitli hava alma menfezli iç kapı veya atmosfere açılabilir kapı veya penceresi olan yerleştirme mekanı.

Komşu mekanlar direkt ve endirekt olarak ikiye ayrılmaktadır. Şekil 5 yanma havasının atmosferden değil de direkt komşu mekandan sağlanması halini, Şekil 6 ise endirekt komşu mekanlardan sağlanması halini göstermektedir.

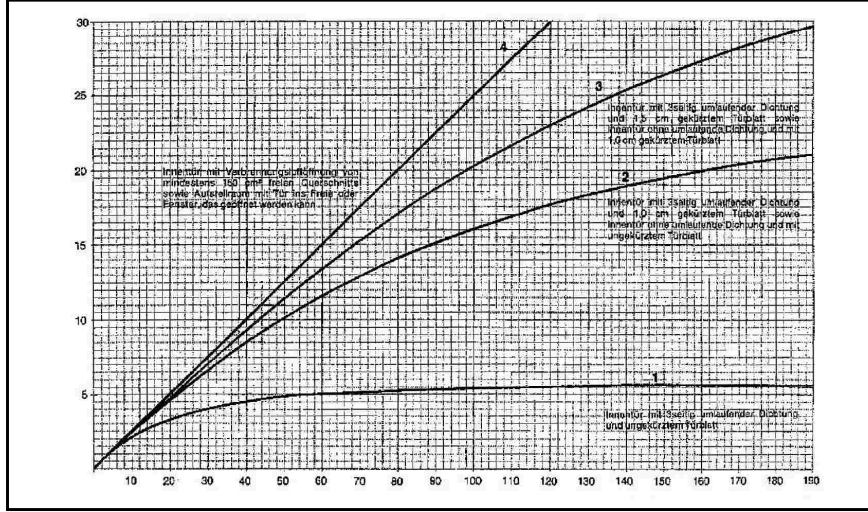
Yaşam mahallinden yanma havası beslemesi aşağıda özetlenmiştir:

- Yerleştirme mekanı hacmi > 4m<sup>3</sup> / kW ise önlem almaya gerek yoktur.
- Yerleştirme mekanı hacmi > 1m<sup>3</sup> / kW ise 1 adet 150 cm<sup>2</sup> hava menfezi yeterli olmaktadır. Komşu mekanın minimum hacmi cihaz gücüne göre tablo veya eğriler üzerinden kontrol edilir. Oda havası birliği cihaz gücü için gerekli olan yanma havasını sağlayabilmelidir
- Yerleştirme mekanı hacmi < 1m<sup>3</sup> / kW ise 2 adet 150 cm<sup>2</sup> (B<sub>1</sub> Tipi cihazlarda) veya 1 adet 150 cm<sup>2</sup> (B<sub>2</sub> ve B<sub>3</sub> Tipi cihazlarda) serbest kesitli hava menfezi yeterlidir. Komşu mekanın minimum hacmi cihaz gücüne göre tablo veya eğriler üzerinden kontrol edilir. Oda havası birliği oluşturan mekanların toplam hacmi minimum 1 kW anma ısı gücü başına 1 m<sup>3</sup> değerini sağlamalıdır. B<sub>1</sub> Tipi cihazlarda menfezler aynı duvarda veya kapıda olmalıdır. Üstteki menfez en az 180 cm yukarıda olmalı ve alttaki menfez zemine yakın yerleştirilmelidir. Her iki menfez de yanma havası beslemesi içindir.

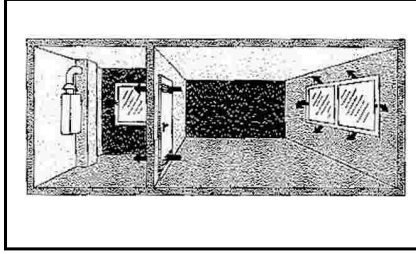
Burada menfez açmadan yerleştirme mekanının kapılarından enfiltrasyon ile gelecek doğal havalandırmadan faydalanmak veya kapıları kısaltmak da alternatif olarak mümkündür.

B<sub>1</sub> Tipi cihazlarda CO gazı konsantrasyonunun düşürülmesi için ilave talepler.

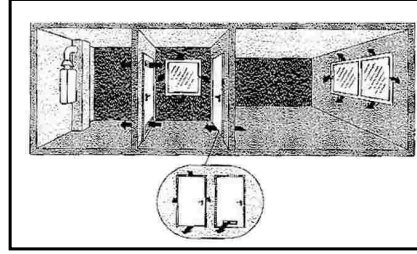
B<sub>1</sub> Tipi akım sigortalı bacalı cihazlar, (Türkiye’de yaygın olarak kullanılan şofben ve bacalı kombiler bu kategoriye girmektedir) için TRF’de özel koşullar tarif edilmektedir.



Şekil 4. Tanım eğrileri



Şekil 5. Direkt komşu mekandan yanma havası temini



Şekil 6. Endirekt komşu mekanlardan yanma havası temini

Bu tip cihazlar 1 kW başına 1 m<sup>3</sup> mekan hacmi sağlayan mekanlara yeterli oda havası birliğinin sağlanması durumunda yerleştirilebilmektedir. Eğer bu tip cihazlar 1 kW başına 1 m<sup>3</sup>'den daha düşük hacme sahip mekanlara yerleştirilmek istenirse 2 adet 150 cm<sup>2</sup>'lik hava alma menfezi uygulanmalıdır (Şekil 7). Yanma havası sağlanan komşu mekan hacimleri toplamda en az 1 kW başına 1 m<sup>3</sup> mekan hacmine sahip olmalıdır. Bu amaçla sadece direkt komşu mekanlar hesaba katılabilir. TRF'de menfezlerin yerleşimi de ayrıca tarif edilmektedir. Buna göre menfezler aynı duvarda veya kapıda olmalıdır. Üstteki menfez en az 180 cm yukarıda, alttaki menfez ise zemine yakın yerleştirilmelidir. Üst menfezin iki görevi vardır; birincisi taze hava sağlamak, ikincisi ise CO gazının diğer hacimlere sızmasını sağlayarak konsantrasyonunu düşürmektir.

### 3.2.1.2 Dış Atmosferden Doğrudan Yanma Havası Beslemesi söz konusu ise;

Yanma havası temini için gerekli şartlar:

- Atmosfere açılan 1 adet 150 cm<sup>2</sup>'lik hava menfezi veya atmosfere açılan 2 adet 75 cm<sup>2</sup>'lik hava menfezi gereklidir. Menfezler brülör çalıştığı anda açık olmak zorundadır. Sadece brülör kapattığında kapatabilirler, bu ise otomasyon ile sağlanmalıdır.

- Veya yanma havası kanallar üzerinden de getirilebilir. Ancak taze hava şafttan alınırsa baca gazı emiş tehlikesi nedeniyle şaftın çıkış ağzı baca çıkış ağzından daha yukarıda olmalıdır.

Yerleştirme mekan hacmi ile ilgili talepler:

- B<sub>2</sub> ve B<sub>3</sub> Tipi cihazlar mekan hacminden bağımsız olarak yukarıdaki kurallara uyulması halinde yerleştirilebilirler.

- B<sub>1</sub> Tipi cihazlar yukarıdaki kurallara göre yerleştirilmelidirler ve ayrıca 1 kW anma ısı gücü başına 1 m<sup>3</sup> mekan hacmi sağlanmalıdır. Eğer bu hacim sağlanamıyorsa direkt komşu odalar ile yanma havası birliği oluşturulabilir. Burada 2 adet 150 cm<sup>2</sup> serbest kesitli hava menfezleri açılır. Menfezler aynı duvarda ve kapatılmaz nitelikte olmalıdır. Üstteki menfez en az 180 cm yukarıda olmalı, alttaki menfez ise zemine yakın olmalıdır (her iki menfez de yanma havası beslemesi içindir). Oda havası birliği oluşturulan mekanların toplam hacmi 1 kW anma ısı gücü başına 1 m<sup>3</sup> hacmi sağlamalıdır.

### 3.2.2. 35 - 50 kW Arası Anma Isı Gücündeki B Tipi Cihazlar

35 – 50 kW arası güçlerdeki gaz yakıtlı B Tipi cihazların yanma havası kesinlikle doğrudan dış atmosferden temin edilmelidir. Bu güç aralığındaki gaz yakıtlı B Tipi cihazlar için Kısım 3.2.1.2'deki kurallar geçerlidir.

### 3.2.3 50 kW'dan Daha Yüksek Anma Isı Gücündeki B Tipi Cihazlar

Yanma havası beslemesi ile ilgili talepler - 150 cm<sup>2</sup> serbest kesite sahip hava menfezi dış atmosfere açık olmalıdır. 50 kW'ı aşan her 1 kW için 150 cm<sup>2</sup>'lik kesit 2 cm<sup>2</sup> büyütülmelidir. Menfezler en fazla ikiye bölünebilecektir. Örneğin 60 kW'lık yoğuşmalı kazan bacalı çalıştırılıyorsa; 20 cm<sup>2</sup> serbest kesit eklenmelidir. Böylelikle toplam 170 cm<sup>2</sup> serbest kesit dış atmosfere açılmalı veya 2 adet 85 cm<sup>2</sup> serbest kesitli menfez kullanılmalıdır.

- Menfezler brülör çalıştığı anda açık olmak zorundadır, sadece brülör kapattığında kapatabilirler, bu ise otomasyon ile sağlanmalıdır.

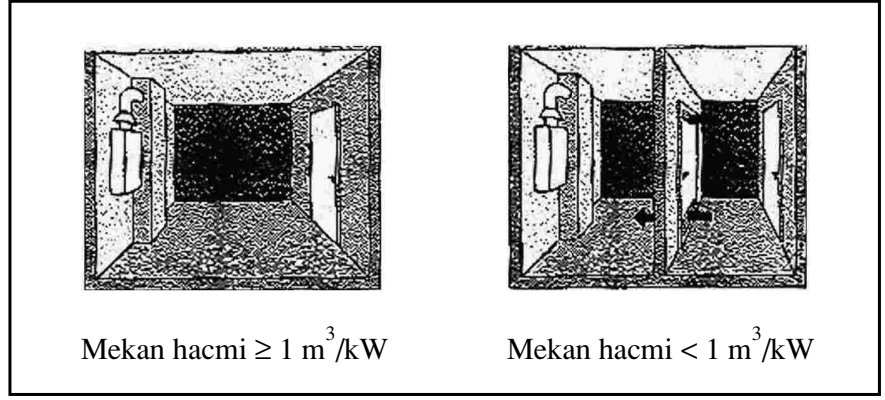
B Tipi cihazların yerleştirme mekanları aşağıdaki özellikleri taşınmalıdır.

- B<sub>2</sub> ve B<sub>3</sub> Tipi cihazlar mekan hacminden bağımsız yukarıda açıklanan yanma havası temini sağlanması koşulu ile dış atmosfere açılabilen kapı veya penceresi olan veya olmayan mekanlara yerleştirilebilirler. -B<sub>1</sub> Tipi cihazlar yukarıdaki yanma havası temini sağlanması koşulu ile dış atmosfere açılabilen kapı veya penceresi olan veya olmayan mekanlara ancak 1 kW cihaz gücü başına en az 1 m<sup>3</sup> mekan hacmi koşulu sağlanması halinde yerleştirilebilirler. Eğer bu hacim koşulu sağlanamıyorsa hava alma menfezi ikiye bölünerek çözüme ulaşılabilir. Menfezler aynı duvarda ve kapatılamaz nitelikte olmalıdır. Üstteki menfez en az 180 cm yukarıda olmalı, alttaki menfez ise zemine yakın yerleştirilmelidir.

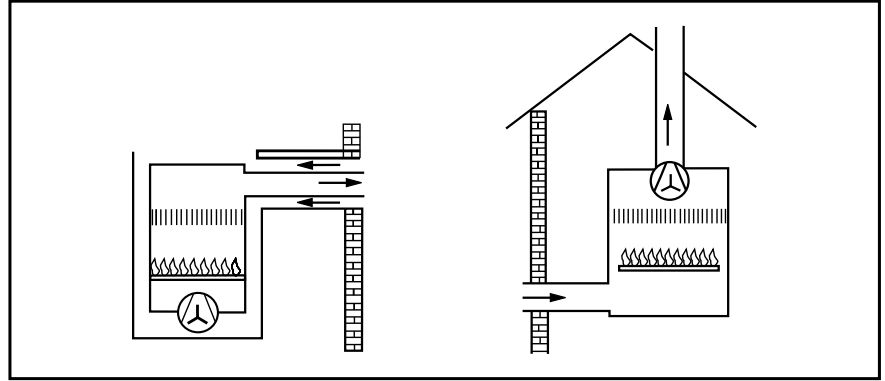
### 3.3 C Tipi Gaz Yakıtlı Cihazların Yerleştirilmesinde İlave Talepler

C Tipi cihazlar yanma havasını cihaz yapı gereği dış atmosferden almaktadırlar (Şekil 8, Ör: hermetik kombi).

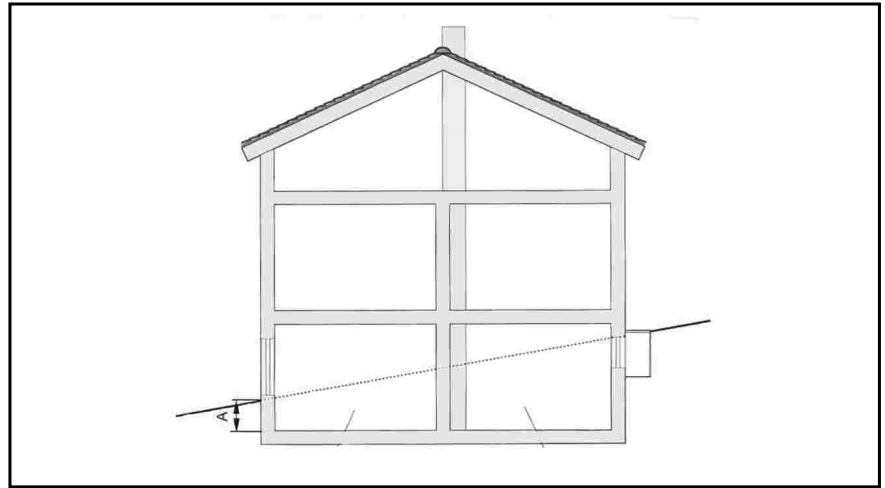
Eğer yanma havası emilirken baca gazı



Şekil 7. CO gazı konsantrasyonunun düşürülmesi



Şekil 8. C Tipi cihazlar



Şekil 9. Toprak seviyesine göre yerleştirme mekanı

kanallarının etrafından geçiyorsa, yani baca borusuna yanma havası temas ediyorsa veya baca gazı sisteminde yüksek baca gazı sızdırmazlığı sağlanabiliyorsa C Tipi cihaz "x" işareti almaktadır.

"x" işareti taşıyan her C tipi cihaz yerleştirme mekanının havalandırma ve hacminden bağımsız olarak Bölüm 2 'de özetlenen genel cihaz yerleştirme kurallarında uymak koşuluyla yerleştirilebilirler. "x" işareti taşımayan C tipi cihazlar ancak dış atmosfere açılan ve serbest kesiti 1 adet 150 cm<sup>2</sup> veya 2 adet 75 cm<sup>2</sup> menfezi olan mekanlara yerleştirilebilirler.

### 3.4 Gaz Yakıtlı Cihazların Toprak Seviyesinin Altında Bulunan Mekanlara Yerleştirilmesi Durumunda İlave Talepler

TRF'de toprak altı mekanlardaki ilave taleplerin belirlenmesinden önce hangi mekanın toprak seviyesinin altında sayılıp sayılmadığı tanımlanmaktadır (Şekil 9).

Toprak altı mekanlarda LPG yakıtlı cihazlar aşağıdaki şartlar sağlanması halinde yerleştirilebilmektedirler.

1. Cihaz bir alev denetim sistemine sahip olmalıdır. Bu tip cihaz tipleri ilave "BS" işareti ile işaretlenir.
2. Cihazın kapatması durumunda yerleştirme mekanına tehlikeli miktarda gaz kaçağı olmadığı emniyet altına alınmalıdır veya mekanik bir havalandırma sistemi ile emniyetli bir biçimde tahliye edilmelidir.

2.madde cihaza entegre bir manyetik ventil ile sağlanabilmektedir. Cihaz kapattığında bu ventil LPG'nin tehlikeli miktarda sızmasını önler. Eğer cihaz kapattıktan sonra sızma önlenemezse cihaz önüne bir manyetik ventil monte edilmelidir veya mekanik bir havalandırma sistemi uygulanmalıdır.

#### 4. LPG Yakıtlı Cihazların Gaz Bağlantıları

Gaz yakıtlı cihazlar genel olarak sabit bağlantı ile bağlanmalıdır. A tipi cihazlar sökülebilir bağlantı ile de bağlanabilir. Gaz bağlantıları cihazın çalışmasıyla oluşabilecek sıcaklık artışına maruz kalmamalıdır. B ve C tipi gaz yakıtlı cihazlarda tercihen çelik borular ile sabit bir bağlantı gerçekleştirilmeli ve sadece teknik teçhizat ile sökülebilir olmalıdır.

Yangın emniyetini sağlamak için gaz yakıtlı cihazın hemen önüne termik emniyet kapama vanası uygulanmalıdır.

#### 5. Sonuç

Gaz yakıtlı cihazların yerleştirme mekanı kuralları TRF'de ayrıntılı olarak tarif edilmiştir. Özellikle akım sigortalı yani bacalı cihazların yerleşim kuralları CO gazı zehirlenmesi bakımından dikkate alınmalıdır. Türkiye'de bu tip cihazlar (ör. şofben, bacalı kombi vb.) yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu cihazların kurallara uygun montajı ile periyodik kontrolü can ve mal güvenliği açısından büyük önem arz etmektedir. Ülkemizde tüm yakma sistemlerinin en az yılda bir kez kontrolünü sağlayacak bağımsız bir kurumun (Ör: Almanya'daki Bacacılar Derneği) oluşturulması gerekmektedir.

#### 6. Kaynaklar

- Technische Regeln Flüssiggas 1996 Band 2, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Deutscher Verband Flüssiggas, A. Strobel KG Verlag, 1997
- Flüssiggas Handbuch, Deutscher Verband Flüssiggas e.V., Marketing+Wirtschaft Verlag, 1996
- Viessmann Planlama Klasörü, Viessmann, 2001

#### **Yazarlar;**

##### **Şaban Durmaz,**

1974 yılında doğdu. 1998 yılında K.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Halen Viessmann Isı Teknikleri Tic.A.Ş.'de Proje Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

##### **Dr. Celalettin Çelik,**

1961 yılında doğdu. 1983 yılında İTÜ Makina Fakültesi'nden mezun oldu. 1986 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 1989 yılında Braunschweig Teknik Üniversitesi'nde doktora yaptı ve 1992 yılında "Yanma Odalarının Modellenmesi" adlı doktora tezini tamamladı. 1993 - 1995 yılları arasında İTÜ Makina Fakültesi'nde Yardımcı Doçent olarak çalıştı. Halen Viessmann Isı Teknikleri Tic. A.Ş.'de Genel Müdür olarak görev yapmaktadır.

# LPG'nin Emniyetli Kullanımı ve Depolama Koşulları

Dr. Nimet Karakoç; Kim. Yük. Müh.

Mehmet Ulaş; Kimya Lisans Öğrencisi

## ÖZET

Günümüzde petrol ürünleri, ekonomik olması ve kolay temin edilmesi nedeniyle, tercih edilen ve yoğun olarak kullanılan enerji kaynağıdır.

Petrol kaynaklarının azalması nedeniyle, alternatif enerji kaynakları araştırmaları tüm Dünyada yoğun olarak devam etmektedir. Ancak bugüne kadar denenen bazı enerji kaynakları (elektrik enerjisi) pahalı olması nedeniyle petrol ürünlerinin yerini alamamıştır. Yaşadığımız çevrede kirliliğin azaltılması ve daha temiz bir çevre için; Doğal Gaz, elektrik, güneş enerjisi ve LPG gibi enerji kaynaklarına olan talebi artırmaktadır. Son zamanlarda kullanımı artan LPG'nin, emniyetli bir şekilde depolanması ve kullanılması için, gerekli standartlar bazında eğitimler verilmelidir. LPG'nin temiz yakıt olma özelliği de dikkate alınarak kullanım alanı artırılmalıdır.

## Safe Usage and Storage Conditions of LPG

### ABSTRACT

Safe Usage and Storage Conditions of LPG Nowadays, petroleum products are widely selected and used because they are economical and easily obtained. Research in alternative energy sources are intensively carried out all over the world because of the decrease in the petroleum resources. Nevertheless, until today, some energy sources experimented with couldn't replace petroleum products because of them being expensive. For decrease in pollution in the environment we are living and for a cleaner environment; the demand for energy sources such as natural gas, electricity, solar energy, and LPG is increasing. The needed training in the standards relating the safe usage and storage of LPG for which the usage is recently increased, should be given.

## 1. Giriş

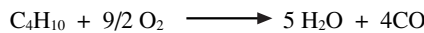
Halk arasında tüp gaz olarak bilinen LPG'nin açılımı "Likit Petrol Gaz"dır. Petrol yan ürünü olan LPG, yüksek miktarda propan ve bütandan oluşmaktadır. Ancak rafinelere elde edilirken bu bileşenlerin yanında az miktarda da etan, etilen, bütan, bütülen ve propilen'de bulunur. LPG, petrol çıkartılmasında oluşan bir yan ürün olması nedeniyle maliyeti düşüktür. Bir hidrokarbon olan LPG iki yolla elde edilir.

1. Çok hafif olan metan ve etan gazlarının, daha ağır olan propan ve bütan gazlarından ayrıştırılması yöntemiyle,
2. Ham petrolün rafinerilerde arıtılması ile elde edilir.

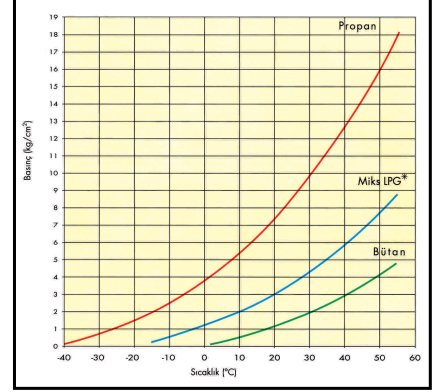
Mutfaklarda kullanılan LPG oran olarak %30 Propan ( $C_3H_8$ ) ve %70 Bütan ( $C_4H_{10}$ ) karışımından meydana gelmektedir. Bu karışım, sıcaklık ve basınç şartlarındaki değişime göre gaz veya sıvı halde bulunabilir. Sıvı fazı belirli bir sıcaklık ve basınç altında, gaz haline dönüşebilmektedir. Sıcaklık arttıkça LPG'nin basıncı da orantılı olarak artar. Sıvı fazın üzerindeki basınç Raoult yasasına uyar. Bunun sonucunda Propan ve Bütan ideal bir çözelti oluşturarak çözümler. Bu durumda;

Toplam Basınç= (mol kesri X buharbasıncı)+(mol kesri Xbuharbasıncı) eşitliğinden bulunabilir. Bu eşitlik LPG'nin tüp içindeki basıncını hesaplamada kullanılır.

LPG'nin emniyetli kullanımı ve depolanmasında; fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi de son derece yararlıdır. Bu özellikler genel hatlarıyla aşağıda verilmiştir. LPG zehirsiz bir gaz olmamasına rağmen kullanıldığı ortamda yeterli miktarda  $O_2$  gazı bulunmaması halinde,  $CO_2$  yerine  $CO$  gazının oluşması nedeniyle zehirlenme meydana gelir.



Genellikle gaz kullanımlarında, gaz kaçağının



Şekil 1. LPG'nin basınç sıcaklık grafiği

hissedilebilmesi için kokulandırma işlemi yapılır. Bu yüzden LPG, etil merkaptan ( $C_2H_5SH$ ) ile kokulandırılmıştır. Zehirlenme riskine karşı, LPG kullanılan ortamların sürekli havalandırılması gerekir.

## 2. Dökme LPG

LPG'nin büyük ölçekli tanklardaki depolanma türüdür. Depolama aşağıda belirtilen yerlerde yapılır:

- a-) Tuz kubbeleri, tüneller veya derin mağaralar.
- b-) Yer üstü, yer altı veya gömülü silindirik veya küresel çelik tanklar tuz kubbeleri, tüneller veya derin mağaralar yerin çok altında oluşturulur. Bu yol büyük miktarlardaki depolamalar için ekonomik açıdan en uygun yoldur. Büyük miktarlardaki soğutmalı depolarda çelik tanklar tercih edilir.

Pasif emniyet olgusunun gelişimi ve korozyondan korunmanın mümkün olması nedeniyle günümüzde en çok kabul gören depolama şekli yer altı tankları ile yapılan depolamadır.

Dökme olarak stoklanan LPG'nin depolandığı çelik yapılar ve yapılar ve borularda bir statik elektrik boşalması söz konusu olduğundan dolayı; LPG transferi yapılmadan önce bu malzemeleri topraklayarak üzerlerinde buldukları statik elektrik yok edilmelidir. Böylece çıkabilecek büyük tehlikelerin önüne geçilmiş olur. Kapatılabilir boru hatları ve depolama tankları, sıvı

Genel Özellikler	Birim	Ticari Propan	Ticari Bütan	Ticari Bütan-Propan Karışımı	
Bileşimi		Başlıca propan (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ), propilen (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> ), etan, etilen, bütan ve bütandan meydana gelen hidrokarbon karışımıdır.	Başlıca bütan (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ), bütilen (C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> ) ve propandan meydana gelen hidrokarbon karışımıdır.	Ticari propan (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) ve ticari bütandan (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ) meydana gelen hidrokarbon karışımıdır.	
Kokusu		Orijinali kokusuzdur, etil merkaptan (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH) ile kokulandırılmıştır.	Orijinali kokusuzdur, etil merkaptan (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH) ile kokulandırılmıştır.	Orijinali kokusuzdur, etil merkaptan (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH) ile kokulandırılmıştır.	
Buhar Basıncı	20°C 40°C 45°C 55°C	bar bar bar bar	9.2 15.3 17.0 20.4	1.0 2.8 3.4 4.6	3.5 6.6 7.5 9.3
İlk Kaynama Noktası (1)	°C	-42	-9	-18	
1 m <sup>3</sup> Sıvının Ağırlığı	kg	509	582	547-573	
Sıvı Halinde Suya Göre Nisbi Yoğunluğu		0.509	0.582	0.560	
Gaz Halinde Havaya Göre Nisbi Yoğunluğu		1.5	2.01	1.84	
Molekül Ağırlığı	g/mol	44.1	58.1	53.5	
Gaz Hacmi/Sıvı Hacmi (2)		272	238	248	
Alt Isıl Değer (3)	kCal/kg	11,100	10,900	10,960	
Tutuşma Sıcaklığı (havada)	°C	493-549	482-538	482-549	
Buharlaşmadan Sonra Toplam Isıtma Değeri	kCal/kg	11,950	11,740	11,800	
Maksimum Alev Sıcaklığı	°C	1,980	2,008	2,000	
%95'inin Buharlaşma Sıcaklığı	°C	-38.3	2.2	2.2	
Yanma Ürünleri	CO <sub>2</sub> N <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	% % %	11.6 72.9 15.5	12.0 73.1 15.0	11.9 73.0 15.1
Maksimum Kükürt Miktarı	mg/kg	185	140	140	
Bütan veya Daha Ağır Moleküllü Ürün En Çok	%-Hacim	2.5	-	-	
Pentan veya Daha Ağır Moleküllü Ürün En Çok	%-Hacim	-	2	2	
Propilen Miktarı En Çok	%-Hacim	-	-	-	
100 ml.'nin Buharlaşmasıyla Kalan Artık Miktarı	En Çok	0.05	0.05	0.05	
Hava Gaz Karışımında Patlama Sınırları	Alt Üst	% %	2.15 9.6	1.55 9.6	1.55 9.6

**Tablo 1.** LPG'nin yaklaşık özellikleri

LPG genişlerken oluşabilecek hasarlara karşı koruma sağlamak için emniyet valfleri ile tehziz edilmelidir. Depolama tankları çelikten imal edilmiş basınçlı tanklardır. NFPA/USA kodlarına veya Merkblatter/Alman normlarında 17,6 bar operasyon basıncında çalışabilecek şekilde dizayn edilmişlerdir. Genel tank hacimleri ve takribi boyutları şöyle olmalıdır.□

Su hacmi(m <sup>3</sup> )□	gövde çapı(mm)□	uzunluk(m)□	takribi ağırlık(kg)
10	1.600	5.4	2.300
22	1.800	6.5	5.500
35	2.500	7.8	7.850
50	2.500	9.8	10.150

LPG stok tankı emniyet yaklaşım mesafeleri ise aşağıdaki gibi olmalıdır.□

Tank kapasitesi(m <sup>3</sup> )□	Toprak Üstü(m)□	Toprak Altı(m)□	İki tank arası(m)
0,5'den küçük	—	3	1
0,5-3,0	3	3	1
3,0-5,0	5	3	1
5,1-10,0	7,5	5	1
10,1-50,0	10	7,5	1
50,1-120,0	15	10	1,5
120,1-200	20	15	1,5

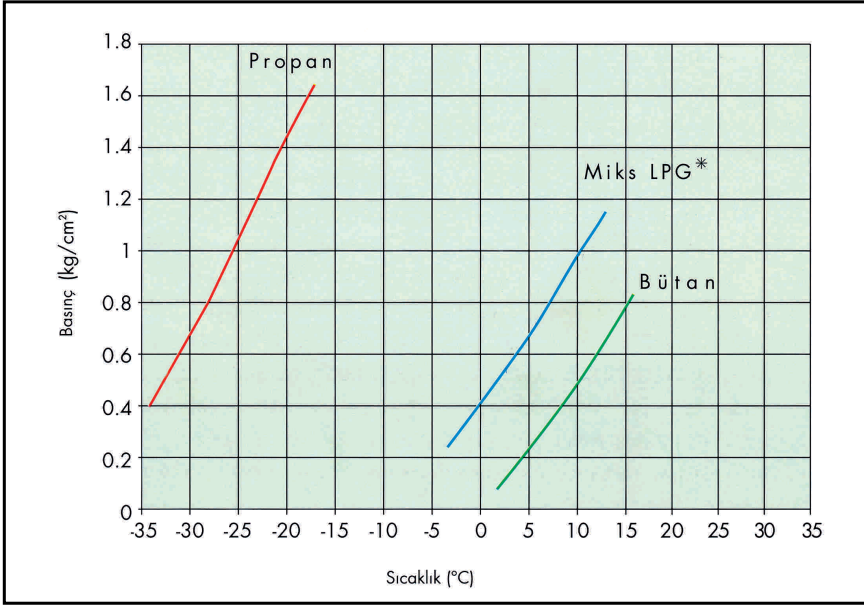
### 3.LPG Depolarının Konulacağı Yerlerin İnşaat Özellikleri

LPG depolarının bulunduğu odalar binanın zemin katında olmalıdır. Herhangi bir patlama anında, havalandırmayı sağlayacak malzemeler (havalandırma penceresi veya kapısı vb.) hafif malzemeler (teneke, çinko, vb.) olmalıdır. Odanın duvarları, döşemesi, çatısı ve tavanı yanmaz malzemelerden olmalıdır. Binada havalandırılmayan hiçbir yer kalmamalıdır.

Havalandırma pencere ve panellerinde havalandırma alanları, odanın kapalı hacminin her 3 m<sup>3</sup>'ü için en az 0,2 m<sup>2</sup> esasına göre hesaplanmalı ve inşa edilmelidir. Tabii havalandırma uygulaması durumunda, dış duvarların her 600 cm'si için en az 1 adet havalandırma deliği bulunmalıdır. Dış duvar uzunluğunun 600 cm'yi geçmesi durumunda, açıklık adedi aynı nispette artırılmalıdır. Açıklıkların her birinin alanı en az 140 cm<sup>2</sup> olmalıdır. Ayrıca açıklıkların toplam alanı, döşeme alanının her 1 m<sup>2</sup>'si için en az 65 cm<sup>2</sup> olmalıdır. Havalandırma delikleri mümkün olduğunca depoya daha fazla oksijen (O<sub>2</sub>) girebilecek yerlere yapılmalıdır. Dolayısıyla tavana yakın olması durumunda depoya daha fazla oksijen girecek ve içeride birikecek olan zehirli gazlar zehirsiz olan CO<sub>2</sub>'ye dönüşmüş olacaktır.

#### 4.LPG'nin Kullanım Alanları ve Potansiyel Riskleri

LPG başta mutfaklar olmak üzere, seramik fabrikalarında, çiftliklerde, büyük binalarda, otolarda vb. gibi alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır. Emniyet kurallarına uygun bir şekilde kullanılırsa diğer bütün yakıtlar kadar güvenilir ve ekonomiktir. Çünkü; ham petrolün artırılması sonucu bir yan ürün olarak ortaya çıkan LPG'nin elde edilmesi için ayrı bir harcama yapılmaz, tek harcama taşınması olup bu da yurt içinde tankerlerle, yurt dışından olan ithalatlarda ise deniz yoluyla yapılmaktadır. LPG'nin emniyetli bir şekilde kullanılması için TSE'nin belirlediği standartlara göre hareket edilmelidir. Yani taşınması, depolanması, transferi vb. faaliyetler eğer TSE standartlarına uygun bir şekilde yapılırsa son derece güvenli bir yakıt olur. Örneğin bir oto LPG deposuna doldurulan sıvı LPG miktarı %80 olup, geriye kalan %20'lik kısım gaz fazında LPG tarafından doldurulur. Bu dolum esnasında %80'lik sıvı faz oranının üstüne çıkılırsa büyük tehlikelerle karşı karşıya kalabiliriz. Bu tür tehlikelerden dolayı yerleşim merkezine yakın yerlere LPG istasyonları kurulmasına izin verilmemelidir. Özellikle mutfaklarda kullanılan tüpler açık havada güneş altında bırakılmamalıdır.



Şekil-2. LPG'nin çiyleşme eğrileri



Şekil-3. Tank ve Tankere Vuran LPG Yangını

Çünkü tüpler ısınma ile bir iç basınç oluşturacak ve bu nedenle patlama ihtimali meydana gelecektir. LPG stoklama tankları çevresinde meydana gelebilecek yangınlar göz önüne alınmalı ve bu durumda soğutma işlemi yapılmalıdır. Tanklarda meydana gelebilecek LPG yangınları tankın ısınmasına neden olur. Tankın ısınmasıyla sıvı LPG buharlaşır ve tank içinde basınç artar. Eğer tank soğutulmazsa, artan basınç nedeniyle Bleve oluşur.

Bleve; sıvılaştırılmış gazların stoklandığı basınçlı kaplarda, aşırı basınç ve ısı sonucu çelik gövdenin zayıflayarak iki yada daha fazla parçaya bölünmesi olayıdır. Kelime olarak "kaynayan sıvı, genleşen buhar" anlamına gelir. LPG tanklarının patlamasıyla meydana gelen yangınlarda LPG gaz olma ve karakteristik özelliğinden dolayı çok hızlı bir şekilde yayılır ve çok büyük çaplı yangınlara sebep olur.

#### 5.) LPG Kullanımında Yapılması Gereken Ana Kurallar

Dökme LPG stok tankları en geç 10 yılda bir su ile hidrostatik olarak TS1446'ya göre denenerek sızdırmazlıkları kontrol edilmelidir. Tanklar üzerindeki emniyet valfleri en geç 2 yılda bir defa deneye tabi tutulmalı ve ayarlandıkları basınçta çalışıp çalışmadıkları kontrol edilmelidir. Ancak yaylı valfleri en geç 5 yılda deneye tabi tutulmalıdır.

LPG tesislerinde yerlere konulacak buton veya anahtarlarla bir tehlike anında tesisin bütün elektrik enerjisi, aydınlatma ve yangın pompa tahrik ünitesi dışında, tamamen kesilmelidir. Tehlike anında elektrik enerjisine kesen buton veya anahtarlar tesisin en az 3 yerinde bulunmalı ve bunlar tank ve pompalardan en az 8,5m uzakta olmalıdır. Herhangi bir tehlike karşısında LPG'nin akışını uzaktan kumanda ile durduracak bir sistem oluşturulmalıdır. Dökme LPG depolanma tesislerini ve bu tesislerin yanında tüp depolanan açık alanları, etkili bir şekilde kontrol altına alabilecek ve en az 15lt/dk. su kapasiteli yer üstü yangın söndürme sistemi kurulmalıdır. Yer üstü depolama tanklarının üzerinde, tank yüzeyinin her 1m<sup>2</sup>'si başına 3 lt/dk.su miktarını tank yüzeyine yöneltecek su püskürtme elemanları (duş veya lüle nozul) bulunmalıdır.

Yerüstü LPG tankları ile parlama noktası 90 °C'nin altındaki bir sıvı ihtiva eden tanklar arasındaki yatay mesafe 6 m olmalıdır. Bu husus su kapasitesi 0,5m<sup>3</sup> ve daha az olan LPG tankları ile hacmi 2,5m<sup>3</sup> ve daha az olan fuel – oil tankları arasındaki yatay mesafe için uygulanmaz.

Yer üstü LPG tankları bir sahaya yerleştirildiğinde üzerinden geçen elektrik nakil hattı 0,6-10,5 kV ise; tank ile elektrik hattı arasındaki mesafe en az 2m, elektrik hattındaki gerilim 10,5 kV'dan daha yüksek ise tank ile elektrik hattı arasındaki mesafe en az 7,5 m olmalıdır. Su kapasitesi 1000 cm<sup>3</sup> ve daha fazla olan tanklara sesli ve ışıklı ikaz veren alarm takılmalıdır. Tankın üst yüzeyi toprak seviyesinden en az 150 mm aşağıda olmalıdır. Bu durumda tankın aşınmaya, taşıt trafiğinden veya başka sebeplerle hasar görmesine karşı tedbirler alınmış olur. Tank tabanı seviyesindeki toprak veya kaya tabakası sağlam olmalı, tank 150-300 mm kaba kum üzerine yerleştirilerek sabitlenmeli ve tank çevresi toprak veya kum ile doldurulup sıkıştırılmalıdır.

Su kapasitesi 10m<sup>3</sup>'den büyük olan tankların her birine manometre konulmalıdır. Manometre işletme şartlarında sıvı veya gaz fazdaki LPG'den etkilenmeyecek yapıda olmalıdır. Manometre işletme basıncı 1,77 MPa ve ölçme aralığı 0MPa-25MPa arasında olmalıdır. Bir taşıta dolum yapılırken araca transfer noktasından itibaren 5 m mesafede motoru çalışır durumda hiçbir araç olmamalıdır. Yukarıda belirtilen TSE verileri göz önünde bulundurularak LPG'nin emniyetli bir şekilde kullanılması ve depolanması için gerekli ortam koşulları sağlanmalıdır.

### 5.1) LPG Kaçağının Oluştığı Ortamlarda Yapılması Gerekenler

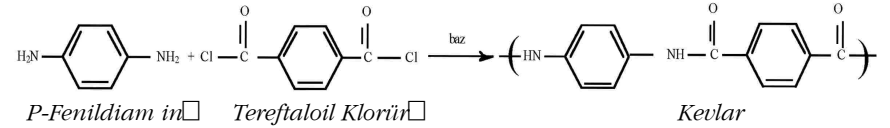
LPG kaçağı durumunda daireye kesinlikle girilmemeli ve açılan kapı yavaşça kapatılmalıdır. Daire içerisinde iseniz, elektrik anahtarları bulunduğu konumda bırakılmalı, açma ve kapama yapılmamalı, hemen ana dağıtım sigortasından elektrik kesilmelidir.

Vücuttaki statik elektrik boşaltılmalıdır. Tüpün üzerinde bulunan musluk veya valf kapatılmalıdır. Yerde birikmiş olan LPG süpürülmelidir. Böylece LPG'nin hava ile karışması sağlanarak ortamda boğucu CO miktarı azaltılmış olur. Söz konusu gaz kaçağı büyük boyutta ise acil telefon numaraları aranmalıdır.

## 6. LPG Yangınları ve Mücadele Yolları

LPG yangınlarının bir çok sebebi vardır. Sıcak yüzeyler, araç egzoz boruları, ortamdaki statik elektrik, yer altı kanalları ve derin yerlerde birikmiş olan LPG vb. bir çok sebep sayılabilir. LPG yangınları "C" sınıfı dediğimiz yangın türleridir. C sınıfı yangınları; likit petrol gazı, hava gazı ve hidrojen gibi yanabilen çeşitli gazların yanması ile oluşan yangınlardır.

Bu tür yangınlar hızlı yayıldığı için büyük tehlike yaratırlar. Bu tip yangınların söndürülmesinde en uygun yöntem; CO<sub>2</sub> ve kuru tozlu söndürücülerle müdahale etmektir. Yangın hangi nedenle çıkmış olursa olsun, yangın söndürücü seçimi doğru yapılmalıdır. Örneğin, LPG kaçağından meydana gelmiş bir yangına köpükle müdahale edilemez. Çünkü LPG, köpük örtüsü altında buharlaşır ve köpük örtüsünü delip tekrar yüzeye çıkarak yanmaya devam eder. Bu yüzden LPG yangınlarında köpük kullanılmaz. LPG yangınlarına diğer müdahale yolu ise su kullanmaktır. Burada suyun yangını tamamen söndürme gibi bir görevi yoktur. Esas görevi, yangına maruz kalan bölgeleri ve tesisatları soğutarak yangının hızını kesmektir. LPG kaynaklı yangın, gerek CO<sub>2</sub>'li ve kuru tozlu söndürücülerle ve gerekse su ile en hızlı söndürülürse söndürülsün en kesin çözüm yolu emniyet valfini yani ana gaz vanasını kapatmaktır. Burada dolumda kullanılan malzemelerin hepsine ayrı ayrı numaralama yapıldığında hangi parçanın nerede olduğu daha kolay bir şekilde bulunur. Yangın söndürmede, önemli olan diğer bir faktör ise; yangını söndürecek kişilerin, yangını söndürme esnasında giyecekleri yangın elbiseleridir. Bu amaçla kullanılan üç tür yangın elbisesi vardır. Bunlar; Nomex, Aluminize ve Kevlar'dır.



Kevlar en son üretilen bir poliamit olup, ısıyı iletmemeye, düşük tutuşabilirlik ve ısıya karşı yüksek dayanıklılık gibi özelliğinden dolayı yangın elbiseleri yapımında kullanılır. Nomex yapı olarak Kevlar'a benzer. Ancak üretiminde p-yönlü monomer yerine, m-yönlü monomer kullanılır. Ateş karşısında erimez, direk kömürleşir.

## 7. Kaynaklar

1. Marmara Bölge Müdürlüğü, Eskişehir Dolum Tesisi Kalite Müdürlüğü, Aygaz yangın güvenliği kitabı, sy:9/44-11/44
2. TMMOB Makine Mühendisleri Odası.LPG ve Uygulamaları Konferansı Bildiriler Kitabı MMO yayın no:225 24 Eylül 1999 sy:9-22
3. Türkiye Kojenerasyon ve Otoproduktörlük Derneği file://A:/Türkiye%20Kojenerasyon%20ve %20Otoproduktörlük%Derneği.htm. Esin Akkan, Aygaz Stratejik Planlama Müdürü. Dünya ve Türkiye'de LPG
4. Epq Mühendislik&Müteahhitlik Ltd.Şti. Ağustos 2000
5. Marmara Bölge Müdürlüğü, Eskişehir Dolum Tesisi Aygaz Bayi Teknik Bülteni 07 Haziran/02 sy:1/4-2/4
6. Organik Kimya, Palme Yayıncılık, Hart Craine Hart, 1998, 9.baskı Ankara. Çeviri Editörü: Tahsin Uyar sy:424
7. LPG'nin Depolanma Kuralları TS 1446 Mayıs 1998 sy:6-7-10-18
8. Emniyet Kuralları TS1449 Aralık 1997 sy:3-6
9. TS 11939 Ocak 2001 sy:4

### Yazarlar:

#### Dr. Nimet Karakoç,

1962 yılında Sivribisar'da doğdu. 1984 yılında Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünü birincilikle bitirdi. 1987 yılında Yüksek Lisansını tamamlayarak Kimya Yüksek Mühendisi ünvanını aldı. 1985 yılında Anadolu Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 1994-1995 yılında Doktora başladı. 2002 yılında Doktorayı tamamladı. Halen Osmangazi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Yabancı dili İngilizce olup, evli ve bir çocuk annesidir.

#### Mehmet Ulaş,

1982 yılında Hatay'da doğdu. İlkokul eğitimini, 1993 yılında Bedii Sabuncu İlkokulu'nda, Ortaokul eğitimini, 1996 yılında Atatürk Ortaokulu'nda ve Lise eğitimini, 1999 yılında Antakya Lisesi'nde tamamladı. 2000 yılında Eskişehir'de, Osmangazi Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'ne başladı. Halen aynı üniversitede Kimya Bölümü son sınıf öğrencisidir.

# Çevreci Tuvaletler

*Rüknettin Küçükçalı; Mak. Yık. Miib.*

TTMD Üyesi

## ÖZET

*Su, Dünyanın en kıymetli kaynaklarından biridir. Suyun çevreci bir yaklaşımla kullanımı ve kaynakların korunması konusunda bina tesisatında yapılabilecek çok şey vardır. Binalarda ve özellikle ticari binalarda su kullanımının en fazla olduğu yer tuvaletlerdir. Tuvaletlerde su ve enerji savurganlığının önlenmesi, çevrenin atıklarla kirlenmemesi binalardaki çevreci yaklaşımın en iyi örneklerinden biridir. Bu yazıda akılcı su kullanımı ve ticari binalardaki çevreye duyarlı tuvaletler üzerinde durulacaktır.*

## Green Restrooms

### ABSTRACT

*Water is the most precious resource in the world. There are various options can be used building installations to conserve water and environment. Restrooms are the most water consuming places in commercial buildings. Conservation of resources in restrooms is an usefull approach in green building concept. Some of the most significant opportunities for creating more environmentally responsible commercial restrooms are described in this article.*

### 1. Giriş

HPAC Engineering dergisi Nisan 2003 sayısında Alex Wilson imzalı makale su tasarrufu ve hijyen açısından olduğu gibi çevreci yapılarla yaklaşım açısından da ilginçti. Burada makalenin aynen tercümesi yerine buradan alıntılar yapılarak konunun önemli kısımları vurgulanmış ve belirli noktalarda katkı yapılmıştır.

Geçen yıllar içinde aydınlatma ve enerjiyi verimli kullanmaktan malzeme seçimine ve iç hava kalitesine kadar her şeyde çevreci binalara olan ilgi hızla artmıştır. Çevreci ticari binalarda yapılanlara bakıldığında, tuvaletlerde binaların çevresel performanslarını geliştirecek birçok şeyin yapılabileceği görülmektedir. Tuvaletlerle ilgili en önemli çevre konusu su kullanımınıdır. Bir ofis binasında, su tüketiminin en çok olduğu yer tuvaletlerdir.

Su Dünya'nın en kıymetli kaynaklarından biri olup gün geçtikçe kıymetli hale gelen doğal bir kaynaktır. Dünyanın su kaynakları

zaman içinde artmayacaktır, tam tersine tüketim artacaktır. Su kaynaklarının artmayacağı ve daha çok kirleneceği de dikkate alınır, su daha da kıymetli kaynak olacak ve maliyeti daha fazla artacaktır. Enerji maliyetlerindeki artış da (petrol, elektrik vb.) su maliyetini artıran diğer bir etkidir. Nüfus artışı ve refah düzeyinin artması suya olan talebi artıracaktır. Ayrıca su tüketimi sadece evsel kullanımla da sınırlı değildir. HVAC amacıyla, endüstriyel amaçlarla, tarımsal amaçlarla büyük ölçekte su tüketimi söz konusudur. Burada binalarda ve özellikle ticari binalarda ofis binalarında tuvaletlerde su kullanımı üzerinde durulmuştur. Su, tuvaletlerde kullanılan bir numaralı kaynak olmakla birlikte, tek de değildir. Tuvaletlerin tüketimi; aydınlatma ve havalandırma için kullanılan enerjiyi, kağıt nedeniyle ağaç gibi diğer doğal kaynakları da kapsamaktadır.

**2. Daha Az Su İle Daha İyi El Yıkama**  
Hijyen uzmanlarına göre elleri yıkamak hastalıkların yayılmasını önleyen en önemli unsurdur. **El yıkama; solunum yolu enfeksiyonlarına, bağırsak hastalıklarına, özellikle Türkiye'de çok yaygın olan sarılık da dahil olmak üzere bulaşıcı hastalıklara karşı savunmanın birinci basamağıdır.** Hapşırma, öksürme ve evcil hayvanlara dokunmak gibi eylemlerden sonra ve özellikle tuvalete gittikten sonra eller mutlaka yıkanmalıdır. Bu genelde bilinmesini rağmen, pratikte pek uygulanmamaktadır. 2000 yılında yapılan ankete göre ABD'li yetişkinlerin %95'i tuvaleti kullandıktan sonra ellerini yıkadıklarını söylese de, sadece %67'sinin yıkadığı tespit edilmiştir. Ayrıca elini yıkayan insanların büyük bir kısmı da, muhtemelen ellerini 20 sn sabunla ovuşturur. Ayrıca ellerin yıkanması sırasında özellikle parmak aralarının da çok iyi sabunlanması ve yıkanmasını çok daha az insan yapmaktadır. Halbuki FDA (Food and Drug Administration) tarafından yapılan tanıma göre, sadece elleri ıslatmak veya hafifçe sabunlamak etkili değildir. **Etkili olarak elleri, parmak aralarını ve tırnak aralarını yıkayabilmek için elleri akan suyun altında önce 4 saniye ön-yıkama**

**sonra 20 sn ovalama ve son olarak 4 saniye durulamak gerekir.**

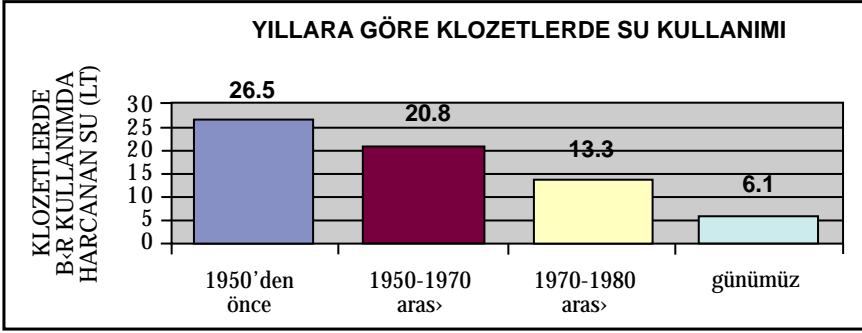
Öte yandan el yıkama sıklığını ve ovma süresini arttırmak, hijyen gereği yararlı olmakla birlikte kullanma suyu tüketimini artırmaktadır. Bu durumda suyun verimli kullanılması gündeme gelmektedir. Örneğin genel tuvaletlerde sensör kumandalı musluklar kullanılabilir ve böylece önemli miktarda su tasarrufu sağlanabilir. Normal ve sensörlü muslukların her ikisinde de 8,3 lt/dk akış olduğu kabul edilirse ve FDA tarafından tanımlanan el yıkama işlemi uygulanırsa, el yıkama başına 4 lt su tasarrufu sağlanabilir. Sensör kumandalı musluklar, kullanıcının elleri aktif bölgede olmadığı zaman çalışmayacak şekilde dizayn edilmiştir. Halbuki normal musluklarda kullanıcı ellerini ovarken önemli miktarda su harcanmaktadır. Ayrıca normal musluklarda, kullanıcı ellerini kurulamak için havluya uzanırken de ek bir su tüketimi olmaktadır. Aynı zamanda sensör kumandalı musluklara alışan kullanıcılar muslukları açık bırakıp gidebilmektedir. Örneğin, 1000 kişinin haftada beş gün çalıştığı bir ofis binasında, ortalama her kişi günde üç defa sensörlü musluğa sahip lavaboda ellerini yıkasa, bu haftada 15.000 el yıkamaya ve 60.000 lt su tasarrufuna karşı gelir. Aşağıda normal ve sensörlü musluklardaki su tüketimleri verilmiştir.

### 2. Lavabo Muslukları

Genel hacimlerin lavabo musluklarında su kullanımını 10 lt/dk'nın altında olmalı veya otomatik musluklarda (her açıldığında belli bir miktar su akıtınlarda) su kullanımını 0,95 lt/kullanım olmalıdır. Daha az su akıtan (2 lt/dk veya 10 sn'de 0,4 lt) umumi musluklar da mevcuttur. Musluk uçlarında mutlaka perlatör (su ile havayı karıştırır) olmalıdır.

Sensörlü lavabo muslukları önemli derecede su tasarrufu sağlarken, sensörle çalışmak için enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Bu ürünlerden bazıları alternatif akımla çalışan kablolu ürünlerdir. Ama pilli olanlar daha yaygındır. Pilleri modellerin montajı daha ucuzdur. Çok sık kullanılmayan yerlerde, bu pillerin ömrü 3 yıla kadar uzayabilir. 2002 yılının sonunda

Ölçümler	Normal Musluk	Sensör-Kumandalı Musluk	Tasarruf
Kullanılan su (ml)	4.600	600	4.000



**Tablo 1.** Klozetlerde su kullanımının tarihsel gelişimi

Amerika piyasasına giren mangandioksit pilli musluklarda, pili şarj eden küçük bir hidroelektrik jeneratör kullanılmaktadır. Bu musluk, ekolojik tasarım anlamında harika bir örnektir. Üreticiye göre, günde en az 5 kullanım için 10 yıl boyunca herhangi bakım ihtiyacı duymaz.

### 3. Su Tasarrufu Sağlayan Klozetler

Klozetlerdeki su tüketiminde büyük gelişme olmuştur. 1950'den önce ilk klozetlerde her sifon çekişinde 26 lt su tüketilmekteydi. 1950-1970 yılları arasında gelişen tiplerde tüketim 19-21 lt mertebelerine inmiştir. 1980'lerden bugün geçerli standartların kullanılmaya başlandığı 97 yılına kadar da 12-15 lt su kullanılmaktaydı. 1 Ocak 1997'den bu yana ABD'de ticari binalardaki tuvaletlerde klozet yıkamada 6 lt/kullanım değerinden daha fazla su kullanılması yasaklanmıştır. Bu standart her yıl milyonlarca litre su tasarrufu sağlamaktadır. Bazı tip klozetler daha da fazla tasarruf yapabilmektedir. Hatta bazı basınç kontrollü klozet tipleri 1,9 lt/kullanım değerinden de az su ile çalışabilmektedir. Bazı klozetler vakum pompası veya hava kompresörünü çalıştırmak için elektriğe ihtiyaç duysa da diğerleri havayı sıkıştırmak için su besleme hattını kullanmaktadır. Çift akışlı klozetler, sıvı ve katı atıkları yıkamada farklı su miktarları sağlarlar. Sifon kolu bir yöne bastırıldığında 3,8 lt %, diğer yöne bastırıldığında 6 lt su kullanılır. Böylece sadece idrar halinde daha az bir suyla yıkama imkanı verilmiş olur.

Sensör kumandalı akış ölçerler de çevreye saygılı başka bir tuvalet teknolojisidir. Sensör kumandalı bir sifon vanası, sifonun her kullanımında bırakılan suyu, kullanım sıklığı ve süresine bağlı olarak kontrol eder. Mesela bir sinemada tuvaletler geceleri daha sık kullanılır. Gün boyunca, tuvaletleri daha az kişi kullandığında sensör bunu gözetler ve her sifon çekilişinde daha çok su bırakır. Akşam ise, kısa bir süre zarfında daha çok kişi kullandığından her sifon çekilişinde daha az su bırakır. Kullanımın çok kolay olmasına rağmen, kurulum sırasında montörün sensör üreticisinin talimatlarını izlemesi gerek-

tedir. Kurulumdaki bir aksaklık, sifonların ya yeterince su akıtmaması ya da çok sık ve fazla su akıtması gibi problemlere yol açabilir.

### 4. Pisuarlar

Pisuarlar bir kullanımda 3,8 litreden daha fazla su tüketmemelidir. Bununla birlikte su tüketmeyen yeni tip pisuarlar geliştirilmiştir. Bu ürünlerde sifon yapmayı sağlayan idrardan daha hafif sıvılardan faydalanılmaktadır. Bu teknolojinin önü 1992'de ilk susuz pisuarın tanıtımıyla açılmıştır. 11,35 lt su kullanan eski pisuarlarla karşılaştırıldığında, susuz pisuarlarda sağlanabilecek olası su tasarrufu çok büyüktür.

### 5. Klozetlerde İçilemeyen Su (arıtılmış atık su) Kullanımı

Binalarda tuvaletlerde atık su arıtma tesislerinden elde edilen arıtılmış su kullanılabilir. Arıtılmış su, kimyasal arıtmayla atık suların elde edilir ve binalara ayrı besleme hatlarıyla ulaştırılır. Arıtılmış su, çamaşırhane, duşlar ve lavabolardan gelen ve gri-su diye adlandırılan atık sudan çok farklıdır. Gri su genellikle evlerdeki tuvaletlerde klozet yıkamada kullanılır.

Arıtılmış suyun mevcut olduğu yerlerde, tuvaletler için mutlaka arıtılmış su kullanımı düşünülmektedir. Halen arıtılmış su yok ise, fakat ileride arıtılmış su kullanıma sunulabilecekse, bina sahipleri arıtılmış suya kolay bir geçişi sağlayabilmek için ikili boru tesisatını inşaat esnasında düşünmelidir.

### 6. Elektrikli El Kurutucuları

Elektrikli el kurutucuların kullanımı artmaktadır, çünkü bu cihazların ömür boyu maliyetleri, alternatifleri olan atılabilir kağıt havlulardan daha ucuzdur. EBN (Environmental Building News) tarafından toplanan bilgilere göre, umumi tuvaletlerde her kullanımda iki kağıt havlunun kullanıldığı düşünülerek 1000 kullanımdaki maliyetin 23\$ olduğu hesaplanmıştır. Standart bir elektrikli kurutucunun maliyeti ise 1000 kullanımda, kWh 8 sentten \$1,47'dir. Diğerinin %7'sinden bile azdır. Elektrikli el kurutma cihazları ile ilgili problem, bunlar ile kurutmanın yaklaşık 30 ile 45sn gibi uzun

zaman almasıdır. Çoğu kullanıcı bu kadar sabırlı değildir. Ayrıca hijyen yönünden bu konuda tereddütlerde vardır. Bu mahzurları gidermek için eldeki su taneciklerini yüksek hızda hava jetinden yararlanarak uzaklaştıran yeni bir cihaz geliştirilmiştir. Bu cihaz kurutma süresini 12 ile 15 saniyeye indirmektedir. Bu da kağıt havlu kullanarak el kurutma süresine eşittir. Ayrıca cihaz daha az elektrik kullanır (2200W yerine 1500W). EBN kayıtlarına göre, operasyon maliyeti 1000 seferlik kullanımda 50 cente düşmektedir.

Çevreci bakış açısından, bu elektrikli kurutucu sadece orman kaynaklarından tasarrufu değil, aynı zamanda daha az enerji kullanımını da sağlamaktadır. Tablo 2'de görüldüğü gibi, EBN kağıt havluların malzemesinin işlenmesi, üretimi, taşınması gibi işlemlerde harcanan enerjiyi incelemiş ve elektrikli el kurutma cihazlarında kullanılan enerji ile karşılaştırmıştır. Bu araştırmaların sonucunda, geri dönüşümü olmayan kağıt havlularda 743 kJ, yüzde yüz geri dönüşümlü kağıt havlularda 460 kJ, standart bir elektrikli kurutucuda 222 kJ ve çevreci kurutucuda sadece 76 kJ enerji harcandığını hesaplanmıştır.

### 7. Sonuç

Eski klozetlerin yeni tip daha az su tüketen klozetlerle, eski pisuarların yeni tip pisuarlarla değiştirilmesi, daha az su gönderen muslukların ve duş başlıklarının kullanımı ve ayrıca enerji tasarrufu elektrikli el kurutucuların kullanımı genel tuvaletler için söz konusu olabilecek çevreci uygulamalardır. Genel tuvaletlerde kullanılacak diğer çevreci uygulamalar; enerji tasarrufu aydınlatma armatürlerinin kullanımı, genel WC'lerde belirli saatlerden sonra lambaların insan girince aydınlatmalarını sağlayan sensör kontrolleri, enerji tüketimini azaltan ve ısı geri kazanımlı gelişmiş havalandırma sistemlerinin kullanımı, zararlı kimyasal maddelerin kullanımının azaltılmasını sağlayan temizleme işlemleri olarak gösterilebilir.

### 8. Kaynaklar

- Alex Wilson, HPAC Engineering, April 2003, s.53-58
- Isısan Çalışmaları

#### Yazar;

#### Rüknettin Küçükçalı,

1950 yılında doğdu. 1972 yılında İ.T.Ü Makina Fakültesi'nden mezun oldu. Sungurlar ve Tokar firmalarında mühendis ve şantiye şefi olarak görev yaptıktan sonra 1975 yılında Isısan A.Ş.'yi kurdu. Halen bu firmanın yöneticisi olarak görev yapmaktadır.

# Doğal Gazın 12 Ay Kullanımı - Hibrid Soğutma

**Halim İman;** Mak. Müh.

TTMD Üyesi

## ÖZET

Elektrik endüstrisindeki farklı elektrik tarifelerinin uygulanması ve yeniden yapılandırılması; özellikle yaz aylarında üretimde daralmalara sebep olur. Doğal gazlı soğutma; soğutma yüklerinin en yüksek olduğu zamanlarda, elektrik sarfiyatını düşürmek suretiyle ticari ve endüstriyel kullanıcıların enerji maliyetlerini düşürmeye yardımcı olmaktadır. Burada işletme maliyetleri; klasik elektrik tabrikli soğutma gruplarına göre %30-60 azaltılabilmektedir.

## Usage of Natural Gas for 12 Monthly

### ABSTRACT

Electric Industry deregulation and restructuring have contributed to a shortage of electric power generation that, in summer months has caused extremely high rates, brownouts in some parts of the country. Natural gas cooling allows commercial and industrial costumers to significantly reduce their energy costs by avoiding the electric demand charges and "time-of-day" rates, especially during the peak cooling season. Operating costs can be cut by as much as 30-60% when compared with conventional electric chillers.

### 1- Hibrit Soğutma

Hibrid Soğutma; enerji tasarrufu gayesiyle elektrik ve doğal gaz arzını dengelemek için enerji girdi maliyetlerinin düşük olduğu zamanlarda dönüşümlü olarak elektrik veya Doğal Gaz ile tahrik edilen motora sahip soğutma gruplarını kullanmaktır. Bu gruplar; doğal gaz motor tahrikli gruplar ve doğal gaz direkt ateşlemeli absorpsiyon gruplarıdır.

### 2- Enerji Tasarrufu ve Çevre

21. yüzyılda üzerinde durmamız gereken 2 önemli konu, **enerji tasarrufu** ve **temiz çevre** olmalıdır. Bu amaca yönelik olarak enerji yönünden kaynakları en verimli kullanmak ve enerji kaynaklarındaki dış ülkelere bağımlılığı en aza indirmek için enerji tasarrufuna önem verilmelidir. Buna bağlı olarak, faaliyet gösterdiğimiz hava, su, toprak, doğal kaynaklar, flora (bitkiler), fauna (hayvanlar) ve insanların teşkil ettiği çevre- ninde korunmasına gerekli hassasiyet gösterilmelidir. CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltarak hava kirliliği minimumda tutulmalıdır.

### 3- Elektrik Tarifeleri

Elektriğin farklı saatlerde kullanımını teşvik ederek enerji tasarrufu sağlamak amacıyla; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 1 Eylül 1999 tarihinden itibaren, üç zamanlı elektrik tarifeleri uygulamaya başlamıştır.

Tarifeye göre 17.00-22.00 saatleri arasında tüketilen elektriğin fiyatı 22.00-06.00 ve 06.00-17.00 arasında tüketilen elektriğin fiyatından farklıdır. Tarifeye göre 22.00-06.00 saatleri arasında elektrik kullanan mesken tipi bir tüketici 17.00-22.00 saatleri arasında elektrik tüketen bir tüketiciye göre %72 oranında daha az bedel ödeyecektir.

### 4- Enerji Yük Dağılımı

Örnek olarak, bir hastanede enerji tüketiminin sistemler arasındaki dağılımı şu şekilde özetlenebilir.

Isıtma	%40
Soğutma	%18
Aydınlatma	%17
Su Isıtma	%6
Asansörler	%8
Fanlar	%11

Görüldüğü gibi ısıtma ve soğutma enerji tüketimi toplam enerjinin %58'ini teşkil etmektedir.

### 5- Elektrik ve Doğal Gaz Beslemeli Grupların Karşılaştırılması

#### Türkiye'de uygulanan fiyatlar

Elektrik	: 0.08 €/kWh
Gaz	: Doğal Gaz Son Kullanıcı Fiyatı = 340.000 TL/m <sup>3</sup> 1 USA \$ = 1.410.000 TL (07.01.2002)
Gaz	: \$0.24/m <sup>3</sup> (8500 kcal/m <sup>3</sup> ) : \$0.025/kWh

#### 5.1. Elektrikli Isı Pompası

Elektrik	200.000 TL/kWh	1 kW/h=860 kcal	COP: 3,5
Elektrikle verimi	%99	1 kW elektrik	3,5 kW soğutma

Heat Pump (ısıtma)	200.000 TL/kWh	
Elektrikle soğutma	3,5 COP	
		57.143
		= 57.143 / 0.86 = 66.445 TL/1000 kcal

#### 5.2. Elektrikli Isıtma

Elektrikle Isıtma	200.000 TL/kWh	
	860 kcal/kWh x 0.99	= 234.907 TL/1000 kcal

#### 5.3. Doğal Gazla Isıtma

Doğal Gaz Fiyatı	340.000 TL/m <sup>3</sup>	
Verim	%93	
Alt Isıl Değeri	8.500 kcal/m <sup>3</sup>	
Doğal Gazla Isıtma	340.000 TL/m <sup>3</sup>	
	8.500 kcal/m <sup>3</sup> x 0.93	= 50.900 TL/1000 kcal

#### 5.4. Elektrikle Soğutma

Elektrik Fiyatı	200.000 TL/kWh	1 kwh=860 kcal
Elektrik Soğutma	$\frac{200.000 \text{ TL/kWh}}{3,5 \text{ COP}}$	= 57.143 TL/kW - soğutma
	$\frac{57.143}{0.86}$	= 66.445 TL/1000 kcal

#### 5.5. Doğal Gaz Motor Tahrikli Soğutma

Doğalgazla Soğutma	$\frac{340.000 \text{ TL/m}^3}{2 \text{ (COP)} \times 8.500 \text{ kcal/m}^3}$	= 25.530 TL/1000 kcal
--------------------	--	-----------------------

#### 5.6. Absorbsiyon Doğal Gaz Ateşlemeli Soğutma

Doğal Gaz	340.000 TL/m <sup>3</sup>	COP:1
Doğal Gaz Ateşlemeli Absorbsiyon Soğutma	$\frac{340.000 \text{ TL/m}^3}{1 \text{ (COP)} \times 8.500 \text{ kcal/m}^3}$	= 47.000 TL/1000 kcal

#### 6. Doğal Gazlı Soğutmada Gelişmeler

Absorbsiyonlu klima cihazlarına ilaveten, bugünün Doğal Gazlı soğutma teknolojilerine birçok ticari klima ve soğutma uygulamaları için, belli sıcaklık ve kapasite aralığında motor tahrikli sistemleri de dahil etmek mümkündür. Bu bölümde Doğal Gaz soğutma tarihi, Doğal Gaz teknolojisindeki yakın gelişmeleri ve ticari soğutma pazar ve uygulamalarının karakteristik özellikleri incelenecektir.

##### 6.1. Tarihi İnceleme

**1800'lü yılların ortaları :** Mekanik soğutma sistemlerinin kullanıma başlangıcı mekanik soğutma sistemlerinin başlangıcı 1800'lü yılların ortalarına rastlar. 1889'a doğru, büyük şehirlerde yiyecek ve dökümanları korumak için, merkezi soğutma sistemleri kullanılmıştır. Klima teknolojisine 1906 yılında havayı şartlandıran cihazın patentinin alınmasıyla Willis Carrier tarafından öncülük edilmiştir. Klima terimi aynı yıl mühendis Stuart W.Cramer tarafından kullanılmıştır. İlk klima uygulamaları, nem kontrolü gereken matbaa ve tekstil firmalarında kullanılmıştır.

**1900'lü yılların başı :** Konfor klima sistemleri kullanılmaya başladı.

**1940'lı yıllar :** Klimalar konutlarda kullanılmaya başladı.

1900'lü yılların başında Alfred Wolff; borsa binası dahil New York bölgesinde konfor klima sistemleri tasarım ve uygulamalarını yapmıştır. Çeşitli tiplerdeki klima uygulamaları kısa sürede sinema ve tiyatrolarda kullanılmaya başlanmıştır.

Carrier; 1921 yılında geniş hacimler klima sistemleri için santrifüj soğutucuların patentini almıştır. 1930'lara doğru, tiyatro ve fabrika binaları, klima sistemleri uygulaması için en önemli pazar olmuştur. 1930 ve 1940'larda soğutma teknolojisi, buzdolabı ve oda tipi klimalardaki gelişmeler ve seri üretimler sonucunda konut pazarına girmiştir. 1946 yılında 30.000 oda tipi klima cihazının sevkiyatıyla; konfor soğutma, büro binaları ve diğer ticari işletmelere girmeye başlamıştır.

**1941 yılı :** Doğal Gaz yakıtlı absorpsiyon klima cihazları konut sektörüne girmeye başladı. Doğal Gaz endüstrisi 1941 yılında; Doğal Gaz yakıtlı klima konusuna eğilmeye başlamıştır. Bunun sonucunda, lityum-bromit-sulu ünitelerin gelişmesiyle konut sektörü uygulamaları başlamıştır.

1950'lerde ABD'li klima imalatçıları büyük kapasitelerde lityum-bromit-sulu absorpsiyonlu soğutucular geliştirerek kullanıma sunmuşlardır. 1960'lara doğru, büyük kapasite soğutucuların yaklaşık %40'ı absorpsiyon makineler idi.

1968 yılında ABD iç piyasa satışları 500.000 ton soğutmaya (1.8 milyon kw) bulmuştur.

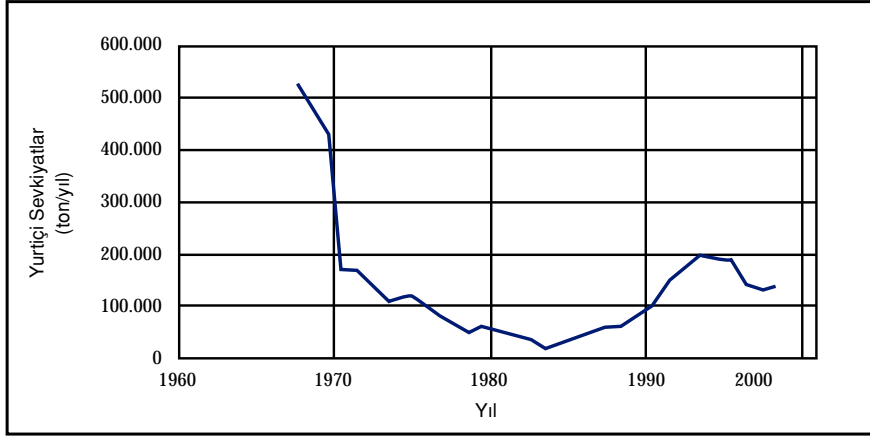
Bu dönemdeki cihazların büyük çoğunluğu, Doğal Gaz ateşlemeli kazan veya başka hatlardan alınan buhar ile tahrik ediliyordu. İlave olarak, bazı imalatçılar, endüstriyel makineler tarafından tahrik edilen kompresörlü mekanik soğutma sistemleri satıyordu. **1954 Yılı :** Doğal Gaz fiyatları mahkeme kararı ile hükümet kontrolünden alınarak, üretim yapılan kuyularda belirlenmeye başlamıştır.

**1960'lı Yıllar :** Doğal Gaz fiyatlarındaki belirsizlik soğutma sektöründe elektrik kullanımını öne çıkarmıştır.

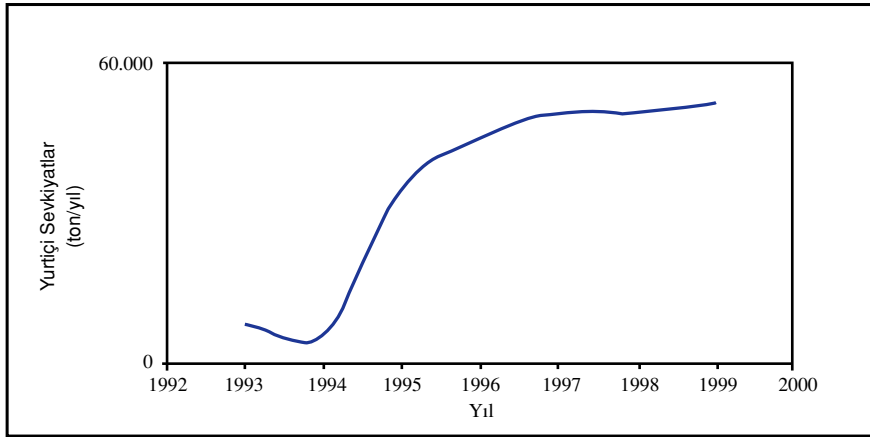
Fakat, 1938 Doğal Gaz yasasıyla; hükümet kontrolündeki Doğal Gazın fiyatları, 1954 yılı yüksek mahkeme kararıyla kuyu fiyatlarının ayarlanabileceği belirtilmiştir.

Bu fiyat kontrolü; Doğal Gaz üreticilerinin, ABD içinden ziyade, dışarıda arama yapmalarını cazip hale getirmiştir. Bunun sonucunda; 1960'lı yıllarda ve 1970'lerin başlangıcında Doğal Gaz çıkarma işlemleri yavaşlamış, arz azalmış ve bazı büyük Doğal Gaz müşterileri kullanmayı bırakmışlardır. Fiyat ayarlamasından ve doğal gaz üretimindeki belirsizliklerden dolayı, 1960'ların sonuna doğru, absorpsiyon soğutucu satışları hızlı bir şekilde düşmüştür. Bu düşüş 1970'lerden, 1980'lerin başına kadar devam etmiştir. Soğutucu ekipman imalatçıları, pazara hakim olan elektrik tahrikli teknolojiye yönelmişlerdir. 1960'ların başlangıcında, Japon klima firmaları; direkt ateşlemeli çift etkili makineler dahil olmak üzere, absorpsiyon teknolojisini geliştirmeye devam etmişlerdir.

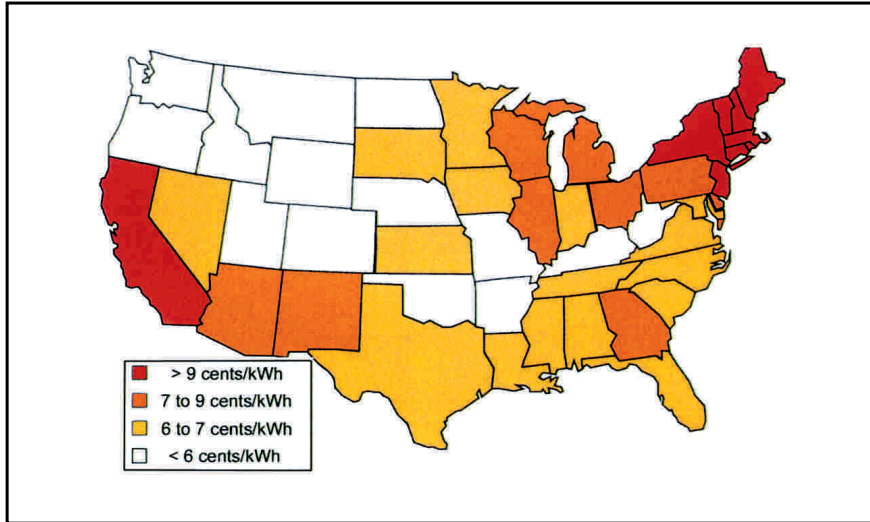
**1980'li Yıllar :** Doğal Gaz fiyatları serbest piyasa koşullarında belirlemeye başladı. 1980'li yıllarda ABD Doğal Gaz endüstrisindeki serbest piyasa koşullarından dolayı, Doğal Gaz üretimi artmış ve fiyatlar düşmüştür.



Şekil-1. Absorbsiyonlu soğutucu grupların üretimi



Şekil-2. Gaz motor tabrikli grupların üretimi



Şekil-2. Ortalama ticari elektrik fiyatları

Doğal Gaz firmaları, merkezi ve eyalet hükümetleri tarafından denetlenmesine rağmen, 1985-1993 yılları arasında dağıtım firmalarına kademeli olarak serbest piyasa koşulları uygulanmıştır.

Böylece;

Doğal Gaz kullanıcılar, Doğal Gazı direkt olarak üreticilerden alabilmiş ve çıkış fiyatları 1989'dan 1993'e kadar kontrol edilmemiştir. Bu da perakende satış fiyatlarının serbest piyasa koşullarında oluşmasına müsaade etmiştir.

Doğal Gaz endüstrisi, 1980'lerde Doğal Gaz soğutma teknolojisinin gelişmesini başlattı. ABD firmaları Japonlardan çift etkili soğutucu/ısıtıcı teknolojileri satın almışlar

ve teknolojiyi ABD toplum ihtiyaçlarına göre adapte ederek, 1960'ların başlarında Kuzey Amerika'da üretime başlamışlardır. Motor tahrikli ürünlerin imalatları da çeşitli firmalar tarafından başlatılmıştır.

1994 ve 1995 yılında, ABD iç piyasadaki absorpsiyon soğutucu sevkiyatı, yaklaşık olarak 200.000 ton soğutmaya (700.000 kw) ulaşılmıştır. (Şekil-1)

1990'larda Doğal Gaz tahrikli sistem satışları yaklaşık 10 kat artmıştır.

1993'deki 5.000 ton soğutmadan (17.600 kW) 1998-1999 döneminde 50.000 ton soğutma (176.000 kW) değerine yükselmiştir. (Şekil-2)

Şekil-2 Motor tahrikli soğutucu sevkiyatı Doğal Gazlı motor tahrikli soğutucular; 1990'larda %4 olan su soğutmalı gruplardaki oranını şimdilerde, büyük kapasitelerde, yaklaşık %8'lere yükseltmiştir.

### 6.1.1. Yakın Teknolojik Gelişmeler

1960'ların sonlarında absorpsiyon soğutucu satışları en üst değerlerine ulaşmasından dolayı, hem absorpsiyon hem de motor tahrikli doğal gaz soğutma teknolojileri Amerikan klima üreticileri tarafından verim ve performans olarak geliştirilmişlerdir.

### 6.2. Soğutucu Pazarının İncelenmesi

Amerikan klima pazarı birkaç büyük imalatçı tarafından yönlendirilmektedir. Fakat birçok küçük imalatçı da sektörde önemli bir paya sahiptir. Amerika'da ticari doğal gaz soğutma sistemlerinde 3 tip sistem görülmektedir.

#### 6.2.1. Absorpsiyon Soğutucular

Bütün büyük klima cihaz üreticileri direkt ateşlemeli tek tesirli soğutucular direkt ve indirekt ateşlemeli çift etkili makinelerde dahil olmak üzere büyük kapasiteli Doğal Gazlı absorpsiyon sistemleri sunarlar. Hafif ticari Pazar için, 3,5 tonluk (11'den 17 kW'a kadar) absorpsiyon ekipmanlar dahil olmak üzere; küçük tonajlı su soğutmalı absorpsiyon soğutucular (100'den veya 350 kW'dan küçük) sunarlar.

#### 6.2.2. Motor Tahrikli Gazlı Soğutucular

5 imalatçı, hem hava soğutmalı hem de su soğutmalı olmak üzere motor tahrikli doğal gazlı soğutucuları sunarlar. 2 imalatçı 10'dan 50 tona kadar (35'den 176 kW) kapasiteli cihazları hafif ticari tatbikatlar için, 2.000 tona kadar kapasiteli olmak üzere (7.034 kW) sunarlar.

### 6.2.3. Motor Tahrikli Gazlı Soğutma Sistemleri

4 imalatçı; ticari soğutma ekipmanları pazarına hakimdir. Bunlardan biri, standart Doğal Gaz motor tahrikli soğutma ekipmanı, diğerleri müşteri isteğine bağlı sistemler temin ederler.

### 6.3. Doğal Gazın Soğutma Sistemleri İçindeki Payı

ABD'de klima soğutma sistemlerinde Doğal Gazın kullanımının 1998'deki 123 trilyon BTU değerinden 2010 yılında, 300 trilyon BTU değerine ulaşacağı tahmin edilmektedir. Ticari uygulamalarda doğal gazın %7'si bu sektörde kullanılmaktadır.

### 6.4. Soğutucu Ekonomisi ve Tatbikatları

Hem absorpsiyon, hem de Doğal Gaz motor tahrikli soğutucu sistemleri maliyeti, elektrikli sistemlere göre pahalı olmaktadır. Buna karşın Doğal Gazlı soğutucuların pazardaki en güçlü tarafı; elektrik fiyatlarının yüksek olduğu bölgelerde işletme maliyetlerindeki tasarruflarda yatmaktadır. (Şekil-3)

ABD'de ticari müşterilerin %25'i bu yüksek elektrik fiyatlarında iş yapmaktadırlar. Bu cihazlar konvansiyonel soğutuculara göre ilk yatırım maliyetlerinin yaklaşık %20 veya daha fazlasını, işletme maliyetlerindeki tasarruflarından sağlarlar.

Genel olarak, Doğal Gazlı soğutmada en iyi neticeler, enerji yoğunluklu (birim alana düşen yüksek sarfiyat) ve/veya talebin maksimum olduğu noktalarda işletme durumunda alınmaktadır. Soğutma sistemleriyle beraber ısıtmanın da istenmesi durumu da avantaj olmaktadır. Çünkü Doğal Gazlı motor tahrikli soğutucularda ısı geri kazanım sağlanarak 180°F (82°C ila 110°C) da sıcak su üretimi veya bazı durumlarda alçak basınçlı buhar (15 psig (205 kPa) üretimi yapmak mümkündür.

### 7. "ABD Gazlı Soğutma Merkezi" Kuruluş ve Kronolojik Gelişmesi

1989 ABD Gazlı Soğutma Merkezi (AGGC); gazlı soğutma teknolojilerini geliştirmek ve araştırmak üzere kurulmuş ve aylık yayınlar yapmaya başlamıştır. Buradaki gelişim şöyle özetlenebilir.

1990 Gazlı soğutma eğitim programları ve endüstri standartları hazırlanmaya başlandı. Uluslararası bilgisayar destekli gaz soğutma verileri toplandı. Doğal Gazlı klima, nem alma ve soğutma sistemleri üzerine dökümanlar toparlandı.

1991 AGCC, Amerikan Gaz Birliği'ni (A.G.A) destekleyerek "Yarının problemlerinin bugünden çözümü" sloganıyla potansiyel HVAC pazarı gaz soğutma teknolojileri ve başarılı uygulamaları konusunda profesyonel video programları hazırlattı. Gazlı ısı pompaları çalışmaları başlatıldı.

1992 Başkan Bush; maliyetlerdeki geri dönüşümlü tasarruf sağlayacak olan verimli Doğal Gaz soğutmaya özendirme amacıyla "Enerji Politika Yasalarını" imzaladı. Bu yasa ile; federal yönetimlere 10 yıldan az sürede geri ödeme imkanları sağlanıyor ve Doğal Gaz soğutma teknolojisinde 5 yıllık araştırma programları öngörüliyordu. Bu amaçla "ABD Enerji Departmanı'na (DOE) ısıtma ve soğutma araştırmaları için 10 ila 15 milyon \$ kaynak kullanımı sağlandı.

- İlk "Doğal Gaz Soğutma Ekipman Kullanım Kılavuzu" basılıp yayınlandı.
- AGCC, ABD Savunma Departmanı (DOD)'den, Doğal Gaz soğutmanın askeri tesislerde kullanımını sağlamak için 6 milyon \$ aldı.
- Kongre, 6 milyon \$ ilave olarak gazlı soğutma araştırma, tasarım ve gelişimi için (RD&D) ilave 2.6 milyon \$ yardımı onaylandı.
- Tellus Insitute and energy Inc.; mekan soğutması için Doğal Gazlı soğutmanın en uygun çözüm olduğunu gösteren çeşitli çalışmalar yaptı.
- AGCC, üyelerine ücretsiz bilgiler sağladı.
- Teknoloji Transfer Atölyeleri (TTW) vasıtasıyla gaz soğutma teknolojisi mekaniği ile ilgili Gaz Dağıtıcıları, HVAC sistem satıcıları ve diğer ticari ilgililere anlatıldı.

1993 AGCC ilk ortak araştırma ve Geliştirme Antlaşmasını (CRADA) ABD Deniz Hava üssünde, gelişmiş Doğal Gazlı soğutma tekniklerini, gerçek şartlarda analiz etmek üzere imzaladı.

AGCC 501 (c) (6) sayılı organizasyonla DOE ve Gaz Araştırma Enstitüsünden (GRI) birtakım fonlar almayı başardı.

AGCC; ilk defa uydu vasıtasıyla televizyon yayınlarına başladı. Lokal dağıtım firmaları, imalatçılar, üniversiteler ve mühendislik firmaları Doğal Gazlı soğutma hakkında daha çok şey öğrendiler.

AGCC; fy94 projesi için DOD fonlarından 11.25 milyon dolar sağladı. AGCC ve Gaz Teknoloji Enstitüsü (IGT) Şikago III'de "Gelişmiş Gaz Soğutma ve Klima Atölye" sine sponsorluk yaptı. Direkt ateşlemeli Endüstriyel Absorbsiyon Uygulamalar için Mühendislik El Kitabı yayınladı.

1994 AGCC, hükümet yetkilileri ve diğer devlet yetkililerine gazlı soğutmanın avantajları tanıtmak için Washington D.C.'de bir toplantı organize etti. AGCC, Ekipman Kullanım Kılavuzları 2. baskısını yayınladı ve Gazlı Soğutma uygulama çalışmaları üyelere dağıtıldı. AGCC, ElectroCom GARD Ltd. tarafından hazırlanan gizli bir rapor aldı. Raporda genel olarak, inanıldığının aksine elektrikli soğutmanın daha az verimli olduğu ve daha fazla çevreyi kirlettiği belirtiliyordu.

1995 AGCC, 2. Ortak Araştırma ve Geliştirme antlaşmasını (CRADA), Fort Sam Houston, San Antonio, Texas'da gelişmiş Doğal Gazlı soğutma teknolojilerini gerçek şartlarda analiz etmek üzere imzaladı. AGCC Doğal Gaz Araştırma ve Geliştirme (R&D) çalışmalarında kullanmak üzere fy95 bütçesi için DOE'den 9 milyon \$ ve fy95 bütçesi için DOD'dan 13 milyon \$ kaynak sağladı ve ilk web sitesini açtı.

## 8. Dünyada ve Türkiye'de Klima Pazarı ve Soğutma Kapasiteleri

1- Dünya Merkezi Klima Pazarı (Split ve Pencere Tipi klimalar hariç)

1.1 Dünya Merkezi klima satışları	2 milyon adet/yıl
1.2 Türkiye Merkezi klima satışları	858 adet/yıl (1999)

2- Doğal Gazlı klima satışlarının; merkezi klima satışları içindeki oranı

Avrupa	%1
ABD	%8 (2010 yılında %30 olacağı tahmin edilmektedir.)
Japonya	%16,5

3- İşletmedeki absorbsiyonlu Doğal Gazlı sistemler

Avrupa	2000 ünite üstünde (1500 ünite İtalya ve İspanya, 750 adedi Almanya)
Japonya	40000 ünite
ABD	30000 ünite
Türkiye	20 ünite (tahmini)

4- Mevcut kurulu kapasite (Absorbsiyonlu Doğal Gazlı sistemler)

Avrupa	2000 MW (genellikle endüstriyel veya ticari ortak projelerle birlikte)
Japonya	19000 MW
ABD	14650 MW
Türkiye	20 MW (tahmini)

5- Avrupa'da kurulu klima kapasitelerinin çoğu, termal sıvı olarak sıcak su ve buharı kullanan ve genellikle kojenerasyon tesisleriyle birleşik olan geniş ölçekli absorbsiyonlu soğutuculardır.

6- Boston/ABD bölgesindeki bir hastanede uygulanan fiyatlar

Elektrik	138.372 TL.	\$ 0.068/kWh		Yıl boyu
Gaz		\$ 0.35/therm	(0.11 \$/m <sup>3</sup> )	Gaz soğutma (1 therm=100.000 BTU) Absorbsiyon direkt ateş COP=1
		\$ 0.012/kWh		
		\$ 0.60/therm	(0.21 \$/m <sup>3</sup> )	Gaz ısıtma (verim %93)
		\$ 0.021/kWh		
		\$ 0.70/therm	(0.25 \$/m <sup>3</sup> )	Gaz ısıtma, genel kullanım (verim %93)
		\$ 0.025/kWh		

## 9. Gaz Motor Tahrikli Soğutma

Absorbsiyon soğutma ile sistem olarak hiçbir alakası yoktur. Absorbsiyon soğutmanın en avantajlı tarafı; atık ısı olan, jeotermal tesisleri ve termik santraller vb. de çok düşük enerji maliyetleriyle çalışmasıdır. Doğal Gaz ateşlemeli absorbsiyon gruplarında; klasik elektrikli sistemlere göre düşük işletme maliyetleriyle çalışması yanında, sessiz olması ve çevresi olmasındır. COP değerleri 0.68 ile 1.22 arasında değişmektedir. Absorbsiyon soğutma; işletme, servis ve bakım olarak, kendine özgü, farklı bir sistemdir.

Gaz motor tahrikli soğutmada ise klasik soğutma sistemindeki elektrik motoru yerine; bildiğimiz benzinli veya dizel içten yanmalı motorlarla kompresörü tahrik etmektedir.

### 9.1. Kullanıldığı Yerler

Doğal Gaz Motor Tahrikli Sistemler; soğutmanın yanında ısıtma ve sıcak suyun da önemli olduğu;

- Hastaneler,
- Oteller,
- Ofisler,
- Ticaret Merkezleri,
- Buz Pateni Sahaları,
- Endüstriyel Tesisler,
- Merkezi Soğuk Hava Depoları,vb. için uygundur.

### 9.2. Sistemin Özellikleri

- 1- COP:1.50-3.00 (kısmi yükte, maximum),
- 2- Motorun "Değişken Hızı" ile kapasite kontrolü,
- 3- Atık ısının geri kazanımı ile ısıtma ve sıcak su elde etme,
- 4- Mikroproses kontrol ile sistemin bütün parametrelerin kontrolü,
- 5- Telefon hattı ile uzaktan kumanda ve kontrol,
- 6- -40°C'ye kadar soğutma imkanı,
- 7- Chiller kompresör ve devresinin işletme imkanı ve bakımı için: yurdumuzda mevcut binlerce çalışan klasik sistem ve servis firmalarından faydalanabilme,
- 8- Doğal Gaz motoru için; yine yurdumuzda mevcut onlarca kojenerasyon tesislerinde ve gaz ile çalışan binek arabası, taksi ve toplu taşıma otobüslerinde yetişmiş işletme ve servis personelinden yararlanabilme,
- 9- Gaz sarfiyatının absorbsiyon grupların yaklaşık yarısı civarında olması gibi avantajları bulunmaktadır.

### 9.3. Kapasite

50 ton ile 1000 ton soğutma arasında olabilmektedir.

#### 9.4. Doğal Gaz Motorları

Prensip olarak iki tip motor kullanılmaktadır.

E.1 Benzin esaslı motorlar : 15 ila 350 ton arası soğutma yapabilirler.

E.2 Dizel esaslı motorlar : Daha yüksek kapasitelerde soğutma yapabilirler.

#### 10. Sonuç

Yurdumuzda; halen mevcut merkezi gruplar ve yeni yapılacaklar da düşünülürse, merkezi soğutma klima tesislerinde ciddi bir elektrik sarfiyatı görülmektedir.

Yurdumuzda mevcut merkezi sistem sayısı, tahmini olarak (split klimalar hariç): Takriben şöyle bir hesap yapılırsa, Merkezi sistem soğutma gücü: 1000 kW/adet/sistem

1- 1990-2002 arası : 12 yıl x 1000 adet/yıl = 12.000 adet

2- 1980-1990 arası : 10 yıl x 500 adet/yıl = 5.000 adet

2.1 1960-1979 arası : 20 yıl x 100 adet/yıl = 2.000 adet

2.2 1950-1959 arası : 10 yıl x 5 adet/yıl = 50 adet

Toplam = 19.050 adet

3- Toplam soğutma gücü : 1000 kW/adetx19.050 adet = 19.050.000 kW

4- Gruplarda ortalama COP = 3,5 düşünülürse

5-Toplam elektrik sarfiyatı =  $\frac{19.050.000 \text{ kW}}{3.5} = 5.442.857 \text{ kW}$

= 5.442 MW

6- Grupların ortalama 6 ay/yıl ve 12 saat/gün çalışacağı düşünülürse

6.1 Elektrik maliyeti : 0.1 \$/kW-h

6.2 Yıllık çalışma süresi = 12 saat/günx26gün/ayx6ay/yıl  
= 1872 saat/yıl

6.3 Yıllık elektrik maliyeti = 5.442.857kWx1872saat/yılx0.1\$/kWh  
= 5.5x10<sup>6</sup>x1872x0.1\$/yıl  
= 1 milyar \$/yıl

Yaklaşık olarak, merkezi klima gruplarının elektrik işletme maliyetinin “BİR MİLYAR DOLAR/YIL” olduğu görülmektedir. Yaz aylarında split klimaların da önemli bir elektrik sarfiyatına sebep olacağı düşünülürse konunun önemi daha iyi anlaşılır.

Yukarıdaki karşılaştırmalardan görüldüğü üzere doğal gazın bulunduğu yerlerde çözüm, mümkün olduğunca elektrik yerine doğal gaz kullanmaktır.

Bu sayede %30 - %60 arası işletme tasarrufu sağlanabilir. Ayrıca, atık motor ve egzoz ısılarının da geri kazanım olarak ısıtmada ve sıcak su eldesinde kullanılmasıyla verim daha da yükseltilmiş olur.

#### 11. Kaynaklar

- İskid Raporları,
- Tecogen, USA Yayınları,
- ABD Gazlı Soğutma Merkezi Yayınları.

#### **Yazar;**

#### **Halim İman,**

1950 yılında Çankırı'da doğdu. ODTÜ Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1974-1979 yılları arası Erdemir'de işletme ve Montaj Başmühendisi olarak çalıştı. 1979-1980 yıllarında Taksan A.Ş.'de İmalat Mühendisi olarak çalıştı. 1980-1984 yılları arası STFA İnşaat Suudi Arabistan ve Yurtdışı İşler Mekanik ve Elektrik İşleri Müdürü olarak görev yaptı. 1984 yılından beri yurtdışı ve yurtiçinde elektromekanik konusunda taahhüt, temsilcilik işleri yapmaktadır.