

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

128650

**LPG YAKITININ DEPOLANMASI, SANAYİ VE
KONUTLAR İÇİN UYGUN DEPOLAMA
SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ VE ÖNERİLER**

**Y.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Müh. Gökay SANDIKÇI

**F.B.E Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı

: Doç.Dr.Galip TEMİR

Doç. Dr. E. Akargıldız
Doç. Dr. M. Özgürler.
İSTANBUL, 2002

128650
[Handwritten signatures]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRAC	x
1. GİRİŞ	1
2. LPG (LİKİT PETROL GAZI).....	2
2.1 Tanıtımı	2
2.2 LPG'nin Temini ve Kullanım Alanları	3
2.3 LPG'nin Özellikleri	4
2.3.1 LPG'nin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	4
2.3.2 LPG'nin basınç-sıcaklık değişimi.....	5
2.3.3 LPG'nin çiyleşmesi (Sıvılaşması)	6
2.4 LPG'nin Diğer Yakıtlarla Karşılaştırılması	7
3. DÖKME LPG SİSTEMLERİNİN TANITIMI	9
3.1 Giriş.....	9
3.2 Buharlaştırıcısız Dökme LPG Sistemi	9
3.2.1 Sistemin tanımı ve çalışması	10
3.2.2 LPG stok tankı aksesuarları.....	11
3.2.3 Bina servis kutusu ekipmanları.....	13
3.3 Geri Beslemeli Buharlaştırıcılı Dökme LPG Sistemi	14
3.3.1 LPG stok tankı ve ekipmanları	15
3.3.2 Geri beslemeli buharlaştırıcı.....	18
3.4 İleri Beslemeli Buharlaştırıcılı Dökme LPG Sistemi.....	19
3.4.1 LPG stok tankı ve ekipmanları	20
3.4.2 İleri beslemeli buharlaştırıcı.....	24
4. LPG TANKLARININ TESİS EDİLMESİNDE UYULMASI GEREKEN EMNİYET KURALLARI DETAYLARI.....	26
4.1 Tank Sahasının Emniyeti	26
4.2 Yangın Güvenliği Önlemleri	31
4.3 Tel Çit Uygulaması	31
4.4 Tankların iç ortamlarda bulunması	31
4.4.1 Tank montaj yerleri için uygulama kuralları	31
5. TANKLARIN KORUNMASI.....	31

5.1	Toprak Üstü Tankların Korunması	38
5.1.1	Bakır çubuk uygulaması	38
5.1.2	Bakır levha uygulaması	40
5.1.3	Tank gruplarında uygulanacak yöntem	41
5.2	Toprakaltı Tankların İzolasyonu ve Korozyona Karşı Korunması	42
5.2.1	Galvanik anotlu katodik koruma	43
5.2.2	Galvanik anotlar	44
5.2.2.1	Anot potansiyeli	44
5.2.2.2	Anot polarizasyonu	44
5.2.2.3	Anot akım kapasitesi ve verimi	45
5.2.2.4	Anot ömrü	45
5.2.2.5	Anot maliyeti	46
5.2.3	Magnezyum anotlar	46
5.2.3.1	Magnezyum anotların elektro kimyasal özellikleri	47
6.	LPG SİSTEMLERİNİN KURULMASINDA ve DİZAYNINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KURALLAR	51
6.1	Temel Beton	51
6.1.1	Buharlaştırıcısız sistem	51
6.1.2	Geri beslemeli buharlaştırıcılı sistem	52
6.1.3	İleri beslemeli buharlaştırıcılı LPG sistemi	53
6.1.3.1	Toprak üstü tank uygulaması	53
6.1.3.2	Toprak altı tank uygulaması	54
6.2	Tankların Beton Ayaklara Sabitlenmesi (Ankraj)	55
6.3	LPG Stok Tankı ve Dolum Hatlarının Montajı	56
6.4	Tüketim hatlarının montajı	58
6.5	İlk Gaz Dolumunda LPG Tankının Süpürülmesi	59
6.5.1	Azot gazının tank hava temizliğinde kullanımı	60
6.6	Tank Dreyn Vanaları	60
6.7	Basınç Regülasyonu	63
6.7.1	Regülatörler	63
6.7.2	Regülasyon	63
6.7.3	Regülatör grubu	65
6.8	Buharlaştırıcı Kabini	65
6.8.1	Buharlaştırıcı kapasite hesabı	67
6.9	Likitleşmeye Karşı Alınabilecek Önlemler	68
6.9.1	Buharlaştırıcı likit seviyesinin kontrolü	69
6.9.2	Yeniden buharlaştırma ünitesi	70
6.9.3	Likitleşmeye karşı alınabilecek diğer tedbirler	70
7.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	72
	KAYNAKLAR	74
	ÖZGEÇMİŞ	75

SİMGE LİSTESİ

C_{LPG}	Sıvı LPG'nin öz ısısı (0.58 Kcal /kg x °C)
D	Çap
H	Yükseklik
h_{sg}	Doyma sıcaklığındaki 1 kg sıvı LPG'nin doymuş buhar fazına geçmesi (kaynaması) için gerekli gizli ısısı
L	Boy
M	Gaz tüketim miktarı (kg/saat)
Q_1	LPG'nin stok tankındaki sıcaklığından gaz fazına geçmeye başlayacağı doyma sıcaklığına ulaşması için gerekli ısı miktarı.
Q_2	Doyma sıcaklığındaki LPG'nin sıvı fazından gaz fazına geçmesi için gereken ısı miktarıdır.
Q_3	Doyma sıcaklığında kaynamış durumdaki gaz LPG'nin kızgın buhar fazına geçmesi için gereken ısı miktarıdır.
T_{Doyma}	Tank basıncındaki sıvı LPG'nin kaynamaya başlayacağı doyma noktası sıcaklığı
T_{LPG}	Tank içindeki LPG'nin sıcaklığı

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Lpg'nin basınç-sıcaklık değişimi.....	5
Şekil 2.2 LPG'nin çiyleşme eğrileri.....	6
Şekil 3.1 Buharlaştırıcısız dökme LPG sistemi.....	10
Şekil 3.2 LPG stok tankı aksesuarları.....	11
Şekil 3.3 Multivalf.....	12
Şekil 3.4 Dolum valfi.....	12
Şekil 3.5 Likit alma valfi.....	12
Şekil 3.6 Seviye göstergesi.....	12
Şekil 3.7 Emniyet ventili.....	13
Şekil 3.8 Boşaltma valfi.....	13
Şekil 3.9 Geri besleme buharlaştırıcılı dökme LPG sisteminin çalışma prensibi.....	15
Şekil 3.10 Lpg tankı (geri beslemeli buharlaştırıcılı sistem).....	16
Şekil 3.11 Dolum Valfi (geri beslemeli buharlaştırıcılı sistem).....	17
Şekil 3.12 Geri dönüşlü elektrikli buharlaştırıcı (50 (kg/saat)* LPG).....	19
Şekil 3.13 Geri dönüşlü elektrikli buharlaştırıcı (100 (kg/saat)* LPG).....	19
Şekil 3.14 Lpg tankı (ileri beslemeli buharlaştırıcılı sistem).....	21
Şekil 3.15 Aşırı akım valfi.....	23
Şekil 3.16 Döner seviye göstergesi (Rotogage).....	23
Şekil 3.17 Şamandıralı seviye göstergesi (Rochester).....	23
Şekil 3.18 F Valf.....	23
Şekil 3.19 İleri beslemeli buharlaştırıcı.....	24
Şekil 3.20 İleri beslemeli buharlaştırıcılı sistem.....	25
Şekil 4.1 Yer üstü LPG tankı emniyet mesafeleri.....	27
Şekil 4.2 Yer altı LPG tankı emniyet mesafeleri.....	27
Şekil 4.3 Emniyet mesafeleri.....	28
Şekil 4.4 Etrafı %50 kapalı tank.....	29
Şekil 4.5 Elektrik hatları.....	29
Şekil 4.6 Emniyet mesafeleri.....	30
Şekil 4.7 TS 1446'da belirtilen emniyet mesafeleri (toprak altı).....	30
Şekil 4.8 TS 1446'da belirtilen emniyet mesafeleri (toprak üstü).....	31
Şekil 4.9 Örnek yerleştirme.....	31
Şekil 4.10 Tank sahası yangın sistemi yerleşimi.....	33
Şekil 4.11 Tel çit uygulaması.....	34
Şekil 4.12 Tel çit uygulaması.....	34
Şekil 4.13 Tankların iç ortamda bulunması.....	35
Şekil 4.14 Tank odası yerleştirme şekli.....	36
Şekil 5.1 Bakır çubuk topraklama yöntemi temel kuralları.....	40
Şekil 5.2 Bakır levha topraklama yöntemi temel kuralları.....	41
Şekil 5.3 Bir boru hattının galvanik anot ile korunması.....	43
Şekil 5.4 Çeşitli galvanik anotlardan elde edilen 1 A.yıl akımın maliyeti.....	46
Şekil 5.5 LPG tankına anotların bağlanması.....	49
Şekil 5.6 1,75 m ³ tankın katodik koruma yerleşim planı (tek tank).....	49
Şekil 5.7 115 m ³ tankın katodik koruma yerleşim planı (tek tank).....	49
Şekil 5.8 1,75 m ³ tankın katodik koruma yerleşim planı (çift tank).....	50
Şekil 5.9 115 m ³ tankın katodik koruma yerleşim planı (çift tank).....	50
Şekil 6.1 Taşıyıcı temel betonu (1-1,75 m ³).....	51
Şekil 6.2 Taşıyıcı temel betonu (3-10m ³).....	52
Şekil 6.3 Taşıyıcı temel betonu (35-180m ³).....	53
Şekil 6.4 Tank havuzu ve beton ayak detayı (35-180m ³).....	54

Şekil 6.5	Ankraj detayı(35-180m ³)	55
Şekil 6.6	LPG tankı ve dolun hatları detayı (Toprak üstü).....	57
Şekil 6.7	LPG tankı ve dolun hatları detayı (Toprak altı)	57
Şekil 6.8	Tank dreyn vanaları	61
Şekil 6.9	Tank dreyn vanaları	62
Şekil 6.10	Tank dreyn vanaları	62
Şekil 6.11	Regülatör kesit resmi	63
Şekil 6.12	İkinci kademe regülatör	64
Şekil 6.13	Birinci kademe regülatör.....	64
Şekil 6.14	Buharlaştırıcı kabin detayı.....	65
Şekil 6.15	Yeniden buharlaştırıcı ünitesi.....	70



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Lpg'nin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	4
Çizelge 2.2 Yakıtların alt ve üst ısıl değerleri.....	7
Çizelge 2.3 Yakıtların eşdeğerlikleri.....	8
Çizelge 3.1 Lpg tankı ölçüleri (3-10 m ³).....	16
Çizelge 3.2 Lpg Tankı ölçüleri (35-180 m ³).....	22
Çizelge 4.1 TS 1446'ya göre tankların emniyet mesafeleri	26
Çizelge 4.2 Yatay emniyet mesafeleri.....	28
Çizelge 4.3 Tank spring suyu ihtiyacı.....	32
Çizelge 4.4 Tank odası kabin ölçüleri.....	37
Çizelge 5.1 Tank grupları için topraklama kuralları	42
Çizelge 5.2 Magnezyum anotların elektro kimyasal özellikleri.....	47
Çizelge 5.3 Magnezyum anotların kimyasal bileşimleri.....	48
Çizelge 6.1 Temel betonu ve ankraj ölçüleri (1-1,75 m ³).....	51
Çizelge 6.2 Temel betonu ve ankraj ölçüleri (3-10m ³).....	52
Çizelge 6.3 Temel betonu ve ankraj ölçüleri (35-180m ³).....	53
Çizelge 6.4 Tank havuzu ve beton ayak ölçüleri (35-180m ³).....	54
Çizelge 6.5 Ankraj ölçüleri (35-180m ³).....	55
Çizelge 6.6 Tek buharlaştırıcı kabin ölçüleri.....	67
Çizelge 6.7 LPG karışımlarının likitleşme sıcaklıkları (°C).....	71

ÖNSÖZ

LPG (Likit Petrol Gazı) 1962 yılında gazyağına alternatif olarak ülkemize girmiş ve tüp içerisinde kullanıma sunulmuştur. Kullanım ve depolama kolaylığının olması nedeniyle LPG talebi kısa sürede artmıştır.

Ülkemizde LPG'nin tüp içerisinden çıkıp büyük tanklarda depolanarak sanayi kullanımına başlanması 70'li yılların başlarıdır. Konut ve daha küçük çaplı sanayide kullanılması ise 90'lı yıllarda doğalgazın ülkemize girmesi ile başlamaktadır. Doğalgazın kullanım kolaylığı ve konforu ile tanışan tüketiciye, doğalgazın olmadığı yerlerde LPG firmaları tarafından 1993 yılında buharlaştırıcı/buharlaştırıcısız LPG sistemleri kurulmaya başlanmıştır

Ülkemizde toplam LPG tüketimi içinde, dökme LPG'nin payı 1994 yılında %14 iken, 1998 yılı sonunda %29'a yükselmiş, doğalgazın yayılması ve LPG fiyatlarına gelen zamlar neticesinde bu oran 2001 yılı sonunda %20'lere gerilemiştir. Dünya ve özellikle Avrupa dökme LPG pazarının gelişimi izlendiğinde toplam LPG tüketimi içindeki dökme LPG'nin payının % 50 olduğu görülmektedir.

Konforu ve kullanım kolaylığı bakımından vazgeçilemeyecek bir yakıt olan dökme LPG'nin ne yazık ki sistem kurma ve uygulama kuralları halen ülkemizde açık değildir. Bu konuda en büyük sorumluluğun TSE'de olmasına rağmen açık bırakılan ve detaylı tanımlanmayan kurallar mevcuttur. TSE'nin bıraktığı bu boşluk LPG firmaları tarafından doldurulmaya çalışılmıştır. LPG firmalarının her biri TSE'nin genel kuralları çerçevesinde kendi standartlarını belirleyerek sistemlerini kurmaktadır. Devletimizin herhangi bir denetleme mekanizmasının olmaması nedeniyle de tüm sorumluluk firmaların üzerindedir. Ticari kaygının da etkisi ile uygun sistemlerin kurulup kurulmayacağı aşikardır.

Bu çalışmada ülkemizdeki geçmişi 30 yılı bulan dökme LPG sistemlerin halen belirgin olmayan ve yeni gelişmeleri içermeyen depolama ve sistem kurma kuralları incelenmiş, ülkemizde ki mevcut uygulamalar, belirsiz olan detaylar ve yeni uygulama kuralları araştırılarak detaylı bir çalışma yapılmıştır.

Çalışmalarının LPG sektörüne ve üniversitemize faydalı olmasını diler, yapılacak diğer çalışmalara ışık tutmasını temenni ederim.

Bu konuda bana çalışma olanağı veren ve yardımlarını esirgemeyerek beni yönlendiren saygıdeğer hocam Sayın Doç.Dr. Galip TEMİR başta olmak üzere, tüm bilgi birikiminden yararlandığım AYGAZ A.Ş'ne, bu süre içerisinde bana sabreden aileme ve manevi desteğini esirgemeyen eşim Pınar'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Gökay SANDIKÇI

İstanbul, Haziran 2002

ÖZET

Bir yakıt sistemini tasarlarlarken yakıtın kimyasal ve fiziksel özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Aksi takdirde dizayn aşamasında umulmadık problemler çıkabilmektedir. Çalışmanın başlangıcında depolanan ve kullanılmak için sistem tesis edilen LPG'nin özellikleri anlatılmıştır..

Çalışmanın ikinci bölümünde ülkemizde kurulan LPG sistemleri anlatılmış ve ekipmanların tanıtımı yapılmıştır. Gazın cebri yoldan buharlaştırılma metodu, LPG stok tankları, kapasiteye göre sistem seçimi gibi mevcut uygulamada en çok tercih edilen uygulamalar tanıtılmıştır..

LPG yakıtının depolanmasında ve depolama kurallarının belirlenmesinde yapılan incelemelerin sonuçları çalışmanın diğer kalan kısmında detaylı olarak açıklanmıştır. Özellikle TSE standartlarıncı tanımlanan ancak detayları belirtilmeyen uygulama şartları araştırılarak detaylandırılmıştır.

Üçüncü bölümde ülkemizde uygulanan emniyet kurallarının yanı sıra hiç uygulamada olmayan ancak diğer ülkelerde uygulanan LPG tankları emniyet mesafeleri ve tank yeri seçimi kriterleri irdelenmiştir. Ayrıca, tanklar için alınacak yangın güvenlik önlemleri üzerinde durulmuştur.

Sistemlerin dizaynı sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli husus tankın ve sistemin statik elektriğe ve korozyona karşı korunmasıdır. Bu koruma sistemleri, yeterli olmadığı takdirde sisteme az fayda yerine zarar sağlamaktadır. Bu nedenle uygulamanın büyük bir titizlikle yapılarak belirlenen tüm şartlara uyulmalıdır. Toprak altı tanklar için uygulanacak olan katodik koruma ve toprak üstü tanklar için uygulanacak olan topraklama yöntemleri detaylı olarak dördüncü bölüme anlatılmıştır.

Beşinci ve son bölümde LPG sistemlerinin kurulması, devreye alınması ve işletilmesi esnasında uyulması gereken kurallar üzerinde durulmuş ve yeni uygulama önerilerinde bulunulmuştur.

İkinci bölümden sonraki bölümlerin tümü eksik bırakılan veya yanlış yapılan uygulamaları kapsamaktadır. Yapılan araştırmaların sonucunda elde edilen tüm bulgular aynı zamanda doğru uygulamaları içermekte ve öneri niteliğinde olmaktadır.

Anahtar Kelimeler : LPG (Likit Petrol Gazı), Dökme LPG, LPG tankı, LPG uygulamaları, LPG sistemleri

ABSTRACT

The physical and chemical properties of a fuel should be fully considered when designing a fuel infrastructure otherwise unexpected problems occur during the design steps. In this study the first chapter is based on the physical and chemical properties of LPG, which is stored and get ready to daily use.

The Second chapter of the study is concerning the LPG infrastructure and systems in Turkey and the system elements have been introduced.

The research of the LPG storage and storage regulations, have been explained detailed in the rest of the study. Especially LPG regulations defined in TSI (Turkish Standardisation Institute) norms have been detailed for application rule of thumbs and practice usage.

In the third chapter safety regulations of the Bulk LPG systems in Turkey presented. Besides applications of bulk LPG tank safety intervals and tank place selection criteria of the other countries have been examined. Also fire precautions for bulk LPG tanks have been discussed in this chapter.

The most important criteria in LPG system design is preventing the system against static electricity and corrosion. If the prevention systems are not sufficient can be harmful. For that reason application of the Bulk LPG systems should be fastidiously established. Cathodic prevention systems for underground bulk LPG systems and grounding for over ground systems have been explained detailed in chapter four.

In the fifth and the last chapter, the montage, first operation and usage rules have been pointed out and new application methods have been offered.

After the second chapter study contains the missing and wrong applications of the Bulk LPG systems. In the final of the research, all the findings and true applications could be considered as an offer for a safer bulk LPG systems and infrastructure.

Key Words :LPG (Liquefied Petroleum Gaseous),Bulk LPG, LPG Tank, LPG Application, LPG Systems (LPG infrastructures)

1. GİRİŞ

LPG'nin özellikleri incelendiğinde depolanması, taşınması ve kullanımı sırasında çok dikkatli davranılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Her alanda olduğu gibi patlayıcı ve parlayıcı gazların kullanımı için belirli kurallar bulunmaktadır. Bu kurallar evrensel olduğu halde uygulamada bazı farklılıklar gözlenmektedir. LPG kurallara uyulduğu takdirde herhangi bir tehlike yaşanmadan kullanılabilir bir yakıt türüdür. Sıvı olarak taşınabilmesi ve depolanabilmesi LPG'nin avantajlarını arttırmaktadır. Aynı zamanda kullanım kolaylığı, temizliği ve konforu LPG'yi vazgeçilemeyecek bir yakıt haline getirmiştir.

Ülkemize 90'lı yıllarda giren doğalgaz kesin kurallara bağlanarak ve denetim mekanizmaları kurularak kullanıma sunulmuştur. Doğalgaz dağıtım firmasının tek olmasının avantajı ile tüketiciye her türlü yaptırım uygulanabilmiştir. Böylece eğitilmiş ve sertifikalı personellerin sistem kurduğu, kesin kurallara göre gaz dağıtımı yapılabilen ve en önemlisi denetleme organı olan bir mekanizma kurulmuştur

LPG'de ise, doğalgaz ile tehlike sınıfı aynı olmasına rağmen tüm sorumluluk LPG firmalarına verilmiştir. Denetleme organları yalnızca herhangi bir kaza sonucunda devreye girmektedir. LPG tesisatı yapan firmaların herhangi bir sertifikası ve yetkisi bulunmamakta, LPG firmalarının verdiği yetkiler ile çalışmaktadırlar. Sistemlerin uygunluk kontrolleri de yine LPG firmaları tarafından yapılmaktadır. Rekabetin de olduğu düşünüldüğünde kurulan LPG sistemlerinin standartlara uygunluğu belirsiz olmaktadır.

Tüm bunların yanı sıra kurulan LPG sistemlerinin ülkemizde tanımlanan belirgin bir standardı yoktur. Genel olarak TS 1446 LPG'nin depolama ve sistem kurma kurallarını tanımlasa da, incelendiğinde bir çok detayın eksik bırakıldığı görülmektedir. LPG firmaları kendi çabaları ile geliştirdiği kuralları uygulamakta ve uygunluklarına kendileri kontrol etmektedir.

LPG sektörü için yayınlanmış bir kaynağın olmaması, kuralların belirsizliği, sistemlerin hatalı kurulmasını ve kazaları birlikte getirmektedir. Çalışmanın diğer bölümlerinde bulunan bilgiler detaylı bir araştırmanın sonucunda ulaşılan uygulanabilir kuralları içermektedir.

2 LPG (LİKİT PETROL GAZI)

2.1 Tanıtımı

Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG); propan, propilen, bütan, bütilen, büten, etan, etilen ve bu gazların oluşturduğu hidrokarbon karışımlarıdır. Normal şartlar altında (15⁰C ve 1 kg/cm² basınçta) gaz halinde bulunan LPG, basınç uygulandığında sıvı fazına geçer. Sıvı halinde taşınan, depolanan ve ölçülen LPG, basınç kaldırıldığında tekrar gaz fazına geçer ve gaz fazında tüketilir. Türkiye’de tüketimde kullandığımız miks LPG gaz %30 propan, %70 bütan karışımından oluşmaktadır. Ayrıca özel durumlar veya ihtiyaç duyulduğunda sadece propan kullanımı da söz konusudur.

LPG basınç altında sıvı haldedir. Sıvı halde taşınması ve ölçülmesi kolay olan LPG, basıncı düşürüldüğünde gaz haline geçer. Bu nedenle sıvı olarak taşınır, depolanır ve ölçülür; gaz olarak kullanılır. Sıvı haldeki LPG gaz haline geçtiğinde hacmi yaklaşık olarak 250 kat büyür. LPG zehirli bir gaz değildir. Solunması halinde zehirlenmeye sebep olmaz. Fakat ortamdaki oksijenin yerini aldığı için oksijen yetersizliğinden boğulmaya yol açabilir. Sıvı LPG insan vücuduyla temas ettiğinde deri üzerinde yanıklara sebep olabilir (Lynn C. vd., 1962).

1 kilogram LPG yandığında yaklaşık olarak 11.000 kilokalori ısı verir. Diğer yakıtlara göre hem yüksek ısı kapasitesine, hem de yüksek yanma verimine sahiptir. Örneğin 1 kg propan’ın vereceği enerji 1,35 metreküp doğalgaz; 2,86 kg kömür; 1,16 kg motorin ve 1,25 kg fuel-oil’in vereceği enerjiye denktir.

Sıvı halindeki LPG sudan hafif, gaz halindeki LPG havadan ağırdır. Bu nedenle gaz kaçağı olması halinde LPG zeminde, çukur, kanal gibi alçak yerlerde birikir.

LPG’nin suya göre yoğunluğu 0,55; havaya göre yoğunluğu ise 1,52’dir, ancak bu değerler çevre sıcaklığına göre değişiklik gösterir. LPG hava ile ancak belli oranlarda karışması durumunda tutuşabilir. Tutuşmanın gerçekleşebilmesi için hava-gaz karışımı hacminin yaklaşık % 2 ila 9’unun LPG olması gerekir. Bu oranlardaki bir karışım, herhangi bir kıvılcım ile alev alır ve patlamaya sebep olabilir (Theodore C. ve Lemoff C., 1998).

LPG yandığında karbondioksit, azot ve su buharı gibi yanma ürünleri açığa çıkar. LPG’nin baca gazı çevreye zarar veren maddeler içermez. Yanabilmesi için oksijene ihtiyaç duyan LPG

yanma sırasında ortamın oksijenini tüketir. Bu nedenle LPG kullanılan kazan dairelerinde yeterli bir havalandırma sağlamak şarttır.

2.2 LPG'nin Temini ve Kullanım Alanları

LPG, doğal gaz kuyuları ve ham petrol rafinerileri olmak üzere iki ana kaynaktan elde edilir. Ham petrolün distilasyonu ile elde edilen LPG, sudan arıtılır ve içerdiği kükürt miktarı standartlara uygun bir sınıra indirilir. Aslında kokusuz olan LPG, açık ortamlarda fark edilebilmesi için etil merkaptan ile kokulandırdıktan sonra kullanıma sunulur (Theodore C.ve Lemoff C., 1998).

LPG, tüplü olarak konutlarda ve endüstriyel işletmelerde kullanılır. Konutlarda, özellikle ocaklarda, şofbenlerde, kombilerde ve katalitik sobalarda kullanılan tüplü LPG, endüstriyel işletmelerde pişirme ve çeşitli prosesler için gerekli enerji ihtiyacını karşılar (Aygaz, 1999).

LPG, dökme olarak da yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Endüstride sıcak su ve buhar üretiminde, ısı işlemlerde, kurutma, lehimleme, kesme gibi çeşitli proseslerde kullanılabilir. Bunun yanı sıra dökme LPG, cam endüstrisinde şekil verme, tavlama gibi proseslerde; seramikçilikte pişirme işleminde; tekstil sanayinde kurutma ve ütülemede; metal endüstrisinde ön ısıtmada, metalin ergitilmesinde; tarım ve hayvancılıkta ısıtma amacıyla kullanılır. (Aygaz, 1999).

Konutlarda ve turizmde ısınma, sıcak su, pişirme ve buhar üretimi için gerekli enerji ihtiyacını karşılayan dökme LPG, kojenerasyon tesislerinde de enerji üretimi için kullanılır.

2.3 LPG'nin Özellikleri

2.3.1 LPG'nin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Çizelge 2.1 LPG'nin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Aygaz, 1999)

Genel Özellikler	Birim	Ticari Propan	Ticari Bütan	Ticari Bütan-Propan Karışımı
<i>Bileşim</i>		Başlıca propan (C ₃ H ₈), propilen (C ₃ H ₆), etan, etilen, bütandan meydana gelen hidrokarbon karışımıdır.	Başlıca bütan (C ₄ H ₁₀), bütilen(C ₄ H ₈), propandan meydana gelen hidrokarbon karışımıdır.	Ticari bütan (C ₄ H ₁₀) ve ticari propandan (C ₃ H ₈) meydana gelen hidrokarbon karışımıdır.
		Orjinali kokusuzdur,etil merkaptan (C ₂ H ₅ SH) ile kokulandırılmıştır.	Orjinali kokusuzdur,etil merkaptan (C ₂ H ₅ SH) ile kokulandırılmıştır.	Orjinali kokusuzdur,etil merkaptan (C ₂ H ₅ SH) ile kokulandırılmıştır.
<i>Buhar Basınçları</i>				
20°C	bar	9,2	1	3,5
40°C	bar	15,3	2,8	6,6
45°C	bar	17	3,4	7,5
55°C	bar	20,4	4,6	9,3
<i>İlk Kaynama Noktası</i>	°C	-42	-9	-18
<i>1 m³ Sıvının Ağırlığı</i>	kg	509	582	561
<i>Görelî Yoğunluğu (Suya Göre)</i>		0,509	0,582	0,561
<i>Görelî Yoğunluğu (Havaya Göre)</i>		1,5	2,01	1,85
<i>Molekül Ağırlığı</i>	g/gmol	44,1	58,1	53,5
<i>Gaz Hacmi/Sıvı Hacmi</i>		272	238	248
<i>Alt Isıl Değer</i>	kCal/kg	11100	10900	10960
<i>Tutuşma Sıcaklığı (havada)</i>	°C	493-549	482-538	482-549
<i>Buharlaştırmadan Sonra</i>				
<i>Toplam Isıtma Değeri</i>	kCal/kg	11950	11740	11800
<i>Maksimum Alev Sıcaklığı</i>	°C	1980	2008	2000
<i>% 95 'inin Buharlaştırma Sıcaklığı</i>		-38,3	2,2	2,2
<i>Yanma Ürünleri</i>				
CO ₂	%	11,6	12	11,9
N ₂	%	72,9	73,1	73
H ₂ O	%	15,5	15	15,1
<i>Maksimum Kükürt Miktarı</i>	mg/kg	185	140	140
<i>Hava Gaz Karışımında Patlama Sınırları</i>				
Alt	%	2,15	1,55	1,55
Üst	%	9,6	9,6	9,6

LPG'nin Yaklaşık Özellikleri

İlk Kaynama Noktası:

1 kg/cm² basınçta sıvı LPG'nin gaz fazına geçmeye başladığı sıcaklık değeridir.

Gaz Hacmi/Sıvı Hacmi:

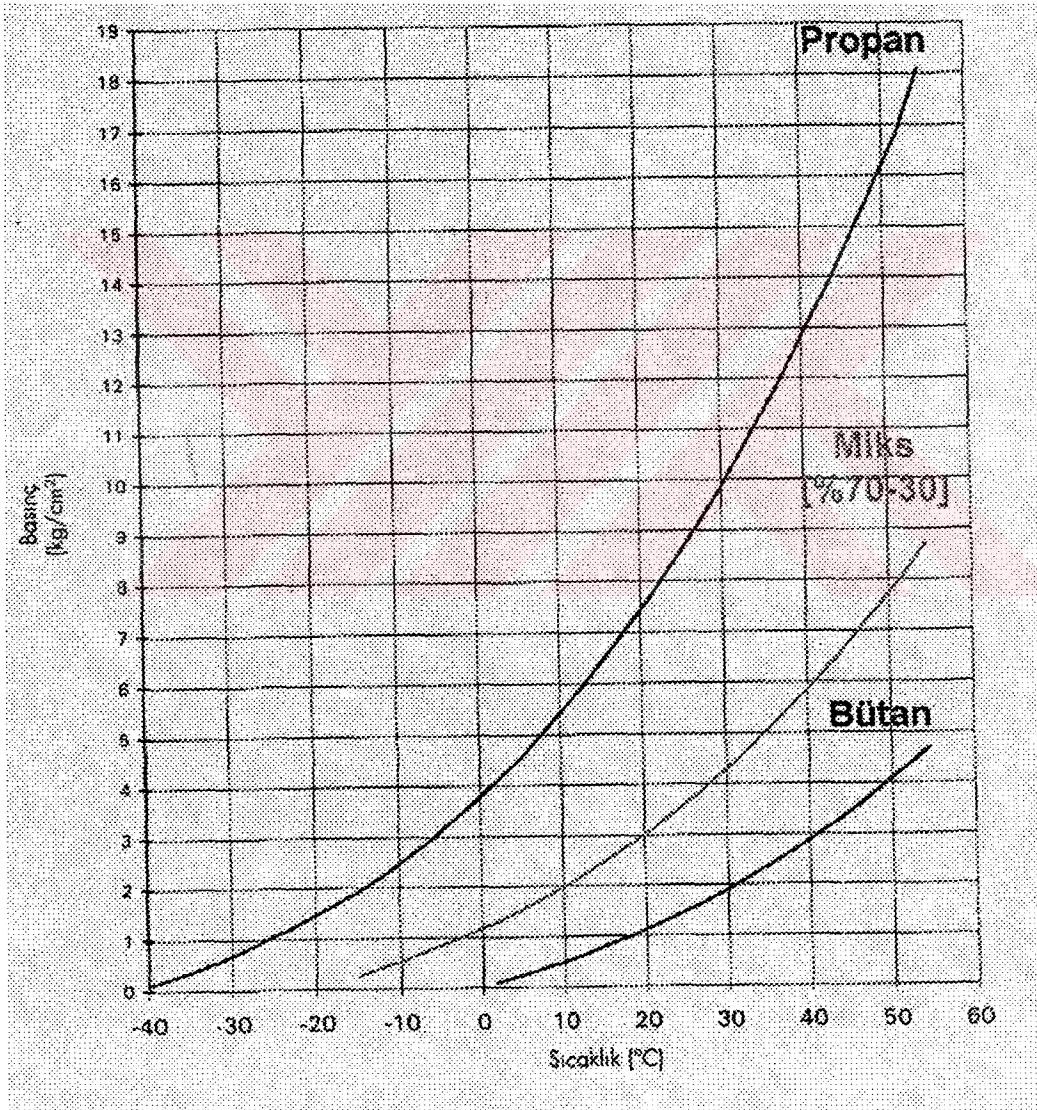
Birim hacimdeki sıvı LPG gaz fazına geçtiğinde, hacmindeki büyümenin oranıdır.

Alt Isıl Değer:

1 kg sıvı LPG'nin yanması ile elde edilen ve yanma ürünlerinden suyun sıvı fazda olduğu durumdaki ısı miktarıdır.

2.3.2 LPG'nin basınç-sıcaklık değişimi

Şekil 2.1'de kapalı bir kaptaki depolanan LPG basıncının sıcaklığa bağlı değişim eğrileri görülmektedir.

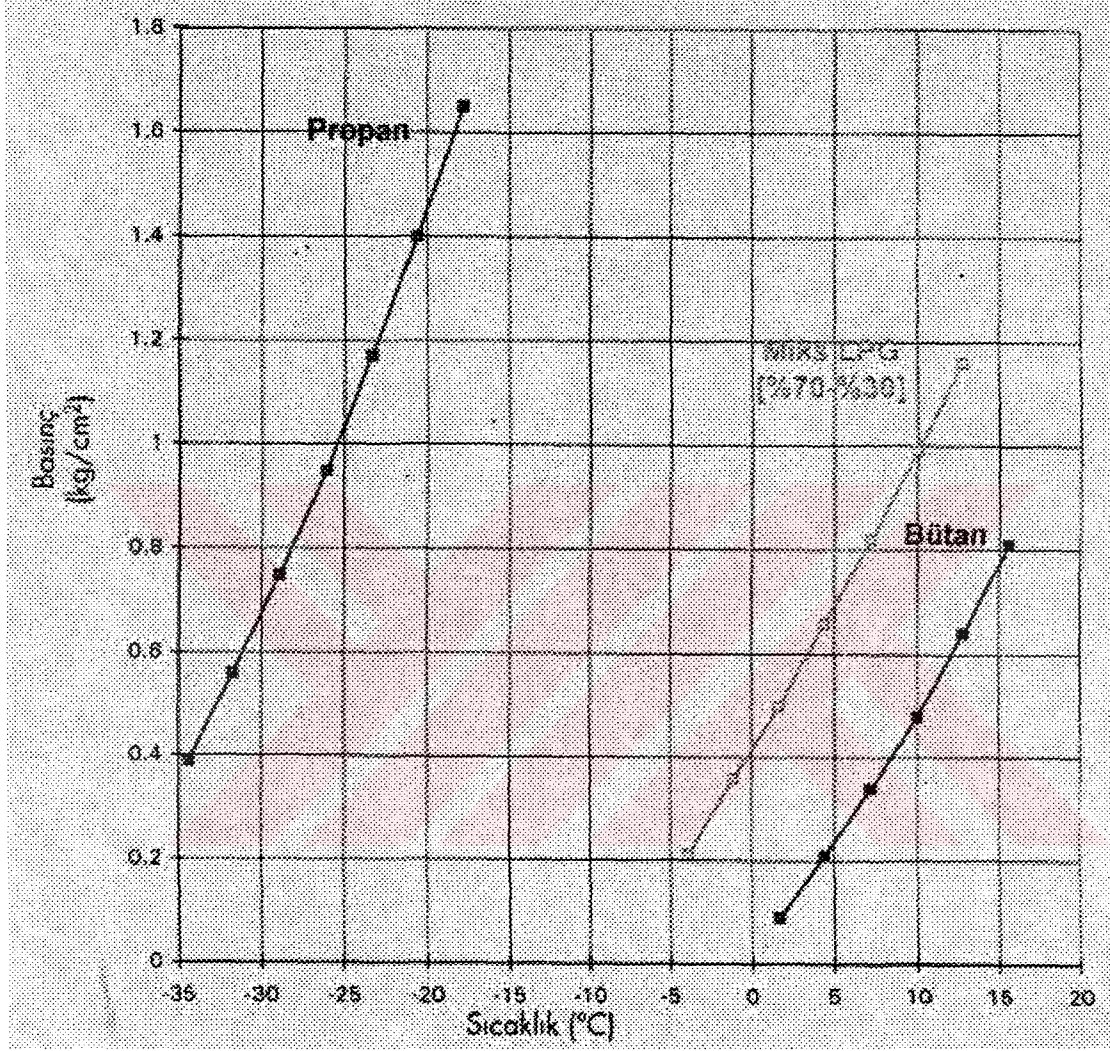


Şekil 2.1 LPG'nin basınç-sıcaklık değişimi (Aygaz,1997)

Görüldüğü gibi LPG'nin basıncı, sıcaklık yükselince artar, düşüncü azalır.

2.3.3 LPG'nin çiyleşmesi (Sıvılaştırılması)

Normal şartlarda gaz halinde bulunan LPG'nin, belirli bir basınç değerinde sıvılaştırmaya başladığı sıcaklık değerine "çiyleşme (sıvılaştırma) sıcaklığı" denir.



Şekil 2.2 LPG'nin Çiyleşme Eğrileri (Aygaz, 1997)

Şekilde görüldüğü gibi 1 kg/cm^2 basınç altında propan -25°C 'de, bütan 20°C 'de, miks LPG ise 10°C 'de çiyleşmeye başlar. Bu durumda basıncı 1 kg/cm^2 olan LPG, sıcaklığının 10°C 'nin altına düşmesi durumunda çiyleşir. Gaz fazının sıvı fazına göre yaklaşık 270 kat daha fazla hacme sahip olması nedeniyle sıvı LPG'nin tüketim noktasına ulaşması gaz ekipmanlarının görevlerini tam olarak yapamamasına neden olur. Bu nedenle LPG sistemi, yukarıdaki grafik yardımıyla gazın çiyleşmeyeceği basınç-sıcaklık değerleri dikkate alınarak kurulur. Propan için çiyleşme

sıcaklıkları çok düşük olduğundan, propan kullanılan sistemlerde çok düşük sıcaklıklarda bile çiyleşme problemiyle karşılaşılmaz (Lynn C. vd., 1962).

2.4 LPG'nin diğer yakıtlarla karşılaştırılması

Katı yakıt rezervlerinin azalması bu yakıtlara olan talebin düşmesine neden olurken motorin, fuel-oil gibi sıvı yakıtlarla metan, propan, bütan ve benzeri gaz yakıtların kullanımı artmıştır. Gaz yakıt kullanımını yaygınlaştıran diğer nedenler ise çevreyi koruma bilincinin gelişmesi ve konfor ihtiyacının artmasıdır (Lynn C. vd., 1962).

Dünya yakıt tüketimi üzerinde yapılan araştırmalara göre gaz yakıt tercihinde ilk sırada doğalgaz yer almaktadır. Avrupa ülkelerinde ve ABD'nde çok yaygın olarak kullanılan LPG'nin ise, mutfak yakıtı olarak kullanımının yanı sıra; petrokimya, otomotiv ve tarım sektörleri ile endüstride kullanımı da artmaktadır. 1991 yılında 143 milyon tona, 1997 yılında ise 178 milyon tona ulaşan tüketimiyle dünya enerji dengesinde önemli bir yer tutan LPG'nin gelecek yıllarda toplam enerji tüketimindeki payını da arttıracığı tahmin edilmektedir.

Yukarıda sözü edilen yakıtların alt ve üst ısıl değerleri Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Yakıtların alt ve üst ısıl değerleri (Aygaz, 1999)

Yakıt	Birim	Alt Isıl Değerler		Üst Isıl Değerler		
		kCal	kWh	kCal	kWh	
Miks LPG*	kg	10.960	12,74	11.900	13,80	
Propan	kg	11.100	12,90	12.000	13,98	
Miks LPG*	m ³	25.001	29,05	28.200	32,71	
Propan	m ³	20.713	24,07	23.000	25,93	
Doğalgaz	Nm ³	8.250	9,59	9.155	10,62	
Odun	kg	2.500	2,91	2.800	3,25	
Kömür	Linyit	kg	3.000	3,49	3.300	3,84
	Soma	kg	5.500	6,39	6.000	6,96
	İthal	kg	6.000	6,97	6.500	7,56
Motorin	kg	10.200	11,85	10.800	12,58	
Kalorifer Yakıtı	kg	9.700	11,27	10.500	12,18	
Sanayi Yakıtı Fuel -Oil No.6	kg	9.200	10,69	10.300	11,95	
Elektrik	kWh	860	1,00	860	1,00	

*Miks LPG, % 30 propan-% 70 bütan karışımıdır.

Yakıtların alt ısı ve ortalama yanma verimi değerlerine göre hesaplanmış eşdeğerlik katsayıları, aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 Yakıtların Eşdeğerlikleri

Yakıt	Birim	Ort. Verim	Bütan	Propan	D.gaz	Odun	Kömür	Motorin	Kal. Yak.	San. Yak.	Elektrik
Miks LPG*	kg	%92	1	0,99	1,33	6,75	2,83	1,15	1,24	1,34	11,89
Propan	kg	%92	1,01	1	1,35	6,81	2,86	1,16	1,25	1,35	11,99
Doğal Gaz	Nm ³	%92	0,75	0,74	1	5,06	2,12	0,87	0,93	1,01	8,91
Odun	kg	%60	0,15	0,15	0,20	1	0,42	0,17	0,18	0,20	1,76
Kömür (Soma)	kg	%65	0,35	0,35	0,47	2,38	1	0,41	0,44	0,47	4,20
Motorin	kg	%86	0,87	0,86	1,16	5,85	2,45	1	1,08	1,16	10,30
Kalorifer Yakıtı	kg	%84	0,81	0,80	1,07	5,43	2,28	0,93	1	1,08	9,57
Sanayi Yakıtı	kg	%82	0,75	0,74	0,99	5,03	2,11	0,86	0,93	1	8,86
Elektrik	kWh	%99	0,08	0,08	0,11	0,57	0,24	0,10	0,10	0,11	1

*Miks LPG, % 30 propan-% 70 bütan karışımıdır.

- 1- Eşdeğerlik katsayıları "alt ısı" ve "ortalama verim" değerlerine göre hesaplanmıştır
- 2- İşletme veriminin bir bölümü verim değerlerinin içerisinde gösterilmiştir.(Örneğin sanayide yakılacağı kabul edilmiştir.
- 3- Yakma yan maliyetleri (yakıt hazırlama, depolama ve işletme giderleri) verim değerlerine eklenmiştir.
- 4- Otomatik kontrol kullanımı, bakım kalitesi gibi nedenlerle daha uygun verimler oluşturulabilir.

3 DÖKME LPG SİSTEMLERİNİN TANITIMI

3.1 Giriş

Dünya enerji rezervleri arasında önemli bir yer tutan LPG, Kuzey Amerika ve Avrupa ülkelerinde sanayi tesisleri, küçük endüstriyel işletmeler, konutlar, ulaşım, petrokimya, tarım ve hayvancılık gibi çok çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır. LPG'nin tüketiciye tüplü ve dökme olarak iki ayrı satış şekli vardır.

“Dökme LPG”, tüplü satıştan farklı olarak, LPG'nin tüketiciye kamyon-tankerlerle ulaştırılması ve kullanım yerindeki tanklarda depolanması esaslarına dayanan satış şeklidir.

Ülkemizde toplam LPG tüketimi içinde dökme LPG'nin payı 1994 yılında %14 iken son yıllardaki gelişme sonrasında 1998 yılı sonunda %29'a ulaşmıştır. Ancak 2001 yılı sonunda bu oran LPG fiyatlarına gelem zamların etkisi ile %20'lere gerilemiştir.

Doğalgazla birlikte gaz yakıtın konforuyla tanışan tüketici doğalgazın olmadığı yerlerde de; verimli yanması, çevre dostu, ekonomik ve kolaylıkla kullanılabilir bir yakıt olması nedeniyle dökme LPG'yi tercih etmeye başlamıştır. Pişirmenin yanı sıra, ısıtma, sıcak su eldesi ve diğer proseslerdeki tüm enerji ihtiyacını tek merkezden karşılayan Dökme LPG Sistemleri, emniyet ve konforu tüketiciye birlikte sunmaktadır.

3.2 Buharlaştırıcısız Dökme LPG Sistemi

Tankın gaz verme kapasitesini aşmayan miktarlarda tüketimi olan özellikle konutların enerji ihtiyacını karşılamak üzere hizmet veren ve yakıt olarak sadece propanın kullanıldığı sistemlerdir. Çiyleşme problemi olmayan propan kullanılmasından ve tüketim miktarının düşük olmasından dolayı ek bir buharlaştırıcı ünitesine ihtiyaç duyulmaz. Bu sistemde kullanılan küçük LPG tankları bahçede toprakaltına gömülebilir veya toprak üstüne monte edilebilir (Aygaz, 1997).

3.2.1 Sistemin tanımı ve çalışması

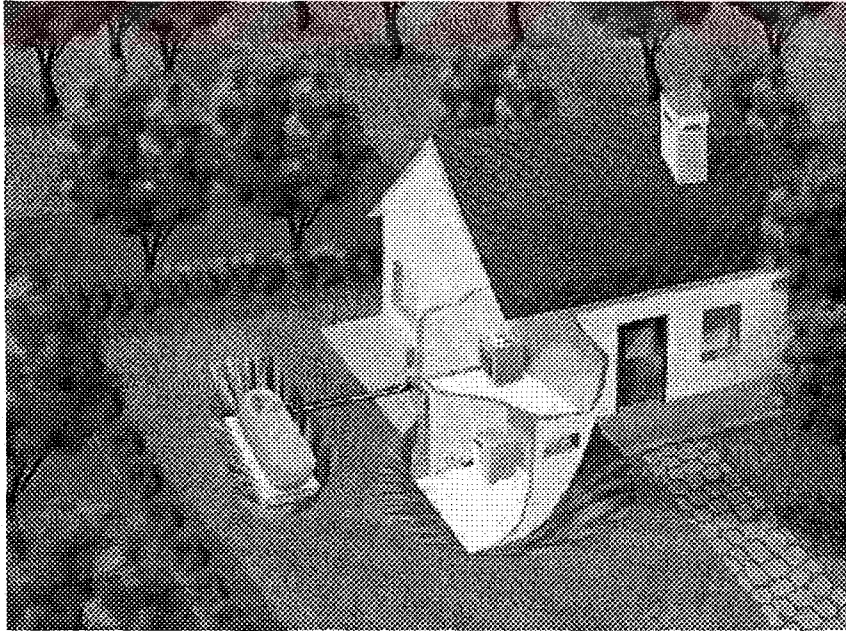
Konutların ısınma, sıcak su ve pişirme ihtiyaçlarının karşılanması veya genel anlamıyla ısı üretimi için kullanılan sistem ;

- a. LPG stok tankı,
- b. Bina servis kutusu ekipmanları,
- c. Bina dışı ve içi gaz tesisatından oluşur.

Sistem bu haliyle tüp, dedantör ve hortumdan oluşan, çok yakından tanıdığımız tüplü sistemin işlev olarak aynıdır.

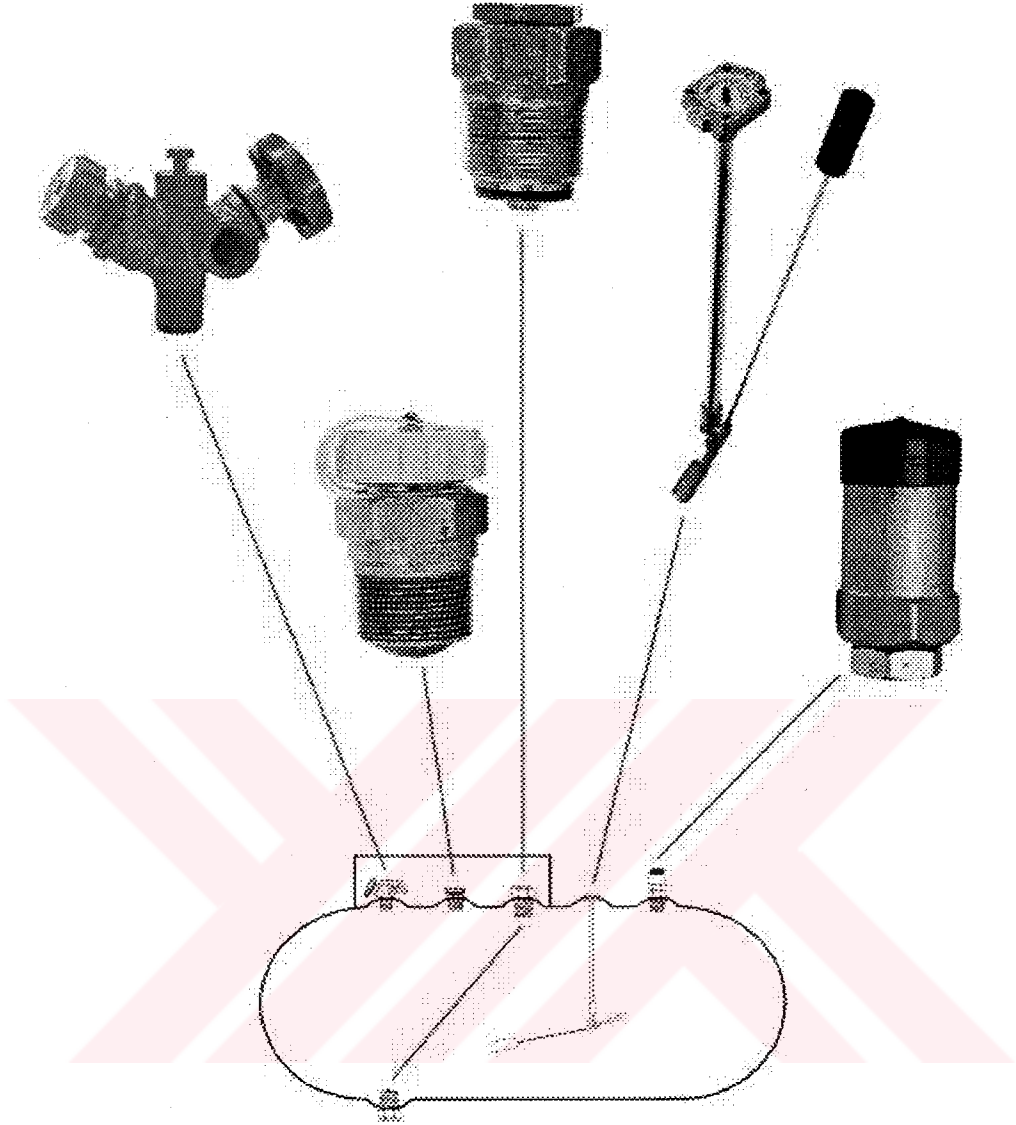
Standartlar, teknik özellikler, müşteri ihtiyaçları ve çevre düzenlemesi gibi faktörler göz önüne alınarak tankların montajı toprakaltına ya da topraküstüne yapılabilir.

LPG tankta sıvı olarak depolanır. Tank çıkışında basıncı düşürülen (1 bar) LPG, toprakaltındaki boru tesisatı ile gaz halinde bina servis kutusuna gelir. Burada basıncı tekrar düşürülür (30-50 mbar) ve konut içerisindeki tüketim cihazlarına ulaşır. Genellikle mutfaklarda pişirme için ocak-fırın, kazan dairelerinde ise ısıtma ve sıcak su temini için kazanda kullanılır (Aygaz, 1997).



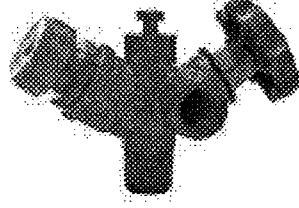
Şekil 3.1 Buharlaştırıcısız dökme LPG sistemi (Aygaz AŞ)

3.2.2 LPG stok tankı aksesuarları



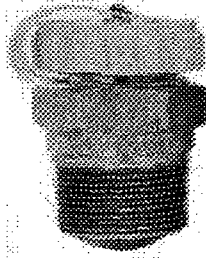
Şekil 3.2 LPG stok tankı aksesuarları (Rego, 1998)

- a. **Multivalf:** Servis ve emniyet işlevleri olan ekipmanları tek blokta toplayan bir valf grubudur. Üzerinde; tanktan gaz almak veya gaz çekişini durdurmak için kullanılan **Gaz Çıkış Vanası**, gaz kullanımında ani ve belirgin bir artış olması halinde gaz çıkışını otomatik olarak kapatan **Aşırı Akım Valfi**, tank içerisindeki basıncı gösteren ve göstergenin donmasını önlemek üzere içinde gliserin bulunan **Manometre**, dolum sırasında tanktaki likit seviyesi dolum limitine gelince küçük bir miktar LPG 'nin dışarı atılmasını sağlayan **Sabit Seviye Purjörü** ve büyük kapasiteli tanklarda dolumun daha süratli olması için tankerle tank arasında gaz bağlantısı yapılmasını sağlayan **Gaz Dengeleme Valfi** bulunur.



Şekil 3.3 Multivalf

b. Dolum Valfi: Tanka dolum yapılabilmesi için kullanılır. Dolum hortumunun tabancası valfe takılır ve LPG basıncı valfi açar. Dolum sona erince valf otomatik olarak kapanır.



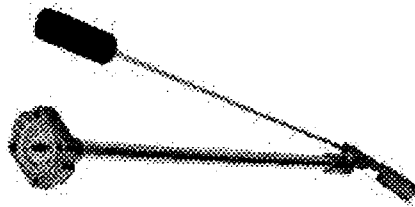
Şekil 3.4 Dolum valfi

c. Likit Alma Valfi: Tankın doğal buharlaşma ile verebileceği gaz miktarından daha fazlasına ihtiyaç duyulduğunda, tanktan LPG 'nin likit olarak alınmasını sağlayan valftir. Konut uygulamalarında kullanılmaz.



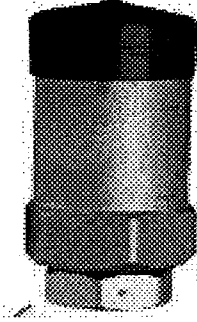
Şekil 3.5 Likit alma valfi

d. Seviye Göstergesi: Tankın içerisindeki LPG miktarını hacme göre yüzde olarak gösteren ekipmandır.



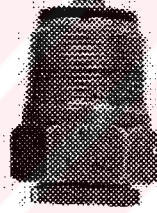
Şekil 3.6 Seviye göstergesi

e. **Emniyet Valfi:** Tank içerisindeki basıncın, maksimum çalışma basıncının (17.5 bar) üzerine çıkması halinde fazla basıncın atmosfere atılmasını sağlayan yaylı tip bir valftir.



Şekil 3.7 Emniyet ventili

f. **Boşaltma Valfi:** Tankın test ve bakımı sırasında boşaltılmasını sağlayan tapadır (Rego, 1998).



Şekil 3.8 Boşaltma valfi

3.2.3 Bina servis kutusu ekipmanları

- a. **Küresel Gaz Vanası:** Gaz girişini kesmek veya açmak için kullanılan dişli gaz valfidir.
- b. **İkinci Kademe Regülatörü:** Tanktan gelen gazın basıncını (1-1.5 bar), sabit bir kullanım basıncına (30 mbar) düşürür.
- c. **Test Nipeli:** Sökülebilen bir vida yardımıyla regülatör çıkış basıncının istenilen değerde olup olmadığının kontrol edilmesini sağlar.
- d. **Solenoid Valf:** Elektriksel kumanda olarak gaz girişini kesen veya açan emniyet valfidir. Isıtıcı cihazın bodrum katında olması durumunda kullanılır. Sadece brülör çalıştığı zaman kazan dairesine gaz girişine izin verir, aksi halde gaz girişini kapatır (Aygaz, 1997)

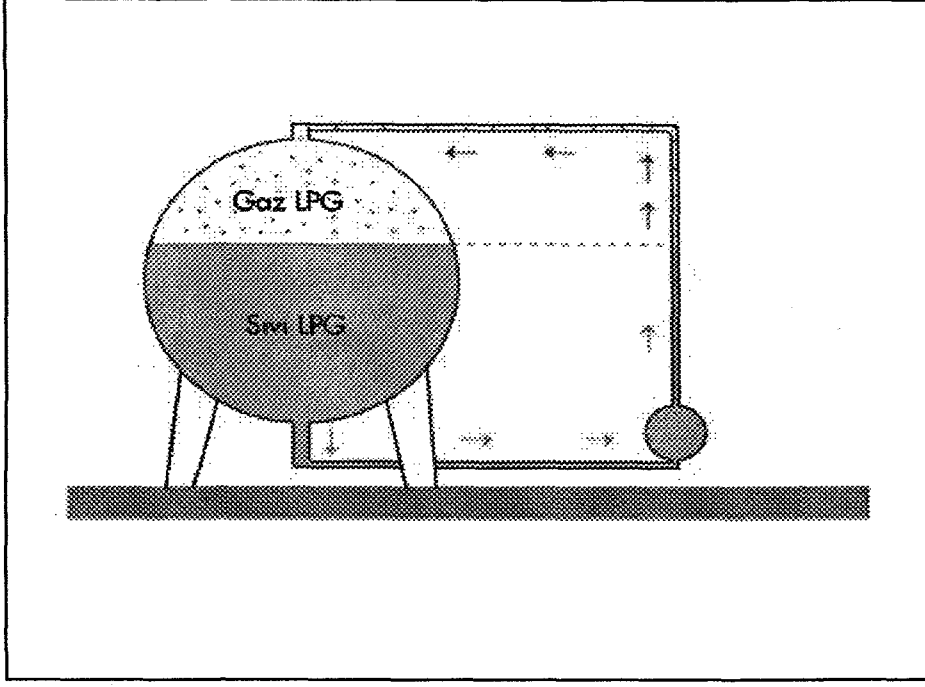
3.3 Geri Beslemeli Buharlaştırıcı Dökme LPG Sistemi

Turistik işletmeler, küçük sanayi tesisleri, tavuk çiftlikleri, seralar ve konutların enerji ihtiyacını karşılamak üzere, kapasiteleri 0.5 ile 10 m³ arasında değişen küçük tanklarla hizmet verir. Bu sistemde %30 propan ve %70 bütandan oluşan miks LPG veya sadece propan kullanılır. Miks LPG kullanımında, gerekli enerji ihtiyacını sağlayabilmek için ek bir buharlaştırıcı ünitesi (Geri Dönüşlü Buharlaştırıcı) bulunur ve tank ile buharlaştırıcı toprak üstüne monte edilir.

Tesislerin proses, ısıtma, sıcak su ve mutfak ihtiyaçları için gerekli gaz miktarı, genellikle tanktaki doğal buharlaşma ile karşılanamaz. Bu enerji ihtiyacı 700.000 kCal/saat'i aşmıyorsa ve tesis bir ayda 10 ton LPG'den daha fazla gaz tüketmeyecekse bu tip sistem kullanılır. Bu sistem:

1. LPG Stok Tankı (3-10 m³)
2. Geri Dönüşlü Buharlaştırıcı (50-100 (kg/saat)* LPG)
3. Regülatörler
4. Gaz Hattı'ndan oluşmaktadır.

Sistemde, toprak üstüne monte edilen stok tankında depolanan LPG, tank altından alınan bağlantı borusu ile buharlaştırıcıya gelir. Şekilde görüldüğü gibi buharlaştırıcının çalışmadığı durumlarda birleşik kaplar prensibine göre sistemdeki LPG, hem tank hem de buharlaştırıcıda aynı seviyededir. Sıvı halindeki LPG, buharlaştırıcı içerisinde elektrik enerjisi yardımıyla ısıtılır ve gaz fazına geçerek tekrar tanka döner. Böylece tüketim noktalarını besleyecek miktarda ve basınçta gaz fazında LPG'nin, tank içerisinde her zaman bulunması sağlanır (Aygaz, 1999).



Şekil 3.9 Geri besleme buharlaştırıcılı dökme LPG sisteminin çalışma prensibi (Aygaz, 1997)

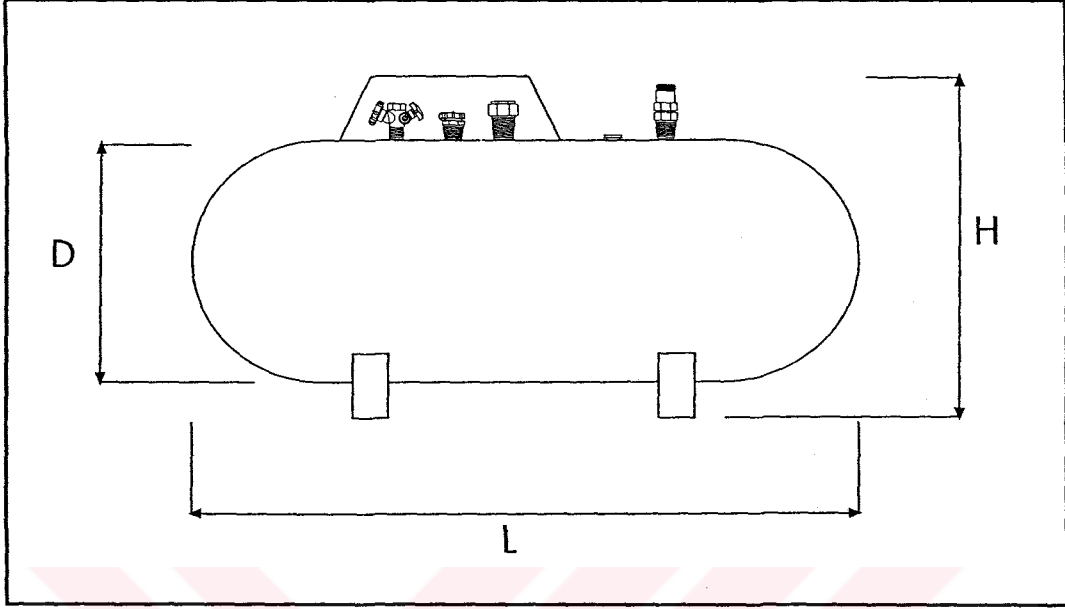
Gaz tüketimi başladığında, buharlaştırıcı içindeki gazın sıcaklığı düşer ve rezistans (ısıtıcı eleman) otomatik olarak devreye girer. Tankın içerisinde yeterli miktarda gaz fazında LPG bulunduğu veya gazın kullanılmadığı durumlarda buharlaştırıcı çalışmaz.

Tanktan buharlaştırıcı geri dönüş hattı dışında başka bir noktadan alınan ve regülatör grubunda basıncı düşürülen gaz, boru hatları ile tüketim noktalarına sevk edilir. Sistemin en büyük avantajı tüketim hatlarına sıvı LPG gitmesinin mümkün olmamasıdır (Aygaz, 1999),

3.3.1 LPG Stok tankı ve ekipmanları

Geri beslemeli buharlaştırıcılı Dökme LPG Sistemi'nde kullanılan LPG stok tankları, yüksek kaliteli ve sertifikalı çeliklerden özel yöntemlerle üretilen basınçlı kaplardır. Tasarımı 17.5 kg/cm^2 çalışma basıncına göre yapılan tanklar, ve üretim esnasında oluşan gerilimlerinin giderilmesi için ısıtılma tabii tutulurlar ve 26.5 bar basınçta hidrostatik testten geçirilirler. Basınçlı kapların üretimi, testi ve kontrolünden sorumlu kuruluşlar (Türk Loydu, Bureu Veritas...) tarafından denetlenerek belgelendirilen tanklar; kullanım yerlerinde her on yılda bir dayanıklılık ve kalınlık kontrollerinden geçirilirler.

LPG stok tankları 3, 5 ve 10 m³ olmak üzere üç değişik kapasitededir. Tankın büyüklüğü, aşağıdaki tabloda belirtildiği gibi, tesisin aylık LPG ihtiyacı dikkate alınarak belirlenir. Bunun yanı sıra tesisin coğrafi şartları düşünülerek dolum periyoduna göre tankın kapasitesi arttırılabilir.



Şekil 3.10 Lpg tankı (geri beslemeli buharlaştırıcılı sistem) (Theodore C. ve Lemoff C., 1998)

Çizelge 3.1 LPG tankı ölçüleri (3-10 m³) (Theodore C. ve Lemoff C., 1998)

Hacim (m ³)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Yükseklik H (mm)	Ağırlık (kg)	Gaz Kapasitesi (kgxLPG)	Tesisin LPG İhtiyacı (ton/ay)
3	1200	2900	1600	700	1400	1-3
5	1200	4730	1600	1100	2350	3-5
10	1600	5090	2050	1800	4680	5-10

Tesisin aylık LPG ihtiyacı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir:

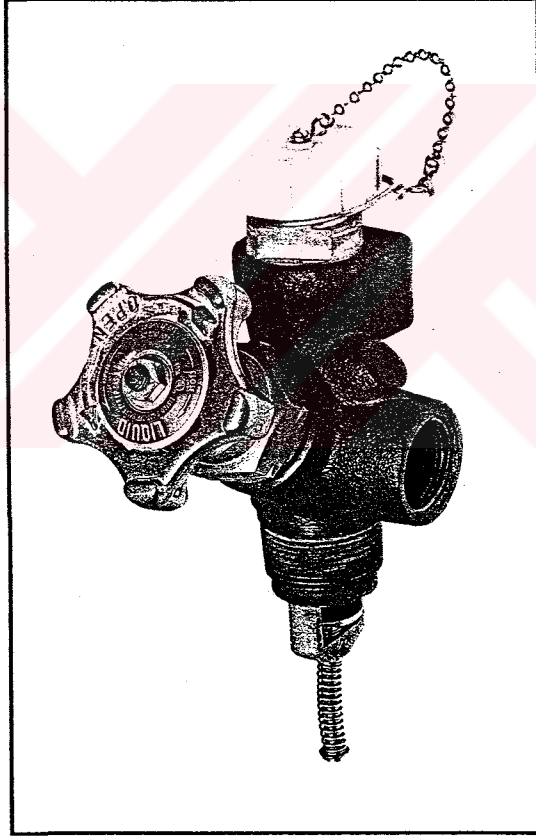
Tesisin Aylık LPG İhtiyacı (kg/ay)	Tesisin Kurulu Kapasitesi / (kCal/saat)	LPG'nin Alt Isıl Değeri (kCal/kg)	Günlük Kullanım x Süresi (saat/gün)	Tesisin Aylık Çalışma Süresi (gün/ay)
--	---	---	---	---

LPG tankları üzerinde; tanka kolaylıkla servis yapılabilmesini sağlayan ve sistemin güvenliğini kontrol altına alan ekipmanlar bulunmaktadır.

Multivalf Grubu: Multivalf, servis ve emniyet işlevleri olan ekipmanları tek blokta toplayan bir valf grubudur.

- a. **Gaz Servis Valfi:** Tanktan gaz almak veya gaz çekişini durdurmak için kullanılan manuel kontrollü valftir.
- b. **Manometre:** Tank içerisindeki basıncı (0-25 bar) gösterir.
- c. **Sabit Seviye Purjörü:** Dolu sırasında tanktaki sıvı seviyesi dolun limitine gelince yani tankın % 80'i dolunca küçük bir miktar LPG'nin dışarı akmasını sağlayarak operatöre dolumu durdurmasını gösterir.
- d. **Gaz Dengeleme Valfi:** İlk dolumdan önce tankın içindeki havanın alınması veya arıza durumunda tanktaki gazın tankere geri alınması için kullanılan valftir.

Buharlaştırıcısız dökme LPG sisteminde kullanılan multivalfin aynısıdır.



Şekil 3.11 Dolun Valfi (Geri beslemeli buharlaştırıcılı sistem) (Rego, 1998)

Dolum Valfi: Tanka dolun yapılabilmesi için kullanılan otomatik kapatmalı bir valftir. Dolun hortumunun tabancası ve getirdiği basınç iki kademeli olarak bu valfi açar, dolun sona erince valf otomatik olarak kapanır.

Buharlaştırıcısız dökme LPG sisteminde kullanılan valfin aynısıdır.

Buharlaştırıcılı küçük tanklı dökme LPG sistemlerinde kullanılan dolum valfi ise yukardaki dolum valfinden farklıdır. Bu valfin üzerinde, buharlaştırıcıdan tanka dönen gaz LPG hattının tankla bağlantısını sağlayan bir nozul ve bu hattı açıp kapatan bir vana bulunur.

Sıvı Alma Çek Valfi: Buharlaştırıcının kullanılmadığı ve toprakaltı küçük tanklı sistemlerde arıza durumunda tanktaki gazı tankere geri almak buharlaştırıcının tanktan sıvı LPG ile beslenmesi gerektiği zaman kullanılan valftir.

Buharlaştırıcısız dökme LPG sisteminde kullanılan valfin aynısıdır.

Sıvı LPG Transfer Valfi: Tanktan LPG'nin sıvı olarak alınmasını sağlayan valftir, özel durumlar dışında kullanılmaz.

Seviye Göstergesi: Tankın içerisindeki LPG miktarının tank hacmine oranını yüzde olarak gösteren ekipmandır.

Buharlaştırıcısız dökme LPG sisteminde kullanılan seviye göstergesinin aynısıdır.

Emniyet Valfi: Tank içerisindeki basınç, maksimum çalışma basıncının (17,5 bar) üzerine çıktığında otomatik olarak açılarak, bir miktar gazın atmosfere atılmasını ve basıncın düşmesini sağlar.

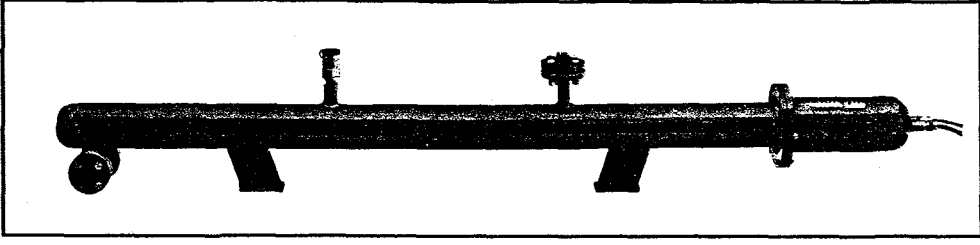
Buharlaştırıcısız dökme LPG sisteminde kullanılan emniyet valfinin aynısıdır.

Boşaltma Valfi: Tankın test ve bakımı sırasında boşaltılmasını sağlayan bağlantıdır.

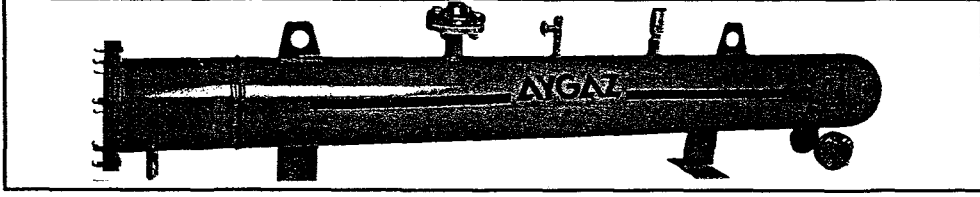
Buharlaştırıcısız dökme LPG sisteminde kullanılan boşaltma valfinin aynısıdır. (Rego, 1998)

2.3.2 Geri beslemeli buharlaştırıcı

Tanktan alınan sıvı LPG'nin elektrik enerjisi kullanarak çalışan ısıtıcı eleman yardımıyla gaz fazına geçerek tekrar tanka dönmesini sağlayan basınçlı kaptır. Saatte en fazla 50 veya 100 kg LPG buharlaştırabilen iki ayrı kapasitede üretilir. Seçilen buharlaştırıcı, tesisin birim saatteki maksimum LPG ihtiyacını karşılayabilmelidir. Ayrıca buharlaştırıcı kapasitesinin belirlenmesinde sistemin kurulduğu bölgedeki kış aylarının en düşük sıcaklık değeri de dikkate alınmalıdır.



Şekil 3.12 Geri Dönüslü Elektrikli Buharlaştırıcı (50 (kg/saat)* LPG) (Aygaz, 1999)



Şekil 3.13 Geri Dönüslü Elektrikli Buharlaştırıcı (100 (kg/saat)* LPG) (Aygaz, 1999)

Buharlaştırıcının alışması, elektrik enerjisi ile ısınan rezistansın LPG'ye ısı transfer etmesi esasına dayanır. Buharlaştırıcı içerisinde; biri çalışmayı, diğeri emniyeti sağlayan iki adet termostat bulunur. Çalışma termostatu miks LPG için 25-30°C'ye, propan için 10-15°C'ye ayarlanır. Bu sıcaklık, tank içinde gerekli basınçta LPG bulunduğunun göstergesidir. Gaz tüketimi başladığında tankın ve buharlaştırıcı içindeki gazın sıcaklığı ve basıncı düşerek çalışma termostatının ısıtıcı elemanı (rezistans) devreye sokmasını sağlar. Paslanmaz elikten yapılmış rezistans, bir kılıf içerisine konularak izole edilir ve kesinlikle LPG ile doğrudan temas etmez.

Kılıfın ve buharlaştırıcı gövdesinin malzemesi; PN 40 sınıfı, dikişsiz, elik-çekme borudur. Buharlaştırıcının gövdesi kumlama ile temizlendikten sonra, elektrostatik toz boya yapılı ve üretim sonunda 40 bar basınçta hidrostatik testten geçirilir (Aygaz, 1999).

Sırasıyla sırasıyla 5.5 ve 16.5 kwh elektrik tüketen 50 ve 100 (kg/saat)*LPG'lik geri dönüşlü buharlaştırıcıların elektrik panoları ve bağlantıları, LPG kullanımı için uluslararası standartlarda belirtilen gerekli kurallara uygun olarak yapılır.

Buharlaştırıcının alışması sırasında basıncın aşırı yükselmesinde emniyet valfi, sıcaklığın aşırı yükselmesinde ise emniyet termostatu devreye girerek buharlaştırıcının güvenliğini sağlar.

3.4 İleri beslemeli buharlaştırıcı dökme LPG sistemi

Yakıt tüketimi yüksek olan sanayi kuruluşlarının enerji ihtiyacına cevap verebilmek için 35 ile 180 m³ arasında farklı kapasitelerde tanklar ve tesisin LPG tüketimini karşılayabilecek buharlaştırıcılar kullanılır, yakıt genellikle miks LPG'dir. Ancak, kış turizmüne hizmet veren oteller ve benzeri özel uygulamalarda propan kullanılır.

Yandığında kükürt, azot oksit gibi maddeleri açığa çıkarmayan LPG'nin kullanılması, bazı sektörlerde ürün kalitesini doğrudan etkiler. Seramik ve cam gibi sektörlerde ürün kalitesini arttırmaya yönelik kullanılan LPG; tekstil, gıda, metal, deri, otomotiv gibi çeşitli sektörlerde de tercih edilmektedir. LPG'nin diğer kullanım alanları olan kojenerasyon (birleşik ısı ve güç üretimi) ve otogaz uygulamaları ise son yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır.

Tesislerin proses, ısıtma, buhar, sıcak su ve mutfak ihtiyaçları için gerekli gaz miktarının 70 kg/saat'i veya aylık 10 ton LPG'yi aştığı durumlarda "İleri Beslemeli Buharlaştırıcı Dökme LPG Sistemi" kullanılmalıdır. Bu sistem:

1. LPG Stok Tankı (35-180 m³)
2. Buharlaştırıcı (50-2500 (kg/saat)*LPG)
3. Regülatör Grubu
4. Gaz Hattı
5. Yangın Söndürme Sistemi'nden oluşmaktadır.

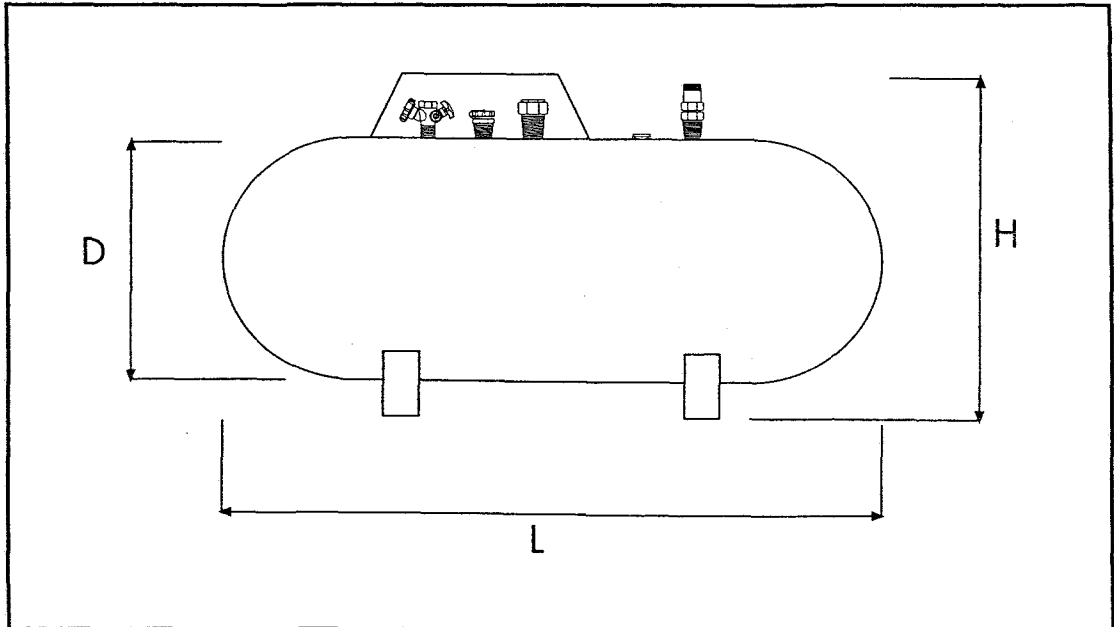
Bu sistemde de, tank toprakaltına veya toprak üstüne monte edilebilir. Genellikle sanayi tesislerinde ilk yatırım maliyetinin düşük olması ve işletme - bakım şartlarının kolaylığı açısından toprak üstü uygulama tercih edilirken, turistik tesislerde ise peyzaj kaygısı nedeniyle toprakaltı uygulama tercih edilmektedir.

Büyük tanklı dökme LPG sisteminde tankta depolanan LPG, boru hatları ile buharlaştırıcıya gelir. Sıvı halindeki LPG, buharlaştırıcı içerisinde dolaşan sıcak sudan aldığı ısı enerjisi yardımıyla gaz fazına geçer. Regülatör grubunda basıncı düşürülen gaz, boru hatları ile tüketim noktalarına sevk edilir (Aygaz, 1999).

3.4.1 LPG stok tankı ve ekipmanları

LPG depolamak için kullanılan tanklar, belirli standartlara (ASME, AD-Merkblätter, vs.) uygun olarak dizayn edildikten sonra projelendirilir ve bu projeler Türk Loydu, TÜV, BV, ABS gibi bir kontrol kuruluşuna onaylatılır. LPG tanklarının üretiminde kullanılan malzemeler, kalite planlarında öngörülen aşamalarda prosedürlere uygun olarak kalite, boyut ve şekil açısından kontrol edilir. Tankların bombeleri, şekil verme yöntemine bağlı olarak gerilimlerin giderilmesi için ısıtılma tabii tutulur. Gerekli kontroller yapıldıktan sonra otomatik tozaltı veya gazaltı yöntemi ile kaynak işlemleri yapılır. Gövde ve bombe kaynakları röntgen, nozul kaynakları ise sıvı penetrant ile test edilir. Montaj, kaynak ve kontrol işlemleri tamamlanan tankların, 26.5 bar basınç altında hidrostatik teste tabii tutularak sızdırmazlıkları ve kaynaklarının güvenilirliği kontrol edilir. Gerekli aksesuarlar monte edildikten sonra düşük basınçta hava ile ekipmanların sızdırmazlık kontrolü yapılır. Üretim sırasında TPI kuruluşu kontrol ve testlere nezaret eder. Tank dış yüzeyi çinko püskürtme metodu ile temizlenip boyanır. Prosedürlere uygun olarak üretilen her tank için gerekli kalite dökümantasyonu hazırlanır ve tanklar sertifikalandırılır. LPG tankları, TS 1446 gereğince kullanım yerlerinde her on yılda bir dayanıklılık ve kalınlık kontrollerinden geçirilirler.

İleri Beslemeli Buharlaştırıcı Dökme LPG Sistemi'nde kullanılan LPG stok tankları 35, 50, 70, 115 ve 180 m³ olmak üzere beş değişik kapasitededir. Tankın büyüklüğü, tesisin ortalama LPG ihtiyacı dikkate alınarak ve coğrafi şartlara göre belirlen dolun periyotlarına göre belirlenir (TS 1446, 1998).



Şekil 3.14 LPG tankı (İleri beslemeli buharlaştırıcı sistem) (Theodore C. ve Lemoff C., 1998)

Çizelge 3.2 LPG Tankı Ölçüleri (35-180 m³) (Theodore C. ve Lemoff C., 1998)

Hacim (m ³)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Yükseklik H (mm)	Ağırlık (kg)	GazKapasitesi (kgxLPG)
35	2,450	9,000	2,822	6,000	16,360
50	3,000	8,200	3,380	9,000	23,380
70	3,000	11,080	3,380	11,500	32,730
115	3,000	17,600	3,380	18,000	53,760
180	3,500	20,200	3,880	26,000	84,150

Büyük LPG tanklarında, imalat ve test için tankın içine girilmesini sağlayan kapaklı bir menhol (adam deliği) bulunur. Standartlara uygun olarak imal edilen olan bu menhol 400-500 mm çapında olup, tankın üst tarafında gövdeye yerleştirilir ve saplamalar ile bağlanmış bir kapak ile kapatılır (Theodore C. ve Lemoff C., 1998),

Bu tanklarda dört adet nozul (çıkış noktası) bulunur. Tankın dolumu sırasında kullanılacak gaz ve sıvı LPG hatları, buharlaştırıcıya sıvı LPG götüren hat ve tankın içindeki ağır ürün ve pislikleri dışarı atmak için kullanılan dreyn hattı. Toprak üstü tanklarda, tankın alt tarafındaki sıvı LPG dolum ve buharlaştırıcı sıvı LPG çıkış hattı, tankın üst tarafında ise tank gaz dengeleme hattı (dolum ve buharlaştırıcı için) bulunur (Aygaz, 1998).

Tankın altında ve menholün ters tarafında ise dreyn hattı bulunur. Toprakaltı tanklarda ise, bu dört nozul da menhol üzerindedir.

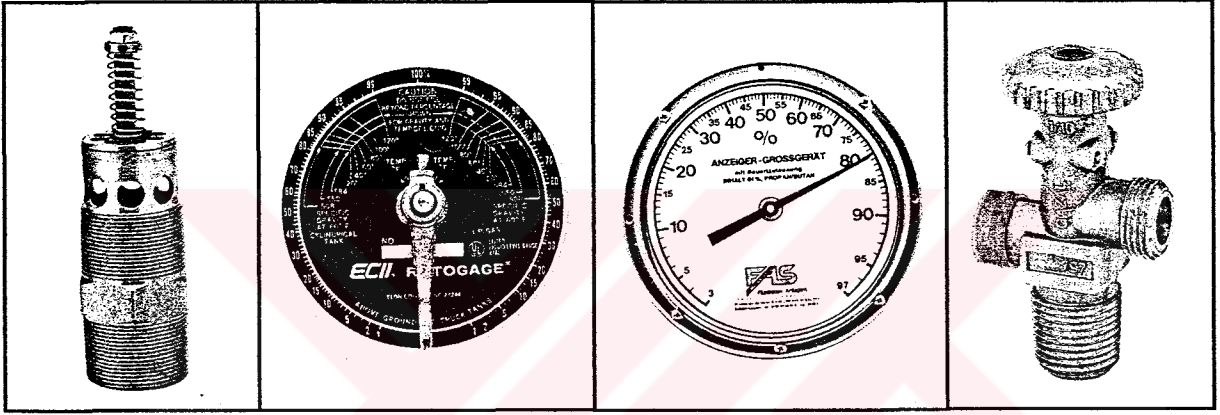
LPG tanklarının her giriş-çıkış noktasında aşırı akım valfi bulunması gerekmektedir. Bu valf, belirlenen gaz akış miktarından daha fazla LPG akışı olması halinde LPG çıkışını engelleyen bir yay mekanizmasından oluşur.

Tanktaki LPG seviyesi, tank üzerine monte edilmiş seviye göstergeleri aracılığıyla okunur. Üç değişik tipte seviye göstergesi bulunmaktadır:

- Döner Seviye Göstergesi: Tankın bombesinin merkezine yerleştirilen bu gösterge yüzde olarak derecelendirilmiştir. Gösterge manuel olarak döndürülür ve gösterge çubuğu sıvı LPG seviyesine geldiğinde dışarıya bir miktar LPG püskürtür. Bu noktada

göstergede okunan değer, tank içerisindeki sıvı seviyesinin hacimsel olarak yüzdesini gösterir.

- b. Şamandıralı Seviye Göstergesi: Döner seviye göstergesinden farklı olarak, tankın içine yerleştirilen bir şamandıra yardımıyla seviyenin sürekli olarak manyetik bir göstergeden okunmasını sağlar. Toprakaltı tanklarına uygulanan bu seviye göstergesi tankın üst tarafında menholün yanına monte edilir.
- c. Sabit Seviye Göstergesi : Kullanılan seviye göstergesini yedeklemek amacıyla genellikle toprakaltı tanklarda uygulanan ve %25, %50 ile %75 seviyelerinde sabit borular ucundaki F-valfler yardımıyla oluşturulan bir sistemdir.



Şekil 3.15

Şekil 3.16

Şekil 3.17

Şekil 3.18

Şekil 3.15 Aşırı Akım Valfi

Şekil 3.16 Döner Seviye Göstergesi (Rotogage)

Şekil 3.17 Şamandıralı Seviye Göstergesi (Rochester)

Şekil 3.18 F Valf

(Aygaz, 1999)

Bunun yanısıra, tank içerisindeki basıncın maksimum çalışma basıncı olan 17.5 bar'ın üzerine çıkması halinde bir miktar gazın atmosfere atılmasını ve tankın iç basıncının düşmesini sağlayan emniyet valfleri bulunur. Emniyet valflerinin büyüklüğü ve sayısı, tankın yüzey alanı dikkate alınarak seçilir (Theodore C. ve Lemoff C., 1998).

3.4.2 İleri beslemeli buharlaştırıcı

Buharlaştırıcı; sıvı LPG'nin gaz haline dönüştürüldüğü, çelikten imal edilmiş basınçlı kaptır. Buharlaştırıcının içine yerleştirilen çelik çekme borulu serpantinden geçen sıcak suyun ısınıp kullanan sıvı LPG, gaz fazına geçer ve tüketim noktalarına gaz fazında ulaşır.

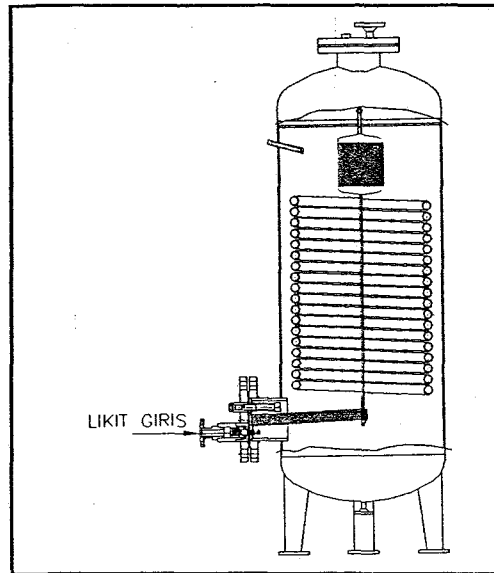
Buharlaştırıcı için gerekli sıcak su;

- Elektrikli kapalı devre bir sıcak su eşanjörlerden,
- LPG ile çalışan kazanlardan,
- Tesisin merkezi sıcak su sisteminden elde edilebilir.

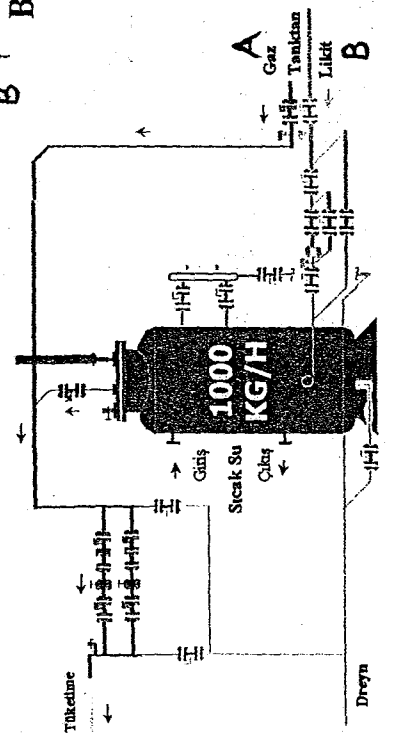
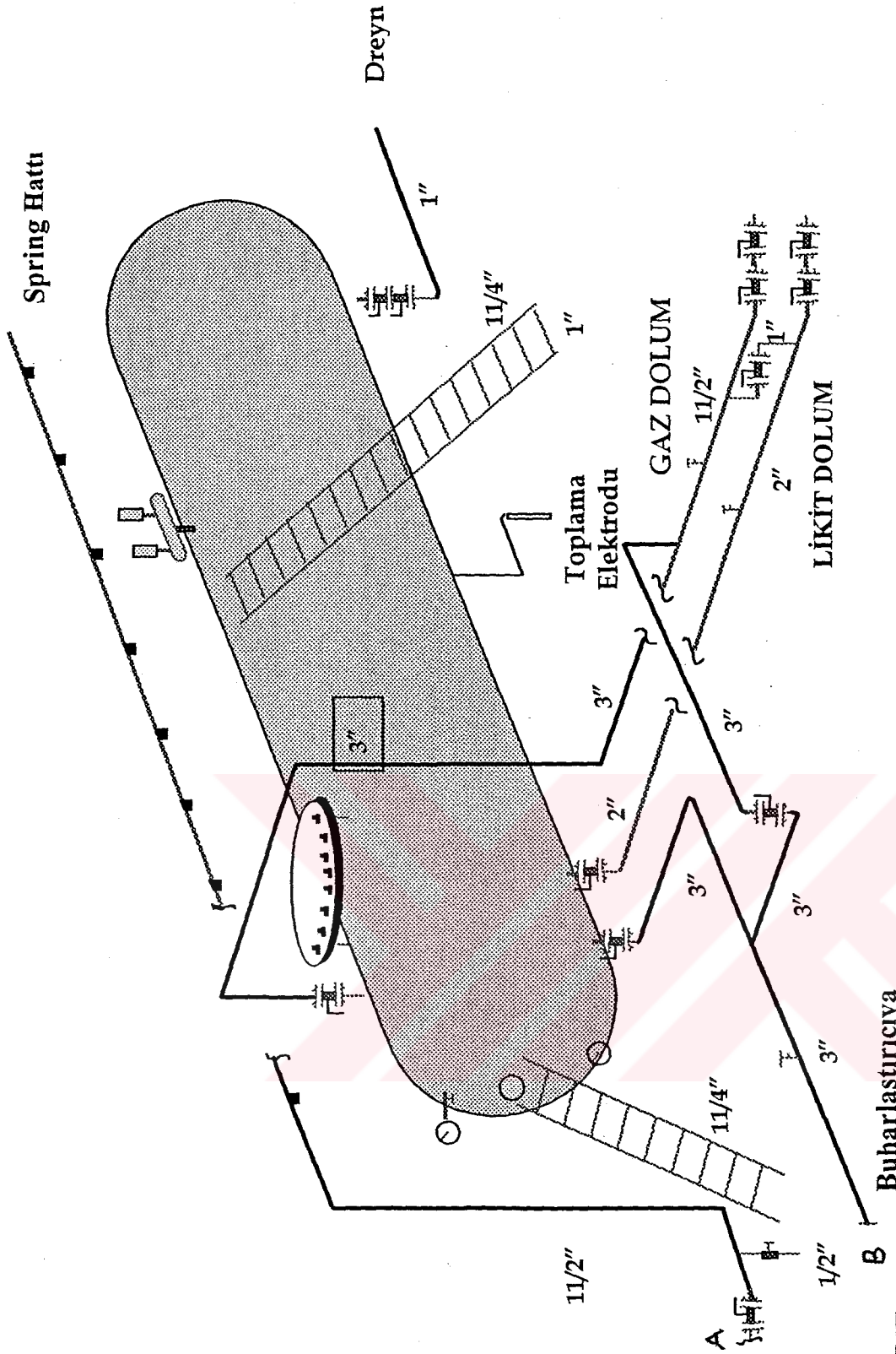
İkinci alternatifte kazanın LPG ihtiyacının sistemden karşılanması ile elektrikli eşanjörlere göre daha ekonomik bir çözüm sağlanmış olur. En ekonomik çözüm ise tesisin merkezi sıcak su sisteminin kullanıldığı yöntemdir.

200 (kg/saat)*LPG kapasitesine kadar olan buharlaştırıcılarda elektrikli ya da LPG'li sıcak su ısıtıcısı kullanılabilir. Bu kapasitenin üzerindeki buharlaştırıcılarda suyun ısıtılmasında elektrik kullanılması tercih edilmez.

Buharlaştırıcı için gerekli sıcak suyun LPG ile çalışan bir ısıtıcı cihazdan karşılanması durumunda genellikle 200 (kg/saat)*LPG kapasitesine kadar kombi, daha büyük kapasiteler için ise sıcak su kazanı kullanılır. Seçilecek ısı cihazı hangi tipte olursa olsun, ısı kapasitesi buharlaştırıcı kapasitesine göre seçilir (Aygaz, 1999).



Şekil 3.19 İleri beslemeli buharlaştırıcı (Aygaz A.Ş)



Şekil 2.20 İleri Beslemeli Buharlaştırıcı Sistem (Aygaz A.Ş)

4 LPG TANKLARININ TESİS EDİLMESİNDE UYULMASI GEREKEN EMNİYET KURALLARI VE DETAYLARI

4.1 Tank Sahasının Emniyeti

Ülkemizde emniyet mesafeleri TS 1446'da belirtilen şekilde uygulanmaktadır. Emniyet mesafeleri ve buna bağlı olarak emniyet kuralları incelendiğinde bir çok noktanın açıklık kazanmadığı görülmektedir. Emniyet mesafeleri tanktan oluşabilecek herhangi bir tehlikeye karşı etrafı korumak için bırakılmamıştır. Emniyet mesafelerinin amacı tank çevresinde oluşabilecek tehlikelere karşı tankın korunmasıdır. NFPA 58 ve DIN 2403, DIN 3258-2, DIN 3383-1, DIN 3384, DIN EN 3391, DIN 4815-3, DIN 51622 göre hazırlanan Technische Regeln Flüssiggas TRF 1996 yayını üzerinde detaylı inceleme yapılmış ve TSE'de açıkta kalan kısımlar detaylandırılmıştır.

TS 1446'ya göre emniyet mesafeleri;

Tanklar ;

-En yakın tanka bina ve bina gruplarına

-Komşu arsa sınırlarına

-Ana trafik yollarına ve demir yollarına

-Tankların birbirine olan uzaklığına göre Çizelge 4.1'de belirtilen emniyet mesafelerine uygun olarak yerleştirilmelidir.

Çizelge 4.1 TS 1446'ya göre tankların emniyet mesafeleri

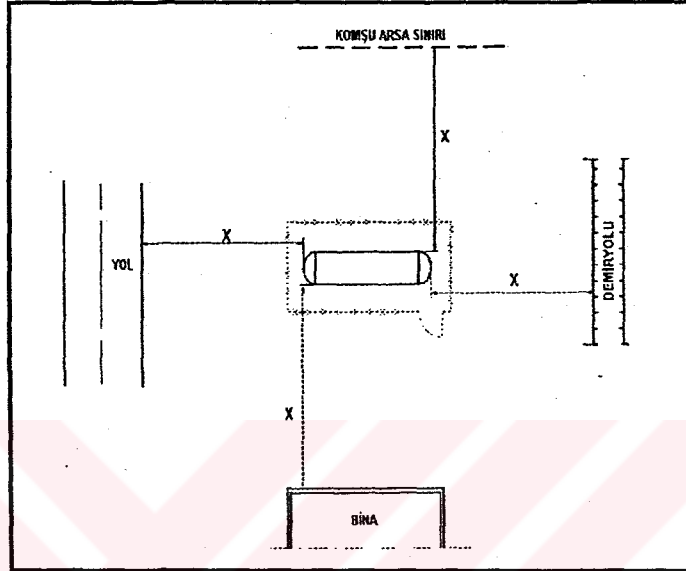
Tank hacmi (m ³)	Yer altı Tankları (m)	Yerüstü tankları (m)	Tanklar arası Mesafe (m)
0,5'den küçük	3	3	0
0,5-3,0	3	3	1
3,1-10,0	5	7,5*	1
10,1-50,0	7,5	10	1
50,0-120,0	10	15	1,5

* Bu mesafe, tank kapasitesi 5 m³ veya daha az olan bir tank için 3 m'ye düşürülebilir. Bu tankın tek tank sayılabilmesi için kapasitesi 0,5 m³'den büyük olan herhangi bir tanktan en az 7,5 m uzakta olması gerekir.

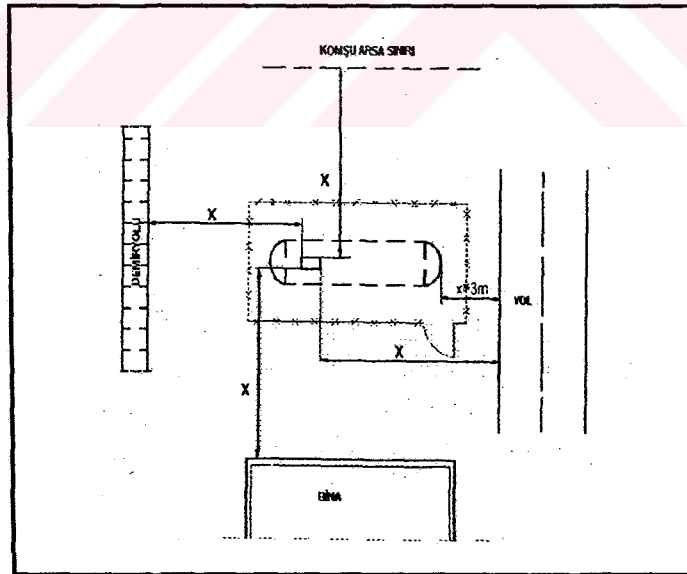
Emniyet mesafesi içerisinde başka ateş kaynakları, yanıcı maddeler ve tank tesisi ile ilgili olmayan kot altı pencereler, bodrum katları, kapılar, havalandırma bacaları ve çukurlar bulunmamalıdır (TS 1446, 1998).

Emniyet mesafeleri, TS 1446'da belirlenmesine rağmen nereden ölçüleceği ve nasıl uygulanması gerektiği ile ilgili açıklayıcı bilgi bulunmamaktadır. Emniyet mesafelerinin uygulanması ile ilgili detaylar aşağıda verilmiştir. NFPA 58'de bulunan açıklamalar skeçler üzerinde gösterilmiştir.

Yerüstü tanklarında ise emniyet mesafeleri tank cidarından ölçülmelidir (NFPA 58,1998),

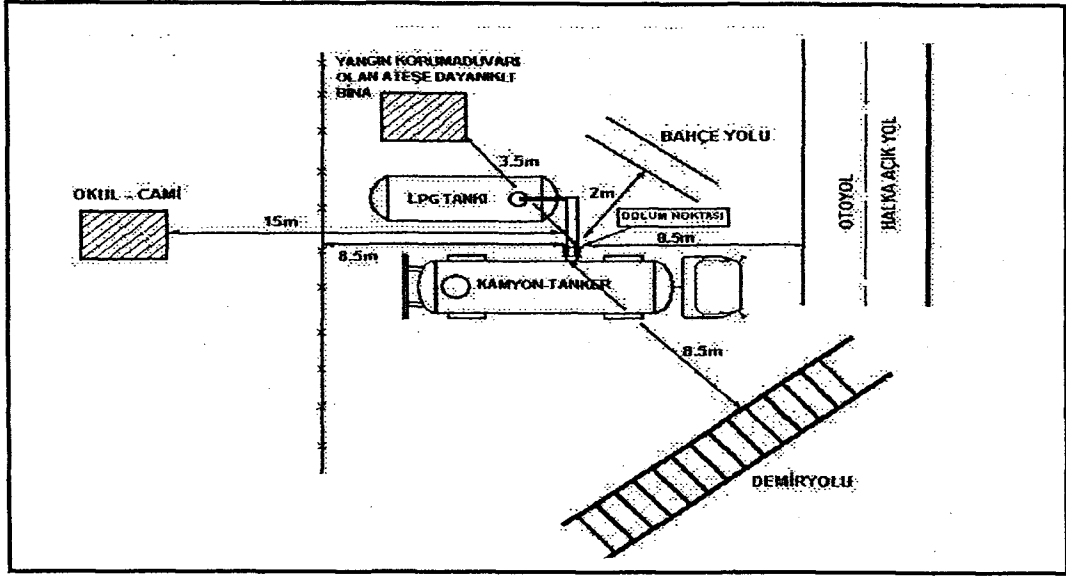


Şekil 4.1 Yer üstü LPG tankı emniyet mesafeleri



Şekil 4.2 Yer altı LPG tankı emniyet mesafeleri

Yer altı tankları ile ilgili emniyet mesafeleri emniyet valfi, doldurma ağzı blöfünden ölçülmelidir. Bu durumda yer altı tanklarının herhangi bir kısmının, binaya veya arsa sınırına uzaklığı 3 metreden az olmamalıdır (TS 1446, 1998).



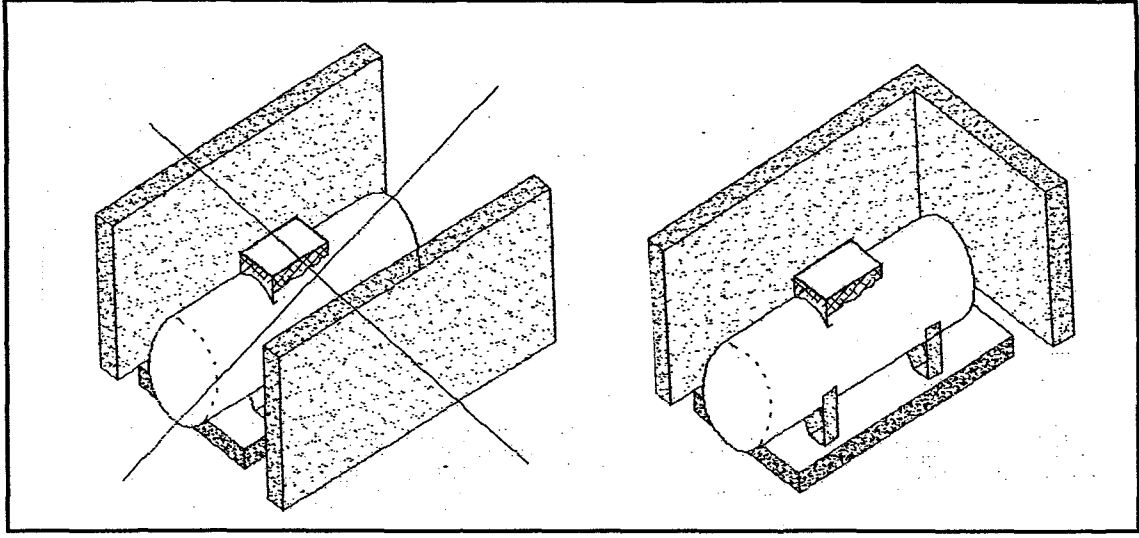
Şekil 4.3 Emniyet mesafeleri

Dolum noktasının tank üzerinde olmaması halinde, LPG doldurma –boşaltma noktası ile diğer yerler arasındaki yatay emniyet mesafeleri aşağıdaki çizelgeye göre olmalıdır (TS 1449, 1998).

Çizelge 4.2 Yatay emniyet mesafeleri (TS 1449,1998)

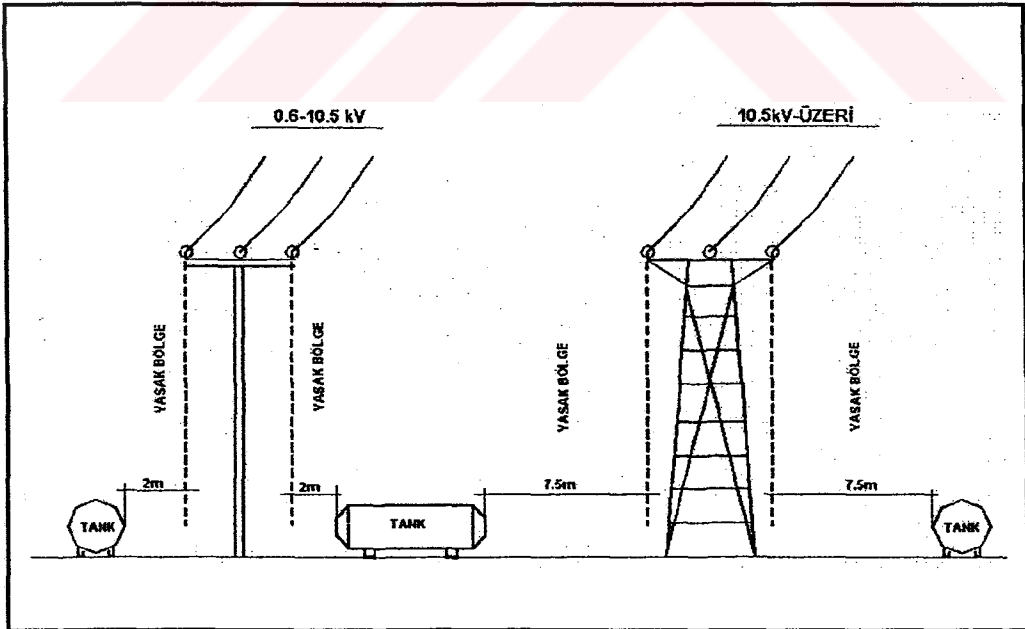
Yer Cinsi	Yatay Emniyet Mesafesi (en az) [metre]
<ul style="list-style-type: none"> - Duvarları ateşe dayanıksız binalara - LPG doldurma boşaltma bölgesi taban kodunda veya altında olan duvar açıklıkları veya çukurlukları olan binalara - Sokak, cadde, şehirlerarası yollar, otoyollar veya yaya yolları 	8,5
Yer üstü ve yer altı tanklarına, yanıcı ve parlayıcı sıvıların doldurma boşaltma bölgelerine	6,5
<ul style="list-style-type: none"> - Duvarları ateşe dayanıklı binalara - Doldurulmakta olan tanklar dışında ki diğer tankların bulunduğu yerlere 	3,5
Bahçe içi yollara	2
Okul, cami, oyun sahası, stadyum gibi sosyal faaliyet yerlerinin sınırlarına	15

LPG tanklarının etrafı havalandırmayı sağlayacak şekilde asgari %50 atmosfere açık olmalıdır. Şekil 4.4 (Blau P., vd., 1996)



Şekil 4.4 Etrafı %50 kapalı tank (Blau P., vd, 1996)

LPG tanklarının hiçbir parçası, anma gerilimi 0,6-10,5 kV arasında olan enerji nakil hatlarının dikey doğrultusunda her yönden 2 metre, 10,5 kV'un üzerindeki enerji nakil hatlarının her yönden 7,5 metre yatay doğrultudaki mesafede bulunan sahaya yerleştirilmemelidir (TS 1446, 1998). Şekil 4.5



Şekil 4.5 Elektrik hatları (Aygaz A.Ş.)

Su kapasitesi 0,5 m³ veya daha büyük olan tankların binalara olan mesafesi dikkate alınırken, binadan 1,5 m'den fazla çıkıntı yapan ve emniyet valfi çıkış ağzından yüksek bina kısımları

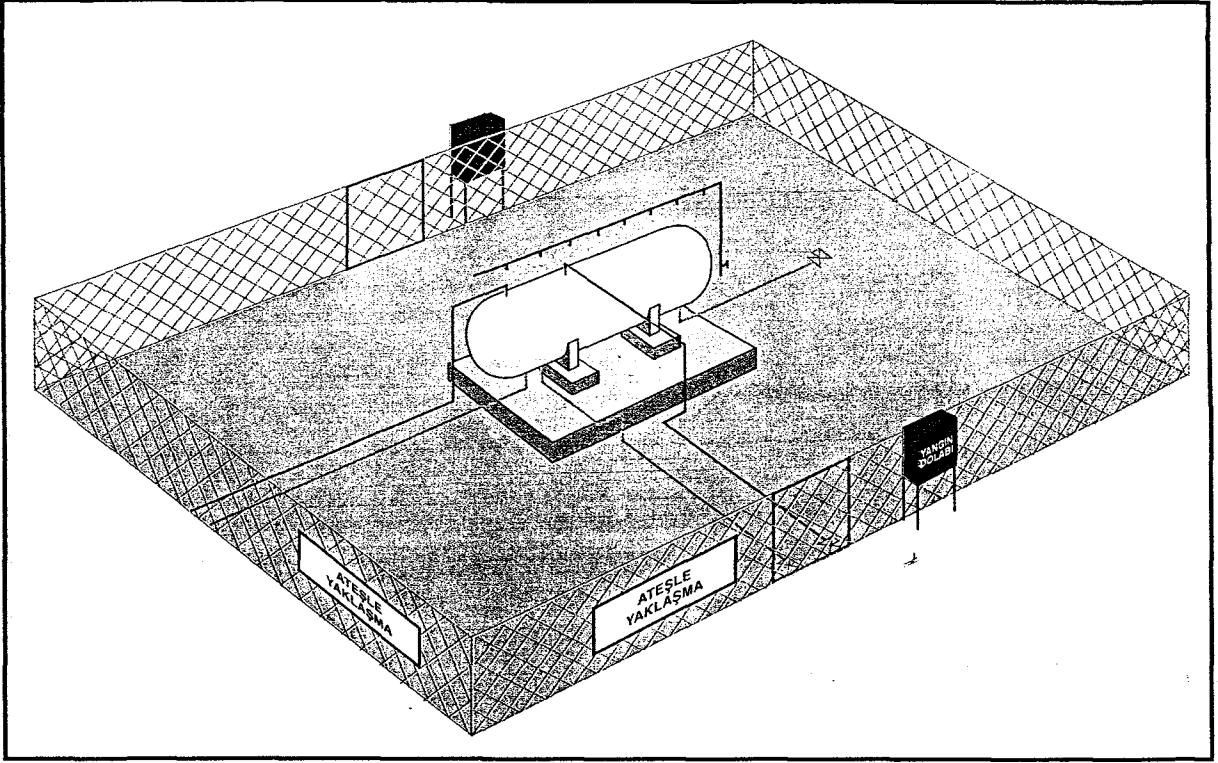
Toprak üstü büyük tanklı sistemlerde tank sahasına 35 m³ tank için iki, 50-115 m³ tanklar için üç, 180 m³ tank için ise dört adet yangın hidrantı kurulmalıdır. Hidrantlar tanklara en az 15, en çok 75 metre uzaklıkta olmalı ve karşılıklı ya da çapraz konumlandırılmalıdır. Her hidrantın yanında dolap içerisine yerleştirilmiş olarak yeterli uzunlukta yangın hortumu bulunmalıdır (TS 1446, 1998).

10 m³ kapasiteden daha büyük tanklı dökme gaz sistemlerinde tankın aşırı ısınması tehlikeli durumlara yol açabileceğinden, istenmemektedir. Bu durumu engellemek için toprak üstü tanklarda bir duşlama (sprink) sisteminin bulunması zorunludur. Duşlama için yangın şebeke hattından 1 ½" çapında boru hattı çekilir. Bu hat tankın ana eksenine paralel olarak tank üzerine boydan boya yerleştirilir. Duşlama hattı üzerine belirli aralıklarla suyun tank üzerine püskürmesini sağlayacak nozullar yerleştirilir. Böylelikle istendiğinde duşlama vanası açılarak tankın soğutulması sağlanır. Tankın dış yüzeyinin her m²'si için en az 3 lt/dk suyu tank yüzeyine yöneltecek kapasitede sprink veya lüle nozul gibi su püskürtme elemanları bulunmalıdır. Sprink hatlarının kesici vanası tank sahasının dışına yerleştirilmelidir (NFPA 58, 1998).

Çizelge 4.3 Tank spring suyu ihtiyacı (NFPA 58, 1998)

Tank Hacmi (m ³)	Çap (m)	Boy (m)	Tank Yüzey Alanı (m ²)	Spring Suyu İhtiyacı (t/h)	Yangın Suyu İhtiyacı (ton)	Toplam Su İhtiyacı (ton)	Spring Nozulu Sayısı
35	2,44	8,05	61,4	11	11	22	11
50	2,44	11,33	86,4	16	16	31	16
50	3	7,84	73,2	13	13	26	13
70	3	10,6	92,8	17	17	33	17
115	3	17,6	155,9	28	28	56	28
180	3	23,73	213,9	39	39	77	39

Küçük tanklı sistemlerde iki adet, büyük tanklı sistemlerde ise en az dört adet 6 kg'lık karbondioksitli veya kuru tozlu yangın söndürme tüpü bulundurulmalıdır.



Şekil 4.10 Tank sahası yangın sistemi yerleşimi (Aygaz, 1999)

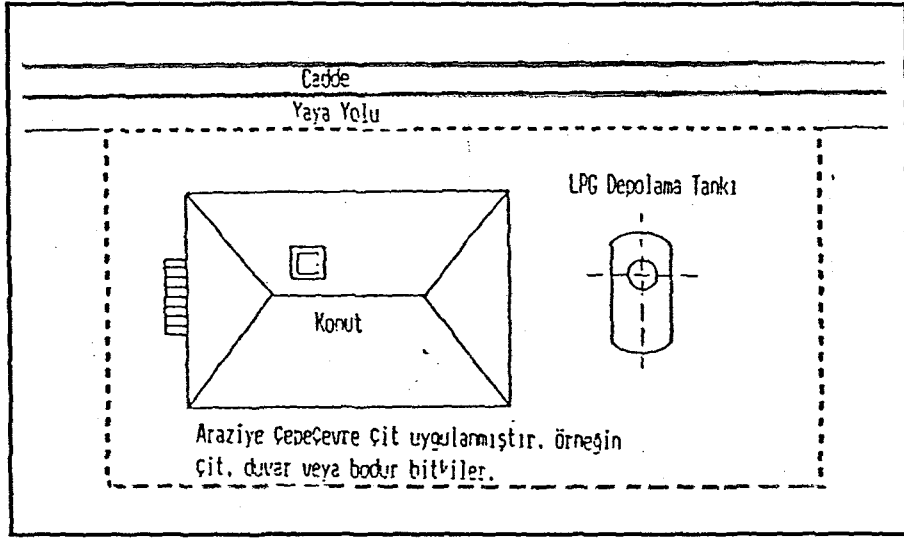
4.3 Tel Çit Uygulaması

TS 1446'da tel çit uygulaması ile ilgili açıklayıcı detaylar yoktur. Emniyet mesafeleri belirlenmiş ama bu mesafelerin nasıl korunması gerektiği ile ilgili herhangi bir açıklama yoktur. Emniyet mesafelerinin tankı korumak olduğu düşünüldüğünde, bu mesafenin çeşitli yollarla korunabileceği yabancı kaynaklı literatürde açıklanmıştır. Şu an ülkemizde tel çit ile ilgili çeşitli uygulamalar bulunmaktadır.

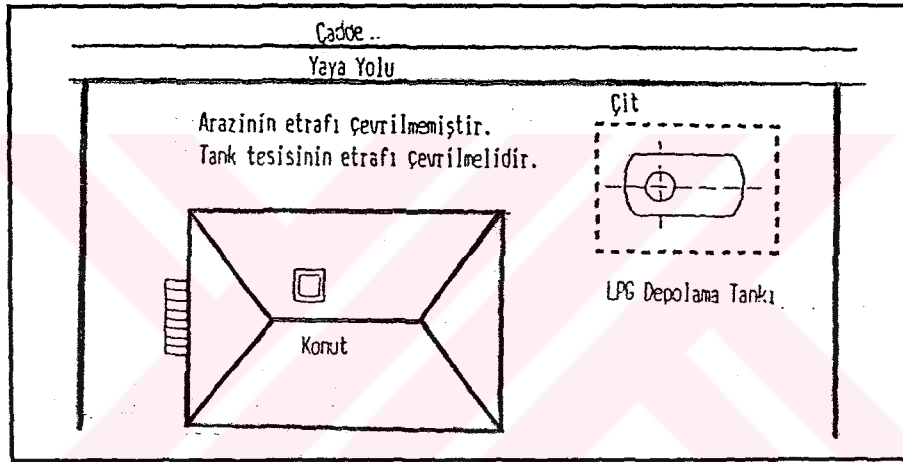
Örneğin, 10 m³'den büyük yerüstü ve yer altı tanklarda, temel betonundan itibaren dörder metre uzaklıkta tel örgü çekilmektedir. Dolum hatlarının bulunduğu tarafta tel örgü, dolum hatları boyunca devam eder. tel çit emniyet mesafesinden uygulanırken, daha küçük tanklarda tank cidarının 1 metre dışından tel çit yapılmakta, yer altı tanklarda ise tel çit uygulaması yapılmamaktadır.

Özel konutlarda, tüm arazinin tel çit yada bitkiler ile çevrilmesi halinde tank etrafına tel çit çekilmesine gerek kalmamaktadır. Yetkisiz kişilerin girmemesi amacıyla arazinin etrafı tel çit ile çevrilmemiş ise tank tel çit içine alınmalıdır (Blau P., vd, 1996):

Şekil 4.11;4.12



Şekil 4.11 Tel çit uygulaması (Blau P., vd, 1996)



Şekil 4.12 Tel çit uygulaması (Blau P., vd, 1996)

Emniyet mesafesi yerine sadece tankın etrafı tel çit ile çevrilmişse, ilave bir trafik bariyeri gerekli olabilir (Blau P., Bohnen M., 1996).

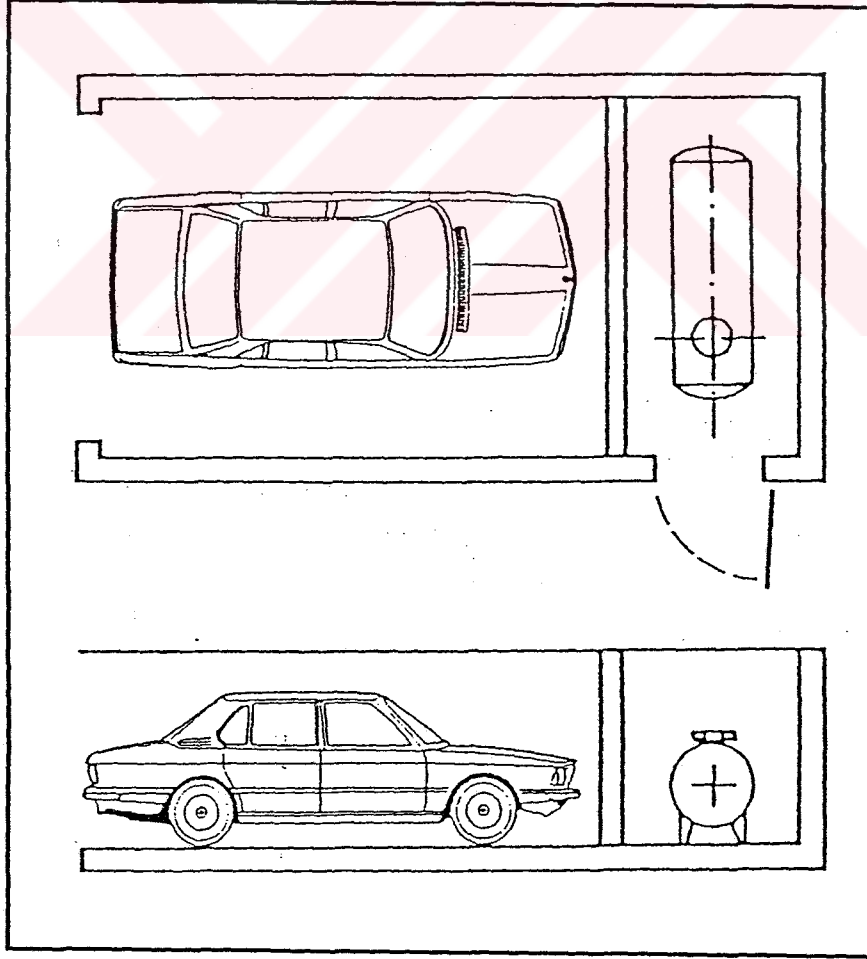
TS 1446'da tank sahasının ot ve diğer yanıcı maddelerden temizlenmesi gerektiği belirtilmiş, ancak tank sahası kaplama malzemesi olarak herhangi bir öneri getirilmemiştir. Tankın emniyet sahası içerisinde yanıcı madde bulundurulmamalı, tel örgü içinde kalan alan, kuru ot ve benzeri kolay tutuşabilen maddelerden arındırılarak mıcırla kaplanmalıdır. Mıcır zeminin yüzeyini arttırdığı için, kaçması muhtemel gazın tank sahasında tutunması sağlanır. Tank betonu pürüzsüz olmalı herhangi bir gaz kaçağı durumunda gaz tank altından akıp gitmelidir. Kaçan gaz, mıcırlara tutunarak sahasında kalır (NFPA 58, 1998).

BAŞKANLIK MÜHÜRÜ
MÜHÜR NO: 15/11/2017
MÜHÜR NO: 15/11/2017

4.4 Tankların İç Ortamlarda Bulunması

TSE standartlarında dünyadaki diğer uygulamaların tersine tankların kapalı hacimlerde tesis edilmesi yasaktır. Yapılan incelemelerde görülmüştür ki LPG tanklarının toprak altı ve toprak üstü tesisinin yanında iç hacimlerde de tesis edilmesine izin verilmektedir. Şekilde görünen örnekte yer tasarrufu sağlamak amacıyla toprak üstü tank binanın içerisine yerleştirilmiştir. Bu hacimler sadece dışarıdan girilebilir özellikte olmalı ve diğer hacimlerden yanmaz ve irtibatsız olarak ayrılmalıdır. Ayrıca tankın olduğu yerin altında ve üstünde insanların yaşayacağı hacimler bulunmamalıdır.

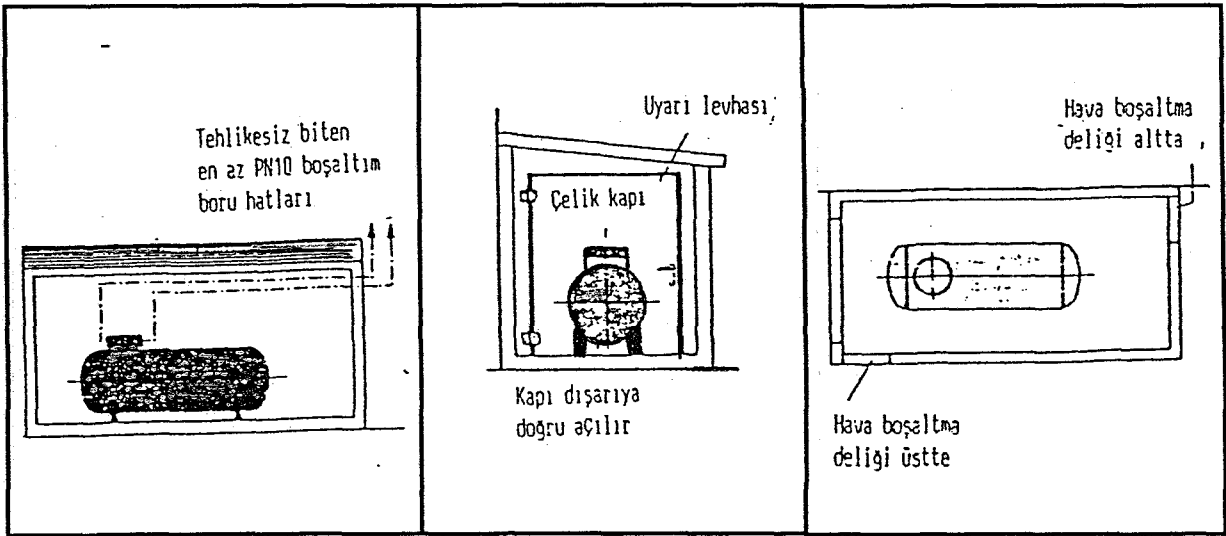
Emniyet ventillerinin çıkışı düz bir hatla yukarıya ve atmosfere doğru olmalı kesinlikle yapılan boru hattına dönüş verilerek yan duvarlardan çıkartılmamalıdır. LPG tankının bulunduğu odanın dışında emniyet mesafesinin sağlanmasına gerek yoktur. Oda herhangi bir tamirat durumunda teknisyenin rahat çalışabilmesi için tankın dış cidarından 0,5 m büyük yapılması yeterlidir (Blau P., Bohnen M., 1996).



Şekil 4.13 Tankların iç ortamda bulunması (Blau P., Bohnen M., 1996)

4.4.1 Tank montaj yerleri için uygulama kuralları

- Montaj yerlerinde sadece LPG tankı bulunmalı başka bir malzemenin depolanmasına izin verilmemelidir.
- Hacmin duvarları yanmaz betondan olmalı komşu hacimlerde yanmaya karşı önlem alınmalıdır.
- LPG tankının bulunduğu hacmin kot farkı olmamalı zeminle aynı kotta olmalıdır.
- Kapılar yanmaz olmalıdır. Ayrıca, patlama sırasında basıncı atması ve kabin içerisinde bulunması muhtemel insanların kaçması amacıyla dışa açılmalıdır.
- Koşu hacimlerle arasında kesinlikle hava sirkülasyonu olmamalı, hiçbir açıklık bulunmamalıdır.
- Taban alanının en az 1/100'ü oranında dış ortamla havalandırma olmalıdır.
- Kabinin kapısı kilitli bir şekilde kapalı tutulmalıdır
- Kabin dışında uyarı işaretleri bulunmalıdır.,
- Kabin içerisindeki tüm elektrik tesisatı ex-proof olmalıdır.
- Emniyet valflerinin ve basınç regülatörlerinin boşaltma boru hatları ayrı olmalı ve gazın atmosfere tehlikesiz boşalmasını sağlayacak bir şekilde döşenmelidir (Blau P., vd, 1996).



Şekil 4.14 Tank odası yerleştirme şekli (Blau P., Bohnen M., 1996)

Çizelge 4.4 Tank odası kabin ölçüleri (Blau P., Bohnen M., 1996)

Tank Tipi (Ton)	Boy	Genişlik	Yükseklik
1,2	4	2,5	2,2
2,1	5,6	2,5	2,2
4	8	3	2,5
5,6	10	3	2,5

Tank cidarı ile bina duvarları arasında 0,5 m'lik asgari mesafe bırakılmalıdır.



5 TANKLARIN KORUNMASI

5.1 Toprak Üstü Tankların Korunması

Tüm toprak üstü tanklar, statik elektrik yükünün verebileceği hasarlardan korunabilmeleri amacıyla topraklanırlar. Tanka yıldırım düşmesi halinde, topraklamanın yıldırımın etkisini %80 oranında azalttığı bilinmektedir. Bu konuyla ilgili TS 1446 incelendiğinde bu çok önemli konu hakkında hiçbir açıklama bulunamamıştır.

Tank ve tesisat topraklamasında, toprağın yapısına göre uygulanan iki ayrı yöntem vardır. Birinci yöntemde, küçük tanklar için genellikle 20 mm çapında ve 1 m uzunluğunda olan elektrolitik bakır çubuk, büyük tanklar için ise galvaniz boru kullanılır. Kullanılan çubuk ya da boru sayısı tankların büyüklüğüne bağlı olarak belirlenir; toprağa çakılan topraklama malzemesi, 35 mm² kesitli bakır kablo ile tankın ayağına sabitlenir. Toprağın kumlu ya da killi olması durumunda ise levha tipi topraklama malzemesi kullanılmalıdır (Ed Emut, 1999).

Yer üstü tankları ve buharlaştırıcılar topraklanmalıdır. Topraklamanın iki amacı vardır;

- a) Statik elektrik yüklerinin toprağa deşarj olmasını sağlaması
- b) Sistemde bulunan elektrikli cihazlardan olacak olası bir elektrik kaçağının toprağa deşarjının sağlanması

Tanka yapılan topraklamanın aktif olabilmesi için, flanş çiftlerinde iki flanş yüzeyi arasında elektriksel iletkenliği sağlayacak malzemeler kullanılmalıdır. Ayrıca dolum yapılan tankerin de topraklaması sağlanmalıdır.

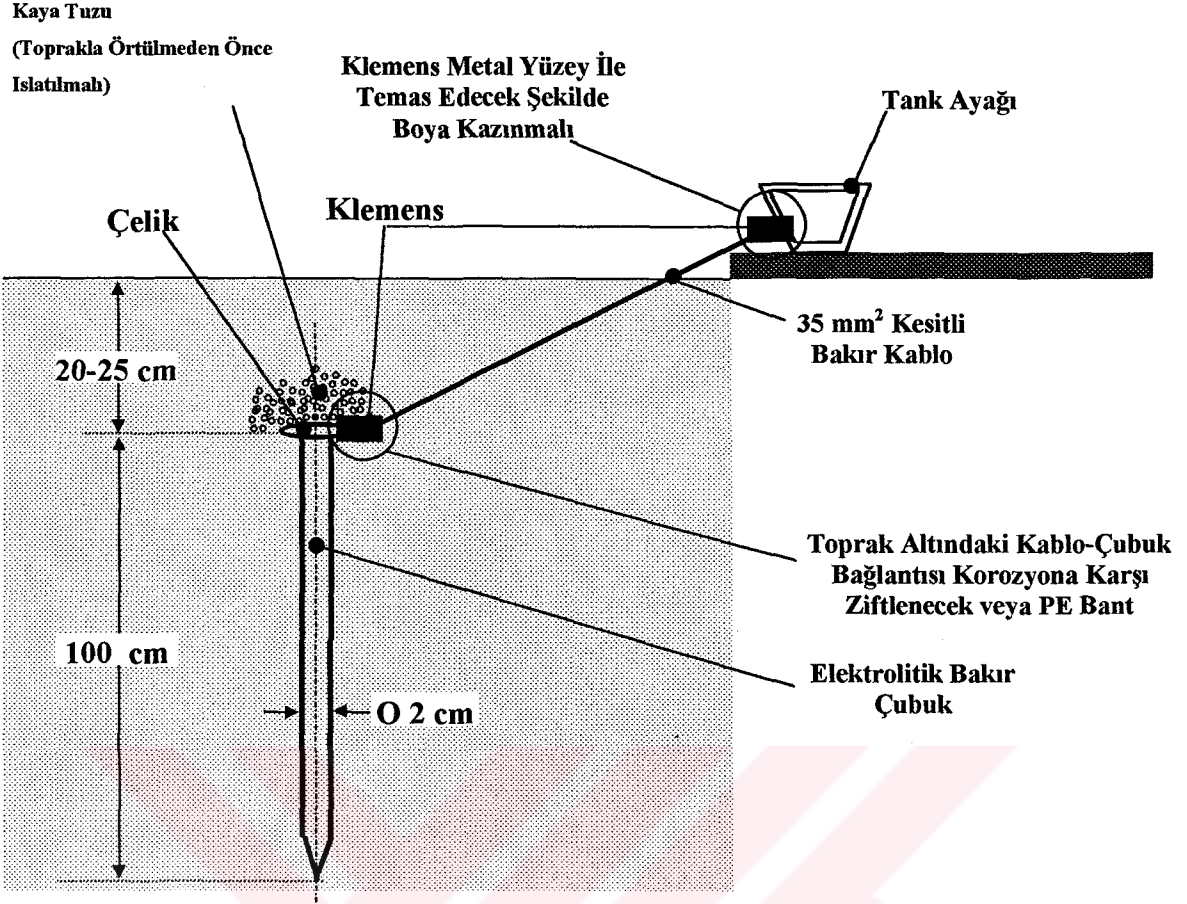
Tank topraklaması "bakır çubuk uygulaması" ve "bakır levha uygulaması" olmak üzere iki tipte yapılabilmektedir

5.1.1 Bakır çubuk uygulaması

Bakır levha uygulamasına göre daha kolay uygulanabildiğinden daha çok tercih edilen bir uygulamadır. Bu uygulama, 16 mm çaplı ve 1.5 m uzunluğunda veya 20 mm çaplı ve 1 m uzunluğunda elektrolit bakır çubuk veya çubukların tank veya tanklar ile teması sağlanarak gerçekleştirilir. Ancak, bu tip topraklama, uygulandığı zeminin tamamıyla toprak olması

durumunda uygulanabilmektedir. Toprağın alt tabakalarında kum, kil gibi maddelerin olması durumunda levha tipi topraklama uygulanmalıdır. Bu uygulamanın temel kuralları aşağıda belirtilmiş ve bu kurallar Şekil 3.5’de gösterilmiştir (Rego,1998).

1. Toprak 20-25 cm kazılarak çubuğun çakılmasına imkan verecek büyüklükte bir çukur oluşturulur.
2. Çubuğun sivri ucu toprağa gelecek şekilde, arka tarafındaki çelik başlığından vurularak tamamıyla toprak içine gömülmesi sağlanır.
3. Çubuğun üst kısmına bir klemens yardımıyla 35 mm² kesitli bakır kablo bağlanır.
4. Kablonun diğer ucu tank ayağına bir klemens kullanılarak bağlanır. Bu bağlantı sırasında tank boyasının tamamen kazınmasına dikkat edilmelidir.
5. Toprak altında kalan kablo ve kablo-çubuk bağlantı noktası korozyona karşı zift veya PE (Polyetilen) bant ile kaplanarak toprak ile teması tamamen engellenmelidir.
6. Çubuğun üst kısmına çubuk başlığını tamamen kapatacak şekilde kayatuzu serpiliş üzerine su dökülecektir.
7. Uygulama tamamlandıktan sonra tank ile bakır çubuk arasındaki potansiyel fark 0.4 Volt’tan küçük olarak ölçülmelidir. Bu değer, belirtilen sınırdan büyük olarak ölçülmesi durumunda bağlantı noktalarına dikkat edilerek montaj kontrol edilmelidir.
8. Bakır çubuğun gömülmesi için açılan çukur kapatılarak, çubuk başının toprak seviyesinin 20-25 cm aşağısında kalması sağlanmalıdır.



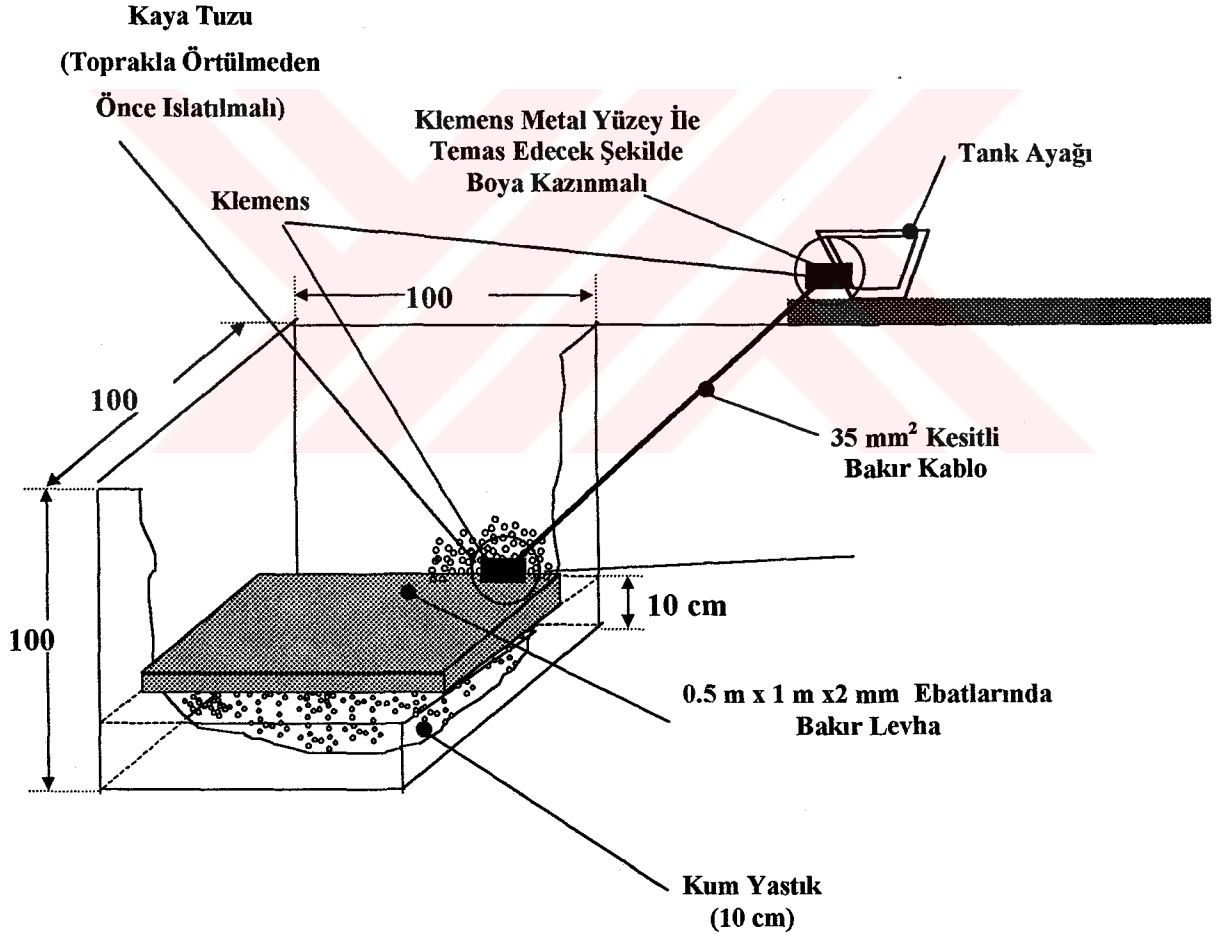
Şekil 5.1 Bakır çubuk topraklama yöntemi temel kuralları (Aygaz A.Ş)

5.1.2 Bakır levha uygulaması

Bu uygulamada 0.5 m x 1 m x 2 mm veya 0.7 m x 0.7 m x 2 mm ebatlarındaki bakır levha veya levhaların tank veya tanklar ile teması sağlanarak topraklama gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamanın temel kuralları aşağıda belirtilmiş ve bu kurallar Şekil 3.6'da gösterilmiştir (Rego,1998).

1. Toprak 1 m x 1 m x 1 m ölçülerinde kazılarak bir havuz oluşturulur.
2. Bu havuzun alt zeminine 10 cm kalınlığında kum yastık yapılır.
3. Levhanın bir köşesine klemens yardımıyla 35 mm² kesitli bakır kablo bağlanır.

4. Kablonun diğer ucu tank ayağına bir klemens kullanılarak bağlanır. Bu bağlantı sırasında tank boyasının tamamen kazınmasına dikkat edilmelidir.
5. Toprak altında kalan kablo ve kablo-levha bağlantı noktası korozyona karşı zift veya PE (Polyetilen) bant ile kaplanarak toprak ile teması tamamen engellenmelidir. Levha-kablo bağlantısı tamamen kapatacak şekilde kaya tuzu serpilip üzerine su dökülecektir.
6. Uygulama tamamlandıktan sonra tank ile bakır çubuk arasındaki potansiyel fark 0.4 Volt'tan küçük olarak ölçülmelidir. Bu değer, belirtilen sınırdan büyük olarak ölçülmesi durumunda bağlantı noktalarına dikkat edilerek montaj kontrol edilmelidir.
7. Bakır levhanın üstü toprak ile örtülür.



Şekil 5.2 Bakır levha topraklama yöntemi temel kuralları (Aygaz A.Ş)

5.1.3 Tank gruplarında uygulanacak yöntem

Birden fazla tanktan oluşan tank grupları için Çizelge 5.1'de belirtilen kurallar uygulanır.

Çizelge 5.1 Tank grupları için topraklama kuralları (Aygaz A.Ş)

TANK VE TANK GURUPLARI AÇIKLAMASI					
	<i>1 x 500 lt</i>	<i>2 x 500 lt</i>			
	<i>1 x 1.000 lt</i>	<i>3 x 500 lt</i>	<i>1 x 5.000 lt</i>	<i>2 x 3.000 lt</i>	<i>2 x 10.000 lt</i>
	<i>1 x 1.750 lt</i>	<i>4 x 500 lt</i>	<i>1 x 10.000 lt</i>	<i>2 x 5.000 lt</i>	
	<i>1 x 3.000 lt</i>	<i>2 x 1.750 lt</i>			
Bakır Çubuk Uygulaması	1 Adet	1 Adet	2 Adet	2 Adet	3 Adet
Bakır Levha Uygulaması	1 Adet	1 Adet	1 Adet	1 Adet	2 Adet
Uygulama Açıklaması		Tanklar Arasında 35 mm ² kesitli bakır kablo ile köprüleme yapılacak ve çubuk veya levha herhangi bir tanka bağlanacaktır.	Tanklar Arasında 35 mm ² kesitli bakır kablo ile köprüleme yapılacak ve çubuklar her bir tanka birer adet bağlanacaktır.	Tanklar Arasında 35 mm ² kesitli bakır kablo ile köprüleme yapılacak ve çubuklardan biri birinci tanka diğeri ikinci tanka bağlanacaktır.	Tanklar Arasında 35 mm ² kesitli bakır kablo ile köprüleme yapılacak ve çubuklardan ikisi bir tanka biri diğeri tanka, levhalar ise her bir tanka birer adet bağlanacaktır.
	<i>1 x 35 m³</i>	<i>1 x 50 m³</i>	<i>1 x 70 m³</i>	<i>1 x 115 m³</i>	<i>1 x 180 m³</i>
Bakır Çubuk Uygulaması	3 Adet	3 Adet	4 Adet	5 Adet	6 Adet
Bakır Levha Uygulaması	2 Adet	2 Adet	3 Adet	4 Adet	4 Adet
Uygulama Açıklaması	Çubuk veya levhalar Arasında 35 mm ² kesitli bakır kablo ile köprüleme yapılacak ve bu bağlantı gurubu tanka 35 mm ² kesitli bakır kablo ile bağlanacaktır.	Çubuk veya levhalar Arasında 35 mm ² kesitli bakır kablo ile köprüleme yapılacak ve bu bağlantı gurubu tanka 35 mm ² kesitli bakır kablo ile bağlanacaktır.	Çubuk veya levhalar Arasında 35 mm ² kesitli bakır kablo ile köprüleme yapılacak ve bu bağlantı gurubu tanka 35 mm ² kesitli bakır kablo ile bağlanacaktır.	Çubuk veya levhalar Arasında 35 mm ² kesitli bakır kablo ile köprüleme yapılacak ve bu bağlantı gurubu tanka 35 mm ² kesitli bakır kablo ile bağlanacaktır.	Çubuk veya levhalar Arasında 35 mm ² kesitli bakır kablo ile köprüleme yapılacak ve bu bağlantı gurubu tanka 35 mm ² kesitli bakır kablo ile bağlanacaktır.

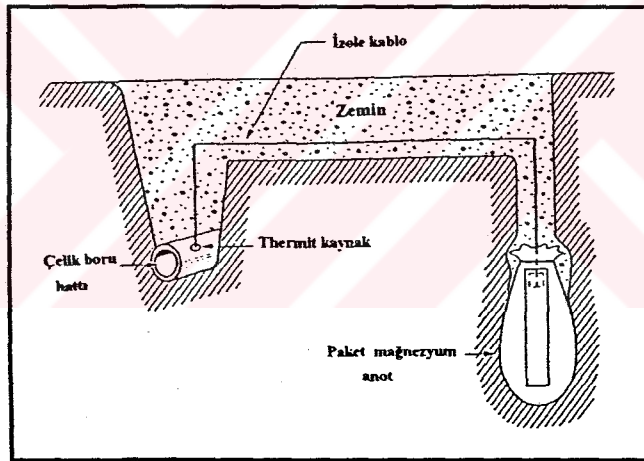
5.2 Toprakaltı Tankların İzolasyonu Ve Korozyona Karşı Korunması

TS 1446'da tank ve tank tesisatı korozyona karşı korunmalıdır. ibaresi geçmektedir. Tankların toprakaltı uygulamasında tank, epoxy bazlı korozyona karşı dayanıklı bir boya ile boyanarak izole edilir. En mükemmel izolasyonlarda bile daima elektrik akımını geçirebilen mikro

gözenekler bulunmaktadır. Eğer katodik koruma uygulanmaz ise bu mikro gözenekler ve izolasyon bozuklukları korozyon açısından büyük tehlike yaratır. Bu küçük anodik bölgeler, çok geniş bir katot bölgesinin akım yükünü çekecektir. Bu yüzden, izole edilmiş tanklara ayrıca katodik koruma uygulanması emniyet açısından zorunludur. Katodik koruma uygulamasında kullanılan magnezyum anotlar sayesinde bu elektrostatik yükün tankı çürütmesi engellenmiş olur ve tankların ömrü uzar. Tankın yüzey alanına bağlı olarak hesaplanan büyüklükte ve sayıda magnezyum anot, aktifleşmelerini sağlamak üzere su ile ıslatılarak, tank havuzuna şekildeki gibi yerleştirilir. Anotlardan gelen NYY kablolar ve tank mapası ile birleştirilen aynı kesitli kablo da tank servis kutusu içindeki klemense bağlanır ve periyodik testler sırasında bu klemenden ölçüm yapılır (BS 7361, 1991).

5.2.1 Galvanik anotlu katodik koruma

Galvanik anotlu katodik koruma sistemlerinde korunması istenilen metal yapıya kendisinden daha negatif potansiyelde bir metal (anot) bağlanarak bir galvanik pil oluşturulur. Böylece metal yapı katot haline getirilir (Yakın H. ve Koç T., 1999).



Şekil 5.3 Bir boru hattının galvanik anot ile korunması (Yakın H. ve Koç T., 1999)

Galvanik anotlar kendiliklerinden çözünerek aynen bir pil gibi akım üretirler. Anodun çözünmesi sonucu açığa çıkan elektronlar, dış bağlantıdan katoda taşınarak katodik reaksiyon için gerekli olan elektronları sağlar. Galvanik anotların akım kapasiteleri ve akım verileri bellidir. Katodik koruma devresine belli süre yetecek miktarda ve sayıda galvanik anot bağlanarak korunacak metalin yüzey alanı istenilen süre katot halinde tutulabilir (Yakın H. ve Koç T., 1999).

5.2.2 Galvanik anotlar

Zemin içindeki boru hatlarının katodik korumasında galvanik anot olarak magnezyum ve çinko metal ve alaşımları kullanılır. Deniz suyu içinde ise daha çok alüminyum anotlar tercih edilir. Galvanik anotların performansı aşağıdaki kriterler ile belirlenir.

5.2.2.1 Anot potansiyeli

Galvanik anodun potansiyeli, korunması istenilen metali katodik olarak polarize edecek kadar negatif olmalıdır. Anot ve katot arasındaki potansiyel farkı katodik koruma akımının geçmesini sağlayan yürütücü kuvvettir. Bu potansiyel farkının katodik koruma devresi direncini yenecek büyüklükte olması gerekir. Düşük potansiyelli anotların yüksek rezistiviteli zeminler içinde kullanılması mümkün olmaz. Demir ve çeliği katodik olarak koruyabilmek için katot potansiyelini doygun bakır / bakır sülfat referans elektroduna göre -850 mV'dan daha negatif bir değere düşürülmesi gerekir. Ayrıca katodik koruma devresinde anot yatağının, kabloların ve zeminin direncinin oluşturduğu IR potansiyel düşüşünün karşılanması ve devreden katodik korumaya yetecek bir akımın geçmesi sağlanmalıdır. Bu nedenle anot potansiyelinin büyüklüğü pratikte büyük önem taşır (Yakın H. ve Koç T., 1999).

5.2.2.2 Anot polarizasyonu

Galvanik anotların üniform biçimde çözünerek düzgün bir akım çıkışı sağlaması istenir. Deniz suyu içinde bu mümkün olmakla beraber, zeminler içinde anodun kısa südre polarize olduğu görülür. Anotların çözünmesi sonucu ortaya çıkan metal iyonları, anodun yüzeyinde ve çevresinde hidroksit halinde çökelerek anot direncinin artmasına ve potansiyelini pozitif yöne doğru yamasına neden olur. Polarizasyon sonucu anot akım çıkışı zamanla azalır. Diğer taraftan anot harcandıkça aktif yüzeye alanı da gittikçe küçülür. Anot polarizasyonunu önlemek ve anodun üniform şeklinde akım üretmesini sağlamak için galvanik anotlar uygun bir anot yatağı malzemesi ine konulur (Yakın H. ve Koç T., 1999).

5.2.2.3 Anot akım kapasitesi ve verimi

1 kg. anot metalinin üretebildiği a. Saat olarak akım miktarına anot akım kapasitesi denir. Pratikte kapasite yerine daha çok bunun tersi, 1 a. Yıl akım üretebilen anot kütleleri (kg./A.yıl) değeri kullanılır (TS 9234, 1991).

$$\text{Anot akım kapasitesi} = \frac{\text{Anot akım çıkışı (A.saat)}}{\text{Anot kütlesi (kg.)}} \quad \text{A. Saat/kg}$$

Teorik akım kapasitesi, Faraday yasasına dayanılarak hesap edilir. Gerçek akım kapasitesi bundan daha küçüktür. Gerçek akım kapasitesinin, teorik akım kapasitesine oranı “Anot akım verimi” olarak bilinir.

$$\text{Anot akım verimi} = \frac{\text{Gerçek akım kapasitesi}}{\text{Teorik akım kapasitesi}} \times 100$$

Akım verimi anot cinsine ve onatan çekilen akım yoğunluğuna bağlıdır. Bu verim magnezyum anotlarda % 50-60, çinko ve alüminyum anotlarda % 90 civarındadır.

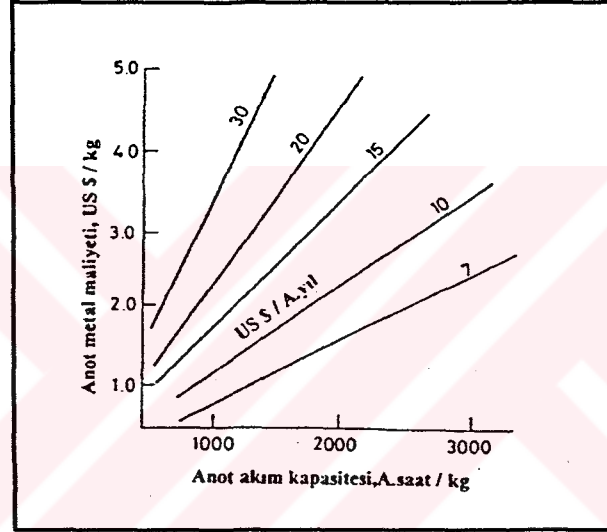
5.2.2.4 Anot ömrü

Anot akım kapasitesi kullanılarak belli kütlede bir anodun akım üretebilme süresi, yani ömrü hesaplanabilir. Bu hesaplamada gerçek akım kapasitesi kullanılmalı veya söz konusu anodun akım verim ile çarpılmalıdır. Ancak pratikte anot kütlelerinin tamamını kullanabilmek mümkün olamaz. Bir galvanik anodun ancak belli bir yüzdesi akım üretmekte kullanılabilir. Kalan kısımdan istenilen şiddette akım çekilemez. Silindir biçimli galvanik anotların genellikle % 85’i kullanıldıktan sonra yenilenmesi gerekir. Anotların akım üretebilen yüzdesine “kullanma faktörü” denir. Anot ömrünün hesaplanmasında kullanma faktörünün de hesaba katılmasına gerekir. Galvanik anotların ömrü aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır (TS 9234, 1991).

$$\text{Anot ömrü (yıl)} = \frac{\text{Anot kütlesi, kg} \times \text{Kullanma faktörü} \times \text{Anot verimi}}{\text{Akım şiddeti, A} \times \text{Akım kapasitesi, kg/A. yıl}}$$

5.2.2.5 Anot maliyeti

Anotların ekonomik değeri anot malzemesi birim kütlesinin fiyatı ile akım kapasitesi birlikte incelenerek belirlenir. Yani anotlardan üretilen 1 A. Yıl akımın fiyatı esas alınarak anot maliyetleri birbiri ile karşılaştırılır. Bu amaçla anodun gerçek akım kapasitesi A.saat /kg olarak apsisite, anot malzemesi birim fiyatı da US\$/kg olarak ordinatta olmak üzere 1 A. Yıl akımın maliyetini veren grafikler hazırlanmıştır. Şekil 4.4 Örneğin anot metali olarak kullanılan saf magnezyumun bu günkü (1998) piyasa fiyatı 4.1 US\$/kg'dır. Magnezyum anotların gerçek akım kapasitesi de 1100 A. Saat/kg'dır. Buna göre, magnezyum anotlardan üretilen (1A.yıl) akımın fiyatı grafikten 30 US\$ olarak okunur.



Şekil 5.4 Çeşitli galvanik anotlardan elde edilen 1 A.yıl akımın maliyeti.

(Yakın H. ve Koç T., 1999)

Metal fiyatları bütün dünyada yılda yıla artmaktadır. Bunun sonucu olarak anot maliyetlerinde de zamanla artış olmakta ve anotlardan çekinle (1 A. Yıl) akımın değeri de anot metalinin piyasa fiyatına bağlı olarak zamanla değişmektedir (Yakın H. ve Koç T., 1999)

5.2.3 Magnezyum Anotlar

Magnezyum standart elektrot potansiyeli serisinde üst sıralarda bulunur. Yani son derece aktif bir metaldir. Buna rağmen atmosferde ve su içinde dayanıklıdır. Bunun nedeni, magnezyum yüzeyinde çok ince bir oksit filmin oluşmasıdır. Bu oksit filmi magnezyum anotların elektrot potansiyelinin beklenenden daha düşük olmasına neden olur. Bu durum saf

magnezyumun galvanik anot olarak kullanılmasını engeller. Magnezyumun standart elektrot potansiyelini beklenenden daha düşük olmasına neden olur. B durum saf magnezyumun galvanik anot olarak kullanılmasını engeller. Magnezyumun standart elektrot potansiyeli -2,4 Volt olmasına rağmen, deniz suyu içinde doymuş bakır / bakır sülfat referans elektroduna göre -1,55 Volt potansiyel gösterir. Magnezyum anot içine az miktarda mangan katılmak suretiyle elektrot potansiyel -1,75 Volt'a kadar artırılabilir. Yüksek potansiyel i olan bu magnezyum anotlar yüksek rezistiviteli zeminler ve tatlı sular içinde de kullanılabilirler.

5.2.3.1 Magnezyum Anotların Elektro kimyasal Özellikleri

Magnezyum anotların akım verimi çok düşüktür. Teorik akım kapasitesi 2200 A.saat/kg olduğu halde gerçek akım kapasitesi bunun yarısı kadar yaklaşık 1100 A.saat/kg'dir. Akım verimi anottan çekilen akım yoğunluğuna bağlıdır. Uygun anot yatağı içinde bile magnezyum anotların akım verimi %50-60 arasında kalır. Magnezyum anotların elektro kimyasal özellikleri Çizelge 5.2'de verilmektedir (Yakın H. ve Koç T., 1999).

Çizelge 5.2 Magnezyum anotların elektro kimyasal özellikleri (BS 7361, 1991)

Anot elektro kimyasal özellikleri	AZ-63 Magnezyum anot
Teorik akım kapasitesi	200 A.saat/kg, 3,94 kg/A.yıl
Anot akım verimi (*)	% 50
Gerçek akım kapasitesi	1100A.saat/kg, 7,88 kg/A.yıl
Elektrot potansiyeli Deniz suyu içinde, doymuş Cu/CuSO ₄ referans elektroduna göre)	1,55 V (YPM(**) için 1,75 V)
Yoğunluk, g/cm ³	1,7
Çeliğe karşı devre potansiyeli	700 mV (YPM için 900 mV)
Akım maliyeti, US/A.yıl	30 (1998 fiyatı)

(*) Anot verimi, anottan çekilen akım yoğunluğuna bağlıdır. Akım yoğunluğu arttıkça akım verimi de artar. Tabloda verilmiş olan akım verimi 0,03 mA/Cm² akım yoğunluğu içindir.

(**) YPM (Yüksek potansiyelli magnezyum anot): İçinde en az %0,5 oranında mangan bulunur.

Magnezyum anotlar, içinde klorür ve sülfat iyonları bulunmayan sulu çözeltiler içinde çözünerek Mg (OH)₂ oluştururlar Çözünürlüğü çok az olan bu magnezyum hidroksit anot yüzeyinde çöker ve anodun pasifleşmesine yol açar. Anot çevresinde klorür veya sülfat iyonları bulunması halinde, bu iyonlarla suda kolay çözünen magnezyum tuzları meydana

gelir. Bu durumda anot yüzeyinde oluşan magnezyum hidroksit filmi yer yer bozulur ve anot oyuklar halinde çözünür.

Magnezyum anotlar metal içinde bulunan safsızlıklara karşı d a çok duyarlıdır. Demir, nikel, bakır ve silisyum gibi metaller magnezyum anodun potansiyeline ve akım kapasitesi üzerine zararlı etki yaparlar. Buna karşılık alüminyum ve çinko gibi metaller magnezyum anodun elektro kimyasal özellikleri üzerinde olumlu yönde etki yaparlar. Anot içine az miktarda mangan katılarak demirin zararlı etkisi önlenebilir. Magnezyum anotların kimyasal bileşimleri Çizelge 5.3'de verilmektedir (Yakın H. ve Koç T., 1999).

Çizelge 5.3 Magnezyum anotların kimyasal bileşimleri (BS 7361)

Element %	AZ-63 Magnezyum anot	Yüksek potansiyelli mağnezyum anot (HP) (**)
Alüminyum	5,3-6,7	0,005 en çok
Çinko	2,5-3,5	0,03 en çok
Mangan	0,25-4,0	0,5-1,5(*)
Demir	0,03 en çok	0,03 en çok
Nikel	0,003 en çok	0,002 en çok
Bakır	0,08 en çok	0,02 en çok
Silisyum	0,3 en çok	0,05 en çok

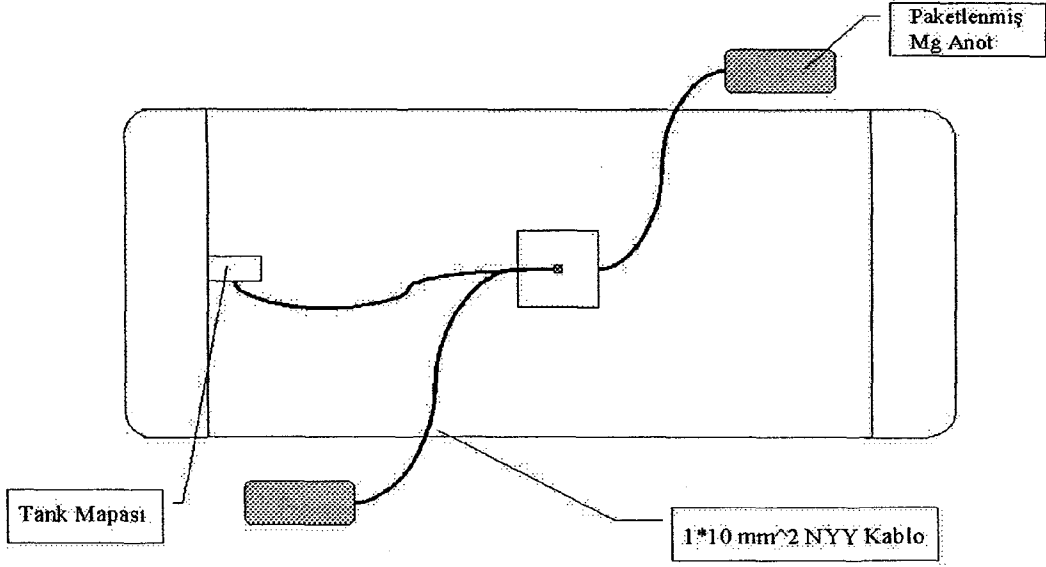
(*) Yüksek potansiyelli magnezyum anot içindeki mangan yüzdesi alüminyum yüzdesine bağlıdır ve en az $[(0,60 \times Al) + 0,5]$ kadar olmalıdır.

(**) GALVOMAG patent adı ile üretilen yüksek potansiyelli magnezyum anotların içinde %1.25 oranında Mn ve % 0.1 oranında Al bulunmaktadır.

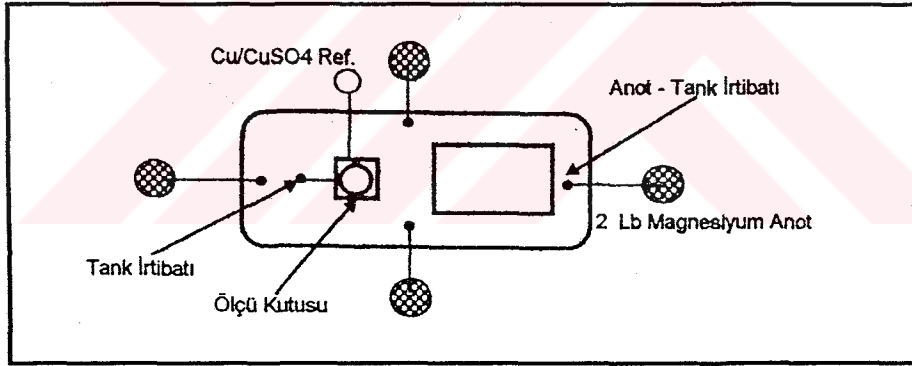
Pratikte saf magnezyum anot yerine, içinde % 6 civarında alüminyum ve % 3 civarında çinko bulunan AZ-63 denilen magnezyum alaşımı kullanılır. Bu anodun çeliğe karşı potansiyeli 700 MV dur. Daha yüksek bir potansiyel fark elde edebilmek için içinde en az % 0.5 oranında mangan içeren özel alaşımlar kullanılır. Böylece elde edilen yüksek potansiyelli (HP) magnezyum anotlar çeliğe karşı 9000 mV potansiyel farkı gösterebilirler (BS 7361, 1991).

Magnezyum anotların akım verimi oldukça düşüktür. Normal koşullarda akım verimleri % 50 civarındadır. Anottan çekilen akım şiddeti arttıkça akım verimi artar AZ-63 anotların akım verileri normal halde yüksek potansiyelli anotlardan daha yüksektir. HP magnezyum

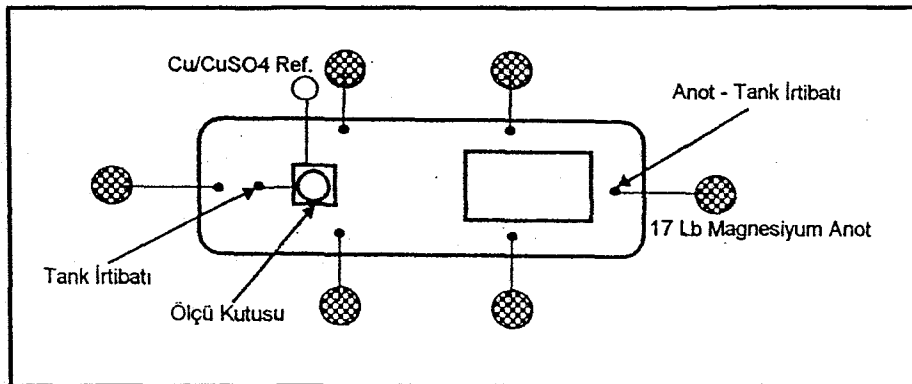
anotlardan çekinle akım yoğunluğunun 0.3 mA/cm^2 den daha az olması halinde, anot verimi % 50'nin de altına düşer. (Yakın H. ve Koç T., 1999).



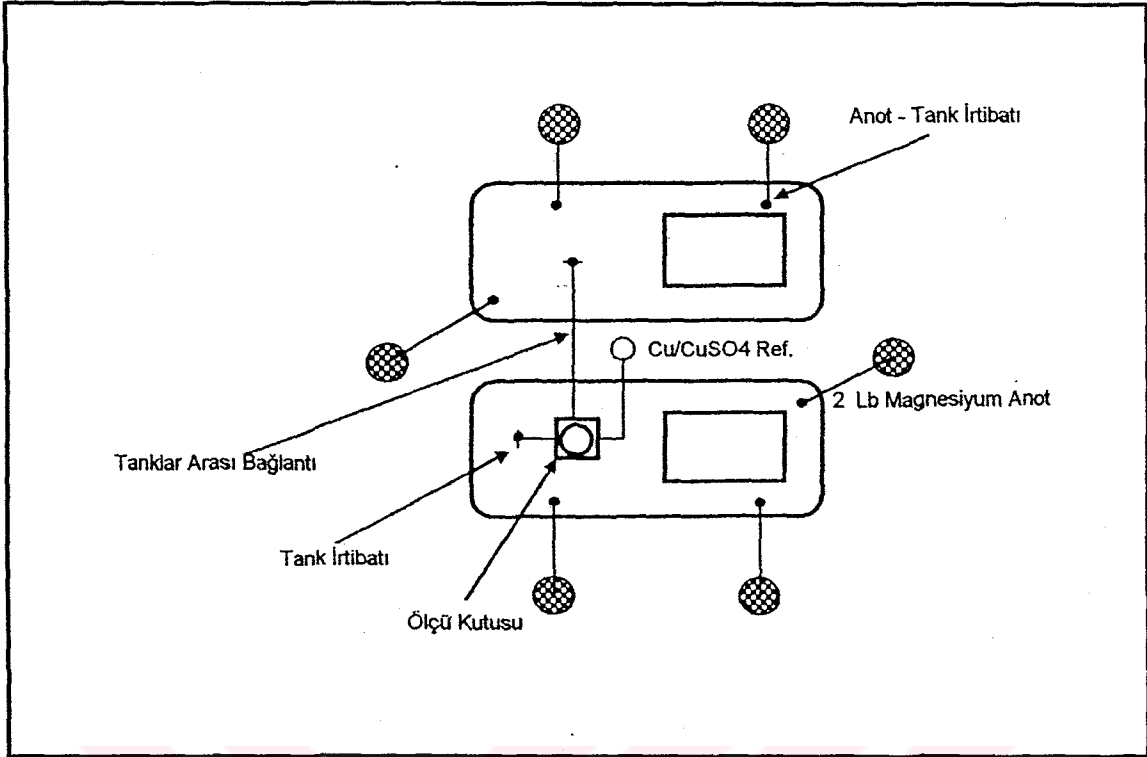
Şekil 5.5 LPG tankına anotların bağlanması (BS 7361, 1991)



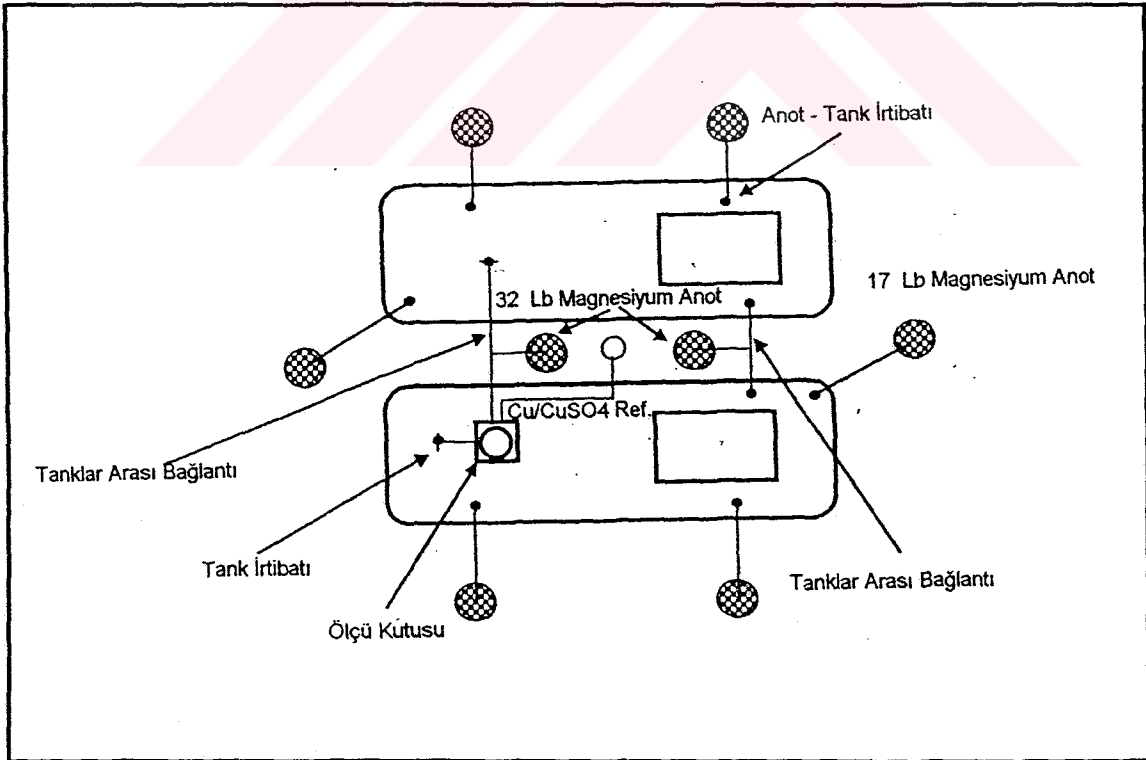
Şekil 5.6 1,75 m³ tankın katodik koruma yerleşim planı (tek tank) (BS 7361, 1991)



Şekil 5.7 115 m³ tankın katodik koruma yerleşim planı (tek tank) (BS 7361, 1991)



Şekil 5.8 1,75 m³ tankın katodik koruma yerleşim planı (çift tank) (BS 7361, 1991)



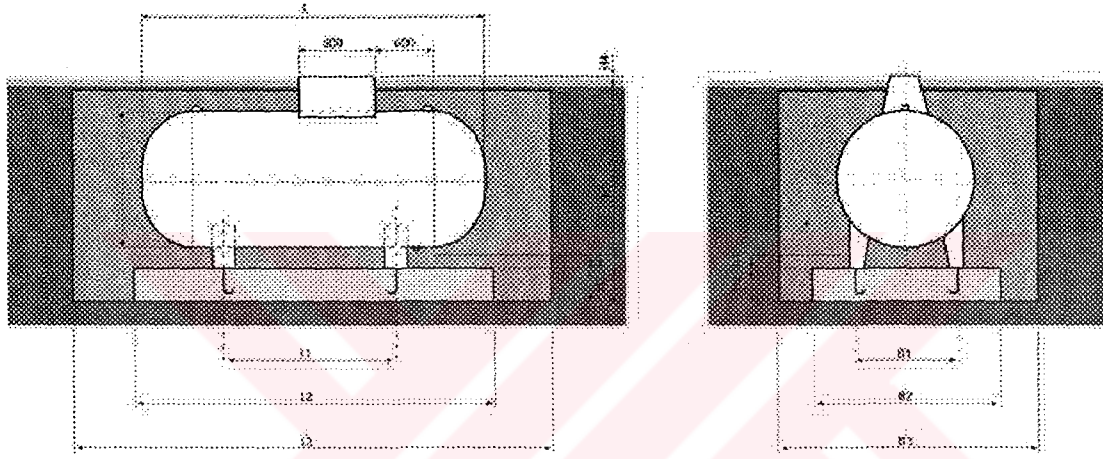
Şekil 5.9 115 m³ tankın katodik koruma yerleşim planı (çift tank) (BS 7361, 1991)

6 LPG SİSTEMLERİNİN KURULMASINDA ve DİZAYNINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KURALLAR

6.1 Temel Betonu

TS 1446'da tankların sert bir zemine yerleştirilerek sabitlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu nedenle tankların ankrajlanması ve temel betonu hakkında araştırma yapılarak aşağıda verilen detaylara ulaşılmıştır.

6.1.1 Buharlaştırıcısız sistem



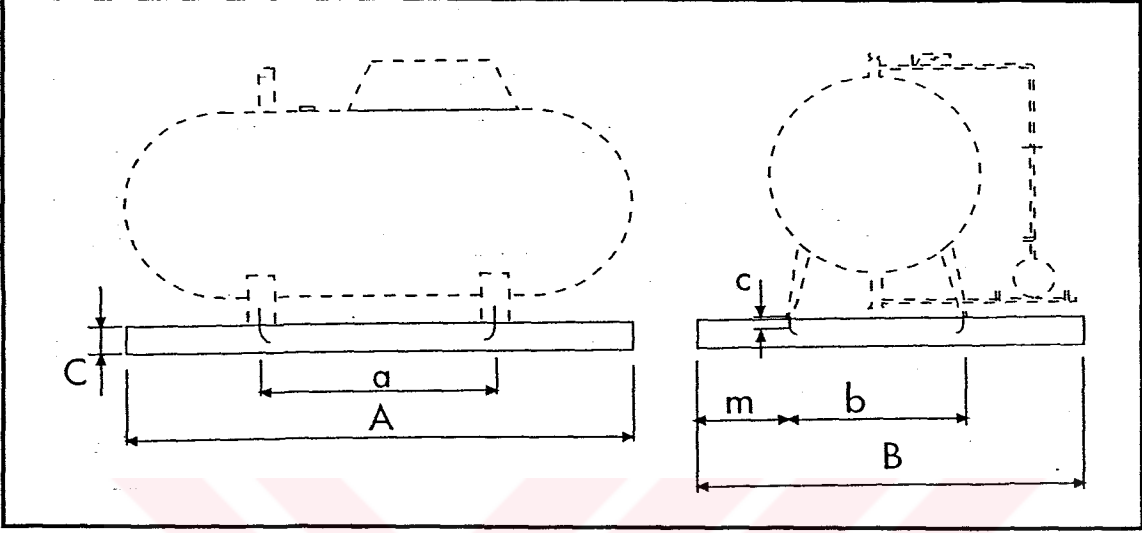
Şekil 6.1 Taşıyıcı temel betonu (1-1,75 m³) (Aygaz, 1997)

Çizelge 6.1 Temel betonu ve ankraj ölçüleri (1-1,75 m³) (Aygaz, 1997)

TANK HACMİ		1000	1750
Tank	L mm	2200	2470
	D mm	800	1000
Tank Çukuru	L3 mm	3200	3500
	B3 mm	1800	2000
	H3 mm	1600	1700
	H4 mm	110	80
Tank Temel Betonu	L2 mm	2200	2500
	B2 mm	1000	1200
	H2 mm	200	200
Ankraj Ölçüleri	L1 mm	1200	1360
	B1 mm	450	630
	H1 mm	40	40

6.1.2 Geri beslemeli buharlaştırıcı sistem

Temel betonu, tank ve buharlaştırıcı için taşıyıcı görevi görür. Tankın betona sabitlenebilmesi için beton içerisine ankraj civataları yerleştirilir. Tank mutlak suretle böyle bir beton üzerine oturtulmalı ve ankrajlanmalıdır.



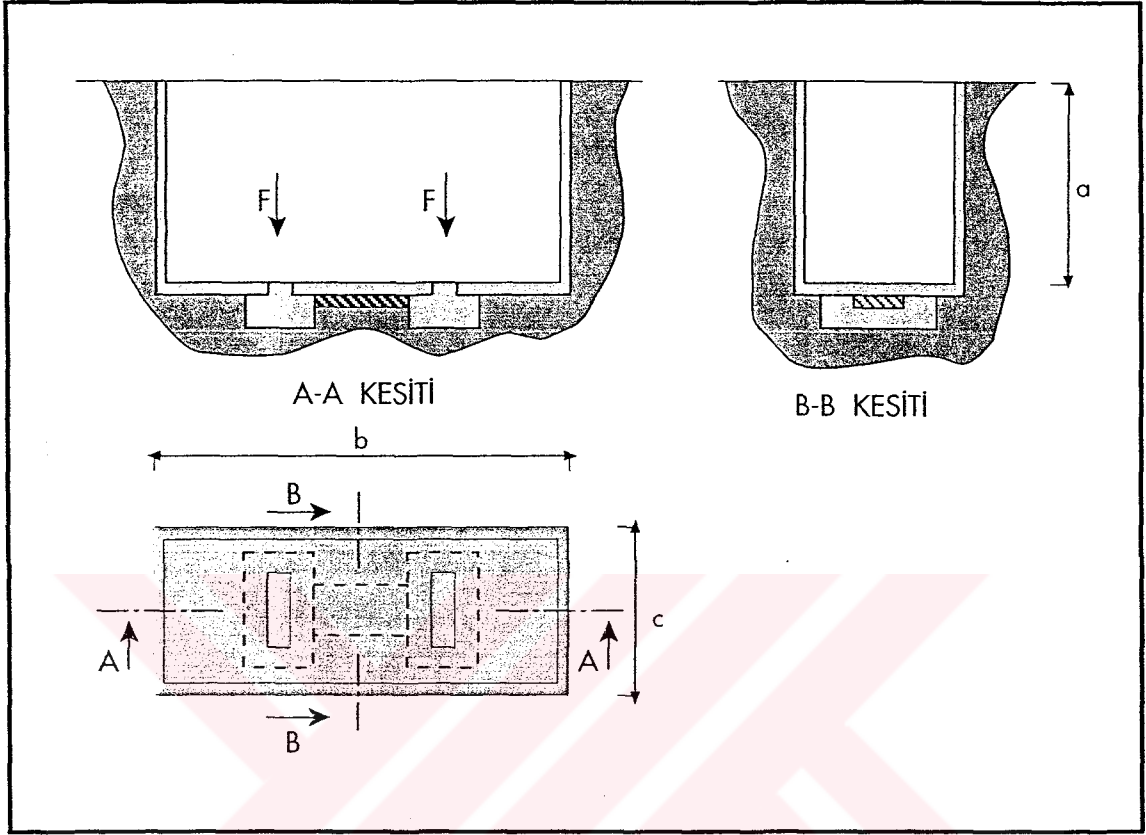
Şekil 6.2 Taşıyıcı temel betonu (3-10m³) (Aygaz, 1997)

Çizelge 6.2 Temel betonu ve ankraj ölçüleri (3-10m³) (Aygaz, 1997)

Tank Hacmi (m ³)	Temel Betonu			Ankraj Ölçüleri				Ankraj Civatası
	A (cm)	B (cm)	C (cm)	a (cm)	b (cm)	c (cm)	m (cm)	
3	290	340	20	140	67.5	4	26	M16
5	480	360	20	320	67.5	4	26	M16
10	510	400	20	330	90	4	35	M20

6.1.3 İleri beslemeli buharlaştırıcı LPG Sistemi

6.1.3.1 Toprak üstü tank uygulaması



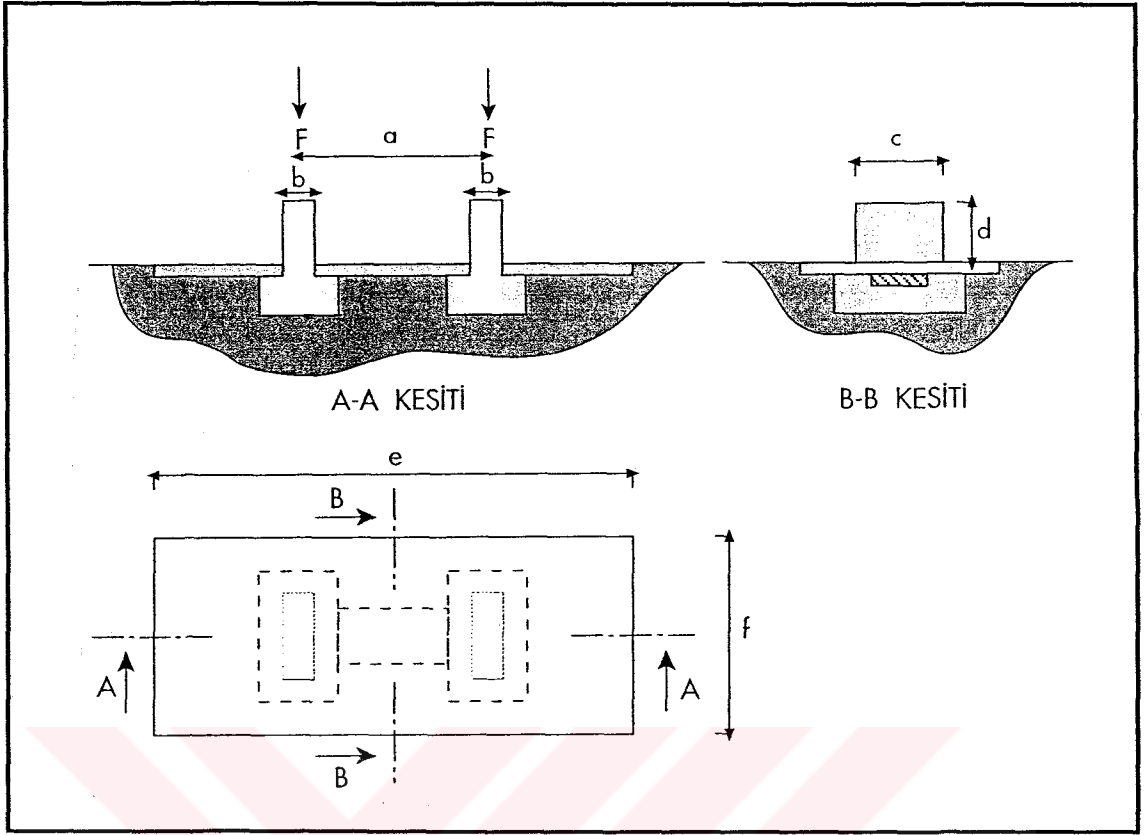
Şekil 6.3 Taşıyıcı temel betonu (35-180m³) (Aygaz, 1997)

Çizelge 6.3 Temel betonu ve ankraj ölçüleri (35-180m³)

(Blau P., vd, 1996)

TANK HACMİ m ³	TANK ÇAPI (mm)	F (ton)	A (cm)	B (cm)	c (cm)	d (cm)	e (cm)	f (cm)
35	2440	22	400	30	250	120	1000	450
50	2440	30	560	40	250	120	1300	450
50	3000	30	340	40	300	120	1100	450
70	3000	40	560	40	300	120	1300	500
115	3000	70	1000	60	300	150	2000	600
115	3150	70	1000	60	315	150	2000	600
180	3500	100	1050	60	350	150	2300	650

6.1.3.2 Toprak altı tank uygulaması

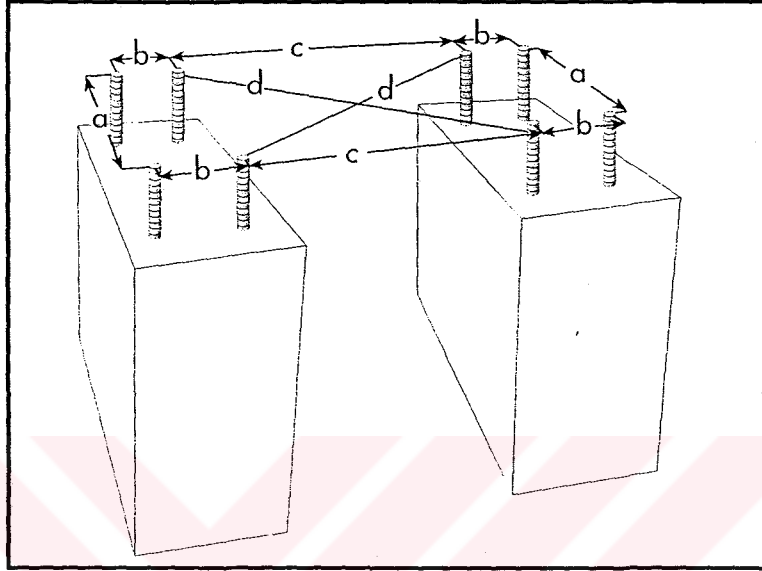
Şekil 6.4 Tank havuzu ve beton ayak detayı (35-180m³) (Aygaz, 1999)Çizelge 6.4 Tank havuzu ve beton ayak ölçüleri (35-180m³)

(Blau P., vd, 1996)

TANK HACMİ m ³	TANK ÇAPI (mm)	F (ton)	a (cm)	b (cm)	c (cm)	d (cm)	e (cm)	F (cm)	g (cm)
35	2440	22	400	30	250	20	1000	400	350
50	2440	30	560	40	250	20	1300	450	350
50	3000	30	340	40	300	20	1100	450	420
70	3000	40	560	40	300	20	1300	500	420
115	3000	70	1000	60	300	20	2000	500	420
115	3150	70	1000	60	315	20	2000	500	450
180	3500	100	1050	60	350	20	2200	550	470

6.2 Tankların Beton Ayaklara Sabitlenmesi (Ankraj)

Tankların yerinden oynamasını engellemek amacıyla beton ayaklara sabitlenmeleri gerekir. Toprakaltı uygulamalarda bu ankraj işlemi, yeraltı sularının kaldırma etkisinden tankları korumaya da yarar. Ankraj civataları, beton ayaklara aşağıda belirtilen ölçülere göre yerleştirilmelidir (Aygaz, 1999).



Şekil 6.5: Ankraj Detayı (35-180m³) (Aygaz, 1999)

Çizelge 6.5 Ankraj Ölçüleri (35-180m³) (Aygaz, 1999)

Tank Hacmi (m ³)	Tank Çapı (mm)	Ayak Aralığı (cm)	a (cm)	b (cm)	c (cm)	d (cm)
35	2450	400	190	15	385	430
50	2450	560	190	15	545	577
50	3000	340	198	20	300	376
70	3000	560	198	20	540	575
115	3000	1000	228	30	970	996
180	3500	1050	260	30	1020	1053

6.3 LPG Stok Tankı ve Dolum Hatlarının Montajı

LPG tankının yerleşim pozisyonu, TS 1446'da belirtilen kurallar dahilinde üzerindeki dolum nozulları tank sahasının dolum kapısı tarafında kalacak şekilde belirlenmelidir.

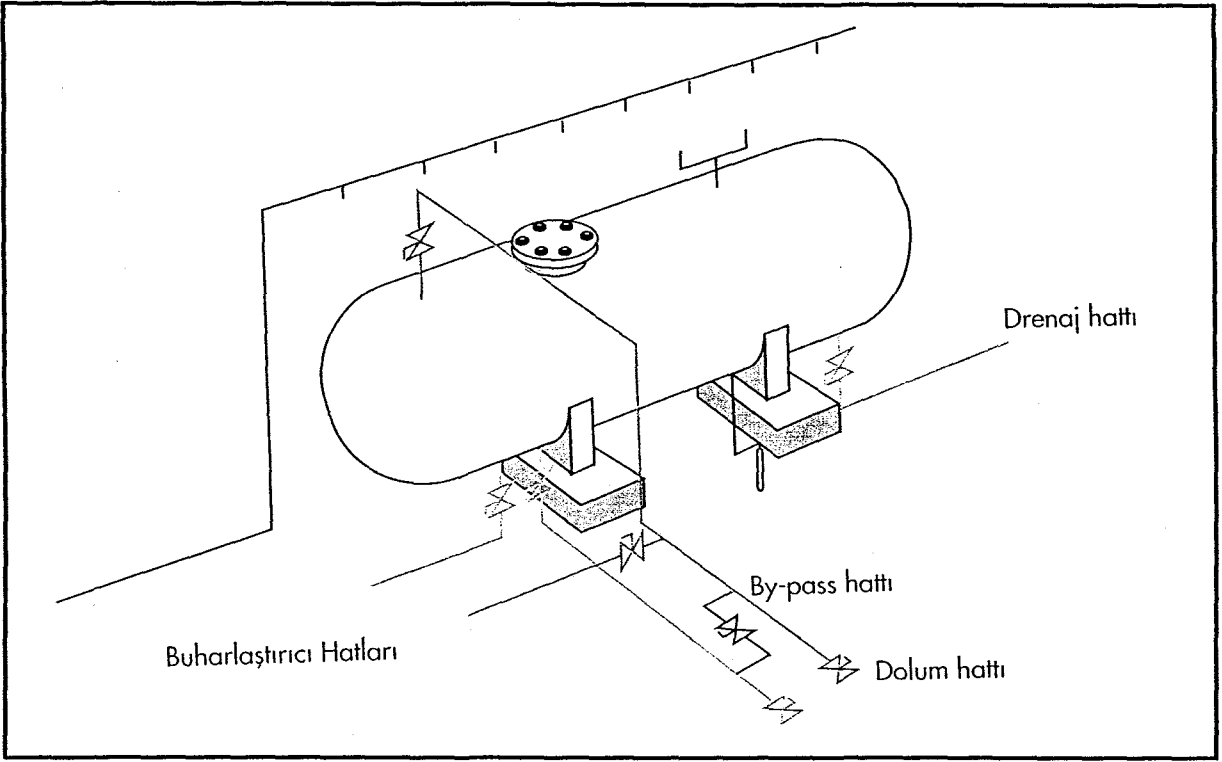
Dolum hatları, sıvı ve gaz dengeleme borularından oluşur ve mümkün olan en az sayıda dirsek kullanılacak şekilde, tank ile dolum kapısı arasına kurulmalıdır.

Dökmegaz sistemlerindeki bütün yüksek basınçlı hatlarda olduğu gibi, dolum hatlarında da DIN 2448 normunda, PN 40 sınıfı dikişsiz çelik çekme borular kullanılmalı ve bu borular kaynak ile birleştirmelidir (TS 1446, 1998).

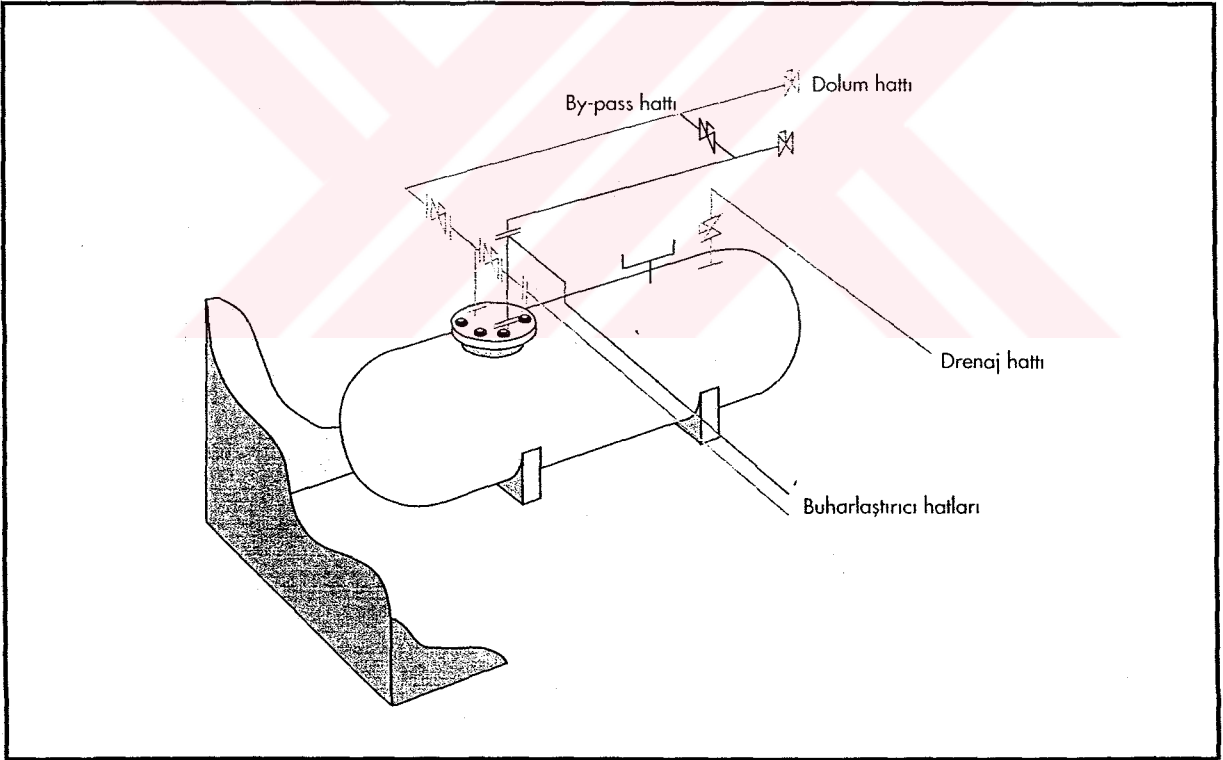
Dolum hatları monte edilirken tankın nozul çıkışlarına ve hatların dolum kapısındaki uçlarına birer adet PN 40 sınıfı flanşlı küresel vana konulmalıdır.

Her iki hattın ucuna da kamyon-tankerin dolum hortumları ile bağlantıyı sağlayacak dolum adaptörleri monte edilmeli, sıvı ve gaz dolum hatları, dolum kapısına yakın bir noktada bypass için kullanılan bir küresel vana ile birbirine bağlanmalıdır.

LPG tesisatlarında her iki vana arasında kalan bölge, basınçlı kaplarda olduğu gibi kapalı bir hacim olarak değerlendirilir. Bu nedenden ötürü, her iki vana arasına, emniyet valfi yerleştirilmelidir. Kullanılacak valf sayısı, iki vana arasındaki kapalı bölgenin yüzey alanı dikkate alınarak hesaplanmalıdır (NFPA 58, 1998).



Şekil 6.6 LPG tankı ve dolum hatları detayı (Toprak üstü) (Aygaz, 1999)



Şekil 6.7 LPG tankı ve dolum hatları detayı (Toprak altı)

(Aygaz , 1999)

6.4 Tüketim Hatlarının Montajı

Birinci kademe regülatör grubunu tüketim noktalarına bağlayan boru hattına “tüketim hattı” adı verilir. Tüketim hatlarında, TS 346 ve TS 416’ya uygun, “doğalgaz borusu” diye adlandırılan çelik borular kullanılır. Bu standartlara göre, boruların API 5L, DIN 2448-DIN 17175 veya DIN 2458-DIN 17172 malzeme özelliklerine uygun olması gerekir.

LPG’nin içerisinde olabilecek ağır ürünlerin yakma ünitelerine gitmemesi için tüketim hatları gaz akış yönünün tersine eğimli yapılmalıdır.

Tüketim hatları, toprak altından bir kanal içerisinde ya da toprak üstünden bir konstrüksüyona sabitlenerek tüketim noktalarına ulaşırlar. Toprak üstünden götürülecek gaz boruları taşıyıcı konstrüksiyonlara kelepçeler ile sabitlenir ve topraklanır (Blau P. vd, 1996).

Boru hattı toprak altına kurulacak ise, öncelikle bu hattın geçeceği güzergah boyunca bir boru kanalı açılır. Aşağıda ölçüleri görülen bu boru kanalı; genişliği 50 cm, derinliği ise borunun üzerinde en az 80 cm kalacak şekilde açılır. Gaz borularının güzergahı üzerinde yeraltı kablosu veya diğer borular (su, yakıt, buhar) var ise, gaz borusu ile bu hatları birbirinden ayıracak önlemler alınmalıdır. Kanal içerisinde dere kumundan en az 10 cm kalınlıkta yapılan yastık üzerine gaz boruları yerleştirilir, üzerine 30 cm kalınlıkta kum serilir ve kanalın kalan kısmı toprak ile doldurulur. Doldurma işlemi bittikten sonra dolgu malzemesi üzerine gaz borusu ikazı için eni en az 10 cm olan sarı renkte uyarı bandı çekilir.

Toprak üstü tüketim hattının soğuğa maruz kalması durumunda sıvılaşma problemi yaşanabilir. Bu nedenle, miks LPG kullanılan sistemlerde hatlar gerekiyorsa ısı kaybına karşı izole edilmelidir. Sadece izolasyonun yeterli olmayacağı durumlarda, tüketim hattına paralel bir sıcak su refakat hattı tesis edilerek her iki hat birlikte izole edilmelidir. Toprak altı tesisatlarda ise, korozyona karşı polietilen bant sarılarak izolasyon yapılır.

6.5 İlk Gaz Dolumunda LPG Tankının Süpürülmesi

LPG tankları imalat aşamasında su ile hidrostatik teste tabi olurlar. Proses sırasında her ne kadar test suyu boşaltılmaya çalışılsa da tank içerisinde bir miktar su kalabilir. Ayrıca, tank üstü aparatlarının testi amacıyla tanka havanın doldurulmaktadır. Bu nedenle LPG dolumu yapılmadan önce bu hava ve suyun kesinlikle purge edilmesi gerekmektedir.

Tank içerisinde kalan su buharı tank çeperinde donabilir. Bu da tank içerisindeki havanın boşaltılmamasına neden olur. Ayrıca, tank içerisinde kalan havanın tamamen boşaltılmaması halinde regülatörlerde donma , cihazlarda verimsiz yanma, tank basıncının yükselmesi, dolumlarda zaman kaybına neden olur. Tankların hava temizliği kesinlikle aşağıda anlatılan yöntem doğrultusunda yapılmalıdır. İçerisinde hava kalan tankların basınçları yüksek olacak bu da cihazların yanma verimlerini engelleyecektir,

LPG tanklarındaki hava temizliği hiçbir zaman sıvı LPG ile yapılmamalıdır. Öncelikle tankın içerisindeki hava atmosfer basıncına getirilmeli yani tank nozullarının biri açılarak fazla hava basıncı dışarı atılmalıdır.

İkinci adım olarak tank, basıncı 1 bar oluncaya kadar LPG gaz fazı ile doldurulur. 1 bar basınç olan tank tank nozulları yardımıyla boşaltılır. Bu işlem radarda 5 defa tekrarlanarak tank içerisinde atmosfer basıncında kalan hava dışarıya atılır. Tank içerisindeki havanın %93'ünün dışarıya atılması yeterlidir. Geri kalan miktar cihazlarda yanma sırasında atılmaktadır (Rego, 1998).

Yapılan denemelerde 1000 litre hacmindeki tanka yapılan hava temizleme işleminde 15,4 litre LPG kullanılır. Bu işlemin kontrollü bir şekilde yapılması sağlanmalı, dışarıya bırakılan gazın oluşturabileceği tehlikelere karşı önlemler alınmalıdır.

Kullanılan mevcut yöntemde LPG kullanılması ve gazın dışarıya atılması potansiyel bir tehlike oluşturmaktadır. 1000 litre tank için dışarıya atılan 15,4 litre LPG, daha büyük kapasiteli tankların hava temizliğinde daha da artmaktadır. LPG'nin özelliği gereğince düşük kotlu veya çukur yerlerde birikiyor olması havaya atılan LPG'nin oluşturabileceği tehlikeleri arttırmaktadır. Bu nedenlerden dolayı yeni bir yöntem tanımlamak ve geliştirmek gerekmektedir. Yapılan araştırmada benzer işlemler için farklı gazlar kullanıldığı

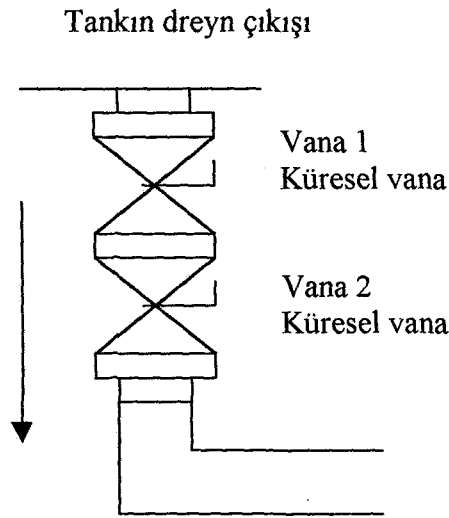
görülmüştür. Kullanılacak gaz LPG'nin tanka doldurulması sonucunda tehlike oluşturmayacak özellikte olmalıdır. Bu tip bir inert gaz olan azotun böyle bir işlemde kullanılabileceği görülmüştür (Rego, 1998).

6.5.1 Azot gazının tank hava temizliğinde kullanımı

Tanklardaki hava temizliğinin yapılmasının bir faydası da yanma ve patlamaya karşı önlem almış olmasıdır. Yanma ve patlamayı önlemenin yolu LPG ile, oksijen veya ısı (ateşleme kaynağı) etkenlerden en az birini ortamdan uzaklaştırmaktır. Tankların ve boru hatlarının süpürülmesinde oksijenin ortamdan uzaklaştırılması daha kolay ve kesin bir yöntemdir. Azot gazı ile süpürme uygulaması, tanktaki hava ve suyu azot gazı kullanarak yer değiştirmesini sağlamaktır. Atmosferin %78'ini oluşturan azot pek çok malzemeye karşı inert renksiz, kokusuz, tatsız bir gazdır. Azot gazı ile tank hava temizlemesinin yanı sıra tesislerin devreye alınması veya tadilat işlemlerinde boru hatlarının temizlenmesinde de kullanılabilir. Ayrıca, azot ile süpürme ile tank cidarında kalan hava ve su buharı tamamen dışarıya atılarak oluşabilecek korozyonun önüne geçilmiş olur (Bos A.Ş., 2001).

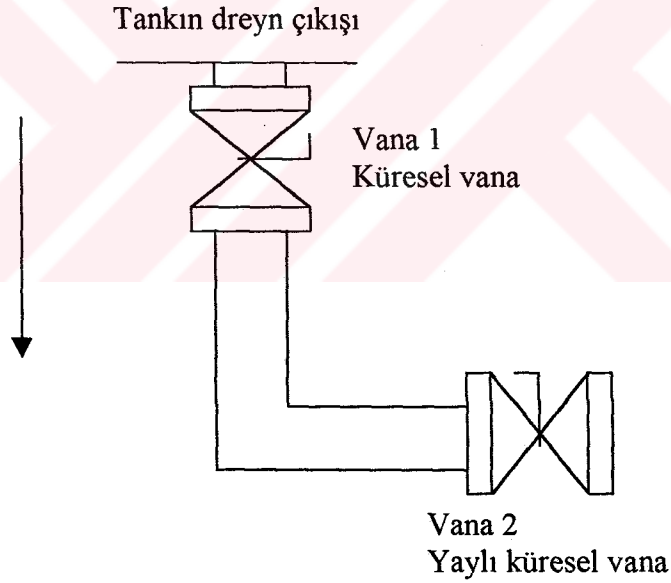
6.6 Tank Dreyn Vanaları :

Standartlar gereği LPG tanklarında her çıkış noktasında iki adet vana olmasını istenmektedir. Yani 10.000 litreden büyük tankların dreyn flanşına iki adet küresel vana arka arkaya bağlanması gerekmektedir. Standartlar gereği olan bu uygulama potansiyel tehlikeleri ortaya çıkarmaktadır (Theodore C. ve Lemoff C., 1998).



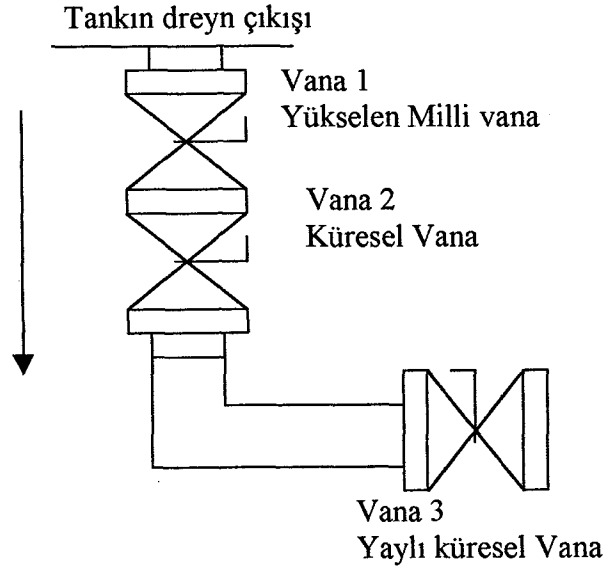
Tankların belirli periyotlarda dreyn yapılarak altında bulunan kostik ve artıklar dışarıya atılmalıdır. Dreyn işleminde 1. vana açık tutulmakta bu sırada 2. vana açılıp kapatılarak dreyn yapılmaktadır. Bu yöntem kış aylarında tankta su olması durumunda her iki vananın da su dolmasını ve 2. vananın donarak kapanmamasını sağlayacaktır. Tehlike oluşturan bu durumu engellemek için iki uygulama yapılabilir.

Vanalardan birincisi tank çıkışına, ikincisi ise dreyn hattının ucuna konmalıdır. Dreyn işlemi sırasında önce vana 1 açılarak hattın dolması sağlanır ve hat dolunca kapatılır. Daha sonra vana 2 açılarak hat boşaltılır. Bu montaj şekli ile kontrolsüz dreyn sonucunda olabilecek tehlikelerin önüne geçilmiş olunacaktır. Dreyn esnasında vana 2'nin olmaması durumunda kontrolsüz ortama yayılan LPG tehlike oluşturabilir. Özellikle dreyn hattının uzun olduğu ve tank sahası dışarısına çıktığı durumlarda çift vana uygulaması bu şekilde uygulanmalıdır. Ancak bu uygulama da tank içerisinde bulunabilecek suyun vana 1'i dondurma ihtimali olabilmektedir. Bu nedenle madde 2 önerilmektedir. Vana 2 kesinlikle yaylı olmalı yani açık kalmayarak bırakıldığı anda kapanmalıdır.



Şekil 6.9 Tank dreyn vanaları

Kullanılan dreyn vanalarının küresel vana yerine yükselen milli vana olarak kullanılarak, hemen arkasına acil durumlarda kullanılması için küresel vana konulabilir. Böyle bir durumda vana 2 açıldıktan sonra vana 1 açılır ve dreyn hattı doldurularak vana 2 kapatılır. Vana 3 açılarak dreyn işlemi tamamlanır (Aygaz A.Ş).



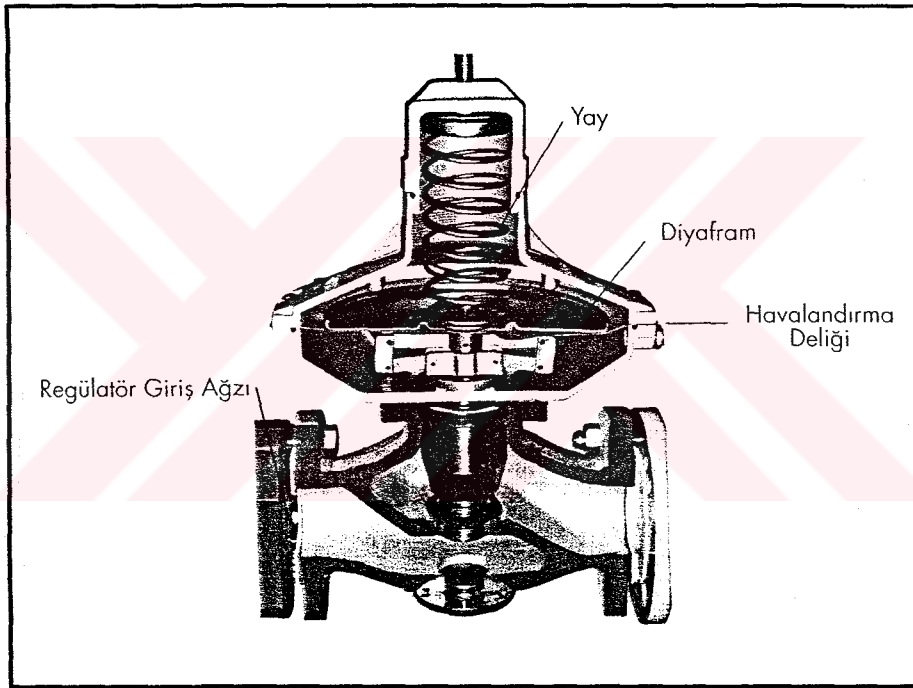
Şekil 6.10 Tank dreyn vanaları

6.7 Basınç Regülasyonu

6.7.1 Regülatörler

Regülatör, değişken basınçlarda gelen gazın basıncını sabit bir değere düşüren ekipmandır. Regülatörün çalışma prensibi, gazın daraltılmış kesitten geçerken hızının artması ve bu sayede basıncının düşmesi esasına dayanır.

Tank içerisindeki basınç çevre sıcaklıklarına göre değişiklik gösterir. Bunun yanı sıra tüketim noktalarında tüketilen gazın miktarı da sürekli sabit değildir. Tank çıkışında kullanılacak regülatör, gazın giriş basıncında ve debisindeki bütün değişikliklere rağmen, sabit bir gaz çıkış basıncı sağlayabilmelidir (Novacoment, 1998).



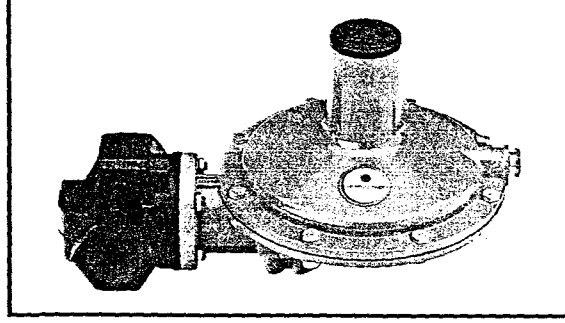
Şekil 6.11 Regülatör kesit resmi (Rego, 1998)

6.7.2 Regülasyon

Tek regülatörün kullanıldığı “tek kademeli regülasyon”da basınç düşümü sadece tank çıkışında kullanılan regülatör ile sağlanır. Bu durumda regülatör, tüketim hatlarındaki basınç kaybı da dikkate alınarak tüketim cihazları için gerekli basınç değerini sağlayacak şekilde seçilir. Ancak; hem tank çıkışında, hem de tüketim noktaları öncesinde basıncı düşürmeye imkan sağlayan ve dünya standartlarında belirtilen “çift kademeli regülasyon” sisteminin kullanılması daha güvenlidir (Theodore C. ve Lemoff C., 1998).

Çift kademeli regülasyonda, birinci kademe regülatör tankın iç basıncındaki değişiklikleri karşılayacak bir yüksek basınç regülatörüdür.

İkinci kademe regülatör ise, tüketim noktasında gerekli sabit basıncı sağlayacak düşük basınç regülatörüdür.



Şekil 6.12 İkinci kademe regülatör (Novacoment, 1998)



Şekil 6.13 Birinci kademe regülatör (Rego, 1998)

Çift kademeli regülatör sistemi sayesinde, sistemde verimli yanma ve sorunsuz işletme koşulları sağlanmış olur; tek kademeli sistemlerde karşılaşılan regülatörün donması problemi ortadan kalkar. Ayrıca çift kademeli sistemde tüketim hattındaki basınç değeri daha yüksek olacağı için boru çapları daha düşük tutulabilir ve bu durum maliyetlerden tasarruf sağlar (Theodore C. ve Lemoff C., 1998).

Sisteme yeni tüketim noktalarının ilave edilmesi halinde ise, ilave ikinci kademe regülatörler kullanılarak artan kapasite birinci kademe regülatör tarafından karşılanabilir. Bu sayede mevcut sistemi değiştirmeden kapasite artışı gerçekleştirilmiş olur.

Çift kademeli regülasyonun bir başka avantajı ise ikinci kademe regülatörler sayesinde her tüketim noktasının birbirinden bağımsız olarak çalışması ve herhangi birinde olabilecek yük değişikliklerinden diğer tüketim noktalarının etkilenmemesidir (Corrosion Protection for Underground, 1992).

6.7.3 Regülatör grubu

Regülatörler, daha önce de belirtildiği gibi, değişken değerlerde gelen gaz basıncını sabit bir değere düşürmek için kullanılırlar ve LPG sistemlerinin önemli birer elemanlarıdır.

LPG Sistemleri'nde; hem tank çıkışında, hem de tüketim noktaları öncesinde basıncı düşüren "iki kademeli regülasyon" tercih edilmelidir. Her ileri beslemeli buharlaştırıcı sistemde biri yedek olmak üzere iki adet birinci kademe regülatör bulunmalıdır. Birinci kademe regülatörler, buharlaştırıcı kabini içerisinde, buharlaştırıcı çıkış hattı üzerinde bulunur. Sıvı LPG, buharlaştırıcıda aldığı ısı enerjisi ile gaz fazına geçerek değişken basınçlarda birinci kademe regülatöre gelir. Sistem tasarımında çıkış basıncına (150 mbar- 1 bar arasında) göre seçilen regülatör, üzerinde gaz çıkış ventili ve emniyet kapama mandalı bulunan çok fonksiyonlu bir basınç düşürücüdür. (Theodore C. ve Lemoff C., 1998).

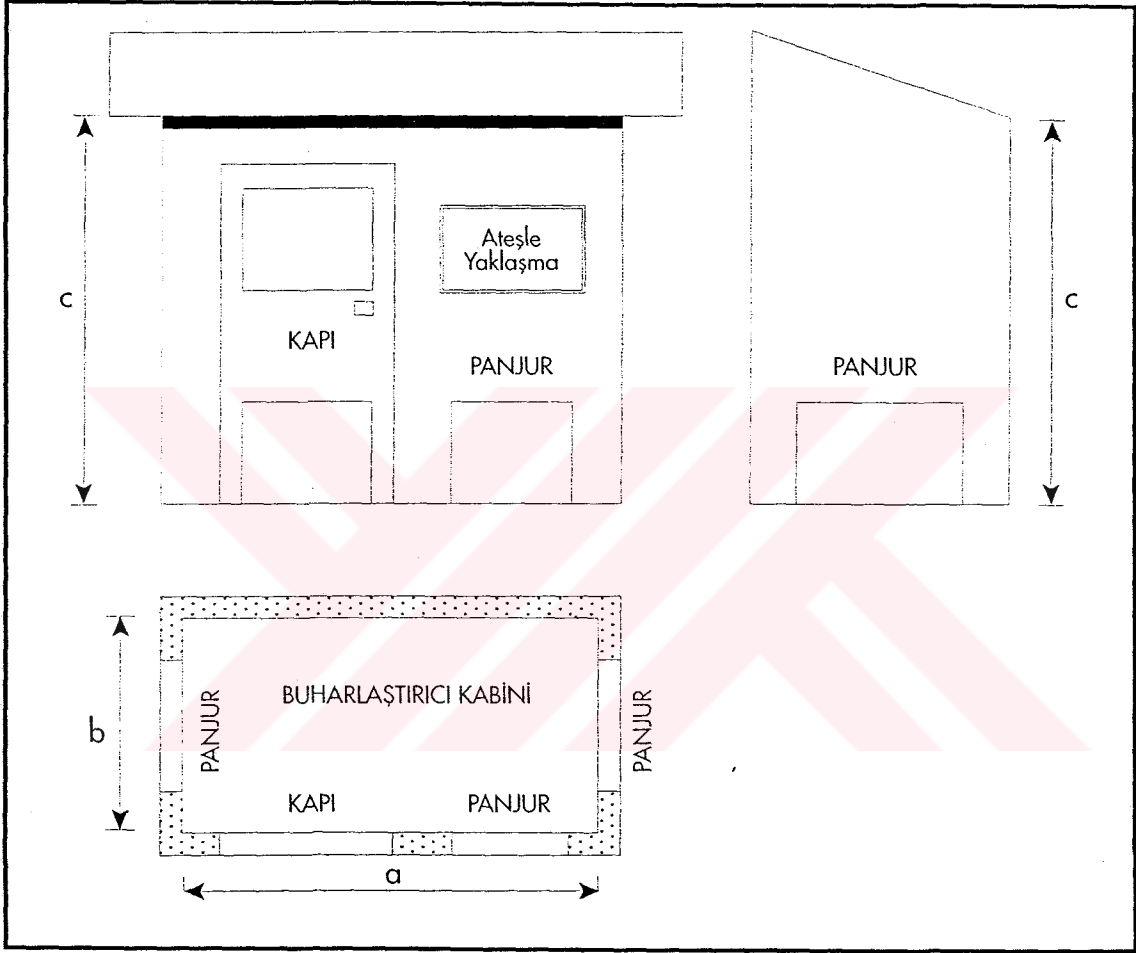
Emniyet kapama mandalı, istenilen çıkış basıncından farklı çıkış basınçları söz konusu olduğunda sistemi emniyete alır. Sistemin güvenliği sağlandığında, el kumandası ile regülatör tekrar devreye sokulur.

Regülatör geçici olarak yüksek giriş basıncına maruz kaldığında, gaz çıkış ventili bir miktar gazı dışarı atarak regülatöre zarar gelmesini ve emniyet kapama mandalının gereksiz yere devreye girmesini önler (Blau P., vd, 1996).

İkinci kademe regülatör ise, tüketim noktasında gerekli sabit basıncı sağlayacak hassas bir düşük basınç regülatörüdür.

6.8 Buharlaştırıcı kabini

Buharlaştırıcı kabini buharlaştırıcının, regülatörlerin ve sıcak su kazanının yerleştirilmesi amacıyla inşa edilir. Bu kabinin yeterli derecede havalandırılması gerekir. Bu nedenle, aşağıdaki çizimde belirtilen yerlere, tabloda belirtilen ölçülerde havalandırma menfezleri açılır. Buharlaştırıcı kabinin kapıları dışarı doğru açılacak şekilde yapılır ve zeminde LPG'nin birikebileceği kademe farkı olmamasına dikkat edilir.



Şekil 6.14 Buharlaştırıcı kabin detayı (Aygaz, 1999)

Buharlaştırıcı için gerekli sıcak suyu sağlamak üzere ilave bir kazan kullanılmıyorsa, çizimde görülen sıcak su kabini bölümü inşa edilmez.

Çizelge 6.6 Buharlaştırıcı kabin ölçüleri (Aygaz, 1999)

Buharlaştırıcı Kapasitesi (kg/saat)	Buharlaştırıcı Kabini Ölçüleri			Toplam Menfez Alanı (m ²)
	a (mm)	b (mm)	c (mm)	
50	3000	3000	2500	2.5
100	3000	3000	2500	2.5
150	3000	3000	2500	2.5
200	3500	3500	2500	3.5
250	3500	3500	2500	3.5
300	3500	3500	3000	4.0
400	4000	3500	3000	4.5
500	4000	4000	3000	5.0
600	4000	4000	3000	5.0
700	4000	4000	3000	5.0
800	4000	4000	3500	6.0
900	4000	4000	3500	6.0
1000	4500	4000	3500	6.5
1200	4500	4000	3500	6.5
1500	5000	4500	3500	8.0
2000	5000	5000	3500	9.0
2500	5000	5000	4000	10.0

6.8.1 Buharlaştırıcı kapasite hesabı

Buharlaştırıcı kapasitesi hesaplanırken üç farklı ısı değeri dikkate alınır:

Q₁: LPG'nin stok tankındaki sıcaklığından (yaklaşık olarak ortam sıcaklığı) gaz fazına geçmeye başlayacağı doyma sıcaklığına ulaşması için gerekli ısı miktarıdır. Gerekli ısı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$Q_1 = C_{LPG} \times M \times (T_{Doyma} - T_{LPG})$$

C_{LPG}: Sıvı LPG'nin öz ısısı (0.58 Kcal /kg x °C)

M: Gaz tüketim miktarı (kg/saat)

T_{Doyma}: Tank basıncındaki sıvı LPG'nin kaynamaya başlayacağı doyma noktası sıcaklığı

T_{LPG}: Tank içindeki LPG'nin sıcaklığı

Q₂: Doyma sıcaklığındaki LPG'nin sıvı fazından gaz fazına geçmesi için gereken ısı miktarıdır ve aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$Q_2 = M \times h_{sg}$$

M: Gaz tüketim miktarı (kg/saat)

h_{sg}: Doyma sıcaklığındaki 1 kg sıvı LPG'nin doymuş buhar fazına geçmesi (kaynaması) için gerekli gizli ısı (kcal/kg)

LPG'nin gizli ısıları aşağıda verilmiştir:

	Propan	Bütan
-20°C	96 kcal/kg	97 kcal/kg
0°C	90 kcal/kg	92 kcal/kg
+20°C	83 kcal/kg	86 kcal/kg

Uygulamalarda LPG'nin gizli ısı 100 kcal/kg olarak kabul edilir.

Q₃: Q₁ ve Q₂'ye göre çok düşük olan Q₃, doyma sıcaklığında kaynamış durumdaki gaz LPG'nin kızgın buhar fazına geçmesi için gereken ısı miktarıdır. Çalışma basıncına (sıcaklığına) bağlı olarak değişen Q₃, genelde 0,4 kcal/kg olarak kabul edilir.

Örneğin; LPG ihtiyacı 200 kg/h olan bir tesiste kullanılacak buharlaştırıcının kapasitesi aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

Kış ayları düşünülerek düşünülen ortam sıcaklığı – 10°C

Buharlaştırıcı basıncında LPG'nin doyma sıcaklığı 35°C

$$Q_1 = 0.58 \times 200 (35 - (-10)) = 5220 \text{ kcal/kg}$$

$$Q_2 = 200 \times 100 = 20000 \text{ kcal/kg}$$

$$Q_3 = 200 \times 0.4 = 80 \text{ kcal/kg}$$

$$Q_{\text{toplam}} = 25300 \text{ kcal/kg}$$

6.9 Likitleşmeye Karşı Alınabilecek Önlemler

LPG sistemlerinde yaşanacak sorunların başında likitleşme (çiğleşme) gelmektedir. LPG'nin yakıcı cihaza likit fazda giderek, cihaz içersisinde gaz fazına dönüşmesi çok ciddi kazalara yol açabilir. Bu nedenle büyük sanayi sistemlerinde görülmesi muhtemel bu sorunun

çözülmesi için aşağıda belirtilen hususlara göre sistem yapılmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır.

Çiyleşme, dökme LPG sistemlerinde, özellikle tüketim hatlarındaki LPG'nin istem dışı olarak gaz fazından sıvı fazına geçmesidir. Sıvılaştıran LPG'nin tüketim noktalarına ulaşması, gaz yolu ekipmanlarının arızalanmasına ve kontrolsüz yanmaya sebep olabileceğinden istenmeyen bir durumdur (Theodore C. ve Lemoff C., 1998).

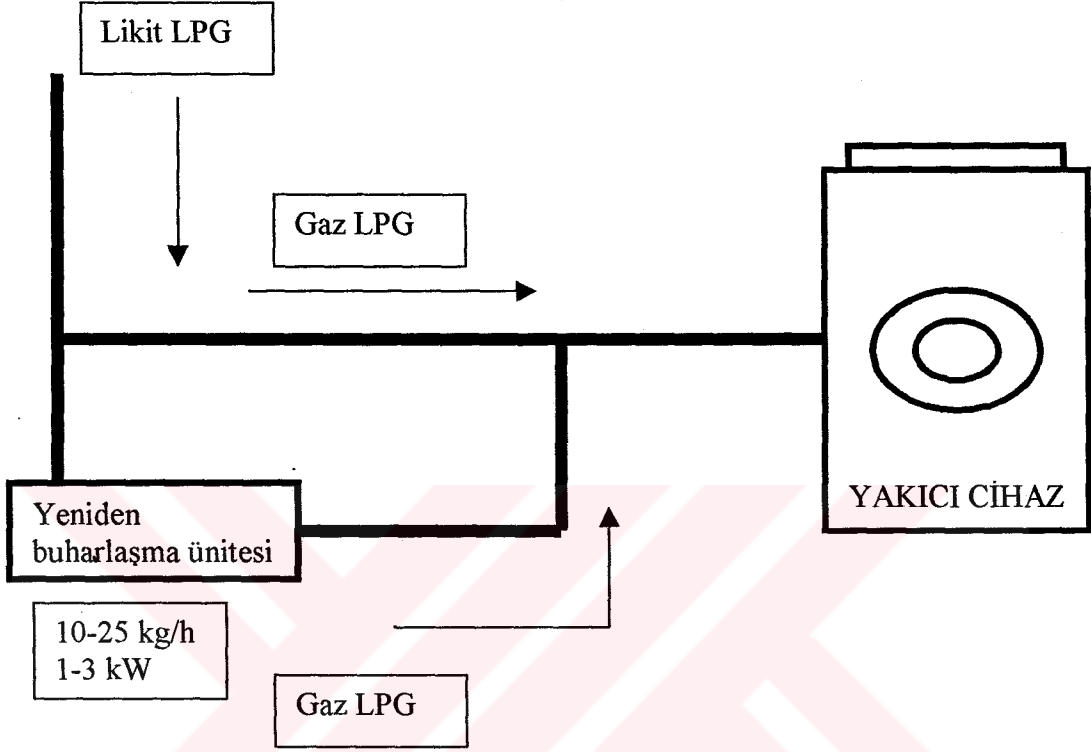
6.9.1 Buharlaştırıcı likit seviyesinin kontrolü

Buharlaştırıcı likit seviyesinin kontrolü iki şekilde olabilmektedir. Bunlardan yoğunlukla uygulanan mekanik şamandıralı yöntem zaman zaman problem yaşatabilmektedir. Şöyle ki mekanik şamandıralı buharlaştırıcılarda ise, buharlaştırıcının likit girişi içine yerleştirilen mekanik mafsalı şamandıranın, likit seviyesine göre girişi açıp kapama ilkesine göre çalışmaktadır. Ancak şamandıradaki yaşanabilecek herhangi bir problem likit girişinin devam etmesine neden olacaktır. Kontrolsüz yükselen likit için herhangi bir uyarı sistemi olması için likitin yakıcı cihaza gitmesi muhtemel olacaktır. Bu sisteme karşılık tavsiye edilen sistem manyetik şamandıralı likit kontrol sistemidir.

Manyetik şamandıralı sistemde likit seviyesinin kontrolü, likit girişine konan ex-proof solenoid vananın manyetik seviye göstergesinden gelen sinyallere göre LPG girişini kapatıp açması ile sağlanır. By-pass sistemi ile çalışan bir tüp içinde likit seviye değişimini takip eden bir şamandıra mevcuttur. Şamandıra içindeki daimi mıknatıslar, ters kutup etkisi ile dış cidar üzerinde yerleştirilmiş kırmızı-beyaz renkli diskleri etkileyerek sıvı LPG seviyesinin izlenmesini sağlar. Seviyenin aşırı yükselmesi durumunda likit girişinde bulunan solenoidi vanayı kapar, akış durmaz ise alarmı devreye sokarak uyarıda bulunur (Aygaz, 1999).

6.9.2 Yeniden Buharlaştırma Ünitesi

Boru hattı uzunsa ve izolasyon ile problem çözülmiyorsa yakıcı cihaz girişine düşük kapasiteli bir elektrikli buharlaştırıcı konabilir. Böylece hatttan gelen LPG likit olsa bile buharlaştırıcıdan geçerek yeniden buharlaşabilir. Böylece cihaza likit girme olasılığı ortadan kaldırılır. (Corrosion Protection for Underground, 1992)



Şekil 6.15 Yeniden buharlaştırıcı ünitesi

6.9.3 Likitleşmeye karşı alınabilecek diğer tedbirler

Likitleşmenin engellenmesi amacıyla alınabilecek diğer tedbirler üç aşamada gerçekleştirilebilir.

Sistem dizaynı aşamasında, öncelikle hava sıcaklığına bağlı olarak LPG'nin likitleşebileceği bir basınç değeri seçilmelidir. Örneğin 50 mbar ile 300 mbar basınç altında bütan, mix LPG (%70 bütan, %30 propan) ve propanın yaklaşık likitleşme sıcaklıkları basınç değeri düştükçe, düşmektedir. Buda likitleşme riskini azaltmaktadır.(Aygaz A.Ş)

Çizelge 6.7 LPG Karışımlarının Likitleşme Sıcaklıkları (°C) (Aygaz A.Ş Yayınları No: 3)

Mutlak Basınç (Bar)	%100 Propan	%30 Bütan %70 Propan (miks)
1	-43,0	-25,0
1,03	-42,4	-24,3
1,05	-42,1	-23,9
1,1	-41,1	-22,8
1,3	-37,3	-18,4
2	-26,5	-6
3	-14,0	5,5
4	-5,5	13,5

Tanktan alınan LPG, birinci kademe regülatörde belirlenen basınca düşürülerek tüketim hatlarında LPG'nin düşük basınçta akması sağlanır:

Sistemin montajı aşamasında ise hatlar ısı kaybına karşı izole edilmelidir. Gerekliyse tüketim hattına paralel bir sıcak su refakat hattı tesis edilerek her iki hat birlikte izole edilir.

İşletme esnasında ise sistemin her çalıştırılışından önce drenaj vanalarından kontrol edilmesi, eğer sıvılaşma varsa sıvı LPG'nin dışarı atılması sağlanmalıdır. Bunun yanısıra, yakma üneteleri devreden çıkarılacağı zaman gazın akışını tank çıkışındaki vanadan kapatmak, sistem çalışmadığında tüketim hatlarında LPG kalmasını engeller. (Aygaz A.Ş)

7 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Sahada uygulanan sistemler detaylı olarak incelenmiş ve dökme LPG sistemi kuruluş standartlarının uygulamalarda çok farklı olduğu görülmüştür. Yapılan incelemelerin sonucunda dökme LPG sistemine en uygun sistem belirlenerek tariflenmiştir. Yapılan tariflemelerde farklı olan sistem uygulamalarına karşı ideal sistem önerilmiştir.
2. Tank emniyet kurallarında yapılabilecek esneklikler belirlenmiştir. Mevcut uygulamalarda tankın etrafının tamamen açık bırakılması gerekmektedir. Ancak yapılan araştırmalarda belirli koşullar dahilinde tanklar %50 veya %100 kapalı mekanlara konulabilmektedir. Tüm bu uygulamaların kuralları belirlenerek şematik gösterimler yapılmıştır. Kurallara uyulduğu takdirde bu tür uygulamalar yapılabilmektedir. Ancak TSE'nin bu tür uygulamalardan hiç bahsetmiyor olması aşılması gereken bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.
3. Tankların etrafının çevrilmesi için yapılan tel çit uygulamasının, farklılıkları incelenmiş, uygulama kesin kurallara oturtulmuştur. Tel çit mesafesi, tel çit gereksiminin belirlenmesi gibi detaylar hakkında kesin sonuçlara ulaşılmıştır.
4. LPG sistemlerinin can damarı olan yangın sistemlerin dizaynı için mevcut uygulamalar incelenmiştir. Bir LPG sisteminin yangın güvenliği için alınması gereken tüm önlemler anlatılarak, şematik resimlerle tariflenmiştir.
5. Tanklara herhangi bir elektrik kaçağı veya statik elektriğin oluşturabileceği etkiler çok büyük tehlikeler oluşturabilmektedir. Bu amaçla LPG tanklarına yapılabilecek topraklama uygulamasının detayı araştırılmış, topraklamanın uygulama kuralları belirlenmiştir. LPG tanklarının boyutlarına göre yapılan çalışmada her türlü tank yerleşimi için bakır çubuk veya levha uygulaması sayıları belirtilmiştir.
6. Toprak altı LPG tankı uygulamasında tankların korozyona karşı korunması için alınması gereken önlemler belirlidir. Ancak, tank uygulamalarında anotların yerleşim planı, anot hesabı doğru yapılmadığı takdirde etki azalabilmekte hatta ters etki yaparak tankların korozyona uğramasına neden olmaktadır. Bu hassas durum anot hesabının ve anot yerleşiminin detaylarının çok iyi düşünülmesi gerektiğini ortaya çıkartmıştır. Katodik koruma

uygulaması LPG tankları için özel incelenmiş ve alınan sonuçlar yerleştirme şekli önerileri ile birlikte ele alınmıştır.

7. Tank temel betonu ve ankrajı ile ilgili yapılan araştırmada, tüm yükler hesaplanarak elde edilen sonuçlara göre hazırlanan tablolar tank temel betonu ve ankrajlama şartları olarak önerilmiştir.
8. LPG kullanımına ilk başlanması esnasında yaşanan ve çözüm yolu bulunamayan problemlerden biri olan tank içerisindeki su buharı ve havanın temizlenmesi işlemi için yapılan araştırma sonucunda yöntem tarif edilmiştir. Tankın içerisinde bulunan havanın temizliğinin sıvı LPG ile belirtilen kurallar dahilinde yapılması tavsiye edilmektedir. Aksi takdirde cihazlarda yanma ve tank basıncının yükselmesi problemi ile karşılaşılabilir.
9. Günümüzde yaşanan ve gündemden düşmeyen LPG kazalarının en büyük nedeni kontrolsüz yapılan LPG dreyn işlemidir. Tankın dip kısmında zamanla toplanan artık ürünlerin kullanıma gitmeden belirli periyotlarda boşaltılması gerekmektedir. Dreyn nedeniyle olan kazaların artması üzerine bazı ülkeler çözümler üretmişlerdir. Bu farklı çözümler incelenerek, ideal çözüm bulunmaya çalışılmış, hatta farklı çözümler birleştirilerek yeni bir çözüm üretilmiştir. Tankların dreyn sistemine yenilik getirilerek emniyetli bir hale gelmesi sağlanmıştır.
10. İngiliz ve Alman standartlarınca şart olan ancak TSE'ce şart konmayan hatta detayları bahsedilmeyen regülasyon sistemi incelenmiştir. Buna göre regülasyon sisteminin çift kademeli olmasının kesinlikle uygulanması zorunlu olan bir sistem olduğu kanaatine varılmıştır.
11. LPG'nin en büyük dezavantajı olan likitleşme probleminin çözümü için çeşitli yöntemler önerilmiştir. LPG kazalarına veya cihaz arızalarına neden olan bu problem LPG'nin potansiyel bir tehlikesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Önerilen önlemlerin alınması ile yaşanan problemler önenebilecektir.

KAYNAKLAR

- Aygaz A.Ş, (1999), "Aygaz Dökme LPG Sistemleri", Aygaz Dökme Gaz Yayınları No:3.
- Aygaz A.Ş, (1997), "Aygaz Merkezi Enerji Sistemi", Aygaz Yayınları No:1.
- Blau P., Bohnen M., (1996), "LPG El Kitabı LPG Tesislerinin Teknik Kuralları Çerçevesinde Montajı" Technische Regeln Flüssiggas Technische Regeln Flüssiggas e.v. DVFG (TRF 1996).
- BOS A.Ş, (2001), "Azot Süpürmesi", Teknik Bülten
- British Standart Cathodic Protection, (1991), "BS 7361", Part-I,
- Corrosion Protection for Underground, (1992), "LP-Gas Systems.Prepared by National Propane Gas Association Eischower Lene".
- ED EMUT 103, (1999), "Elektro Manyetik Uyumluluk ve Topraklama", Schneider Teknik Eğitim Merkezi, Pendik.
- FAS LP, (1999), "Gas Equipments"
- ISISAN (1998), "Doğalgaz ve LPG Tesisatı" Isısan Çalışmaları No:172.
- Lynn C. Denny Lester L. Luxon., Barbara E.Hall, (1962), "Handbook Butane-Propane Gases", Fourth Edition Editors Published by Chilton company.
- Novacoment, (1999), LP-Gas Equipments.
- NFPA 58, (1998), "LP-Gas Code", NFPA
- Rego, (1998), "LP-Gas Serviceman's manuel", ECII Engineered Controls international, Inc.
- Rego, (1998), "LP-Gas&Anhydrous Ammansa Equipment Buyer's Guide", L-102.
- Theodore C., Lemoff C., (1998), "LP-Gas Code Handbook", NFPA.
- Türk Standartları Enstitüsü, (Mayıs 1998), "Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG), Depolama Kuralları", TS 1446.
- Türk Standartları Enstitüsü, (Aralık 1997), "Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG), Doldurma ve Boşaltma Kuralları", TS 1449.
- Türk Standartları Enstitüsü, (Nisan 1991), "Katodik Koruma Galvanik Anotlar", TS 9234.
- Yakın H., Koç, T., (1999), "Korozyon ve Katodik Koruma", Gazi Üniversitesi Müh.Mim. Fak., Ankara.
- İ.B.B., (1994), "Yangından Korunma Yönetmelikleri", Yapıdan Korunma Yönetmeliği ve Parlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tüzüğü.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 21.08.1975

Doğum yeri İstanbul

Lise 1989-1992 Isparta Lisesi

Lisans 1992-1996 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.
Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1998-2002 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı

Çalıştığı kurumlar

1996-1998 Acarlar Holding- Kontrolör
1999-Devam ediyor AYGAZ A.Ş Teknik Servis Sorumlusu

