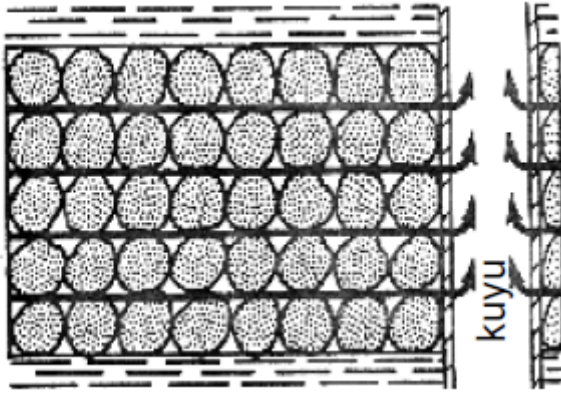


## Doğal Gaz Kaynakları

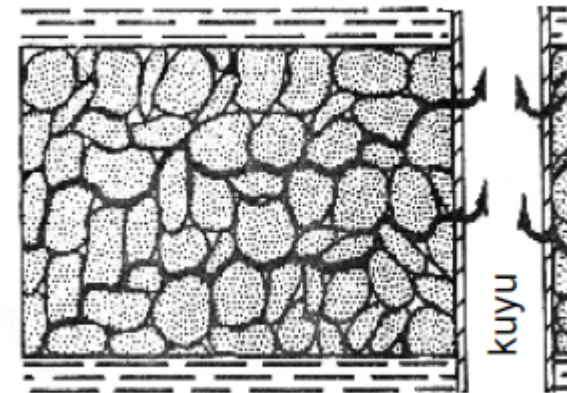
Konvansiyonel Gaz Kaynakları

Konvansiyonel Olmayan Gaz Kaynakları



*Poröz kumtaşı*

Çok pratik ve kolay kaynaklardır, üzerlerinde çok fazla araştırma, inceleme ve ekonomik etütler yapılmış, teknolojiler üretilmiştir.



*Sıkı (Tight) kumtaşı*

Zor kaynaklardır, teknoloji henüz bu alanlara girmemiştir veya çok pahalıdır, dolayısıyla buralar gaz elde edilmesi henüz ekonomik olmayan yataklardır.

## **Konvansiyonel Doğal Gaz Kaynakları**

### **a. Termojenik Metan**

Bitki ve hayvan kalıntıları gibi organik maddelerin yer altında çok yüksek basınçlarda binlerce yıl sıkışıp kalmasıyla oluştuğudur. Buna “termojenik metan” denir.

Yüksek basınç ve çok yüksek sıcaklıklara maruz kalan organik moleküller parçalanır. Düşük sıcaklıklarda (sığ alanlarda) daha az karbon bağı kopması olacağından veya parçalanma daha düşük düzeyde kalacağından doğal gaza kıyasla petrol oluşumu fazladır. Bu gibi oluşumlarda petrol ve doğal gaz bir arada bulunur. Derinlik arttıkça sıcaklık da artacağından doğal gaz oluşumu artar ve rezervler daha saf metan içerir.

### **b. Biyojenik Metan**

Organik maddelerin “metanojen” denilen mikroorganizmalar tarafından kimyasal olarak parçalanmasıyla oluşan metandır. Metanojenler oksijen vericidirler, yeryüzüne çok yakın derinliklerde yaşarlar, bu yolla oluşan metanın büyük bir kısmı atmosferde kaybolup gider. Bazı yer altı kapanlarında tutulan ve üretime alınan biyojenik metan yatakları vardır.

Metanojenik bakteriler diğer bakterilerle beraber, yeraltına çökelmiş olan anaerobik koşullardaki organik maddeleri parçalar. Bu proses sırasında bakterinin enzimatik etkisiyle ve fermantasyonla hidrojen sülfür, karbon dioksit, organik asitler, alkoller, ketonlar ve diğer bileşikler meydana gelir. Örneğin, asetik asit gibi basit organik asitler metanojenik bakteriler tarafından fermantasyonla metana dönüşürler.

### **c. Abiyojenik Metan**

Yer kabuğunun çok derinlerinde hidrojen zengin gazlar ve karbonlu moleküller bulunur. Bu gazlar yavaş yavaş yeryüzüne doğru yükselirken yine yeraltında bulunan ve oksijen içermeyen minerallerle karşılaşır ve çeşitli reaksiyonlara girerler; reaksiyonlar sonunda nitrojen, oksijen, argon gibi elementler ile karbon dioksit ve su meydana gelir. Bu gazlar yüzeye doğru yükselirken çok yüksek basınç altındaysalar, termojenik metana benzer şekilde metan oluşumuna yönlendirilir.

## **Konvansiyonel Olmayan Doğal Gaz Kaynakları**

### **a. Derin Doğal Gaz**

Derin doğal gaz 15000 feet'den daha derinlerde bulunur; bu derinlikler birkaç bin feet derinliklerde bulunan konvansiyonel gaz yataklarına kıyasla oldukça büyüktür. Son yıllarda geliştirilen derin sondaj yöntemleri ve gaz çıkarma teknikleri bu tip doğal gaz yataklarının bazılarını yararlanılabilir duruma getirmiştir. Ancak derin doğal gaz, hala üretimi pahalı olan teknolojileri gerektirmek

### **b. Sıkışmış (Tight) Doğal Gaz**

Geçirimsiz ve poröz olmayan sert kayalar, kumtaşları veya kireç taşları gibi oluşumlar arasında sıkışmış doğal gazdır. Bu tür oluşumlardan gazın çekilebilmesi için kırma (parçalama) ve asitlendirme gibi oldukça yüksek maliyetli bazı teknikler vardır.

### **c. Devonik Şeyl (Shale) Doğal Gaz**

Devonik şeyller 350 milyon yıl kadar önceki sığ denizlerdeki çamurlardan oluşmuşlardır. Shale çok ince tabakalara kırılabilen tortul kayalardır; yumuşaktır fakat nemli olduğundan dağılmaz. Bu kayalar özellikle iki tanesi sandviç yapısında bir araya geldiklerinde doğal gazı kolaylıkla tutar. Şeyllerin yapılarında absorblanmış olan ya da gözeneklerinde ve kırıklarında serbest halde bulunan doğal gazın bir kısmı yakınlardaki kum taşlarına doğru göç eder ve buralarda tutularak konvansiyonel gaz oluşumuna dönüşür.

#### **d. Kömür Madeni Metanı**

Diğer bir fosil yakıtı olan kömür de, yeraltında doğal gaz ve petrole benzer jeolojik koşullarda oluşur. Kömür kalıntıları yeraltında çizgi gibi bir yol izlerler. Kömür yatakları kazılırken bu çizgiler izlenir; çizgilerinin çoğu veya çevresindeki kayaçlar doğal gaz da içerirler. Kömür madeni metanı ancak kömür madeni çıkarılırken elde edilebilir.

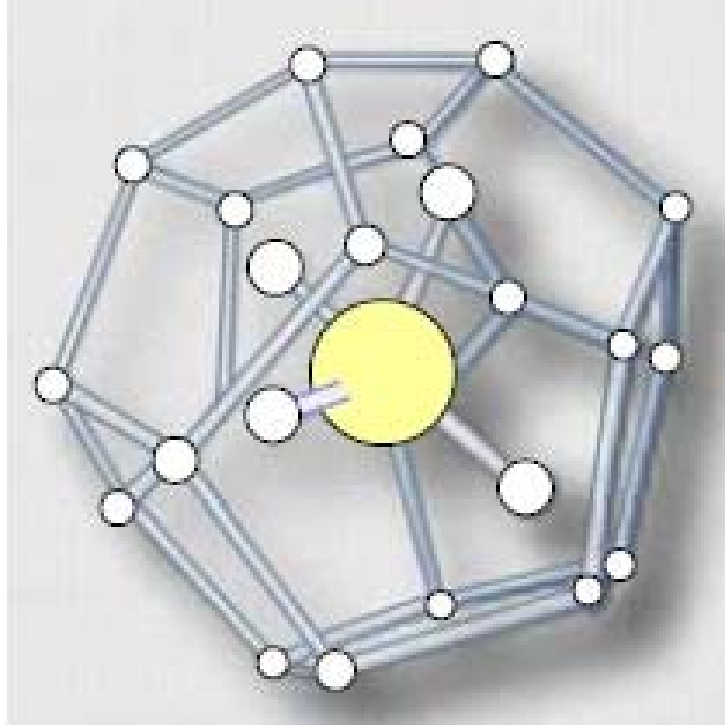
#### **e. Jeopres Bölgeleri**

10000-25000 feet gibi çok derinlerde olduğundan aşırı basınç altındaki doğal yeraltı oluşumlarıdır. Bu bölgeler, kil tabakalarının poröz ve absorblayıcı maddeler üzerinde çökmesiyle ve sıkışmasıyla meydana gelir. Sıkışık kil tabakaları arasında yerleşmiş olan doğal gaz ani bir basınca maruz kalarak bulunduğu yerlerden sızar ve daha poröz olan kum kalıntılarına göç eder. Çok derinlerde bulunduğundan jeopres bölgelerden doğal gaz çıkarılması oldukça zordur.

## f. Metan Hidratlar

Su molekülleri kendi aralarında hidrojen bağlarıyla bağlanarak, geniş oyukları olan kafese benzer bir yapı meydana getirirler; bu oyuklara gaz molekülleri (etan, propan, bütan, izobütan, nitrojen, karbondioksit ve hidrojen sülfür) yerleşir ve Van der Waals kuvvetleriyle içinde bulundukları kafesle bağlantı kurarlar. Okyanuslardaki metan hidratlar, dünyanın enerji gereksinimini yüzyıllarca karşılayabilecek kadar çok miktarlardadır.

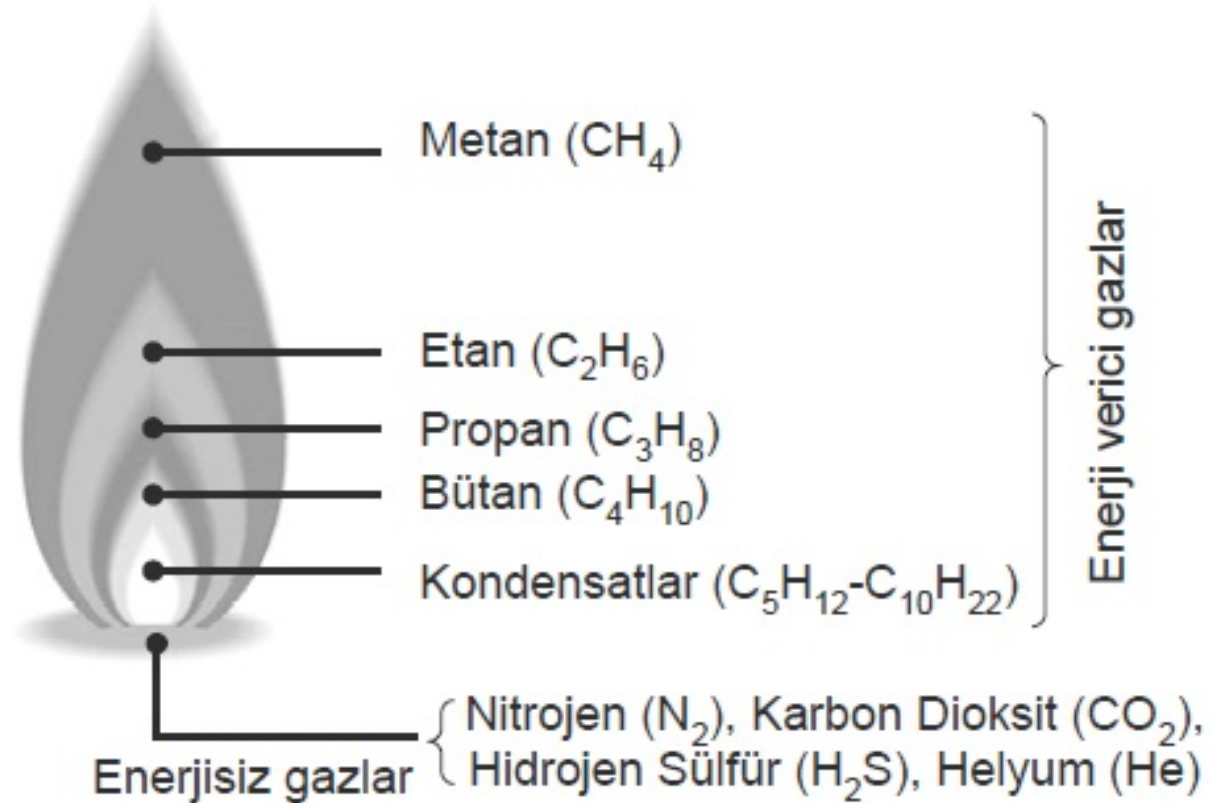
Metan hidratlardaki metan, az oksijenli ortamda organik maddelerin bakteriyel parçalanmasıyla oluşur; 1 m<sup>3</sup> metan hidrattan 164 m<sup>3</sup> metan çıkar.



## Ham Doğal Gazın Uygulanan Prosesler

Doğal gaz elde edildiği haliyle kullanıma verilemez. Ticari kullanım amaçlı doğal gaz çoğunluğu metan olan ve bir miktar da etan içeren bir gaz karışımıdır. Hidrokarbon bileşimi ne olursa olsun kuyudan çıkarılan doğal gaza, su buharı ve katı partikül maddeleri uzaklaştırmak için ön prosesler uygulanır.

Tüketiciye verilen doğal gaz hemen hemen saf metandır. Doğal gaz atmosferik basınçta  $-260^{\circ}\text{F}$  dolaylarına kadar soğutulduğunda sıvılaşır; buna “Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG)” denir. LNG özellikle doğal gazın taşınmasında çok avantajlıdır.



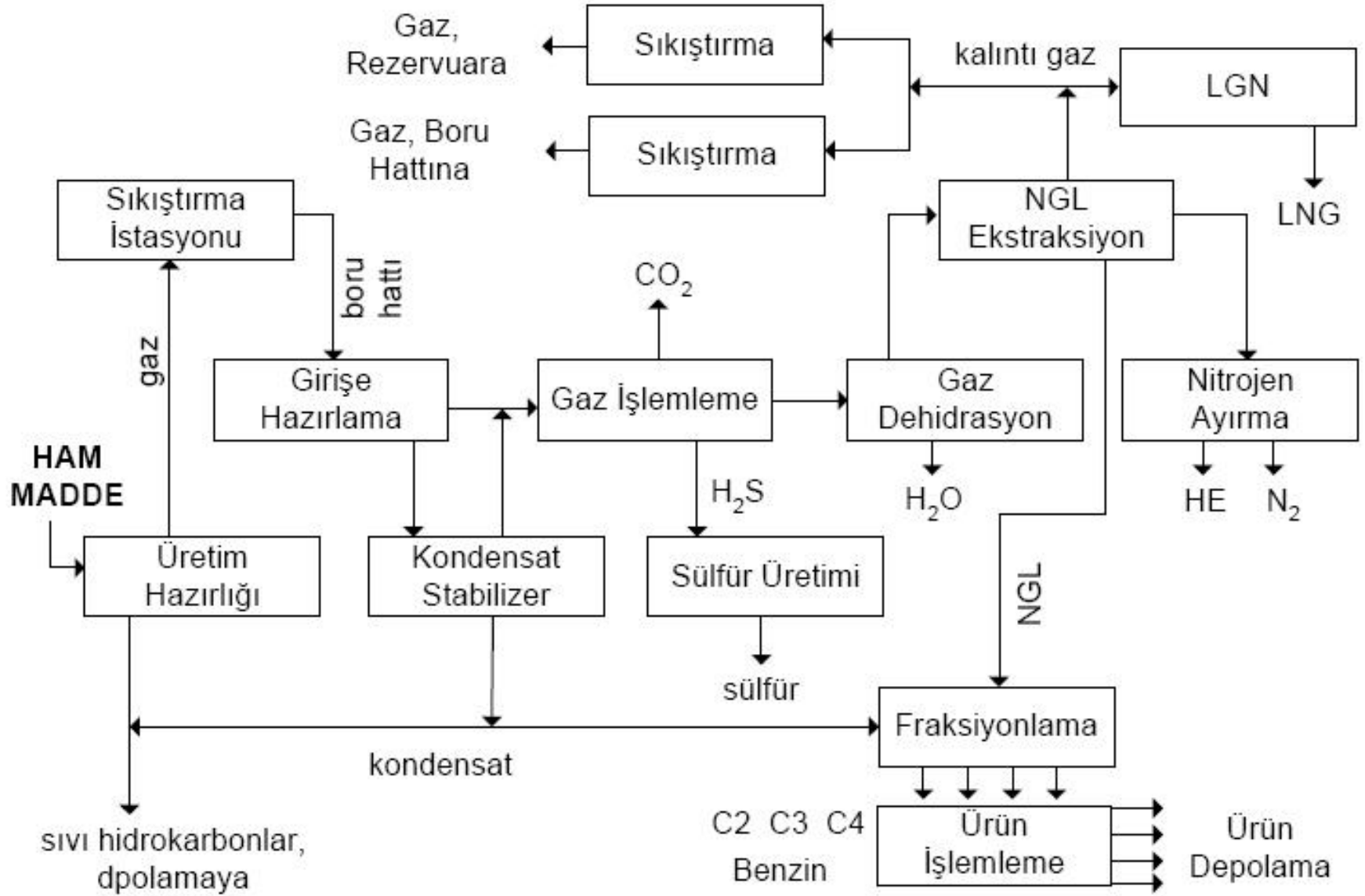
## Doğal Gazın Saflaştırılması

Doğal gazın saflaştırılması 4 prosese dayanır.

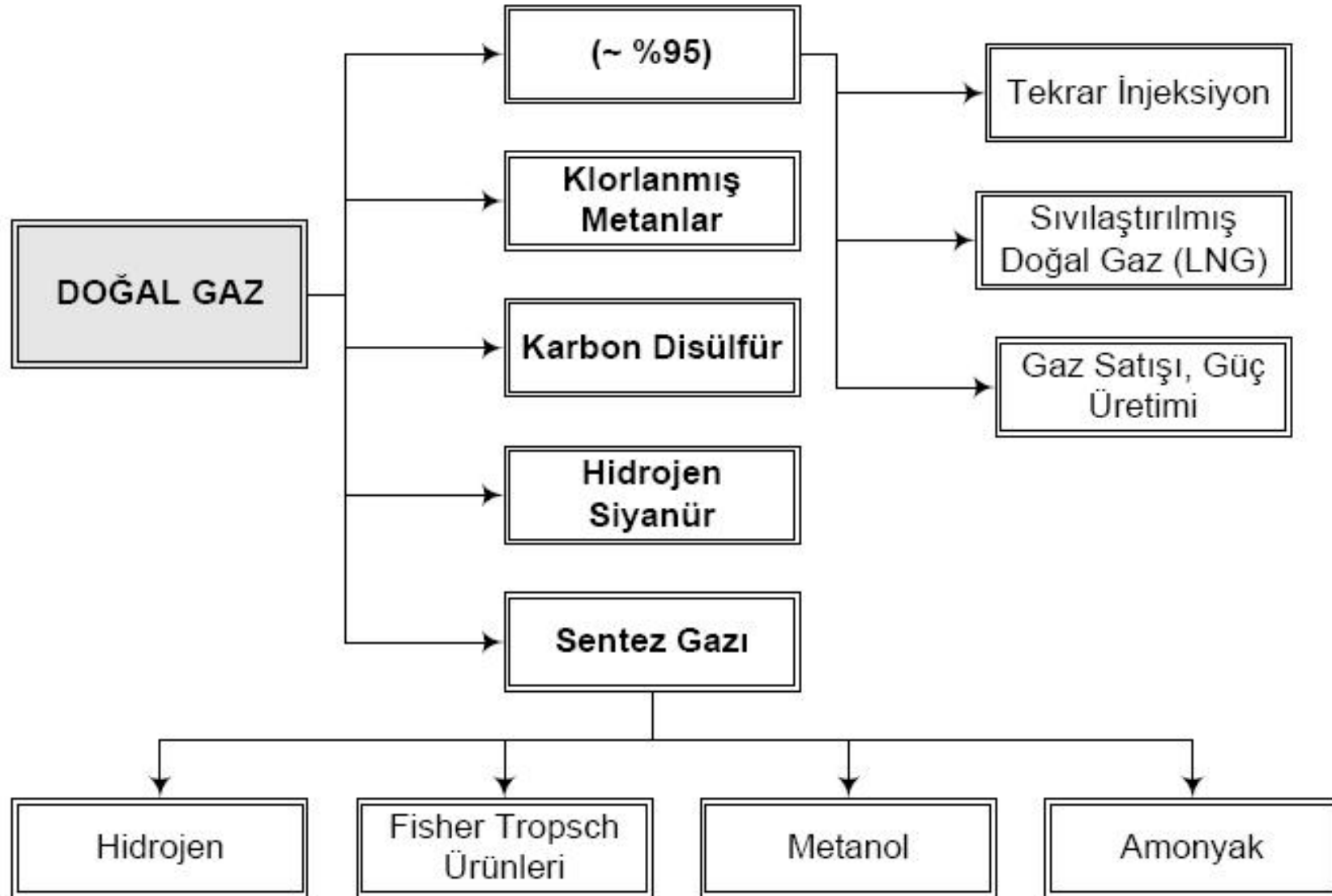
- 1. Kondensat ayırma:** Ham petrol yeryüzüne çıkarılırken üzerindeki basınç kalkacağından, gaz ve petrolün birbirlerinden ayrılması oldukça kolaydır. İşlem basit bir kapalı tanktan oluşan bir separatörde yapılır. Ayırma hafif (doğal gaz gibi) ve ağır hidrokarbonların (petrol) gravite farkıyla gerçekleşir. Bunu takiben gaz ve sıvı fazlar ayrı yollardan gerekli proseslere verilirler.
- 2. Sülfür ve karbon dioksit ayırma:** Doğal gazdaki asit gazlar hidrojen sülfür ve karbon dioksittir; bunlar, doğal gazın, bazik bileşiklerle işlemlendirilmesiyle uzaklaştırılırlar.
- 3. Su ayırma:** Doğal gazda nemin belirli seviyelere indirilmesi hidrat oluşumuna engel olmak bakımından önemlidir. Ham doğal gazda su serbest sıvı veya buhar halinde bulunur. Serbest sıvı suyun ayrılması basittir, ancak gaz çözeltisinde bulunan su buharının uzaklaştırması karmaşıktır (dehidrasyon). Dehidrasyon işleminde uygulanan iki proses absorpsiyon veya adsorpsiyon prosesleridir. Su buharının bir dehidrasyon maddesi ile çekilmesi absorpsiyon, yoğunlaşarak bir yüzey üzerinde toplanması da adsorpsiyon prosesidir.
- 4. Doğal gaz sıvılarını (NGL) ayırma:** Ham doğal gazla bir arada bulunan ve doğal gazın saflaştırılmasıyla elde edilen “Doğal Gaz Sıvıları (NGL)” çok değerli yan ürünlerdir. Bunlar; etan, propan, bütan, izobütan ve pentandan oluşan hidrokarbonlardır.

Bunlardan bazıları sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), bazıları da doğal benzin bileşenleridir.

## Doğal Gazın Saflaştırılma Şeması



## Doğal Gazdan Elde Edilen Ürünler



Üretilen doğal gazın ~%95'i

- Tekrar petrol kuyularına enjeksiyonda,
- Elektrik üretiminde; güç ünitelerinde yakıt olarak,
- Yerleşim bölgelerinde ve ticari kuruluşlarda çeşitli amaçlı yakıt olarak,
- Endüstride buhar üretimi ve ısıtma operasyonlarında
- Diesel motorlarında alternatif yakıt olarak ,
- Yakıt hücrelerinde (Fuel Cells) elektrik üretiminde kullanılır.

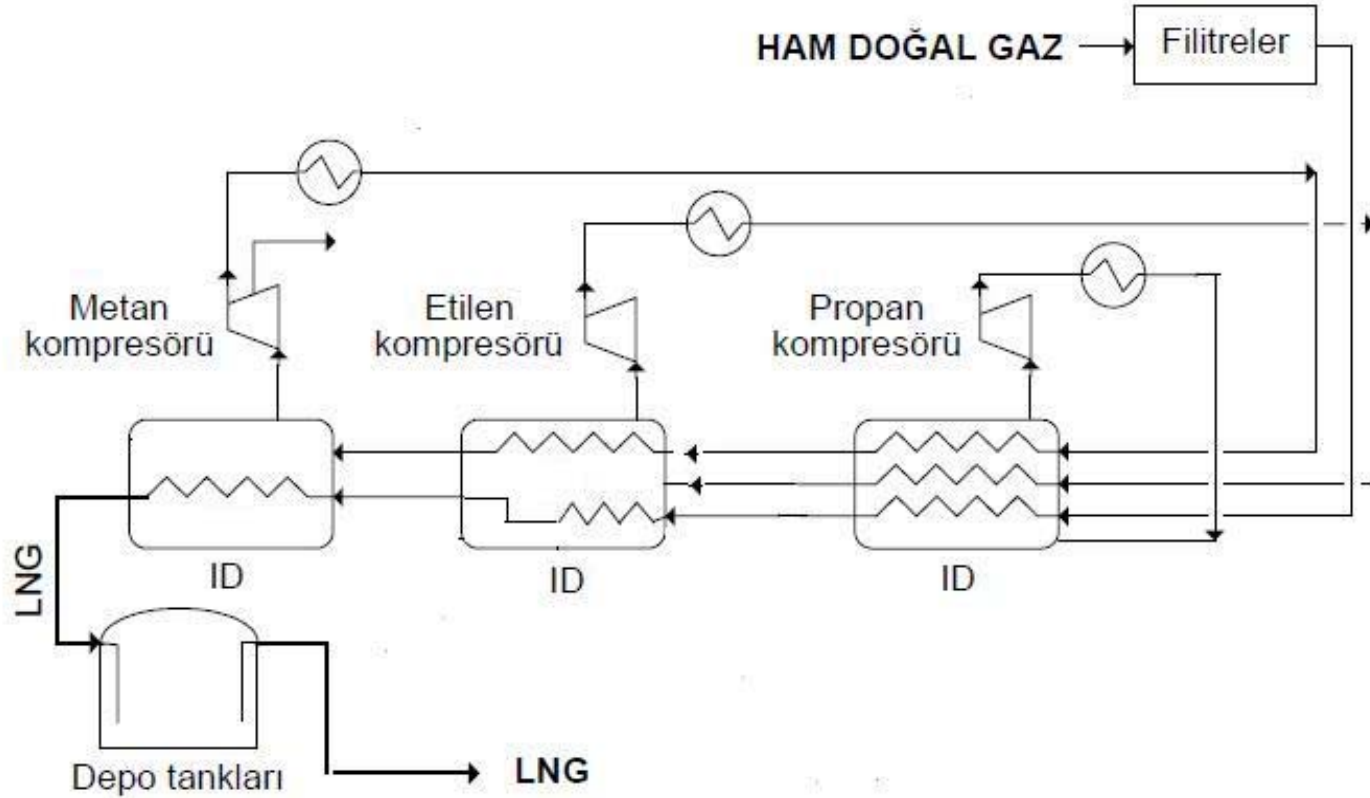
Kalan %5 kadarı da çeşitli kimyasal ve petrokimyasal maddelerin üretiminde kullanılır.

## Doğal Gazın Sıvılaştırılması (LNG)

Sıvılaştırma işleminde iki yöntem uygulanır;

**Genleşmeli Çevrim Prosesi :** Doğal gazın bir kısmı yüksek basınçtan düşük basınca genişletilir, gazın sıcaklığı düşer ve ısı değiştiriciler vasıtasıyla bu soğuk gaz, gelen doğal gazı soğutur. İşleme metanın sıvılaşma sıcaklığına ulaşıncaya kadar benzer şekilde devam edilir.

**Mekanik Soğutma Çevrimi Prosesi (Cascade Prosesi):**



(ID: ısı değiştirici)

Üç ayrı sıvı soğutucu kaskat bir çevrim içinde bulunur;

- Propan
- Etilen
- Metan;

Bu sıvılar buharlaşırken gereken ısıyı, sıvılaştırılacak doğal gazdan alırlar. Soğutucu gazlar tekrar sıkıştırılır, soğutulur ve sıvı soğutucular olarak çevrime geri alınırlar.

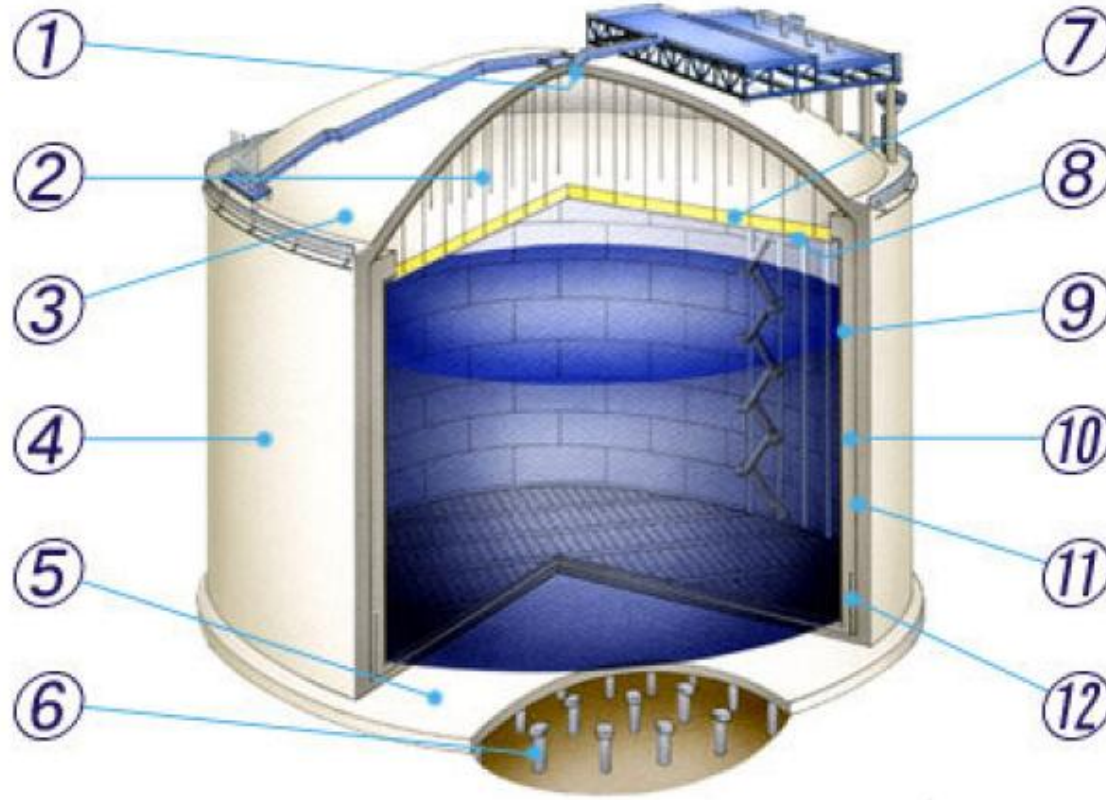
### **Doğal Gazın Depolanması**

Doğal gaz depolaması iki genel grup altında toplanabilir;

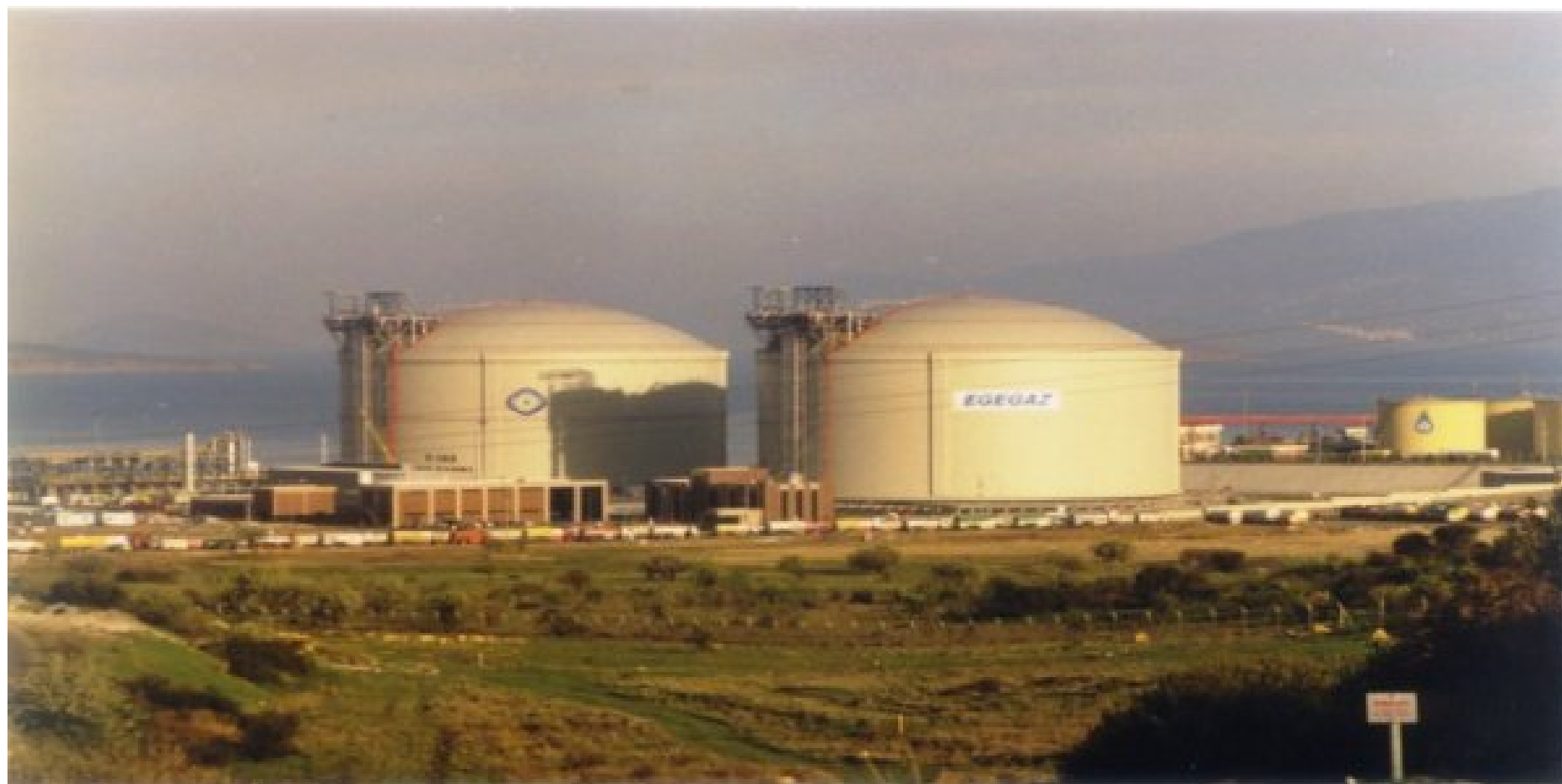
- Gaz halinde depolama,
- Sıvılaştırılmış halde depolama.

**Gaz Halinde Depolama:** Doğal gaz genellikle doğal yeraltı rezervuarlarında depolanır. Yeraltı depolamasına uygun olan oluşumlar önce depo olarak kullanılmak üzere şartlandırılır. Sonra doğal gaz enjekte edilir ve fazla gaz alması için basınçlandırılır. Bu durumda yer altı oluşumu basınçlı bir depo tankı haline gelir.

**Sıvılaştırılmış Halde (LNG) Depolama:** LNG daha az yer kaplaması nedeniyle gerek depolamada ve gerekse taşımada tercih edilir. LNG yerüstü veya yeraltına gömülü değişik kapasitedeki büyük tanklarda depolanır.



1. Çatı Astarı
2. Asma Çubuklar
3. Beton Çatı
4. Yan Duvarlar
5. Taban Plakası
6. Destekler
7. Çatı Yalıtımı
8. Asma Tavan
9. İç Kabuk
10. Yan Duvar Yalıtımı
11. Yan Yüzey Astarı
12. İkincil Bariyer



## **Doğal Gazın İçten Yanmalı Motorlarda Kullanımı**

**CNG (Compressed Natural Gas):** Minimum 2 bar maksimum 20 bar basınçta doğal gaz şebekesinden gelen gazın CNG kompresörü ile 200 bar basınca sıkıştırılarak çelik tüplerde depolanması.

### **Avantajları:**

- Benzin ve motorine göre ucuzdur. Bu sebeple özellikle benzinin yakıt ekonomisini karşılar veya geçer.
- Artık bırakmadan yanar. Bu sebeple benzinli motorlarda buji değişim aralıkları uzun olur.
- Gaz fazında olduğu için yağlama yağına karışmaz bu sebeple daha uzun periyotlarla yağ ve yağ filtresi değiştirilir (benzine ve motorine göre 2 katı).
- Silindir cidarlarında C birikimine sebep olmaz.
- Egzoz sistemi uzun ömürlü olur.
- Güvenli bir yakıttır. Herhangi bir kaza anında havadan hafif olduğu için çabukça dağılır. Benzin ve diesel yakıtından farklı olarak havada sadece sınırlı konsantrasyon aralığında (%5 – %10) yanabilir.
- En az kirletici emisyon yayan yakıttır. (sera gazı hariç)

### **Dezavantajları:**

- Dolum istasyonları yaygın değildir ve kurulması pahalıdır.
- Büyük hacimli yakıt tüpleri fazla yer kaplar ve bagaj hacmini küçültür.
- Taşınması sıvı HC yakıtlara göre daha zor ve pahalıdır. Çünkü yüksek basınç , düşük sıcaklık, kompresörler, soğutucular ve ağır kaplar gerektirir.
- Metanın ( $\text{CH}_4$ ) sera etkisi  $\text{CO}_2$ 'e göre 20 kat daha kötüdür.
- Taşıtlardaki dönüşüm maliyetleri özellikle diesel motorlarında daha yüksektir.
- Motor performansında düşüşe neden olur.
- Gerek depolama gerekse düşük enerji yoğunluğundan dolayı benzin ve motorin ile aynı depolama hacmine sahip doğal gaz kullanılan taşıtların kat edebilecekleri menzil daha azdır.



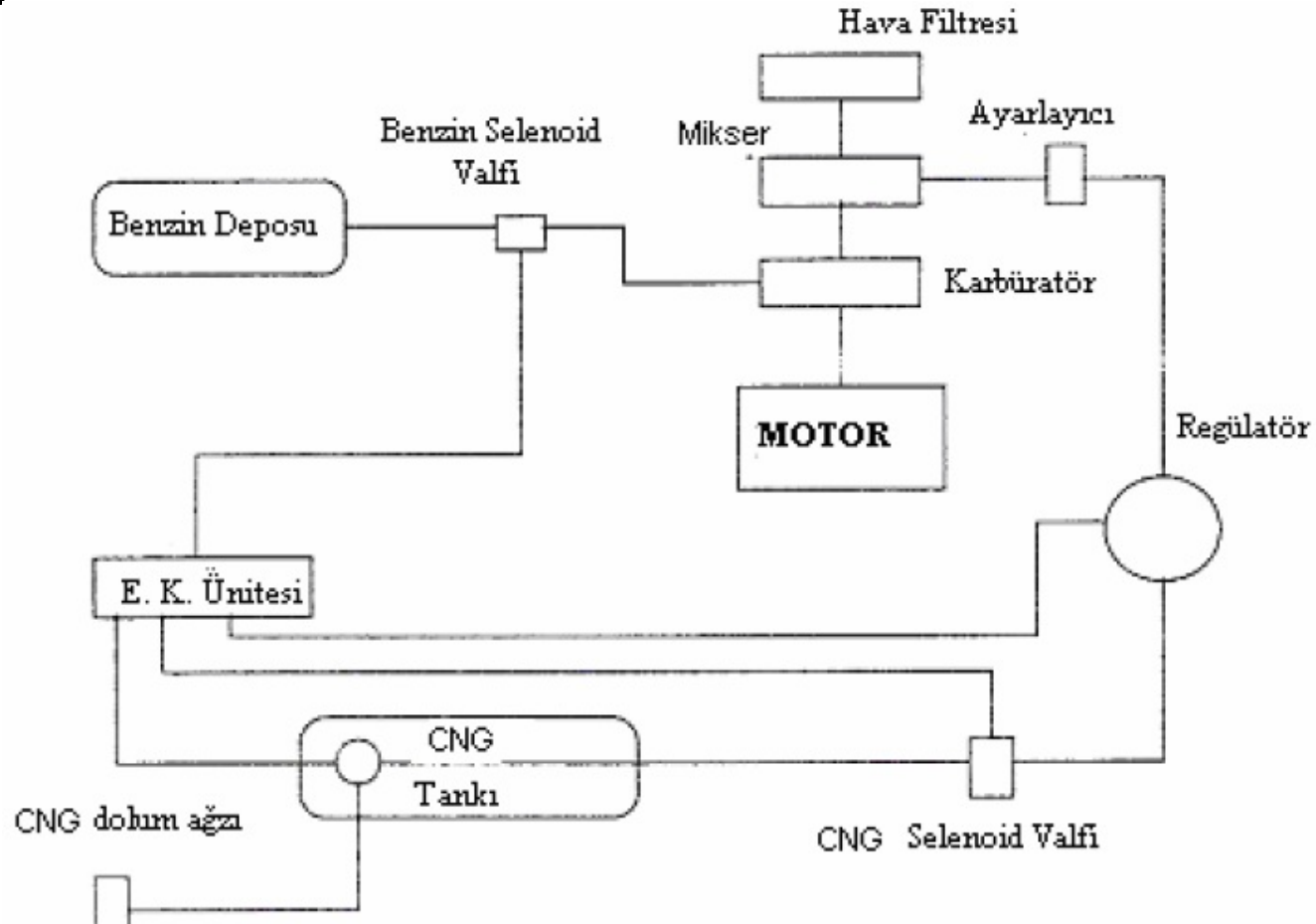


## Benzinli Motorlarda Kullanılan CNG Sistemleri

CNG Karbürasyon Sistemi  
(Karbüratörlü Motorlarda)  
**CNG Karbürasyon Sistemi**

Elektronik Kontrollü CNG Sistemleri  
(Tek Noktadan Enjeksiyon)

CNG Püskürtme Sistemleri  
(Çok Noktadan Enjeksiyon)



Bu mekanik sistemler;

- Elektromagnetik CNG açma-kapama valfi,
- Basınç regülatörü,
- Karışım ünitesinden meydana gelir.

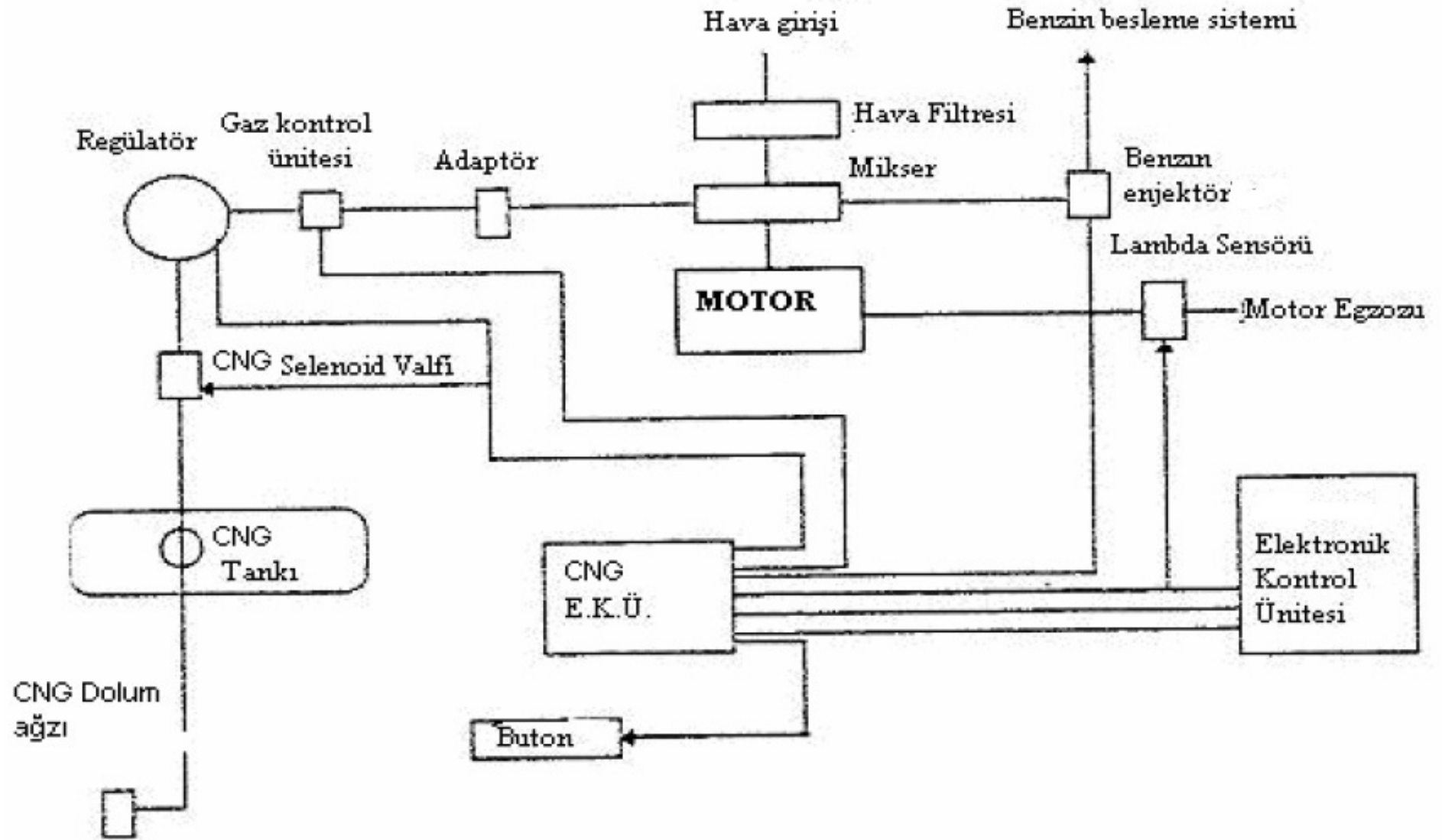
Bir çift yakıtlı taşıta bu sistem kullanıldığında benzin hattına ayrıca bir elektromanyetik açma-kapama valfi de yerleştirilir.

CNG ile çalışma durumunda bu valf kapalı, benzinle çalışma durumunda ise açıktır. Basınç regülatörü motor suyu ile ısıtılır. Bu ısıtma işlemi, CNG'nin genleşmesi sıcaklıkta büyük bir düşüşe sebep olacağından dolayı, regülatörün donmasını önlemiş olur.

Regülatörden gelen CNG, karışım ünitesinde hava ile karışır.

Karışım ünitesi karbüratörün altında veya üstünde bir yere yerleştirilebilir. Buradan kuru gaz/hava karışımı olarak motor içine emilir.

## Elektronik Kontrollü CNG Sistemleri



Bu sistemlerde gaz akışının ayarı basınç regülatörü ve karışım ünitesi tarafından gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte analog veya dijital olarak kontroller yapılmaktadır. Bu Sistem Emme manifolduna püskürtme yapar ve lambda sensörü ile 3 yollu katalitik konvertör içeren taşıtlarda kullanılır.

Bu sistem bir standart basınç regülatörü ve karışım ünitesi ile birlikte çalışır.

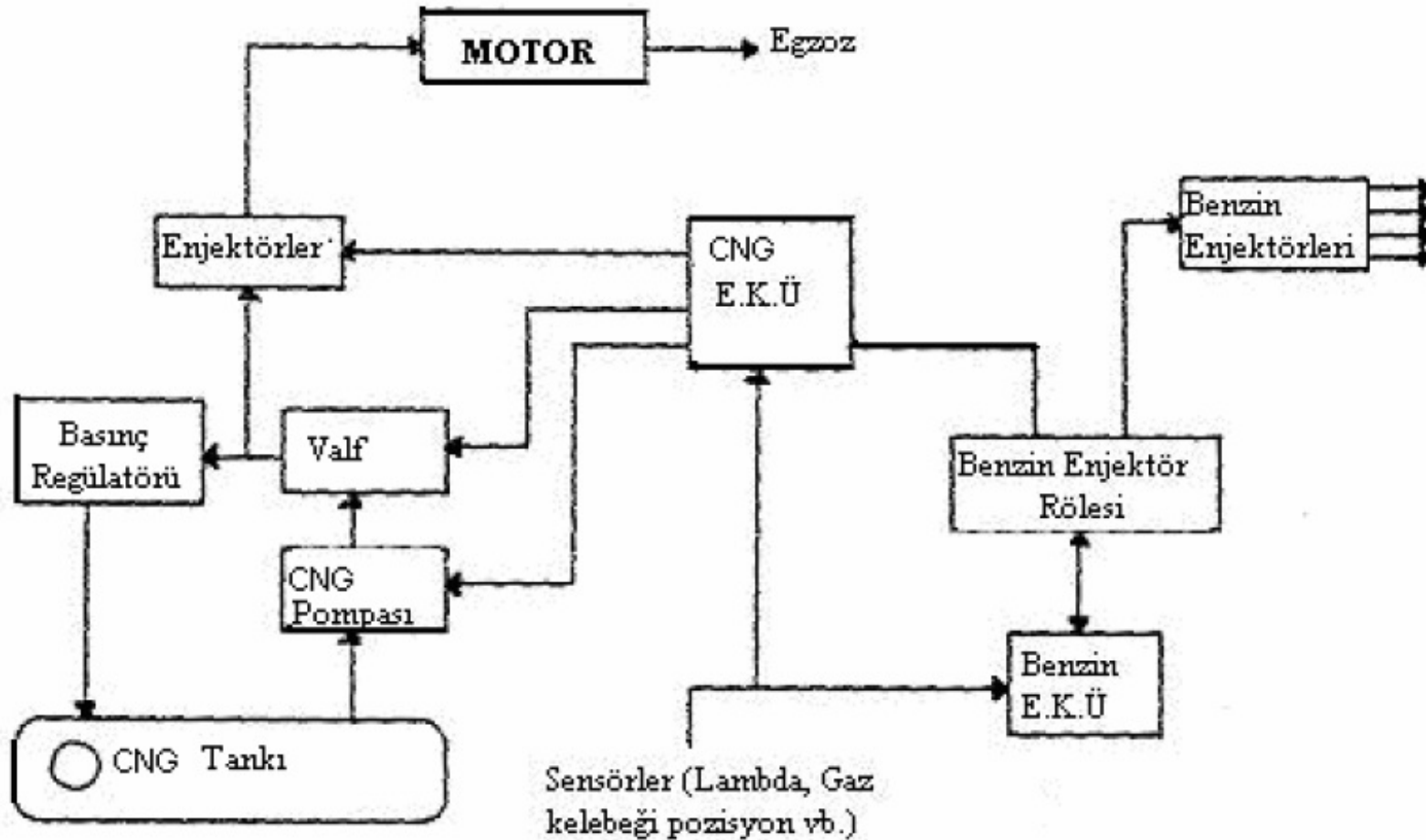
Mikroişlemciye giriş sinyalleri, motor devri, manifold basıncı ve lambda sensöründen gelen sinyallerdir.

Mikroişlemci bir dijital lineer actuatoru (DLA) kontrol eder. Bu actuator (stepmotor) basınç regülatörü ile karışım ünitesi arasında kuru gaz hortumu içerisine yerleştirilen değişken memeyi ayarlar.

## CNG Püskürtme Sistemleri

Çok noktalı CNG sistemleri doğal gazı sıvı veya gaz fazda emme kanalına (emme supapı üzerine doğru) veya yüksek basınçta doğrudan silindire püskürtebilirler.

CNG'nin gaz fazında püskürtüldüğü çok noktalı elektronik püskürtme sisteminde, tek noktadan püskürtmede karşılaşılan geri tepme (karışımın emme manifoldunda yanması) olayına rastlanmaz.



Bu sistemde tanktan gelen CNG bir iki kademeli basınç regülatöründen geçirilir. Burada aşırı basınç do rultularak kontrol edilir. Bir gaz ayarlama  nitesi ile eşit miktarda yakıtın silindirlere gönderilmesi sağlanır.

Daha sonra CNG, her silindirin emme supabının üstüne doğru bir enjektörden püskürtülür.

Benzinle m kemm l bir Şekilde motor çalıştırılır ve daha sonra bir seçici anahtar yoluyla ikinci yakıt tipine geçilir.

CNG püskürtme sistemi mikroŐlemci kontrollü olup kendi kendine öğrenme sistemine sahip ve ayar gerektirmeyen tiptendir. MikroŐlemci özellikle manifold emme basıncı ve motor devir sinyaline göre hareket eder. Ayrıca diğer parametreler de gaz kelebeği pozisyonu, lambda sensör, giriş havası su ve yakıt sıcaklıkları da kullanılır. MikroŐlemci gaz  l me birimi üzerine monte edilen dijital lineer ayarlayıcı kontrol eder. Dijital lineer ayarlayıcı püskürtülen yakıtın gerçek miktarını ayarlar.

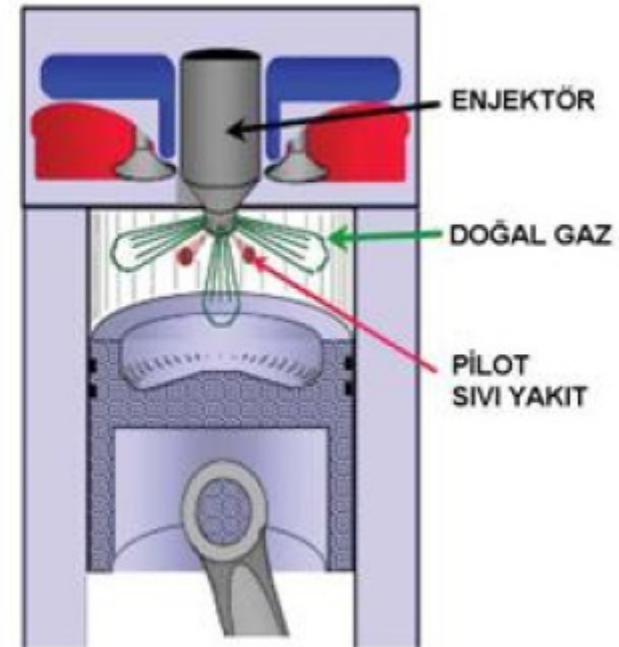
## Diesel Motorlarında Doğal Gaz Kullanımı

İki şekilde kullanılır;

**Motor Modifikasyonu:** Diesel motoru benzinli motor çalışma biçimine dönüştürülür. Bir ateşleme sistemi yerleştirilir ve sıkıştırma oranı düşürülür. Pahalı bir yöntemdir. Bu sebeple tercih edilmez.

**Çift Yakıt Uygulaması:** Doğal gaz emme havasına karıştırılarak silindire gönderilmekte, sıkıştırma sürecinin sonunda silindire püskürtülen pilot diesel yakıtıyla tutuşma sağlanmaktadır. Bu tip motorlarda motor hem çift yakıtla çalıştırılabilirken hem de istenildiğinde sadece diesel yakıtı ile de çalıştırılabilmektedir.

Çift yakıt uygulamasında doğal gazın emme havasına karıştırılarak kullanılmasının yanı sıra çift yakıt enjektörleri ile direkt olarak silindir içine püskürtülerek kullanılması da mümkündür.



## **Doğal Gaz Kullanımının Diesel Motorlarında Egzoz Emisyonları ve Güce Etkisi**

Doğal gaz motorlarında kirletici emisyonları azaltabilmek için iki farklı prensip düşünülmüştür.

1. Fakir Karışimli Doğal Gaz Motor
2. Stokiometrik Karışimli Doğal Gaz Motoru

**1. Fakir Karışimli Doğal Gaz Motoru:** Hava fazlalık katsayısı 1.5 – 1.6'ya kadar çıkabilmektedir. Bu durumda NOx'lerde büyük oranda azalmalar olur. Ancak fakir karışımda motor gücü azalır. Fakir karışimli motorlarda ön yanma odaları kullanılarak alevin yanma odası içerisindeki yolu kısaltılabilir ve böylelikle yanma hızı normal değerine kadar yükselir. Fakir karışımların güç düşürücü etkisini azaltmanın bir başka yöntemi de aşırı doldurmadır. Sonuç olarak motorun güç ve verimi artar.

**2. Stokiometrik Karışimli Doğal Gaz Motoru:** Bu durumda maksimum güç elde edilebilmektedir. Ancak bu karışım oranında NOx emisyonu maksimum değerdedir. Egzoz gazı resirkülasyonu (EGR) veya üç yollu katalizör kullanılarak egzoz emisyonu değerleri düşürülmektedir.

Fakir karışimli yüksek yanma hızlı motorlarda; stokiometrik karışım oranlı motorlara göre yakıt tüketimi %15-20 daha azdır.

Doğal gaz taşıtlarda kullanıldığında, partikül emisyonlarında geleneksel diesel yakıtlı motorlara oranla %65-90 azalma sağlamaktadır.

Doğalgazın ağır vasıtalarda kullanımı, diesel motorların iyi bilinen problemlerinden biri olan NOx'lerde %67'ye kadar azalma sağlamaktadır.