

İçten Yanmalı Motorlarda LPG Kullanımı

Avantajları

- Soğuk havalarda ilk hareket kolaylığı vardır.
- Egzoz emisyonları benzine göre daha düşüktür.
- C birikimine sebep olmaz yani kullanılan sistemin bakımı azdır.
- Silindirlere daha eşit yakıt dağılımı olur.
- Oktan sayısı yüksektir.
- Yanma daha verimlidir.
- Fakir karışımlarla da çalışmaya müsaittir.
- Yağlama yağı daha uzun ömürlü olur.
- Yanma odasında daha az artık madde bırakır.
- Yakıt fiyatı ekonomiktir.
- Benzine göre ozon tabakasına % 30 daha az zarar verir.
- Temiz yanması buji kirlenmesini geciktirir, kirlenmeden dolayı yanma verimini düşürmez.
- Egzoz sistemi daha uzun süre dayanır.
- Kolay sıvılaşır bu sayede kolay depolanabilir.

Dezavantajları

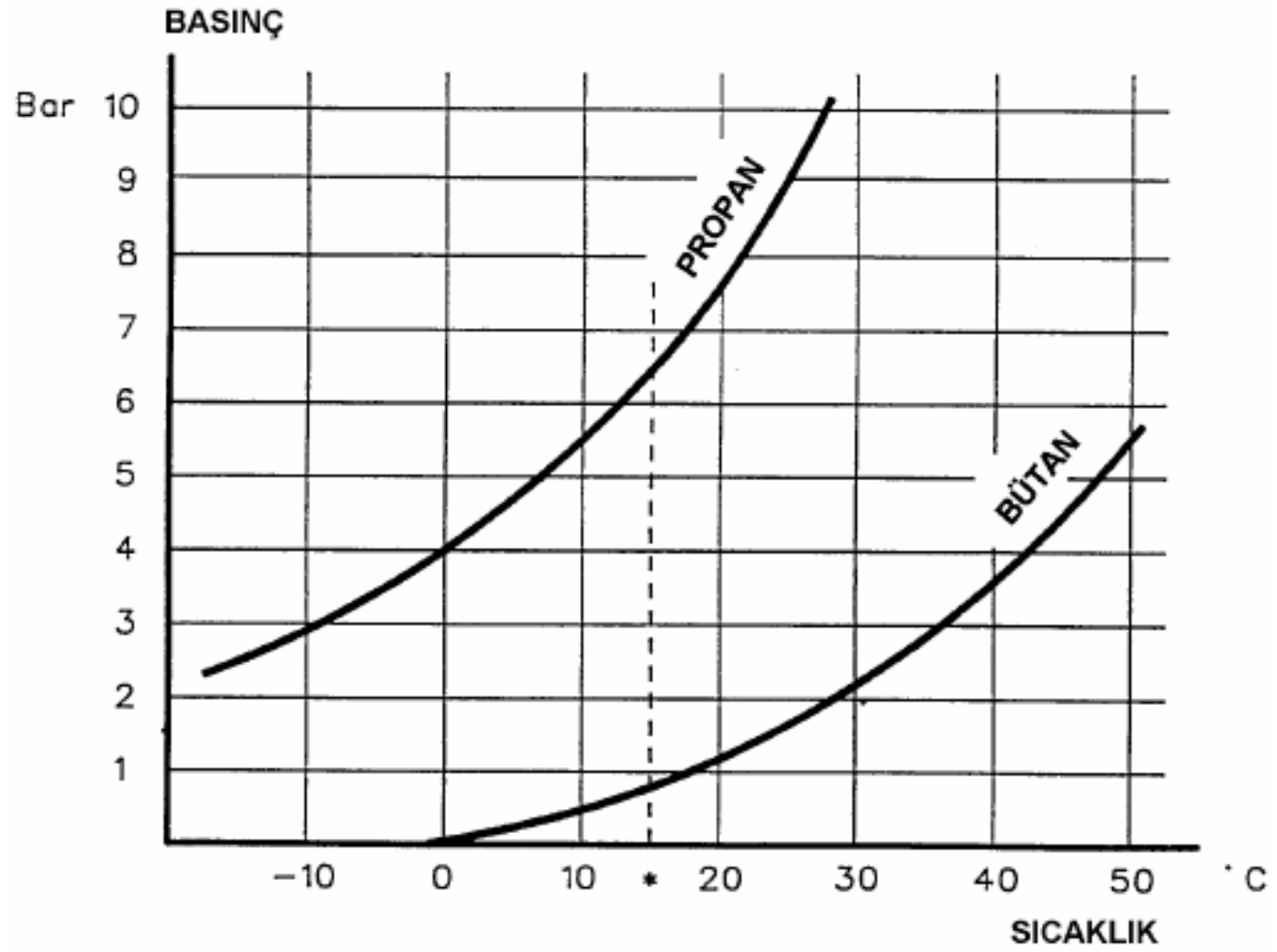
- Yakıt tankının ağır oluşu, dönüşüm yapılan araca ilave ağırlık oluşturur.
- Yakıt tankından dolayı bagaj hacmi küçülür.
- Motor gücünde yaklaşık % 5 – 10 azalma olur. (Aynı sıkıştırma oranında)
- Yakıta katkı maddesi ilavesi mümkün değildir.
- LPG dönüşümü ek maliyet getirir. Ekonomik yönden avantaj sağlanabilmesi için taşıtın yılda yaklaşık 20.000 km yol yapması gerekir.
- Setan sayısı düşük olduğundan diesel motorlarında kullanıma uygun değildir.

LPG ve Benzinin Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması

Özellik	Propan	Bütan	Benzin
Özgül Kütle (15°C'ta) [kg/l]	0.508	0.584	0.73 – 0.78
Kaynama Noktası [°C]	-43	0	30
Buhar Basıncı (37.8°C'ta) [bar]	12.1	2.6	0.5 – 0.9
RON	111	103	95 - 98
MON	97	89	85 - 87
Alt Isıl Değer [kJ/kg]	46.100	45.460	44.030
Stokiometrik Yakıt-Hava Oranı	15.8	15.6	14.7

- Propan ve bütanın farklı kaynama noktalarına sahip olması yani atmosfer basıncında gaz fazdan sıvı fazına farklı sıcaklıklarda geçmesi depolamada iklim koşullarına göre farklı karışım oranlarının uygulanmasını gerektirir.
- Özellikle soğuk iklimlerde karışım içindeki propan oranı arttırılarak sıvı fazdan gaz faza geçiş kolaylaştırılır. Karışımın propan/bütan oranına bağlı olarak LPG'nin buhar basıncı da değişir.

ÜLKE	Propan/Bütan Oranı	
	Yaz	Kış
Belçika	30/70	50/50
Almanya	Propan	
Danimarka	50/50	70/30
İngiltere	Propan	
Avusturya	20/80	80/20
Hollanda	30/70	70/30
İsveç	50/50	Propan
İsviçre	Propan	



- Benzinin kaynama sıcaklığı normal ortam sıcaklığının üzerinde olduğu için atmosfer basıncı altında sıvı fazda depolanabilirken 0°C sıcaklıkların altında buharlaşan LPG, buhar basıncının yüksek olması nedeniyle 4 ile 10 bar gibi yüksek basınç altında sıvı fazda saklanabilir.
- Artan sıcaklıkla birlikte sıvı fazındaki propan ve bütanın hacmi hızla azalmakta ve basınç değerlerinde artış görülmektedir. Bu husus yakıt tanklarında emniyet açısından önem taşımaktadır.

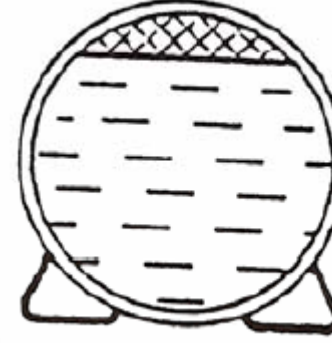
LPG'nin Depolanması :

- LPG yakıtının depolanması sırasında yakıt tankları, LPG'nin buhar basıncı nedeniyle tamamen doldurulmamalıdır.
- Tanklar yüksek kaliteli çelikten yapılmalı ve genelde üç parça su altı ark kaynağı ile birleştirilmelidir.
- 45 bar hidrolik basınçta 1 dakika boyunca test edilmeli, bu süre içerisinde şişme, sızıntı, akma, çatlama ve esneklik belirtileri olmamalıdır.
- Standartlarına göre tanklar toplam kapasitelerinin en fazla %80'ine kadar doldurulmalıdır.

Sıcaklık : 15°C
Gaz : %20 (Hacim)
Sıvı : %80 (Hacim)
Basınç : 6.5 bar



Sıcaklık : 38°C
Gaz : %14 (Hacim)
Sıvı : %86 (Hacim)
Basınç : 12 bar

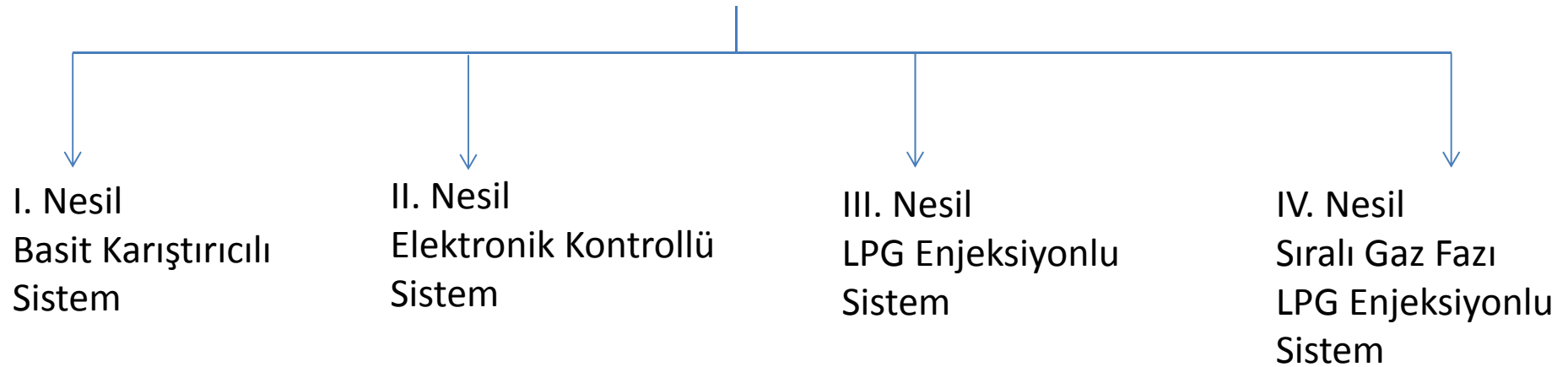


Sıcaklık : 50°C
Gaz : %9 (Hacim)
Sıvı : %91 (Hacim)
Basınç : 16.8 bar

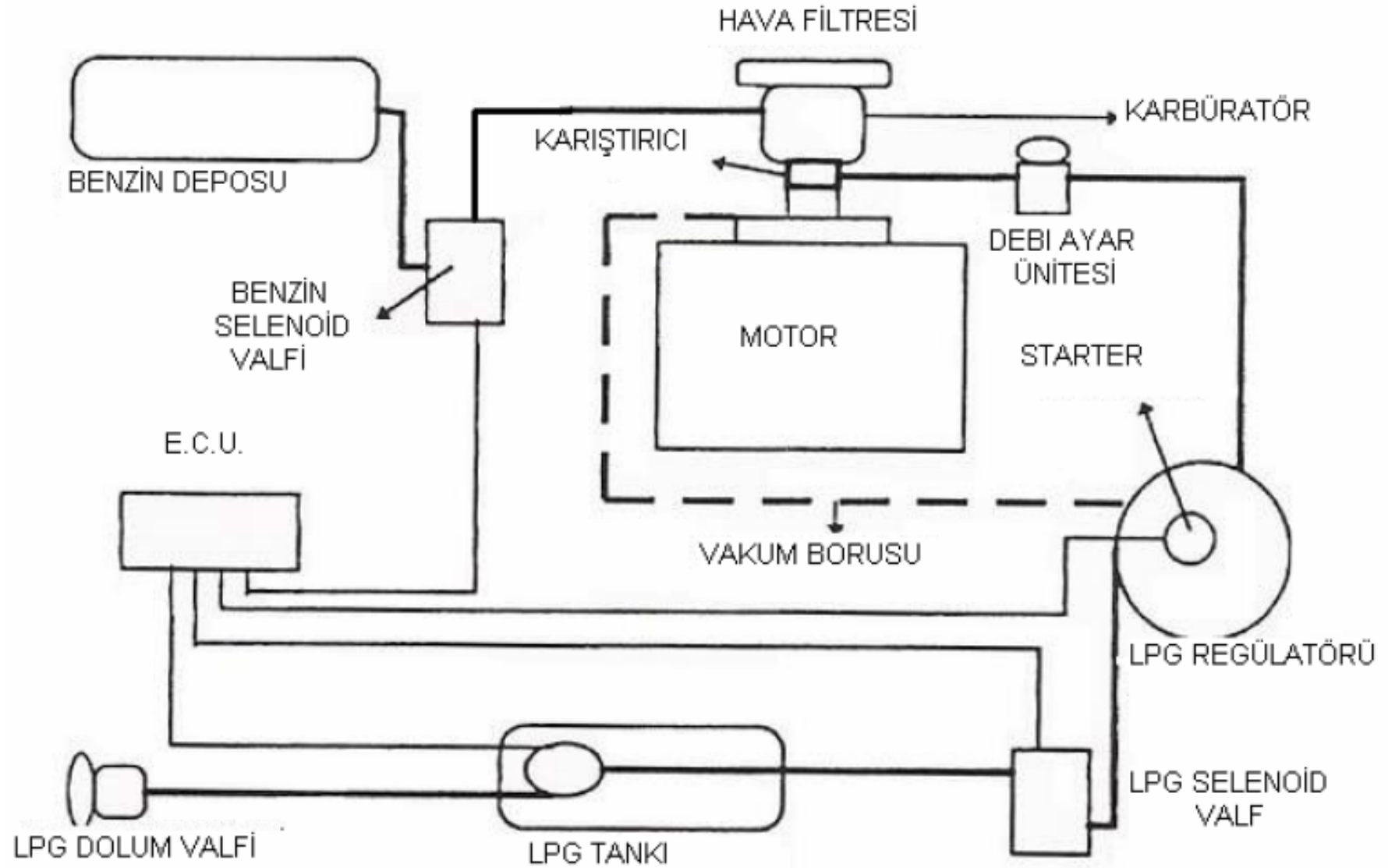


- LPG'nin oktan sayısı benzine göre daha yüksektir. Bundan dolayı yüksek sıkıştırma oranlı motorlarda kullanımıyla motor gücünü artırır. LPG yakıtını meydana getiren propan ve bütan gazların karışım içindeki oranları LPG'nin oktan sayısını belirler

Benzinli Motorlarda Kullanılan LPG Sistemleri



I. Nesil Basit Karıştırıcılı Sistem (Karbüratörlü Motorlar için)

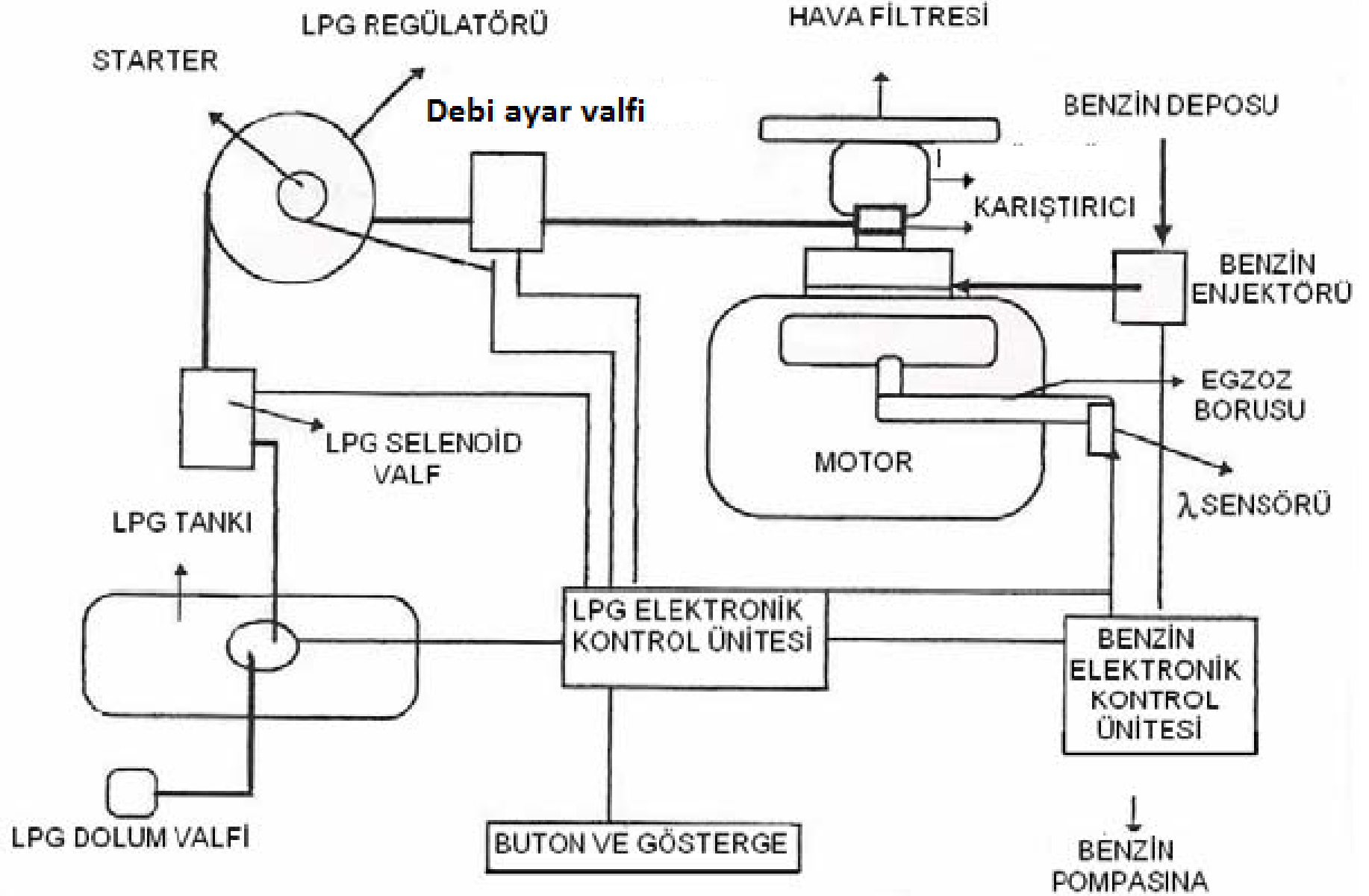


- Yakıt deposundan sıvı halde alınan yakıt, bir buharlaştırıcı regülatör (yüksek basınçta gelen LPG'nin atmosferik basınca dönüşmesini ve sıvı halindeki LPG'yi, motor soğutma suyunun sıcaklığından faydalanarak gaz haline dönüştürür) yardımıyla emme manifoldunda yer alan bir gaz karıştırıcıya (gaz karbüratörü) gönderilerek hava ile karıştırıldıktan sonra silindirlere yollanmaktadır.
- Birinci nesil LPG sistemleri regülatörün aldığı sinyale göre vakumlu veya elektronik olarak ikiye ayrılmaktadır. Elektronik tipinde regülatörden karbüratöre giden hat kontak ile birlikte çalışır. Gaz hattı açık olsa bile selenoid valf ile gazın motora akışı kesilir. Vakumlu tiplerde sadece motor çalıştığında(manifoldda vakum oluştuğunda) regülatör devreye girer.

Dezavantajları:

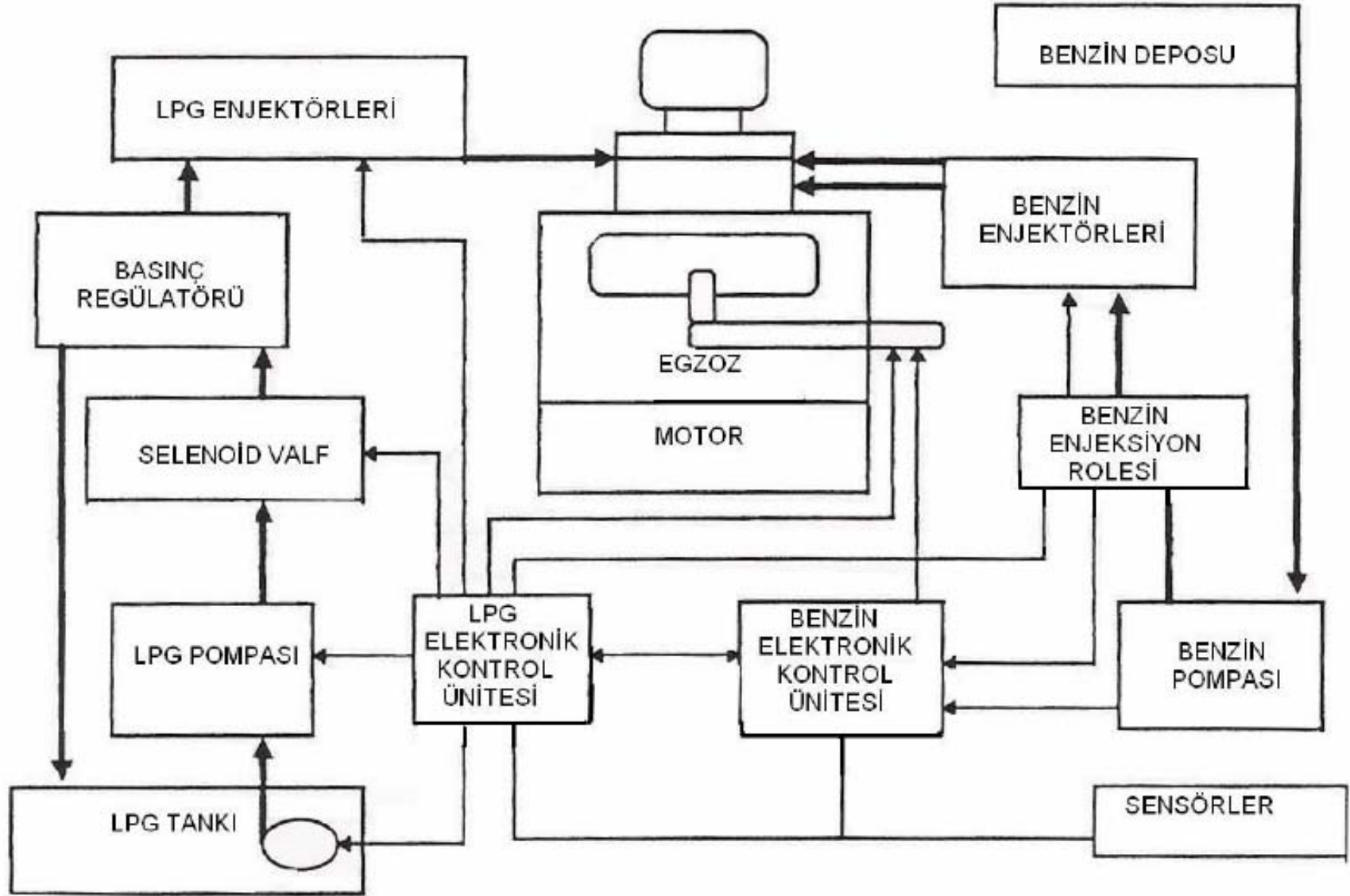
- Motor yükü arttıkça giderek zenginleşen bir yakıt-hava karışım oranına sebep olur.
- Hava fazlalık katsayısı, karıştırıcının (gaz karbüratörünün) sağladığı sınırlar dahilinde değişmekte ve hava fazlalık katsayısını sabit tutmak mümkün olmamaktadır.
- Ralanti, kısmi ve tam yük için karışım oranı ayarı ayrı ayrı yapılabilmektedir. Sistemin düşük sürüş performansı ve karışımın fakire ayarlanması durumunda geri tepme eğilimi vardır. Sürüş performansını iyileştirmek ve geri tepme eğilimini azaltmak üzere karışım zenginleştirildiğinde ise, emisyonlar ve LPG tüketimi artmaktadır.

II. Nesil Elektronik kontrollü Sistem



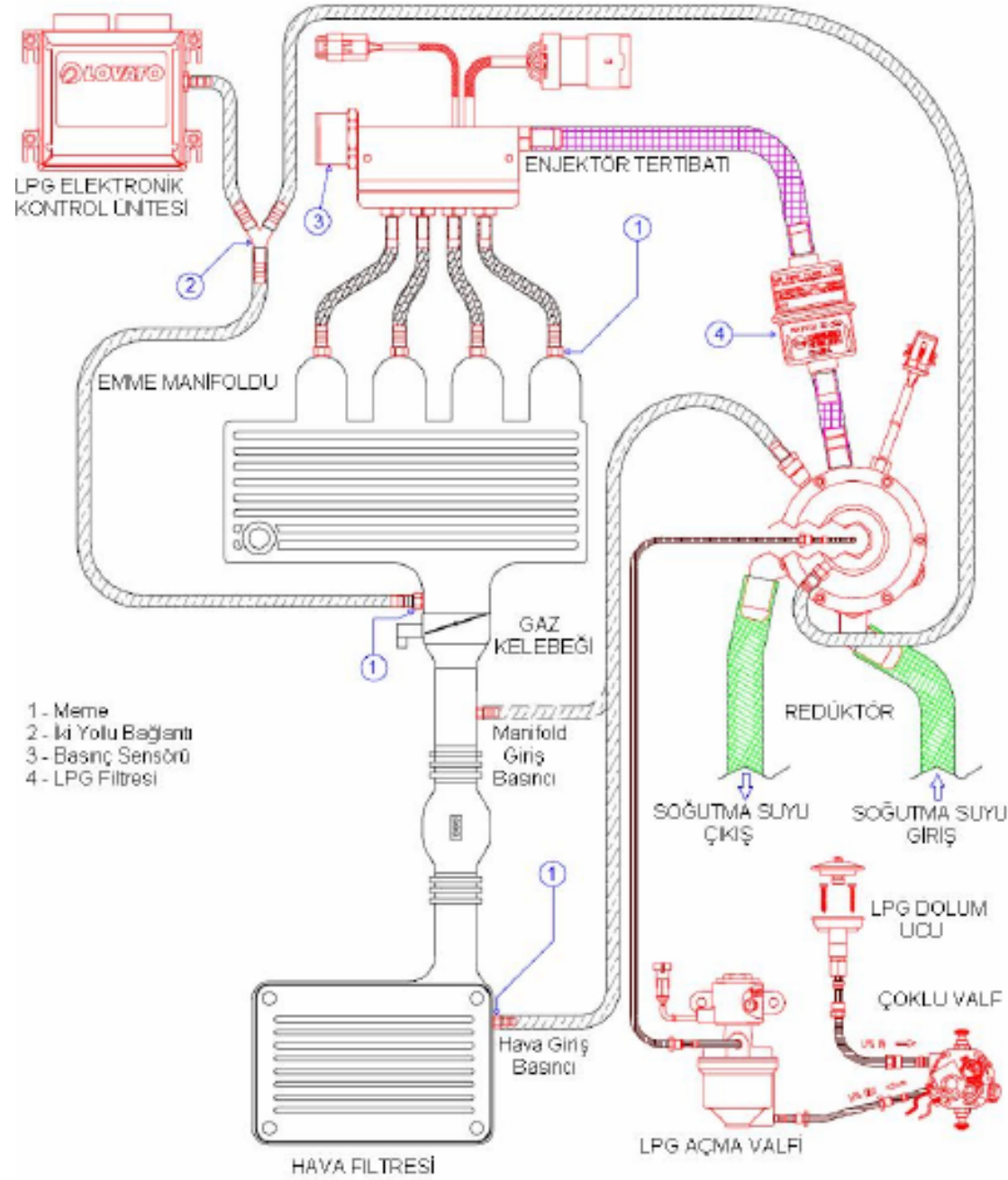
- Egzoz gazları içerisindeki oksijen miktarı λ sensörü ile ölçülerek, elektronik kumanda ünitesi yardımı ile yakıt miktarı regülatörde uygun şekilde düzeltilmektedir. Böylece hava fazlalık katsayısı tam stokiometrik değerde tutulabilmekte ve egzoz sistemine eklenen katalitik konvertör yardımıyla sınırları sağlanabilmektedir.
- Orijinalinde tek noktadan yakıt püskürtme sistemi bulunan taşıtlara uygulanan bu dönüşüm sisteminde, karbüratörlü taşıtlara ek olarak;
 - ✓ λ sensörü,
 - ✓ Motor devir sayısı, gaz keleşi konumu, motor sıcaklığı vb. parametreler için verici sinyallerini değerlendiren bir elektronik kontrol ünitesi,
 - ✓ Gaz debisini değıştiren debi ayar valfi, bulunmaktadır.
- Debi ayar valfi, $\lambda = 1$ şartını sağlayacak şekilde elektronik kontrol ünitesinden aldığı sinyaller ile çalışan elektrikli bir step motoru ile kumanda edilir.

III. Nesil LPG Enjeksiyonlu Sistem



- Çok noktadan enjeksiyonlu benzinli motorlarda kullanılan bir sistemdir. İlk iki nesil LPG sistemlerine göre daha komplikedir.
- Motorun ilk çalıştırılması benzin enjeksiyonu ile yapılır, daha sonra motor devri 2000 d/d ye ulaştığında sistem otomatik olarak LPG enjeksiyonlu çalışmaya geçer.
- Bu sistemlerde sıvı LPG emme supapı üzerine püskürtüldüğü için yakıtın büyük bir miktarı silindire sıvı fazda girer. I. ve II. nesil sistemlerde LPG gaz fazında silindirlere alındığından volümetrik verimde düşüş buna bağlı olarak da güçte %2 ile %5 arasında azalma olur.

IV. Nesil Sıralı Gaz fazı LPG Enjeksiyon Sistemi



- Tek başına komple bir yakıt sistemidir.
- Sistem kontrol sinyallerini kendine ait ayrı bir Elektronik Kontrol Ünitesi (ECU)'den almaktadır.
- Motorun her bir silindiri için ayrı bir gaz enjektörü vardır.
- Buharlaştırıcı regülatörden çıkan LPG filitre edildikten sonra sonra gaz enjektörüne gider.
- Her bir enjektör, sistemin elektronik kontrol ünitesi tarafından belirlenen miktardaki gazı diğer enjektörlerden bağımsız olarak pülverize eder. Her bir enjektörlerinin püskürtme zamanı, sistemin kendi elektronik kontrol ünitesi tarafından çok hassas olarak hesaplanır.
- Emme kanallarının yanma odalarına en yakın yerlerindeki nozullardan enjekte edilen LPG yanma odası içinde maksimum verimde yanar.

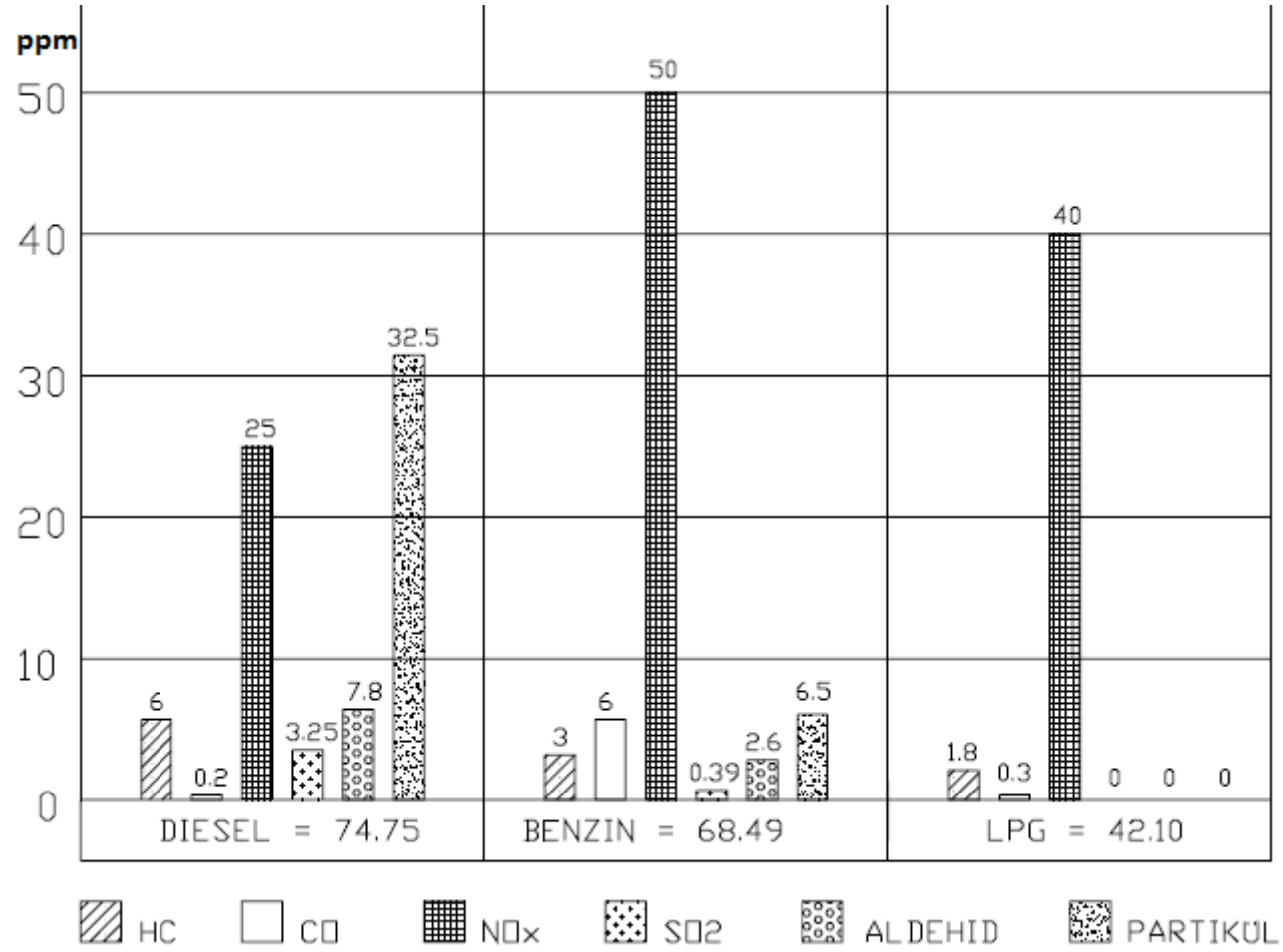
Avantajları:

- Diğer sistemlerde kullanılan karıştırıcı olmadığından benzinle çalışırken herhangi bir performans kaybı yaşanmamaktadır.
- LPG enjektörleri her bir silindir için emme supaplarının yakınına monte edildiğinden ve püskürtme emme supapının açık olduğu sırada gerçekleştiğinden geri tepme (back fire) riski oluşmaz.
- III. nesil sistemlerde LPG ile çalışma esansında benzin enjektörlerini devre dışı bırakmak için ilave bir kontrol ünitesi gereksinimi varken bu işlem IV. nesil sistemde, sistemin kendi elektronik kontrol ünitesi tarafından gerçekleştirilir.
- Benzin püskürtme sisteminin elektronik kontrol ünitesi LPG ile çalışmada fonksiyonlarını aynen devam ettirmekte motor ve araçla ilgili tüm sensörler devrede kalmaktadır.
- Sistem daha az bakım gerektirir.
- Silindirlere daha eşit yakıt dağılımını sağlar.
- Fakir karışım oranları ile de sorunsuz çalışma sağlar.
- Yüksek motor hızlarında (devirlerde) benzinle çalışmaya geçişi gerektiren sorunlara rastlanmaz.
- Daha uzun motor ömrü, daha yüksek bir performans ve daha yüksek bir yakıt ekonomisi sağlar.

LPG'nin Motor Performansına (Gücüne) Etkisi

- LPG, benzinden farklı olarak, emme zamanında tamamen buharlaştırıldıktan sonra yanma odasına gaz fazında gönderilmektedir. Bu nedenle benzine oranla silindir içerisinde daha fazla hacim kaplamakta, ancak benzine oranla daha homojen bir karışım elde edilmektedir.
- Propan/bütan oranı 50/50 mertebesinde olan LPG'nin hava ile stokiometrik karışımının alt ısı değeri 3430 kJ/m^3 'tür. Stokiometrik karışım oranına sahip benzin/hava karışımının alt ısı değeri ise 3482 kJ/m^3 'tür. Karışımın ısı değeri yönünden bakıldığında, yakıt olarak LPG kullanımı sonucunda, benzine oranla motorda kayda değer bir güç azalmasının söz konusu olamayacağı söylenebilir.
- Ancak uygulamada, LPG'nin gaz olarak emilmesi halinde volümetrik verimde ve buna paralel olarak maksimum güçte % 5-10 kadar azalma olmaktadır. Benzin püskürtmeli ve elektronik kontrollü motorlarda ise güç düşüşü tamamen önlenabilir. LPG'nin oktan sayısı benzine oranla daha yüksektir ve motor tasarımı sırasında sıkıştırma oranı yüksek tutularak motor gücü ve verimi arttırılabilir. Örneğin 1.6 litre benzinli bir motorda tam yükte 8.2 sıkıştırma oranı için 50 kW olan motor gücü, sıkıştırma oranı 12.5'e yükseltildiğinde 55 kW'a kadar artmaktadır.

LPG'nin Egzoz Emisyonlarına Etkisi



Aldehit: $C_nH_m \cdot CHO$

Eksik yanmada (hava miktarının yetersiz olduğu durum) kısmen yanmış HC'lar.

Yapılarında [karbonil grubu](#) bulunan organik bileşiklerden, karbonil grubuna bir [hidrojenin](#) bağlı olduğu [bileşikler](#).

- Benzin, diesel ve LPG emisyonlarını karşılaştırsak, tüm bu yakıtların karbonmonoksit ve azotoksitlerle birlikte yanmamış hidrokarbonlar ürettiğini, ancak kurşunun yalnızca benzin tarafından açığa çıkarıldığını görürüz.
- Yanmadaki daha zehirli ürünler olan kükürtoksit ve kurşunoksit, LPG'de bulunmamaktadır.
- LPG'nin yanmasıyla oluşan yanmamış hidrokarbonlar da, LPG'de katkı ve aromatikler olmadığı için, diğer yakıtlarınkilere oranla daha az zehirlidir.
- LPG'nin benzine göre CO emisyonlarında yaklaşık % 60, HC emisyonlarında % 30 ve NO_x emisyonlarında da % 20'lik bir azalma gözlenmektedir.

Doğal Gaz

Doğal Gazın Bileşimi

Rezervuardan çıkarıldığı haldeki doğal gaza ham doğal gaz denir; çeşitli miktarlarda ağır hidrokarbonlar (bunlar atmosferik basınçta sıvılaşır), su buharı, bazen sülfür bileşikleri (hidrojen sülfür gibi) ve hidrokarbon olmayan gazlar (karbon dioksit, nitrojen veya helyum gibi) içerir. Ham doğal gaz, çoğunlukla olduğu halde kullanılmaz.

Metan	(CH ₄)	Enerji verici gazlar.
Etan	(C ₂ H ₆)	
Propan	(C ₃ H ₈)	
Bütan	(C ₄ H ₁₀)	
Pentan	(C ₅ H ₁₂)	
Hekzan	(C ₆ H ₁₄)	

Bunların dışında az miktarlarda (hacimce %0-0.5) enerjisiz gaz olarak adlandırılan karbondioksit, helyum, hidrojen sülfür ve nitrojen de içerir.

Doğal gazın bileşimi çıkarıldığı bölgeye ve rezervuara göre değişir.

Kabaca en önemli bileşeni hacimce %70-90 arasında değişen metan ve %0-20 etandır.

Doğal gaz rafine edilerek diğer hidrokarbonlar ayrılır ve hemen hemen metan (CH₄) olarak pazarlanır.

Rafine Edilmiş Doğal Gazın Bileşimi

Bileşen	Oran [%-Hacimsel]
Metan – CH ₄	92
Etan – C ₂ H ₄	5.3
Propan – C ₃ H ₆	1.1
Azot – N ₂	0.6
Karbondiyoksit – CO ₂	0.6
Hidrojen Sülfür – H ₂ S	0.2
Helyum - He	0.2

Alt Isıl Değeri : 33400 – 40900 kJ/m³

Özgöl Kütlesi : 0.6 – 0.8 kg/m³

Hava İçerisindeki Tutuşma Sıcaklığı : 645°C

Doğal gazın yanabilmesi için hava ile % 5 - %15 arasında bir karışım yapması gerekir.

İdeal karışım oranı:

% 9 doğal gaz + % 91 hava'dır.

Doğal Gazın Özellikleri

1. **Zehirsizdir.** Solunması halinde zehirleyici ve öldürücü etkisi yoktur. Ancak ortamda çok fazla birikmişse teneffüs edilecek oksijen azaldığından dolayı boğulma tehlikesi vardır.
2. **Patlayıcı bir gazdır.** Belirli oranlarda hava ile karışması halinde patlar.
3. **Havadan hafiftir.** Dolayısı ile hava içinde yükselme eğilimindedir. Gaz kaçaqları hava ile karışmadan önce yükseklerde toplanır.
4. **Kuru bir gazdır.** Bağlantı elemanlarında bu özelliğine uygun sızdırmazlık elemanları kullanılmalıdır.
5. **Çevreyi kirletmeyen yakıttır.** Çevreyi kirleten üç ana faktör doğalgazın yanması sonucu oluşan duman gazı içerisinde bulunmamaktadır. Bunlardan birincisi kükürt oksitler, ikincisi özellikle kömür yakılması halinde çevreye yayılan bu katı partiküller, üçüncü faktör ise yanmamış gazlar özellikle de karbon monoksit.

Yanma ürünleri içinde bulunan ve çevreye zarar veren bileşen NO_x 'lerdir.

6. **Temiz bir yakıttır.** Bu sebeple kazan bakım ve işletmesi açısından önemli bir avantaj sağlar. Fuel-oil veya kömür yakılması halinde kazanın ısıtma yüzeyleri üzerinde biriken kül ve kurum tabakası hem yüzeyleri aşındırır hem de ısı geçişini engelleyerek kazan verimini düşürür.

7. Yakılması için ön hazırlama ve depolama gerektirmez. Hem fuel-oil, hem de kömür depolanmak zorundadır. Bu nedenle kazan dairelerinde yakıt tankı veya kömürlük hacimleri oluşturulmaktadır. Halbuki doğalgazda buna gerek yoktur. Yakıt doğrudan şebekeden kazana boru ile bağlanmaktadır.

Yakılmadan önce fuel-oil ısıtılmak, filtrelenmek ve basınçlandırılmak zorundadır. Kömür ise kırılma, taşınma ve kurutulma gibi işlemlere gerek gösterir.

8. Otomatik kontrole uygundur. Doğalgaz yakıcıları tamamen otomatik kontrole, insana gerek duymadan ve emniyetli bir şekilde çalışırlar. Devreye çabuk girip, devreden çabuk çıkabilirler.

9. Doğalgaz kazanları yüksek verimlidir. Bir kazanın ısı veriminin yüksek olması, kazanı terk eden duman gazlarının sıcaklığının düşük olmasına bağlıdır. Fuel-oil veya kömür yakılması halinde, daha kükürt oksitlere bağlı asit korozyonu nedeniyle duman sıcaklıkları fazla düşürülmez. Doğalgazlı yeni nesil kazanlarda ısı verim %93-96 gibi çok yüksek değerlere çıkabilmektedir.

10. Ekonomiktir. Doğal gaz yakılması halinde işletme giderlerinde fuel oile oranla yıllık tüketiminin %1'i mertebesinde bir tasarruf sağlanmaktadır. Kömür olması halinde bu kazanç çok daha yüksek olacaktır. Kazan verimlerindeki artışlar da dikkate alındığında doğal gazın diğer yakıtlara göre en az %10 mertebesinde ilave işletme ekonomisi sağladığı söylenebilir.