

İÇTEN YANMALI MOTORLAR VE YANMA

EMRAH TAŞPINAR

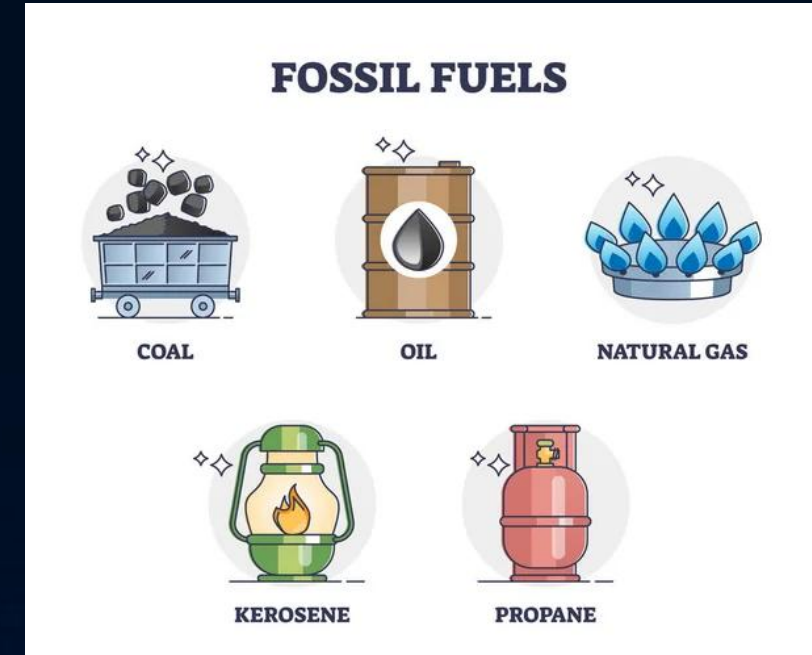
MAK. MÜH. ENERJİ A.B.D. DOKTORA

SUNUM AKIŞI

- YAKITLAR VE YANMA [3-36]
- İÇTEN YANMALI MOTORLAR [37-67]
- EMİSYON STANDARTLARI VE REGÜLASYONLAR [68-70]
- EMİSYON AZALTMA TEKNOLOJİLERİ [71-72]

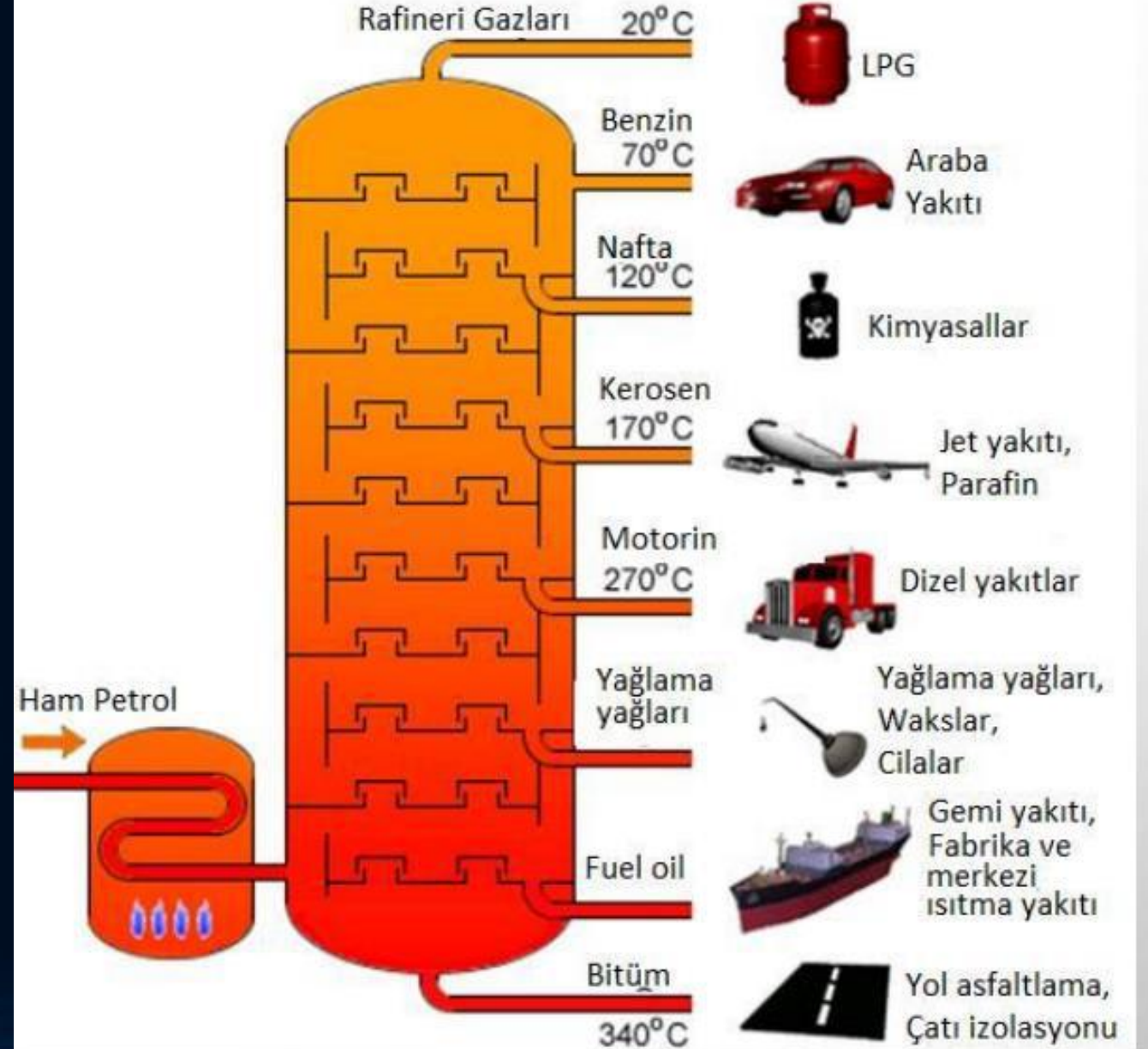
YAKITLAR

Katı, sıvı ve gaz hâlinde bulunan yakıtlar arasında, termik motorlarda en yaygın kullanılanlar **sıvı yakıtlardır**. Uzun yıllar boyunca petrol ürünleri bu motorların neredeyse tek enerji kaynağı olmuştur. Ancak petrol fiyatlarında yaşanan hızlı yükselişler, doğal gaz, LPG, bitkisel yağlar, alkol ve biyogaz gibi alternatif yakıtların motorlarda kullanımına yönelik araştırmaları hızlandırmıştır.



YAKITLAR

Sıvı yakıtların başında gelen ham petrolün damıtma prosesi şekilde görülmektedir.



YAKITLAR

Motor yakıtlarının temel yapısını **hidrokarbonlar (HC)** oluşturur. Ham petrolün bileşiminde yaklaşık;

- %80–85 oranında karbon,
- %10–20 oranında hidrojen,

geriye kalan kısmı ise kükürt, azot ve benzeri maddelerden oluşur.

Akaryakıtlarda yer alan hidrokarbonlar genel olarak dört ana grupta toplanır: **parafinler**, **olefinler**, **naftenler** ve **aromatlar**.



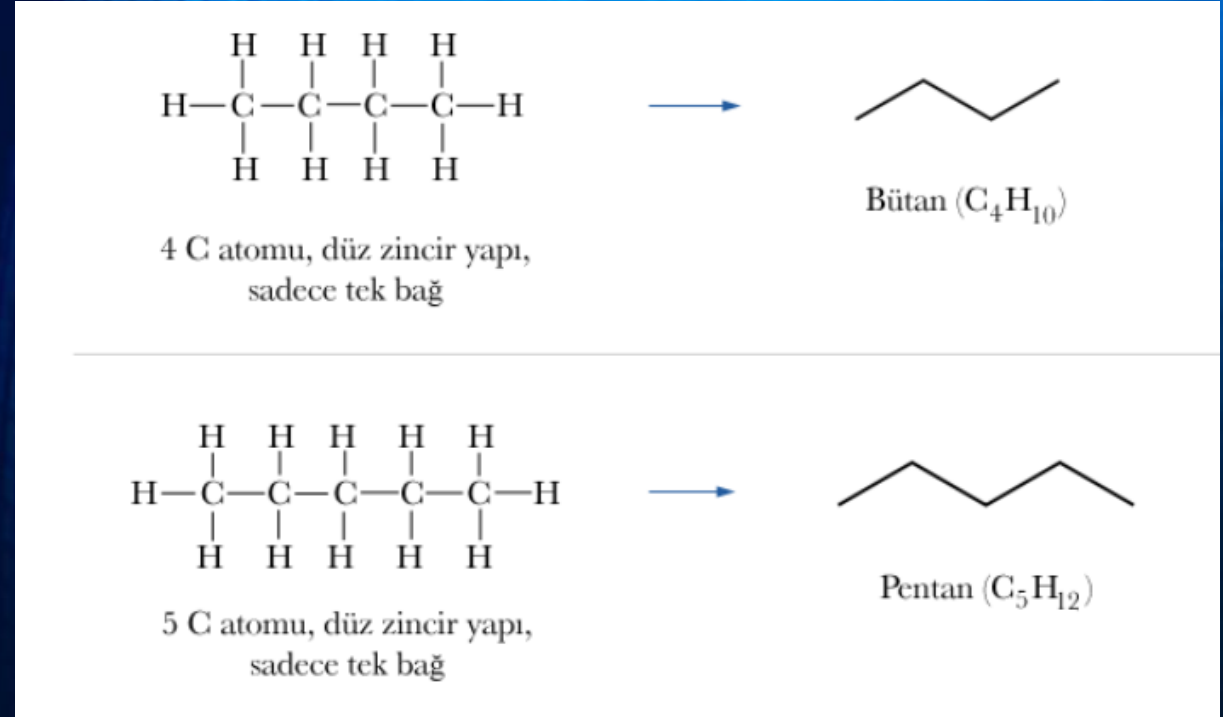
Parafinler (Alkanlar)

Parafinlerin genel formülü C_nH_{2n+2} 'dir.

- Bu formülde $n = 1$ olduğunda **metan** (CH_4),
- $n = 2$ olduğunda **etan** (C_2H_6),
- $n = 3$ olduğunda **propan** (C_3H_8),
- $n = 4$ olduğunda ise **bütan** (C_4H_{10}) oluşur.

Bu şekilde n değerinin artmasıyla daha uzun zincirli hidrokarbonlar meydana gelir.

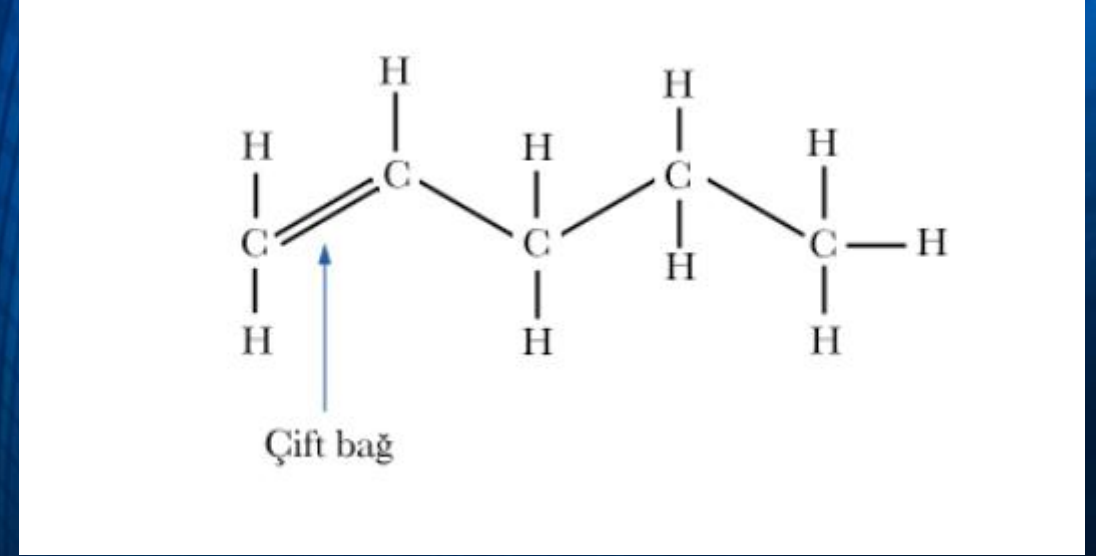
Karbon sayısı arttıkça, parafinlerin kendiliğinden tutuşmaya karşı dayanımı azalır. Buna karşın molekül ağırlıkları, erime noktaları ve kaynama noktaları adım adım yükselir. Örneğin; **metan** (CH_4), **etan** (C_2H_6), **propan** (C_3H_8) ve **bütan** (C_4H_{10}) normal sıcaklıkta **gaz halindedir**. **Pentan** (C_5H_{12}) ve daha fazla karbon atomuna sahip olanlar ise **sıvı halde** bulunur. Karbon sayısı çok yüksek parafinler ise normal koşullarda **kıti halde** bulunurlar.



Olefinler (Alkenler)

Genel formülleri C_nH_{2n} olan bu bileşikler, yapılarında karbonlar arasında **çift bağ** bulundurdukları için **doymamış hidrokarbonlar** sınıfına girer.

Çift bağın konumunun değişmesi, çok sayıda **izomerin** oluşmasına neden olur. Bu nedenle geniş bir izomer çeşitliliğine sahiptirler.

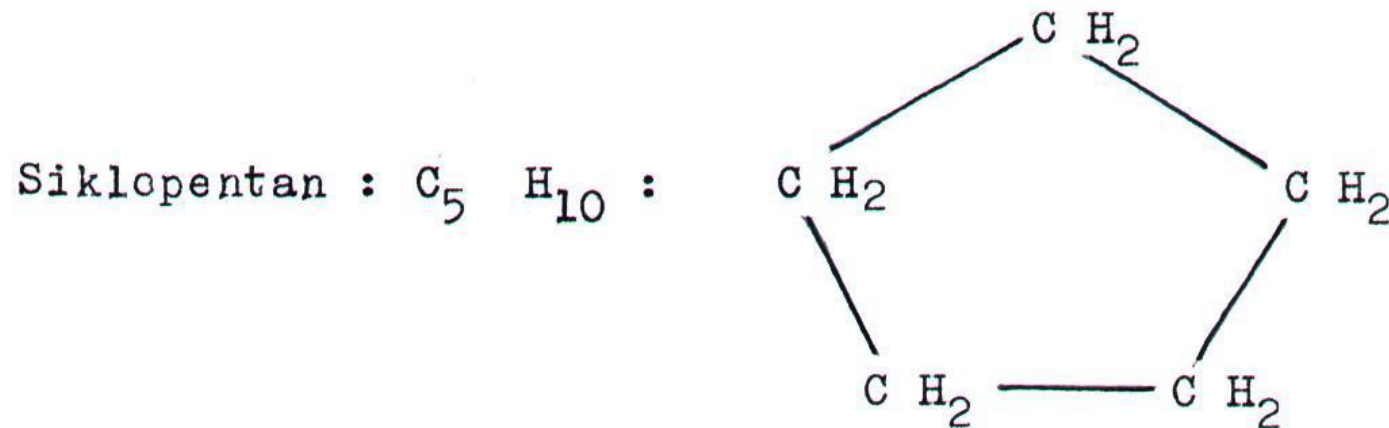


Parafinlere kıyasla daha az dayanıklıdırlar; oksidasyonla kolayca **reçineleşerek** yakıt borularını ve kanalları **tıkayabilirler**.

Bu yüzden doğrudan motor yakıtı olarak kullanımları pek uygun değildir. Ancak **hidrojenleme**, **polimerizasyon** ve **alkilleme** gibi yöntemlerle işlenerek, değerli yakıt bileşenleri elde etmek için **hammadde** olarak kullanılırlar.

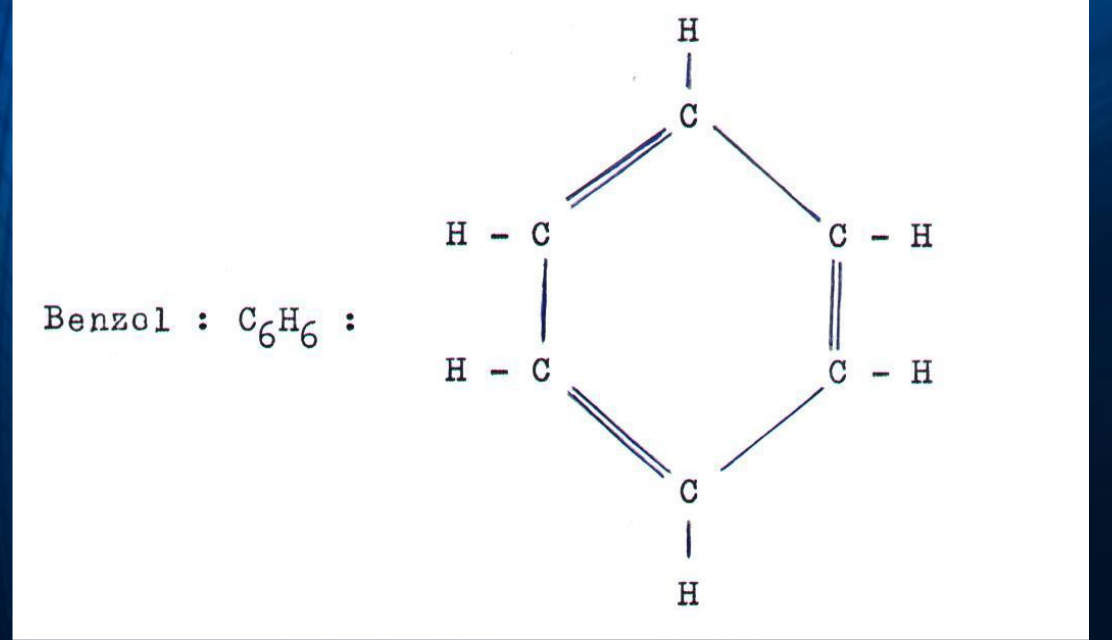
Naftenler

Genel formülleri C_nH_{2n} olan, kapalı zincirli ve doymuş hidrokarbonlar **sikloparafınler** olarak adlandırılır. Bu bileşikler, yakıt bileşimlerinde özellikle **naftenler** olarak yer alır ve benzin ile mazot içinde az da olsa bulunurlar. Kendiliğinden tutuşmaya karşı dayanımları yüksektir, yani **oktan sayıları** genellikle iyidir. Bu nedenle benzin formülasyonlarında bulunmaları tercih edilir. Ancak **kolay tutuşmadıkları** için, doğrudan **içten yanmalı motorlar** için uygun bir yakıt türü değildirler.



Aromatlar

Genel formülleri C_nH_{2n-6} olan bu bileşikler, **doymamış hidrokarbonlar** sınıfına girer. Yapılarındaki güçlü bağlar sayesinde kendiliğinden tutuşmaya karşı dayanımları oldukça yüksektir. Bu özelliklerinden dolayı, **benzin kalitesinin artırılmasında** kullanılırlar. Ancak doğrudan **içten yanmalı motorlarda yakıt** olarak kullanılmaları uygun değildir. Özellikle **benzen (benzol)**, bazı ülkelerde kömürün damıtılmasıyla bol miktarda elde edilir ve benzinle karıştırılarak **oktan sayısını yükseltmek** amacıyla kullanılır.



Benzin

Benzin, ham petrolün damıtılması sırasında **damıtma kulesinde**, petrol gazlarının altında ve **40–200 °C** sıcaklık aralığında elde edilir. Genel yapısı, daha önce bahsedilen dört grup hidrokarbonun karışımından oluşur. Moleküllerindeki karbon sayısı genellikle **5–12** arasındadır. Benzin, **içten patlamalı motorların** temel yakıtıdır.



Benzin (C_8H_{18})

Ham petrolün damıtılması sırasında ve rafineride daha sonra uygulanan yöntemlerle, petrolden alınacak benzin miktarı ve kalitesi ayarlanabilir. Daha fazla benzin elde etmek için üç temel yöntem kullanılır:



Kraking: Büyük zincirli hidrokarbonların parçalanarak küçük zincirli hidrokarbonlara dönüştürülmesidir.

Polimerizasyon: Küçük moleküllü gaz yakıtların birleştirilerek benzin elde edilmesidir. Bu işlemde genellikle **olefinler** daha elverişlidir.

Hidrojenleme: Doymamış büyük moleküllü hidrokarbonlar hem doymuş hale getirilir hem de parçalanarak benzine dönüştürülür.

Kaliteli Bir Benzinde Aranılan Özellikler

Kaynama (buharlaşıma) eğrisi

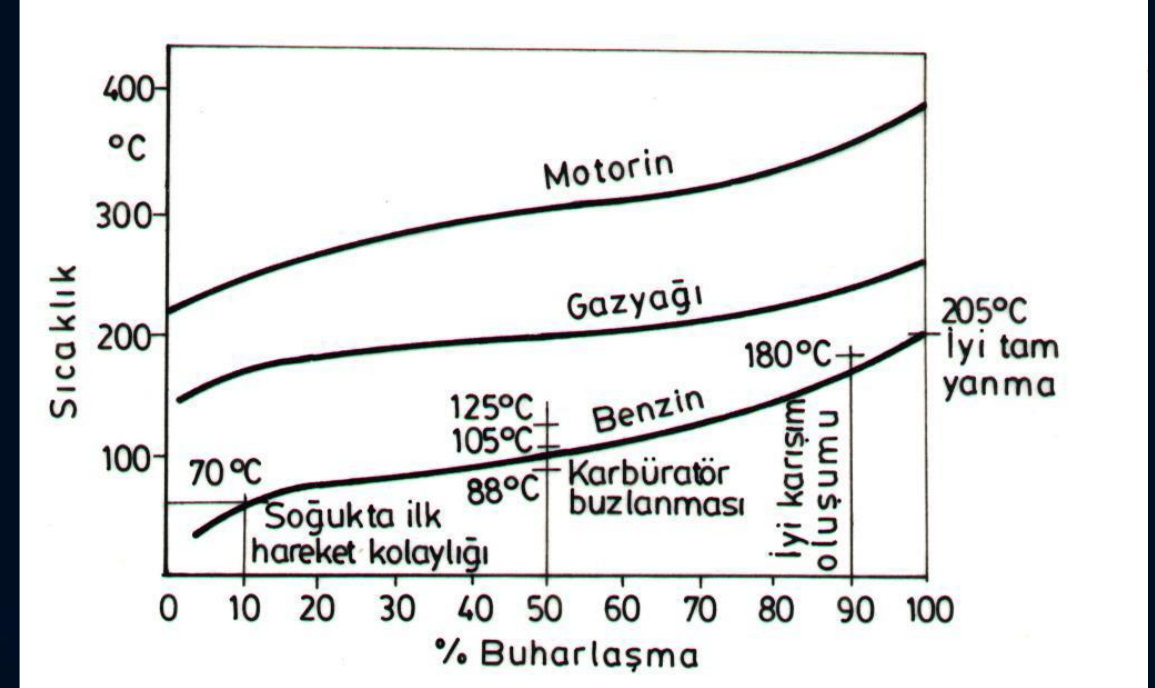
Buhar basıncı

Isıl değeri

Alevlenme ve yanma sıcaklığı

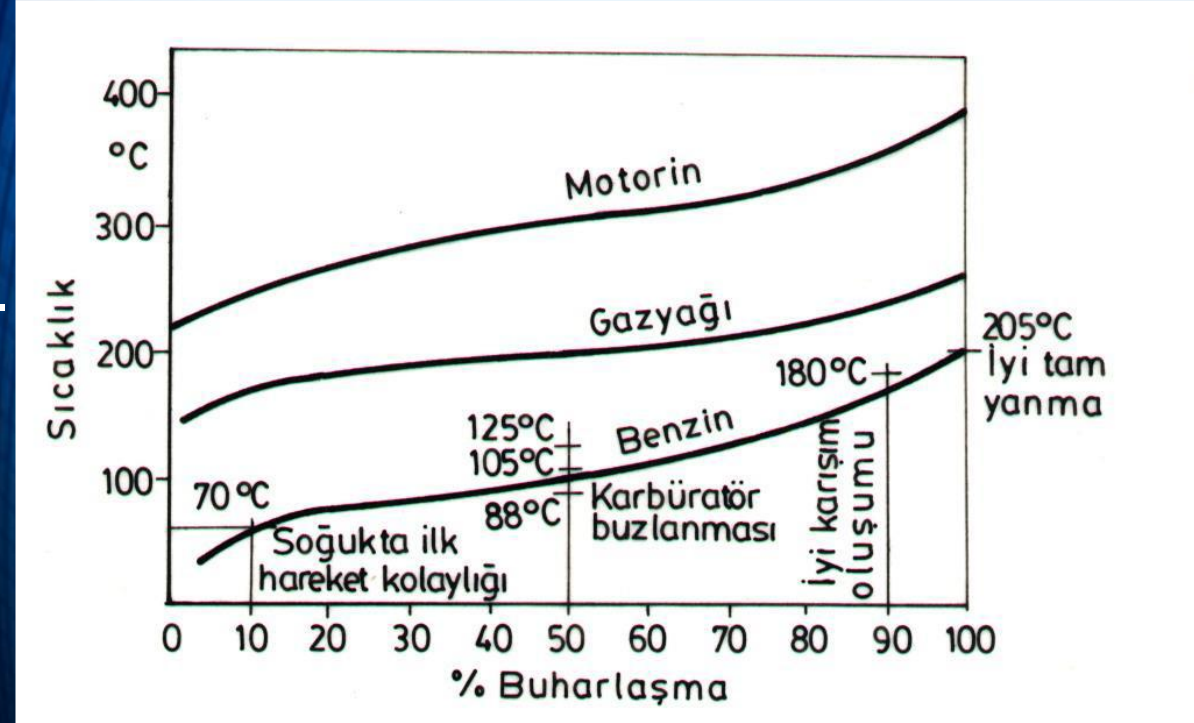
Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı

Oktan sayısı



Benzinin Kaynama (Buharlaşma) Eğrisi

Benzin bir kaba konulup ısıtıldığında, **kaynama (buharlaşma) yaklaşık 40 °C** civarında başlar ve tümünün kaynaması için **200 °C'nin üzerine çıkılması gerekir**. Bu aralıktaki herhangi bir sıcaklıkta durulduğunda, kaynama da durur. Bunun nedeni, benzini oluşturan bileşenlerin **farklı kaynama noktalarına** sahip olmasıdır.



%10 buharlaşmanın gerçekleştiği sıcaklığın düşük olması, soğukta ilk hareket sırasında (motorun çalıştırılmasında) kolaylık sağlar.

%90 buharlaşmanın gerçekleştiği sıcaklığın yüksek olması, benzin-hava karışımında yoğunlaşmaya yol açabilir.

Buhar Basıncı

Benzinin kaynama başlangıcında, **37,8 °C (100 °F)** sıcaklıkta ölçülen buharının basıncıdır. İçten patlamalı motorların yakıt donanımında, buharlaşmadan kaynaklanan **tıkanma (buhar tıkaçı)** olasılığı buhar basıncına bağlıdır. Bu nedenle:

- **Sıcak ülkelerde** düşük buhar basınçlı benzinler tercih edilir.
- **Soğuk ülkelerde** ise ilk hareket kolaylığı sağlamak için yüksek buhar basınçlı benzinler kullanılır.

Isıl Değeri

Birim ağırlıktaki yakıtın tamamen yanması sonucunda açığa çıkan enerji, yakıtın **ısıl değerini** belirler.

Yakıtların ısıl değerleri teorik olarak kimyasal yapılarından hesaplanabilir.

Ancak akaryakıtlar çok sayıda hidrokarbon karışımından oluştuğu için, **kalorimetre ile ölçüm yöntemi** daha uygundur.

Alt ve Üst Isıl Değer

Akaryakıtlar karbonhidratlardan oluştuğundan, yanma sonucu **su** açığa çıkar.

Ölçüm sırasında su **buhar halinde** ise, elde edilen değer yakıtın **alt ısıl değeridir**.

Su buharının tamamen yoğunlaşarak buharlaşma ısını geri vermesi durumunda ölçülen değer ise **üst ısıl değeridir**.

Hesaplamalarda genellikle **alt ısıl değer** kullanılır. (Benzin için bu değer: **43-44 MJ/kg=10200kcal/kg**)

Alevlenme ve Yanma Sıcaklığı

Alevlenme Noktası ($\approx -30\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Benzin buharı tutuşturulduğunda, yanmanın sürekli devam ettiği en düşük sıcaklıktır. Parlama noktasında sadece anlık alev oluşur; alevlenme noktasında ise yanma sürer. Yangın güvenliği açısından kritik eşiiktir. Bu sıcaklığın altındaki ortamlarda benzin yanmaz ama parlayabilir.

Yanma Sıcaklığı ($\approx 450\text{--}570\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Benzinin yanma sırasında ulaştığı alev sıcaklığıdır. Bu sıcaklık, egzoz gazlarının ve yanma odası malzemelerinin dayanıklılığı açısından önemlidir. Motor tasarımında ısı transferi, egzoz sistemleri ve termal verimlilik hesaplarında kullanılır. Bu sıcaklık, motorun çalışma sıcaklığı değildir; lokal alev bölgesindeki sıcaklıktır.



Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığı

Motor yakıtlarının en önemli özelliklerinden biri olan bu sıcaklık, yakıtın **dış etken olmadan yalnızca sıcaklık etkisiyle tutuştuğu** noktadır.

İçten patlamalı motor yakıtlarında (örneğin benzin) bu sıcaklığın **yüksek** olması istenir.

İçten yanmalı motor yakıtlarında (örneğin motorin) ise **düşük** olması uygundur.

Yakıt cinsi	Tutuşma sıcaklığı (°C)
Benzin	550 ve daha fazla
Benzol	490...700
Alkol (metilalkol+etilalkol)	400...470
Metan	600...650
Propan	520...590
Bütan	530...600
Havagazı	600...630
Motorin	270...350

Oktan Sayısı

Oktan sayısı, yakıtların **kendiliğinden tutuşmaya karşı dayanıklılığının** bir ölçüsüdür.

İçten patlamalı motorlarda vuruntulu (düzensiz) çalışmanın başlıca nedeni, ateşleme kıvılcımı oluşmadan yakıtın kendiliğinden tutuşmasıdır.

Normalde yanma hızı yaklaşık **30 m/s** iken, bu kontrolsüz tutuşma sırasında hız **300 m/s'ye** kadar çıkabilir.

Bu şekilde ortaya çıkan kontrolsüz yanma, motorda **vuruntulu çalışma** meydana getirir.

Vuruntu; silindir, silindir kapağı, piston ve yataklar başta olmak üzere motor parçalarında ciddi hasara yol açabilir.

Benzinin kendiliğinden tutuşmaya karşı dayanımının ölçüsü olan **oktan sayısı**, aynı zamanda vuruntu olayının da ölçüsüdür.



Rafineriden Elde Edilen Benzinin Oktan Sayısı

Ham petrolün damıtılmasıyla elde edilen benzin, genellikle düşük oktan sayısına sahiptir. Bu nedenle, tutuşmaya daha dayanıklı benzin elde etmek için iki yöntem uygulanır:

Aromatik ve dayanıklı yakıtların karıştırılması

Benzol, toluol, ksilen, alkol ve benzeri tutuşmaya dayanıklı yakıtlar benzine belirli oranlarda karıştırılır.

Bu yöntemde yakıtın fiziksel ve kimyasal özellikleri değişebilir.

Yanma sonucunda zararlı artıklar oluşmaz.

Vuruntu frenleyicilerin eklenmesi

Kurşun tetraetil ve demir karbonil gibi katkılar çok az miktarda benzine karıştırılır.

Ancak Avrupa Birliği'nde olduğu gibi ülkemizde de bu yöntemin uygulanmasından vazgeçilmiştir, çünkü çevre ve sağlık açısından zararlıdır.

(Normal benzin, Süper benzin, Kurşunsuz benzin)



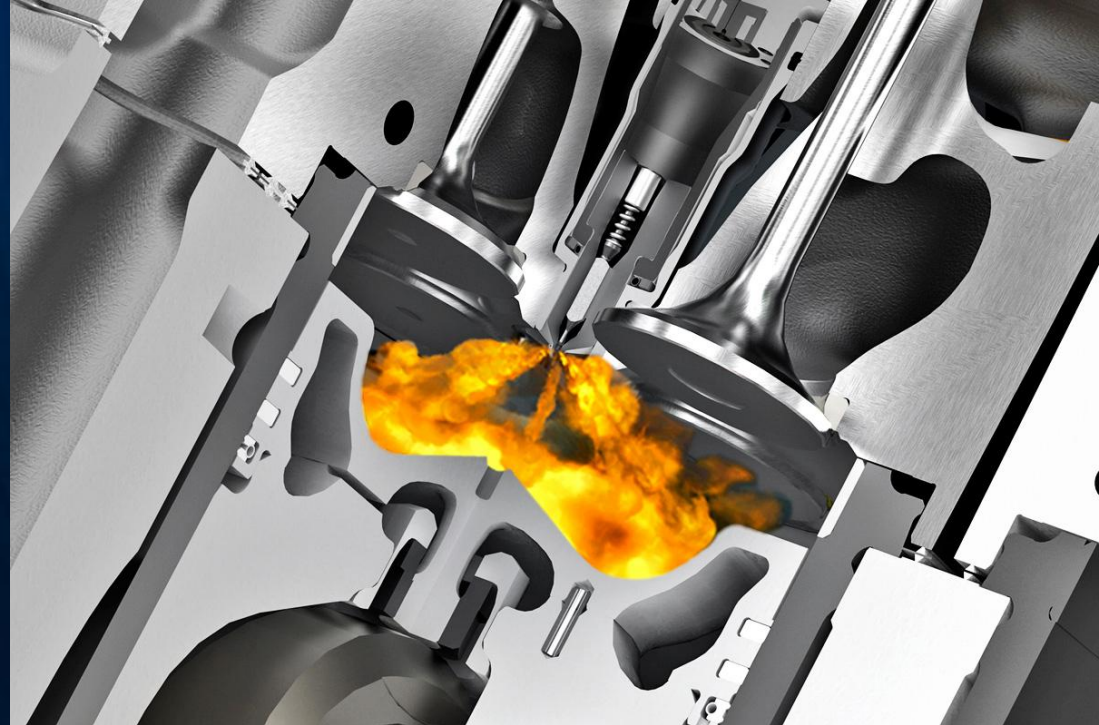
Motorin (Diesel yakıtı) ($C_{12}H_{23}$)

Ham petrolün damıtılması sırasında, **gazyacağının altından 200–425 °C sıcaklık aralığında** elde edilir. Ülkemizde halk arasında **mazot** olarak adlandırılır. Motorin, **içten yanmalı motorların temel yakıtıdır.**

İçten yanmalı motorlarda, sıkıştırılmış hava üzerine püskürtülen motorin **kendiliğinden tutuşur**. Motorinin büyük zincirli hidrokarbonlardan oluşması, onu benzinden farklı kılan önemli özelliklerden biridir.

Motorinin Önemli Özellikleri

- Tortu maddeleri
- Kükürt miktarı
- Yakıtın donma sıcaklığı
- Yoğunluk
- Setan sayısı



Motorinde Tortu Maddeleri

Tortu maddeleri hem **inorganik** kökenli olabilir (örneğin toz, metal parçacıkları), hem de yakıtın **oksidasyonu sonucu** ortaya çıkan **organik** kökenli olabilir.

Su ve tortu maddeleri birlikte değerlendirilir. Motorinde bu oran genellikle **%0,10 – %0,50** arasında bulunur.

İçten yanmalı motorların yakıt sistemleri gereği, bu maddelerin mutlaka **filtreler aracılığıyla yakıttan ayrılması** gerekir.

Tortu oluşumunu ve motor sorunlarını önlemek için motorin **kapalı kaplarda iyi muhafaza edilmeli** ve **bir süre dinlendirildikten sonra** kullanılmalıdır.



Motorinde Kükürt Miktarı

Yakıt içerisindeki **kükürt oranının yüksek olması**, hem **çevre kirliliği** hem de **motor aşınması** açısından kritik öneme sahiptir.

Yanma sonucu ortaya çıkan **SO₂ (kükürt dioksit)** ve **SO₃ (kükürt trioksit)** gazları canlılara zarar verir.

Bu gazlar, yanma sırasında oluşan su buharı ile birleşerek **asit** oluşturur ve motor parçalarında **kimyasal aşınmaya (korozyon)** yol açar.

Bu nedenlerle motorin içerisinde **%0,05 oranından daha az kükürt** bulunmasına izin verilmektedir.

Motorinde Donma Sıcaklığı

Yakıtın içindeki **mum (wax)** kristallerinin ayrışmaya başladığı sıcaklıktır.

Donma sıcaklığı yüksek olursa, yakıt boruları ve filtreler tıkanabilir.

Bu nedenle motorinin donma sıcaklığı, **çevre sıcaklığından düşük** olmalıdır.

Motorinde Yoğunluk

Yoğunluğu düşük olan yakıtlarda, yapıda bulunan **hidrojen/karbon oranı** artar.

Bu durum yakıtın **ısı değerini yükseltir**.

Motorinin hafif olması, hem **tutuşma kolaylığı** hem de **verimlilik** açısından önemlidir.

Setan Sayısı

İçten yanmalı motor yakıtlarının **tutuşmaya elverişliliğini** gösteren bir ölçüdür.

Yanma Süreci:

Sıkıştırma zamanının sonunda sıcaklığı yükselmiş havanın üzerine püskürtülen yakıt, fazla gecikmeden kendiliğinden tutuşmalıdır.

İyi bir yanma için, püskürtme başlangıcından kısa süre sonra tutuşma gerçekleşmeli ve püskürtme süresince yanma devam etmelidir.

Tutuşmanın gecikmesi, püskürtülen tüm yakıtın farklı noktalarda birden tutuşmasına ve **vuruntulu çalışmaya** neden olur.

Önemi:

Setan sayısı, içten yanmalı motorlarda **vuruntu önlemenin bir ölçüsüdür.**

- Setan sayısı en az **45** olmalıdır.
- Günümüz motorlerinde genellikle **49–62** arasında yer alır.

Setan Sayısının Ölçülmesi

- **Motor Deneme Yöntemi** kullanılır.
- Yakıt püskürtüldükten sonra kendiliğinden tutuşması için geçen süre ölçülür.
- Motorun sıkıştırma oranı değiştirilerek, yakıtın tutuşma gecikmesinin **18° ana mil açısı** olması sağlanır (yani püskürtme başlangıcı ile tutuşma başlangıcı arasındaki sürede ana milin 18° dönmesi).
- Daha sonra denenen yakıt boşaltılır ve yerine:
 - **Setan ($C_{16}H_{34}$)** → Setan sayısı 100
 - **α -Metilnaftalin ($C_{10}H_7CH_3$)** → Setan sayısı 0 karışımı konur.
- Karışım oranları değiştirilerek aynı tutuşma gecikmesi sağlanır. Karışımındaki setan yüzdesi, denenen yakıtın **setan sayısını** verir.

Benzin ve Dizel Arasındaki Isıl Değer ve Motor Performansı

Benzin Alt ısı değeri yaklaşık **43 MJ/kg** (≈ 43.000 kJ/kg).

Mazot/Dizel Alt ısı değeri yaklaşık **42 MJ/kg** (≈ 42.000 kJ/kg).

Neden Mazot Daha Uzun Dayanıyor?

Benzin ve Dizel Arasındaki Isıl Değer ve Motor Performansı

Benzin Alt ısı değeri yaklaşık **43 MJ/kg** (≈ 43.000 kJ/kg).

Mazot/Dizel Alt ısı değeri yaklaşık **42 MJ/kg** (≈ 42.000 kJ/kg).

Yoğunluk farkı: Mazotun yoğunluğu ≈ 0.84 kg/L, benzinin ≈ 0.74 kg/L.

Çünkü;

benzin kütle başına biraz daha fazla enerji içermesine karşın mazotun yoğunluğu daha yüksek olduğu için litre bazında daha fazla enerji taşır.

Benzin hızlı yanar, mazot daha yavaş ve kontrollü yanar → daha uzun süreli enerji salınımı.

Benzin ve Dizel Arasındaki Isıl Değer ve Motor Performansı

Benzin Alt ısı değer yaklaşık **43 MJ/kg** (≈ 43.000 kJ/kg).

Mazot/Dizel Alt ısı değer yaklaşık **42 MJ/kg** (≈ 42.000 kJ/kg).

Yoğunluk farkı: Mazotun yoğunluğu ≈ 0.84 kg/L, benzinin ≈ 0.74 kg/L.

Çünkü;

benzin kütle başına biraz daha fazla enerji içermesine karşın mazotun yoğunluğu daha yüksek olduğu için litre bazında daha fazla enerji taşır.

Benzin hızlı yanar, mazot daha yavaş ve kontrollü yanar → daha uzun süreli enerji salınımı.

Benzin: Daha yüksek ısı değer (kg bazında), hızlı yanma, yüksek devir → **daha çok beygir gücü.**

Mazot: Daha yoğun, yüksek sıkıştırma oranı, yavaş yanma → **daha uzun dayanma ve yüksek tork.**

Alkoller

Hidrokarbonların bir veya birkaç hidrojen atomunun yerine **hidroksil** ($-\text{OH}$) grubunun geçmesiyle **alkoller** oluşur.

Yakıt Olarak Kullanılanlar: İçten patlamalı motorlarda özellikle **metil alkol** (CH_3OH) ve **etil alkol** ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) kullanılmaktadır.

Metanol genellikle **doğal gazın buhar reformasyonu** ile sentez gazından üretilir.

Etanol ise **fermantasyon** (şekerli bitkilerden, örneğin mısır ve şeker kamışından) veya **sentetik yöntemlerle** elde edilir.

Avantajları:

Karbon atomu sayısı az olduğundan **temiz yanarlar**.

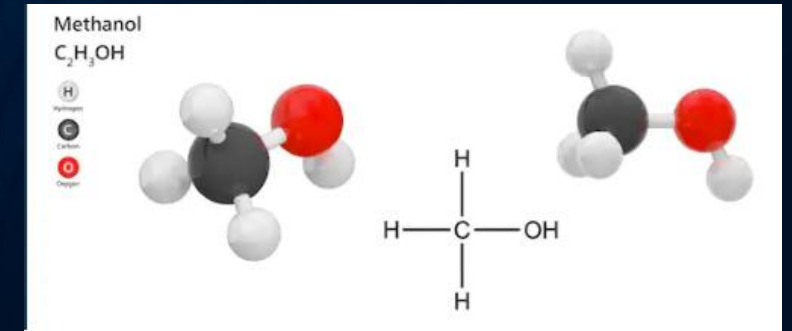
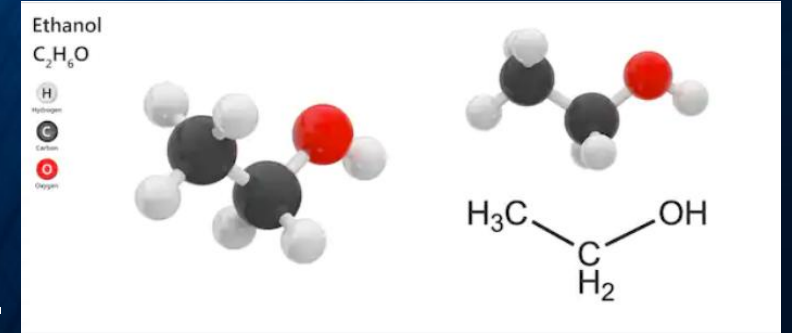
Vuruntuya dayanımları yüksektir (oktan sayıları iyidir).

Dezavantajları:

Kolay su alma özelliği (higroskopik olmaları).

Isıl değerlerinin düşük olması.

Eritken özellikleri, yakıt sistemlerinde faz ayrışmasına ve malzeme sorunlarına yol açabilir.



Biyodizel

Bitkisel yağlardan elde edilen **kolza yağı metil esteri** (biyodizel), yaygın şekilde motor yakıtına karıştırılmaktadır. Motorun yakıt donanımı biyodizel kullanımına uygun olmalıdır. Çünkü biyodizel, bazı **sentetik borular ve contalara zarar verebilir**. **Nem alıcı ve eritken** özelliklere sahiptir. Bu nedenle biyodizel **nemden korunmalı ve boyalı yüzeylerle temas etmemelidir**.

Bitkisel yağların içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılması iki açıdan önem taşır:

Ekonomik ve Stratejik Önemi:

Türkiye gibi petrolü dışarıdan temin eden ülkelerde, bitkisel yağ üretip yakıt olarak kullanmak **dışa bağımlılığı azaltır**.

Bu durum aynı zamanda **döviz giderlerini düşürür** ve enerji güvenliğine katkı sağlar.

Çevresel Önemi ve Etkileri:

Motorlarda yakıtın yanması sonucu ortaya çıkan **karbondioksit (CO₂)**, bitkisel yağın elde edildiği yağ bitkileri tarafından **tekrar tüketilir**.

Motorine göre daha **az karbon monoksit (CO)** ve **partikül artışı** bırakır.

Fakat egzoz gazındaki **azot oksit (NO_x)** oranı biraz daha yüksektir.



Biyogaz

Biyogazın Bileşimi ve Özellikleri

Hayvan dışkıları ve bitkisel artıklar, özel biyogaz tesislerinde **metan bakterileri** yardımıyla fermente edilerek biyogaz elde edilir.

Bileşim:

Metan (CH_4): %54 – 80

Karbondiyoksit (CO_2): %20 – 45

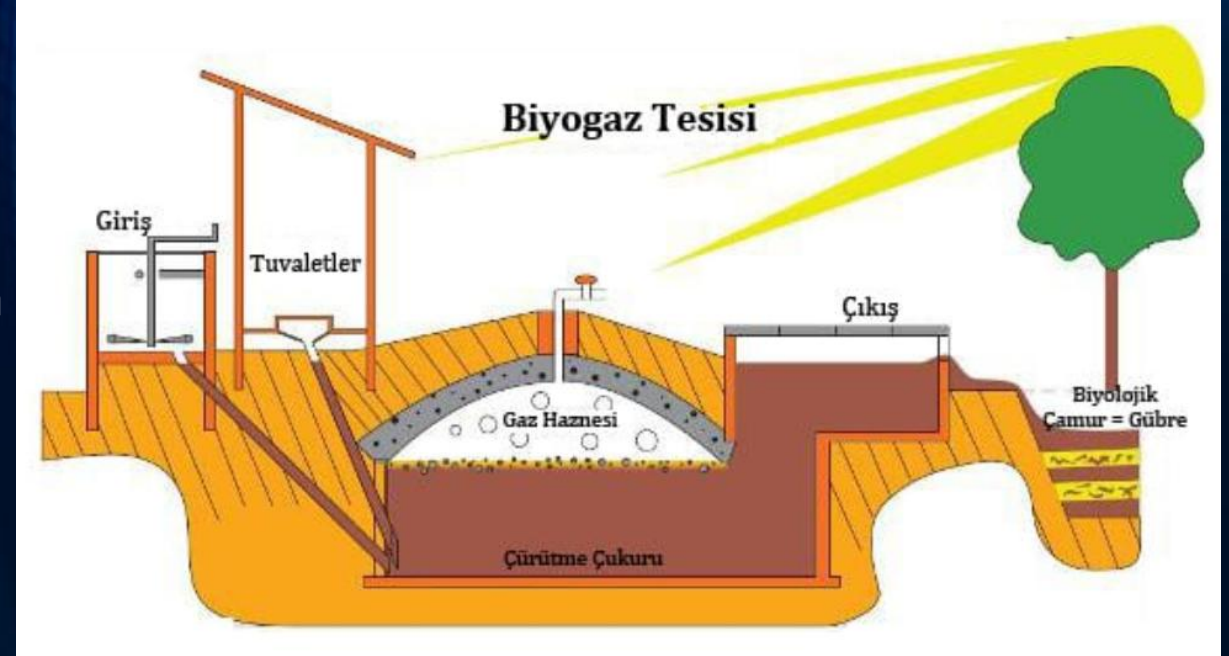
Hidrojen (H_2): %1 – 10

Ayrıca az miktarda karbon monoksit (CO), oksijen (O_2) ve azot (N_2) bulunabilir.

Isıl Değer:

%60 metan ve %40 karbondiyoksit içeren biyogazın ısı değeri $\approx 5350 \text{ kcal/m}^3$ 'tür.

Ortalama değerler bu aralıkta kabul edilmektedir.



YANMA

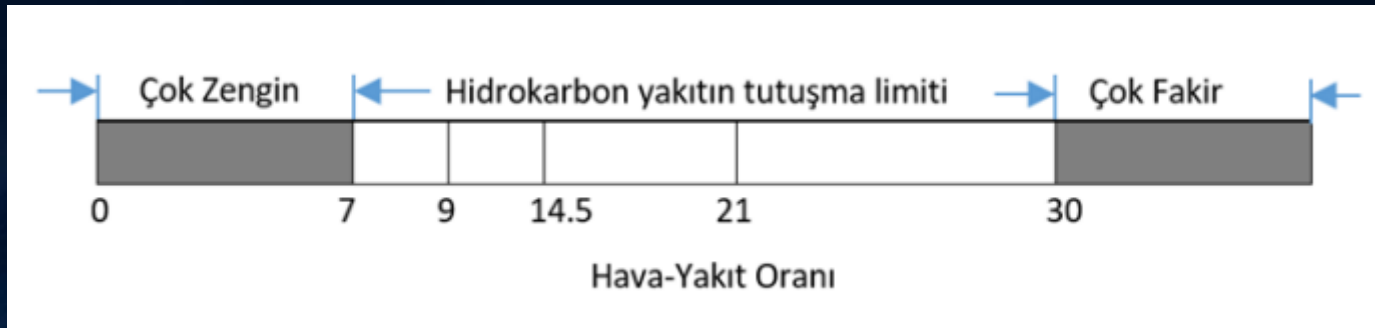
Yakıtların ısı ve ışık vererek oksijenle birleşmesine **yanma** denilmektedir. Yanmanın gerçekleşebilmesi için yakıtın **yeterli oksijenle temas etmesi ve tutuşma sıcaklığına ulaşması** gerekir.

Yanma için gerekli oksijen genellikle **havadan** sağlanmaktadır. Motor yakıtlarının esasını **hidrokarbonlar (HC)** oluşturur. Yapılarında bulunan karbon ve hidrojenin yanması sonucunda **karbondioksit (CO₂)** ve **su (H₂O)** meydana gelir. Yanma artıkları içinde **hidrojen (H₂)** ve **karbon monoksit (CO)** gibi yanıcı gazların kalması, yanmanın **tam olmadığını** gösterir.



YANMA

Tutuşma Limiti: Motorlarda kullanılan yakıt cinsine bağlı olarak her yakıtın kolaylıkla tutuşılabileceği bir aralık vardır. Şekil hidrokarbon yakıtların tutuşma limitini göstermektedir. Hidrokarbon içerkli yakıtlarda hidrojen içeriği oransal olarak karbon miktarından fazla ise yakıt daha fakir karışımlarda çalışabilir. Kapalı formülü CH_4 olan metan buna örnek olarak gösterilebilir. Metanın **Hidrojen/Karbon** oranı (**H/C oranı**) **4**'tür. Buna karşılık dizel motorlarda kullanılan tipik bir **motorin fraksiyonunun** (örneğin $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$) **H/C oranı yaklaşık 2.2** civarındadır. Bu fark, doğal gazın daha geniş fakir karışım aralığında çalışabilmesini, motorinin ise daha dar bir aralıkta tutuşabilmesini açıklar.



YANMA

Hava/Yakıt oranı (**H/Y oranı**), bir yanma sürecinde kullanılan yakıt miktarına karşılık tüketilen hava miktarını ifade eder. Bu oran, yanma verimliliğini ve motor performansını doğrudan etkiler. Teorik olarak, tam yanma için gereken hava miktarına stokiyometrik hava oranı denir.

Benzin için stokiyometrik hava/yakıt oranı yaklaşık **14,7:1**'dir. (Tipik çalışma aralığı 12:1-16:1)

Motorin için bu stokiyometrik oran yaklaşık **14,5:1** civarındadır. (Tipik çalışma aralığı 18:1-70:1)

Doğal gaz (metan, CH_4) için stokiyometrik oran daha yüksektir, yaklaşık **17,2:1**'dir. Çünkü hidrojen oranı daha fazla olduğu için daha fazla oksijen gerekir. (**yüksek H/C**) (Tipik çalışma aralığı 20:1-30:1)

Gerçek hava/yakıt oranının bu stokiyometrik değere oranı ise hava fazlalık katsayısı (HFK) ya da λ (lambda) ile gösterilir.

HFK = 1 ise karışım stokiyometriktir, yani tam yanma için ideal hava miktarı sağlanmıştır.

HFK < 1 olduğunda karışım fakirdir; yani hava miktarı yetersizdir ve yanma eksik gerçekleşir.

HFK > 1 ise karışım zengindir; fazla hava vardır ve bu da yanma sıcaklığını düşürerek verimi azaltabilir.

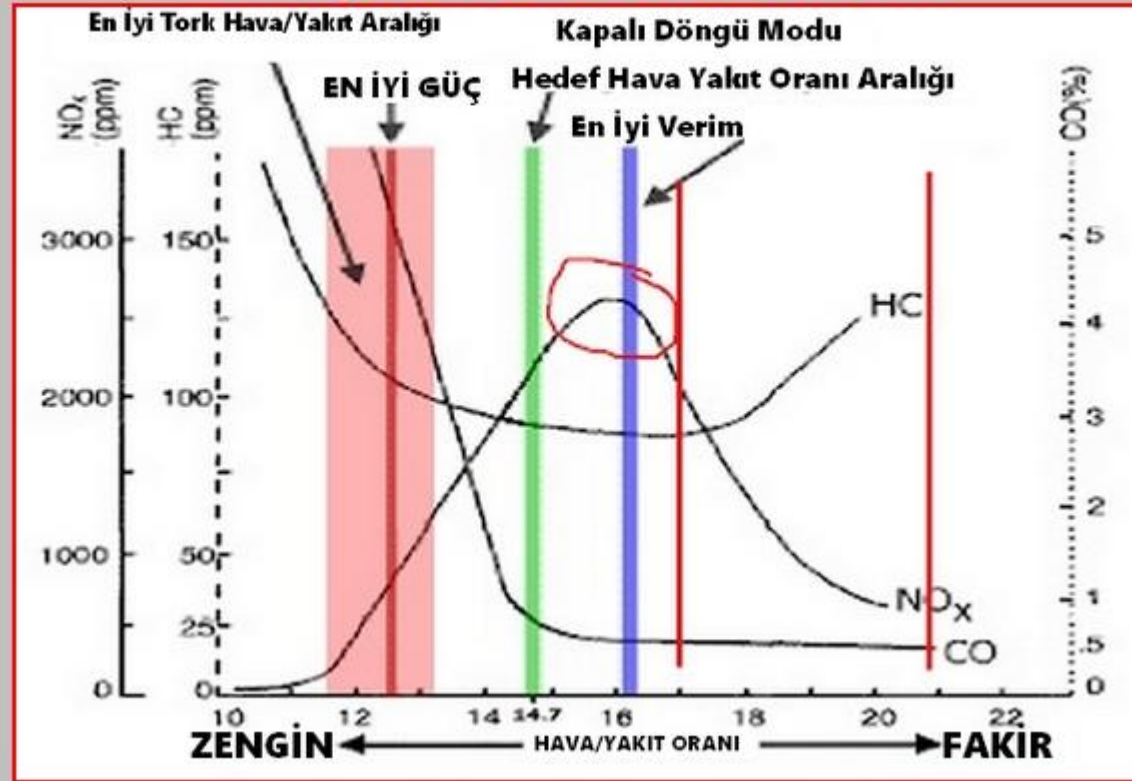
Hem aşırı fakir hem de aşırı zengin karışımlar yanma kalitesini bozar, motor performansını düşürür ve emisyonları artırır. Fakat günümüz motor teknolojilerinde istisnalar oluşmuştur.

YANMA

Stokiyometrik Oran Nedir?

Stokiyometrik oran, kimyasal karışımlarda maddelerin karışım oranlarına verilen isimdir. Bu oranın tepkime öncesi, madde molekülerinin katsayılarını ifade etmektedir. Eğer stokiyometrik oran bozulursa tepkime süresi ve kalitesi düşecektir.

Stokiyometrik Oran Tablosu



YANMA

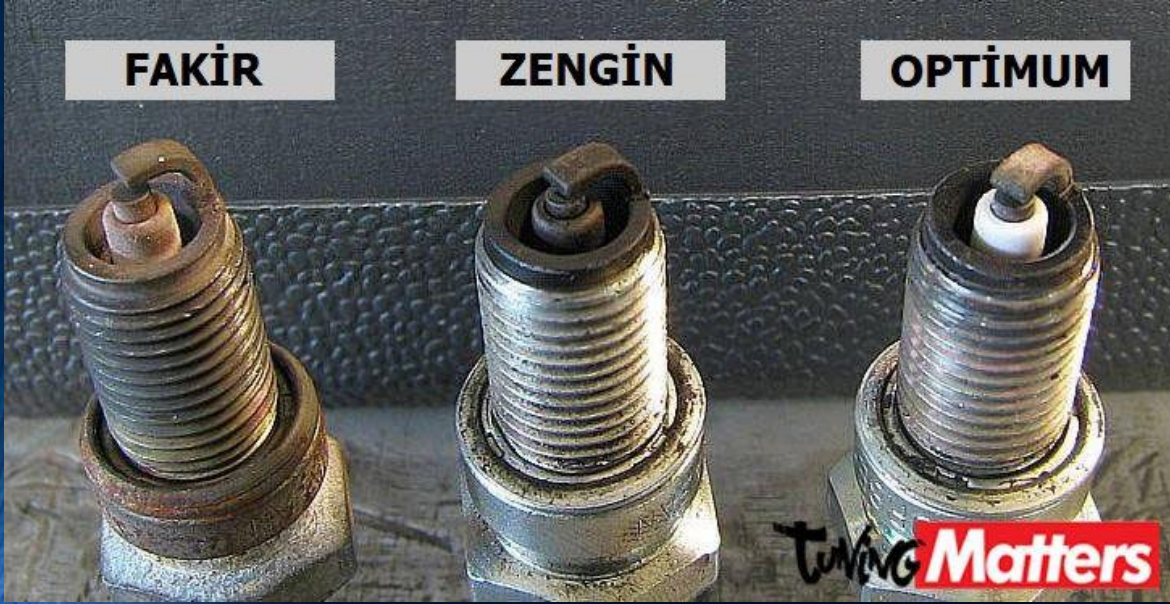
Stokiyometrik Oran Bozulursa Ne Olur?

Motorda hava/yakıt karışım oranı (stokiyometrik) bozulursa motor **ya fakir ya da zengin** karışımla çalışacaktır. Fakir karışım, motorda hava miktarının fazla olmasıdır. Zengin karışım ise 14.7/1 oranında yakıtın bir seviyesini geçmesidir.

- 1- Egzozdan Siyah Duman Çıkması:** Motorda hava yakıt karışım oranı bozulduğu zaman yanmamış yakıtın egzoz gazı rengi siyahtır. Eğer aracın egzozundan kara duman çıktığını görüyorsanız motorda Stokiyometrik Oran bozulmuş demektir.
- 2- Araçta Yakıt Kokusu Olması:** Motorun yakabileceği yakıt miktarı bellidir. Halk arasında çiğ gaz diye adlandırılan yakıt egzoz gazında yanmamış halde bulunması. Yakıt kokusu çıkmasına neden olabilmektedir.
- 3- Motorda Tekleme:** Hava yakıt karışım oranının bozulmasının en büyük belirtilerinden bir tanesi de motorun teklemesidir. Motor normalde düz ve akıcı bir şekilde çalışır. Ancak stokiyometrik oran bozulduğunda motora kaldırabileceğinin çok üstünde yakıt bulunur. Bu durum küçük patlamalara neden olur. Bu durum motorda tekleme ve titremelere neden olacaktır.
- 4- Motorda Fiziksel Hasarlar:** Fakir karışımda supap yanması, zengin karışımda hararet, vuruntu gibi hasar verici sonuçlara sebep olabilir.

YANMA

Stokiyometrik Oran Bozulursa Ne Olur?



YANMA

Stokiyometrik Oran Bozulursa Ne Olur?



Yeni piston

**Normal
kondisyonda**

**Çok fakir
(piston-gömlek
teması başı)**

**Fakir ve sıcak
temas hasarı
devam ediyor**

**Sonunda piston
erimesi
gerçekleşir**

İÇTEN YANMALI/PATLAMALI MOTORLAR

- 1673** –Paris’te fizikçi **Christiaan Huygens** ve asistanı **Denis Papin**, pistonlu bir düzenek üzerinde çalışarak içten yanmalı motorların öncülü sayılabilecek ilk denemeleri gerçekleştirdiler.
- 1859 – Lenoir Motoru:** Belçikalı mühendis **Jean Joseph É. Lenoir**, kömür gazı ile çalışan, elektrikle ateşlenen ve su soğutmalı **iki zamanlı içten yanmalı motorun patentini** aldı. Verimi %5 olan bu motor, pratik olarak kullanılan ilk içten yanmalı motor kabul edilir.
- 1860 – Otto-Langen:** İlk olarak verimi %11 e yükseltilmiş olan vakuma karşı etkiyen motoru icad ettiler.
- 1867 – Otto Motoru:** Alman mucit **Nikolaus August Otto**, **dört zamanlı çevrimi önerdi.**
- 1876’da Otto ve ekibi** tarafından ilk prototip motor çalıştırıldı. Bu motor, sabit hacimde yanma çevrimiyle çalışan modern benzinli motorların temelini oluşturdu.
- 1880’ler – Daimler ve Maybach:** Otto’nun çevrimini geliştiren **Gottlieb Daimler ve Wilhelm Maybach**, yüksek devirli benzin motorlarını tasarlayarak otomotiv endüstrisinin doğuşuna katkı sağladılar.
- 1890’lar –Otto** motorları Avrupa ve Amerika’da hızla yayıldı. 1890’a kadar yaklaşık 50.000 adet motor satıldı. Bu dönemde verimlilik %20–25 seviyelerine kadar yükseldi.
- 1892 – Diesel Motoru:** Alman mühendis **Rudolf Diesel**, sıkıştırma ile tutuşan yakıt prensibine dayalı **dizel motoru** geliştirdi. Bu motor, daha yüksek verimliliği ve dayanıklılığı sayesinde özellikle ağır iş makinelerinde ve taşımacılıkta tercih edildi.

LENOIR MOTORU

Lenoir Motoru, içten yanmalı motorların tarihindeki ilk pratik örneklerden biridir ve 1859 yılında Belçikalı mühendis **Jean Joseph É. Lenoir** tarafından geliştirilmiştir.

Yakıt: Kömür gazı veya aydınlatma gazı ile çalışıyordu.

Çevrim: Sıkıştırmasız iki zamanlı çevrim kullanıyordu

Ateşleme: Elektrik kıvılcımı ile ateşleme yapılıyordu.

Soğutma: Su soğutmalıydı.

Güç: Yaklaşık 2-6 beygir gücünde olup küçük makineleri çalıştırabiliyordu.

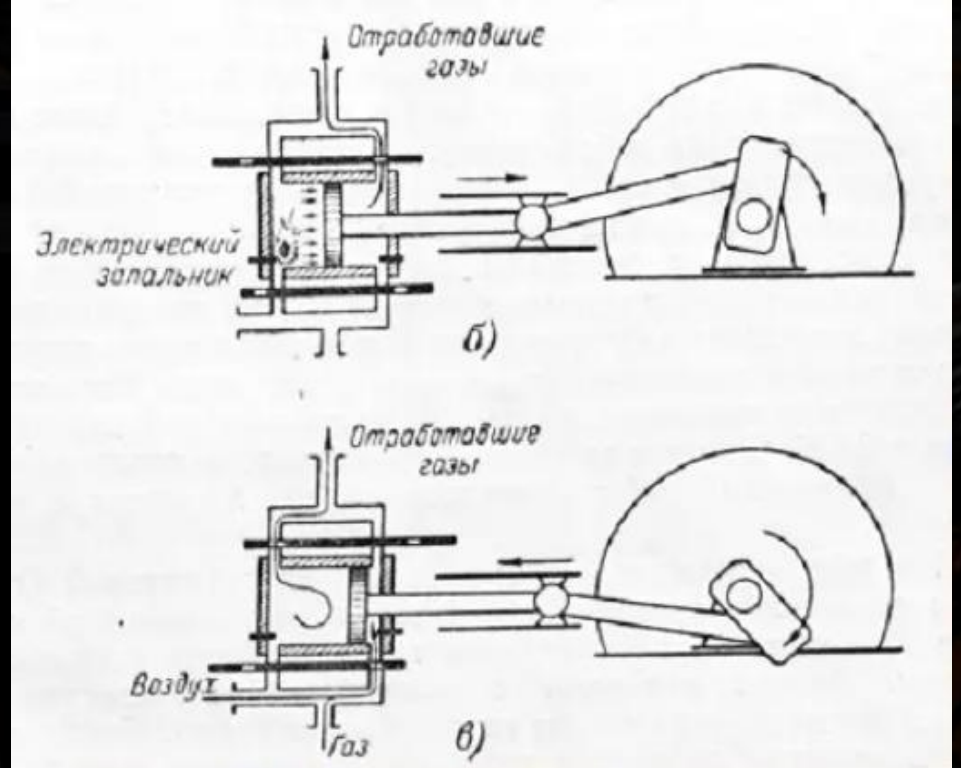
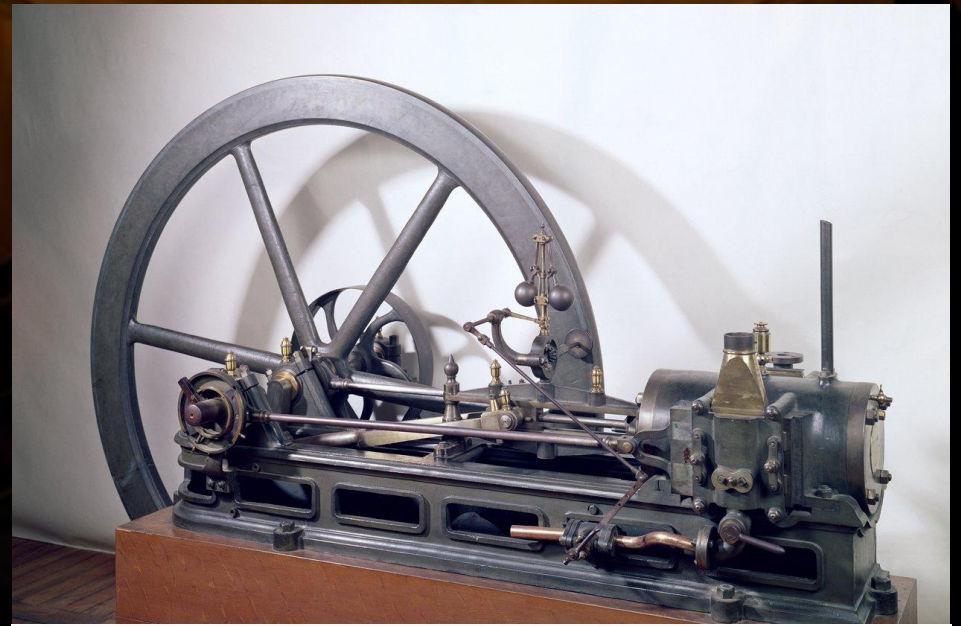
Verim: Yaklaşık %5

Çalışma Prensibi

1. Silindire gaz–hava karışımı alınır.
2. Karışım **sıkıştırılmadan** elektrik kıvılcımı ile ateşlenir.
3. Yanma sonucu oluşan gaz piston üzerinde iş yapar.
4. Egzoz gazları dışarı atılır ve çevrim tamamlanır.

Önemi

- Lenoir motoru, **ilk ticari içten yanmalı motor** olarak kabul edilir.
- Verimi düşük (%4–5 civarında) olmasına rağmen, motor teknolojisinin gelişiminde **öncü bir adım** olmuştur.
- Bu motor, daha sonra **Otto çevrimi** ve **Diesel motoru** gibi gelişmiş sistemlerin temelini oluşturmuştur.



OTTO-LANGEN MOTORU

Otto–Langen Motoru, içten yanmalı motorların gelişiminde kritik bir dönüm noktasıdır. 1860’larda Alman mucit **Nikolaus August Otto** ve iş ortağı **Eugen Langen** tarafından geliştirilmiştir.

Çalışma Prensibi: Gaz–hava karışımı silindire alınır, kıvılcımla ateşlenir ve piston yukarı doğru hareket eder. Piston serbest bırakıldığında atmosfer basıncıyla aşağı iner ve iş üretir.

Bu motor, **atmosferik motor** olarak bilinir. Yani pistonun iş yapması, yanma sonrası oluşan gazların genişlemesiyle değil, atmosfer basıncının pistonu geri itmesiyle sağlanır.

Yakıt: Aydınlatma gazı (kömür gazı) kullanılmıştır.

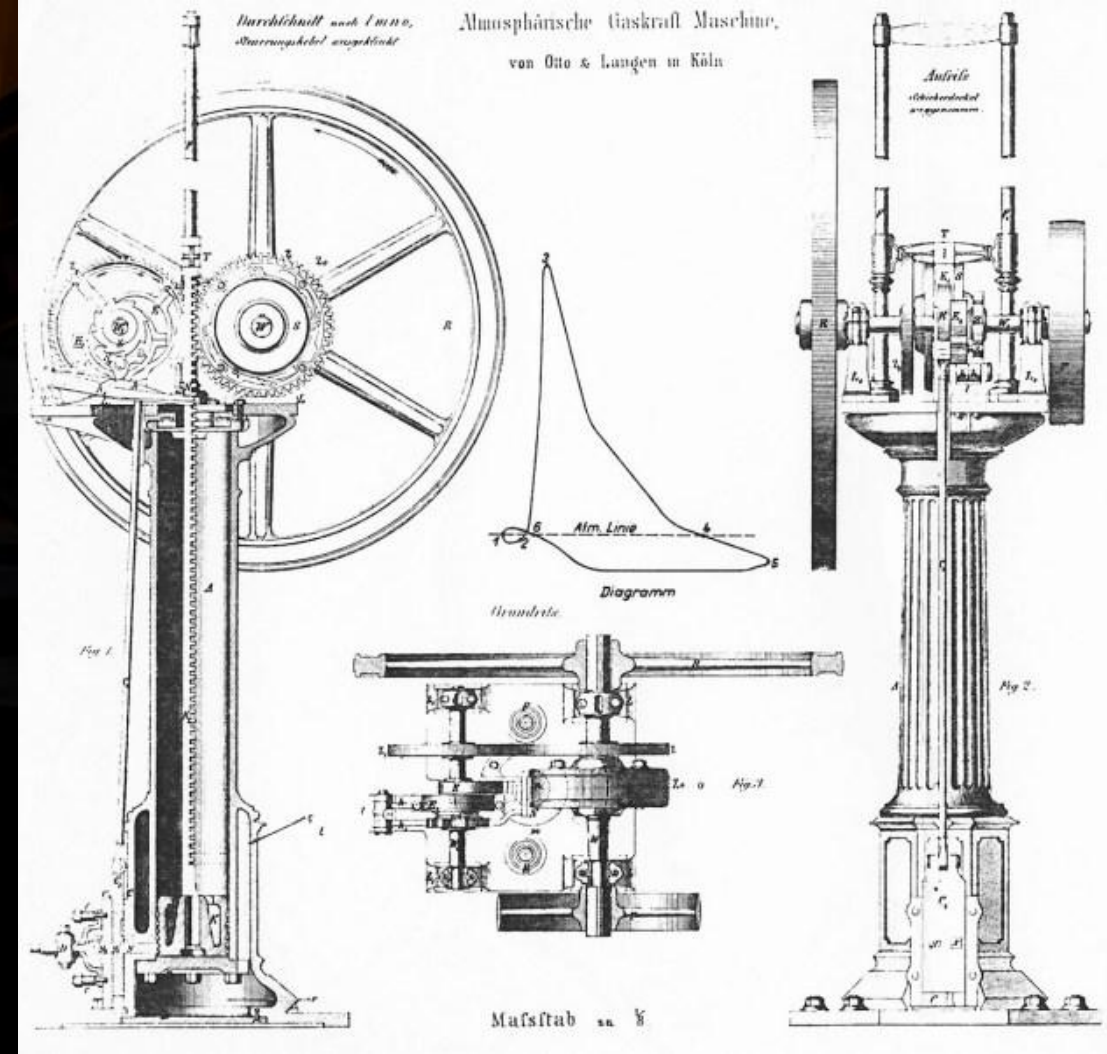
Verim: Yaklaşık %11

1867 Paris Dünya Fuarı’nda tanıtıldığında büyük ilgi gördü.

Lenoir motoruna kıyasla **yakıt tüketimi yarı yarıya azalmıştı**.

Bu başarı, Otto ve Langen’in motorlarını ticari olarak satabilmelerini sağladı.

Otto–Langen motoru, daha sonra Otto’nun geliştirdiği **dört zamanlı Otto çevriminin** öncüsü oldu.



OTTO MOTORU

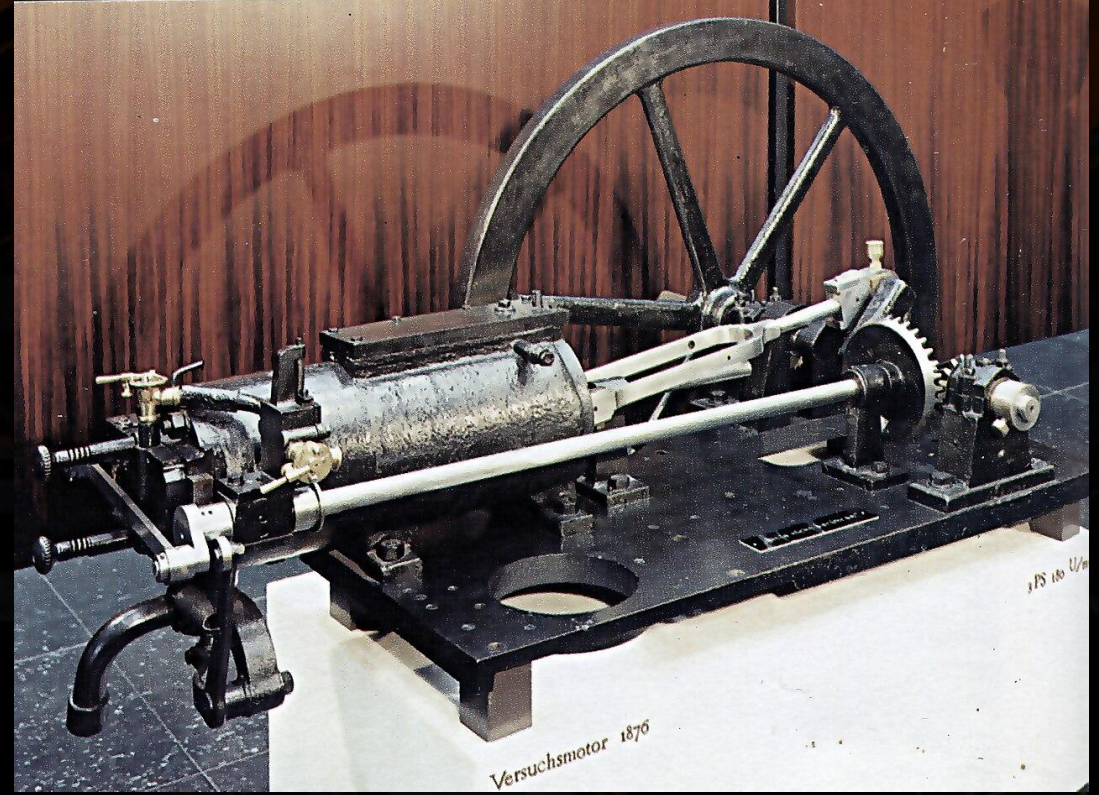
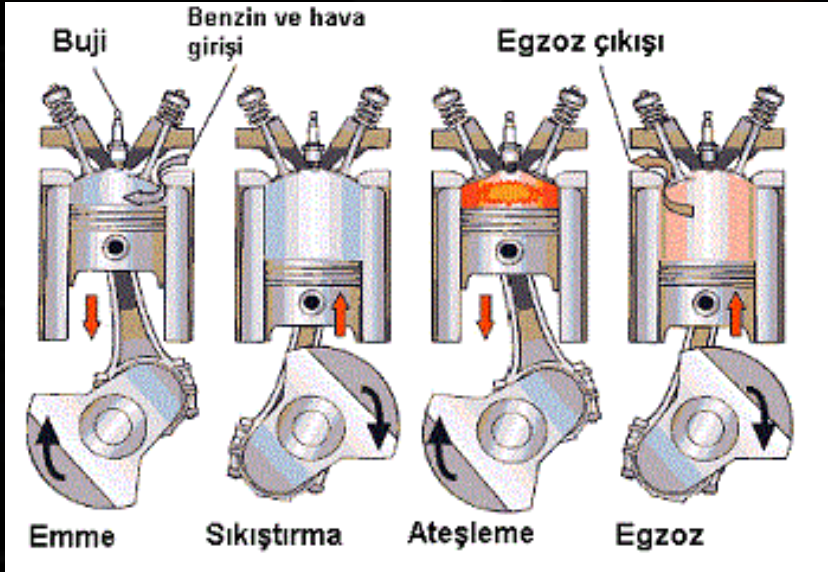
Otto Motoru, modern benzinli motorların temelini oluşturan ve dört zamanlı Otto çevrimi ile çalışan içten yanmalı motordur. Alman mucit **Nikolaus August Otto** tarafından 1876'da geliştirilmiştir.

Yakıt: Benzin veya benzeri uçucu yakıtlar.

Ateşleme: Elektrik kıvılcımı (buji).

Verim: Lenoir ve Otto–Langen motorlarına göre çok daha yüksek verimlilik.

Otto motoru, **ilk başarılı dört zamanlı motor** olarak kabul edilir. Bu motor sayesinde otomotiv endüstrisi hızla gelişmiş ve günümüzdeki benzinli motorların temeli atılmıştır.



OTTO MOTORU

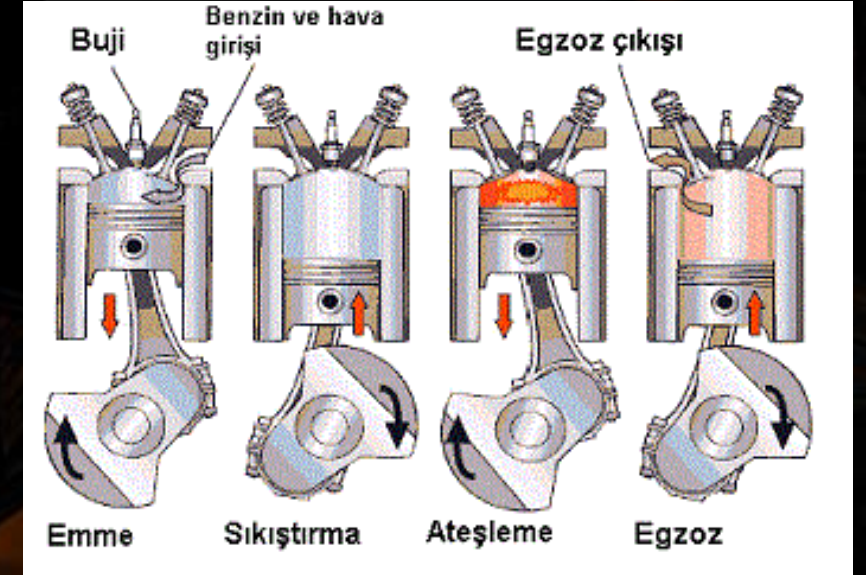
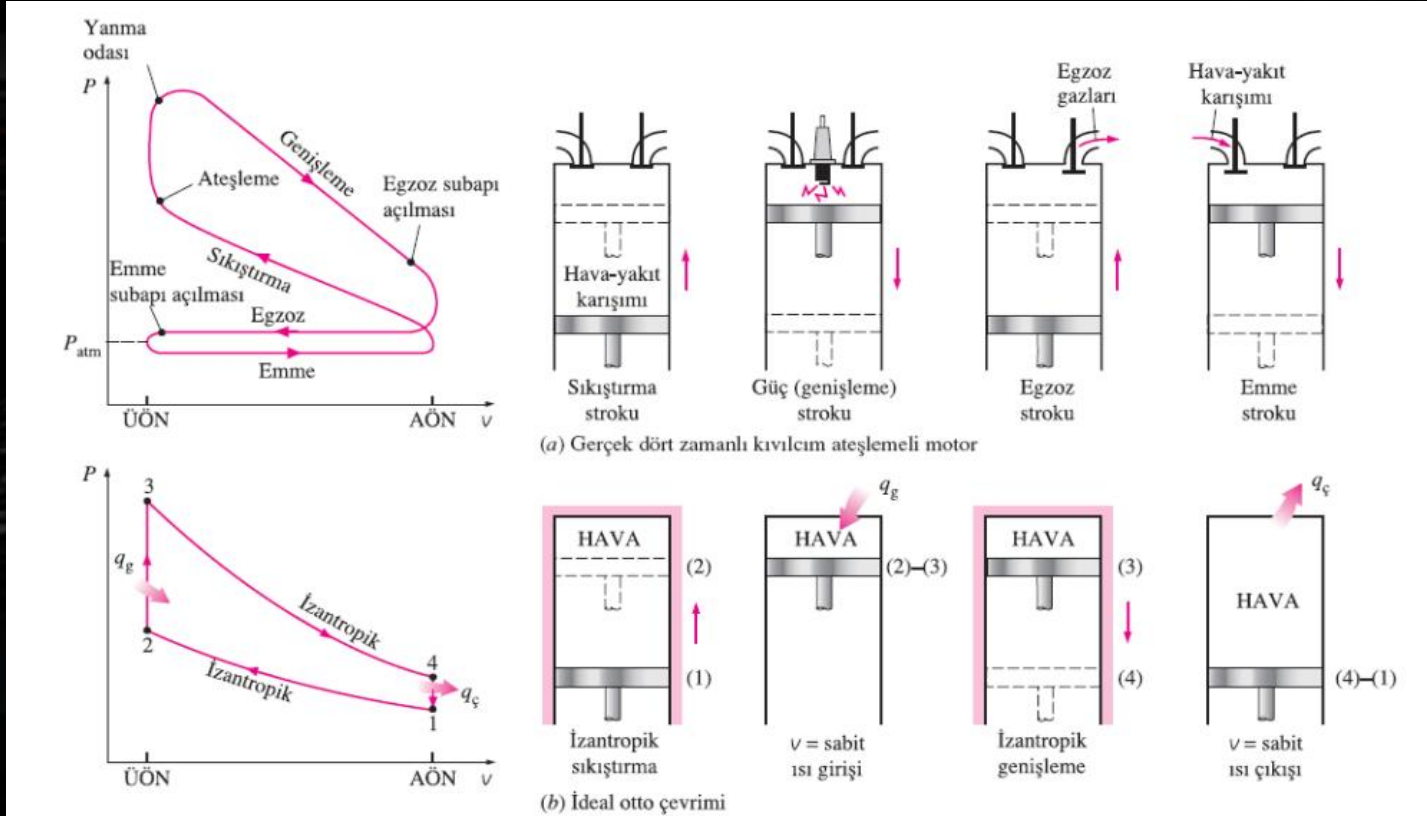
Çalışma Prensibi (Dört Zamanlı Çevrim)

Emme zamanı: Piston aşağı inerken silindire hava–yakıt karışımı alınır.

Sıkıştırma zamanı: Piston yukarı çıkar, karışım sıkıştırılır ve sıcaklığı artar.

Yanma – İş zamanı: Kivılcım ile ateşleme gerçekleşir, karışım patlar ve genişler, piston aşağıya doğru itilir. Bu aşama motorun iş üreten zamanıdır.

Egzoz zamanı: Piston tekrar yukarı çıkar, yanma gazları **egzoz valfi** aracılığıyla dışarı atılır.



DIESEL MOTORU

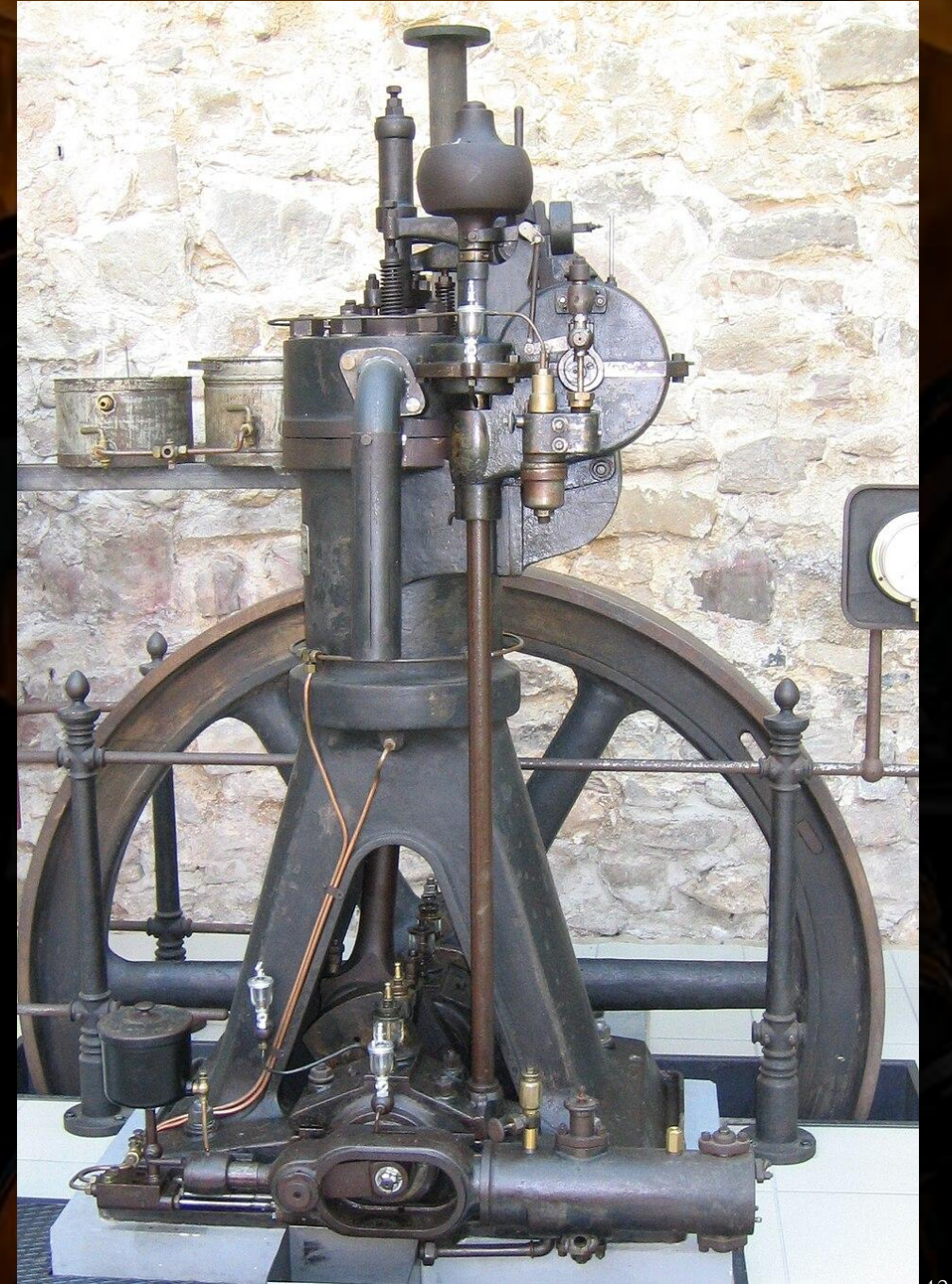
Dizel motoru, Rudolf Diesel tarafından 1892'de geliştirilmiş ve günümüzde özellikle ağır taşıtlarda, iş makinelerinde ve gemilerde kullanılan bir **içten yanmalı motor türüdür**. Çalışma prensibi, Otto motoruna benzer şekilde dört zamanlı çevrim üzerine kuruludur; ancak en önemli fark, yakıtın **bujiyle değil, sıkıştırma sonucu oluşan yüksek sıcaklıkla kendiliğinden tutuşmasıdır**.

Yakıt: Dizel (motorin), Biyodizel

Ateşleme: Buji yoktur; **sıkıştırma ile tutuşma** gerçekleşir.

Verim: Otto motoruna göre daha yüksek verimlilik sağlar.

Tork: Düşük devirlerde yüksek tork üretir, bu nedenle ağır taşıtlarda tercih edilir.



DIESEL MOTORU

Çalışma Prensibi (Dört Zamanlı Dizel Çevrimi)

Emme zamanı: Piston aşağı inerken silindire yalnızca **hava** alınır.

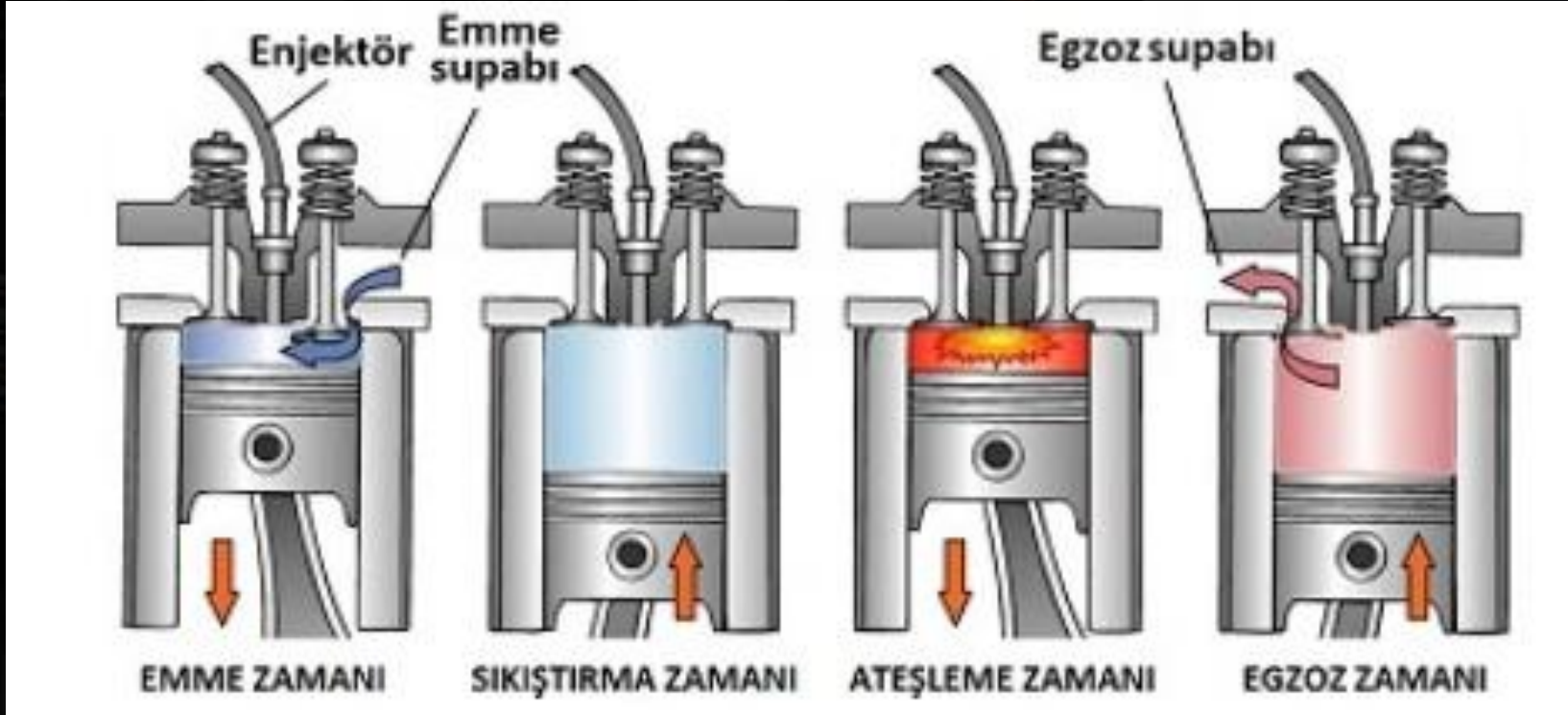
Sıkıştırma zamanı: Piston yukarı çıkar, hava çok yüksek basınçla sıkıştırılır ve sıcaklığı artar.

Yanma – İş zamanı: Sıkıştırmanın sonunda silindire **dizel yakıtı püskürtülür**. Yakıt, sıcak hava ile temas ettiğinde kendiliğinden **tutuşur**. Genleşen gazlar pistonu aşağı iter ve motor iş üretir.

Egzoz zamanı: Piston tekrar yukarı çıkar, yanma gazları **egzoz valfi** aracılığıyla dışarı atılır.

Yakıt: Dizel (motorin),Biyodizel

Ateşleme: Buji yoktur; **sıkıştırma ile tutuşma** gerçekleşir.

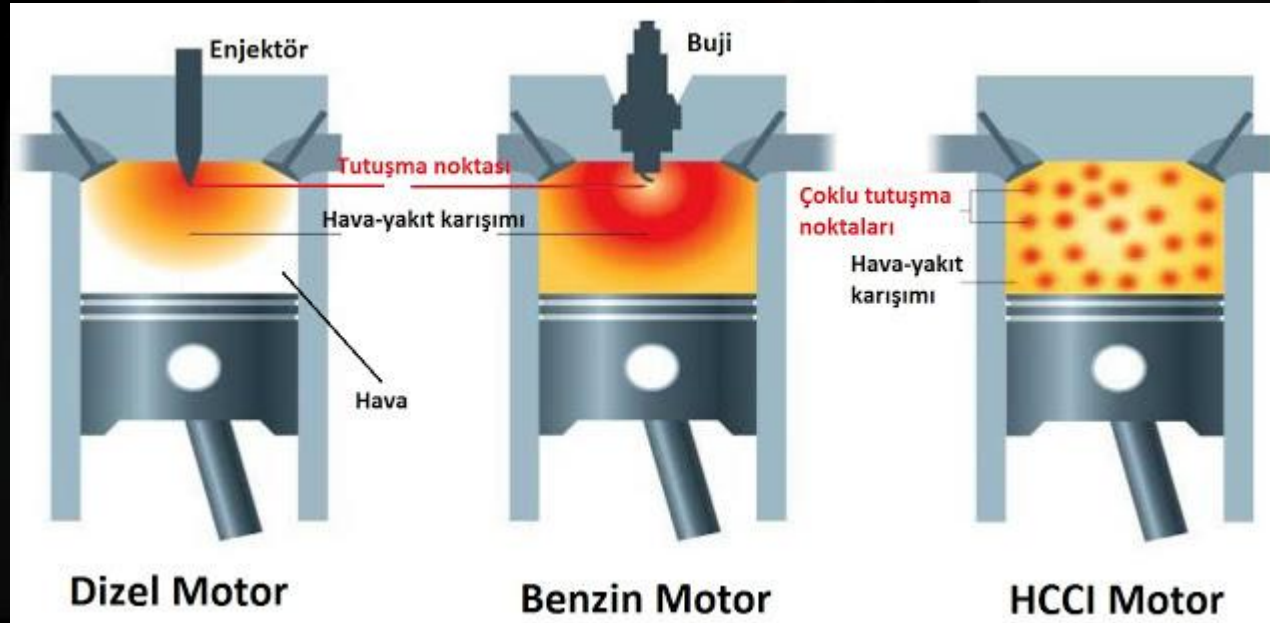


MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

1.Tutuşma Şekline Göre

Bujili motorlar (SI – Spark Ignition) (içten patlamalı)

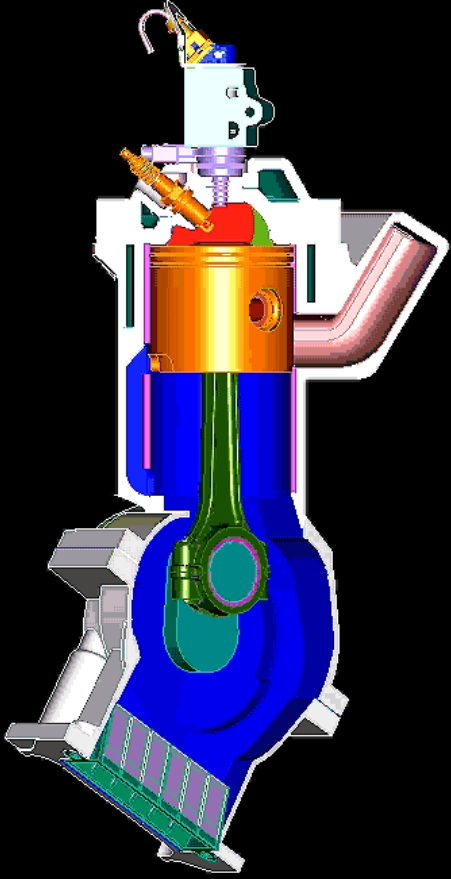
Kendiliğinden tutuşmalı motorlar (CI – Compression Ignition) (içten yanmalı)



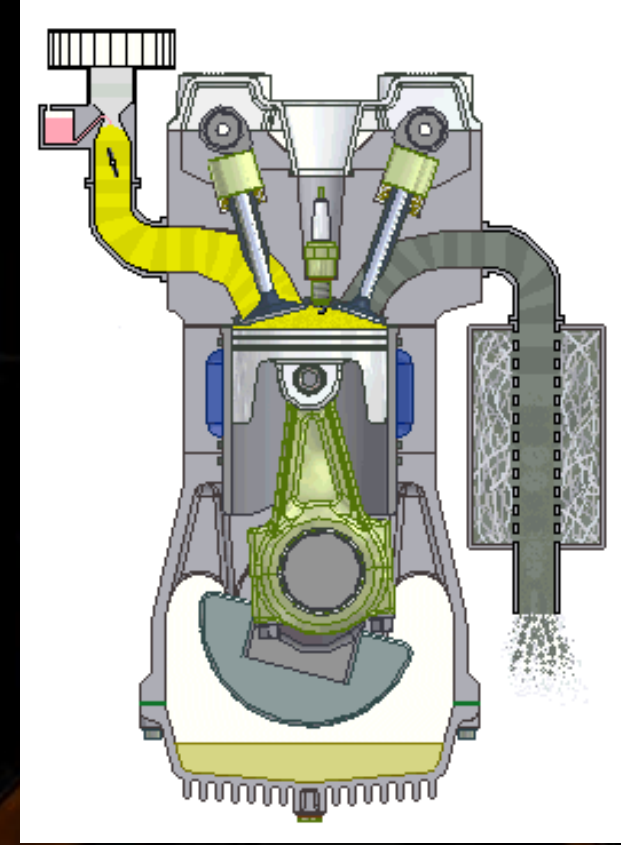
MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

2. Motor Çevrimine Göre

İki zamanlı motorlar (2-Stroke)



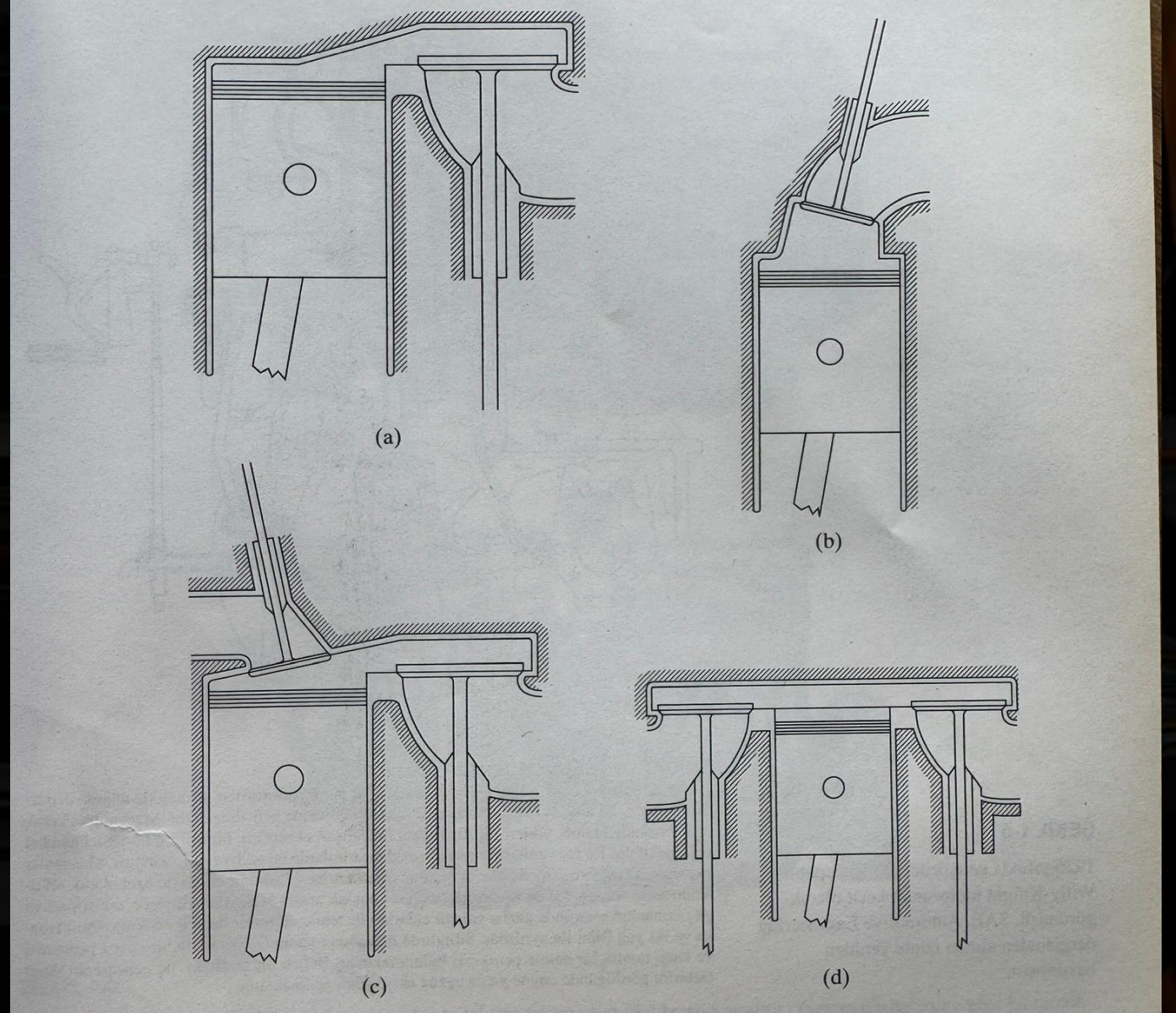
Dört zamanlı motorlar (4-Stroke)



MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

3. Subapların Konumuna Göre

- (a) Supap blokta, L-Kafa. Eski otomobillerde ve bazı küçük motorlarda kullanım alanı bulunmaktadır,
- (b) Supaplar silindir kafasında, I-Kafa. Modern otomobillerde standart uygulama,
- (c) Bir supap blokta, bir supap silindir kafasında, F-Kafa. Eski tip, yaygın olmayan otomobillerde,
- (d) Supaplar motor bloğunda silindirin zıt taraflarında, T-Kafa. Bazı çok eski otomobil motorlarında.



MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

3. Subapların Konumuna Göre

Subapların Konumuna Göre Motor Tipleri ve Kısaltmalar

SV (Side Valve) → Yandan subaplı motorlar
Subaplar silindir bloğunun yan tarafında bulunur.
Eski tip motorlarda yaygındır.

OHV (Overhead Valve) → Üstten subaplı motorlar
Subaplar silindir kapağında, kam mili ise blokta bulunur.
İtme çubukları (pushrod) ile çalışır.

SOHC (Single Overhead Camshaft) → Tek üstten kam mili
Silindir kapağında tek kam mili vardır, hem emme hem de itme işlevi için kullanılır.

DOHC (Double Overhead Camshaft) → Çift üstten kam mili
Silindir kapağında iki kam mili vardır; biri emme, diğeri itme işlevi için kullanılır.
Yüksek devirli ve performanslı motorlarda tercih edilir.



MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

3. Subapların Konumuna Göre

Subapların Konumuna Göre Motor Tipleri ve Kısaltmalar

SV (Side Valve) → Yandan subaplı motorlar

Subaplar silindir bloğunun yan tarafında bulunur.
Eski tip motorlarda yaygındır.

OHV (Overhead Valve) → Üstten subaplı motorlar

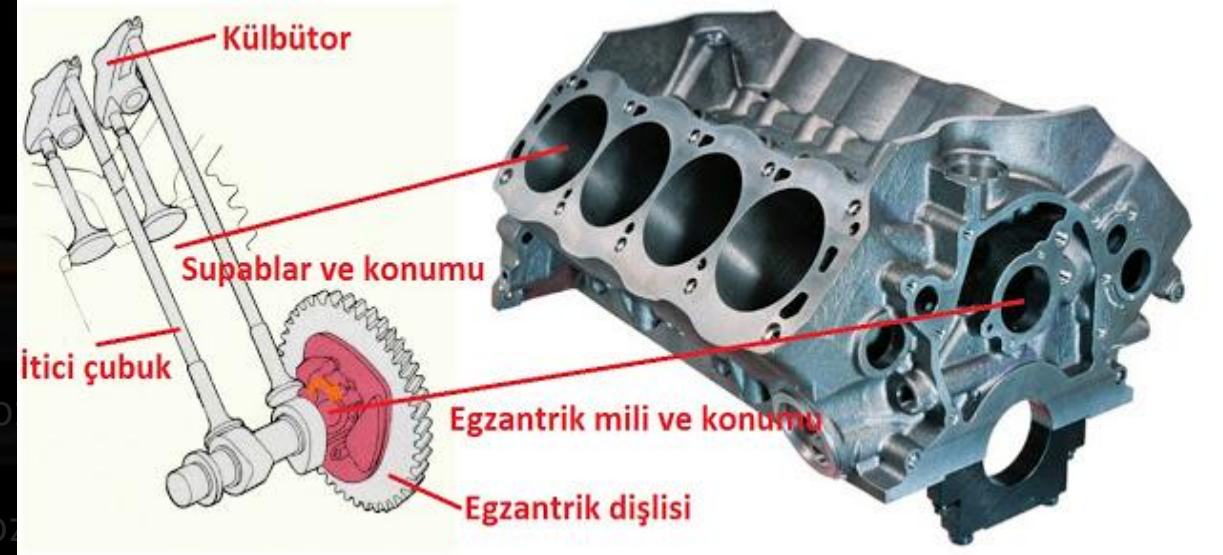
Subaplar silindir kapağında, kam mili ise blokta bulunur.
İtme çubukları (pushrod) ile çalışır.

SOHC (Single Overhead Camshaft) → Tek üstten kam mili

Silindir kapağında tek kam mili vardır, hem emme hem egzo

DOHC (Double Overhead Camshaft) → Çift üstten kam mili

Silindir kapağında iki kam mili vardır; biri emme, diğeri egzo
Yüksek devirli ve performanslı motorlarda tercih edilir.



MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

3. Subapların Konumuna Göre

Subapların Konumuna Göre Motor Tipleri ve Kısaltmalar

SV (Side Valve) → Yandan subaplı motorlar

Subaplar silindir bloğunun yan tarafında bulunur.

Eski tip motorlarda yaygındır.

OHV (Overhead Valve) → Üstten subaplı motorlar

Subaplar silindir kapağında, kam mili ise blokta bulunur.

İtme çubukları (pushrod) ile çalışır.

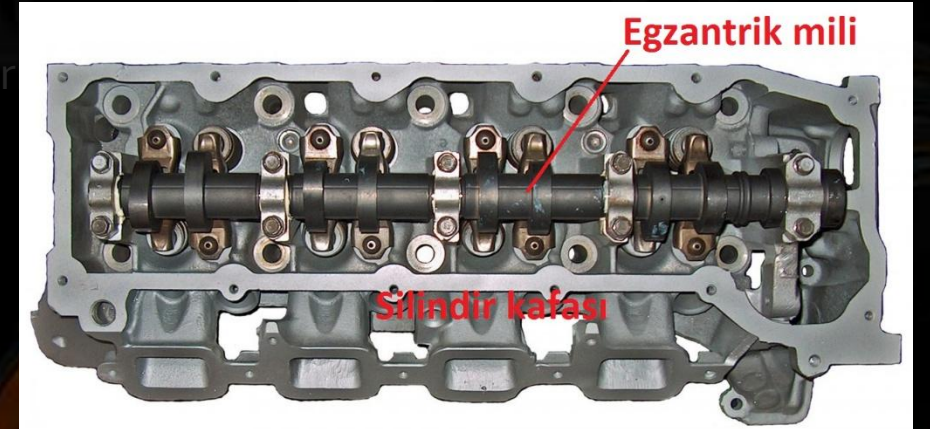
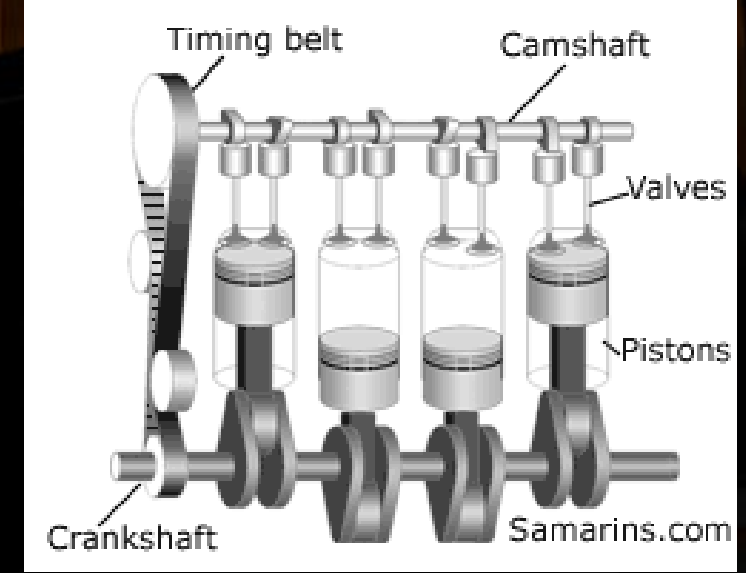
SOHC (Single Overhead Camshaft) → Tek üstten kam mili

Silindir kapağında tek kam mili vardır, hem emme hem egzoz subaplarını kumanda eder.

DOHC (Double Overhead Camshaft) → Çift üstten kam mili

Silindir kapağında iki kam mili vardır; biri emme, diğeri egzoz subapları.

Yüksek devirli ve performanslı motorlarda tercih edilir.



MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

3. Subapların Konumuna Göre

Subapların Konumuna Göre Motor Tipleri ve Kısaltmalar

SV (Side Valve) → Yandan subaplı motorlar

Subaplar silindir bloğunun yan tarafında bulunur.

Eski tip motorlarda yaygındır.

OHV (Overhead Valve) → Üstten subaplı motorlar

Subaplar silindir kapağında, kam mili ise blokta bulunur.

İtme çubukları (pushrod) ile çalışır.

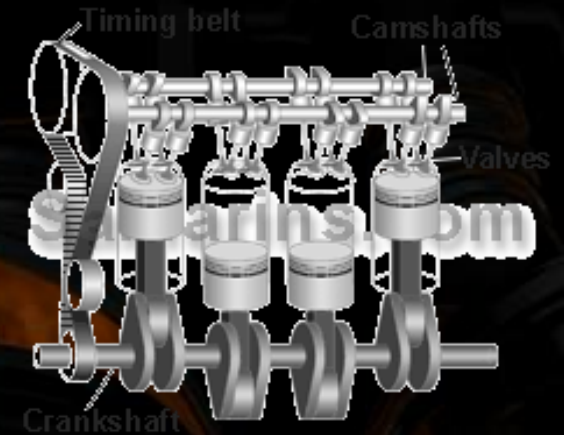
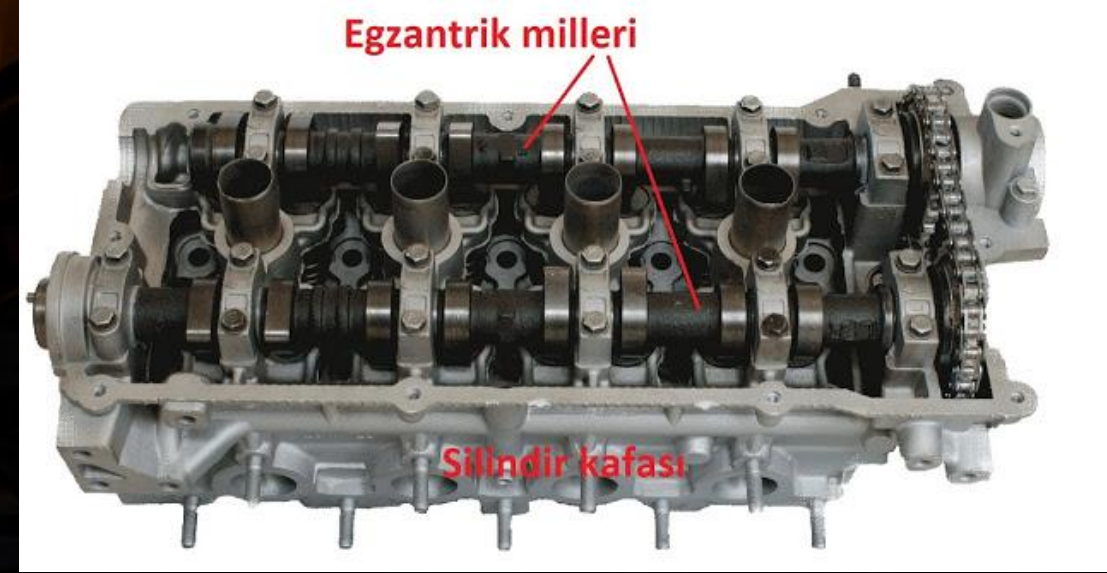
SOHC (Single Overhead Camshaft) → Tek üstten kam mili

Silindir kapağında tek kam mili vardır, hem emme hem egzoz subaplarını kumanda eder.

DOHC (Double Overhead Camshaft) → Çift üstten kam mili

Silindir kapağında iki kam mili vardır; biri emme, diğeri egzoz subaplarını kumanda eder.

Yüksek devirli ve performanslı motorlarda tercih edilir.



MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

4. Temel Tasarım Şekline Göre

Pistonlu motorlar (Reciprocating Engine)

Wankel motorlar (Rotary Engine)

Gaz türbini motorları (Gas Turbine Engine)

MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

4. Temel Tasarım Şekline Göre

Pistonlu motorlar (Reciprocating Engine)

Wankel motorlar (Rotary Engine)

Gaz türbini motorları (Gas Turbine Engine)



MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

4. Temel Tasarım Şekline Göre

Pistonlu motorlar (Reciprocating Engine)

Wankel motorlar (Rotary Engine)

Gaz türbini motorları (Gas Turbine Engine)



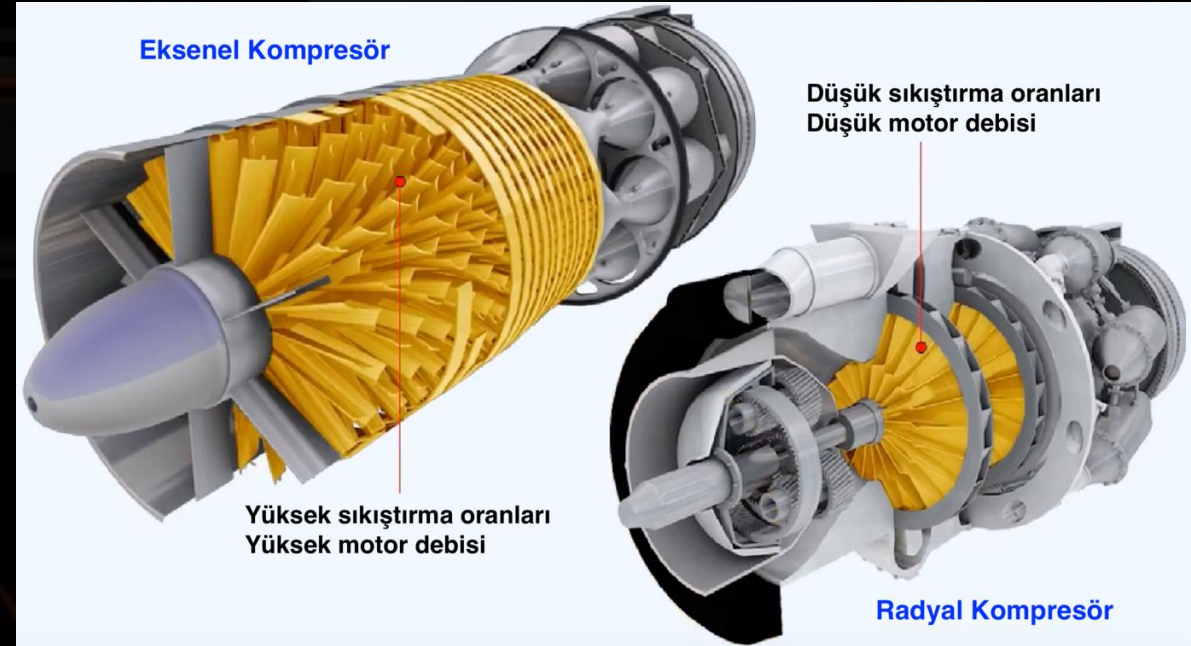
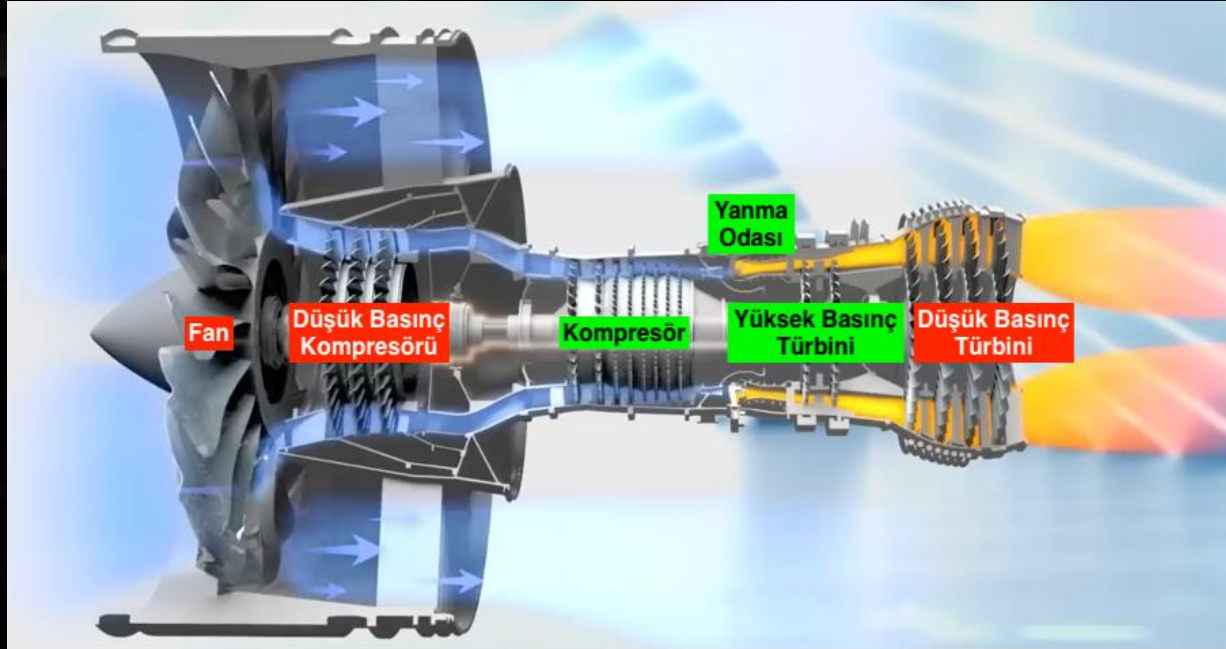
MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

4. Temel Tasarım Şekline Göre

Pistonlu motorlar (Reciprocating Engine)

Wankel motorlar (Rotary Engine)

Gaz türbini motorları (Gas Turbine Engine)

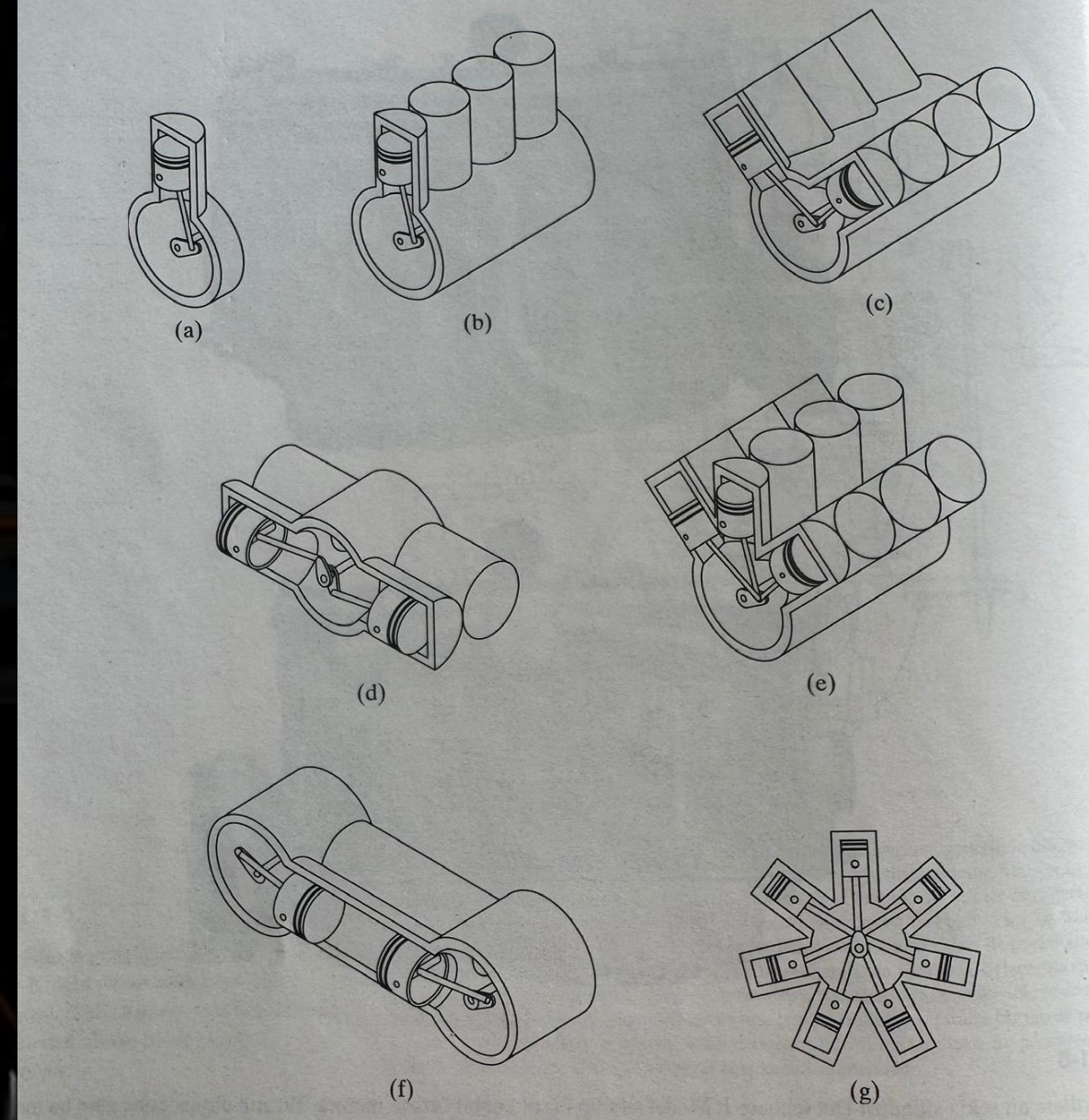
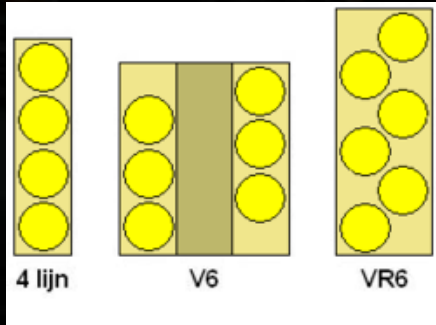


MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

5. Pistonlu Motorlarda Silindir Sayısı ve Yerleşime Göre

Silindirlerin düzenleniş şekline göre motorların sınıflandırılması;

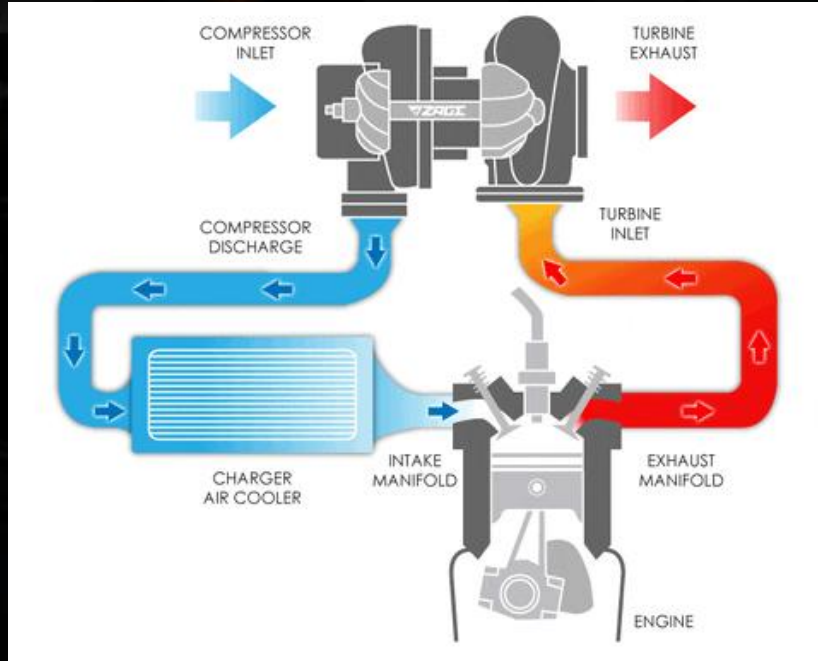
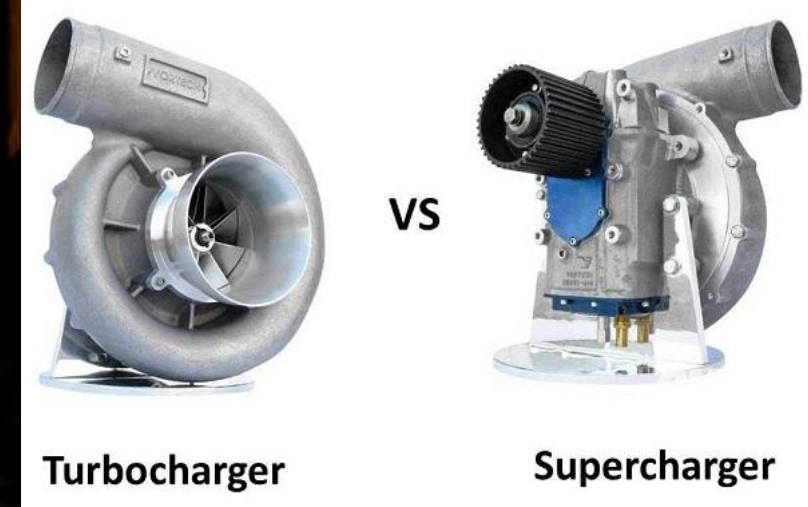
- (a) Tek silindirli motor,
- (b) Sıra motor,
- (c) V-Motor,
- (d) Boksör motor,
- (e) W-Motor,
- (f) Karşı pistonlu motor,
- (g) Radyal motor
- (h) VR motor (vw group)



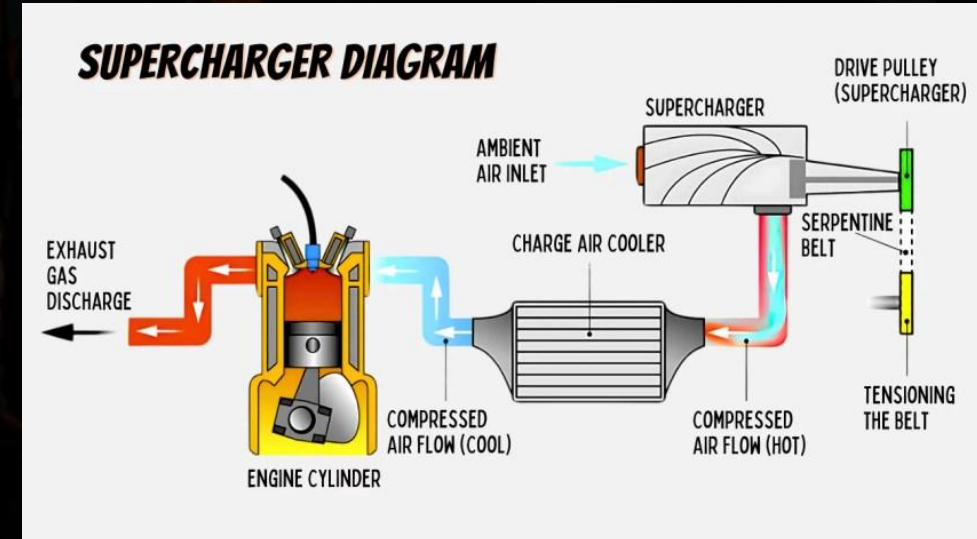
MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

6. Hava Emme Şekline Göre

- Doğal emişli motorlar (NA – Naturally Aspirated)
- Turboşarjlı motorlar (Turbocharged)
- Süperşarjlı motorlar (Supercharged)



Turboşarjlı motorlar (Turbocharged)



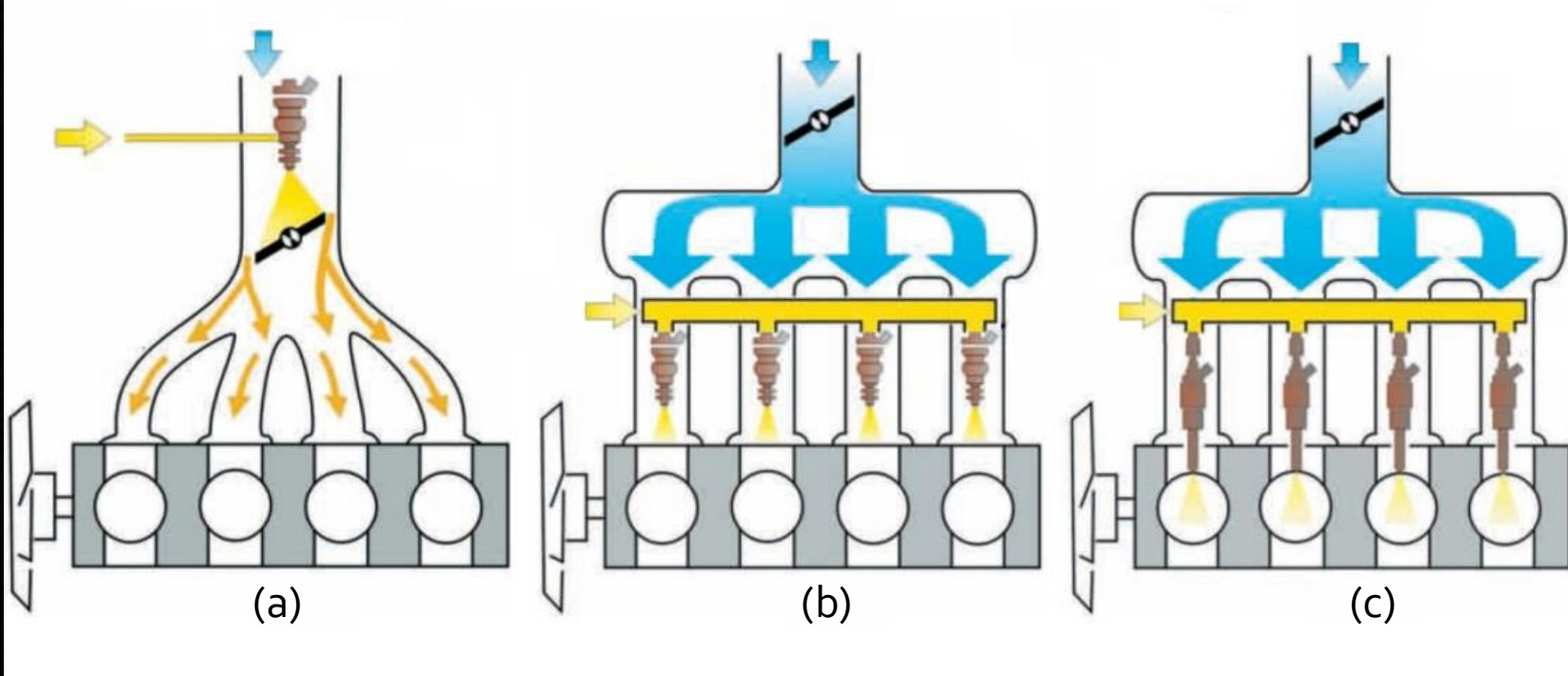
Süperşarjlı motorlar (Supercharged)

MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

7. Benzin Motorlarının Yakıt Giriş Yöntemine Göre

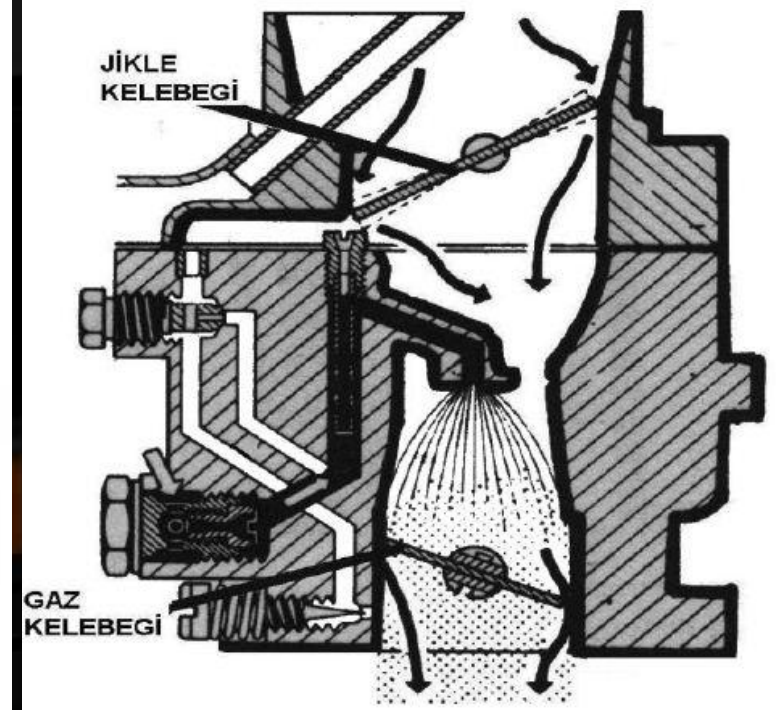
Enjeksiyonlu sistem (Fuel Injection)

- (a) Tek nokta enjeksiyon (SPI – Single Point Injection)
- (b) Çok nokta enjeksiyon (MPI – Multi Point Injection)
- (c) Direkt enjeksiyon (GDI-FSI-TFSI-CGI)



Karbüratörlü sistem (Carburetor)

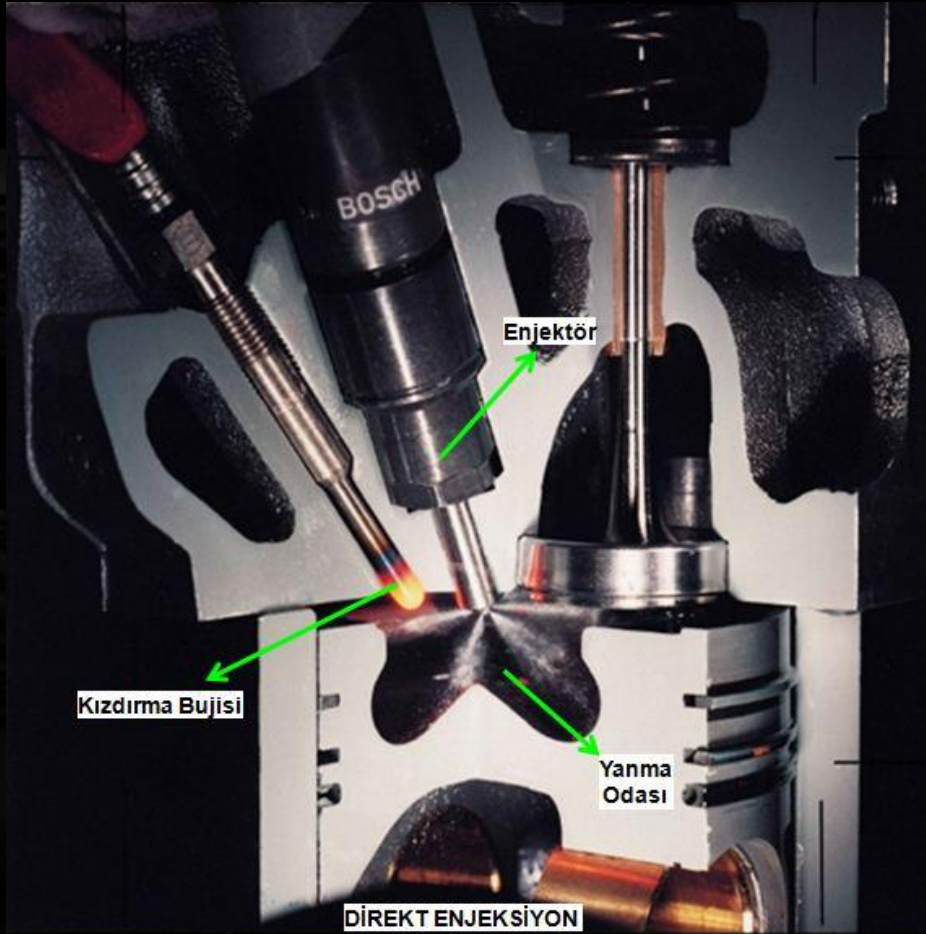
Tek nokta enjeksiyon nozulu yerine karbüratör



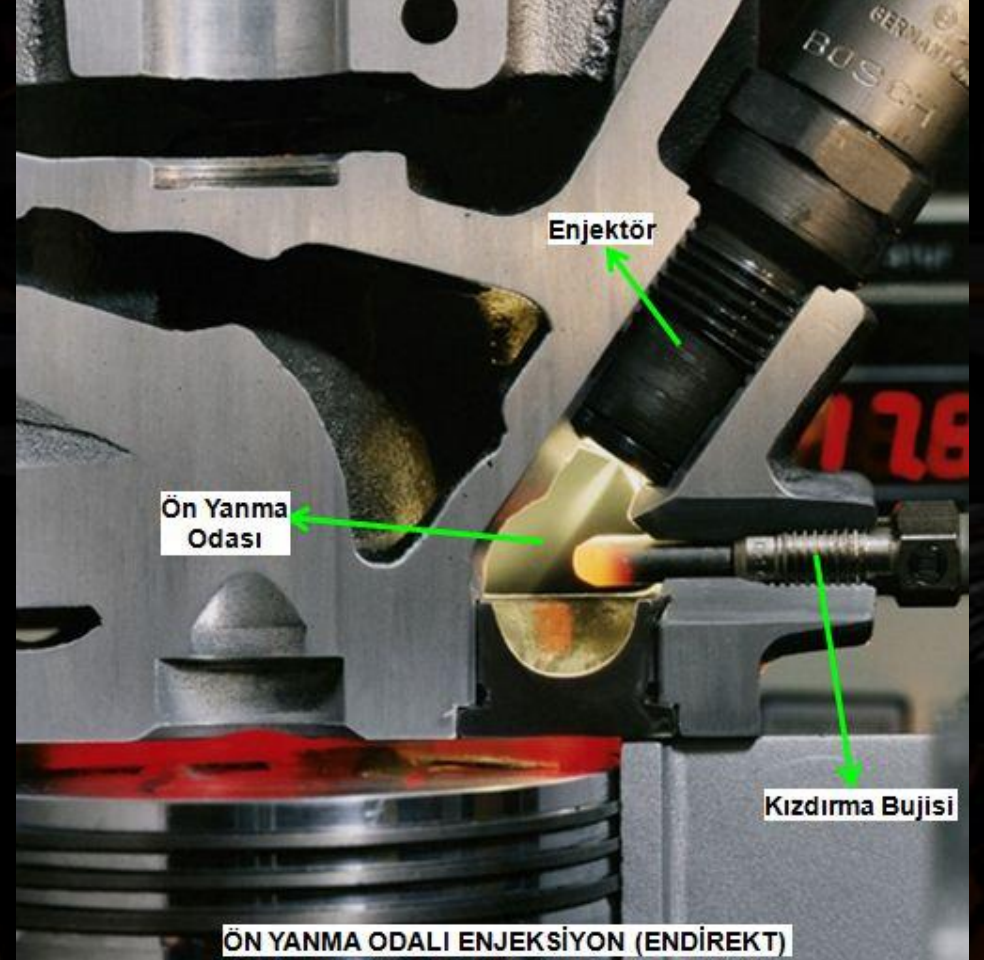
MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

8. Dizel Motorlarının Yakıt Giriş Yöntemine Göre

Direkt enjeksiyon (DI – Direct Injection)

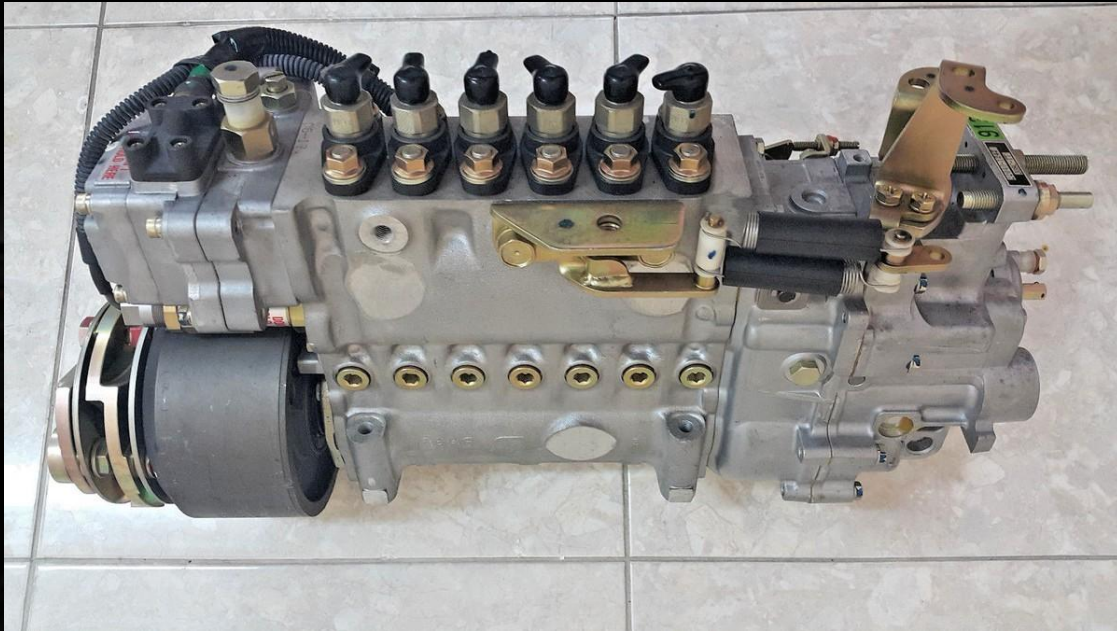


Dolaylı enjeksiyon (IDI – Indirect Injection) (ön yanma odalı)



Direkt enjeksiyon (DI – Direct Injection)

Mekanik Pompa



HINO JO8 ZEXEL PUMP (ID)
ID ENGINE WORK PRESSURE 150-600 BAR



MERCEDES-BENZ OM616 ENGINE (IDI)
IDI ENGINE WORK PRESSURE 100-300 BAR

Direkt enjeksiyon (DI – Direct Injection)

Birim Pompa (Pump Duse)



UNIT PUMP ELEMENT (MB AXOR-ATEGO)

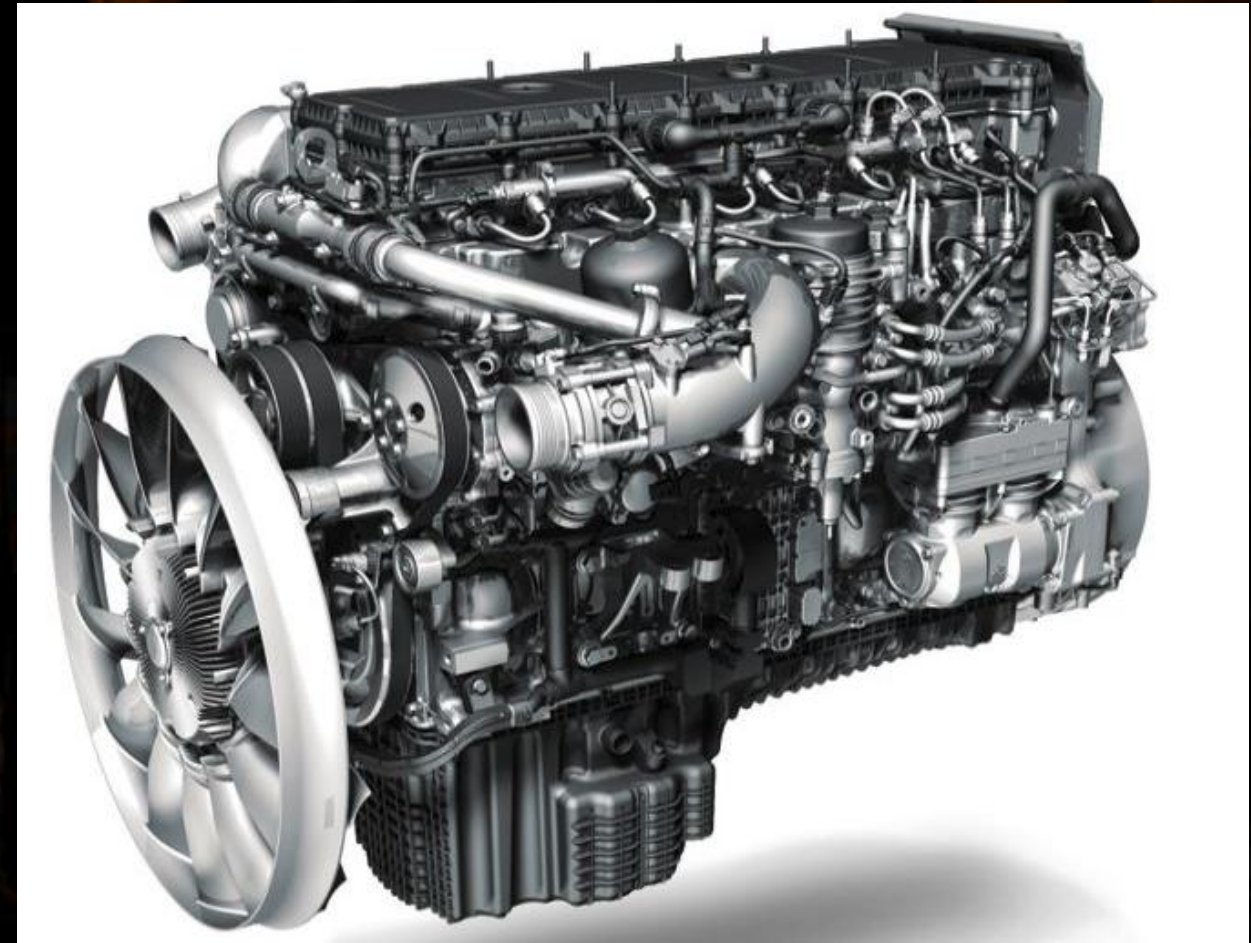


MERCEDES-BENZ OM457LA ENGINE (PD)
PD ENGINE WORK PRESSURE 1000-1200 BAR

CRDI (Common Rail Direct Injection)



COMMON RAIL DIESEL SYSTEM
WORK PRESSURE 1500-3000 BAR



MB AROCS OM470 ENGINE CDI

EMİSYON STANDARTLARI VE REGÜLASYONLAR

Avrupa Birliği – Euro Standartları

Euro 1 (1992): Katalitik konvertör zorunlu, CO/HC sınırları getirildi.

Euro 2 (1996): NOx ve HC sınırları sıkılaştırıldı.

Euro 3 (2000): Benzinli ve dizel için ayrı limitler.

Euro 4 (2005): Dizel partikül emisyonları ciddi şekilde düşürüldü.

Euro 5 (2009): Dizel partikül filtresi (DPF) fiilen zorunlu hale geldi.

Euro 6 (2015): NOx sınırları özellikle dizelde sert şekilde azaltıldı.

Euro 6d-TEMP / 6d (2017–2020): Gerçek sürüş emisyonu (RDE) testleri eklendi.

Euro 7 (2025 →):

Egzoz dışında **fren ve lastik partikülleri** de kapsanacak.

Araç ömrü boyunca emisyon kontrolü zorunlu olacak.

ABD – EPA ve CARB Standartları

EPA (ABD Çevre Koruma Ajansı)

Tier 1–2: 1990’larda yürürlüğe giren ilk aşamalar. Temel emisyon azaltımı sağladı.

Tier 3: 2006’dan itibaren daha sıkı sınırlar, özellikle NOx ve PM için.

Tier 4 Interim (Tier 4i): 2011’de geçici aşama. Daha yüksek beygir gücüne sahip motorlarda uygulanmaya başladı.

Tier 4 Final (Tier 4f): 2014–2015’ten itibaren yürürlükte. En sıkı standartlar; NOx ve PM emisyonlarını %90’dan fazla azaltmayı hedefler.

CARB (Kaliforniya Hava Kaynakları Kurulu)

ABD’nin en sıkı standartlarını uygular, genelde Euro ile paralel.

EMİSYON STANDARTLARI VE REGÜLASYONLAR

Türkiye ve Diğer Ülkeler

Türkiye, AB mevzuatına uyumlu olarak **Euro 6** standartlarını uyguluyor.

Çin: **China VI** standardı, Euro 6'ya benzer.

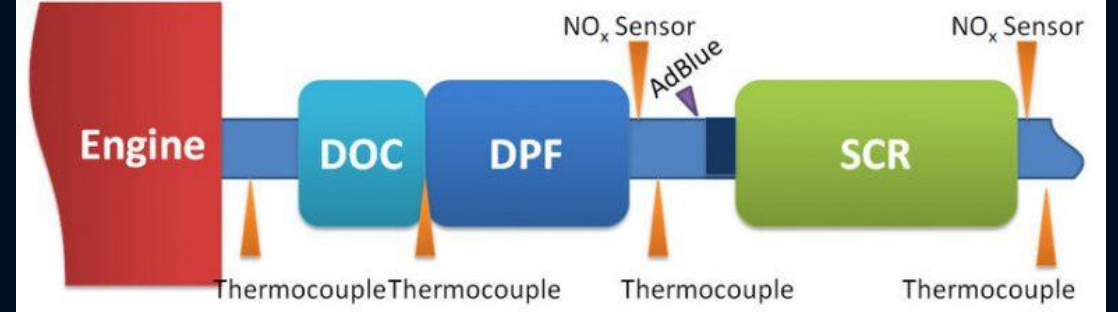
japonya: **Post New Long-Term** standartları, NOx ve PM için sıkı limitler içeriyor.



EMİSYON STANDARTLARI VE REGÜLASYONLAR

Regülasyonlar

- Amaç:** Hava kirliliğini azaltmak, insan sağlığını korumak.
- Kapsam:** CO (karbon monoksit), NO_x (azot oksitler), HC (hidrokarbonlar), PM (partikül madde).
- Test Yöntemleri:**
 - Laboratuvar testleri (NEDC, WLTP).
 - Gerçek sürüş emisyonu (RDE).
- Zorunlu Donanımlar:**
 - Katalitik konvertör (benzinli).
 - Dizel partikül filtresi (DPF).
 - SCR (Selective Catalytic Reduction – AdBlue ile NO_x azaltma).
 - EGR (Exhaust Gas Recirculation – egzoz gazı geri dönüşümü).



Emisyon standartları, Euro 1'den Euro 7'ye kadar giderek sıkılaştan kurallarla araçların CO, NO_x, HC ve partikül salınımını sınırlar. Regülasyonlar, katalitik konvertör, DPF, SCR gibi sistemleri zorunlu hale getirerek çevreyi ve insan sağlığını korumayı hedefler.



**RUGGERINI MD 150 2 CYC.
DIESEL ENGINE & TOFAS GEARBOX**



TASPINAR V1 WORKMACHINE (2011)



MERCEDES-BENZ OM616 ENGINE (IDI)



TASPINAR 4X4 WORKMACHINE (2015)

KAYNAKLAR

- “Thermodynamics: An Engineering Approach”, 9th Edition, Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Mehmet Kanoglu, McGraw-Hill Education, 2019
- “İçten Yanmalı Motorlar” Willard W. Pulkrabek
- <https://muhendishane.org>
- <https://malzemebilimi.net>
- www.meisterdrucke.com.tr
- <https://tr.topwar.ru>
- <https://www.denizcilikbilgileri.net>
- <https://www.sekizsilindir.com>
- <https://muhendisinevi.com>
- <https://www.defenceturk.net>
- <https://otomobilteknoloji.blogspot.com>

Teşekkürler...

taspinaremrah88@gmail.com