



**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

DİZEL MOTOR EMİSYONLARIN İNCELENMESİ

HAZIRLAYANLAR

0601.12003 EMEL YİĞİT

0601.12042 FATMA DOĞANAY

0601.12060 ESRA KANAT

0601.12070 AYSUN KURT

23.12.2009

AMAÇ

Taşıt emisyonlarının envanterlenmesinde yol göstermesi için dizel araçlardan kaynaklı emisyonların belirlenmesi, ölçülmesi, giderim yöntemlerinin incelenmesi

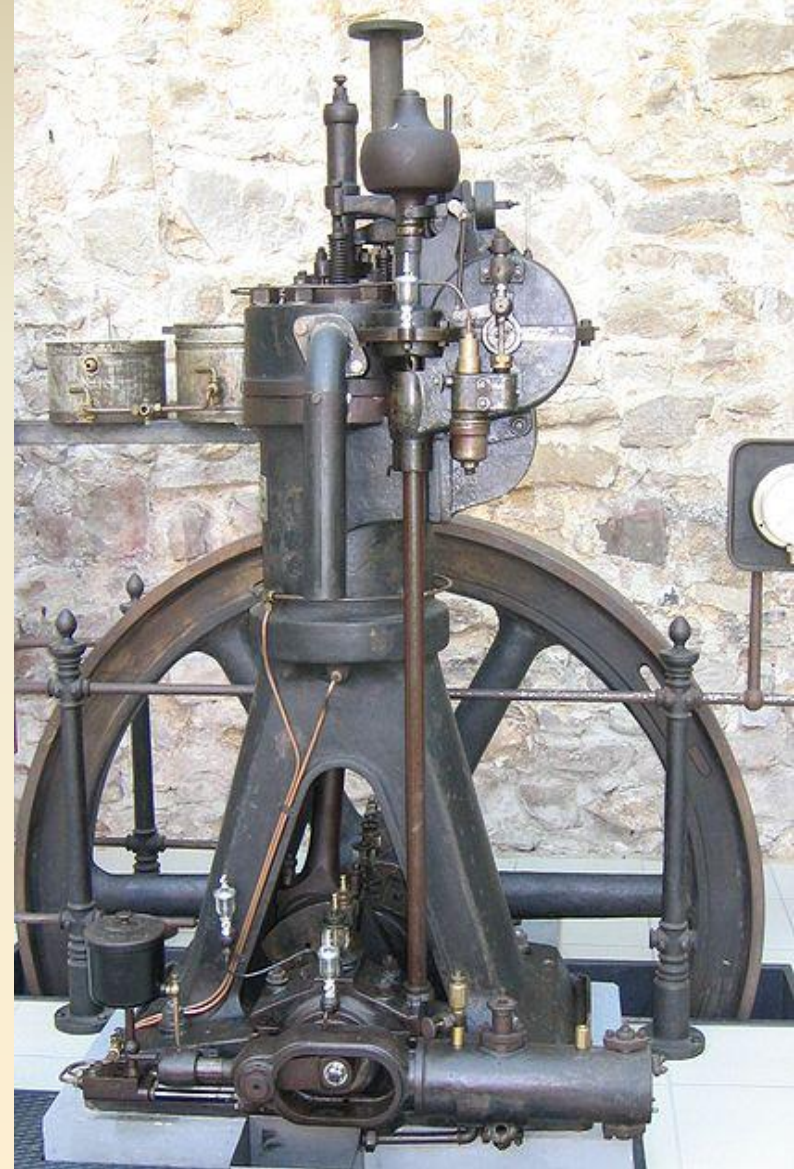
İÇERİK

- Dizel motorlar ve çalışma prensibi
- Dizel motorların avantajı ve dezavantajları
- Dizel motorların kullanıldığı yerler
- Dizel motorlarda yanma reaksiyonu
- Dizel motor emisyonlarının oluşumları ve insan sağlığına etkileri
- Dizel motor emisyonları ölçme yöntemleri
- Emisyon giderim yöntemleri

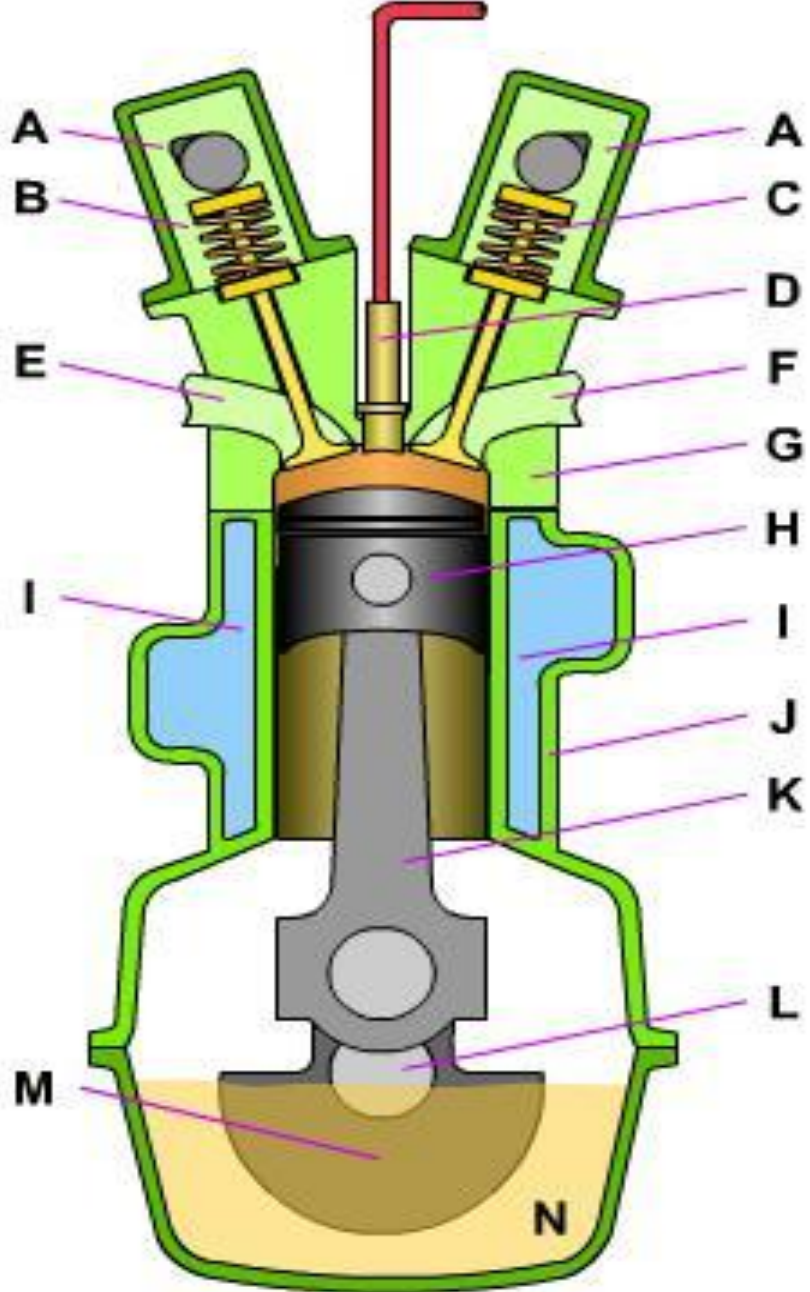
DİZEL MOTORLARIN TEMEL ÖZELLİKLERİ

Dizel Motoru oksijen içeren bir gazın sıkıştırılarak yüksek basınç ve sıcaklığa ulaşması ve silindir içine püskürtülen yakıtın bu sayede alev alması ve patlaması prensibi ile çalışan bir motordur.

1892'de Alman Mühendis [Rudolf Diesel](#) tarafından bulunmuş ve daha sonra 23 Şubat 1893'te patenti alınmış bu süreç *dizel çevrimi* olarak bilinir.

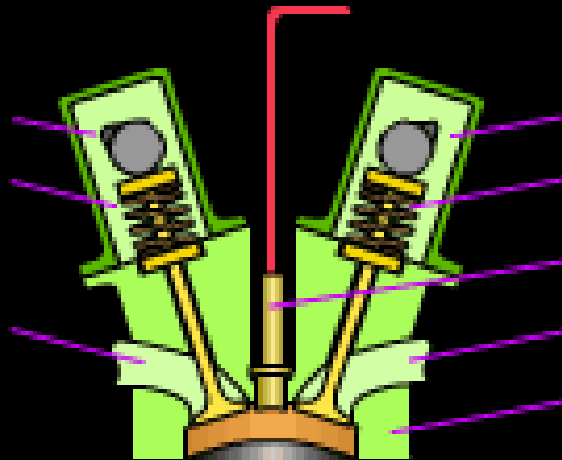


Dizel Motor Parçaları



- A: Kam milleri
- B: Emme sübapı
- C: Egzoz sübapı
- D: Yakıt püskürtücü enjektör
- E: Hava girişi
- F: Yanmış gaz çıkışı (egzoz)
- G: Silindir kafası
- H: Piston
- I: Soğutma suyu
- J: Silindir bloğu
- K: Piston kolu
- L: Krank mili
- M: Dengeleme ağırlığı
- N: Motor yağı

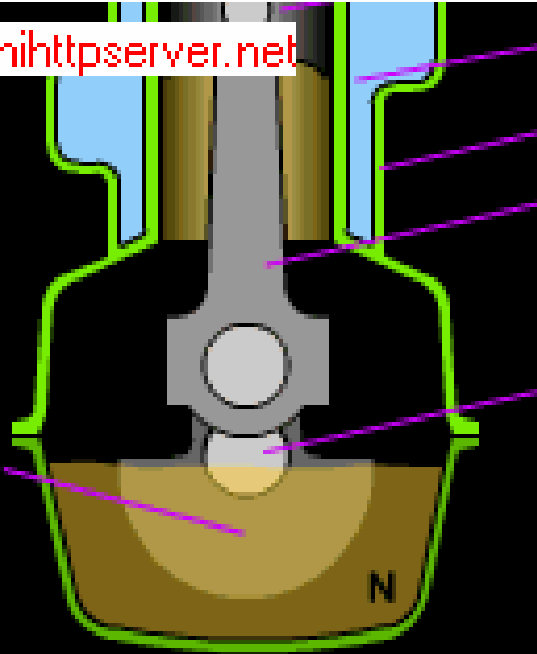
SÖYLE DİZEL MOTORLAR NASIL ÇALIŞIR?



- Kam milleri
- Emme sübabi
- Egzoz sübabi
- Yakıt püskürtücü enjektör
- Hava girişi
- Yanmış gaz çıkışı (egzoz)
- Silindir kafası

Flash/SWF to GIF/AVI converter - unregistered version

www.minihttpserver.net



- Piston
- Soğutma suyu
- Silindir bloğu
- Piston kolu
- Krank mili
- Dengeleme ağırlığı
- Motor yağı

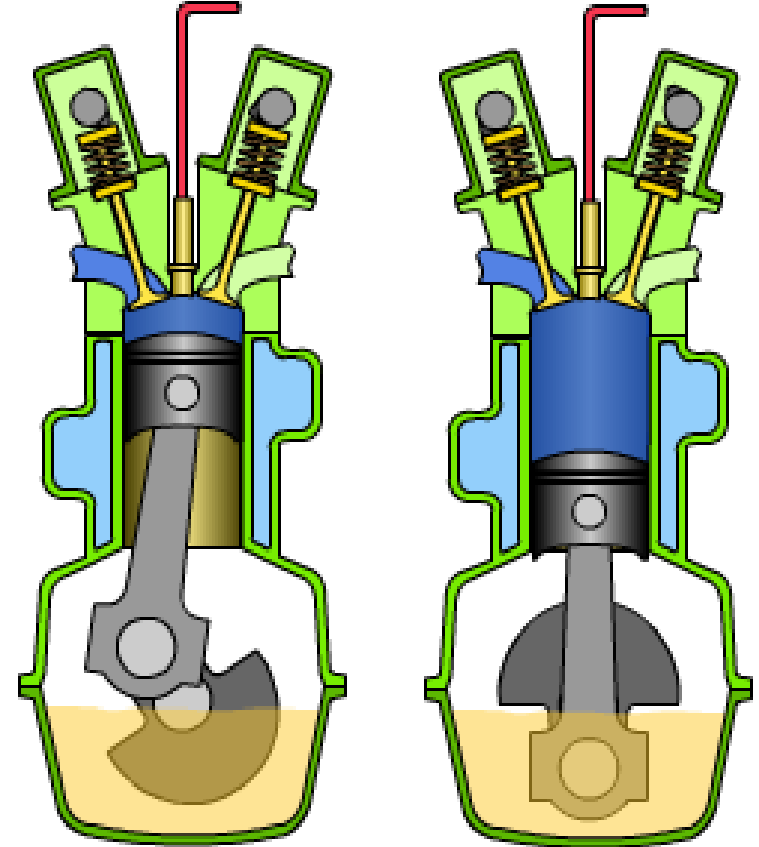


Motoru çalıştır

Dizel Motorun Çalışma Zamanları

1-Emme Zamanı:

Bu safhada, emme subap'ının açılması ile pistonun içine hava dolmaktadır. Bu durumda piston aşağı doğru hareket etmektedir.



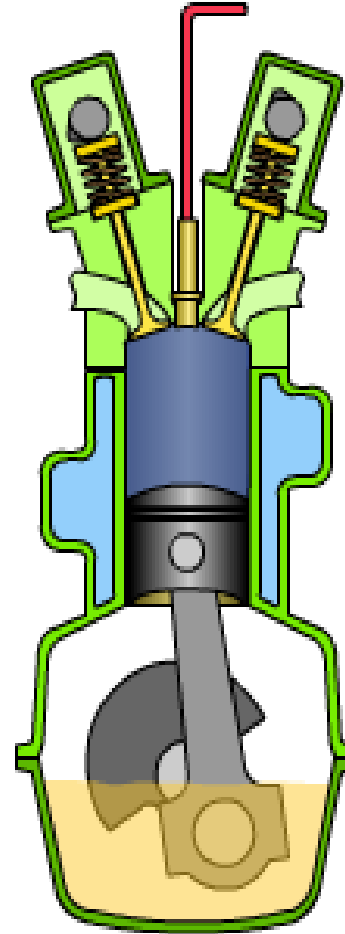
EMME ZAMANI
BAŞLANGICI

EMME ZAMANI
SONU

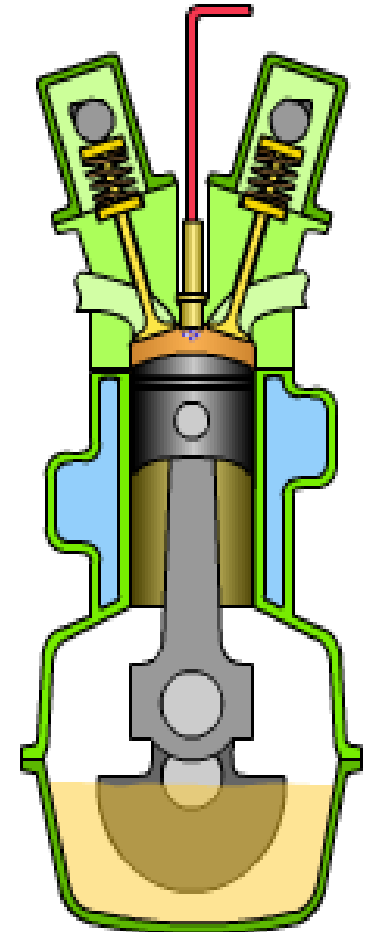
Dizel Motorun Çalışma Zamanları

2-Sıkıştırma Zamanı:

Bu safhada piston yukarı hareket etmeye başlar. Bu sayede hava yüksek bir oranda sıkışmaktadır. Bu sıkışmanın doğurduğu yüksek basınçla havanın sıcaklığı 500 santigrat dereceye kadar çıkmaktadır.



SIKIŞTIRMA ZAMANI
BAŞLANGICI

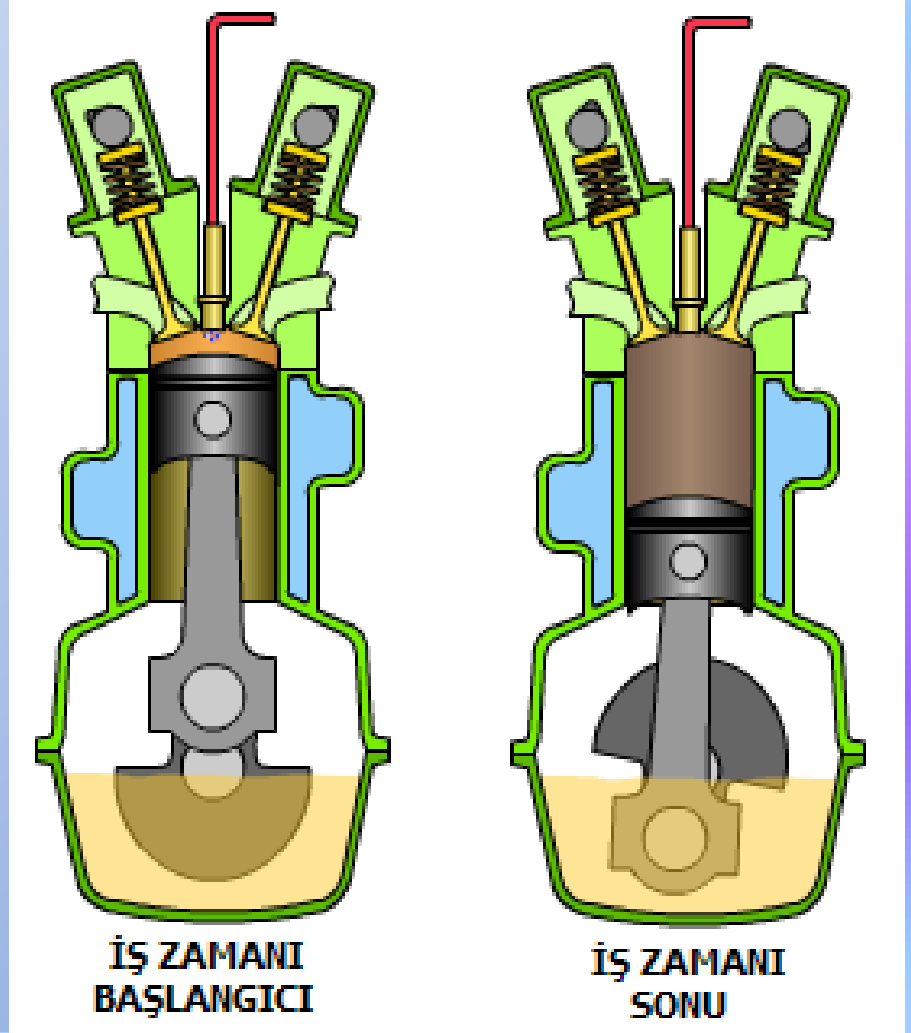


SIKIŞTIRMA ZAMANI
SONU

Dizel Motorun Çalışma Zamanları

3.İş Zamanı:

Bu safhada aşırı derecede ısınan havanın üstüne püskürtülen yakıt (mazot) alev almaktadır. Bu patlamayla açığa çıkan enerji pistonu aşağı doğru iter. Güç ve dönme hareketi bu safhada oluşmaktadır.



Dizel Motorun Çalışma Zamanları

4-Egzoz Zamanı:

Artık piston yukarı çıkmaktadır.

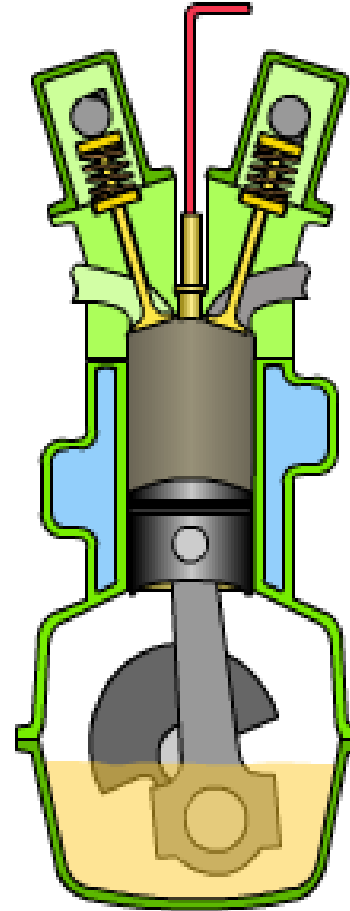
İçerde oluşan yanmış gazlar

egzoz subabının açılmasıyla

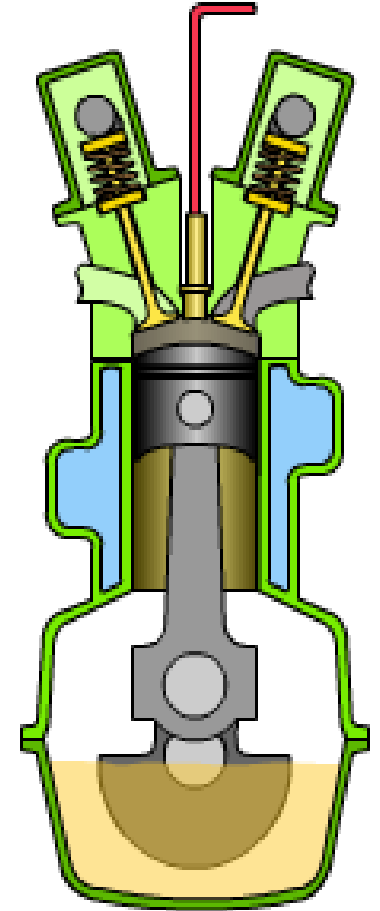
pistondan dışarı atılmaktadır.

Artık silindir 1 çevrimini

tamamlamıştır.



**EGZOZ ZAMANI
BAŞLANGICI**



**EGZOZ ZAMANI
SONU**

DİZEL MOTORLARIN AVANTAJLARI

- Termal (ısı) verimi yüksektir.Dolayısıyla daha az yakıt harcarlar ve benzinli motorlara oranla daha ekonomiktir.
- Daha dayanıklıdırlar ve elektriksel bir ateşlemeye ihtiyaç duymazlar.Dolayısıyla benzinli motorlara oranla daha az problemlidirler.
- Geniş hız aralıklarında motor torku sabit kalır.Dolayısıyla, dizel motorlar daha uyumludurlar ve işletim kolaylığına sahiptirler. (Bu özelliklerinden dolayı dizel motorlar ağır vasıtalarda kullanılmaya uygundur.)
- Yakma sistemleri gereği yüksek güçlü ve büyük çaplı motorlar olmaktadır.

DİZEL MOTORLARIN DEZAVANTAJLARI

- Yanma difüzyon yanma şeklinde olması sebebiyle partikül madde oluşumu daha fazla olmaktadır.
- Yanma odasında oluşan maksimum basınç benzinli motorlardakinin yaklaşık iki katıdır.Dolayısıyla dizel motorlar daha sesli ve titreşimlidirler.
- Maksimum yanma basıncının çok yüksek olması nedeniyle dizel motorlar yüksek basınca mukavim malzemededen imal edilmiştir.Beygir gücü başına düşen ağırlık benzinli motorlara göre daha fazladır.Maliyeti de yüksektir.
- Yakıt enjeksiyon sistemlerinin kusursuz olması gerekir.Dolayısıyla daha sistemlerle donatılmış olup dikkatli bakım ve servis gerektirir.
- Yüksek sıkıştırma oranını sağlamak için tahrik kuvveti yüksek olmalıdır.Netice olarak yüksek çalışma kapasitesine sahip marş motoru ve akü gereklidir.

DİZEL MOTORLARININ KULLANILDIĞI YERLER

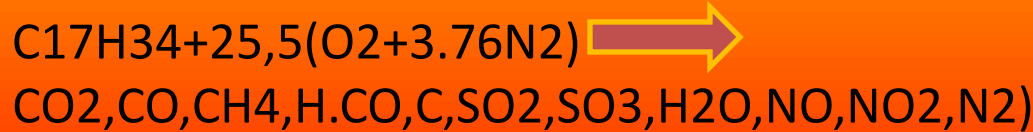
Çağımızda endüstrinin bir çok dallarında dizel motorları kullanılmaktadır.Bu dalların başlıcaları;

- Kamyon,otobüs,traktör, yol ve yapı makineleri
- Deniz araçları
- Lokomotif ve mototrenler
- Sabit güç makineler



DİZEL MOTORLARDA YANMA

- ★ Yakıtın tam enerji alabilmek için yakıtın tamamının yanması gerekmektedir. Bunun için yeterli miktarda oksijene, dolayısıyla havaya gerek vardır. Dizel motorlarında karışım doğrudan doğruya silindir içinde olduğundan hava ile yakıtın karışması tamamlanmadan yanma olayı başlar. Bu durum ise egzoz da yanmamış gazların bulunmasına neden olmaktadır.

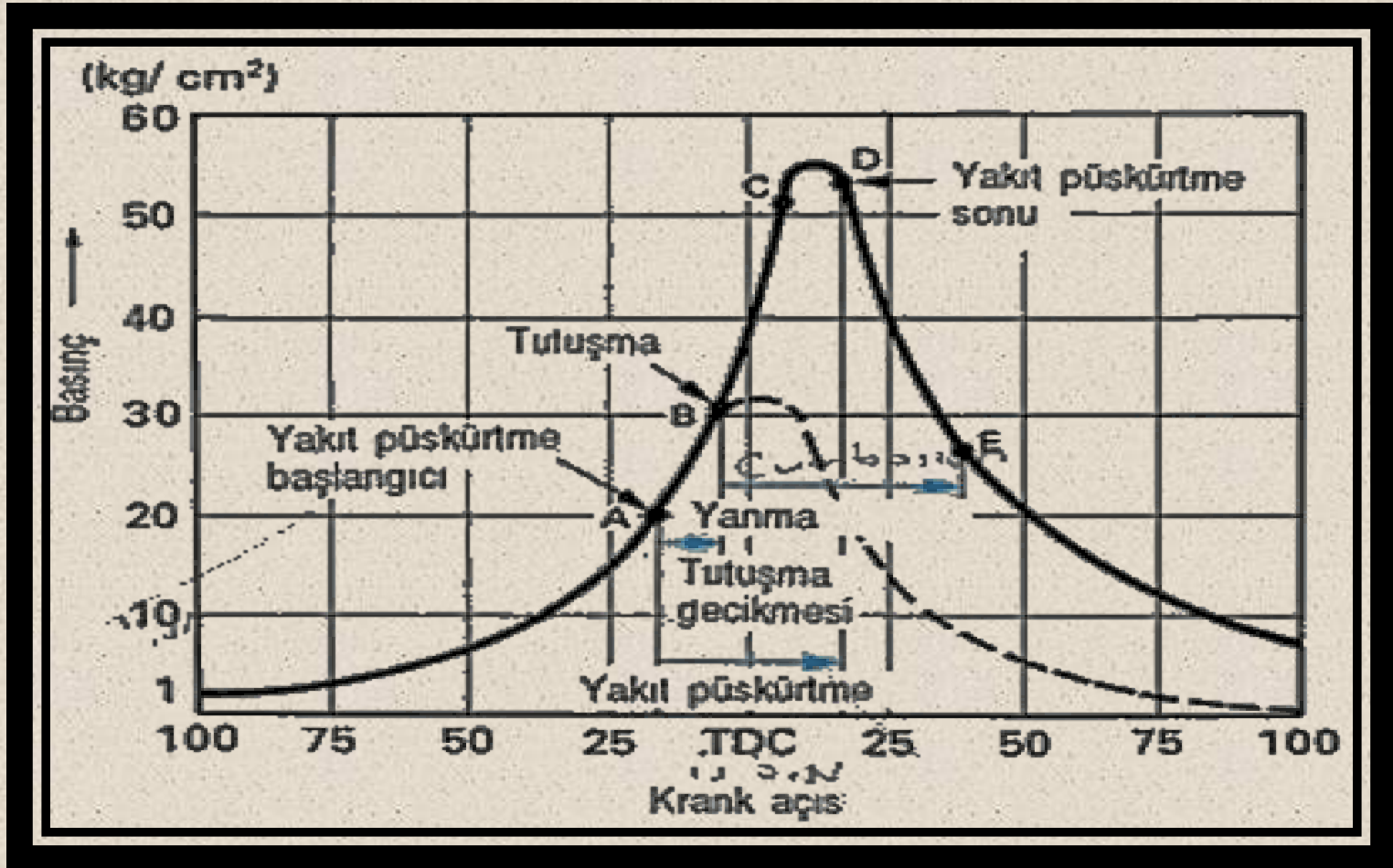


Kuru havada ml olarak %21 oksijen ve %79 azot vardır. Bu nedenle 1 kmol $O_2 + 3,76$ kmol $N_2 = 4,76$ kmol hava oluşturur.

- ★ Bu nedenle yakıtın tamamen yanabilmesi için silindire, teorik olarak yetecek havadan daha fazla hava gönderilir. Silindire gönderilen hava ile teorik hava miktarı arasındaki oran HAVA FAZLALIK KATSAYISI olarak adlandırılmaktadır. Dizel motorlarında hava fazlalık katsayısı 1,2 civarındadır.

DİZEL MOTORUN YANMA SÜRECİ

Dizel motorun yanma süreci aşağıdaki grafikten de anlaşılacağı gibi dört safhada incelenebilir.



MOTORLU TASITLARDAN KAYNAKLANAN VE KONTROL EDİLEN EMİSYONLAR

Benzinli Motorlardan

Kaynaklanan Emisyonlar

- Karbonmonoksit (CO)
- Azot oksit (NOx)
- Hidrokarbonlar (HC)

Dizel motorlardan Kaynaklanan Emisyonlar

- Azot oksit (NOx)
- Partikül Madde (PM)
- Karbonmonoksit (CO)
- Hidrokarbonlar (HC)

MOTORLU TAŞITLARDAN KAYNAKLANAN EMİSYONLARIN HAVA KİRLİLİĞİNE KATKISI

Karbon monoksit (CO) emisyonlarının yaklaşık
% 80'inden

Azot oksit (NOx) emisyonlarının **% 60'ından**

Hidrokarbon (HC) emisyonlarının yaklaşık
% 50'sinden

Özellikle şehirlerde Kurşun emisyonlarının

% 100'ünden

motorlu taşıtlar sorumludur.

EMİSYONLARIN İNCELENMESİ

Karbonmonoksit (CO) Oluşumu

- Yanma ürünleri arasında CO bulunmasının ana nedeni oksijen ile havanın buluşamamasıdır.
- Dizel motorlarında genellikle fakir karışım oranları ile çalışıldığından CO emisyonu düşüktür.
- Karbon monoksitin oksijen taşıma kapasitesini azaltması sonucunda kandaki oksijen yetersizliği nedeniyle kan damarlarının çeperleri, beyin kalp gibi hassas organ ve dokularda fonksiyon bozuklukları meydana gelir

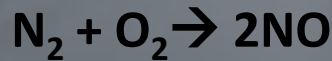


Azot Oksit (NO_x) oluşumu

Emisyon oluşumunda en büyük problem yanmanın, geçici ve yüksek ölçüde heterojen olmasıdır. Yanma odasında NO_x, son alev cephesinin gerisinde oluşur. N' in başlangıçtaki oluşum hızı kısmen sıcaklığa bağlıdır. Oksijen yoğunluğunun yüksek olması da NO_x oluşum hızını arttırır.

$$[\text{NO}_x] = f(T, [\text{O}_2])$$

NO_x bileşikleri genelde NO ve NO₂ den meydana gelmektedir. NO oluşumu için Zeldovich tarafından bulunan aşağıdaki denklemler kabul edilmektedir



Kahverengi ve kokulu olan NO₂, akciğer dokusunda hasara ve felce neden olur.

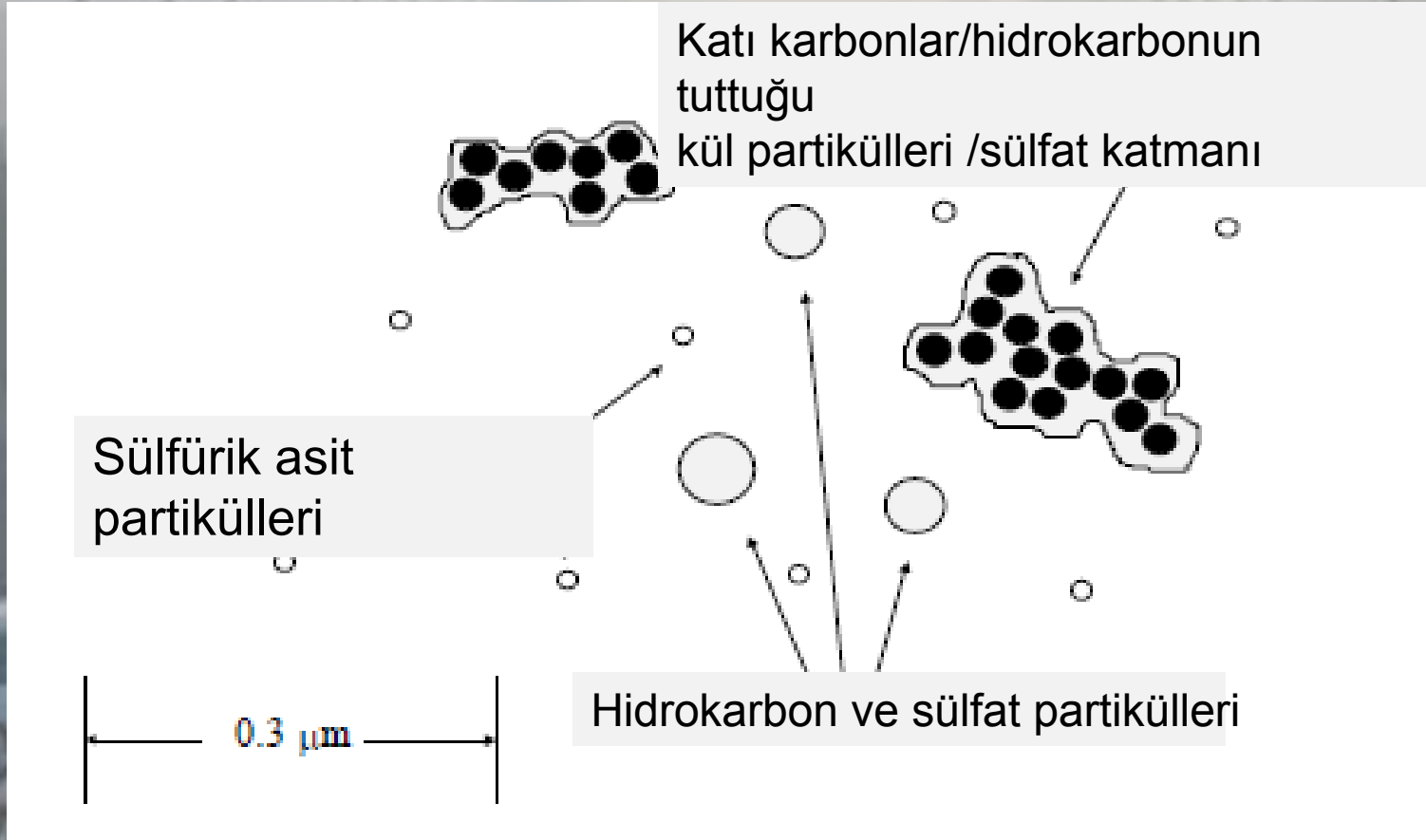
Hidrokarbon (HC) Oluşumu

- Yakıtın tam yanmaması ve benzinin (yakıt deposundan veya dolum sırasında) buharlaşması neticesinde ortaya çıkar.
- Bazı hidrokarbonlar mukozada tahrişe yol açar, bazıları ise kansorejendir(katran zift gibi).
- Hidrokarbonlar, azot oksit ve güneş ışığı etkisi ile ozon meydana getirir.

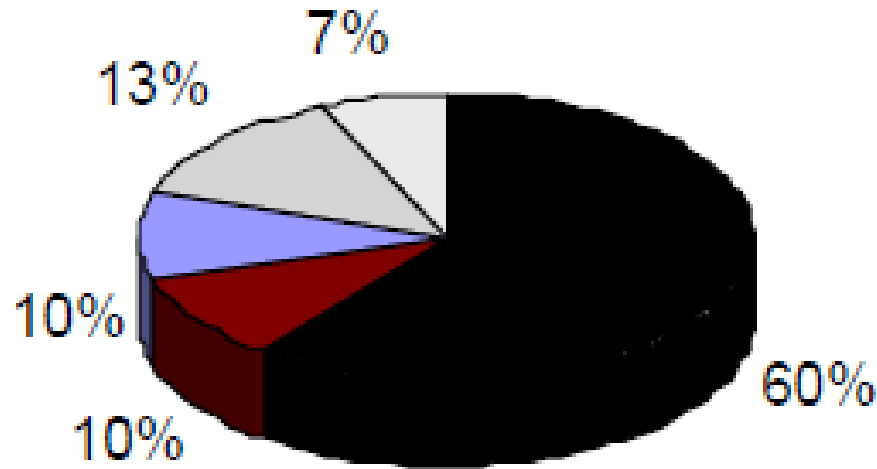


Partikül maddeler (PM)

Dizel egzoz partikülleri başlıca toplanmış katı karbonlu malzeme ve kül ve uçucu organik ve kükürt bileşiklerinden oluşur.



Dizel Partikül Maddelerin Bileşimi



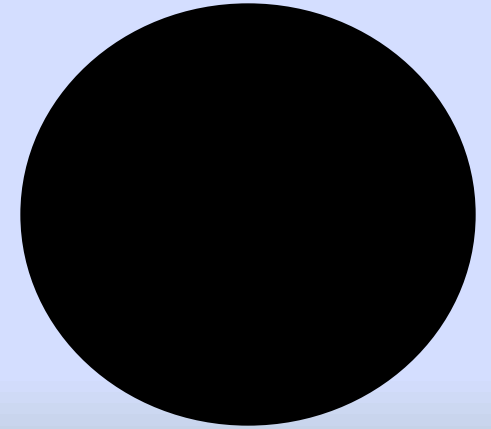
- Karbon
- Kül
- Sülfat ve su
- Lube benzin SOF
- Yakıt SOF

Partikül Sayısı, Yüzeyi ve Kütlesi Arasındaki İlişki

Partikül Çapı	0.01 μm	0.1 μm	1 μm	
Partikül Numarası	1	1	1	D_p
Partikül Yüzeyi	1	100	10 000	D_p^2
Partikül Kütlesi	1	1000	1 000 000	D_p^3

●
0.01 μm

●
0.1 μm



1 μm çapındaki bir partikül ile
10nm çapındaki 1 000 000 partikül aynı kütleye eşittir

Çökeltme ve Difüzyon ile Havada Taşınan Partiküller

Partiküller havada ne kadar kalır?

Partikül çökeltme ve difüzyon hızı ve partikül boyutuna bağlıdır.

Küçük partiküller yüksek difüzyon hızına sahiptir.

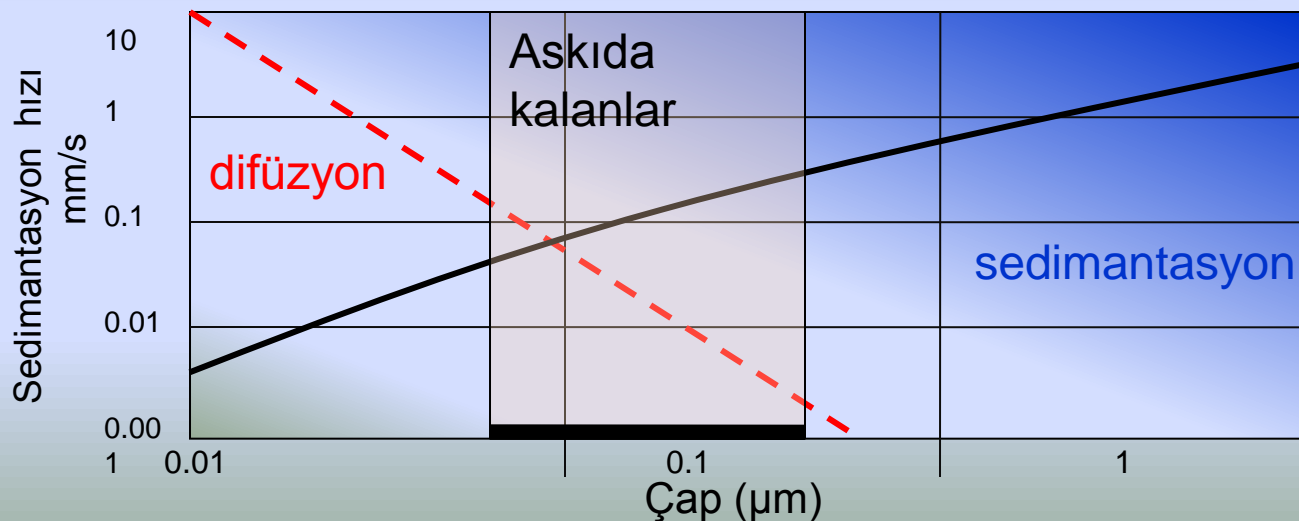
Partikülün çökeltme hızı parçacık boyutuna bağlı olarak;

Çapı **10 μm** olan partikülün bir sn de çökeltme hızı **5 mm**

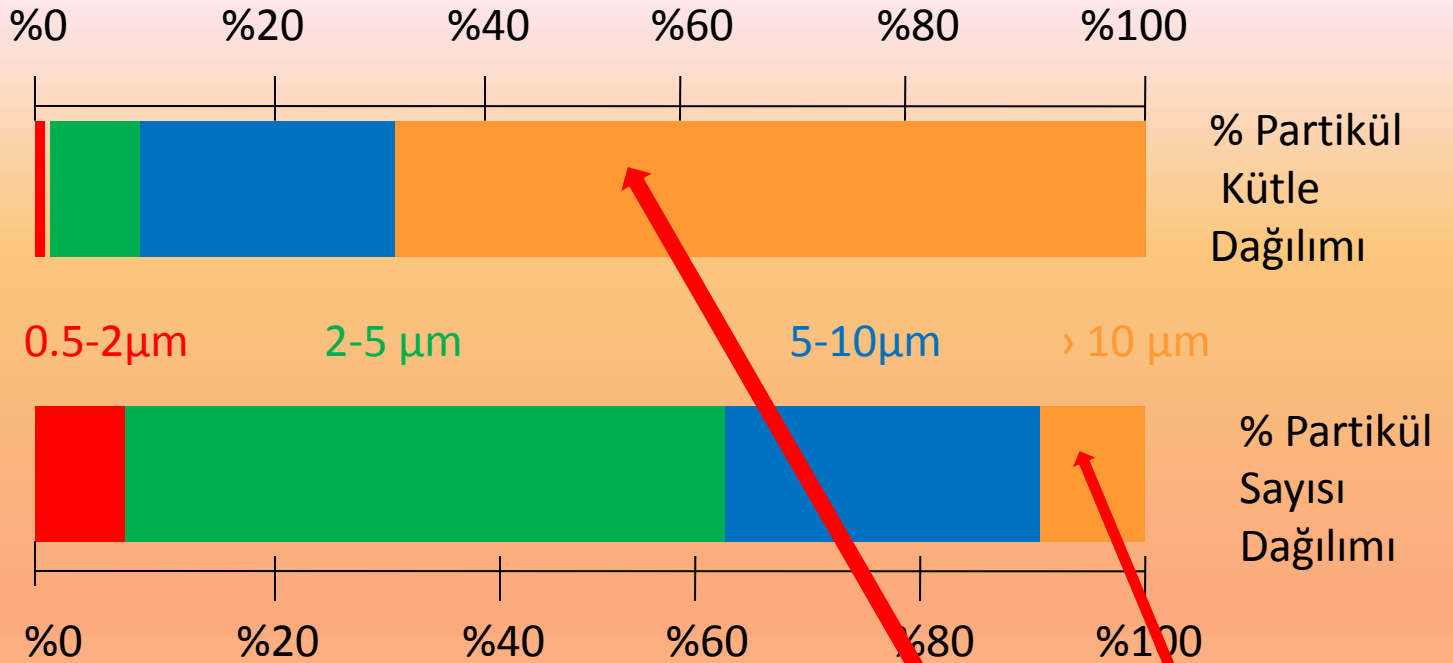
Çapı **1 μm** olan partikülün bir sn de çökeltme hızı **0.3 mm**

Çapı **0.1 μm** olan partikülün bir sn de çökeltme hızı **0.05 mm**

Çapı **0.01 μm** olan partikülün bir sn de çökeltme hızı **0.003 mm**



Partikül Sayısı Ve Kütle Karşılaştırılması



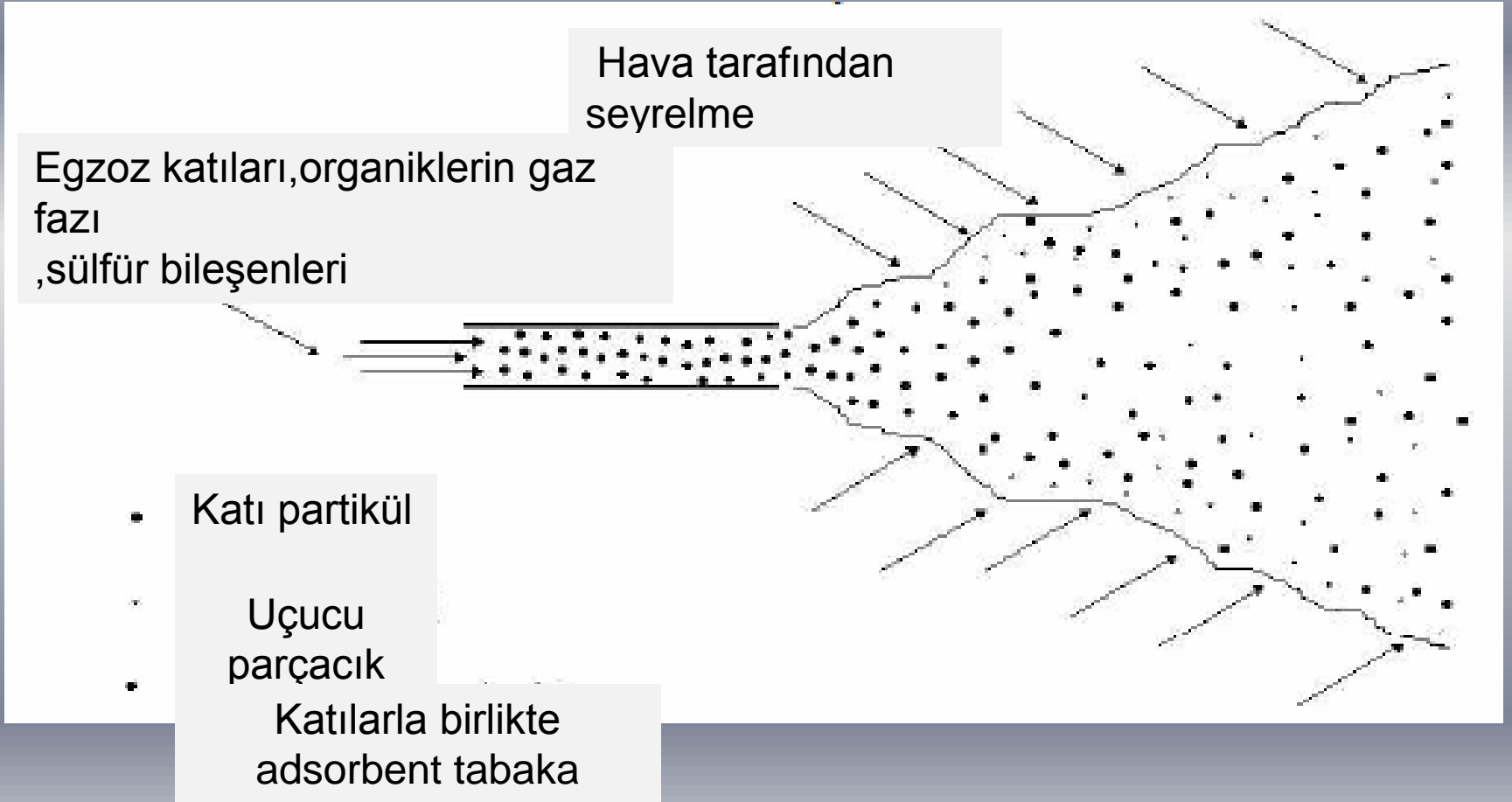
Partikül sayısının %10 daha azı
Partikül kütlesinin %70 i ni
oluşturur.

Partiküler maddelerin önemli bir miktarı (sayısının% 90 ve kütlenin% 30) egzoz seyreltme sırasında egzoz borusu içinde buhar fazında mevcut malzeme oluşmaktadır (örneğin, sülfürik asit, yakıt ve yağ atıkları) Nükleasyon tarafından yeni partiküller oluşur. Egzoz sistemi ultraince ve nano partiküllerin (ve partikül numarası)çoğunun kaynağı olma olasılığı yüksektir.

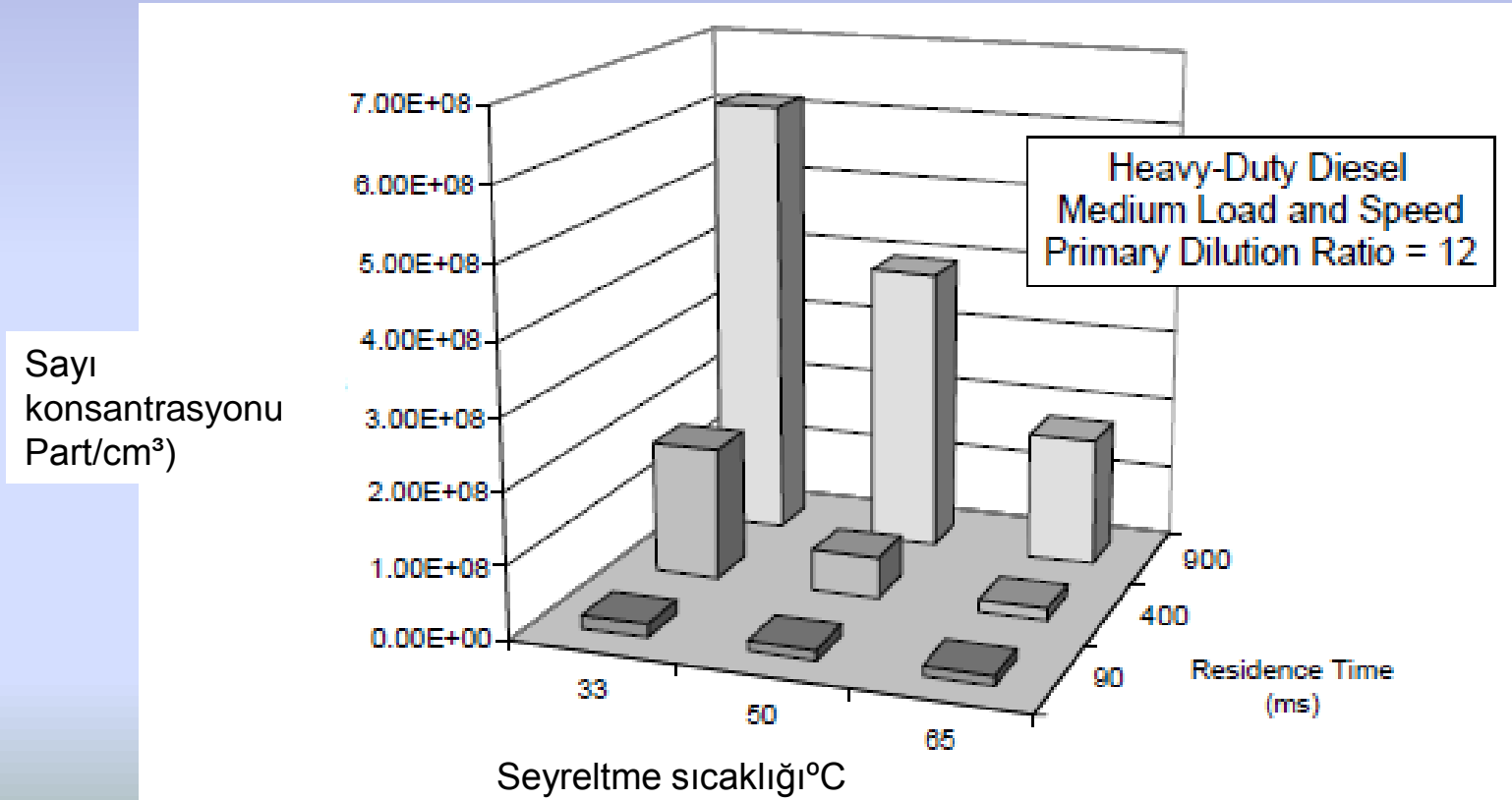
Nanopartikül boyut aralığında uçucu partiküllerin çoğu yer almaktadır. Kıvılcım ateşlemeli motorlar genellikle dizel motorlardan daha küçük parçacıklar yayarlar ve ince parçacıklar ile nanopartiküllerin önemli bir kaynağıdır.

Atmosferik Seyreltme ,Nükleasyon , Absorpsiyon ve Adsorpsiyona yol açar

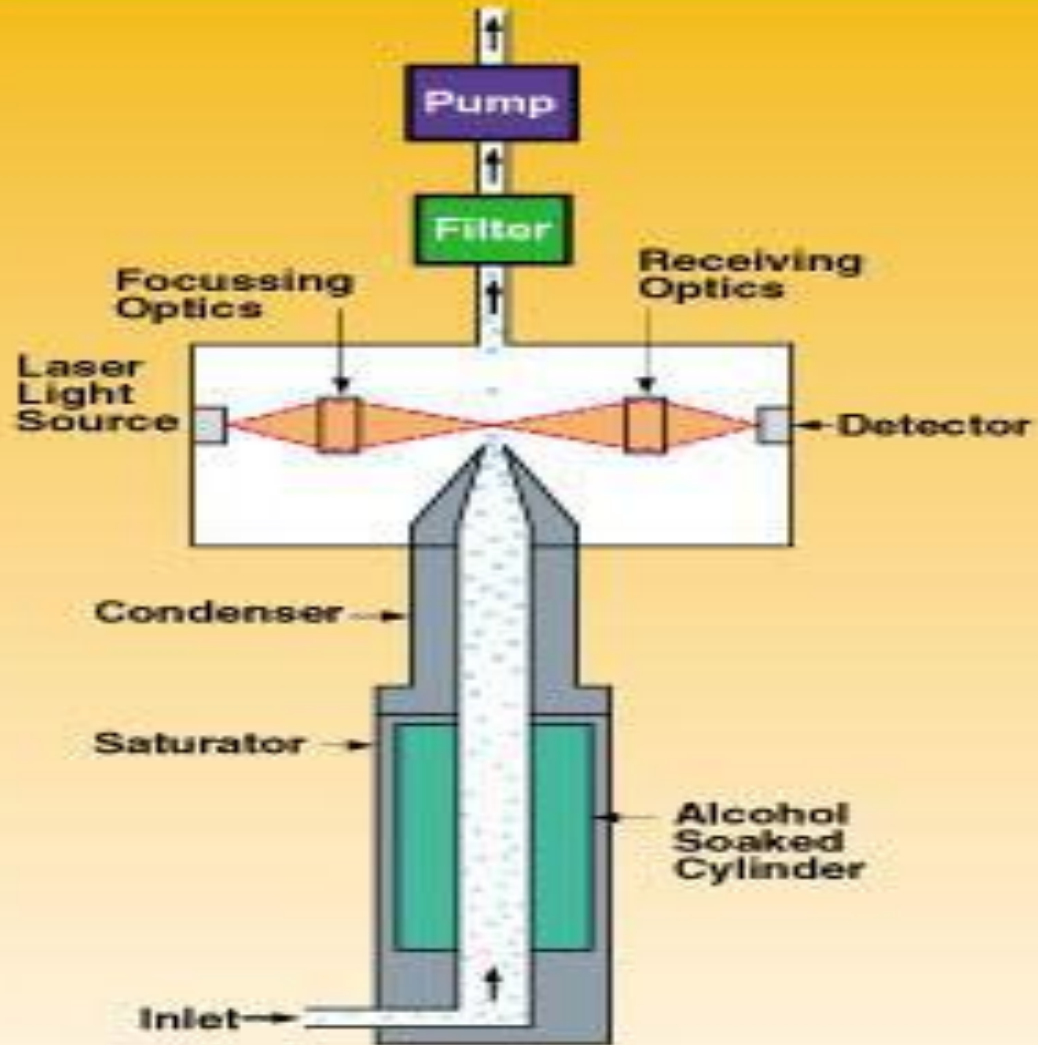
Seyrelme oranı 1-2 sn içinde 1000 olabilir.



Dizel Partikül Sayı Emisyonlarının Seyreltme Şartlarına Duyarlılığı – Zaman ve Sıcaklık Etkisi (ağır ticari araç yük ve hız birincil seyreltme oranı)



PN ölçümü

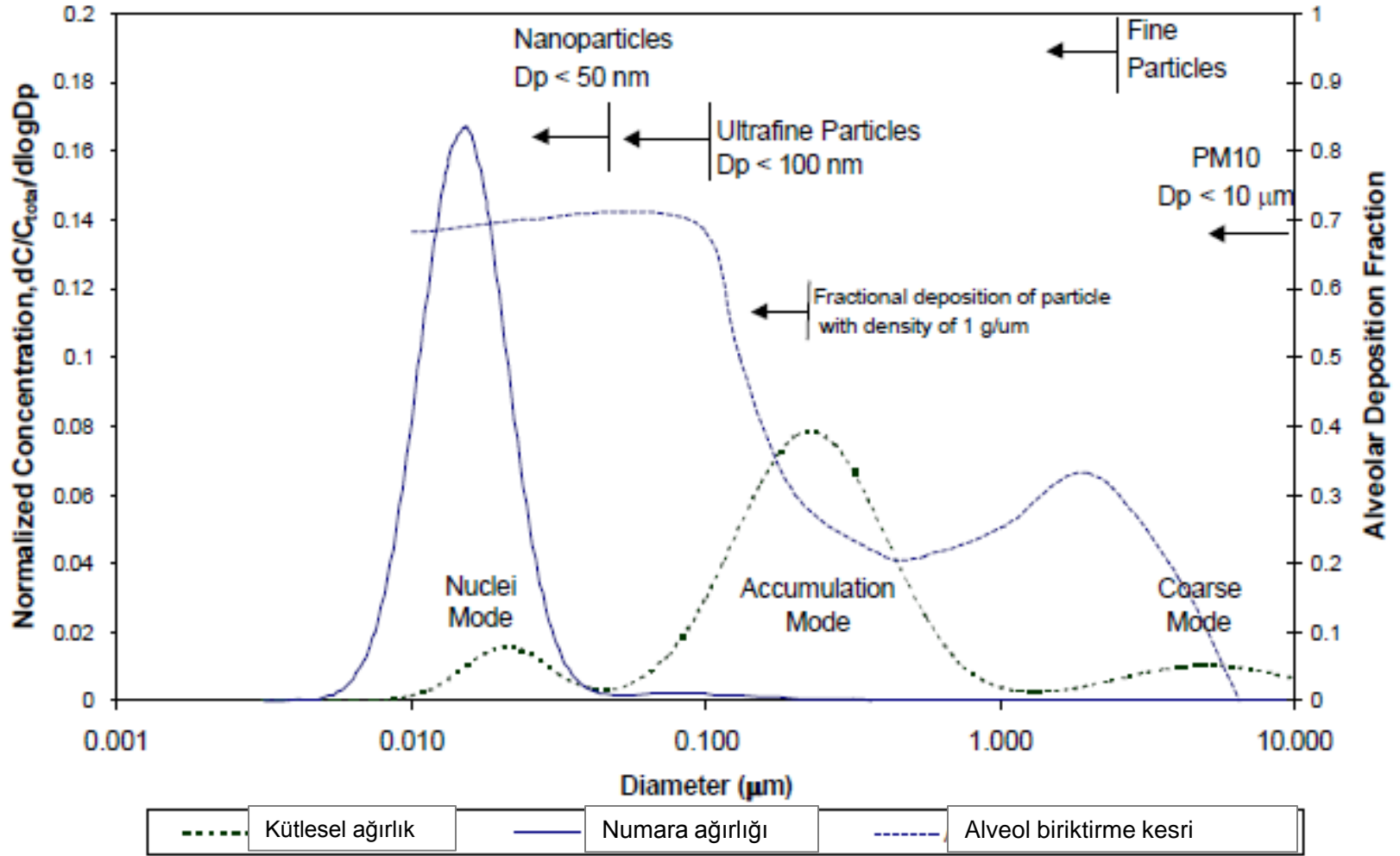


Partikül Maddelerin Sađlıđa Etkileri

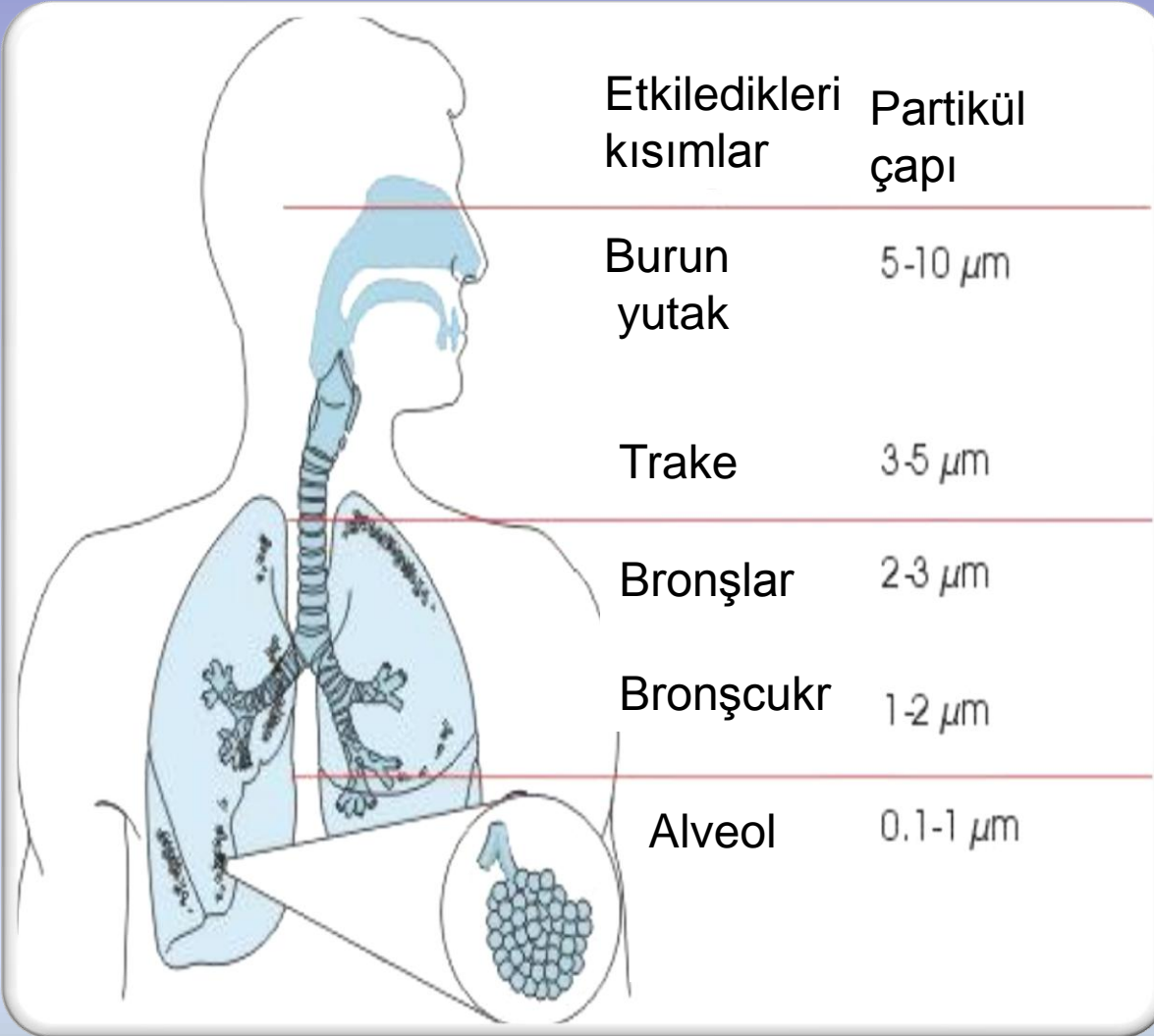
Partiküller çapları bakımından sağlık etkileri bulunmaktadır.

Yani partikül çapı küüldüke çevresel ve sağlık açısından tehdidi de büyümektedir.

Dizel Partikül Boyutu Dağılımı



İnsan Akciğerlerinde Partikül Birikimi



- İnce partiküllerle ölüm sayısındaki fazlalık arasında bağlantı vardır.
- Yolların yakınında yaşayan çocuklarda astım artmaktadır.

ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ



PM ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

- Gravimetri
- Partikül madde sayıcı
- Reflektometri / Siyah Duman



AZOTOKSİTLER ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

- Elektrokimyasal Hücre Metodu
- Kemülimünesans(kimyasal ışıma)



HİDROKARBONLARIN ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

- UV_ spektrofotometri (flüoresans absorpsiyon)
- Alev iyonizasyon detektörü(FID)
- Gaz kromatografı (GC)
- Kütle seçmeli detektör (MSD)
- Lazer Oluşturmalı Plazma Spektrometri (LIBS)
- A relaxed eddy accumulation (REA) Bir kuvvetin uygulandığı kütleli bir eksen etrafında döndürme eğilimi.

CO ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

- Elektro kimyasal hücre yöntemi
- Non-dispersive infrared absorpsiyon yöntemi
- Gaz filtresi korelasyon yöntemi

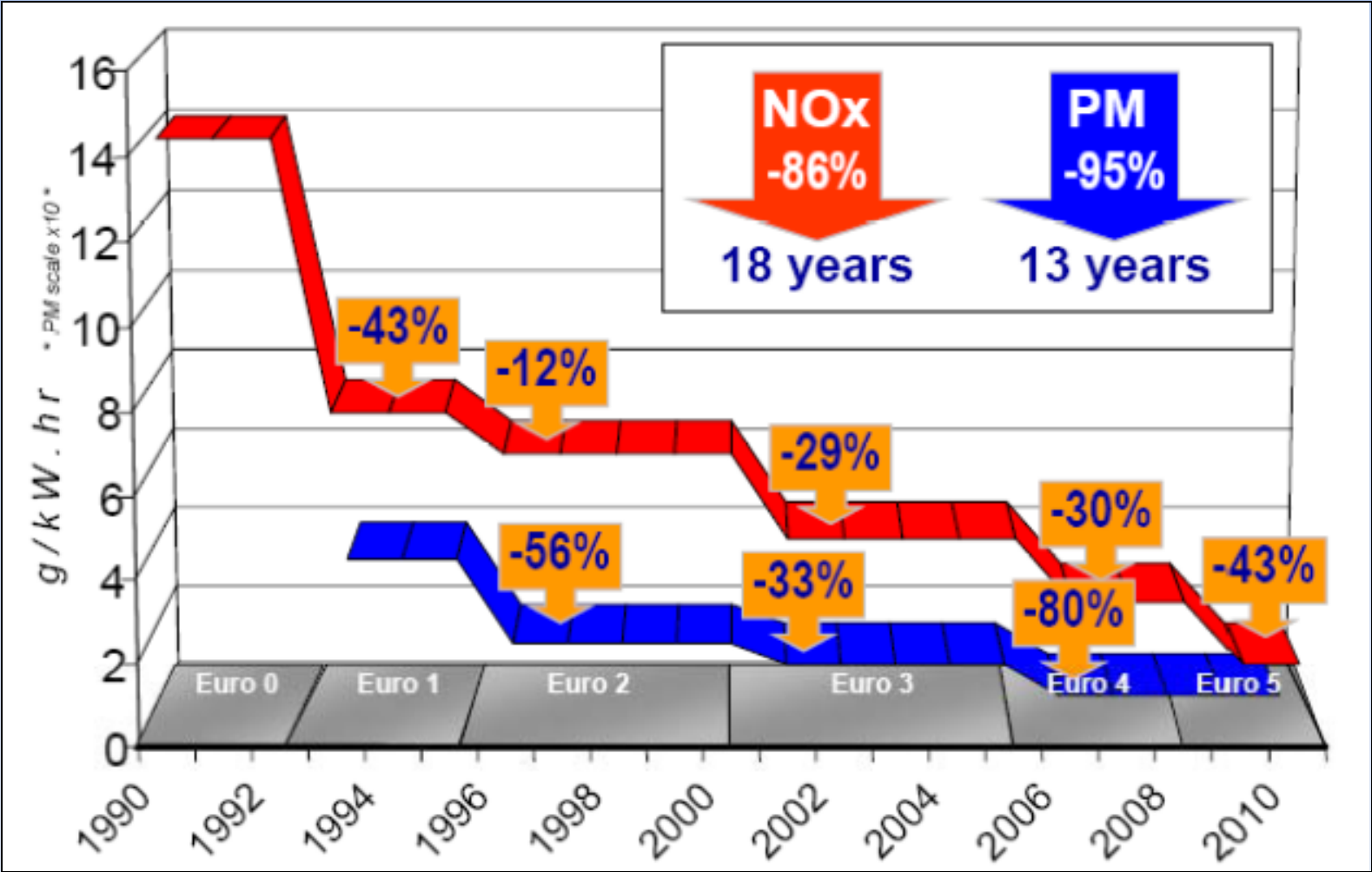
EURO Standartları

- Dizel motorlardan kaynaklanan emisyonlara getirilen standartlar genellikle, 'Euro' standardı olarak temel alınır. EU ülkelerindeki bugünkü emisyon standartları Euro5 kadar ulaşmaktadır ve Euro 6 standardı için düzenlemeler yapılmaktadır.
- Standartların yıllara göre değişimi:

Ağır Ticari Taşıtlar	NO_x (g/kWh)	HC (g/kWh)	PM (mg/kWh)
Euro I	9.0	1.23	400
Euro II	7.0	1.1	150
Euro III	5.0	0.66	100/160
Euro IV	3.5	0.46	20/30
Euro V	2.0	0.46	20/30
Euro VI	0.05	0.46	2/3

Hafif Ticari Taşıtlar	PM (mg/km)	NO_x (g/km)	HC (g/km)	HC+NO_x (g/km)
Euro 1	140	-	-	0.97
Euro 2	80/100	-	-	0.7/0.9
Euro 3	50	0.50	-	0.56
Euro 4	25	0.25	-	0.30
Euro 5	2.5	0.08	0.05	-

Euro Standartları Çerçevesinde NO_x ve PM Değişimleri



EGZoz EMİSYONLARININ EVRİM SÜRECİ

AB - TÜRKİYE DİZEL EGZoz EMİSYONLARININ GELİŞİMİ

“AĞIR TİCARİ ARAÇLAR”

01.01.2008'den İtibaren
Türkiye'deki Seviye

1988	1992	1995	2000	2005	2008
ECE R 49.01	49.02 (Euro I)	49.02 (Euro II)	Euro III	Euro IV	Euro V
EEC 88/77	91/542 A	91/542 B		2005/55	2005/55

2007
Türkiye'deki Seviye

ABSeviyesi

Dizel Motorlarında NOx Emisyonları Azaltma Yöntemleri

Seçici Katalitik İndirgeme(SCR)

Egzoz Gazı Sirkülasyonu (EGR)

Seçici Katalitik İndirgeme(SCR)

SCR alışma prensibi genel olarak; bir indirgeyici katalizörden(Ad-blue) egzoz gazına enjekte edilmektedir. Enjekte edilen indirgeyici tarafından oluşan amonyak (NH_3) ile katalizörde azot oksitler (NO_x), azot (N_2) ve suya (H_2O) indirgenmektedir.

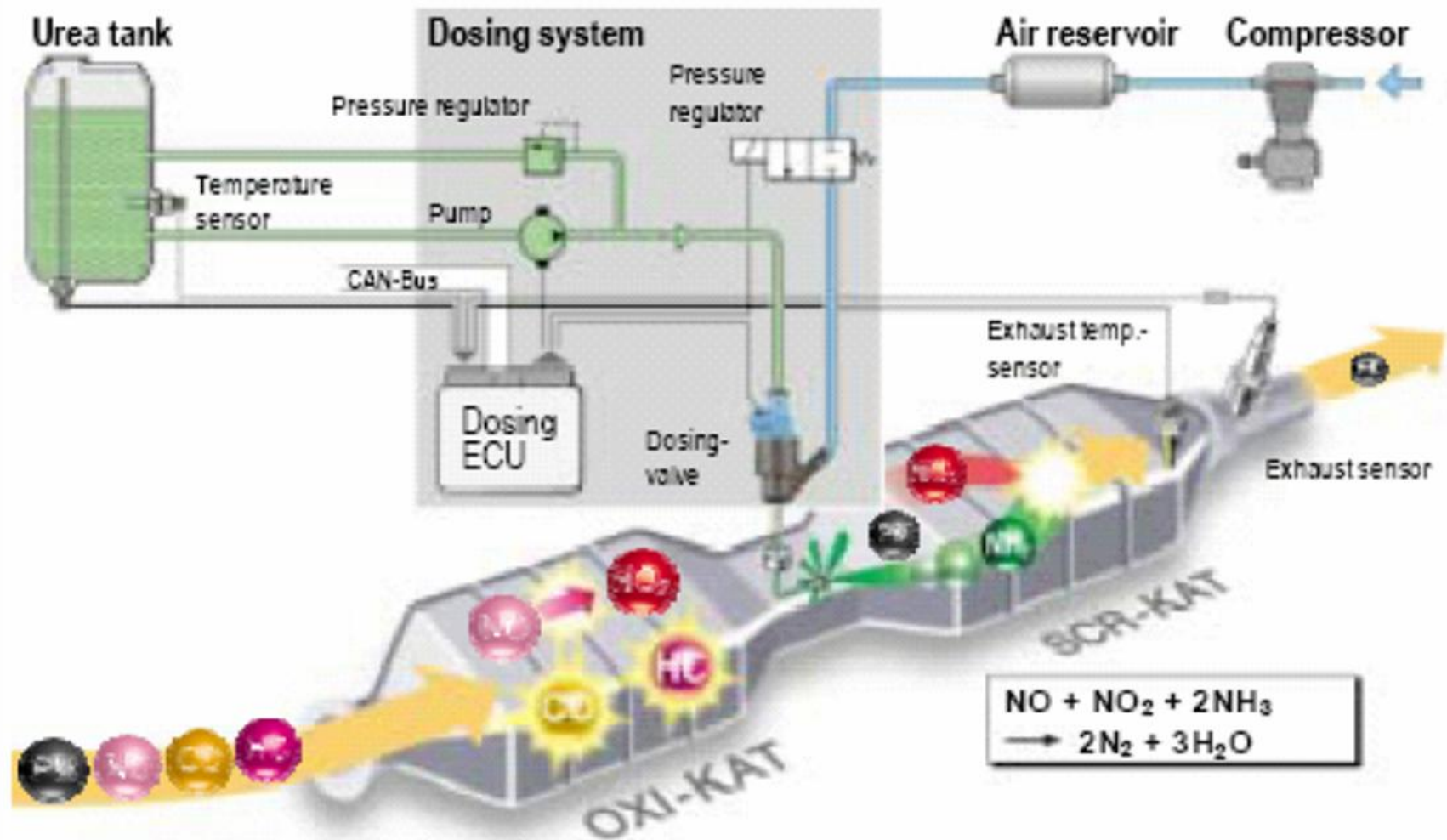
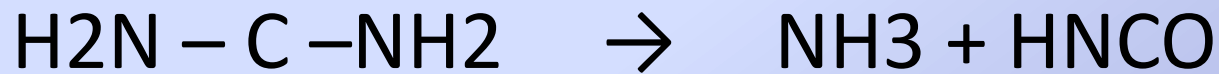


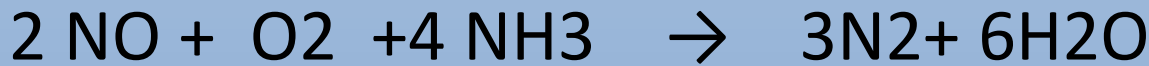
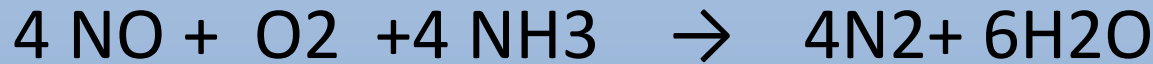
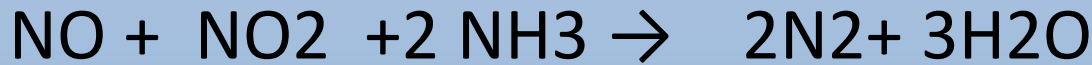
Figure 4: SCR catalytic converter (source: Robert Bosch Corporation)

NH₃, yüksek sıcaklıklarda hidroliz ile üreden oluşturulur. NH₃ oluşum reaksiyonları;



SCR Çalışma Prensipleri

Üre çözeltilisi, parçalara bölünerek sıcak egzoz gaz akışına enjekte edildiği zaman damlacıklar ısıtılır ve ilk olarak su buharlaştırılır. Daha sonra egzozda NO_x çoğunlukla NO'dan oluştuğu varsayımından dolayı SCR reaksiyonları;



şeklinde ifade edilir.

Sistemin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları

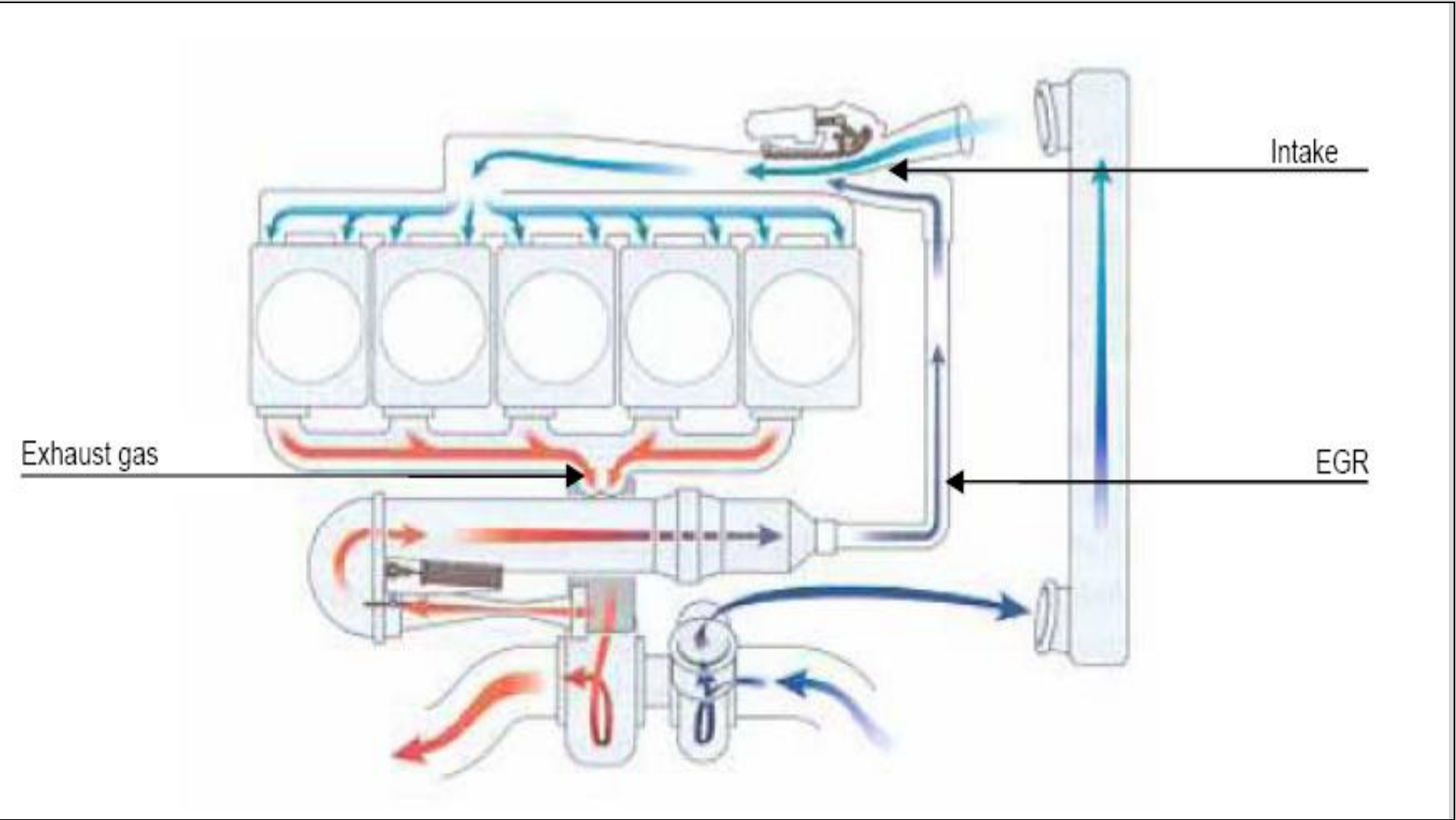
1. SCR teknolojisi, Euro 5 ve ileri düzenlemelere uyması açısından güvenli ve sağlam bir yatırımdır.
2. SCR sistemi nadir bakım gerektirir, araç ömrü boyunca kullanılabilir.
3. SCR teknolojisi, monte edildiği aracın bakım ve yağ değiştirme aralıklarını etkilemez.
4. SCR, yüksek motor gücüne elverişlidir.
5. Euro 4 ve Euro 5'e uyumlu sistemler arasında en az yakıt tüketeni SCR dir.

Dezavantajları

1. Göreceli olarak yüksek yatırım ücreti
2. Adblue depolanması ve taşınması ekstra maliyet ve zorluk getirmektedir.

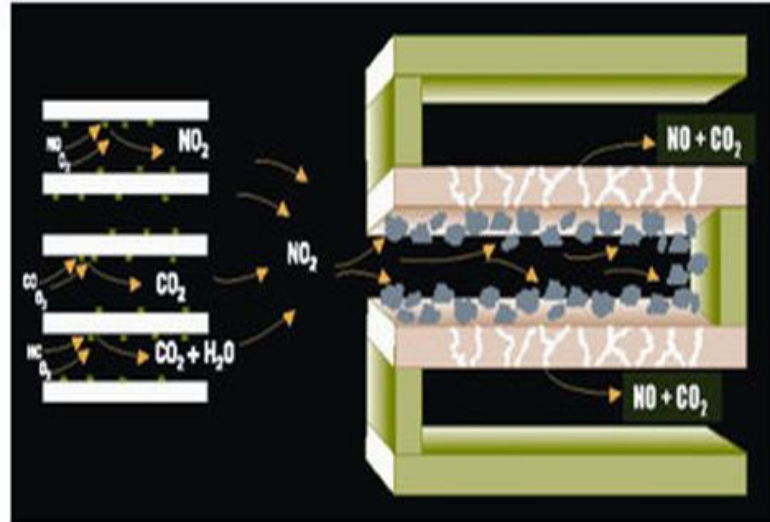
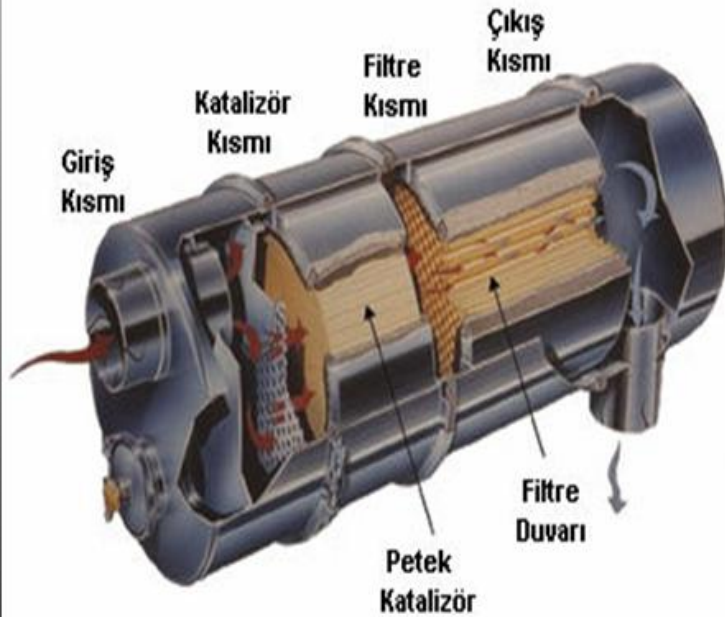
Egzoz Gazı Resirkülasyonu(EGR)

- Yanma sırasında oluşan NOx miktarı büyük ölçüde sıcaklığa bağlıdır. Yanma odası içindeki karışımın egzoz gazları ile seyreltilmesi sonucu yanma sonu sıcaklıkları, dolayısıyla üretilen NOx miktarı azalmaktadır.
- Bu sistemin işlevi egzoz gazlarını silindirlere geri göndererek karışım içerisindeki oksijen konsantrasyonunu buna bağlı olarak karışım oranını azaltmak ve silindir gazlarının ısı kapasitesini yükselterek maksimum gaz sıcaklığını düşürmektir.



Dizel Partikül Filtre (DPF)

- DPF egzoz gazındaki PM'i oksitleyerek dışarı atılmasını engelleyen ve azaltılmasını sağlayan en etkin çözümdür.



Rejenerasyon

- **Aktif yöntem:** Filtre edilen ve DPF nin içinde hapsedilen parçacıklar, filtrenin durumuna göre yaklaşık her 400-500 km de yakıt enjekte edilerek yeniden yanma işlemi (550 °C) ile rejenere edilir.
- **Pasif sistem:** Burada dizel yakıtta bulunan seryum ve aktif demiri içeren katkı maddeleri normal egzoz gazı sıcaklığında partiküllerin rejenerasyonunu sağlar.

EGR, SCR ve DPF Teknolojilerinin Geldiği Durum

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Japan	EGR		EGR & DPF				EGR & SCR+DPF				
USA	EGR			EGR & DPF			EGR & SCR+DPF				
Europe		SCR			SCR			EGR & SCR+DPF			

SONUÇ

- Ağır ticari dizel taşıtlardan kaynaklı en önemli emisyonlar PM , NO_x ,HC ve CO 'dır.
- İnsan sağlığına etkisinden ve uyulması gereken EURO standartlarından dolayı emisyonlar ölçülüp , giderme yöntemlerine başvurulmaktadır.
- Çalışmamız boyunca PM emisyonlarına önem verilmiştir.Çünkü PM boyut ve sayısının insan sağlığına olan etkisi çok fazladır.