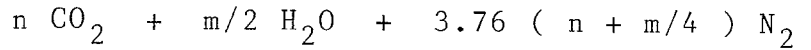
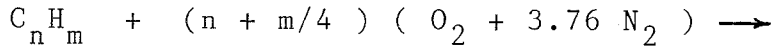


TABLO 1.4 İstanbul'da Kömür ve Petrol Kökenli Yakıtların Yanması Sonucu Kirletici Bileşen Emisyonu (O. Borat) % olarak 1977 yılı değerleri

Yakıt	CO	HC	NO _x	Partikül	SO ₂	HCHO
Kömür	7.78	11.32	5.16	87.00	20.85	0.12
Benzin	90.15	56.10	9.09	1.11	0.25	18.91
Motorin	1.70	27.64	49.03	7.37	0.82	34.35
Fuel-oil	0.35	4.92	36.70	4.50	78.06	49.59

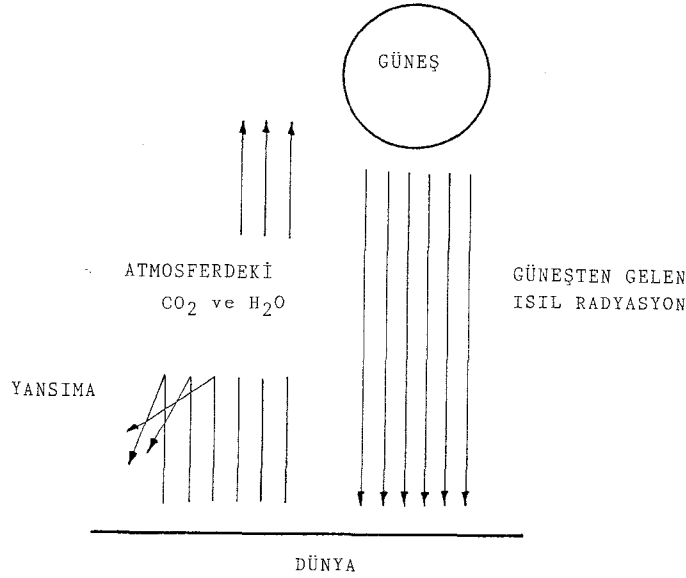
1.1 Yanma Sonucu Üretilen Çevreyi Kirletici Maddeler

İçten yanmalı motorlarda kullanılan hidrokarbon kökenli yakıtların ideal koşullar altında hava ile tam yanması sonucu elde edilen yanma ürünleri CO₂ ve H₂O ile havadaki N₂'den oluşmaktadır.



Bu maddelerden su buharı (H₂O) zararlı değildir ve kirletici bir özellik taşımamaktadır. Karbon dioksit (CO₂) ise doğrudan insan ve çevre sağlığı üzerinde zararlı etkilere sahip değildir. Ancak yanma sonucu üretilen CO₂'nin yaklaşık %50'si atmosferde birikerek CO₂ konsantrasyonunun giderek artışına neden olmaktadır. Atmosferde mevcut CO₂ miktarının hava şartlarını (iklimi) etkileme özelliği bulunduğundan, bu artış sonucunda "Sera Etkisi" (Greenhouse Effect) olarak adlandırılan atmosferin giderek

ısınması olayı meydana gelmektedir. Atmosferdeki CO₂ ve su buharı radyasyonu absorbe edici özelliğe sahiptir. Ancak bu işlem özellikle 2.7×10^{-6} m, 4.3×10^{-6} m ve $12 - 18 \times 10^{-6}$ m dalga boyu bantlarında geçerli olmaktadır. Güneşin yüksek sıcaklığı (yaklaşık 5770 K) nedeniyle maksimum ısıl radyasyon dalga boyu yaklaşık 0.5×10^{-6} m civarındadır. Dünyanın sıcaklığı ise daha düşük (yaklaşık 255 K) olduğundan maksimum radyasyon dalga boyu 11×10^{-6} m civarındadır. Güneş ve dünya sistemlerin ısıl radyasyon dalga boylarındaki bu farklılık enerji dengesini etkilemekte ve güneşin radyasyon enerjisinin dünyaya ulaşmasına karşın, atmosferdeki CO₂ absorpsiyonu sonucu dünyadaki radyasyon enerjisinin bir kısmı atmosfer tabakasında kalmaktadır. Bu durum atmosfer sıcaklığının artmasına neden olmaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 Sera etkisi.

Ayrıca hidrokarbon yakıtlar içerisinde bulunan farklı oranlardaki kükürt de yanma sonucunda kirletici madde olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak yanma sonucu ortaya çıkan asıl kirletici maddeler ideal şartların sağlanamaması ve yanmanın tam olmaması sonucunda oluşan HC, CO ve NO_x (NO, NO₂ vb.) gibi maddelerdir. Yanma sırasındaki ara ürünler ve disosiyasyon reaksiyonları

sonucunda oluşan ürünler de ortaya çıkan kirletici maddeleri belirlemektedir. Hava-yakıt karışımının stokiyometrik olmaması veya karışımın tam sağlanamaması nedeniyle zengin veya fakir karışım oranlarının yerel olarak mevcudiyeti yanma ürünleri arasında yukarıda belirtilen zararlı maddelerin bulunmasını sağlamaktadır. Ayrıca çeşitli nedenlerle yakıtta eklenen katkı maddeleri de zararlı yanma ürünleri oluşturmaktadır.

Sonuçta, içten yanmalı motorlarda hidrokarbon yakıtların yanması sonucu oluşan zararlı maddeler olarak,

- yanmamış hidrokarbonlar , HC
- karbon monoksit , CO
- azot oksitler , NO_x
- aldehitler , HC HO vb.
- is ve partiküller,
- kükürt dioksit , SO₂
- kurşun bileşenleri,

sayılabilir.

1.2 İnsan ve Çevre Sağlığı Üzerindeki Etkileri

İnsan sağlığına olumsuz etki eden yanma ürünü zararlı maddelerin etkileri alınış sürelerine ve alınış miktarlarına göre değişmektedir. Bu bakımdan üç farklı konsantrasyon tanımlamak mümkündür:

- (a) MAK (Maksimum Atmosfer Konsantrasyonu) : sürekli olarak solunum sonucunda zarar vermeyecek miktar.
- (b) MİK (Maksimum İşyeri Konsantrasyonu) : 8 saat süre ile solunum sonucunda zarar vermeyecek miktar.
- (c) DTK (Doğrudan Tehlike Konsantrasyonu) : çok kısa süre içinde tehlike doğuracak miktar.

Bu tanımlara uygun olarak insan sağlığı açısından mevcut sınırlamalar Tablo 1.5'te ppm (milyondaki hacimsel oran - parts per million) veya mg/m³ cinsinden verilmiştir.

Tablo 1.5 Zararlı Maddelerin Tehlike Sınırları
(ppm)

	MAK	MİK	DTK
CO	9	50	5 000
HC	20	300	30 000
HC HO	0.02	1	650
NO	0.15	-	-
NO ₂	0.05	5	200
SO ₂	0.1	5	400
Pb (mg/m ³)	0.003		
Pb(C ₂ H ₅) ₄		0.01	

Bu maddelerin etkileri de farklı olmaktadır :

(a) Karbon monoksit

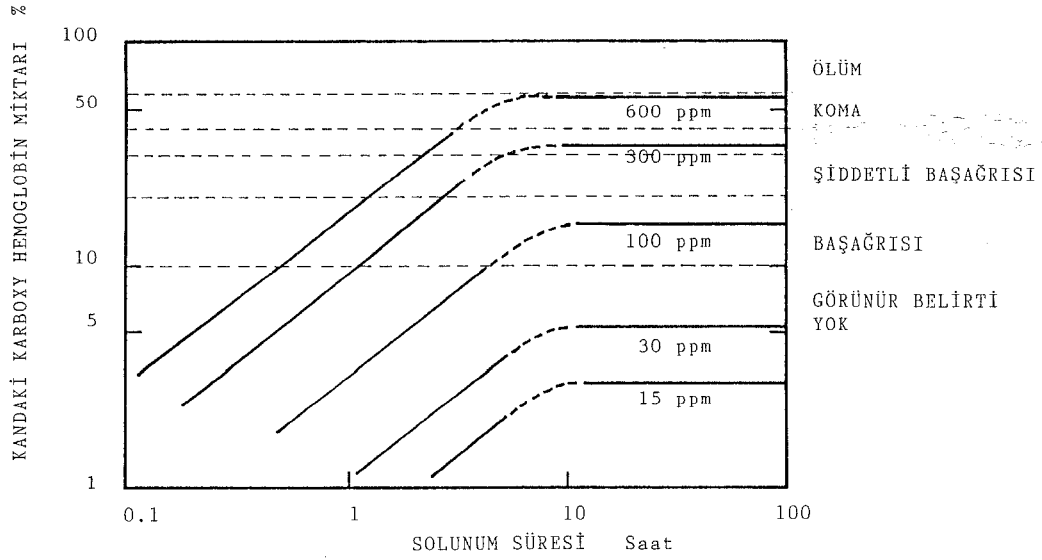
Kokusuz ve renksiz bir gaz olan CO çok zehirlidir. Kandaki oksijeni taşıma görevine sahip olan hemoglobine bağlanma yeteneği oksijene oranla yaklaşık 200 kere daha fazla olduğundan, CO ortamında bulunan bir kişinin kanındaki karboxy hemoglobin (O₂ yerine CO taşımakta olan hemoglobin) miktarı zamana ve CO konsantrasyonuna bağlı olarak artış gösterir. Böylece vücut hücrelerinin O₂ alma olanağı engellenerek, zehirlenmeye ve boğulmaya neden olunur (Şekil 1.4).

(b) Yanmamış Hidrokarbonlar

Yakıt deposu ve karbüratörden buharlaşma yolu ile veya motordan egzoz gazları ile birlikte atmosfere atılan yanmamış veya kısmen yanmış hidrokarbonlar genellikle kötü kokulu ve tahriş edici maddelerdir. Bu tür HC'lar arasında parafinler ve olefinler solunum yollarındaki mikroorganizmaları (iç deriyi) tahriş edici etkiye

sahip olup, aynı zamanda bayıltıcı etkileri de bulunmaktadır. Aromatların ise kanser yapıcı özellikleri vardır. Aldehitler keskin kokuları nedeniyle göz ve burun için rahatsız edici etkiye sahiptirler.

Gaz halindeki HC'lar güneş ışığı altında azot oksitlerle birleşerek "fotokimyasal sis" (photochemical smog : smoke - duman ve fog - sis kelimelerinden türetilmiştir) olarak adlandırılan bir sis tabakası oluştururlar. Bu tabaka gözlerin yanmasına ve sulanmasına, solunum sisteminin etkilenmesine neden olurken, aynı zamanda bitkiler için de zararlı olmaktadır.



Şekil 1.4 Karbon monoksit'in zehirleyici etkisi.

(c) Azot Oksitler

Azot oksitler (NO , NO_2 , N_2O_2 vb.) de CO gibi kandaki hemoglobin ile birleşmektedir. Ancak azot oksitlerin en önemli zehirleyici etkisi ciğerlerde nemle birleşerek nitrik asit oluşturmasıdır. Oluşan asit miktarının konsantrasyonunun azlığı nedeniyle etkisi de az olmaktadır. Ancak zamanla birikim özelliği bulunduğu için özellikle solunum hastalıkları bulunan kişiler için tehlike yaratmaktadır.

Ayrıca azot oksitler kimyasal sis oluşumuna da etki etmektedir. Atmosferde mevcut su ile (yağmur, sis vb.) de birleşerek nitrik asit oluşumuna neden olurlar.

Azot oksitler içinde NO renksiz, kokusuz bir gazdır; NO₂ ise kırmızı-kahverengi kötü kokulu, tahriş edici bir gazdır. Yanma ürünleri arasında genellikle NO bulunmasına rağmen, atmosfere atıldıktan sonra bir kısmı NO₂'ye dönüşmektedir. NO gazının ayrıca felç yapıcı özellikleri bulunmaktadır.

(d) Aldehitler

Aldehitler, hidrokarbonların kısmi oksidasyonu sonucu oluşan ürünlerdir. Özellikle düşük sıcaklıklardaki reaksiyonlarda oluşurlar. Genellikle aldehitler, formaldehit (HC HO) ve akrolein (C₂H₃ CHO)'den oluşmaktadır. HC HO dizel egzozundaki kötü kokulu, tahriş edici etkinin kaynağıdır. Aldahitlerin gözleri tahriş edici etkisi vardır.

Withrow ve Rassweiler tarafından benzin motorlarında vuruntu oluşumu sırasında, alev cephasının önündeki bölgede HC HO oluştuğu da gözlenmiştir. Kendi kendine tutuşma ile sonuçlanan bu oksidasyon işlemi sırasında HC HO üretilmektedir.

(e) Kükürt Dioksit

Renksiz, sert kokulu bir gaz olan SO₂ solunum yolları, akciğer ve karaciğer hastalıklarına neden olmaktadır. Ayrıca su buharı ile birleşerek oluşturduğu sülfürik asidin insan sağlığı ve bitki örtüsü üzerine olumsuz etkileri bulunmaktadır.

(f) İs , Partiküller

İçten yanmalı motorlar tarafından üretilen katı taneciklerin büyük bir bölümünü is oluşturmaktadır. Yanmamış karbon partiküllerinin özellikle dizel motorlarında oluşturduğu is, zararlı bileşenleri bünyesinde taşıyarak ve solunum sisteminde biriktirerek insan sağlığına zararlı olmaktadır. Dizel motorları egzozundan atılan partiküller karbon/hidrojen zincirinden oluşmakta olup

bünyelerinde yanmamış HC'ları, oksijene HC'ları, polinükleer aromatikleri, ve SO₂, NO₂ ve sülfürik asit gibi inorganik bileşenleri bulundurmaktadırlar.

(g) Kurşun Bileşenleri

Benzine, yakıtın oktan sayısını artırmak amacıyla eklenen kurşun tetraetil gibi katkı maddeleri yanma ürünleri arasında kurşun bileşenlerinin de bulunmasına neden olmaktadır. Kurşun, birikim şeklinde vücuda etki eden çok kuvvetli zehirli bir maddedir. Metabolizma ve beyin üzerinde olumsuz etkileri mevcuttur.

KAYNAKLAR

1. Crouse, W.H. ve D.L. Anglin, Automotive Emission Control, McGraw-Hill Book Company, New York, 1977.
2. Erkan, E., Karayolları Ulaşımında Emisyonlar ve Çözüm Önerileri, İstanbul Karayolları Ulaşımında Hava Kirliliği Sempozyumu, M.M.O., İstanbul, 1986.
3. Patterson, D.J. ve N.A. Henein, Emissions From Combustion Engines and Their Control, Ann Arbor Science Pub. Inc., Michigan, 1979.
4. Perkins, H.C., Air Pollution, McGraw-Hill Book Comp., New York, 1974.
5. Pischinger, F., Verbrennungsmotoren Band II, Technische Hochschule Aachen, 1983.
6. Springer, G.S. ve D.J. Patterson, Engine Emissions - Pollutant Formation and Measurement, Plenum Press, New York, 1974.
7. Starkman, E.S., Combustion-Generated Air Pollution, Plenum Press, New York, 1971.