

KAPALI OTOYARKLARDA HAVA KALİTESİ VE KARBONMONOKSİT KONTROLÜ

Emre ÖZMEN
Makina Yü. Müh.
Sistem Çözümü Ekip Yöneticisi
EMO TEKNİK TESİSAT
MALZ. TAAH. TİC. VE SAN. LTD. ŞTİ.

Giriş

Günümüzdeki sosyal gelişmeler, çevre ve sağlık konusunda korkutucu soruların artmasına sebep olacak noktaya kaymaktadır. Toplum güvenliği ve sağlığı konuları inşaat ve mülk yönetimi sektörlerinde birçok resmi şartların ve normların temelini oluşturmaktadır.

Global çevre sorunları ve enerji krizleri göz önüne alındığında üzerinde yaşadığımız dünya kaynaklarının verimli kullanılması gerektiği aşikardır. Geliştirilmiş enerji verimliliği ve düşük enerji kullanımı konuları önem kazandıkça, dünya üzerinde teknolojilere ev sahipliği yapan ülkelerde ısıtma,soğutma,havalandırma konularında “ihtiyaca bağlı kontrol “ uygulaması bina standartlarında yer almıştır. Gelecekte ise bu tarz enerji korunumu ölçütleri yasal zorunluluk olacaktır. Kişinin bireysel olarak hakkı olan güzel bir çevre ve sağlıklı iç hava şartları uluslararası boyutta ele alınırsa gezegenimiz için de bir gerekliliktir diyebiliriz.

Havalandırmayı ele alacak olursak,burada ihtiyaca bağlı olarak verimli enerji tüketimi uygulaması ancak mahaldeki iklim şartlarının kesintisiz izlenmesi ile sağlanır. Mahal şartları ise hissedicilerle izlenebilir.

İhtiyaca bağlı havalandırma kontrolünün minimum hava kalitesi gerekliliklerini sağlaması gerektiği aşikardır. Minimum gereklilikler; mahalın kullanım maksadına, kullanım zamanına bağlıdır.

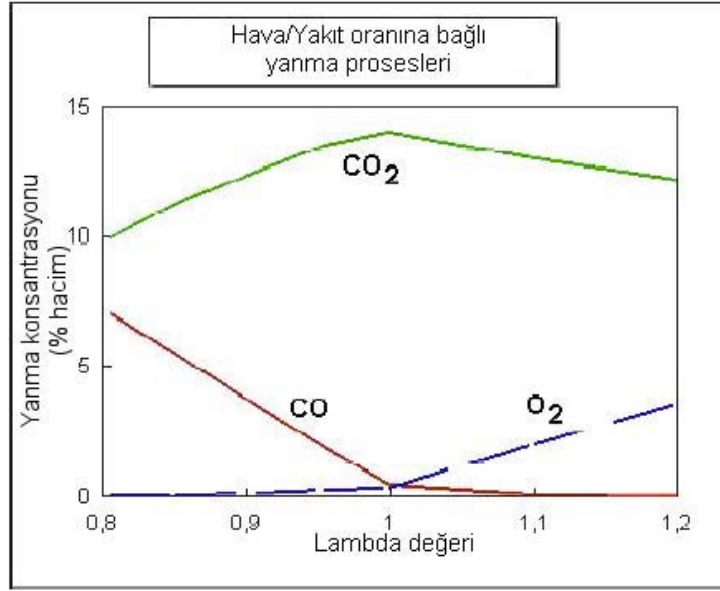
KAPALI OTOYARKLARDA KİRLİTİCİ EMİSYONLAR

Garajlarda ise araçlar temel kirlilik kaynağı olarak karşımıza çıkar. Bu durumda, havalandırma sistem tasarımı taşıtlardan çıkan egzost gazı emisyonlarına göre yapılmalı ve çalıştırılmalıdır. Çoğu durumda en tehlikeli durumun karbonmonoksit yüzünden oluştuğu düşünülürse de , büyük dizel taşıtların örneğin otobüs garajları, ana terminallerde özellikle gün boyu çalışmak zorunda olan insanlar için nitrojenoksitler (NOx) çok daha büyük bir tehlike arz etmektedir.

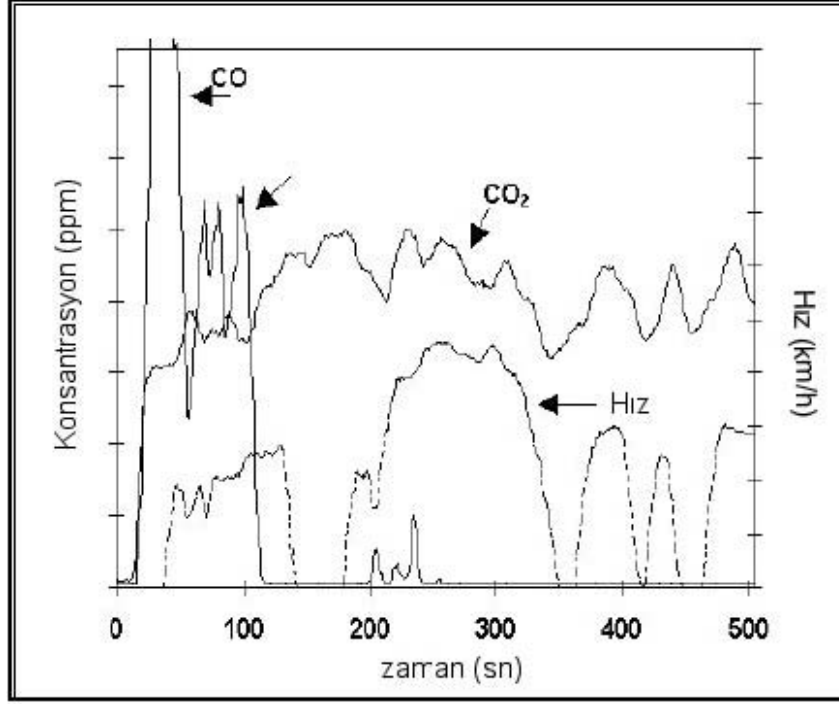
Taşıtlardan kaynaklanan kirlilik söz konusu olduğunda, geleneksel görüş CO ve NOx emisyonlarının en yüksek riski taşıdığı yönündedir. Söz konusu kirlilik sadece CO ve NOx olarak kalmayıp diğer tehlikeli maddeleri de içerir. Bu durumda garajın tipine bağlı olarak CO veya NOx ölçümü tüm tehlikeli emisyonlar için genel bir gösterge olmaktadır. Birçok egzost ölçüm uygulamalarında tüm toksik maddeleri tek tek ölçmek yerine sadece CO2 ölçümü yapmak yeterli olacaktır. Atmosfere açık mahallerde, (havadaki oksijenin tükenmeyeceği yerlerde) yanma sonucu en fazla miktarda oluşan ürün CO2'dir. Böyle durumlarda, karbondioksitin toplam oluşan egzost ve buna bağlı olarak havalandırma ihtiyacı hakkında en doğru kriter olduğu açıktır. Dizel egzostu üzerine yapılan çalışmalar CO2 için 8 saatlik limit emisyon değerinin 1330 ppm olduğunu göstermiştir. Tüm bunların yanında diğer toksik maddelere kıyasla CO2 daha hassas ve doğru ölçülebilen bir maddedir. Şekil 1.

Taşıtların ilk çalışması sırasında (soğukken çalıştırılmaları esnasında) Şekil 2'de de görüleceği üzere; CO

seviyesinin çok yüksek mertebelere çıktığı görülmektedir. Bu durum, kapalı bir araba garajında birden fazla taşıtın eş zamanlı olarak soğukken çalıştırılmaya başladığı şeklinde değerlendirilirse, CO seviyesinin en yüksek risk faktörünü oluşturduğu ve ölçülmesi gerektiği anlaşılır.



Şekil 1. Hava/yakıt oranı ve oluşan egzost karışımı içeren tipik hidrokarbon yanması. $\lambda < 1$ iken oksijen eksikliği ve buna bağlı olarak CO oluşumunda artış meydana gelmektedir. $\lambda = 1 \pm 0,01$ olarak ayarlanırsa optimum yanma koşulu sağlanır. Bu noktada CO2 seviyesi maksimumdur. $\lambda > 1$ durumunda ise egzost gazında istenmeyen NOx seviyeleri oluşur.
(US Dept. Of The Interior, Bureau of Mines)



Şekil 2. Katalitik konvertörlü bir aracın ilk çalıştırma ve sonrasındaki tipik sürüş senaryosuna bağlı kaydedilen emisyon değerleri

Kapalı Garajlar için Havalandırma Sistemleri

Kapalı otopark havalandırma sistemleri tasarlanırken, hava değişim miktarı; saatteki hava değişim miktarı, birim alan başına hava miktarı, birim park yeri başına hava miktarı, birim çalışan motor başına hava miktarı kriterlerinden birisine dayandırılarak belirlenir. ASHRAE seçim tablolarına göre saatte 6 hava çevrimi hedef havalandırma miktarı olarak en yaygın uygulama tercihidir. Tavan yüksekliği 3 metreden daha düşük kapalı otoparklarda alternatif olarak tavsiye edilen havalandırma miktarı 7,5 litre/saniye/m² 'dir. Bu miktar saate 6 hava çevriminden fazlasını sağlar. Fakat bu değerler yoğun (tam doluya yakın) kullanılan büyük otoparklar için –doğru tasarlanıp, çalıştırılsa ve işletilse bile- yeterli olmayabilir. Bu durumda ortalama taşıt emisyon verilerine dayandırılmış basit seyreltme eşitliği metodu ya da taşıt çalışması ve emisyon verilerini içeren seyreltme modeli gibi alternatif tasarım metodları uygulanmalıdır.

Kapalı araba garajları için mekanik havalandırma sistemleri üç grupta toplanabilir :

- 1- Sadece beslemeli sistem
- 2- Sadece egzost sistemi
- 3- Üfleme ve egzost birleştirilmiş sistem

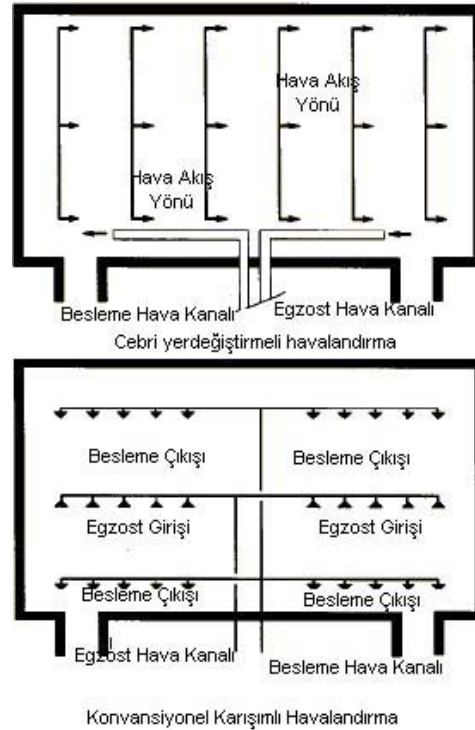
Birleştirilmiş sistemlerde besleme ve egzost fonksiyonlarının kontrolü sağlanır. Bu tarz sistemler ortama alınan taze havanın kontrolü ve dağıtımıyla ilgili daha fazla yeteneğe sahiptirler. Gerekli ayarlamalar ve balanslama ile bölgesel kirliliğin mahalın diğer alanlarına sıçramasına da engel olurlar.

Kapalı garaj havalandırma sistemleri, hava akış hava akış şekillerine göre de ikiye ayrılabilirler :

- 1- Tek yönlü (displacement) sistemler
- 2- Çok yönlü (multi directional-mixing) sistemler

Tek yönlü sistemlerde besleme ve egzost konumları öyle ayarlanır ki, garajın büyük bir hacmini kapsayacak şekilde bir uçtan diğer uca toplam bir hava akışı sağlanır. Hava akımı bir uçtan diğer uca mahali süpürür.

Çok yönlü sistemlerde garaj mahali birden fazla küçük zonlara ayrılır. Besleme ve egzost noktaları her küçük zon için bağımsız olarak düzenlenir. Şekil 3'te bu iki sistem gösterilmektedir.



Şekil 3. Havalandırma sistemleri
a) Cebri yer değiştirmeli havalandırma
b) Konvansiyonel karışımli havalandırma

Doğru şekilde tasarlanmış ve çalıştırılan tek yönlü havalandırma sistemi, kirletici emisyonları buldukları yerden alarak egzost noktalarına doğru çabucak süpürecek yeteneindedir. Bu tarz sistemlerin dezavantajları ; özellikle büyük otoparklarda ortaya çıkmaktadır; besleme havası egzost noktalarına yaklaştıkça ardışık ve kümülatif olarak kirlenir ve yüksek kirletici gradyenleri oluşabilir. Bu durumda egzost noktaları yakınındaki bölgelerde yüksek kirlilik seviyeleri oluşur. Toplam hava debisinin yüksek oluşu ve komşu mahallerden kaynaklanan enfiltrasyon miktarlarının minimuma indirilmesi verimli havalandırma için gereklidir.

Çok yönlü sistemler, bir yandan kirletici miktarının seyreltilmesi için dış hava kaynağı sağlarken diğer yandan (doğru tasarlandığında ve çalıştırıldığında) kirletici emisyonları için daha bölgesel (lokal) kontrol sağlarlar. Bununla birlikte, hava akışı içinde kısa devre oluşma eğiliminin artmasına sebep olabilirler. Örneğin; besleme ve egzost menfezleri birbirlerine çok yakın olarak konumlandırılırsa, bu durumda hava, besleme menfezinden çıkıp kirli hava ile yeterince karışmadan egzost menfezi tarafından emilir. Bu durum hareket eden havanın önemli bir miktarı için geçerlidir. Bunun yanında mahal havasındaki kirletici yükü üzerinde sınırlı bir etkiye sahiptir. Kapalı otopark içerisinde harici veya park etmiş taşıtlar kısa devre oluşumunu şiddetlendirebilirler.

Kapalı garaj binasının dışındaki taze hava giriş ve egzost çıkış noktaları birbirlerine çok yakınsa veya rüzgar gibi bozucu çevresel koşullar devreye girerse, bu noktalar arasında harici kısa devre hava akımları oluşabilir. Kapalı araba garajlarında havalandırma konusundaki çalışmalar, havalandırma verimliliği söz konusu olduğunda tek yönlü havalandırma sistemlerinin çok yönlü havalandırma sistemlerine kıyasla daha üstün olduğunu göstermiştir.

Kısa devre havalandırma , eğer ortaya çıkan akış şekli en yüksek noktasından geçecek şekilde ise kirlilik oluşturan emisyonların otoparkın diğer hacimlerine karışmasına imkan vermeyecektir. Bununla birlikte kirlilik emisyonlarının ilgili zonlarının dışında olması durumunda bölgesel havalandırma mantığı kirlilik emisyonlarının tahliyesinde yetersizliğe sebep olacaktır.

Avrupa ve uzak doğu'da (Hong Kong) üfleme ve egzost birleştirilmiş sistemler aşağıdaki prensipler doğrultusunda yaygın tercih olmuştur.

- a) Akış alanı sonunda kabul edilir sınırlar üstünde kirletici seviyeleri oluşumuna izin verecek uzunlukta akış alanlarından kaçınmak.
- b) Yüksek kirletici emisyonları bulunan bölgelerde kısa akış alanlarını oluşturmak.
- c) Kapalı otopark bünyesinde verimli ve yeterli hava akışı sağlamak .
- d) Otopark içine üflenilen temiz havadaki kirletici seviyesi.
- e) Mahalde bulunan kişilerin termal konforunun gözetilmesi.
- f) Motor egzost gazlarının katmanlaşmasından kaçınmak.

HAVALANDIRMA SİSTEM KONTROLÜ

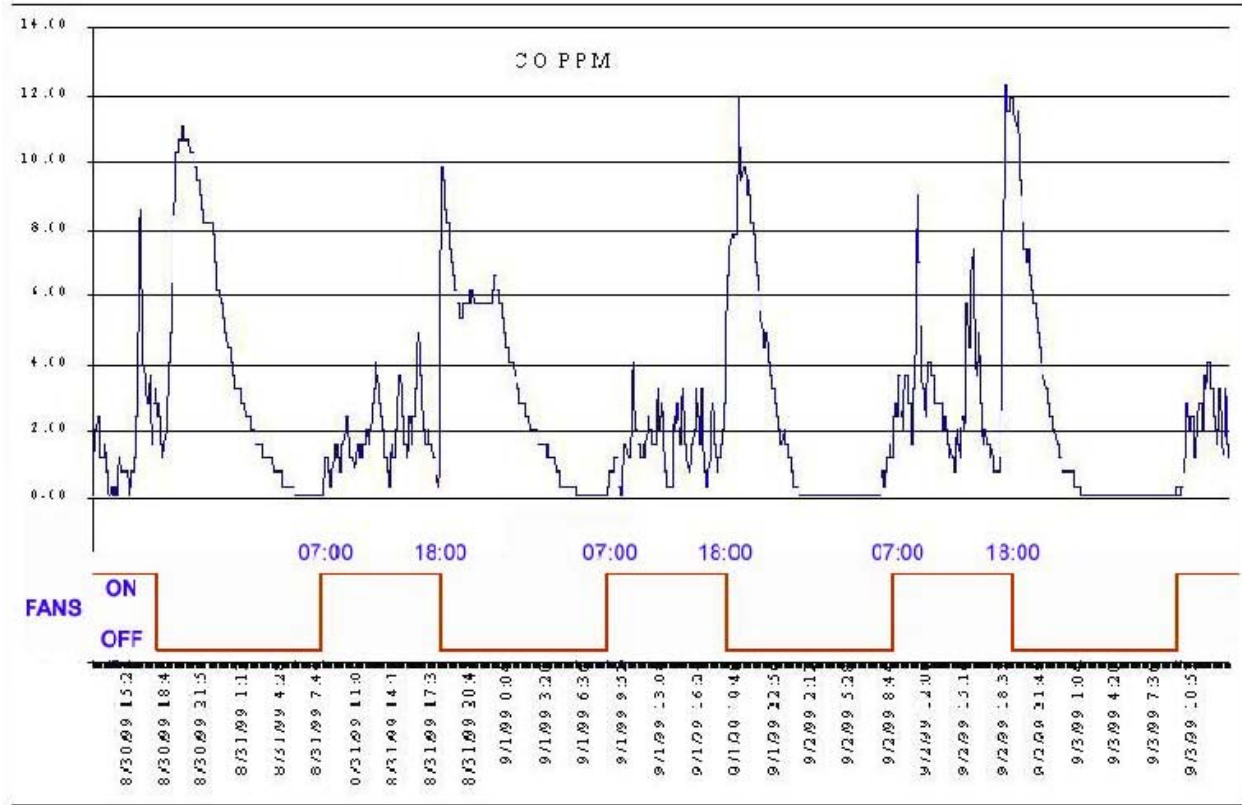
Kapalı garajlarda mekanik havalandırma sistemlerinin zamana bağlı, aralıklı çalışma yöntemi yatırım açısından ekonomik bir çözüm olarak karşımıza çıkar. Bu basit metod talep kontrolü ile hem daha güvenli hem de enerji verimliliği açısından daha avantajlı hale gelir. Kapalı otopark hacminde belli bir miktar istenmeyen havalandırma ve doğal hava ceryanı oluşur. Bu durum temel havalandırma sistemi için bazı zamanlar faydalı olur. Çünkü gerçek bir talep geldiğinde havalandırmayı çalıştıran ve hava kalitesi kabul edilebilir seviyeye geldiğinde tekrar durduran karbonmonoksit sensörlerinin sistemi çalıştırma gerekliliği azalmış olur.

Karbonmonoksit konsantrasyonun sensörler tarafından okunması sensör cevabına ve kayıt frekansına bağlıdır. Yakındaki arabalar geçtiğinde ve motorlar çalıştığında oluşan geçici değişikliklerin kaydedilmesi ve TWA(Time Weighted Average/Zaman Ağırlıklı Ortalama) değerlerinin elde edilmesi kullanılan sensör tipine bağlıdır. Farklı sensörler aynı lokasyon ve aynı zaman aralıkları içinde farklı TWA değerleri verebilirler. Buna göre tasarım hava kalite standartlarından taviz verilmek istenmiyorsa kullanılacak sensör tipinin, havalandırma yönteminin, kullanılacak metodun, ölçüm reaksiyon zamanlarının

standartlara uygun olarak tanımlanması gerekmektedir.

Enerjinin gereksiz kullanımının önüne geçmek için havalandırma fanlarının sadece kabul edilmeyen karbonmonoksit seviyeleri oluşması durumunda çalıştırılması gerekmektedir. Sensörler tarafından aktive edilen kontrol sisteminin ya da zamana bağlı on-off kontrol sisteminin işletme tecrübelerine bağlı olarak birtakım ilave ayarlamalarla birleştirilerek sisteme ilave edilmesi oldukça akıllıca olacaktır. Enerji tasarrufları havalandırma sistemi maliyetini büyük bir oranda etkileyebilmektedir. CO sensörü seçimi ve yerleşimi bu noktada oldukça önem arz etmektedir. Sensörler pahalı değildir fakat ömür, doğruluk, çalışırılığın test edilmesi, kalibrasyon , temizleme gibi konular gözardı edilmemelidir. 50 ppm seviyesindeki doğruluk +/- % 20'den büyük olabilir. Şekil 4'te kapalı bir otoparkta havalandırma sistemine zamana bağlı on-off kontrol uygulanması görülmektedir. Birim katta bulunan 4 adet 22KW'lık fanlar her gün sabah 7 ila akşam 6 saatleri arasında aralıksız çalışmışlardır. Şekil 4'ten de görüleceği üzere fanlar kapatıldığı anda CO emisyonu geçici olarak yükselmektedir. Mevcut havalandırma kontrol sistemi, iki kademeli talep kontrol sistemine çevrilmiş (Fanlar 30 ppm CO emisyon değerinde çalışmaya başlamıştır). Talep kontrol sistemine geçişle fanların çalışma süresi %85 azaltılmıştır. Bununla birlikte mahal iç hava kalitesinden taviz verilmemiştir.

Bu da enerji açısından oldukça ciddi bir tasarruf anlamına gelmektedir.



Şekil 4. Kapalı bir otoparkta, havalandırma sistemine uygulanan zamana bağlı on-off kontrol ve CO emisyon değerlerinin zamana bağlı dökümü.

Sensör Yerleşimi

Karbonmonoksit gazının havanıninkine eşdeğer bir yoğunluğu olduğu için CO dedektörünün ilgili mahaldeki yerleşimi sağlıklı algılama için oldukça kritiktir. Kapalı otoparklarda sağlıklı CO ölçüm sonucu standartlarca kabul edilir sınırlar içinde ise, diğer zararlı gaz emisyonlarının (CO₂ , NO_x v.b.) da tehlikesiz emisyon seviyelerinde olduğu (eğer mahal havalandırılıyorsa) söylenebilir.CO dedektörü yerleşimi için diğer bir önemli nokta da , termal hareketlilik ve basınç farklılıklarının yer çekimi kuvvetine etki etmesidir.Araç egzostlarından çıkan kirletici ve toksik gazlar sıcak oldukları müddetçe yukarıya doğru çıkacaklardır. Havalandırma sisteminin sebep olduğu türbülans etkisi, temiz ve kirli havanın karışabilmesi ihtimalini doğurur. Bu durumda , dedektörler korunulması istenen ziyaretçilerin yüksekliğine ve onların bulunma ihtimali olan yerlere yerleştirilmelidir. CO dedektörleri hiçbir zaman egzost kanalları hizasına monte edilmemelidir. Bu konudaki standartlar ;

BSI (British Standarts Institute) BS7860-1996'ya göre; duvar tipi CO dedektörlerinde yerden minimum 1.5 metre yüksekliğe montaj yapılmalıdır.

VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 2053 (Ocak 2002)standartına göre : Duvar tipi CO dedektörlerinde yerden minimum 1.5 metre yüksekliğe montaj yapılmalıdır. Birim kontrol bölgesi 400 m² 'yi geçmemelidir. Her kontrol bölgesi bir dedektörle kontrol edilmelidir. Maksimum 500m²'ye bir flaşör (alarm anında çalışacak) seçilmelidir.

İsveç standartı BBR 94'e göre : Diğer Avrupa ülkelerini baz almakla beraber, burun hizasına montaj şeklindebir yaklaşım mevcuttur. Dedektör tarama alanı ise 500 m² olarak kabul edilmiştir.

Avustralya Standartı 1668.2-1991'e göre Yerden 0,9 ila 1,8 metre aralığındaki yüksekliğe montaj yapılması gereklidir. Dedektörler arası mesafe maksimum 25 metre olacak şekilde tanımlanmıştır.

Sensör Tipi

Günümüz teknolojisinde CO gazı algılanmasında iki çeşit sensör teknolojisi mevcuttur. Birincisi ; endüstriyel pazarda kabul gören elektrokimyasal hücre (electrochemical cell) teknolojisidir. Diğeri ise son kullanıcı –tüketici pazarında kabul gören Metal oksit yarıiletken teknolojisidir. Bu iki teknoloji karşılaştırılacak olursa; yarı iletken daha düşük maliyetlidir fakat çevresel bozucu etkilere (nem ve sıcaklık değişimleri) karşı oldukça açıktır. Ayrıca yarı iletken teknolojisi CO gazı dışında diğer gazlara da çapraz hassasiyet gösterir. Bunun yanında elektrokimyasal hücre teknolojisi ise daha pahalıdır ve daha kısa (minimum 2 sene) bir çalışma ömrüne sahiptir. Otopark uygulamalarındaki tercih, evlerde kullanılan, yanlış alarm verebilen , ucuz yarıiletkenli CO sensörleri ile bakımı daha hassas olan ve daha doğru,hassas ölçüm yapan elektrokimyasal hücreli CO sensörleri kıyaslandığında açık ara elektrokimyasal hücreli tip olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ölçüm reaksiyon zamanları

Hijyenik limit yaklaşımı tıbbi araştırmalara dayandırılmış ve insan kanının çeşitli gazları absorbe edebilmesi araştırılmıştır. Sonuç semptomları ve sonraki etkileri ele alınmıştır. Risk faktörü; gaz konsantrasyonu, temas zamanı ve temas anındaki bireyin kalp kalp/akciğer aktivitesi gibi faktörlerin artmasıyla artış göstermektedir. CO absorpsiyonu kanda "Karboksihemoglobin" COHb artışına sebep olur ki, bu da oksijen yetersizliğine (hipoksiya) yol açar. ACGIH, kandaki limit COHb değerini %3,5 (Coburn Formülü) olarak kabul etmiştir. Bu limit kalp/akciğer rahatsızlığı olan hassas insanlar için bile genellikle emniyetli bir değer olarak kabul edilir. Şekil 5 ve Tablo 1 kandaki COHb miktarının %3,5 seviyesine ulaşınca kadar insan vücudunda üç değişik aktivite altında CO-seviyesi ve maruz kalınan süre

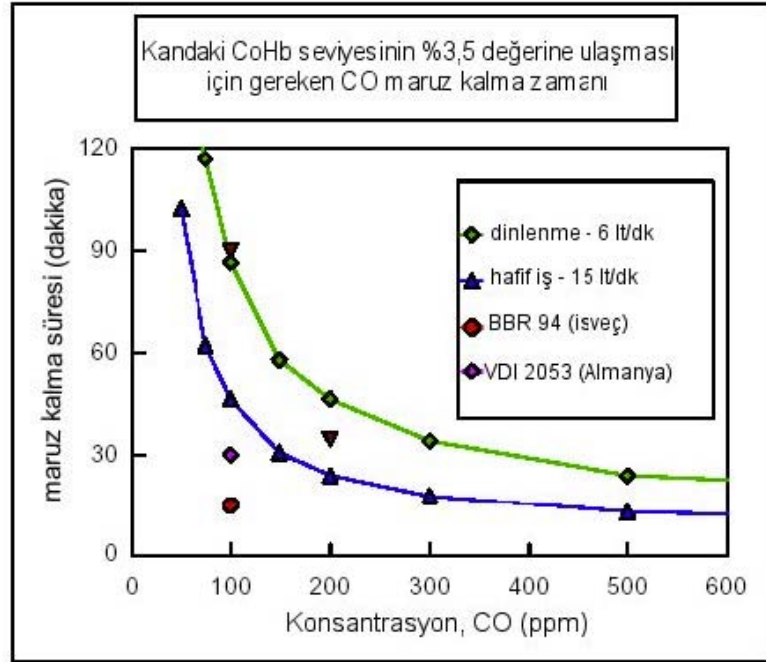
arasındaki yaklaşık ilişkiyi göstermektedirler.

Konsantrasyon CO ppm	CO maruz kalma süresi		
	6 lt/dak dinlenme	15lt/dak hafif çalışma	20 lt/dak Ağır çalışma
1000	18	10	8
500	24	13	11
300	34	18	15
200	46	24	21
150	58	31	27
100	86	46	39
75	117	62	53
50	191	102	87

Tablo 1.Kandaki COHb konsantrasyonunun %3,5 seviyesine Ulaşması için CO maruz kalma süresi (ACGIH)

CO konsantrasyonu: p.p.m.	Kritik süre	Tahmin edilen COHb seviyeleri aşağıda ki durumlar için		
		Oturarak yapılan	Hafif çalışm	Ağır çalış
100	15 dak	1-2	2-0	2-8
50	30 dak	1-1	1-9	2-6
25	1 sa	1-1	1-7	2-2

Tablo 2. Değişik aktivasyonlardaki tahmini COHb değerleri (WHO)



Şekil 5. Kandaki COHb miktarının %3,5 seviyesine ulaşmaya kadar (Coburn formülü) insan vücudunda iki değişik aktivite altında CO-seviyesi ve maruz kalınan süre arasındaki yaklaşık ilişki. İsveç, Alman ve Amerikan standartları limit değerleri de ayrıca işaretlenmiştir.

Amerikan standardı UL2034'e göre ; CO alarmı için limit cevap zamanı : 100 ppm CO emisyonunda 90 dakika, 200 ppm CO emisyonunda ise 35 dakikadır, 400 ppm'de ise 15 dakikadır. Fakat 10/98 tarihinden itibaren geçerli olan UL2034 standardının son halinde ; 70 ppm'de 60-189(iki ay sonra bu değer 240 dakikaya düzeltildi) dakika,150 ppm'de 10-50 dakika, 400 ppm'de 4-15 dakika olarak tanımlanmıştır.Ayrıca bu standarta göre üst limit alarm seviyesi 400 ppm'dir.

Canada Standartı CSA CAN/CGA-6/19-M93 (Rev.99) 'na göre : UL2034 Effective 10/98 ile tamamen aynıdır. ULC (Underwriters' Laboratories of Canada) 'ye göre CO için sesli alarm seviyesi 85 dB'dir.

Alman standartı VDI2053'e göre ; CO alarmı için limit cevap zamanı : 100 ppm CO emisyonunda 30 dakikadır (%3,5 COHb seviyesi için).

İsveç standartı BBR94'e göre; CO alarmı için limit cevap zamanı : 100 ppm CO emisyonunda 15 dakikadır. (%3,5 COHb seviyesi için)

İngiliz standartı BS7860'a göre ; CO alarm için limit cevap zamanı : 45 ppm CO emisyonunda 60 dakika, 150 ppm'de 10 ila 30 dakika, 350 ppm'de 6 dakikadır. Ayrıca bu standarta göre üst limit alarm seviyesi 350 ppm'dir.

Yukarıdaki limit değerler birbirleriyle kıyaslandığında American standartına ait değerlerin yüksek oluşu göze çarpmaktadır. Bunun sebebi, Amerikan yönetmeliklerinin insan sağlığına zararlı olmayan limit olarak %10 COHb seviyesini hedeflemeleridir. Tablo 3'te artan COHb seviyelerinde insan vücudundaki reaksiyonlar gösterilmiştir. Buradan da görüleceği üzere %10 COHb seviyesinde insan vücudunda bir rahatsızlık göze çarpmamaktadır.

Konsantrasyon COHb %

Belirtiler

50

Kalıcıbeyinhasarı-ölüm

45

Komavekalıcıbeyinhasarı

40

Bayılma

35

Kusma

30

Başdönmesi

25

Baş ağrısı ve mide bulantısı

20

Baş ağrısı

15

Hafifbaş ağrısı

<10

-

2-3

Doğal seviye (sigara içenler

<1

Doğal seviye (sigara içmeyenler

Tablo 3. Kandaki değişik COHb seviyelerine göre sağlıklı bir insan üzerinde oluşacak etkiler (Underwriters' Laboratories-ABD)

Havalandırma Sistemi cevap zamanı da önemlidir ve birçok alt parametreye bağlıdır. Emisyon akışının kaynaktan sensöre yolculuğu (mahalin geometrisi, minimum akış ve sensörler arası mesafeye bağlıdır), gazın sensör koruyucu kapsülünden içeri difüzyonu için geçen zaman (sensör yapısına bağlıdır), CO dedektörünün programlanmış çalışma emisyon seviyesine ulaşana kadar beklediği zaman (ölçüm reaksiyon zamanı ayarına bağlıdır), Havalandırma sisteminin reaksiyon zamanı (havalandırma sistemi çözümü ve akış yapısına bağlıdır). Temiz havanın kaynaktan alarm veren sensöre doğru akış zamanı (havalandırma sistemi çözümü ve akış yapısına bağlıdır).

Maruz Kalma Limitleri

TWA; “8- saat referans periyodu” terimi herhangi bir 24 saatlik süreç içinde mahal içindeki bir kişinin maruz kaldığı değişken toksik emisyon miktarının ; 8 saatlik sabit emisyon miktarına indirgenmesi prosedürüdür (HSE-Occupational Exposure Limits-1994). 8 saatlik TWA değeri matematiksel olarak şöyle ifade edilebilir :

$$(C1*T1 + C2*T2+.....+Cn*Tn) / 8$$

C : Mahaldeki kişinin maruz kalma miktarı

T: İlgili maruz kalma süresi (saat cinsinden ve 24 saatlik periyotun istenilen herhangi bir yerinde)

TWA değeri genellikle 8 saatlik olarak kabul görürse de, daha farklı (haftalık 40 saat, 1 saat v.b.) zaman dilimleri için de hesaplanır.

Kısa süreli referans zamanı ACGIH, OSHA ve HSE tarafından 15 dakika olarak kabul edilmiştir.

Maruz kalma miktarı, 15 dakika boyunca yapılan emisyon örneklemeleri miktarlarının ortalaması olarak tanımlanabilir. 15 dakikadan daha az bir maruz kalma süresi söz konusu olursa, bu süreç 15 dakikaya genişletilerek ortalaması alınır. HSE kaynaklı örnek verilirse ;600 ppm emisyon seviyesi 5 dakika sürmekte ve onunla 5 dakikadan fazla temas edilmemektedir. Bu durumda 15 dakikalık ortalama maruz kalma değeri 200 ppm olarak hesaplanır.

STEL (Short term exposure limit/ Kısa süreli maruz kalma limiti) :Bu değer ACGIH (American Conference of Government Industrial Hygenists) , OSHA (Occupational Safety and Health Administration) ve HSE (Health and Safety Executive-UK) kuruluşları tarafından kısa süreli referans zamanı olan 15 dakikalık zaman ağırlıklı maruz kalınan emisyon miktarıdır. Bu limit değer çalışma günü boyunca kesinlikle aşılmamalıdır. STEL için 15 dakikalık TWA değeri diyebiliriz.

Değişik zaman aralıkları için

	tavan	CO konsantrasyonu: p. p.m.		
		5 dak	15 dak	1
HKAQ				27
WHO	87	25	10	
WHO		100	25	
ACIGH	200(15dk)	#		
NIOSH		200	35	
EPA				
OSHA			125	

8 sa

9

10

25 (29)

9

50

Tablo 4. CO için hava kalite kriterleri ve standartları

Kapalı otoparklardaki ziyaretçilerin 15 dakikadan fazla otoparkta kalmayacağı düşünülürse, Bu durumda STEL kontrolü uygulanabilir. ACGIH'e göre hafif iş yapan (mesela arabasından aldığı bir şeyi taşıyan) bir yetişkin 15 dakikalık süre boyunca 200 ppm CO emisyonuna maruz kalırsa, kanındaki COHb değeri %5 sınır değerine ulaşacaktır.

Bunun yanısıra otoparkta çalışan ve 15 dakikadan daha fazla bir süre mahalde bulunacak görevliler, 8 saatlik TWA esasına göre vardiyalı olarak çalışabilirler. Buna göre güvenlik amacıyla dolaşacak personelin ; HSE/8-saatlik TWA değeri 50 ppm, OSHA/8-saatlik TWA değeri 50 ppm (Eski OSHA 8-saatlik TWA değeri 35 ppm 'di) seviyelerini aşmamalarına dikkat edilmelidir. Bilet ödeme noktalarında bulunan görevliler için ayrılan kabinler basınçlandırılmalıdır. Tablo 1'den de görüleceği üzere , hafif iş yapan otopark ziyaretçileri STEL değeri olarak 100 ppm'de minimum sağlık riski altındadırlar.

SONUÇLAR

Karbonmonoksit, insan duyularıyla algılanamayan zehirli bir maddedir. CO emisyonları kontrol altına alınmaz ise kalıcı hasar bırakabilir hatta öldürebilir. Bu yüzden garajlardaki CO kaynaklarının (taşıt egzost emisyonları) ürettikleri toksik gazların algılanması ve uluslar arası standartlara göre belirlenmiş seviyelerde tutulacak şekilde uygun havalandırma yapılarak mahalden dışarı atılması çok önemlidir. Havalandırma yapılırken enerji tasarrufunu da bir kenara bırakmamak gerekir. Mahaldeki doğru seçilmiş ve yerleştirilmiş CO dedektörleri yardımıyla sürekli ölçülen emisyon değerleri olması gereken seviyelere (mahal talebine göre kontrol) havalandırma sistemine (enerji tasarrufu sağlayacak şekilde) kumanda edilerek getirilir.

Genel olarak, kapalı garajlarda geçici , kısa süreli yüksek emisyon değerleri çok riskli değildir. 15 dakikalık zaman dilimi kadar bir süreye kadar 200 ppm'lik CO emisyonu kabul edilebilir sınırdır. Bu emisyon sınırı, iyi planlanmış yaya yolu güzergahları, etkin trafik yönetimi ve eğer mümkünse yüksek kirletici kaynağı bulunan bölgelere (örneğin rampalar) lokal havalandırma sistemleri ilavesiyle sağlanabilir. Bunun yanında yüksek kirletici emisyonlarının kapalı otoparktan binanın diğer bölümlerine sürekli sızmasına da dikkat edilmelidir.

Kapalı otoparklarda iç hava kalitesi kriteri; ASHRAE tarafından 50 ppm CO emisyonu normal, 125 ppm geçilmemesi gereken tepe değeri olarak kabul edilirken , Institution of Structural Engineers kuruluşu tarafından 50 ppm normal, 100 ppm tepe seviyesi, giriş ve çıkış noktalarında ise 250 ppm CO seviyesi kabul edilmiştir.

Kaynaklar

1. Burnett J. And Chan M.Y Criteria for air quality in enclosed car parks. Proc. Instn Civ. Engrs, Transp., 1997, 123, May, p102-110
2. Martin H. Demand Controlled Ventilation in Car parks, Technical Note, TN-021-1, Mar'01.
3. American Conference of Government Industrial Hygienists. Threshold limit values and biological exposure indices 1992-1993.
4. Underwriters Laboratories, Standard for Single and Multiple Station Carbon Monoxide Detectors, UL2034, Figure 37.1
5. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, VENTILATION AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. Application Handbook 1991, ch. 13, Enclosed vehicular facilities. 1991.
6. Design recommendations for multi-storey and underground car parks. Revised report of Joint Committee of the Institution of Structural Engineers and the Institution of Highways and Transportation, Jan. 1984.
7. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, VENTILATION AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. Standard 62-1989, Ventilation for acceptable indoor air quality. 1989.
8. FELLEBAUM B. Ventilation design for 1000 car parking garage. Heating, piping and air conditioning. J. Heat. Pip. Aircond., Nov. 1968, 113-116.
9. STANKUNAS A. R., BARTLETT P. T. and TOWER K. C. Contaminant level control in parking garages. ASHRAE paper DV-80-5, No. 3. RP-233, May, 1989, 584-605.
10. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Carbon monoxide. Environmental health criteria 13. Geneva, 1979.
11. Notice of intended change – carbon monoxide. Appl. Occu. Environ. Hyg., 1991, 6, No. 7, July, 621-624.
12. HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 1991, UK. Occupational exposure limits 1994.

EH40-94. 1994.

13. NATIONAL INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH.

Recommendations for occupational safety and health. Jan. 1992.

14. MATZOROS A. Results from a model of road traffic air pollution, featuring junction effects and vehicle operating modes. *Traff. Engng Contr.*, 1990, 35-37, Jan., 24-30.

15. KOSKELA H. K., ROLIN I. E. and NORELL L. O. Comparison between forced-displacement and mixing ventilation in a garage. *IN-91-18-17*, 1991, 119-1126. *ASHRAE Trans.*, 1991, 97, 1119-1126.

16. US Dept. of the Interior, Bureau of Mines, Report #8884. Diesels in Underground Mining.

17. CO detection leaflet, Bieler Lang GmbH Gas Monitoring Systems

18. Raumluftechische Anlagen für Garagen, VDI2053, VDI-Richtlinien, Düsseldorf 2002