

## **KÖMÜR MADENLERİNDE OLUŞAN GAZLARIN ÖZELLİKLERİ VE ETKİLERİ**

Selami TOPRAK\*

### **GİRİŞ**

Bu yazı 13 Mayıs 2014'te vuku bulan elim bir acımızı bir daha yaşamamamız, böyle ortamlarda daha bilinçli olmamız gerektiği ve belki de bir nebze bilgi dağarcığımıza katkısı olur düşüncesiyle ele alınmıştır. Bu olayı bize yaşatan malzemeyi tanımamız, tedbirlerimizi ona göre almamız gerekiyor. Böyle olayların şüphesiz en önemli müsebbibi cehalet, yokluk ve yanlış yatırımlardır.

Kömürler ilk oluştukları andan beri bazı gazlar oluştururlar. Bunların bir kısmı yanıcı, bir kısmı canlı vücudunu etkileyebilen özellikte tehlike arz edebilir. Tehlikeler veya afetler tedbir almadıkça, kontrolü elden bıraktıkça, ihmal ettikçe oluşur. Bir maddenin veya olgunun daima pozitif yanlarının yanında negatif yanlarını da düşünmek gerekir. Bu yazıda kömür madenlerinde oluşabilecek tehlikelere kısaca yer verilecek ama en tehlikeli olabilecek ve çoğumuzun da merak edip araştırmadığı, yatırımların az yapıldığı bir konuya, gazlara ağırlık verilecektir. Metan ve diğer gazlar çok bilindiği için karbonmonoksit gazına daha fazla ağırlık verilecek ve etkileri tartışılacaktır.

Yazıya geçmeden önce, MTA'da çalışan ve madenle ilişkisi olan biz ve herkesin çok üzüldüğü bu elim olayda yaşamını kaybedenlere rahmet, kalan yakınlarına baş sağlığı diliyoruz. Acılarını yüreğimizde paylaşıyor, ülkemizin ve insanlığın bir daha böyle acılar yaşamamasını temenni ediyoruz.

### **KÖMÜR, KÖMÜRLEŞME OLAYI VE KÖMÜRLERDE OLUŞAN GAZLAR**

Kömür şüphesiz ülkemiz için en önem-

li doğal enerji kaynaklarımızdan biridir. Kim ne derse dersin, günlük hayatımızda kullandığımız elektrik enerjimizin neredeyse 1/3'ü kömürden (termik santrallerde) üretilmekte, evlerin ısınmasında büyük miktarlarda kullanılmaktadır. Kömür içinde bulunan metan gazları da bizim evlerde kullandığımız doğal gazın en önemli bileşenidir. Enerjiyi güvenli üretilip, güvenli kullanmazsanız hem kirlilik, hem de tehlikeli sonuçlar oluşturabilirsiniz. Isı üretildiği zaman basınç ve parlama, ani yanma gibi riskleri beraberinde taşır. Bu yüzden, bir konuda menfaat sağlarken, oluşabilecek tehlikelere karşı daima bilinçli de olmak zorundasınız. Bu işi, eğitimi yetersiz kişilerle, usta-çırak yöntemiyle yürütür ve bilinçsiz yatırımlara yönelirseniz, afetler kaçınılmaz olur.

Kömür, bataklık ortamlarda organik maddelerin birikmesi ile oluşur. Daha orada organik maddeler birer güncel bitki parçası iken, suda çürüdüklerinde gazlar oluştururlar. Bataklık gazı olarak bilinen metan gazı daha ilk aşamalarda oluşuma başlar. Bataklık ortamlarda organik maddeler birikip arttıkça, kimyasal reaksiyonlar da artar, en üstte aerobik, daha altta anaerobik (havasız) reaksiyonlar ve bakteri faaliyeti etkinlikleri görülür. Suların içinde bulunan bazı sülfatlı, karbonatlı, klorlu bileşikler de bu reaksiyonlara katılır. Ağırılığı olan malzemeler dibe doğru çöker ve gömüldükçe katılaşma başlar. Ortam örtülüp sıkılaşma oldukça, ilk önceleri su ve diğer sıvılar, gazlar (özellikle su buharı, oksijen, karbondioksit ve çok az metan) bu organik maddelerden uzaklaşır. Turba dediğimiz, bitki dokularının gözlenebildiği bir malzeme oluşur. Turbalar, görünümü ile Anadolu'da büyük baş hayvanların dışkısının kalıplara dökülüp kurutulmasıyla oluşturulan tezeklere benzetilmektedir. Çoğunlukla bitki, ama kısmen de inorganik madde içermektedir.

Kömürlerin ataları olan bu organik maddeler, gömülmeleri sonrası, zamana bağlı olarak oluşan basınç ve sıcaklık etkisiyle daha da olgunlaşırlar, Linyit dediğimiz kahve renkli kömürleri meydana getirirler. Bu aşamada kömürler içinde çok az miktarda metan oluşumu gerçekleşir. Daha ziyade oluşan

\*Maden tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi, Ankara.

gazlar karbon ve oksijenden meydana gelen karbondioksit ve su buharı yoğunlukta olan gazlardır. Linyitlerde metan ve diğer tehlikeli gaz oluşumları pek görülmediği için kapalı ocaklarda pek tehlike oluşturmazlar.

Zamana bağlı olarak, bu kömürler basınç ve sıcaklık etkisi ile daha koyu renkli ve sert olmaya, metan gazı oluşturmaya başlarlar. Bu kömür seviyesi linyit ile taşkömürü arasında olan alt-bitümlü kömür seviyesidir. Soma, Yatağan, Çan, Beypazarı, Dodurga, Çeltek (Amasya), Ermenek, Tunçbilek, Gediz, Aydın civarı (Köşk, Girenis), Kastamonu civarı kömürleri gibi kömürleridir. Metan gazının ( $CH_4$ ) en önemli bileşiği olan hidrojen ancak yaklaşık yer altında  $100^\circ C$ 'lik bir sıcaklıktan daha fazla bir sıcaklıkta uzun süre kaldığında oluşur. Bu kömürlerin özel mikroskoplarda ölçülen yansıma değerleri (Rmax değerleri) % 0,45'ten yüksektir. Bu kömürlerde oluşan metan gazları çok azdır ama birikim olursa tehlike arz edebilirler.

Taşkömürleri ticari olarak ülkemizde sadece Zonguldak civarında bulunmaktadır. Son yıllarda Hazro (Diyarbakır) ve Toroslar'da da bazı taşkömürü oluşuklarına rastlanmış olup küçük ölçekte veya anlam ifade etmeyecek kadar ufak rezerv oluşturan özelliktedirler. Linyit ve alt bitümlü kömürler derinlere daldıklarında da taşkömürü seviyelerine ulaşırlar. Kömürlerin derinlere dalması hiç beklenmedik gaz oluşumlarını ve tehlikeleri de beraberinde taşır. Bu olgunlaşma seviyelerinde kömür içlerindeki hidrojen diğer elementlerle birleşerek açığa çıkar ve ortamda bol miktarda metan gazı gibi gazları oluştururlar. Taşkömürü seviyesinde, kömürler dik köşeli ve koyu siyahtır. Gazlar uygun boşluklarına (klit araları ve gözeneklere) yerleşir ve kömürler kazıldıkça açığa çıkarlar. Bir çatlak vs. bulurlarsa da hep dışarıya, boşluklu alanlara kaçma eğilimindedirler. Bu boşluklarda biriken, kontrolsüz gaz çıkışı insan sağlığını etkilediği gibi, yanması ile ocak yangını ve patlamalarını da meydana getirirler. Böyle gaz çıkışlarını önlemek veya yangın oluşmasını önlemek için, ABD gibi gelişmiş ülkelerde, kömür aynalarına çabuk katılan (muhtemelen alçı içeren) kireç köpüğü tabakaları kaplanır.

En son kömür olgunlaşma seviyesi antrasittir ve bu seviyede hidrojen artık tamamı ile ortamdan uzaklaşmaya, çıkmaya çalışır. Oluşan gazlar hidrojenli, metan, karbondioksitli gazlardır. Antrasitte uçucu madde çok az olduğu için kömürün yanması düşük sıcaklıklarda pek olamaz. Bunu yakmak için bile yüksek sıcaklık gerekir.

Organik maddelerin turbadan başlayıp, basınç ve sıcaklığın etkisiyle yeraltında olduğu çok uzun süren linyit-alt bitümlü kömür-taşkömürü ve antrasite dönüştüğü bu değişim sürecine "Kömürleşme Olayı", her seviyeye de "Kömürleşme Derecesi" denir.

### **Kömürlerde Oluşan Gazlar**

Kömürlerde oluşan gazlar, genelde kömür bileşiminde bulunan C, H, O, N ve S elementlerinin oluşturduğu gazlardır. Kömür ilk oluşumundan itibaren  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$ ,  $O_2$  ve  $N_2$ ,  $SO_2$  gibi gazlar oluşur. Metan gazı daha önceden de bahis edildiği gibi taşkömürü ve antrasit aşamalarında meydana gelmektedir. Ama derinliklere dalan veya volkanik sahalarla yakın olan (Soma, Gediz, Çeltek sahaları gibi) alanlarda bulunan alt bitümlü kömürlerde de yüksek oranlarda metan gazı oluşumları görülebilir.

Havada azot ve oksijen bulunmaktadır, ama kömürlü ortamlarda farklı bileşimde diğer gazlar da bulunabilmektedir. İnsan bünyesi hava soluduğu için bu gazlardan başka hangi gazı solursa vücuduna geçici de olsa etkiyebilmektedir. Kömürlü ortamlarda  $CO$ ,  $H_2S$  (çürük yumurta kokusu vardır) gibi gazlar doğal haliyle aslında pek olmamakta, kısmi yanmalar veya reaksiyonlar sonrası olmaktadır. Bu yazıda kömür madeninde hayati tehlike yaratabilen iki gaz (metan ve  $CO$ )'dan bahsedilecek ama  $CO$  ve etkilerine detaylı olarak değinilecektir.

### **Metan Gazı**

Metan gazı daha ziyade kömür ve kısmen de petrolü ortamlarda oluşan doğal gazın en önemli bileşimidir. Özgül ağırlığı havadan hafif (yaklaşık havanın yarısı kadar) olup, genellikle kömürlerin olgunlaşmasına bağlı olarak oluşma miktarları artmaktadır. Taşkömürlerinde en fazla oluşmayı gösterirler.

Metan gazı ortamda %1-15 arasında olduğunda, ortamda yanma veya patlama (grizu) tehlikesi ortaya çıkabilir. Bu yüzden bu tür ortamlarda çalışırken, emisyonu belirleyen gaz detektörü, lambaları veya sensörleri bulundurulmalı, ortamın havalandırması çok iyi yapılmalıdır. Aslında bu gaz, mutfaklarımızda kullandığımız doğal gaz olduğu için heba edilmemesi, kömürler işletilmeden yatay sondajlarla drene edilerek kullanıma sunulabilir. Metan gazının biriktiği alanlar kömür içindeki boşluklar, çatlaklar, taneler arasındaki alanlar, klitler, boşluklu (inertinit maseralleri gibi) kömür bileşenleridir. Kömürler kazıldıkça metan gazı açığa çıkar ve ortamdaki miktarı gittikçe artar.

Kömürçülerin kullandıkları “tozların patlaması” ibaresi de aslında boşluk içeren bu tozların metan gazı da içeriyor olması ve yanıp, parlamaya müsait özellikte olmasından dolayı, bu durumları sergilemesindedir. Zaten kömürlü ortamlarda gerek tavan göçükleri, gerekse tehlikeli gaz birikimleri de çoğunlukla bu tozlaşabilen (inertinit maseralinin kömür bileşenlerinde fazla olduğu) alanlarda olmaktadır. Bu alanlara “domuz damı” destekleri yapılır ve bu ortamlara temkinli yaklaşılması gerekir.

Metan kömür tozundan daha kolay tutuşabilir. Maden yangınları veya patlamalarında çoğunlukla, öncelikle metan gazı patlamaları olur ve kömür tozu patlamalarını başlatır. Küçük bir metan gazı patlaması ile oluşturulan basınç dalgası, ya da rüzgâr maden ocağı girişine doğru yayılarak havaya kömür tozları üflemeğe başlar. Bu toz tutuşur tutuşmaz bir dizi reaksiyon gelişir ve çok uzaklara kadar alev yayılmasına yol açar, mevcut yakıtı ve oksijeni tüketir, çok büyük miktarlarda CO gibi zehirli gaz üretir.

### **Karbonmonoksit Gazı**

Karbon Monoksit (CO), renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Çoğunlukla kömür, ağaç, kağıt, gazyağı ve mazot gibi petrol yakıtlarının yanmaları esnasında tam yanmasını sağlayamamaları sonucu açığa çıkarlar. Madenciler arasında “Ak Buğu” (whitedamp) veya “Sakin öldürücü” olarak bilinen bir gazdır. Bu

gazı soluyan kişiler hayatlarını kaybedebilir veya ciddi sağlık sorunları yaşayabilirler.

Karbonmonoksit gazı, zehirli ve çok tehlikeli olabilen bir gazdır. Uzun süre düşük oranlarda bulunduğu ortamlarda bile solunduğunda, hayati tehlikeler oluşturabilmektedir. Madenlerde doğal olarak karbonmonoksit gazı pek görülmez ancak yüksek oranda metan gazı içeren kömürlerin kapalı yeraltı ocaklarında, tutuşması veya patlaması ile açığa çıkarlar (Çizelge 1). Karbonmonoksit genelde karbon içeren (kömür, petrol, doğal gaz, metan vs.) maddelerin yanması veya (grizu) patlamaları sonrası oluşur. Yanma ve patlama dışında, bir maden işletmesinde CO'nin en önemli kaynağı, motor egzoz dumanları ve patlayıcılarıdır. Kömürlerde ayrıca kömürlerin düşük sıcaklık şartlarında oksidasyonu da CO üretir. CO'nin yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu alanlar, madendeki kuytu yerler ve tahliye alanlarıdır. Bu alanlar dikkat edilmesi gerekli alanlar olup, sıklıkla gözlemlenmelidir.

Eğer ortamın havalandırması da az veya yok denecek kadar az ise, birikimleri sağlığa çok zararlı sonuçlar oluşturabilmektedir. Solunduğunda, CO çok kolay bir şekilde ciğerlere dolmakta, oradan da kana yerleşmektedir. CO kanın dokulara oksijen taşıyan hemoglobinine kendini bağlayarak onların oksijen taşıma yeteneğini kısıtlamaktadır. Hemoglobinin oksijenden ziyade, 200 – 300 kat daha fazla olmak üzere karbonmonoksit ile birleşme eğilimi vardır. Hemoglobin ile birleşen bir kanın oksijeni taşıma imkânı olamamakta, hücrelere götürülen havada artık oksijen olamamaktadır. Bu yüzden oksijensiz kalan dokular da yavaş yavaş ölmektedir. Kalp, beyin ve diğer organlarımız çalışamaz hale gelir. Bu da hastalıklara, en kötüsü de ölümlere neden olur. Madenciler veya bu ortamda kalan insanlar da bu kimyasal olarak oluşan oksijensizlikten dolayı boğulurlar.

Maden yangın ve patlamaları sonrasındaki kurtarma harekâtı esnasında CO değerlerine dikkat edilmeli, gerekli tedbirler mutlaka alınmalıdır. Her ne kadar yangın ve patlamalar madenlerde nadir olaylar ise de, çok miktarda CO gazı açığa çıkarabilirler. Bu

esnada insanların etkilenmesi yangın veya patlamanın doğrudan insana verdiği etkiden çok daha fazla ölümcül olabilmektedir. Zaten böyle olaylarda bu sonuç mutlaka akılda tutularak hareket edilmeli ve gerekli önlemler ona göre alınmalıdır. Şekil 1'de 13 Mayıs 2014 yılında Soma'da bir ocak patlaması sonrasında yaşadığımız elim facia sonucu 300'den fazla insanımızı kaybettik. Soma Eynez güneybatısındaki Soma Madencilğe ait bir yeraltı ocağında yangın sonrası CO açığa çıktı ve madencilerimizin büyük bir kısmını kayıp ettik. Temennimiz böyle bir facianın, bir daha yaşanmamasıdır. Bu yörede kömür bazen dinamit patlatmaları ile de çıkartılmaktadır. Yüksek gaz içeren böyle sahalarda, bu tür metotlarla üretimin yapılmaması ve aşağıda insan varken, bu konulara çok daha fazla dikkat edilmesi gerekmektedir. (Şekil 1).

Çizelge 1'de madenlerde oluşan yangın ve patlamalarda CO gazı emisyon değerleri ve hacimce ortamda bulunma miktarları görülmektedir.

*CO Oluşumu- Karbonmonoksit madenler-*

de havalandırmanın zayıf olduğu alanlarda ve kapalı alanlarda birikir. Kömür yataklarında daha ziyade kömürleşme derecesi yüksek taşkömürü, antrasit ve alt-bitümlü kömürlerde açığa çıkmaktadır. Bir kömür damarı yüzeyde linyit, ama çok derinlerde taşkömürü seviyelerine ulaşabilir.

Kömür ve organik maddeler basınç ve sıcaklığın etkisinde kaldıklarında bazı fiziksel ve kimyasal değişimler gösterirler. Kömürleşme derecesi arttıkça, renkleri daha koyu, sertlikleri daha fazla ve yansıma değerleri daha yüksek olur. Kömürleşmenin ilk aşamalarında kömürlerde (liniyit'te) metan gazı pek oluşmaz, bunun nedenle yangın çıkma olasılığı düşüktür. Ama alt bitümlü kömür ve üzeri olan kömürlerde (taşkömürü ve antrasitte) metan gazı oluşumu daha fazla olmaktadır. Metan gazı hepimizin bildiği ve kullandığı doğal gazın da en önemli bileşimidir. Güzellikleri yanında riskleri de mevcuttur. Havadaki hacmi % 1'e ulaştığında yanıp, patlayıcı özellikler taşıyabilmektedir. Zaten bu değerlere ulaşan ve de patlamanın meydana geldiği



Şekil 1-13 Mayıs 2013 Soma'da yaşadığımız elim faciadan bir görüntü (<http://www.sentezhaber.com/guncel/uluslararasi-basinda-somadaki-maden-faciasi-h169859.html>)



**Çizelge 1- Madenlerde oluşan CO gazı emisyon kaynakları ve miktarları.**

<b>Çeşidi ve Kaynağı</b>	<b>CO miktarı (% hacim)</b>
Madende oluşan patlamanın hemen sonrası (deneysel)	8
Maden patlamasından 1 gün sonra	1*
Maden yangınları sonrası	1
Değişik kökenli maden patlamaları	
% 40 jelâtin 100 çubuk dinamit patlatılmasının 7 dakika sonrası	1,2
Toz kara barut patlatılması sonrası	10,8
% 40 Nitrogliserin dinamitin patlatılması sonrası	28,0
% 40 Ammonia tip dinamitin patlatılması	5

\*-Madenlerin bazılarında patlamada birkaç gün geçmesine rağmen bu oranın % 4'ler civarında olduğu tespit edilebilmiştir (Kaynak, Mason E., 1951. Practical Coal Mining, Virtue & Co. USA.)

durumları, halkımız “Grizu Patlaması” olarak isimlendirmiştir. Bu konsantrasyona ulaşmak için maden ocağı daima havalandırılıp, bizim parayla aldığımız gazlar dışarıya atılıp heba edilmektedir. Bu gazların dikey ve yatay sondajlarla sistematik olarak alınması ülkemize önemli miktarlarda döviz tasarrufu sağlayabilir.

Metan gazının bu şekilde ortamdaki kömür tozları ile birlikte ani bir şekilde yanma veya patlamalara uğraması sonrasında, maden havalandırması iyi yapılmadığı için zehirli gazlar (CO gibi) salınmakta ve hayati tehlike gittikçe artmaktadır. Böyle bir durumda mümkün olabildiğince az soluyarak bir an önce ortamdan uzaklaşılmalı, uygun maske takılmalı, korunma alanları veya hücrelerine gidilmelidir. Ortam çok tehlikeli olmaya başlamış ve ölümcüldür artık.

**Sağlık etkileri-** Madenciler CO bulunan ortamlara çoğunlukla bilincinde olmadan çıkarlar. Madenciler ve insanlara buldukları ortamda CO gazının mevcudiyetinde, tehlikesi ve maruz kalındığında yapılması gerekenler konusunda uyarıcı ve bilgilendirici işaretleri koymadıkça bunu önemsemeyebilirler. Uzun yıllar madende çalışan madencilerde oluşan kalp veya akciğer problemleri çoğunlukla CO zehirlenmelerinden oluşmaktadır. CO zehirlenmelerinin en bariz belirtileri baş ağrıları, baş dönmeleri, uyuklama, bulanık görme, kendini güçsüz hissetme ve sersem bir hale gelme ile anlaşılır.

Başlangıçta hasta soluk bir deriye sahip olur. Daha sonra deri ve vücudun mukoza zarları, kanın hemoglobinin CO'ü bünyesine alması ile kiraz kırmızısına döner. Maruz kalma süresi devam ederse bu belirtilerin yanında mide bulantısı, kusma, kulak çınlaması ve zorlukla nefes alma durumları da oluşur. En sonunda da mağdur kişi bilincini kaybedip komaya girer. Eğer mağdur kişi oksijen alamaz ise sonuç maalesef ölüm olur. Eğer bu durumda beklenen ölüm oluşmaz ise, kişi ömrü boyu etkilerinin süreceği bir beyin tahribatına ve etkilerine sahip olur. Çok yüksek bir CO konsantrasyonuna birkaç dakika maruz kalmış bir kişinin sağ kalma ihtimali hemen hemen yoktur (Çizelge 2).

Bu gazın tehlikesi ancak bazı örnekler verilirse, daha iyi anlaşılacaktır. Çizelge 2'de gösterildiği gibi CO olan bir ortamda hacimce CO varlığının konsantrasyonları ve elim sonuçları bariz olarak görülmektedir. % 0,01 CO içeren bir hava 8 saat solunduğunda bariz etkileri ortaya çıkabilmektedir. Konsantrasyonu % 0,02'ye ulaştığında ve 4 saatlik bir süre boyunca bu hava solunduğunda baş ağrıları ve mide bulantıları oluşmakta, ama aynı hava 8 saat solunduğunda ciddi tehlikeleri ortaya çıkabilmektedir. % 0,1 CO içeren hava 3 saat veya daha fazla solunduğunda ölüm kaçınılmazdır. Ortamda % 1 civarında olduğu zaman çok kısa sürede beyin felç olur ve canlı ölür. CO konsantrasyonu % 12,5 ile % 74 arasında olduğunda patlayıcı özelliği olmaktadır.

Bulunan hava ortamına CO emisyonu yapabilecek bir ortamda çalışılıyor veya kalınıyor ise, uyarı alarmı da olan bir elektronik CO metre cihazı bulundurmak şarttır. Bu alarm ortamda bulunan insanları, CO etkisini yaşamadan, bu ortamı terk etmeleri için uyarır ve kaçmalarını sağlar. Böyle ortamların oluşması esnasında nasıl davranılması gerektiğinin öğretileceği eğitimlerin, elde taşınan detektometrelerle CO saptandığı esnasında yapılması ve tehlikelerin madenciyeye uygulamalı olarak anlatılması maden güvenliği için önemlidir.

Tüm madencilerin çizelge 2’de görülen CO zehirlenmesi esnasındaki belirtileri konusunda bilinçli olmaları şarttır. Madencilere CO afeti yaşandığında nasıl davranılması gerektiği öğretilmelidir. CO açığa çıktığında madencilerin kontrol etmek zorunda oldukları en önemli durum havalandırmanın CO seviyesini çok düşük seviyelere çok kısa zamanda maruz kalınacak riskli seviyelerin çok altı-

na düşürebilecek yeterlilikte olup olmadığını kontrol etmeleridir.

CO zehirlenmesi yaşayan bir kişiyi bir an önce temiz havanın bulunduğu bir ortama götürmek ve onu dinlendirmek gerekir. Eğer bilinç kaybı yaşıyorsa (kendinde değilse) acil bir yardımın çağırılması ve bakımı şart olmuş demektir. Tıbbi müdahale yapacak teknisyenler bir an önce mağdura oksijen vermek ve onu uygun bir hastaneye götürmek zorundadırlar. Şansları da yardım ederse, CO’den zehirlenen kişiler bu durumdan tümüyle kurtulup iyileşebilirler.

Yanma ve patlama sonrası gaz konsantrasyonları oldukça yüksektir ve çoğunlukla kömür veya kömür tozlarının ani parlama veya kısmi yanmaları oluşmakta CO gazları açığa çıkmaktadır. CO olan bir ortama gaz maskesiz girmek, ölümü kabul etmekten başka bir şey değildir.

**Çizelge 2- CO konsantrasyonu (ppm ve % olarak) ve oluşturduğu sağlık etkileri.**

ppm	%	Sağlık Etkileri
0 – 1	0,0001	Etkisi yok; normal ortam değeri
9	0,0009	Yok; kısa süre kalınan ortam için tavsiye edilen en yüksek konsantrasyon değeri
50	0,005	Bu konsantrasyonların görüldüğü alanlarda en fazla 8 saat kalınabilir.
200	0,02	Hafif baş ağrısı, yorgunluk, mide bulantısı ve baş dönmeleri oluşmakta
400	0,04	Ciddi baş ağrıları – diğer belirtilerde de artmalar görülmekte. 3 saat sonra yaşamak tehdit altına girmektedir. Böyle alanlarda en fazla 15 dakika kalınmalıdır.
800	0,08	Baş dönmeleri, bulantı ve kasılmalar (convulsions); 2 saat içinde bilinç kaybı; 2, 3 saatte de ölüm oluşabilmekte
1600	0,16	Baş ağrısı, baş dönmesi ve mide bulantıları; 1 - 2 saatte de ölüm oluşabilmekte
3200	0,32	Baş ağrısı, baş dönmesi ve mide bulantıları – 1 saatte de ölüm oluşabilmekte
6400	0,64	Baş ağrısı, baş dönmesi ve mide bulantıları - ölüm 25 ila 30 dakikada oluşabilmekte
12.800	1,28	1 - 3 dakika arasında soluma oluşursa, ölüm meydana gelir

([http://www.msha.gov/illness\\_Prevention/healthtopics/carbonmonoxide.htm#.U7UCSZS88jY](http://www.msha.gov/illness_Prevention/healthtopics/carbonmonoxide.htm#.U7UCSZS88jY))