



**T.C.**

**ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI**

**İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**SIĞINMA ODALARININ  
YERALTI METAL MADENLERİNDE KULLANIMININ  
ARAŞTIRILMASI**

**Ayşegöl GÖRLEYEN**

**(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)**

**ANKARA-2016**

**T.C.**  
**ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI**  
**İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**SİĞİNMA ODALARININ**  
**YERALTI METAL MADENLERİNDE KULLANIMININ**  
**ARAŞTIRILMASI**

**Ayşegül GÜRLEYEN**  
**(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)**

**Tez Danışmanı**

**Burak YASUN**

**ANKARA-2016**

**T.C.**

**Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü**

**O N A Y**

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı Ayşegül GÜRLEYEN'nin, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı Burak YASUN danışmanlığında başlığı “**Sığınma Odalarının Yeraltı Metal Madenlerinde Kullanımının Araştırılması**” olarak teslim edilen bu tezin savunma sınavı 04/10/2016 tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından “**İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**” olarak kabul edilmiştir.

**Dr. Serhat AYRIM**

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı

Müsteşar Yardımcısı

**JÜRİ BAŞKANI**

**Tarkan ALPAY**

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Vekili

**ÜYE**

**İsmail GERİM**

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yrd.

**ÜYE**

**Doç. Dr. Pınar BIÇAKÇIOĞLU**

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yrd. Vekili

**ÜYE**

**Prof. Dr. Yasin Dursun SARI**

Öğretim Üyesi

**ÜYE**

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

**Tarkan ALPAY**

İSGGM Genel Müdür Vekili

## TEŞEKKÜR

Çalışma hayatım, mesleki açıdan yetişmem ve uzmanlık tezi çalışmalarımı hazırlama aşamasındaki değerli katkılarından dolayı Müsteşar Yardımcımız Sayın Dr. Serhat AYRIM’a, Genel Müdürümüz Sayın Tarkan ALPAY’a, eski Genel Müdürümüz Sayın Kasım ÖZER’e, Genel Müdür Yardımcılarımız, Sayın İsmail GERİM’e, Sayın Doç. Dr. Pınar BIÇAKÇIOĞLU’na, Sayın Sedat YENİDÜNYA’ya ve eski Genel Müdür Yardımcımız Sayın Dr. Rana GÜVEN’e, Mevzuat İşleri Daire Başkanı Sayın İsmail GÜLTEKİN’e teşekkürlerimi sunarım. Tez süreci boyunca ilgisi ve desteği ile bana yol gösteren tez danışmanım İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı Sayın Burak YASUN’a ve değerli arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Yapmış olduğum teknik ziyaretler sırasında göstermiş oldukları misafirperverliklerinden dolayı tüm işletme yöneticileri ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, bana olan inanç, anlayış ve destekleri için kıymetli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## **ÖZET**

**Ayşegül GÜRLEYEN**

**Sığınma Odalarının Yeraltı Metal Madenlerinde Kullanımının Araştırılması**

**Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**

**Ankara, 2016**

Bu çalışma kapsamında, sığınma odalarının dünya madenciliğindeki yeri, metal madenlerindeki kullanımı araştırılmış ve bir demir, bir altın ve iki bakır madeni olmak üzere üretim metotları farklı olan dört madende saha çalışması gerçekleştirilmiştir. Ülkemizdeki yeraltı metal madenlerinde kullanılan sığınma odası örnekleri, 26 soruluk bir kontrol listesi yardımıyla yerinde incelenmiş ve iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmiştir. Ziyaret edilen işletmelere, saha çalışması esnasında tespit edilen eksiklikler ile ilgili çözüm önerileri getirilmiştir. Bu çalışma ile yeraltı metal madenlerinde uygulanan ve/veya uygulanması planlanan sığınma odalarında bulunması gereken minimum özellikler belirlenmiştir. Çalışmanın, yeraltı metal madenlerindeki sığınma odalarının kurulumu ve kullanımı aşamasında sektöre rehber olması amaçlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Yeraltı metal madenleri, sığınma odaları, maden güvenlik ekipmanları, acil durum planları

## **ABSTRACT**

**Ayşegül GÜRLEYEN**

### **Investigation of Usage of Refuge Chambers in Underground Metalliferous Mines**

**Ministry of the Labor and Social Security, Directorate General of Occupational Health  
and Safety**

**Thesis for Occupational Health and Safety Expertise**

**Ankara, 2016**

In this thesis, refuge chambers and their usage in metal mines was investigated and fieldworks were carried out at four metallic mines (an iron, a gold and two copper mines) with different production methods. With this field works, examples of underground refuge chambers were examined with a checklist which includes 26 questions and evaluated by means of occupational health and safety. Remedy suggestions about the deficiencies, which were identified during the field works, were introduced to visited companies. With this study, minimum specifications about refuges chambers in underground metal mines were determined. This study is intended to guide the industry in the installation and usage stage of the refuges chambers in underground metal mine.

**Key words:** Underground metallic mines, refuge chambers, mine safety appliances, emergency response plans

# İÇİNDEKİLER

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| TEŞEKKÜR .....                                                      | i   |
| ÖZET .....                                                          | ii  |
| ABSTRACT .....                                                      | iii |
| İÇİNDEKİLER.....                                                    | iv  |
| TABLoların LİSTESİ .....                                            | vi  |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....                                             | vii |
| SİMGE VE KISALTMALAR.....                                           | ix  |
| 1. GİRİŞ.....                                                       | 1   |
| 2. GENEL BİLGİLER.....                                              | 3   |
| 2.1. YERALTI SIĞINMA ODALARI HAKKINDA GENEL BİLGİ.....              | 3   |
| 2.1.1. Sığınma Odalarında Olması Gereken Minimum Özellikler.....    | 6   |
| 2.1.2. Sığınma Odalarında Asgari Kalma Süresinin Belirlenmesi ..... | 8   |
| 2.1.3. Sığınma Odası İçindeki Hava Kalitesi .....                   | 9   |
| 2.1.4. Sığınma Odaları İçin Termal Konfor Gerekliklikleri.....      | 15  |
| 2.1.5. Sığınma Odası Sisteminin Tasarımı .....                      | 17  |
| 2.1.6. Tükijyede Bulunan Yeraltı Sığınma Odası Çeşitleri.....       | 21  |
| 2.2.DÜNYADA SIĞINMA ODALARI VE İLGİLİ MEVZUAT.....                  | 25  |
| 2.2.1. Avustralya .....                                             | 25  |
| 2.2.2. Güney Afrika Cumhuriyeti.....                                | 26  |
| 2.2.3. Kanada.....                                                  | 27  |
| 2.2.4. Amerika Birleşik Devletleri .....                            | 28  |
| 2.2.5. Avrupa.....                                                  | 30  |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEMLER .....                                         | 31  |
| 3.1 ARAŞTIRMA HAKKINDA BİLGİ.....                                   | 31  |
| 3.1.1. Kontrol listesinin hazırlanması.....                         | 32  |
| 3.1.2. Oksijen tüpü miktarının hesaplanması .....                   | 35  |
| 3.1.3. LiOH miktarının hesaplanması .....                           | 36  |
| 3.2. ÇALIŞMANIN YAPILDIĞI İŞYERLERİNİN TANITIMI.....                | 37  |

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.1. Birinci İşletme (Maden No.1) .....                       | 37 |
| 3.2.2. İkinci İşletme (Maden No.2) .....                        | 38 |
| 3.2.3. Üçüncü İşletme (Maden No.3) .....                        | 39 |
| 3.2.4. Dördüncü İşletme (Maden.No.4) .....                      | 40 |
| 4. BULGULAR .....                                               | 41 |
| 4.1. İŞLETMELERİN KONTROL LİSTESİNE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI..... | 41 |
| 4.2. MADEN NO.1.....                                            | 46 |
| 4.3. MADEN NO.2.....                                            | 51 |
| 4.4. MADEN NO.3.....                                            | 58 |
| 4.5. MADEN NO.4.....                                            | 65 |
| 5. TARTIŞMA.....                                                | 71 |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                      | 77 |
| KAYNAKLAR.....                                                  | 81 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                   | 85 |
| EKLER .....                                                     | 87 |



## TABLoların LİSTESİ

| Tablo                                                                                                   | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tablo 2.1. O <sub>2</sub> 'i yetersiz atmosferin insan vücuduna etkileri .....                          | 10    |
| Tablo 2.2 CO zehirlenmesinin etkileri .....                                                             | 12    |
| Tablo 2.3 Yüksek Konsantrasyonlarda CO <sub>2</sub> 'in Olumsuz Sağlık Etkileri .....                   | 13    |
| Tablo 3.1. İşletmelerde kullanılan kontrol listesi .....                                                | 33    |
| Tablo 3.1. İşletmelerde kullanılan kontrol listesi (devamı).....                                        | 34    |
| Tablo 4.1. Saha çalışması yapılan dört işletmenin çıkarılan madene göre dağılımı .....                  | 41    |
| Tablo 4.3. Madenlerdeki maksimum ve minimum gaz konsantrasyonları .....                                 | 42    |
| Tablo 4.4. Madenlerde oda içinde ve dışında izlenen gazlar.....                                         | 43    |
| Tablo 4.5. Madenlerde kullanılan gaz temizleme ekipmanları .....                                        | 43    |
| Tablo 4.6. Madenlerdeki sığınma odalarının serbest alan ve serbest hacimleri .....                      | 44    |
| Tablo 4.7. Sığınma odalarının gövde ve kapılarının patlama basınç dayanımları .....                     | 44    |
| Tablo 4.8. Maden No.2'de bulunan sabit ve taşınabilir sığınma odaları sayısı ve kişi kapasiteleri ..... | 51    |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                                                       | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 2.1. Sığınma Sisteminin Organizasyon Yapısı .....                                                     | 3     |
| Şekil 2.2. Pasif LiOH perdesi .....                                                                         | 14    |
| Şekil 2.5. Sabit sığınma odasının tasarım ve destek şeması .....                                            | 18    |
| Şekil 2.6. Sığınma odası çizimi .....                                                                       | 20    |
| Şekil 2.7. Çelik sığınma odası kapısı şeması.....                                                           | 20    |
| Şekil 2.8. Taşınabilir kurtarma kapsülleri .....                                                            | 21    |
| Şekil 2.9. A firmasının ürettiği 12 kişilik taşınabilir sığınma odası .....                                 | 22    |
| Şekil 2.10. A firmasının ürettiği dört kişilik taşınabilir sığınma odasının önden ve arkadan görünüşü ..... | 23    |
| Şekil 2.11. B Sığınma odası dış görünüşü .....                                                              | 23    |
| Şekil 2.12. C firmasının ürettiği sığınma odası .....                                                       | 24    |
| Şekil 2.13. D firmasının ürettiği taşınabilir sığınma odası .....                                           | 24    |
| Şekil 3.1. Tez çalışması aşamalarını gösteren iş akış şeması .....                                          | 32    |
| Şekil 3.2. Ara katlı göçertme yapılan birinci işletmenin genel planı .....                                  | 38    |
| Şekil 3.3. Geri dolgulu kat arası üretim yapılan ikinci işletmenin genel planı .....                        | 39    |
| Şekil 3.4. Geri dolgulu ara kat göçertme yöntemi kullanılan üçüncü işletmenin genel planı ..                | 40    |
| Şekil 3.5. Kes doldur üretim yöntemi uygulanan dördüncü işletmenin genel planı.....                         | 40    |
| Şekil 4.1. Sığınma odalarının çalışılan bölgeye olan maksimum uzaklığı (m) .....                            | 42    |
| Şekil 4.2. Madenlerdeki sığınma odalarının kişi kapasitelerinin kıyaslanması.....                           | 45    |
| Şekil 4.3. Madenlerdeki sabit ve taşınabilir sığınma odalarında asgari kalma süreleri.....                  | 46    |
| Şekil 4.4. Maden No.1’de bulunan sekiz kişi kapasiteli portatif sığınma odasının görünümü                   | 47    |
| Şekil 4.5. Çift kilit sistemine sahip taşınabilir sığınma odası kapısı .....                                | 48    |
| Şekil 4.6. Taşınabilir sığınma odasına ait bataryalar .....                                                 | 49    |
| Şekil 4.7. Taşınabilir sığınma odasının kullanım talimatı .....                                             | 50    |
| Şekil 4.8. Maden No.2’de bulunan sabit sığınma odası .....                                                  | 52    |
| Şekil 4.9. Maden No.2’de bulunan taşınabilir sığınma odası .....                                            | 52    |
| Şekil 4.10. Sabit sığınma odasında bulunan O <sub>2</sub> tüpleri .....                                     | 54    |
| Şekil 4.11. CO <sub>2</sub> ve CO temizleyicisi .....                                                       | 55    |
| Şekil 4.12. Taşınabilir sığınma odasına ait kuru tip aküler .....                                           | 56    |
| Şekil 4.13. Taşınabilir sığınma odasında bulunan iletişim aracı .....                                       | 56    |

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.14. Taşınabilir sığınma odasının çalışma prosedürü .....                             | 57 |
| Şekil 4.15.İşletmede bulunan sabit sığınma odasının dışarıdan görünüşü .....                 | 58 |
| Şekil 4.16. İşletmede bulunan taşınabilir sığınma odasının dışarıdan görünüşü.....           | 58 |
| Şekil 4.17. İşletmede yapım aşamasındaki sabit sığınma odası .....                           | 59 |
| Şekil 4.18. İşletmede yapım aşamasındaki sabit sığınma odası .....                           | 59 |
| Şekil 4.19. İşletmede bulunan sabit sığınma odalarının kapısı .....                          | 60 |
| Şekil 4.20.Taşınabilir sığınma odasının kapısı.....                                          | 60 |
| Şekil 4.21. Sabit sığınma odasındaki basınçlı hava borusu.....                               | 61 |
| Şekil 4.22. 14 kişi kapasiteli taşınabilir sığınma odasında bulunan O <sub>2</sub> tüpü..... | 62 |
| Şekil 4.23. 15 kişi kapasiteli sabit sığınma odasında bulunan O <sub>2</sub> tüpleri.....    | 62 |
| Şekil 4.24. Sabit sığınma odasında bulunan ısıtıcı .....                                     | 63 |
| Şekil 4.25. Acil durum talimatları .....                                                     | 65 |
| Şekil 4.26. Sabit sığınma odasının içeriden görünüşü.....                                    | 65 |
| Şekil 4.27. Sabit sığınma odasının dışarıdan görünüşü .....                                  | 66 |
| Şekil 4.28. Sabit sığınma odasında bulunan O <sub>2</sub> mumu.....                          | 67 |
| Şekil 4.29. Sabit sığınma odasında bulunan gaz temizleme ekipmanı.....                       | 68 |
| Şekil 4.30. Sabit sığınma odasındaki yeryüzü ile görüşme imkanı sağlayan kamera .....        | 69 |

## **SİMGE ve KISALTMALAR**

|       |                                                                                                               |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ADP   | Acil Durum Eylem Planı                                                                                        |
| AB    | Avrupa Birliği                                                                                                |
| ABD   | Amerika Birleşik Devletleri                                                                                   |
| ÇSGB  | Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı                                                                          |
| İSG   | İş sağlığı ve güvenliği                                                                                       |
| kPa   | Kilopaskal, basınç birimi                                                                                     |
| lbs   | Pound, ağırlık birimi                                                                                         |
| LED   | Light Emmiting Diode (Işık Yayan Diyot)                                                                       |
| MSHA  | Mine Safety and Health Administration (Amerika Maden Sağlık ve Güvenlik Dairesi)                              |
| Pa    | Megapaskal, basınç birimi                                                                                     |
| NIOSH | The National Institute for Occupational Safety and Health (Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü) |
| OFK   | Oksijenli Ferdi Kurtarıcı                                                                                     |
| pH    | Power of Hydrogen ( $H^+$ iyonları konsantrasyonuna göre bir solüsyonun asitlik seviyesini gösteren sembol)   |
| ppm   | Parts per million (Milyonda bir birim)                                                                        |
| psi   | Pounds per square inch (İnç kareye pound cinsinden uygulanan kuvvet)                                          |
| SHSC  | Sıkıştırılmış Hava Solunum Cihazı                                                                             |
| V     | Volt, elektrik potansiyeli birimi                                                                             |
| W     | Watt, uluslararası standart güç birimi                                                                        |

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde yaşanan iş kazaları göz önünde bulundurulduğunda kazaların en fazla yaşandığı ve kaza sonuçlarının en ağır olduğu sektörlerden biri maden sektörüdür. 18 Nisan 2014 tarih ve 28976 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren İş Sağlığı ve Güvenliği’ne (İSG) İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliğine göre madencilik faaliyetleri çok tehlikeli sınıfta yer almaktadır [1].

2010 yılında meydana gelen Şili maden kazasında 33 madenci yaklaşık 700 m derinlikten 69 gün sonra kurtarılmıştır. Bu olay dünya maden tarihinde gerçekleştirilmiş en başarılı kurtarma operasyonu olarak kabul edilmektedir. Aynı zamanda dünyada sığınma odalarını gündeme getiren en büyük olaylardan biridir. Ülkemizde ise 2014 yılında yaşanan Soma kazası sonrasında sığınma odaları tekrar gündeme gelmiş ve konuyla ilgili yönetmelik çalışmalarına başlanmıştır.

Ülkemizde madenlerde İSG’ye dair hususlar 30 Haziran 2012 tarih ve 28339 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 6331 sayılı İSG Kanunu ile düzenlenmektedir [2]. Bu kanun ışığında hazırlanan 19 Eylül 2013 tarih ve 28770 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Maden İşyerlerinde İSG Yönetmeliği ile yeraltı ve yerüstü maden işlerinin yapıldığı işyerlerinde çalışanların sağlık ve güvenliğinin korunması için uyulması gerekli asgari şartlar belirlenmektedir [3]. 23 Nisan 2015 tarih ve 29335 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan İSG Kanunu İle Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun’un 5. Maddesi’nde, maden işyerlerinin hangilerinde sığınma odalarının kurulabileceği ve bu odaların teknik özelliklerine dair usul ve esasların Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB) tarafından çıkarılacak bir yönetmelik ile düzenleneceği belirtilmiştir [4]. Bu çalışmanın, bakanlığımız tarafından hazırlanacak olan yönetmeliğe kaynak olması amaçlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında, sığınma odalarının metal madenlerdeki kullanımı ile ilgili literatür araştırması yapılmış, ülkemizde ve yurtdışındaki yeraltı metal madenlerinde kullanılan sığınma odası örnekleri incelenmiştir. Bu bilgiler ışığında saha çalışmaları gerçekleştirilmiştir ve sığınma odaları İSG açısından değerlendirilmiştir. Saha çalışması kapsamında bir demir, iki bakır ve bir altın olmak üzere toplamda dört maden işletmesi ziyaret edilmiştir. Bu ziyaretler esnasında, mevcut sığınma odalarının uluslararası standartlara uyumlu olup olmadıkları

belirlenmiş ve söz konusu işletmelerde tespit edilen eksiklikler için çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bu çalışma ile yeraltı metal madenlerindeki sığınma odalarında bulunması gereken minimum özelliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma dahilinde sığınma sistemleri, sığınma odalarında olması gereken minimum özellikler, odalarda asgari kalma süresinin belirlenmesi, oda içindeki hava kalitesi, oda içindeki termal konfor gereklilikleri ve oda tasarım özellikleri genel bilgiler başlığı altında verilmiştir. Buna ek olarak, ülkemizde bulunan sığınma odası çeşitleri, dünyada sığınma odaları kullanımı ve konu ile ilgili mevzuat da detaylı olarak genel bilgiler kısmında aktarılmıştır. Gereç ve yöntemler bölümünde ise çalışma kapsamında oluşturulmuş olan kontrol listesi açıklanmış, odalarda bulunması gerekli olan oksijen ( $O_2$ ) tüpü sayısı ve karbondioksit ( $CO_2$ ) temizleyicisi hesaplamaları örnek bir uygulama ile gösterilmiştir. Aynı bölümde çalışma kapsamında ziyaret edilen işletmeler hakkında kısaca bilgi verilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler ise bulgular başlığı altında sunulmuştur. Tartışma başlığında, saha ziyaretleri sonucunda elde edilen bulgular, literatürdeki benzer çalışmalar, mevzuatlar ve uygulama rehberleri ile karşılaştırılmış ve sığınma odalarında dikkat edilecek asgari gereklilikler belirlenmiştir. Buna ek olarak, bu bölümde ziyaret edilen işletmelere konu ile ilgili öneriler getirilmiştir. Son bölümde ise, çalışma ile elde edilen sonuçlar aktarılmış ve sektöre yeraltı metal madenlerinde yapılacak sığınma odaları uygulamalarına rehberlik etmek amacıyla önerilerde bulunulmuştur.

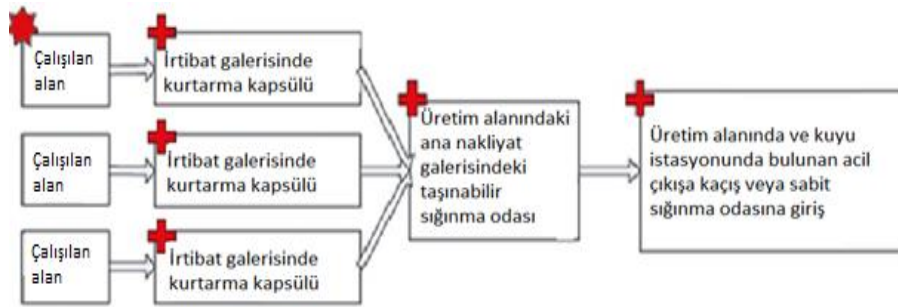
## 2. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde yeraltı sığınma sistemlerinin çeşitleri ve maden endüstrisindeki mevcut kullanımları anlatılmakta, sığınma odası tasarım ölçütleri, farklı sığınma odası türleri, dünyada sığınma odası kullanımı ve sığınma odasına ilişkin mevzuat, yapılmış akademik çalışmalar ve geçerli standartlar ile ilgili bilgi verilmektedir.

### 2.1. YERALTI SIĞINMA ODALARI HAKKINDA GENEL BİLGİ

Acil durum yeraltı sığınma sistemleri, çalışma ortamının hava kalitesinin tehlikeli hale gelmesi durumunda acil sığınma ve solunabilir hava sağlamak için tasarlanmış güvenlik sistemleridir [5].

Sığınma sistemleri ani bir felakette en yakın sığınma alternatifine girip yardım gelene kadar beklemeye olanak sağlar. Sığınma odası ve kurtarma kapsülleri, çalışanların yardım gelene kadar beklemeleri için farklı çalışma bölgelerine farklı ölçekler ile ayarlanmaktadır. Sığınma sistemlerinin bütün yeraltına yayılarak kurulması maden güvenliğini geliştiren bir unsurdur. Yeraltı sığınma sistemi sabit sığınma odaları, taşınabilir sığınma odaları ve kurtarma kapsüllerinden oluşmaktadır. Sığınma odaları ve kurtarma kapsülleri birbirinden bağımsız ve birbirlerine sıkıca bağlantılı sistemlerdir. Şekil 2.1.'de sığınma sistemlerinin organizasyon yapısı gösterilmektedir. Organizasyon yapısına göre, irtibat galerilerinde kurtarma kapsülleri bulundurulmalı, üretim alanındaki ana nakliyat galerilerine taşınabilir sığınma odaları yerleştirilmeli ve üretim alanında bulunan acil çıkışa ise sabit sığınma odası yapılmalıdır [6].



Şekil 2.1. Sığınma Sisteminin Organizasyon Yapısı [6]

Acil durum yeraltı sığınma odaları ise yeraltı çalışanlarının yangın, patlama ve/veya göçük halinde girebileceği ve kendilerini içeri kilitleyerek, güvenli ve emniyetli bir ortamda, yeterli

havayla, tehlikelerden etkin bir şekilde korunabilecekleri güvenli bölgelerdir. Sığınma odaları, tahliyenin güvenli ya da gerçekleştirilebilir olmadığı acil durumlarda, toplanılarak kurtarılmayı beklemek için güvenli, alternatif bir seçenektir. Sığınma odaları, madenin su hatlarına, basınçlı hava hattına bağlı olmalı ve çift taraflı iletişime olanak sağlamalıdır [7].

Acil durum yeraltı sığınma odaları, madenlerin genişletilmiş acil müdahale planının bütünleyici bir parçasıdır. Yeraltında yüksek seviyede planlama ve önlemler alınmasına rağmen, yangın, patlama, göçük, su baskını, duman ve diğer zehirli gazların açığa çıkması gibi durumlar sıkça karşılaşılan durumlardır. Örneğin, yangın çıkması ve zehirli gazların hızla yayılması riski, tüm yeraltı madenlerinde mevcuttur. Karbonmonoksit (CO) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gibi gazlar, yangın kaynağından yüzlerce metre mesafeye hızla ve kolayca yayılabilir ve bir madeni veya tüneli doldurabilir. Dolayısıyla, herhangi bir yeraltı ortamında oluşacak yangının, yeraltı işlerinde çalışanlar için bir dizi çok zehirli ortam ve trajik koşul yaratma potansiyeli mevcuttur. Riskler, yeraltı ortamının tasarımına, havalandırmaya ve daha da önemlisi, yangına katkısı olacak yakıtın mevcudiyetine göre sahadan sahaya farklılık gösterir [8].

Yeraltında faaliyet gösteren profesyonel işletmelerin çoğu, ilk olarak yeraltı yangınlarının çıkmasını önlemek için zaman ve enerji harcar ve personelin zararlı ve zehirli gazlara maruz kalmasını önlemek için en iyi savunma yöntemi de budur. Önlemler alınmasına rağmen, büyük bir yangın çıkma riski her zaman mevcuttur. Çalışanların Oksijenli Ferdi Kurtarıcı (OFK) kullanarak yeraltından çıkmaları yerine, onları bir sığınma odasında toplamanın tercih edilmesinin bazı sebepleri vardır. Acil bir durumda, madenciler tehlikeli bir yönde ilerleyebilir ve bunu anlayamayabilirler. Bazı madenler, kilometrelerce uzunlukta galerilere sahiptir ve madencilerin böyle bir ortamda nerede toplanacakları tahmin edilememekte, bu nedenle arama kurtarma çalışmalarını yürütmek zorlaşmaktadır. Acil durum anında sığınma odasında toplanmak yanma kapasitesi düşük olan ve yangının birkaç saat içerisinde söneceği madenler için uygun bir stratejidir. Bu tip madenlerde en iyi uygulama, yeraltındaki havanın kalitesi geri kazanılana veya madenciler arama kurtarma ekipleri tarafından kurtarılanaya kadar bir sığınma odasında beklemektir [8].

Kömür madenlerinin yanma kapasitesi, metal madenlerine kıyasla önemli ölçüde yüksektir ve kömür madeninde oluşacak bir yangın, aylar veya haftalar boyunca sürebilmektedir. Bazı durumlarda bir kömür yangınına etkin bir şekilde söndürmenin en iyi yolu, madeni tamamen kapatmaktır. Böyle durumlarda en iyi kurtarma ve tahliye stratejisi, madencilerin sığınma



odalarını kullanmak yerine, kendi OFK'lerini kullanarak madenden çıkmasıdır. O nedenle kömür madenlerinde tahliye rotası boyunca OFK'leri değiştirmek için istasyonlar oluşturulması gerekmektedir [8].

Sel ya da yangın gibi acil durumlarda, madenciler yeraltında sıkışıp kalma ve hayatlarını kaybetme riski altındadırlar. Özellikle yangın ya da patlama gibi maden havasının zehirli gazlarla aniden kirlenebileceği durumlarda acil müdahale planları madencilere güvenli bir bölge sağlamalıdır. Bu tarz acil durumlarda, madenciler genellikle dağınık ve muhtemelen yaralanmış olurlar, dolayısıyla yeraltı madenlerindeki acil durum müdahale prosedürleri, maden atmosferinin yaşanabilir olmadığı anlarda madencilerin geçişine veya sığınak bulmalarına yardımcı olmak adına, kurtarma planları kadar bireysel kaçış planlarını da içermek zorundadır [9].

Bu süreçte dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biri, güvenli bölge ihtiyacının madencilerin çalışma alanlarına yakın, dinlenebilecekleri, tekrar teçhizatlandırılacakları, yerüstü ile iletişim kurabilecekleri veya yardım bekleyebilecekleri bir alanda olmasıdır. Bu alanlar daha önceden planlanmış ve maden ömrü boyunca stratejik olabilecek bölgeler olmalıdır [9].

2006 yılında yaşanan Sago kömür madeni faciasında, bir metan gazı patlaması sonrasında 13 madenci göçük altında kalarak hayatını kaybetmiştir. Sığınma odaları ilk olarak 2006 yılında yaşanan bu felaketin ardından 2007 yılında Batı Virginia eyaleti tarafından zorunlu hale getirilmiştir. 2008 yılında ise federal hükümet sığınma alternatifleri olarak da adlandırılan yeraltı acil durum sığınma odaları ile ilgili yasa çıkarmıştır. MSHA ve NIOSH'un düzenleyici kurulları tarafından yapılan araştırmalar sığınma odalarının; kapanmış kaçış rotaları, duman veya yaralanma sebebiyle kaçamayan çalışanların; güvenli bir ortama ulaşması ve hayatta kalmaları için başka bir alternatif olması açısından "hayati öneme sahip" olduğunu ortaya koymuştur [10].

NIOSH, Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) 1970 ve 2006 yılları arasında madenlerde yaşanan kazaların %32'sinin sonuçlarının sığınma odası bulunması halinde daha farklı olabileceğini, sığınma odalarının kaza sonuçlarında olumlu bir etki yaratabileceğini ve 252 kişiden 74'ünün (%29) bu kazalardan muhtemelen sağ kurtulabileceğini ortaya koymuştur [10].

Yeraltı madenlerinde sığınma odaları, ABD, Kanada ve diğer bazı ülkelerde zorunludur. Ancak sığınma odalarının kömür madenlerindeki kullanımı üzerine tartışmalar, Avustralya dahil olmak üzere, diğer birçok ülkede sürmektedir [8].

### **2.1.1. Sığınma Odalarında Olması Gereken Minimum Özellikler**

Sığınma odalarında olması zorunlu olan özellikler aşağıdaki gibidir.

- Filtrasyon özellikli basınçlı hava sistemi,
- Dahili oksijen kaynağı,
- Dahili ve harici güç kaynakları,
- Uyarı ışıkları, farkedilebilirlik, haberleşme ve iletişim sistemi,
- Sağlam yapısal özellikler,
- Soğutma ve nem alma sistemi,
- Tam sızdırmaz yapı [11].

Yukarıda bahsedilen minimum özelliklerin detaylarına incek olursak;

#### **2.1.1.1. Filtrasyon özellikli basınçlı hava sistemi**

- Sığınma odalarında bulunması gereken basınçlı hava içinde yağ partikülleri, toz ve sıcaklık değişiminden dolayı su bulunur. Bu nedenle odalarda havayı solunabilir seviyede temizleyen filtreleme sistemi bulunmalıdır.
- Basınçlı hava sisteminde oluşacak aşırı su, girişteki tahliye sistemi ile atılmalıdır.
- Basınçlı hava kesilmediği sürece odaya sürekli taze ve serin hava sağlanabilir. Bu hava pozitif basınç oluşturarak içeri duman ve kirleticilerin girmesini engeller. Bu yüzden odadaki basınçlı hava sistemi sürekli aktif tutulmalıdır.
- Basınçlı havaya yangın durumunda duman ( $CO_2/CO$  gazları) karışması riskine karşı istasyon içinde kapama vanası bulunmalıdır [11].

#### **2.1.1.2. Dahili oksijen kaynağı**

- Maden basınçlı havasının kesilmesi durumunda içeride güvenilir alternatif hava kaynakları bulunmalıdır.
- Sistemde tüketilen oksijen, medikal tip oksijen tüpleri ile tazelenmelidir.

- Ortama, insanlar tarafından (solunum) ve dış etkilerle (yalıtım kaçakları, kapı açılıp kapanması) CO ve CO<sub>2</sub> girmesi durumunda, uygun kimyasallar ile bu gazlar ortamdan temizlenmelidir.
- Sistemin debisi iyi hesaplanmalıdır. Fanların etki alanı sınırlı olduğundan, geniş alanlarda birden fazla temizleyici gerekmektedir.
- İçerideki gaz durumunu ölçmek için elle çalışan ya da elektronik gaz ölçüm sistemi bulunmalıdır [12].

### **2.1.1.3. Dahili ve harici güç kaynakları**

- Sistem doğrudan maden enerjisi ile çalışabilmeli, gerekli durumda 380-220V trafolar kullanılmalıdır.
- Maden enerjisindeki dalgalanmalara karşı korumalı olmalıdır.
- Sistem yükü iyi hesaplanmalı ve sigorta sistemi yangına engel olacak şekilde kurulmalıdır. (İçeride ve dışarıda yangın tüpü bulunması zorunludur.)
- Sistem maden enerjisi ile çalışırken aküleri şarj edebilmelidir. Akülerin düşük şarj ya da aşırı şarj olma gibi durumlarla karşılaşmaması için sistem otomatik olmalıdır. Sistem sürekli olarak akülerin voltajını ölçer ve istenen aralıkta tutar. Acil durum moduna geçildiğinde aküler her zaman tam şarjda olmalıdır. Aşırı ısınan aküler patlayabilir ya da zehirli gaz çıkarır. Şarj sistemi güvenilir olmalıdır.
- Aküler sürekli şarja uygun ve düşük gaz salınımlı olmalıdır. Genelde jel aküler tercih edilmektedir.
- Akü sistemi maden enerjisi kesildiğinde otomatik devreye girmelidir. Maden enerjisi geldiğinde de otomatik olarak aküleri şarja almalıdır.
- Sistemdeki akü enerjisi; klima, hava temizleme, aydınlatma, uyarı ışıkları, haberleşme ve gaz izleme sistemleri için yeterli enerjiyi sağlayabilmelidir (24-36-48-96 saatlik seçilen sürelerde).
- Elektrik sistemi arıza yaptığında uyarı verebilmelidir; arızalı şarj cihazı, düşük şarj seviyesi, aşırı ısınan aküler gibi [11].

#### **2.1.1.4. Uyarı ışıkları, farkedilebilirlik ve haberleşme ve iletişim sistemi,**

- İstasyon dışında uyarı ışıkları bulunmalıdır.
- Sistemde sesli uyarı sistemi olmalıdır. Sesli uyarı sistemi, özellikle dumanlı ortamda önem kazanmaktadır.
- Sığınma odasının çevresi görülebilir reflektör şerit ile çevrili olmalıdır.
- İstasyonda telsiz ve-veya telefon sistemi olmalıdır [11].

#### **2.1.1.5. Sağlam yapısal özellikler**

- Ünite, üstüne gelecek yüklere dayanabilmelidir. Maden şartlarında yapısal bütünlüğü bozulmamalıdır (göçükler, nakliye hasarları, çarpmalar vb.) [13].

#### **2.1.1.6. Soğutma ve nem alma sistemi**

- Gaz zehirlenmesi ile beraber en büyük tehlike, yüksek ısı ve nem kaynaklı ısı stresidir. Soğutma kapasitesi kayaç sıcaklığı, sığınmacı sayısı ve muhtemel ısı kaynakları hesaba katılarak seçilmelidir.
- Soğutma sistemi gaz temizleme kadar önemlidir. Soğutma olmadan oluşan ısı ölüm riski taşımaktadır [11].

#### **2.1.1.7. Tam sızdırmaz yapı**

- Oda dışarıdan basınçlı hava desteği almadığı zamanlarda iç-dış sıcaklık farkından dolayı vakum etkisi yaratacaktır. Odadaki her türlü yalıtım hatası içeriye zehirli gaz girmesine sebep olabilmektedir [9].

#### **2.1.2. Sığınma Odalarında Asgari Kalma Süresinin Belirlenmesi**

Yeraltı metal madenlerinde sığınma odalarının dışarıdan destek almadan asgari yaşam desteği sağlama süresi belirlenirken kaza kayıtlarından ve dünya çapındaki deneyimlerden faydalanılmıştır. Ancak her kazanın koşulları değişiklik gösterdiğinden dolayı kabul edilebilir bir süre tespiti yapmak pek mümkün değildir. Olabilecek en kötü senaryo üzerinden gitmek bu durumda en kabul edilebilir yaklaşım olacaktır. Metal madenlerinde ise bu senaryo, ana hava girişinde ilerleyen büyük, lastik tekerlekli bir aracın yanması kabul edilebilir. Tekrar yanma olasılığı, lastiğin patlama olasılığı ya da her ikisinin olması halinde 24 saat boyunca araca yaklaşmak güvenli olmayacaktır [14]. Bazı şartlarda maden kurtarma ekipleri tarafından yanan

bölge geçilip kazazedelerin tahliye edilebilmesi mümkün olsa da bu her zaman gerçekleştirilemeyebilir. Bir veya daha fazla kişi yaralı olabilir ve bu durumda o bölgeye araç erişimi gerekli olabilir. Kaza alanının temizlenmesi ve maden ortamının kazazedelere hizmet verilebilir hale gelebilmesi için sekiz saat kabul edilebilir bir süredir. Bu nedenle kurtarma çalışmalarına başlamadan önce gerekli olan gerçekçi süre 32 saat kabul edilebilir. Avusturalya Endüstri ve Doğal Kaynaklar Departmanı (Australia Department of Industry and Resources, DoIR)'nın görüşüne göre dört saatlik ek güvenlik önlemi de alınarak bu süre 36 saat olarak kabul edilmiştir. Bu süreyi sağlayan teknolojinin mevcut olmasından dolayı 36 saat metal madenlerinde karşılanması gereken minimum değer kabul edilmektedir [15].

### **2.1.3. Sığınma Odası İçindeki Hava Kalitesi**

Bu bölümde yeraltı metal madenlerinde sığınma odalarının acil bir durum sonrası yeraltında çalışan madencilerin kaçamadığı zamanlarda onlara solunabilir atmosfer sağlayabilme kapasitesi değerlendirilmiştir. Sığınma odasının, hayatın devam edebilmesini sağlamak için minimum O<sub>2</sub> sağlama ve CO<sub>2</sub> ve CO gibi insan hayatını tehdit eden zehirleyici gazları filtreleyebilme özellikleri analiz edilmiştir.

#### **2.1.3.1. Oksijen sağlamakla ilgili gereklilikler**

ABD'de 1977 Federal Maden Sağlık ve Güvenlik Yasası'nın 316'ıncı bölümü, Sago Maden kazası ardından Federal Maden Yasası olarak yeniden düzenlenmiştir. Bu yasa, ülkede 15 Haziran 2006 yılında yürürlüğe girmiştir. Yapılan düzenleme, yeraltı madenlerinde çalışan operatörlerin 60 gün içerisinde yasayı kabul etmesini ve MSHA onaylı yazılı bir Acil Durum Eylem Planı (ADP) oluşturmasını gerektirmiştir. Ayrıca oluşturulacak olan ADP'lerin yeraltında meydana gelebilecek herhangi bir acil durumda hayati tehlikede olan madencilerin tahliye programını ve yeraltında mahsur kalmış ve tahliyesi mümkün olmayan madencilerin hayatta kalmalarını sağlayacak yaşam destek olanaklarını göstermesi gerekmektedir. Bu yasa bütün ADP'lerin acil bir durumda yeraltında mahsur kalan kişilere belli bir süre hayatlarını sürdürebilmeleri için solunabilir hava sağlayan kaynaklar sağlaması gerekliliğini getirmiştir [9].

ADP'ler operatörlere mahsur kalan madencilere solunabilir hava sağlama metotlarını tarif eder ve solunabilir havanın sağlanacağı barikatların (ya da kirlenmiş ortamlardan madencileri izole

edecek diğer alternatifler) kurulacağı yerleri belirler. Belirlenen yerler kaçış haritasında gösterilmelidir [16].

ADP'ye dahil edilmesi gereken sığınma odasının madencilere solunabilir bir atmosfer sağlaması ve sürdürebilmesi gerekmektedir. Bu da yeraltı metal madenlerindeki sığınma odalarının tasarımında hava gereksinimlerinin nasıl olması gerektiği konusunu gündeme getirmektedir. Yeraltı sığınma odasının tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlar, odanın her madencinin ihtiyacı olacak kadar oksijen sağlarken aynı zamanda CO ve CO<sub>2</sub> 'i seyreltebilmesidir.

### 2.1.3.2. Oksijen parametreleri

Normal şartlar altında atmosfer yaklaşık olarak %21 oranında O<sub>2</sub> içermektedir. O<sub>2</sub> konsantrasyonu %19,5 altına düştüğünde, atmosferde yeterli O<sub>2</sub> bulunmadığı kabul edilir ve bu durum canlılarda olumsuz sağlık etkilerine sebep olur. O<sub>2</sub> yetersiz olduğu atmosferler sinir sistemine kalıcı olarak zarar verebilir ve maruziyet süresine bağlı olarak ölümlere bile sebep olabilmektedir. Yetersiz O<sub>2</sub> olan ortamların kişi üzerindeki etkisi Tablo 2.1.'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.1. O<sub>2</sub>'i yetersiz atmosferin insan vücuduna etkileri [16]**

| Havadaki O <sub>2</sub> Oranı, % | Etkisi                                         |
|----------------------------------|------------------------------------------------|
| 17                               | Hızlı ve derin nefes alıp verme                |
| 15                               | Baş dönmesi, kulak çınlaması, hızlı kalp atışı |
| 13                               | Uzun süreli maruziyette bilinci yitirme        |
| 9                                | Bayılma, bilinç kaybı                          |
| 7                                | Hayati tehlike                                 |
| 6                                | Kasılma hareketleri, ölüm                      |

Acil bir durum sonrası madencilere solunabilir hava sağlanabilmesi için rehberler hazırlayan MSHA, solunumla açığa çıkan CO<sub>2</sub>'in tüketilen O<sub>2</sub>'e oranı olarak tanımlanan, solunum katsayısını, yeraltı madenleri için 0,8 olarak belirlemiştir. Bu değer ortalama bir değer olmakla birlikte çoğu kaynakta 0,7 ile 1,0 arasında değişmektedir. Solunum katsayısı, sığınma odasındaki her bir madencinin bir saat boyunca ortamdaki O<sub>2</sub> miktarına bağlı olarak ne kadar

CO<sub>2</sub> üreteceğini hesaplamak için kullanılmaktadır. MSHA'nın önerdiği değer, mahsur kalan madencilerin aktivite seviyelerinin mahsur kaldıkları sürenin 4/5'inde dinlenecekleri, 1/5'inde hareket halinde olacakları kabul edilerek belirlenmiştir. MSHA dinlenme halindeki ortalama bir madencinin O<sub>2</sub> soluma hızının saatte 0,017m<sup>3</sup> ( $\approx$ 0,60ft<sup>3</sup>) olacağını ve ortalama aktivitesinin saatte 0,12m<sup>3</sup> ( $\approx$ 4,2ft<sup>3</sup>) olacağını belirtmiştir [12]. Sığınma odasında 36 saat geçirecek belirli sayıdaki madenci için gerekli olan O<sub>2</sub> tüpü miktarının hesaplanması gereçler kısmında detaylı olarak gösterilmektedir.

Üreticiler, yeraltı sığınma odalarında O<sub>2</sub> sağlayabilmek için basınçlı hava tüpleri ya da medikal tipte O<sub>2</sub> tüpleri kullanmalılardır. Hava tüpleri ve medikal tipte O<sub>2</sub> tüpleri, tüplerin içindeki basınca bağlı olarak farklı hacimlerde üretilmektedir.

### **2.1.3.3. CO parametresi**

Zehirli bir gaz olan CO, benzin, kömür ve odun gibi yakıtların yanması ya da tam olarak yanmaması sonucu oluşur. Duman içinde yoğun olarak bulunmakla birlikte, gazın kendisinin, havadan hafif, kokusuz, tatsız, renksiz olması ve tahriş edici olmaması nedeniyle fark edilmediğinden 'sessiz katil veya sinsi düşman' denilir. CO'ya uzun süreli ve yüksek oranlarda maruz kalındığında öldürücü olmaktadır. CO gazı, solunduktan sonra akciğerlerden kana geçerek, alyuvar dediğimiz, kırmızı kan hücrelerinin içerisinde bulunan ve dokulara O<sub>2</sub> taşıyan hemoglobine ortalama 200 kat daha hızlı ve çok sıkı bağlanarak karboksihemoglobin (COHb) oluşturur. Normalde havadaki O<sub>2</sub>'i, oksihemoglobin (HbO<sub>2</sub>) şeklinde hücrelere taşıyan alyuvarlar CO gazına maruz kalınan süre boyunca, yeterince O<sub>2</sub> taşımadığından, hücreler ölmeye başlar ve özellikle beyin başta olmak üzere, kalp ve diğer organlar fonksiyon göremez duruma gelir [17]. Tablo 2.2.'de uzun süre CO'ya maruz kalındığında görülebilecek çeşitli etkiler gösterilmektedir [18].

**Tablo 2.2. CO zehirlenmesinin etkileri [18]**

| <b>Kandaki COHb doyma oranı (%)</b> | <b>Belirtiler</b>                                                                           |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>5-10</b>                         | İlk fark edilebilir belirti, bazı bilişsel işlevlerde kayıp                                 |
| <b>10-20</b>                        | Alında gerginlik, baş ağrısı olasılığı                                                      |
| <b>20-30</b>                        | Baş ağrısı, şakaklarda zonklama                                                             |
| <b>30-40</b>                        | Şiddetli baş ağrısı, güçsüzlük, baş dönmesi, görüş bulanıklığı, bulantı ve kusma, baygınlık |
| <b>40-60</b>                        | Baygınlık geçirme olasılığı artar, bilinç kaybı, koma olasılığı                             |
| <b>60-70</b>                        | Koma, ölüm olasılığı                                                                        |
| <b>70-80</b>                        | Solunum yetmezliği, ölüm                                                                    |

#### **2.1.3.4. CO<sub>2</sub> parametresi**

CO<sub>2</sub> atmosferde %0,03 oranında doğal olarak bulunan ve kapalı bir ortamda yüksek oranda maruz kalındığında ölümcül sonuçlara neden olabilecek bir gazdır. Doğada bu kadar az oranda bulunmasının nedeni insan ve hayvan metabolizmaları tarafından üretilmesidir. Dışarıdan hiç hava girişinin olmadığı kapalı bir atmosferde, insanların solunumu ortamdaki CO<sub>2</sub> miktarının artmasına neden olacaktır. Bu artış, insan vücudunda vasküler daralma ya da genişlemeye sebep olabilmekte, vücut sıvısı pH'ında değişme ve kişinin kendi solunumunu kontrol etme yeteneğini yitirmesi gibi ciddi etkilere neden olabilmektedir [19]. Tablo 2.3. CO<sub>2</sub>'in çeşitli konsantrasyonlarda insanlar üzerindeki olası fizyolojik etkilerini göstermektedir [19].



**Tablo 2.3. Yüksek Konsantrasyonlarda CO<sub>2</sub>'in Olumsuz Sağlık Etkileri [19]**

| <b>CO<sub>2</sub> Konsantrasyonu (%)</b> | <b>Zaman</b>                      | <b>Etkileri</b>                                                                                    |
|------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>17-30</b>                             | 1 dakika içinde                   | Bilişsel işlevlerde kayıp, bilinç kaybı, havale, koma, ölüm                                        |
| <b>10-15</b>                             | 1 dakika ila birkaç dakika içinde | Baş dönmesi, uyuşukluk hissi, kaslarda şiddetli kasilma, bilinç kaybı                              |
| <b>7-10</b>                              | Birkaç dakika içinde              | Bilinç kaybı                                                                                       |
|                                          | 15 dakikadan 1 saate kadar        | Baş ağrısı, kalp atışlarında hızlanma, nefes darlığı, baş dönmesi, terleme, hızlı nefes alıp verme |
| <b>6</b>                                 | 1-2 dakika içinde                 | Duyuma ve görmede kayıp                                                                            |
|                                          | 16 dakikadan az                   | Baş ağrısı, nefes darlığı                                                                          |
|                                          | Birkaç saat                       | Titreme                                                                                            |
| <b>4-5</b>                               | Birkaç dakika içinde              | Baş ağrısı, baş dönmesi, kan basıncının artması, rahatsız edici nefes darlığı                      |
| <b>3</b>                                 | 1 saat                            | Hafif baş ağrısı, terleme, dinlenme halinde nefes darlığı                                          |
| <b>2</b>                                 | Birkaç saat                       | Baş ağrısı, hafif hareket halinde nefes darlığı                                                    |

CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını sığınma odalarının dizaynı esnasında dikkate almak büyük önem arz etmektedir. CO<sub>2</sub> seviyesini %3 oranında tutabilmeye olanak sağlayan geçerli tek teknoloji CO<sub>2</sub> temizleyicilerdir. Sığınma odası üreten firmalar, ortamdaki CO<sub>2</sub>'i temizlemek için lityum hidroksit (LiOH) veya kalsiyum oksit (CaO) gibi kimyasalları kullanmaktadırlar. Bu teknik aynı zamanda denizaltılarda ve uzay gemilerinde de kullanılmaktadır [20].

Ortamdaki CO<sub>2</sub>'i filtrelemek için kullanılan pasif LiOH temizleyicileri enerji gerektirmeyen kimyasal bir perdedir. Şekil 2.2.'de pasif LiOH perdeleri gösterilmektedir [20].



**Şekil 2.2. Pasif LiOH perdesi [20]**

Bu enerji gerektirmeyen pasif bir sistemdir. Filtreleme esnasında gerçekleşen kimyasal reaksiyon aşağıda gösterilmektedir.



Sığınma odasında 36 saat geçirecek belirli sayıdaki madenci için gerekli olan LiOH miktarının hesaplanması gereçler kısmında detaylı olarak gösterilmektedir.

Perdeler, belirlenen yerlere basitçe asılmakta ve hava sığınma odası içinde dolaştıkça herhangi bir enerjiye ya da işleme gerek kalmaksızın CO<sub>2</sub>'i filtrelemektedirler. Perdeler 12 saat içinde CO<sub>2</sub> doygunluğuna ulaşmaktadır ve bu süre sonunda ortamdaki CO<sub>2</sub>'yi soğurmamaya başlamaktadır. Bu nedenle, perdelerin 12 saatte bir değiştirilmesi gerekmektedir [20].

Ortamdaki CO<sub>2</sub> temizlemek için kullanılan diğer bir diğer kimyasal ise bir çeşit CaO karışımı olan sodalı kireçtir. İçi sodalı kireç ile doldurulan bidonlar soğurma ünitesine yerleştirilir ve hava bu ünitenin içinden geçtikçe içindeki CO<sub>2</sub> emilerek tekrar havaya verilir. Şekil 2.4.'te diğer bir CO<sub>2</sub> temizleyicisi olan sodalı kireç gösterilmektedir [20].



**Şekil 2.3. CO<sub>2</sub> temizleyicisi olarak kullanılan sodalı kireçlerin bulunduğu kartuşlar [20]**

CaO, CO<sub>2</sub>'i arka arkaya gerçekleşen üç reaksiyonla temizler. İlk reaksiyon CO<sub>2</sub> çözeltisi elde etmek için CO<sub>2</sub> ile suyu birleştirir. İkinci reaksiyon sodyum bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) oluşturmak için CO<sub>2</sub> çözeltisi ile sodyum hidroksiti (NaOH) birleştirir. NaHCO<sub>3</sub>, kalsiyum hidroksitle (CaOH) reaksiyona girerek kalsiyum karbonat (CaCO<sub>3</sub>), NaOH ve su oluşturur [21].

#### **2.1.4. Sığınma Odaları İçin Termal Konfor Gereklilikleri**

İnsan vücudu, içinde yaşadığı ortamın iklimsel koşullarından doğrudan etkilenir. Sıcak veya soğuk hissi vermeyen bir ortam içerisinde bulunan, dinlenme halindeki bir kişinin ortalama deri sıcaklığı yaklaşık 34°C'dir. Deri sıcaklığı 36°C'yi aşarsa sıcak koşullara alışmamış bir kişi, sıcak çarpmasının belirtilerini göstermeye başlar. 37°C'nin üzerindeki deri sıcaklığı ise kişiler için yüksek oranda tehlikelidir. Deri sıcaklığı 38°C'nin üzerine çıktığında ise, bu durum kişinin ölümüne sebep olacak kadar kötü sonuçlar doğurabilir [22]. Sığınma odaları kapalı sistemler olduğu için, içindeki termal-çevre koşulları, sığınmacılar içeri girdikten yaklaşık bir saat sonra rahatsız edici boyutlara ulaşmaktadır. Bu nedenle amaç, ortamı ısı ve nem açısından kabul edilebilir seviyede tutmak ve sığınmacılar için uygun termal koşullar sağlamaktır. Termal koşulları sığınmacılar için tolere edilebilir seviyede tutmak adına bir takım varsayımlarda bulunulmuştur. Bu varsayımlar;

- oda içindeki sığınacakları varsayılan çalışanların metabolik ısı üretiminin kişi başı 120 Watt (W) olduğu,
- oda sığınıcılarının vücut sıcaklıkları maksimum 38°C'yi geçmediği,
- oda içinde bulunan kişilerin sığındıkları süre boyunca olabildiğince az kıyafetle bekledikleri,
- oda içerisinde yeterli miktarda su bulunduğu,
- oda içerisinde bulunan kişilerin dinlenme halinde oldukları şeklindedir [23].

Bütün bu varsayımların yanısıra, basınçlı havanın giriş sıcaklığı ve nem, yan kayaç sıcaklığı, jeotermal sıcaklık değişimleri, OFK kullanımı sonucu oluşan dehidrasyon seviyesi, odaya giren sığınmacı sayısı ve sığınmacıların giriş sıklıkları da göz önünde bulundurulmalıdır. Bütün bu şartlar değerlendirildiğinde, çalışanlara rahat bir ortam sağlamak adına, basınçlı havanın sıcaklığının 26,5°C, bağıl nem oranının %64 olarak alındığı bir durumda oda içerisine beslenecek hava akım hızının çalışan başına 225 lt/dakika olması gerektiği hesaplanmıştır [23].

Sığınma odasına hava besleyecek basınçlı hava hattı içindeki nemi uygulanabilir en düşük seviyede tutmak için ise;

- oda içindeki ıslak termometre sıcaklığının 28°C (rahat bir ortam için) ile üst sınır olan 35°C (hayatta kalma sınırı) arasında tutulması,
- deri yüzeyindeki hava akış hızının ise 5 m/s'nin altında tutulmaması (38°C'nin altında hava hızı arttıkça, soğutma etkisi de artmaktadır) gerekmektedir [23].

Batı Virjinya Madenciler Sağlık, Emniyet ve Eğitim Ofisi ( West Virginia Office of Miners' Health, Safety and Training; WVOMHST) ve MSHA de hissedilen sıcaklığın 35°C'den yüksek olmaması gerektiğini savunmaktadır. Genellikle ısı indeksi olarak adlandırılan, hissedilen sıcaklık hesapları, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme yaklaşımı kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu metot, sabit durumdaki hava sıcaklığı (kuru termometre sıcaklığı) ve sabit durumdaki özgül nemi hesaplamayı gerektirir. Hissedilen sıcaklık, hava sıcaklığının özgül nem ile olan ilişkisinin ölçümüdür. Sonuç olarak, görülen sıcaklık iki değere göre hesaplanır. Hissedilen sıcaklık hesaplamasını doğru yapabilmek adına her kişinin/madencinin ısı girdileri gizli ısı (emilen ısı) ve hissedilir ısı (sıcaklık değişimine bağlı ısı) olarak ayrıştırılır. Ayrıca odada CO<sub>2</sub> temizleyicisi var ise onun ürettiği ek ısı da hesaba katılır. Ek hissedilebilir ısı, toplam ısıнын %8'i ile çarpılarak elde edilir [24].

### **2.1.5. Sığınma Odası Sisteminin Tasarımı**

Sığınma odası sistemleri, kaza anında kazazedelere sığınmak ve/veya transfer istasyonu olarak tasarlanmış yapılardır. Bu sistemler sabit sığınma odaları, taşınabilir sığınma odaları ve kurtarma kapsülü olmak üzere üç çeşittir. Eksiksiz bir sığınma odası sistemi, kazazedelerin yaşanabilecek bir maden kazasında kurtarılma olasılığını artırır. Oda sistemi içerisinde ilk yardım malzemesi ve kazazedelerin kendi kendilerine müdahale edebilecekleri malzemelerin bulundurulması uzuv ve can kayıplarını önemli ölçüde azaltacaktır. Bu nedenle, güvenli ve akılcı bir tasarım yapmak özellikle önemlidir [6].

Acil durum sığınma odaları, personelin yürüyerek güvenli bir şekilde ulaşabileceği mesafelere yerleştirilerek maden içinde sığınma ağı oluşturmalıdır [7].

Sığınma odasının yeri belirlenirken bulunduğu güvenli bölgeye giden yolun düz olması gerekmektedir, hatta gaz veya toz patlamaları nedeniyle oluşabilecek şok dalgalarının etkisini azaltacağı için özellikle kıvrımlı bir yol tercih edilmektedir [6].

#### **2.1.5.1. Sabit sığınma odası**

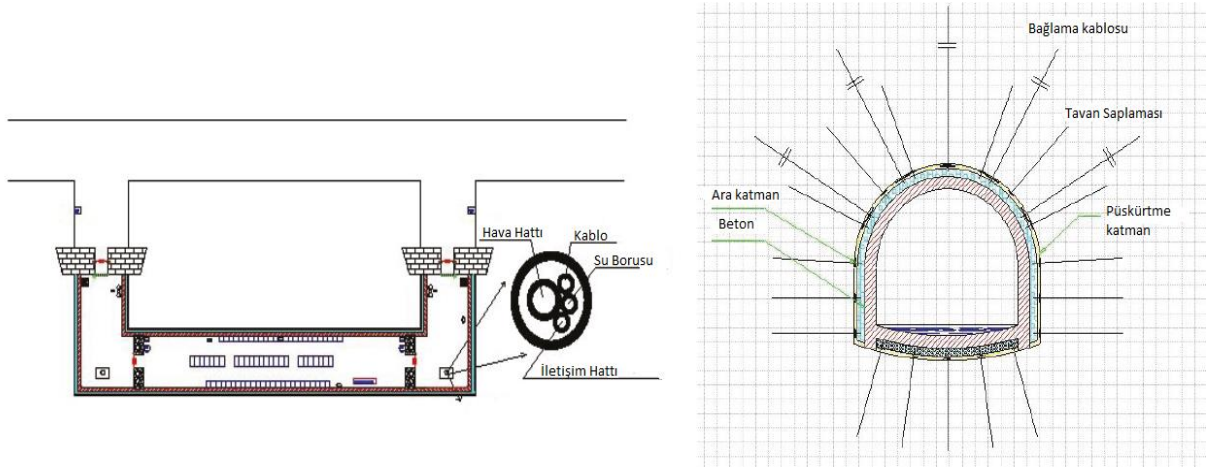
Sabit sığınma odaları genellikle kuyu istasyonunun yanına ve maden alanının yakınındaki acil çıkışa kurulur. Sığınma odasının çalışma alanına uzaklığı madendeki özel koşullara bağlıdır. Genellikle, tüm maden veya maden alanı için bir sığınak olarak kabul edilir ve hizmet ömrü yaklaşık 10 yıldır [6].

##### **2.1.5.1.1. Temel gereksinimler**

Sabit sığınma odaları, hizmet ömrü boyunca zarar görmemeleri için jeolojik tektonik bölgelerden, yüksek sıcaklık bölgelerinden, gerilim anomalisi olan bölgelerden ve sel tehdidi olan bölgelerden uzak, stabil kaya oluşumları içine inşa edilmedir. Sabit sığınma odalarının inşa edildiği galeri, odanın önünden itibaren 20 m'ye kadar tavan dahil olacak şekilde yanmayan malzeme ile kaplanmalıdır. Sabit sığınma odası, dışarıya doğru açılan iki yalıtımlı kapısı olan geçiş bölümü ve sığınma bölümü olmak üzere iki yapıdan oluşmalıdır. İki yalıtılmış kapı arasında bulunan geçiş odasında basınçlı hava perdesi ve/veya basınçlı hava püskürtme cihazı bulunmalıdır. Sığınma bölümü ise ikinci yalıtılmış kapının ardında kalan kişilerin acil durum anında içinde bulunacakları kısımdır. Sabit sığınma odası tasarımı ve destek şeması Şekil 2.5.'te görülmektedir [6].

#### 2.1.5.1.2. Özel gereksinimler

Sabit sığınma odaları içinde genellikle yeryüzünden delinen sondaj delikleri bulunmaktadır. Oda havalandırma sistemi, oda içindeki havanın madenin havasından bağımsız ve temiz olması için basınçlı hava borusu hattına bağlanarak bu sondaj deliği yardımı ile dışarıdan temiz hava temin eder. Ayrıca sığınma odalarında Şekil 2.5.'te gösterildiği gibi, yiyecek hattı, iletişim hatları, kablolar için gerekli olan enerji, elektrik ve haberleşme bu sondaj deliği ile sağlanmaktadır. Sondaj deliği ile dışarı bağlı olması nedeniyle kazazedelere kesintisiz kaynak ve enerji sağlanabilmesi sayesinde sabit sığınma odaları diğer sığınma alternatiflerinden daha güvenilirdir [6].



Şekil 2.5. Sabit sığınma odasının tasarım ve destek şeması [6]

#### 2.1.5.1.3. Destek yöntemi

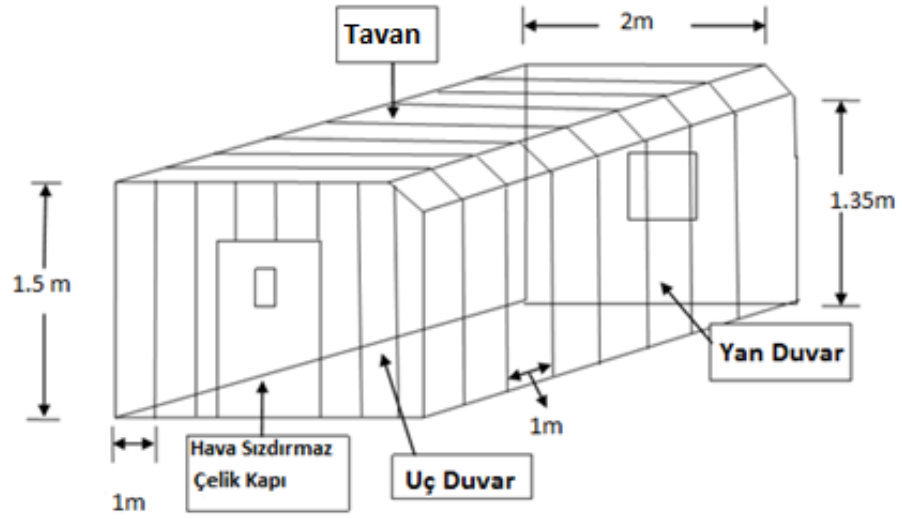
Kaza araştırmalarından elde edilen sonuçlara dayanarak, sabit sığınma odasının yarım daire şeklinde olması gerekmektedir. Sabit odaların içinde bağlama demiri, bağlama filesi ve bağlama kablosu ile bağlantılı destek metodu olmalıdır. Destekleyici malzemeler ise alev geciktirici, anti-statik, aşınmaya ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmalıdır. Tavan ve duvarlar açık renk malzemedir. Ayrıca sığınma odasının destek malzemelerine püskürtme

beton tabakası, hava geçirmez bir tampon tabaka ve güçlendirilmiş bir beton tabakası da eklenmelidir [6].

#### **2.1.5.2. Taşınabilir sığınma odası**

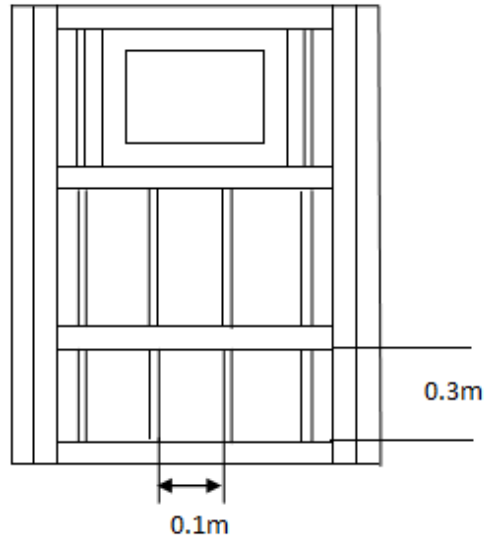
Taşınabilir sığınma odasının yapısal tasarımı sabit sığınma odası ile hemen hemen aynıdır. Taşınabilir ve sabit sığınma odası tasarımı arasındaki en büyük fark sabit sığınma odalarının yeraltı hayat hattı sistemlerinin madenden bağımsız olmasıdır. Taşınabilir sığınma odaları minimum yaşam desteğini sağlamak için yeraltı hayat hattı sistemlerini kullanmaktadır. Taşınabilir sığınma odaları madencilerin kaçış mesafesini azaltmak, güvenlik faktörünü arttırmak ve sondaja uygun olmayan jeolojik koşullar nedeniyle sabit sığınma odalarının kurulamadığı durumlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Taşınabilir sığınma odaları yeraltına bağlı olan basınçlı hava hattını kullanarak oda içerisine temiz hava sağlar. Sığınma odasına, basınçlı hava hattının arızalanması durumuna karşı bir yandan oksijen yayarken bir yandan da solunum neticesinde açığa çıkan karbondioksiti emen hava temizleyici bir makine yerleştirilmelidir [6].

Taşınabilir sığınma odalarının dış yüzeyi çelik kirişli iskelet yapısı ve çelik levhalardan oluşur. Dış yüzey, çelik kirişin üstüne çelik levhaların monte edilmesiyle oluşturulurken, dış yüzeyi destekleyici yapı çelik boru yapısı ile oluşturulmuştur. Çelik boru çerçeve yapısı; tavan, duvarlar ve taban için her bölümde farklı uzunluk ölçüleri geçerli olmak kaydıyla aynıdır ve gerilimi birinden diğerine direk aktarabilmesi için çember benzeri bir şekilde düzenlenmiştir. Yan duvar iskelet kirişleri tavan ile 45 derecelik açı ile birleştirilmiştir. Dış yüzeyin şematik gösterimi Şekil 2.6.'daki gibidir [9].



**Şekil 2.6. Sığınma odası çizimi [9]**

Taşınabilir sığınma odasının kapı dizaynı, çelik levhaların sertleştirilmiş çelik levha bağlantıları ve güçlendirilmiş borunun sığınma odasının dışındaki çelik kapı üzerine uygulanması ile oluşturulmaktadır. Şekil 2.7.'de gösterildiği gibi çok daha dayanıklı bir kapı yapmak için, levhalar arasındaki gerilimi sınırlandırmak amacıyla dikdörtgen çubuklar çapraz bir şekilde boruların arasına yerleştirilmektedir [9].



**Şekil 2.7. Çelik sığınma odası kapısı şeması**



Taşınabilir sığınma odalarında kullanılan cam, Super Abrasion Resistant, (Aşırı Aşınmaya Dayanıklı, SAR) akrilik levhalarından yapılmış olmalıdır. Temperli camlarla kıyaslandığında SAR akrilik levhalarından yapılmış camların, pencere yapımında kullanılan en iyi malzeme olduğu belirlenmiştir. Temperli camın hata karakteristikleri, kendisini sığınma odaları için daha az uygulanabilir kılmaktadır. SAR ağır olması ve dayanıklı yapısı nedeniyle sığınma odaları için daha iyi bir alternatif olmaktadır. Sığınma odalarında SAR'ın tercih edilmesinin bir diğer nedeni ise üzerinde çizilmeye karşı dayanıklı özel bir kaplama olmasıdır [9].

#### **2.1.5.3. Kurtarma kapsülü**

Madenin tamamı düşünüldüğünde sadece taşınabilir ve sabit sığınma odaları yeterli bulunmamaktadır. Sabit ve taşınabilir sığınma odalarının yetersiz kaldığı durumlarda, Şekil 2.8.'de gösterilen, maden ilerledikçe taşınabilen kurtarma kapsülleri çalışılan bölgeye yakın, kullanılmayan bir galeriye geçici olarak yerleştirilebilir. Kaza sonrasında hızlı hareket edildiğinde bu kapsüller yaralıları için ambulans görevi de görebilmektedir [6].



**Şekil 2.8. Taşınabilir kurtarma kapsülleri [6]**

#### **2.1.6. Türkiye’de Bulunan Yeraltı Sığınma Odası Çeşitleri**

Türkiye’de sabit ve taşınabilir sığınma odası üzerine çalışan biri yerli olmak üzere dört adet firma bulunmaktadır. Bu bölümde firmaların isimleri kullanılmadan, ürettikleri ve satışa sundukları odalar hakkında kısaca bilgi verilmektedir.

#### 2.1.6.1. A firması

Avustralya, Güney Afrika, Şili, Çin ve ABD’de ofisleri ve üretim tesisleri bulunmaktadır. A firması, Avrupa Birliği (AB) için geçerli olan Avrupa Uygunluğu (CE) belgesine ve ABD için geçerli olan Ulusal Elektrik Kodları (NEC)’na uygunluk belgesine sahiptir. Bunun yanı sıra, Kanada Standartlar Birliği (CSA) tarafından belirlenen standartlara uygundur ve Avustralya’nın, ürünlerin ambalaj, etiket ve emniyetle ilgili standartlara uygun olması halinde verdiği C-Tick belgesine sahiptir. Bu firma aynı zamanda, Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO):9001 onaylı sığınma istasyonu üretmektedir.

8-30 kişilik kapasiteleri ile standart konfigürasyon sığınma istasyonları, yeraltında ve üstünde maksimum dayanıklılık ve hareket kabiliyeti ile tasarlanmaktadır. Şekil 2.9.’da odanın dışarıdan görünüşü gösterilmektedir. Sığınma odalarının kapasiteleri, maden özellik ve şartlarına uygun olarak, güvenlik ve performanslarında bir fark olmadan özel olarak tasarlanabilir. Dar ve modüler yapısı sayesinde küçük parçalara ayrılarak yer altına sevk edilebilir ve yeraltında yeniden birleştirilebilirler.

A firması, tek girişli hazırlık galerileri gibi küçük kesit madenler için, 4, 6 ve 8 kişilik ekstra düşük voltaj, manevra kabiliyeti ve taşıma kolaylığı sağlayan bir model daha geliştirmiştir. Şekil 2.10.’da bu modelin dışarıdan görünüşü gösterilmektedir.



**Şekil 2.9. A firmasının ürettiği 12 kişilik taşınabilir sığınma odası**



**Şekil 2.10. A firmasının ürettiği dört kişilik taşınabilir sığınma odasının önden ve arkadan görünüşü**

#### **2.1.6.2. B firması**

B firmasının ürettiği acil sığınma odaları, sert yapılı, 10 kişilik ve 16 kişilik olmak üzere iki farklı boyutta üretilmektedir. Bu odalar, 48 saat boyunca madencilere yaşam desteği sunabilmektedir. B firmasının üretmiş olduğu sığınma odaları saha koşullarına göre değişiklik gösterebilmekte ve işletmeye özel tasarlanabilmektedir. Odalar, kullanıcılara solunabilir atmosfer sağlamak amacıyla yapılmaktadır. B firmasının üretmekte olduğu sığınma odasının dışarıdan görünüşü Şekil 2.11.'de gösterilmektedir.



**Şekil 2.11. B firmasının ürettiği sığınma odası dış görünüşü**

### 2.1.6.3. C firması

C firmasının ürettiği sığınma odaları, yeraltı madenleri ve Tünel Açma Makinası (TBM) kullanılarak ve Yeni Avusturalya Tünel Açma Yöntemi (NATM) ile açılan tüneller için taşınabilir sığınma odası üretmektedir. Dar ve modüler yapısı sayesinde küçük parçalara ayrılarak yer altına sevk edilebilir ve yeraltında yeniden birleştirilebilirler. C firmasının üretmekte olduğu sığınma odasının dışarıdan görünüşü Şekil 2.12.'de gösterilmektedir. Sığınma odalarının kapasiteleri, maden özellik ve şartlarına uygun olarak, güvenlik ve performanslarında bir fark olmadan özel olarak tasarlanabilir.



Şekil 2.12. C firmasının ürettiği sığınma odası

### 2.1.6.4. D firması

D firması, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20 ve 30 kişi kapasiteli sığınma odaları üretebilen yerli bir şirkettir. 36 saate kadar madencilere yaşam desteği sunmaktadır. B firmasının üretmiş olduğu sığınma odaları saha koşullarına göre değişiklik gösterebilmekte, sahaya özel tasarlanabilmektedir. Firma aynı zamanda sabit sığınma odalarına özel ekipman üretimi de yapmaktadır. D firmasının üretmekte olduğu sığınma odasının dışarıdan görünüşü Şekil 2.13.'te gösterilmektedir.



Şekil 2.13. D firmasının ürettiği taşınabilir sığınma odası

## 2.2. DÜNYADA SIĞINMA ODALARI VE İLGİLİ MEVZUAT

Dünyada sığınma odalarını gündeme getiren en büyük olaylardan biri 2010 yılında 33 işçinin kurtarıldığı Şili kazasıdır. Ancak yeraltı sığınma odalarına yaklaşım ülkeler arasında değişiklik göstermektedir. Gayrı safi milli hasılasının %7'sini madenciliğin oluşturduğu Avustralya'da sığınma odaları madenlerde önerilirken, madencilikte dünyada başı çeken ülkelere bir diğeri olan Güney Afrika'da zorunlu tutulmaktadır. Yine madenciliğin büyük önem taşıdığı Kanada'da sığınma odası ile ilgili düzenlemeler eyaletler arasında farklılık göstermektedir. Yeraltında sığınak bulunması zorunlu olsa da olmasa da, bir acil durum yaşanması halinde çalışanın güvenli bir yere ulaşmasına yetecek şekilde oksijenli ferdi kurtarıcılar (OFK), sıkıştırılmış hava solunum cihazları (SHSC) gerekli görülmektedir. ABD'nin, Batı Avustralya'nın ve Güney Afrika Cumhuriyeti'nin sığınma odaları ile ilgili rehber ve uygulama kitapçıkları bulunmaktadır.

### 2.2.1. Avustralya

Batı Avustralya'da çeşitli yerlerde farklı büyüklükte pek çok yeraltı madeni bulunmaktadır. 1995 Maden Güvenlik ve Denetim Yönetmelikleri; acil durum hazırlıkları, hazırlık planları, yeraltı madenleri için alınması gereken özel acil durum önlemleri, yeraltı madenlerindeki ferdi kurtarıcılar, havalandırma, toz ve hava kirleticilerin kontrolüne ilişkin hususları içermektedir [13]. Avustralya'da modern madenlerin tasarımında, ABD standartları benimsenmektedir. Normal koşullarda saklanma alanı duvar basınç dayanımı 140 kPa iken daha riskli görülen durumlarda bu değer 245 kPa olarak belirlenmiştir [25].

Batı Avustralya Hükümeti-Maden ve Petrol Departmanı tarafından ortaya koyulan sığınma odası ilkeleri, dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ilkelere ilişkin hazırlanmış iki rehber bulunmaktadır. Bunlardan ilki “Yeraltı Madenlerinde Sığınma Odaları” [13], ikincisi ise “Yeraltı Metal Madenlerinde Sığınma Odaları”dır [25].

Avustralya'da sığınma odası bulunan bazı madenler:

- Newmont Mining Corporation Australia (bakır ve altın madeni),
- Barrick Australia Pacific (altın madeni),
- CSA Mining (bakır madeni),
- BHP Billiton (nikel, demir madenleri),
- Newcrest Mining Ltd. (altın-bakır madeni),

- Gold Fields Australia,
- Mincor Resources NL (nikel madeni)

olarak listelenebilir.

### 2.2.2. Güney Afrika Cumhuriyeti

Güney Afrika'da Kinross Kazasından hemen sonra 1986'da yeraltı madenlerinde sığınaklar inşa edilmesi zorunlu hale getirilmiştir. Sığınma odalarına ilişkin standartlar Güney Afrika Standart Yetkili Makamı (SAQA) tarafından belirlenir.

Güney Amerika'da yeraltı madenlerinde sığınma odaları gerekliliği 1996 Maden Sağlık ve Güvenlik Yasasında belirtilmektedir. 1997 Maden Sağlık Güvenlik Yasasının yürürlüğe girmesinden sonra 1991 Mineraller Yasası'nın etkinliği ortadan kalkmıştır.

Mineral Yasası'na göre yönetici, acil bir durumda çalışanların kullandıkları OFK ile kolaylıkla ulaşabileceği mesafede, bir sığınma odası ya da güvenli bir yer bulunduğundan emin olmalıdır. Ayrıca, bu yasaya göre düzenlenen yönetmelikte sığınma odaları ve diğer güvenli alanlar ile gereklilikler yer almakta ve sığınma odaları, maden müfettişleri tarafından belirli aralıklarla kontrol edilmelidir ibaresi bulunmaktadır.

Maden Sağlık ve Güvenlik Yasası'na göre işveren patlama, yangın ve su baskını gibi durumlarda yetkin bir kişiden, risk değerlendirmesinden faydalanarak hazırlanan kaçış ve tahliye prosedürü raporları almalıdır.

Uygulama ilkelerine göre sığınma odaları çalışma alanından en fazla 1000 m uzaklıkta olabilmektedir. Ülkede bu azami uzaklık 660 m ile 1000 m arasında değişmektedir. Sığınma odalarının yeri sondaj kuyusu ile kolay ulaşılabilir bir alanda ve ana yollara yakın olacak şekilde seçilmektedir.

Bütün uygulama ilkeleri sığınma odalarının en az 140 kPa basınç dayanır nitelikte ve yanmaz malzemeden yapılmasını gerektirmektedir. Ayrıca B5 direktifine göre sığınaklar kişi başı en az 0,6 m<sup>2</sup> alan sağlayacak şekilde kurulmalıdır. Uygulama ilkelerinde bu değer 1-1,5 m<sup>2</sup> arasında değişmektedir [26].

### 2.2.3. Kanada

Yeraltında, acil durumlarda kullanılacak sığınaklar konusu, 1928 yılında gerçekleşen Hollinger Altın Madeni yangını ile çalışılmaya başlanmıştır [27]. Kanada’da konuya ilişkin mevzuat bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir.

Britanya Kolumbiyası eyaletinde, 1997 Britanya Kolumbiyası Madenlerde Sağlık Güvenlik ve Doğaya Kazandırma Yasası Bölüm 6 Kısım 6.16’da ‘Hazırlık çalışması yapılanlar hariç, çalışma alanı, kuyu başı ya da girişten 300 m uzaklıkta olan bütün yeraltı madenlerinde sığınma odası sağlanmalı ve muhafaza edilmelidir’ ibaresi geçmektedir. Britanya Kolumbiyası’nda tahliye planı oldukça basittir; madeni terk et, eğer madeni derhal terk etmek mümkün değilse sığınma odasını kullan. Britanya Kolumbiyası’nın ayrıca bir Madenci Kurtarma Kitapçığı bulunmaktadır, bu kitapçık sığınma odaları ile ilgili detaylı prosedürleri içermektedir [28].

- Alberta’da İş Sağlığı ve Güvenliği Maden Güvenlik Yönetmeliği 292/95 54’e göre tüm madenlerde sığınma odası zorunludur.
- Saskatchewan’da sığınma odası gerekliliği yönetmelikle sabittir.
- Manitoba Maden Kanunu ve Maden İşletmelerini Kapsayan Yönetmeliğin M.160. Bölümü Madde 8.03’e göre başmühendisin gerekli görmesi durumunda tüm madenlerde sığınma odası gereklidir.
- Ontario’da 694 sayılı Yönetmelik uyarınca her yeraltı madeninde sığınma odası bulunmalıdır.
- Quebec ve New Brunswick’te yeraltı madenlerinde sığınma odaları yönetmelik ile zorunlu kılınmıştır.
- New Scotia’da İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası Bölüm 82 Yeraltı Madenciliği Yönetmeliği 153-2003 ile sığınma odası zorunlu olmuştur. İşveren çalışanların kuyu dibi veya çıkışa 500 m’den fazla uzaklıkta olması durumunda her 300 m’de bir sığınma odası kurmalı, kontrol ve muhafaza etmelidir. Bölüm 147-153 sığınma odalarına ilişkin içeriği düzenlemektedir. Ancak bu yönetmelikler sığınma odası gerekliliğini kaldırarak şekilde yeniden düzenlenecektir [28].

Bu bölgesel düzenlemelerin hiç birinde sığınma odasının süre ve kişi kapasitesi ile ilgili detay verilmesi de belli başlı temel kurallara uyulur. Ontario Maden ve Taşocakları Sağlık ve Güvenlik Birliği’nin Maden Kurtarma Sığınma Rehber Kitapçığına göre 8-24 saat azami %3

karbondioksit ve en az %16,25 O<sub>2</sub> konsantrasyonu önerilmektedir. Bu durumun sağlanabilmesi için sığınma odasının sığınmacılara kişi başı 18 m<sup>3</sup> hacim sağlaması gerekmektedir. Britanya Kolumbia'sı Mevzuatına göre hazırlık çalışması yapılanlar hariç, çalışma alanı kuyu başı ya da girişten 300 m uzaklıkta olan bütün yeraltı madenlerinde sığınma odası sağlanmalı ve muhafaza edilmelidir. Ayrıca sığınma odaları alevlenebilir malzeme depolanan alanlardan ve patlayıcılardan en az 10 m uzakta olmalıdır [7]. 7 Nisan 2015'te Manitoba'da Vale's Thompson Nikel Madeninde ortaya çıkan loder<sup>1</sup>'den kaynaklanan bir yangın sonucunda çalışanlar 850 m derinlikte sığınma odasına girerek 12 saat kurtarılmak için ortamın güvenli hale gelmesini beklemiştir. Kanada'da ayrıca Diavik Elmas Madeni'nde de sığınma odası bulunmaktadır [29].

#### **2.2.4. Amerika Birleşik Devletleri**

ABD'de, dünya gündeminde yankı yaratan maden kazaları yaşanması üzerine iş sağlığı ve güvenliğine yaklaşım değişmiştir. 2006 Acil Durum Müdahalesi Yasası'nda sığınma odaları / kapsülleri ve acil durum iletişim sistemlerine ilişkin maddeler yerini almıştır. Mevzuatta sığınma odaları yer yer sığınma alternatifleri olarak anılmaktadır [27].

2009 yılına kadar ABD federal mevzuatında (30 Amerika Federal Yönetmelikler Kodu (CFR) 75.1500) yeraltı kömür madenleri için sığınma odaları önerilmekle birlikte zorunlu tutulmamıştır. Ayrıca mevzuat yeraltındaki tüm çalışanlara 60 dakikalık OFK sağlanması gerekliliğini (30 CFR 75. 1714) ortaya koymaktadır [10]. Sığınma odalarının dayanıklı olması gereken basınç değeri 140 kPa olup bu alanın dışında en az 60 m taş tozu serpilmesi gerekmektedir [25].

ABD Maden Dairesi sığınma odaları ile ilgili rehber kitapçıklar geliştirmiştir. Bu rehberlerin oluşturulması esnasında 1940-1980 yılları arasındaki kaza kayıtları incelenmiş ve yapılan araştırmaya göre, 1710 maden çalışanı acil bir durumda herhangi bir sipere saklanıp saklanmama kararı ile karşı karşıya kalmış ve bu 1710 kişinin 404'ü hayatını kaybetmiştir. 1710 kişiden saklanma kararı alan 222 kişinin 95'i (%43), kaçarak kurtulmayı deneyen 1588 kişinin ise 309'u (%20) hayatını kaybetmiştir [28]. Bu durumda madeni terk etme seçeneğinde ölüm oranı daha düşük olarak görülmektedir. Ancak, 2006 yılında ABD'de yaşanan, 13 madencinin hayatını kaybettiği Sago Kömür Madeni patlamasının ardından, NIOSH ve MSHA tarafından

---

<sup>1</sup> Loder: Ön kısmında kepçe veya toplayarak yükleme düzeni bulunan paletli, lastik veya demir tekerlekli ve elektrik, basınçlı hava veya dizel motoruyla tahrik edilen yükleyici [30].



gerçekleştirilen araştırmalar; sığınma odalarının, yeraltında meydana gelen göçük, yaralanma veya duman nedeniyle kaçamayan çalışanlar için hayati önem taşıdığı sonucunu ortaya koymuştur. NIOSH 1970-2006 arasında olan kazalarda sığınma odalarının varlığının, incelenen 38 iş kazasında 12 facianın sonuçları üzerinde %32 daha olumlu etkiye (429 maden çalışanından 83 çalışanın kurtulacağı şekilde) sahip olacağını belirtmiştir. Bunun üzerine 2009’da mevzuat tekrar düzenlenerek tüm yeraltı kömür madenlerinde sığınma odası zorunlu hale getirilmiştir [10].

#### **ABD – Çalışma Bakanlığı – MSHA – Yeraltı Kömür Madenleri İçin Sığınma Alternatifleri, CFR 30, Kısım 7 ve 75 (2008)**

- Hava valfinin 20 dakika içerisinde CO konsantrasyonunu 25 ppm’ye ve metan (CH<sub>4</sub>) konsantrasyonunu %1’e seyrelteceğı şekilde etkili prosedürler sağlamalıdır.
- 1 kg/cm<sup>2</sup>’lik yüke en az 0,2 saniyelik süre boyunca dayanabilecek şekilde sığınma alternatifleri yeterli pozitif basıncı sürdürerek içerideki havayı maden atmosferinden izole edecek şekilde hava valfi bulundurulmalıdır.
- O<sub>2</sub> konsantrasyonu %18,5 ile %23 arasında olmalıdır
- Ortalama CO<sub>2</sub> konsantrasyonu %1 olmalı ve ortamdaki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu 24 saatlik periyotta %2,5’i aşmamalıdır.
- Hava izleme cihazları içerideki ve maden havasındaki CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub> gazlarını ölçebilir nitelikte olmalıdır.
- Sığınma odasındaki sıcaklık 35°C’yi (95°F) aşmamalıdır.
- Sığınma odası tam kapasite ile çalışacak ve en yüksek maden havası sıcaklığına dayanacak şekilde üretilmelidir.
- Yeraltında bulunan bütün çalışanların sığınabileceğı miktarda sığınma odası sağlanmalıdır.
- Madenin boyutuna göre sığınma odası içerisinde kişi başına en az 1,40 m<sup>2</sup>’lik bir alan ve 0,85 – 1,70 m<sup>3</sup> hacim bulunmalıdır.
- Sığınma alternatifleri en yakın çalışma alanına ve mekanize ayağı 300 m mesafede olmalıdır.
- En yakın çalışma alanı yüzeyden 600 m uzakta ise sığınma odası sağlanmalıdır.
- Çelik yapı için tam kapsamlı patlama testi yapılmalıdır.
- Ortamdan saatte kişi başı 0,03 m<sup>3</sup> miktarında CO<sub>2</sub> temizlenmelidir.

### 2.2.5. Avrupa

İngiltere’de mevzuat sığınma odalarını zorunlu kılmamaktadır ancak büyük ve karmaşık yapıdaki ocaklar yüzeyden sondaj kuyusu ile bağlantılı sığınakları benimsemekte ve kullanmaktadır.

Bir saklanma alanının duvarlarının dayanması gereken basınç orta kuvvette bir patlamanın statik basıncın üst limitidir. Patlama anında duvarın maruz kalacağı basınç 7 kPa’dır. Ancak yapılan akademik çalışmalara göre bir duvar en az 35 kPa basınca dayanıklı olmalıdır. Saklanma alanı duvarının dayanıklı olması gereken basınç seviyesi Almanya için 525 kPa, İngiltere için 350 kPa’dır [25].

Almanya’da çalışma yürütülen alandan temiz havaya ulaşılacak yürüme mesafesinin 90 dakikayı aşacağı durumda kaçış odaları bulundurulmalıdır [28].

İsveç Maden Yasası en az dört saat boyunca hava desteği sağlayan sığınma odalarını zorunlu kılmaktadır. İsveç’te Dalarna bölgesindeki Garpenberg’de 826 m derinlikte gerçekleşen yangın sonrasında 166 çalışanın hayatı sığınma odaları kullanılarak kurtarılmıştır. 2013 yılında, 13.yy’dan beri işletilen 400 kişinin çalıştığı bir metal madeninde duman oluşumu sonrasında dört çalışan da yine sığınma odasına ulaşmış ve oradan kurtarılmıştır. Garpenberg’deki madende 4-8 kişilik 36 adet sığınma odası bulunmaktadır [31].

İrlanda maden yasaları da yeraltı madenlerinde sığınma odalarını zorunlu kılmaktadır [32].

### 3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Yeraltı metal madenlerinde sığınma odaları ile ilgili minimum gerekliliklerin belirlenebilmesi için öncelikle bu alana dair çeşitli uygulamalar, akademik makaleler, mevzuatlar ve standartlar incelenmiş, ardından kapsamlı bir kontrol listesi hazırlanarak saha ziyaretleri gerçekleştirilmiştir.

#### 3.1 ARAŞTIRMA HAKKINDA BİLGİ

Çalışma kapsamında farklı illerde bulunan bir demir, bir altın ve iki bakır madenine saha ziyareti gerçekleştirilmiş ve Tablo 3.1.'de yer alan kontrol listesi uygulanmıştır. Bu kontrol listesi, sığınma odaları ile ilgili minimum gerekliliklerin belirlenmesi amacıyla hazırlanmıştır.

Saha ziyareti esnasında madenin genel durumu ile birlikte sığınma odaları incelenmiş; önceden hazırlanan kontrol listesi yardımı ile sabit ve taşınabilir sığınma odalarının seçim kriterleri, çalışma prensipleri, kişi kapasiteleri, işletmeye uygunluğu ve metal madenlerinde ne derece kullanılabilir oldukları gözlemlenmiştir. Saha ziyareti esnasında gözlemlenen sığınma odalarında bulunan O<sub>2</sub> kaynaklarının yeterli olup olmadığı O<sub>2</sub> miktarı hesaplamaları yapılarak değerlendirilmiş, odaların kişi kapasitelerine göre yeterli O<sub>2</sub> tüpü bulunmayan işletmelere önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca sığınma odalarında gaz temizleyici kimyasal bulundurmayan bir işletme için, CO<sub>2</sub> temizleyici olarak kullanılan pasif LiOH perdelerinin miktarı odanın kişi kapasitesine göre hesaplanmış ve bir alternatif olarak işletmeye sunulmuştur.

Bu çalışma kapsamında, işletmelerin genel İSG uygulamaları gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, sığınma odalarının ADP'lere hangi derecede ve ne şekilde dahil edildiği incelenmiştir.

Kontrol listesinde yer alan soruların teknik sorular olması nedeniyle uygulama aşaması işletmenin iş güvenliği uzmanı, ilgili mühendisler ve işletme müdürü ile birlikte gerçekleştirilmiştir.

Genel hatlarıyla çalışma sürecinde izlenen adımlar Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



**Şekil 3.1. Tez çalışması aşamalarını gösteren iş akış şeması**

### **3.1.1. Kontrol listesinin hazırlanması**

Çalışma kapsamında, saha ziyaretleri esnasında kullanılmak üzere hazırlanmış olan bu kontrol listesinde toplam 26 adet soru bulunmaktadır. Kontrol listesinde yer alan sorular, yabancı ülke mevzuatları ile MSHA ve NIOSH’un yaptığı çalışmalar incelenerek hazırlanmıştır. Aşağıdaki Tablo 3.1.’in ilk sütununda hazırlanan kontrol listesi soruları, ikinci sütunda ise NIOSH ve MSHA tarafından sığınma odalarında olması tavsiye edilen minimum değerler ve gereklilikler

gösterilmektedir. Hazırlanan soruların ilk beşinin cevabı işletmeden işletmeye değişiklik gösterdiğinden uygunlukları da işletmelere göre değerlendirilmiştir.

**Tablo 3.1. İşletmelerde kullanılan kontrol listesi**

|           | <b>KONTROL LİSTESİ</b>                                                   | <b>UYGULAMA</b>                                                         |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>  | Bir vardiyada yeraltında kaç çalışan bulunmaktadır?                      | İşletmeye özel                                                          |
| <b>2</b>  | İşletmede sabit sığınma odası var mı? Varsa kaç adet? Kaç kişilik?       | İşletmeye özel                                                          |
| <b>3</b>  | İşletmede taşınabilir sığınma odası var mı? Varsa kaç adet? Kaç kişilik? | İşletmeye özel                                                          |
| <b>4</b>  | Toplam sığınma odası kişi kapasitesi nedir?                              | İşletmeye özel                                                          |
| <b>5</b>  | OFK kullanım süresi nedir?                                               | İşletmeye özel                                                          |
| <b>6</b>  | Sığınma odaları mevcut ADP'lere dahil mi?                                | Gerekli                                                                 |
| <b>7</b>  | Sığınma odalarında asgari kalma süresi nedir?                            | 36 saat (metal madenleri için)                                          |
| <b>8</b>  | Sığınma odasından çalışılan ayağa olan maksimum uzaklık kaç metredir?    | Normal yürüme koşullarında, maksimum 30-60 dakikalık yürüme mesafesinde |
| <b>9</b>  | Sığınma odasının patlama basıncı dayanımı kaç psi <sup>2</sup> ?         | 5 psi                                                                   |
| <b>10</b> | Sığınma odasının kapılarının basınç dayanımı kaç bar?                    | 5 bar                                                                   |
| <b>11</b> | Oda içinde hangi gazlar izlenmektedir?                                   | CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>                                    |

<sup>2</sup> psi: Pounds per square inch (inç kareye pound cinsinden uygulanan kuvvet)

**Tablo 3.1. İşletmelerde kullanılan kontrol listesi (devamı)**

|    | <b>KONTROL LİSTESİ</b>                                                                        | <b>UYGULAMA</b>                                                                  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 12 | Oda dışında hangi gazlar izlenmektedir?                                                       | CO, O <sub>2</sub>                                                               |
| 13 | Minimum O <sub>2</sub> konsantrasyonu nedir?                                                  | %18,5                                                                            |
| 14 | Maksimum O <sub>2</sub> konsantrasyonu nedir?                                                 | %23                                                                              |
| 15 | Maksimum CO konsantrasyonu nedir?                                                             | 25 ppm                                                                           |
| 16 | Maksimum CO <sub>2</sub> konsantrasyonu nedir?                                                | %1, CO <sub>2</sub> konsantrasyonu 24 saatlik periyotta %2,5'u geçmemelidir      |
| 17 | Odanın içinde bulunan O <sub>2</sub> kaynakları nelerdir?                                     | Basınçlı hava hattı, medikal tipte oksijen tüpleri, hava tüpleri ve oksijen mumu |
| 18 | Odalarda CO <sub>2</sub> ve CO Gaz Temizleme Ekipmanları bulunuyor mu? Varsa ne kullanılıyor? | Gerekli                                                                          |
| 19 | Sığınma odasında pozitif basınç sistemi var mı?                                               | Gerekli                                                                          |
| 20 | Yeryüzü ile iletişim aracı nedir?                                                             | Gerekli                                                                          |
| 21 | Oda içerisinde güncel ADP var mı?                                                             | Gerekli                                                                          |
| 22 | Harici atık bertaraf sistemi var mı?                                                          | Gerekli                                                                          |
| 23 | İlk yardım malzemeleri var mı?                                                                | Gerekli                                                                          |
| 24 | Kişi başına düşen serbest alan nedir?                                                         | 1,40 m <sup>2</sup> / kişi                                                       |
| 25 | Kişi başına düşen serbest hacim nedir?                                                        | 0,85 – 1,70 m <sup>3</sup> /kişi                                                 |
| 26 | Oda içi maksimum sıcaklık nedir?                                                              | 35°C                                                                             |

### 3.1.2. Oksijen tüpü miktarının hesaplanması

Tezin genel bilgiler kısmında bahsedildiği gibi MSHA, mahsur kalan madencilerin sığınma odasında kaldıkları sürenin 4/5'inde dinlenme, 1/5'inde ise hareket halinde olacaklarını varsaymıştır. Bu varsayımına göre, MSHA, dinlenme halinde ortalama bir madencinin saatte  $0,017 \text{ m}^3 (\approx 0,60 \text{ ft}^3)$   $\text{O}_2$ , hareket halinde iken ise saatte  $0,12 \text{ m}^3 (\approx 4,2 \text{ ft}^3)$   $\text{O}_2$  tüketeceğini belirtmiştir [12]. Aşağıdaki hesaplamalar MSHA'nın kabul ettiği bu değerler üzerinden yapılmıştır.

Madencilerin mahsur kaldıkları sürecin 4/5'inde dinlenme halinde oldukları kabul edildiğinde;

$$\begin{aligned} & \frac{4}{5} \times \left( \frac{\text{Madenci başına } \text{O}_2 \text{ soluma oranı}}{\text{saat}} \right) \\ &= \frac{4}{5} \times \left( 0,017 \text{ O}_2 \frac{\text{m}^3}{\text{saat} \times \text{madenci}} \right) = 0,0136 \text{ O}_2 \frac{\text{m}^3}{\text{saat} \times \text{madenci}} \end{aligned} \quad (3.1)$$

Madencilerin mahsur kaldıkları sürecin 1/5'inde hareket halinde oldukları kabul edildiğinde;

$$\begin{aligned} & \frac{1}{5} \times \left( \frac{\text{Madenci başına } \text{O}_2 \text{ soluma oranı}}{\text{saat}} \right) \\ &= \frac{1}{5} \times \left( 0,12 \text{ O}_2 \frac{\text{m}^3}{\text{saat} \times \text{madenci}} \right) = 0,024 \text{ O}_2 \frac{\text{m}^3}{\text{saat} \times \text{madenci}} \end{aligned} \quad (3.2)$$

Sonuç bize MSHA'nın kabul ettiği değerlerle her bir madencinin saatte tüketeceği  $\text{O}_2$  miktarını vermektedir [12].

$$0,0136 \text{ O}_2 \frac{\text{m}^3}{\text{saat} \times \text{madenci}} + 0,024 \text{ O}_2 \frac{\text{m}^3}{\text{saat} \times \text{madenci}} = 0,0376 \text{ O}_2 \frac{\text{m}^3}{\text{saat} \times \text{madenci}}$$

Tüketim oranları ve ağırlıklı aktivite oranları kullanılarak yaklaşık  $\text{O}_2$  soluma oranı  $0,0376 \text{ m}^3$  olarak hesaplanmıştır.

Yukarıdaki formüller kullanılarak her bir madencinin herhangi bir zaman aralığında tüketeceği  $\text{O}_2$  miktarı hesaplanabilecektir. Genel bilgilerde bahsedildiği gibi, yeraltı metal madenlerinde bulunan sığınma odaları için asgari kalma süresi 36 saat olarak belirlenmiştir ve hesaplamalar yapılırken 36 saat yaşam desteği sağlayan bir sığınma odasının, on kişilik bir kapasiteye sahip

olduğu varsayılmıştır. Aşağıdaki hesaplamalar 36 saatlik bir zaman diliminde madenci başına gerekli olan O<sub>2</sub> miktarını göstermektedir.

$$0,0376 \text{ O}_2 \frac{m^3}{\text{saat} \times \text{madenci}} \times 36 \text{ saat} = 1,3536 \text{ O}_2 \frac{m^3}{\text{madenci}}$$

Sığınma odasında 36 saat geçirecek on madenci için gerekli olan O<sub>2</sub> miktarı;

$$1,3536 \text{ O}_2 \frac{m^3}{\text{madenci}} \times 10 \text{ madenci} = 13,536 \text{ O}_2 \frac{m^3}{\text{Sığınma Odası}} \quad (3.3)$$

Örneğin, doldurma basıncı 200 bar'a (50 lt) eşit olan medikal tipteki O<sub>2</sub> tüplerinin içindeki O<sub>2</sub> miktarı 7,5 ile 10,6 m<sup>3</sup> arasında değişmektedir [33,34]. Hesaplamalar üst sınır olan 10,6 m<sup>3</sup> üzerinden yapılmıştır. O<sub>2</sub> tüpünün hacminin bilinmesi sığınma odasında kalacak on madencinin tüketeceği O<sub>2</sub> tüpü sayısının hesaplanmasına olanak sağlayacaktır.

On kişilik sığınma odası için;

$$\frac{\text{İhtiyaç duyulan O}_2 \text{ Tüpü Sayısı}}{10 \frac{\text{Madenci}}{\text{Sığınma Odası}}} = \frac{10 \text{ madenci için gereken O}_2 \text{ miktarı}}{\text{Tüp başına düşen O}_2 \text{ miktarı}} \quad (3.4)$$

$$= \frac{13,536 \text{ m}^3}{10,6 \text{ m}^3} = 1,276 \approx 2$$

Yeraltı sığınma odasında 36 saat süresince on kişinin hayatını sürdürmek için gerekli olacak O<sub>2</sub> tüpü sayısı en az iki olarak hesaplanmıştır.

### 3.1.3. LiOH miktarının hesaplanması

Genel bilgilerde bahsedildiği gibi MSHA, solunum katsayısını yeraltı madenleri için 0,8 olarak belirlemiştir [12]. Yukarıda yapılan O<sub>2</sub> tüpü hesaplamalarında görüldüğü üzere, sığınma odasında mahsur kalan çalışanların O<sub>2</sub> soluma oranı 0,0376 m<sup>3</sup>/saat olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu rakam ile MSHA tarafından belirlenen solunum katsayısı (0,8) çarpılarak, ortalama bir madencinin saatte üreteceği CO<sub>2</sub> miktarı hesaplanmaktadır.

$$\text{CO}_2 \text{ Üretimi} = 0,0376 \frac{m^3}{\text{saat}} \times 0,8 = 0,030 \frac{m^3}{\text{saat}}$$



Genel bilgilerde bahsedildiği gibi yeraltı metal madenlerinde bulunan sığınma odaları için asgari kalma süresi 36 saat olarak belirlenmiştir. Maksimum 36 saat yaşam desteği sağlayan bir sığınma odasının on kişilik bir kapasiteye sahip olduğu varsayılmıştır. Bu varsayıma dayanarak sığınma odasında 36 saat geçirecek on madenci için gerekli olan LiOH miktarının hesaplaması aşağıda gösterilmektedir.

$$CO_2 \text{ Üretimi} = 0,030 \frac{m^3}{\text{saat} \times \text{madenci}} \times 10 \text{ madenci} \times 36 \text{ saat} = 10,828 m^3 CO_2 \quad (3.5)$$

0,453 kg (1 lbs) LiOH 0,360 kg - CO<sub>2</sub> emebilmektedir [20].

1 ton CO<sub>2</sub>'in hacim hesaplaması

1 ton = 1000kg

1 m<sup>3</sup> = 1000 litre

1 mol CO<sub>2</sub> = 44.0g (CO<sub>2</sub> = 12.0g + 32.0g = 44.0g)

1 ton 22730 mol CO<sub>2</sub> içermektedir. (1,000,000g / 44.0g/mol)

1 mol 24.47 litre (Boyle yasası 25°C, 1 atm)

1 ton CO<sub>2</sub> hacmi = 22730 mol × 24.47L/mol = 556200L = 556.2m<sup>3</sup>

$$\text{Gerekli olan LiOH} = 10,828 m^3 CO_2 \times \frac{1000kg CO_2}{556,2m^3} \times \frac{0,453kg LiOH}{0,360kg CO_2} \cong 24,49 \cong 25 kg LiOH$$

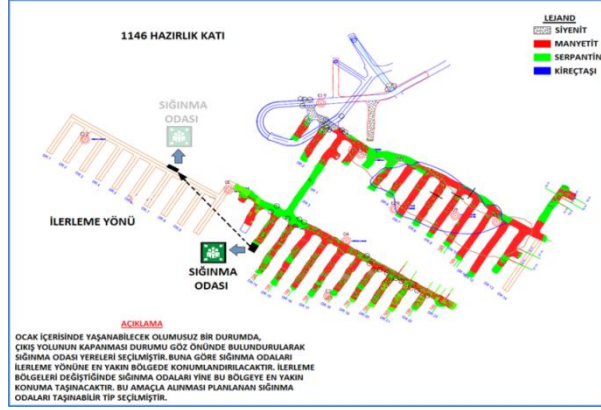
Sığınma odasında 36 saat geçirecek on madenci için gerekli olan LiOH miktarı 25 kg olarak hesaplanmıştır.

## 3.2. ÇALIŞMANIN YAPILDIĞI İŞYERLERİNİN TANITIMI

### 3.2.1. Birinci İşletme (Maden No.1)

Maden No.1'de demir cevheri (hematit, manyetit) çıkarılmaktadır. Üretim yöntemi olarak ara katlı göçertme yapılmaktadır. İşletmede birisi hazırlık katı diğeri ise üretim katı olmak üzere iki katta çalışma yapılmaktadır. Üst kat üretim katı olup bir alt kat hazırlık katıdır. Üretim katı tamamlandıktan sonra hazırlık katı üretim katı olarak çalışmakta, biten üretim katının yerine ise yeni üretim katının altından yeni hazırlık galerileri sürülmektedir. İşletmede yer altında 350,

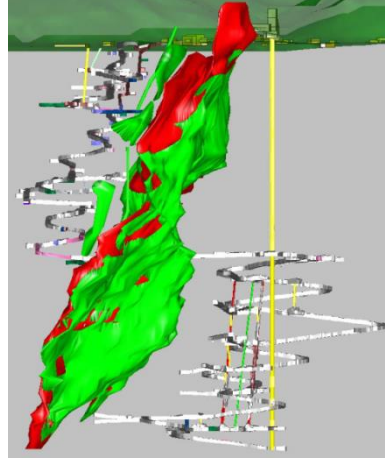
yer üstünde ise 150 kişi olmak üzere toplamda 500 kişi çalışmaktadır. Yer altında her vardiyada ortalama 25 kişi bulunmaktadır. Maden yeryüzüne üç noktadan bağlıdır ve bu noktaların her biri hem giriş hem de çıkış olarak kullanılmaktadır. Ocağın en alt noktasından yeryüzüne yürüme mesafesi 1525 m'dir. Şekil 3.2.'de işletmenin genel planı gösterilmektedir.



**Şekil 3.2. Ara katlı göçertme yapılan birinci işletmenin genel planı**

### 3.2.2. İkinci İşletme (Maden No.2)

Maden No.2'de bakır ve çinko üretimi yapılmaktadır. Yan kayaçlar bazalt, tuf, çamur taşı ve riyolittir. İşletmede geri dolgulu kat arası üretim yöntemi uygulanmakta ve tam mekanize maden üretimi yapılmaktadır. Havalandırma, ana havalandırma kuyusu, ana nakliye kuyusu temiz hava girişi ve ana rampa dönüş hava yolu ile sağlanmaktadır. İşletmede yer altı ve yer üstü olarak toplamda 472 kişi çalışmaktadır. Müteahhit çalışan sayısı ise 130'dur. Yer altında her vardiyada ortalama 60 kişi bulunmaktadır. Madenin yeryüzüne iki giriş çıkışı bulunmakta ve ocağın en alt noktasından yeryüzüne yürüme mesafesi 6500 m'dir. Şekil 3.3.'te ikinci işletmenin genel planı gösterilmektedir.

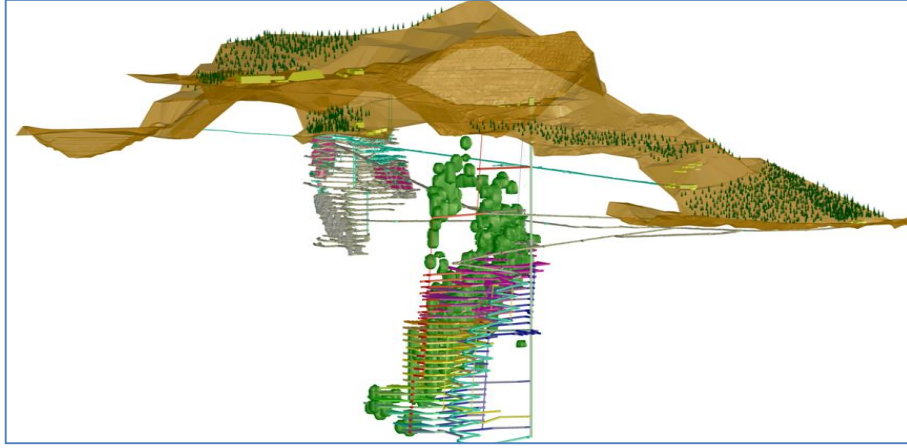


**Şekil 3.3. Geri dolgulu kat arası üretim yapılan ikinci işletmenin genel planı**

### **3.2.3. Üçüncü İşletme (Maden No.3)**

Maden No.3'te bakır mineralleri, kalkopirit ve bornit çıkarılmaktadır. İşletme, 80 makine ile tam mekanize madencilik faaliyeti göstermektedir. Maden üretim yöntemi olarak geri dolgulu arakat göçertme ve ayna ilerleme metodu olarak da delme-patlatma yöntemi uygulanmaktadır. Açılan göçertmelerin geri dolgusunda ise çimentolu pasa dolgu, macun dolgu ve pasa dolgu kullanılmaktadır. Ana galeri, ana rampa, kat galerileri ve sabit tesisler için açılan boşlukların maden faaliyeti süresince ayakta tutulması için de tahkimat yöntemlerinden; püskürtme beton, çelik hasır, kaya bulonu ve çelik iksa uygulamaları yapılmaktadır. İşletmede havalandırma faaliyetleri, mekanik olarak fanlarla sağlanmaktadır. Yardımcı havalandırma ekipmanı olarak ise hava kapıları, hava kuyuları, egzoz kuyuları, tali fan ve fan tüpleri kullanılmaktadır.

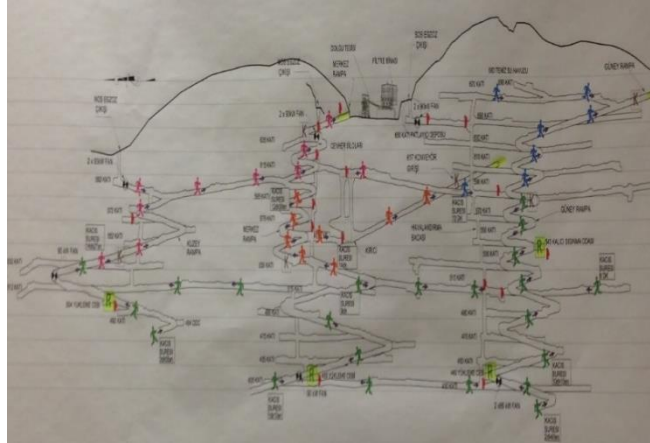
İşletmede yer altı ve yer üstü olmak üzere toplamda 351 kişi çalışmaktadır. Yer altında her vardiyada ortalama 45 kişi bulunmaktadır. Madende bir kuyu girişi, üç araç girişi ve bir yaya girişi olmak üzere toplam beş giriş bulunmaktadır. Ocağın en alt noktasından yeryüzüne yürüme mesafesi 3200 metredir. Resim 3.4.'te işletmenin genel planı gösterilmektedir.



**Şekil 3.4. Geri dolgulu ara kat göçertme yöntemi kullanılan üçüncü işletmenin genel planı**

#### 3.2.4. Dördüncü İşletme (Maden No.4)

Maden No.4'te altın cevheri çıkarılmaktadır. Taban ve tavan taşı boynuztaşıdır<sup>3</sup>. Üretim yöntemi olarak kes doldur sistemiyle çalışılmaktadır. İlerleme metodu olarak da delme-patlatma yöntemi uygulanmaktadır. İşletmede yer altı ve yer üstü olmak üzere toplamda 437 kişi çalışmaktadır. Yer altında gündüz vardiyasından maksimum 80 kişi, gece vardiyasında ise 50 kişi bulunmaktadır. Madende toplam üç giriş bulunmaktadır ve ocağın en alt noktasından yeryüzüne yürüme mesafesi 600 m'dir. Şekil 3.5.'te işletmenin genel planı gösterilmektedir.



**Şekil 3.5. Kes doldur üretim yöntemi uygulanan dördüncü işletmenin genel planı**

<sup>3</sup> Boynuztaşı: Özellikle granitlerin kontak bölgelerinin en iç kısmında oluşan, sıkı yoğun, kırıldığında boynuz kırığı yüzeyi görünüşünü veren kara, gri, yeşilimsi bir kayadır [30].

## 4. BULGULAR

Bu çalışma kapsamında demir, bakır ve altın madeni ziyaret edilmiştir. Ziyaret edilen madenlerdeki sığınma odaları, iş sağlığı ve güvenliği açısından gözlemlenmiş olup; sığınma odalarının türleri, özellikleri ve çalışma prensipleri değerlendirilmiştir. Tablo 4.1.'de saha çalışması yapılan dört işletmenin çıkarılan maden cevherine göre dağılımı gösterilmektedir.

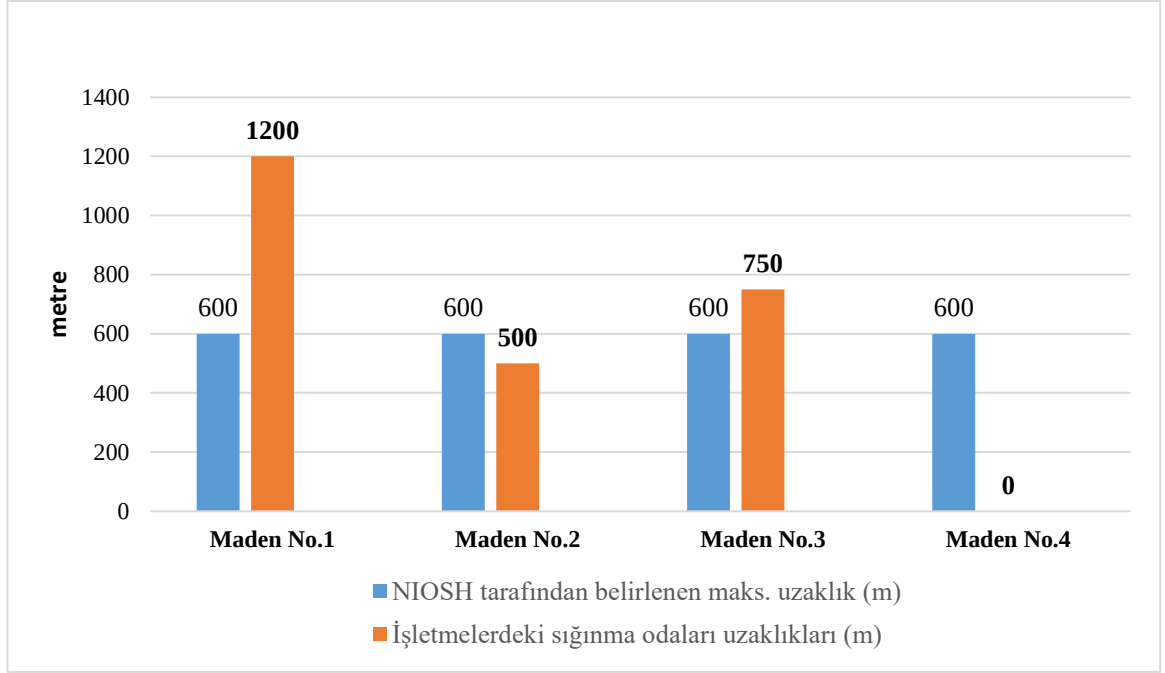
**Tablo 4.1. Saha çalışması yapılan dört işletmenin çıkarılan madene göre dağılımı**

| <b>Maden</b>      | <b>Çıkarılan Madene Göre</b> |
|-------------------|------------------------------|
| <b>Maden No.1</b> | Demir                        |
| <b>Maden No.2</b> | Bakır                        |
| <b>Maden No.3</b> | Bakır                        |
| <b>Maden No.4</b> | Altın                        |

Bu bölümde, işletmelere uygulanan kontrol listesi sonucunda elde edilen verilerin anlamlı bulunanları tablo ve grafikler yardımıyla karşılaştırılmakta ve ziyaret esnasında elde edilen bulgular işletme bazında detaylı bir şekilde verilmektedir. Uygulanan kontrol listesi neticesinde elde edilen verilerin tamamı EK-1'de ayrıca gösterilmektedir.

### 4.1. İŞLETMELERİN KONTROL LİSTESİNE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

Çalışma kapsamında ziyaret edilen işletmelerde dikkat edilen konulardan ilki, sığınma odalarının çalışma alanlarına olan mesafesidir. Maden No.1'de sığınma odalarının çalışılan ayağa olan maksimum uzaklığı 1200 m olarak belirlenmiştir. Maden No.2'de ise çalışma alanları ile sığınma odaları arasındaki maksimum mesafe 500 m olarak belirlenmiştir. Maden No.3'te çalışma bölgeleri ile sığınma odaları arasındaki uzaklık 750 m'yi geçmemektedir. Maden No.4'te farklı bir yaklaşım izlenmekte olup; işletmede kullanılmakta olan sığınma odalarının birbirlerine olan uzaklıkları, OFK'lerin kullanım süreleri ve çalışma bölgelerinden güvenli alanlara yürüyüş mesafeleri, süre bazında ölçülerek güncellenmektedir. Çalışma kapsamında, saha ziyareti gerçekleştirilen işletmelerde bulunan sığınma odalarının çalışılan bölgeye ve çıkışlara olan maksimum uzaklığı Şekil 4.1.'de gösterilmektedir.



**Şekil 4.1. Sığınma odalarının çalışılan bölgeye olan maksimum uzaklığı (m)**

Tablo 4.3.'te madenlerde bulunan sabit ve taşınabilir sığınma odaları için işletme tarafından belirlenen maksimum ve minimum gaz konsantrasyonları karşılaştırılmaktadır.

**Tablo 4.3. Madenlerdeki maksimum ve minimum gaz konsantrasyonları**

| Maden             | Min O <sub>2</sub><br>Konsantrasyonu<br>(%) | Max O <sub>2</sub><br>Konsantrasyonu<br>(%) | Max CO<br>Konsantrasyonu<br>(ppm) | Max CO <sub>2</sub><br>Konsantrasyonu<br>(%) |
|-------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Maden No.1</b> | 19                                          | 21                                          | 60                                | %1                                           |
| <b>Maden No.2</b> | 19                                          | 21                                          | 25                                | 0,5                                          |
| <b>Maden No.3</b> | 16                                          | 20,9                                        | 20                                | İzlenmemektedir                              |
| <b>Maden No.4</b> | 18,5                                        | 23                                          | 25                                | 1                                            |

Çalışma kapsamında göz önünde bulundurulan bir diğer unsur ise odaların içinde ve dışında izlenen gazlardır. Maden No.1'de odanın içinde O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> gazları izlenmektedir ancak odanın içinde, dışarıdaki gazlar izlenmemektedir. Maden No.2'de odanın içinde CO, CO<sub>2</sub> ve

O<sub>2</sub> izlenmektedir. Bu gazlar, elektronik gaz ölçüm cihazı ve elle çalışan gaz ölçüm tüpleri ile ölçülmektedir. Odanın dışında ise CO, nitrojen oksitler (NO<sub>x</sub>), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S), O<sub>2</sub> gazları izlenmektedir. Maden No.3'te ise oda içinde O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> gazları seygar gaz ölçüm cihazlarıyla izlenmektedir. Ocakta da O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> gazları izlenmekte ancak CO<sub>2</sub> gazı izlenmemektedir. Maden No.4'te odaların içinde O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO gazları elektronik ve elle çalışan (tüp) gaz ölçüm cihazlarıyla izlenmektedir. Sığınma istasyonunun içinden, dışarıdaki gazlar izlenmemektedir. Kontrol listesi uygulanan madenlerde oda içinde ve dışında izlenen gazlar Tablo 4.4.'te gösterildiği gibidir.

**Tablo 4.4. Madenlerde oda içinde ve dışında izlenen gazlar**

| <b>Maden</b>      | <b>Odanın içinde izlenen gazlar</b>                                      | <b>Odanın dışında izlenen gazlar</b>                                     |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Maden No.1</b> | O <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub>                                     | İzlenmemektedir.                                                         |
| <b>Maden No.2</b> | CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>                                     | CO, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, O <sub>2</sub> |
| <b>Maden No.3</b> | O <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO, H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO, H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> |
| <b>Maden No.4</b> | O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CO                                    | İzlenmemektedir                                                          |

Çalışma nedeniyle, ziyaret edilen madenlerde gaz temizleme ekipmanlarının kullanılıp kullanılmadığı ve kullanılan gaz temizleme ekipmanlarının neler olduğu Tablo 4.5.'te gösterilmektedir.

**Tablo 4.5. Madenlerde kullanılan gaz temizleme ekipmanları**

| <b>Maden</b>      | <b>Odalarda CO<sub>2</sub> ve CO Gaz Temizleme Ekipmanları</b>                  |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Maden No.1</b> | CO ve CO <sub>2</sub> tutucu kartuşlar                                          |
| <b>Maden No.2</b> | CO ve CO <sub>2</sub> tutucu kartuşlar                                          |
| <b>Maden No.3</b> | Temizleme ekipmanı kullanılmamaktadır<br>Dışarıdan basınçlı hava sağlanmaktadır |
| <b>Maden No.4</b> | CO ve CO <sub>2</sub> tutucu kartuşlar                                          |

Gerçekleştirilen ziyaretler esnasında, sığınma odalarının hava kalitesinde belirleyici unsur olan serbest alan ve hacim de incelenmiştir. Aşağıdaki Tablo 4.6.'da madenlerde bulunan sığınma odalarında kişi başına düşen serbest alan ve hacimler gösterilmektedir.

**Tablo 4.6. Madenlerdeki sığınma odalarının serbest alan ve serbest hacimleri**

| <b>Maden</b>      | <b>Serbest alan (m<sup>2</sup>)</b> | <b>Serbest hacim (m<sup>3</sup>)</b> |
|-------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Maden No.1</b> | 0,5                                 | 0,75                                 |
| <b>Maden No.2</b> | 1                                   | 2                                    |
| <b>Maden No.3</b> | Sabit 3,5                           | Sabit 20                             |
|                   | Taşınabilir için 0,85               | Taşınabilir için 1,80                |
| <b>Maden No.4</b> | 1,25                                | 4,63                                 |

Ziyaret esnasında elde edilen verilere göre işletmelerde bulunan sığınma odalarının gövde ve kapılarının patlama basınç dayanımları Tablo 4.7.'de gösterilmiştir.

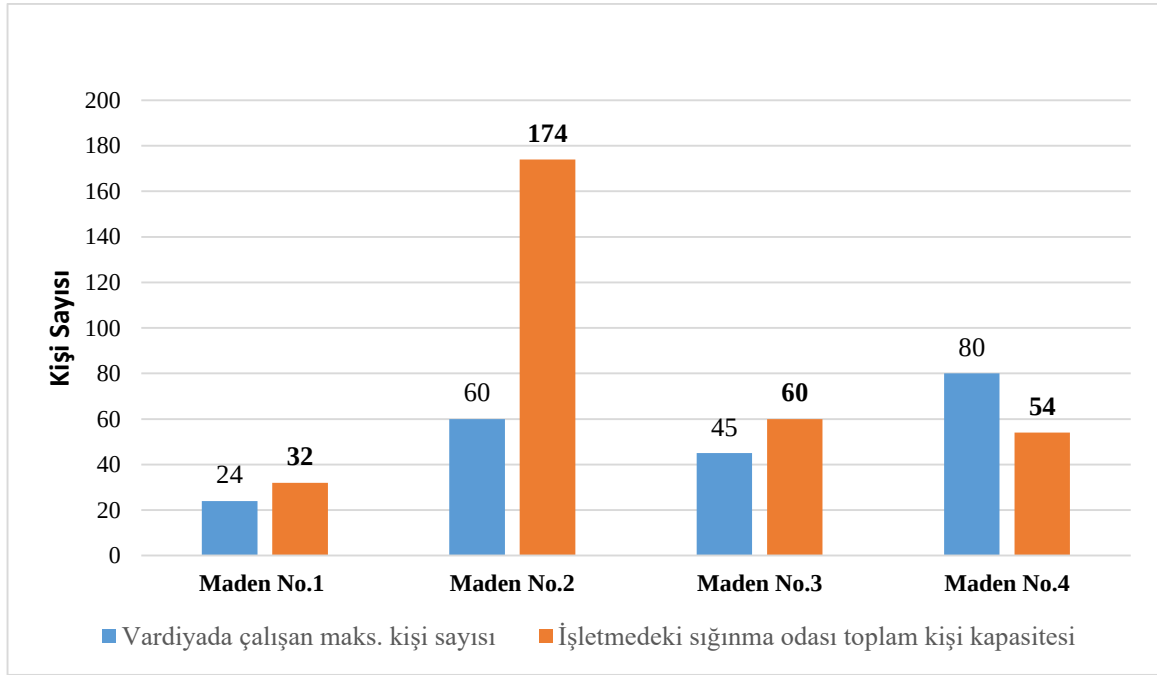
**Tablo 4.7. Sığınma odalarının gövde ve kapılarının patlama basınç dayanımları**

| <b>Maden</b>      | <b>Sığınma odasının sabit basınç dayanımı (psi)</b> | <b>Sığınma odası kapısının basınç dayanımları (bar)</b> |
|-------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Maden No.1</b> | Bilinmiyor                                          | 5                                                       |
| <b>Maden No.2</b> | 5                                                   | 5                                                       |
| <b>Maden No.3</b> | 15                                                  | 2,4                                                     |
| <b>Maden No.4</b> | 5                                                   | 5                                                       |

Maden No.1’de dört adet sekizer kişilik (32 kişilik) sığınma odası bulunmakta ve yeraltında her vardiyada ortalama 25 kişi bulunmaktadır. Maden No.2’de tüm sığınma odalarının toplam kapasitesi 174 kişidir. Maden No.2 başlığı altında bulunan Tablo 4.1.’de işletmede bulunan sığınma odaları ve odaların kişi kapasiteleri detaylı olarak gösterilmektedir. Aynı işletmede yeraltında her vardiyada ortalama 60 kişi bulunmaktadır. Maden No.3’te ise üç adet 15’er kişilik kapasiteye sahip sabit ve bir adet 14 kişilik kapasiteye sahip taşınabilir sığınma odası bulunmaktadır. Sığınma odalarının toplam kapasitesi 60 kişidir ve yer altında her vardiyada ortalama 45 kişi bulunmaktadır. Maden No.4’te üç adet sekiz kişilik taşınabilir sığınma odası

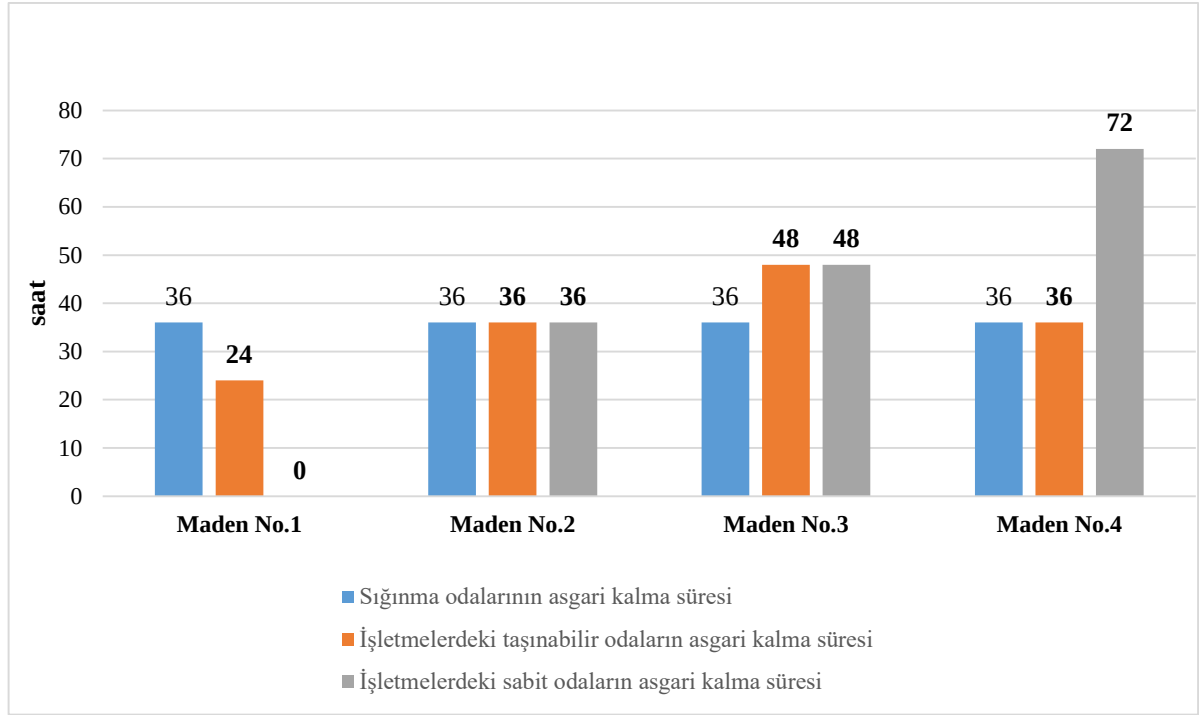


hizmet vermekte ve taşınabilir odaların yanı sıra bir adet 30 kişilik sabit sığınma odası bulunmaktadır. İşletmede yer altında gündüz vardiyasında maksimum 80 kişi bulunmaktadır. Aşağıdaki Şekil 4.2.'de saha ziyareti gerçekleştirilmiş olan madenlerdeki sabit ve taşınabilir sığınma odalarının toplam kişi kapasiteleri, işletmede bir vardiyada çalışan maksimum kişi sayısı ile kıyaslanmaktadır.



**Şekil 4.2. Madenlerdeki sığınma odalarının kişi kapasitelerinin kıyaslanması**

Yeraltı metal madenlerinde sığınma odaları için belirlenen asgari kalma süresi genel bilgiler kısmında da belirtildiği gibi 36 saat olarak kabul edilmektedir. Maden No.1'in bulundurduğu, sığınma odalarında kullanılacak ekipmanlara enerji sağlayacak bataryalar, maksimum 24 saatlik; Maden No.2'nin 36 saatlik ve Maden No.3'ün 48 saatliktir. Maden No.4'te bulunan bataryaların taşınabilir sığınma odalarında bulunanları 36 saatlik, sabit sığınma odalarında bulunanları ise 72 saatlik sürekli kullanım için uygundur. Aşağıdaki Şekil 4.3.'te saha ziyareti gerçekleştirilmiş olan madenlerinde bulunan sabit ve taşınabilir sığınma odalarının sağladığı asgari kalma süreleri kıyaslanmaktadır.



**Şekil 4.3. Madenlerdeki sabit ve taşınabilir sığınma odalarında asgari kalma süreleri**

Çalışma esnasında sığınma odaları incelenirken dikkat edilen bir diğer önemli husus ise odalarda bulundurulmuş O<sub>2</sub> tüpü adedidir. Maden No.1’de sekiz kişi kapasiteli sığınma odasının içerisinde bir adet O<sub>2</sub> tüpü (50 lt, 200 bar) bulunmaktadır. Maden No.2’de ise 30 kişi kapasiteli sabit sığınma odalarında dört adet, 12 kişi kapasiteli taşınabilir sığınma odası içinde ise iki adet O<sub>2</sub> tüpü bulunmaktadır. Maden No.3, 15 kişi kapasiteli sabit sığınma odalarının her birinde iki adet medikal tipte O<sub>2</sub> tüpü bulundurulurken, 14 kişi kapasiteli taşınabilir sığınma odası içinde bir adet O<sub>2</sub> tüpü bulundurmaktadır. Maden No.4 ise, 30 kişi kapasiteli sığınma odasında sekiz adet medikal tipte O<sub>2</sub> tüpü, sekiz kişilik taşınabilir sığınma odalarında ise iki adet O<sub>2</sub> tüpü bulunmaktadır.

#### 4.2. MADEN NO.1

İşletmede dört adet portatif sığınma odası bulunmaktadır. İşletme, sığınma odalarını 01 Haziran 2015 tarihinde teslim almış, kurulumunu ise 20 Haziran 2015 tarihinde tamamlamıştır. Odaların bakımları, satın alınan firma tarafından üç ayda bir periyodik olarak yapılmaktadır.

Taşınabilir odalar, üretim ve hazırlık çalışmalarında personelin yoğun olduğu bölgelere yakın noktalara konulmuştur. Odalar, madenin kalıcı tahkimat kurallarına uygun şekilde hazırlanmış

ve demir cevheri içerisinde bulunan galerilere yerleştirilmiştir. Odalarda, bu galerilerde üretim için kullanılan enerji ve havalandırma tertibatlarından faydalanılmıştır.

Sığınma odasının konumu belirlenirken, tek çıkışın olduğu bölgelerde benzinle çalışan araçların kullanıldığı çalışma alanlarında potansiyel sıkışma ve yol tıkanıklığına neden olabilecek durumlar göz önünde bulundurulmuş olup sığınma odasının bulunduğu bölgelerde yeraltı iş makinelerinin manevra yapması yasaklanmıştır.

Üretilen maden demir cevheri ve kullanılan tahkimatlar yanmaz nitelikte olduğu için işletmede cevherden kaynaklı yangın riski bulunmamaktadır.

Sığınma odasının kapasitesi her bir katta çalışan personel sayısı içeride bulunması muhtemel kişilerin de değerlendirilmesi ile (işveren, kontrol mühendisi, teknik servis elemanı, ziyaretçi vs.) en fazla sekiz kişi olarak belirlenmiş ve katlara sekiz kişilik taşınabilir tip bir sığınma istasyonu yerleştirilmiştir. Şekil 4.4.'te sekiz kişi kapasiteli portatif sığınma odasının dışarıdan görünüşü gösterilmektedir. Sığınma odası üzerinde LED'li ışık mevcut olup sürekli çalışmaktadır. Ayrıca galeri sistemi içerisinde yön işaretlemeleri ve mesafe bilgileri bulunmaktadır.



**Şekil 4.4. Maden No.1’de bulunan sekiz kişi kapasiteli portatif sığınma odasının görünümü**

Herhangi bir acil durum anında kullanıma hazır olması için, odalar çalışır vaziyette (stand-by modunda) bulundurulmalıdırlar.

Odanın gövdesinde kullanılan çelik levhalar, işletmenin talebi üzerine dayanıklılığı arttırmak amacıyla 3 mm kalınlıktan 5 mm kalınlığa çıkarılmıştır. Tavan ve taban tamamen bir ana çerçeve (çelik borulu yapı) üzerine yapılmış, maksimum mekanik direnç sağlamak ve minimum kaçak oranı ile oda içerisinde pozitif basınç sağlamak için birbirine kaynaklıdır. İkili kilit sistemi bulunan ve kapalı halde tutulan oda kapıları, 5 bar basınca kadar dayanıklıdır. Şekil 4.5.'te çift kilit sistemine sahip kapı gösterilmektedir.



**Şekil 4.5. Çift kilit sistemine sahip taşınabilir sığınma odası kapısı**

Sığınma odasının zemini kaymaz bir yapıya sahiptir. Ancak olası sıvı birikmesi durumuna karşılık sıvı geçirgenliğine sahip gözenekli bir zemin yapısına sahip değildir. Odanın içerisindeki kaplama su bazlıdır ve beyaz renktedir. Sığınma odasında yanda ve kapıda olmak üzere iki adet gözetleme penceresi bulunmaktadır. Odanın yan kısmında ise bir adet acil çıkış kapısı bulunmaktadır.

Sığınma odaları, madenin basınçlı hava kaynağına bağlı bulunmaktadır. Sığınma odası içeriye gaz, toz ve dumanın girmesini önlemek için pozitif basınçta çalışır. Pozitif basınç, dıştan kompresör vasıtasıyla sağlanan basınçlı hava ile oluşturulmaktadır. Basınçlı hava borusundan havanın gelip gelmediği her üç aylık kontrollerde yetkili firma çalışanı tarafından kontrol

edilmektedir. Odada dışarıdan gelen basınçlı hava sistemi ve kendi kendine yeten, oksijen tüpü ile sağlanan hava sistemi olmak üzere iki farklı solunabilir hava sistemi bulunmaktadır.

Sığınma odası içerisinde bulunan sistem, otomatik olarak gaz ölçümü yapmakta ve ölçülen gazlar belirli değerlerin üzerine çıktığında sesli uyarı vermektedir. Basınçlı havaya yangın durumunda duman ( $\text{CO}_2/\text{CO}$  gazları) karışması riskine karşı istasyon içinde sensörlü otomatik kapama valfi bulunmaktadır.  $\text{CO}_2$  ve  $\text{CO}$ , gaz temizleme ekipmanları ile ortamdan temizlenebilmektedir.

Maden havasına su karışması durumunda ise sistem suyu 40 mikrona kadar filtrelemektedir.

Sistem, doğrudan maden enerjisi ile çalışabilmekte ve aynı zamanda olası enerji dalgalanmalarına karşı korumalıdır. Elektrik sistemi arıza yaptığında ışıklı alarm vermektedir.

Odada jel aküler kullanılmakta ve bu aküler  $50^\circ\text{C}$ 'ye kadar dayanmaktadır.  $50^\circ\text{C}$  üstünde akülerde değer kaybı oluşmaktadır. Aküler, sürekli şarja uygundur ve otomatik şarj konumunda bulundurulmaktadır. Akülerin ömrünün sürekli şarj ve deşarj olayına göre ömrü uzamakta ya da kısalmakta olduğundan, her üç ayda bir akülerin kontrol edildiği iş güvenliği uzmanı tarafından belirtilmiştir. Şekil 4.6.'da sığınma odasına ait bataryalar gösterilmektedir.



**Şekil 4.6. Taşınabilir sığınma odasına ait bataryalar**

Oda içerisinde klima bulunmakta ve klima sistemi, oda içinin 17-30°C arasında olacağı şekilde tutulmaktadır.

Oda içerisinden yeryüzü ile iletişim telefon ile sağlanmaktadır. Telefon, maden şantiyesine doğrudan bağlıdır ve odalarda ayrıca telsiz ile iletişim imkanı da bulunmaktadır. İşletmede bulunan personel konum belirleme sistemi ile de tek yönlü yardım çağrısı yapılabilmektedir.

Acil bir durum anında, bütün maden personelinin sığınma odasını ve haberleşme araçlarını etkin hale getirebilmesi ve kullanabilmesi için personele altı aylık periyotlarla eğitimler verilmektedir. Sığınma odasının kullanım talimatları yazılı ve görsel olarak görülebilecek yerlere ve sistemlerin üzerine yapııştırılmıştır. Şekil 4.7.'de odanın kullanım talimatı gösterilmektedir. Ayrıca oda içerisinde İngilizce ve Türkçe kullanım kılavuzları ile güncel bir ADP bulunmaktadır.



**Şekil 4.7. Taşınabilir sığınma odasının kullanım talimatı**

Odanın içeriğinin envanter kaydı yoktur. Ancak oda içerisinde yangın söndürücü ve battaniyesi, ilk yardım çantası, su, yiyecek ve portatif tuvalet mevcuttur. İçme suyu ve kalori miktarı işletme tarafından, kişi başı 24 saatlik kullanım için sırasıyla 2,3 lt ve 2000 kalori olarak belirlenmiştir.

Portatif odalarda ilerleme halinde taşınabilmeleri için hem kızak sistemi hem de tekerlek sistemi mevcuttur. Odaların dış yüzeyinde çekme ve kaldırma noktaları bulunmaktadır

### 4.3. MADEN NO.2

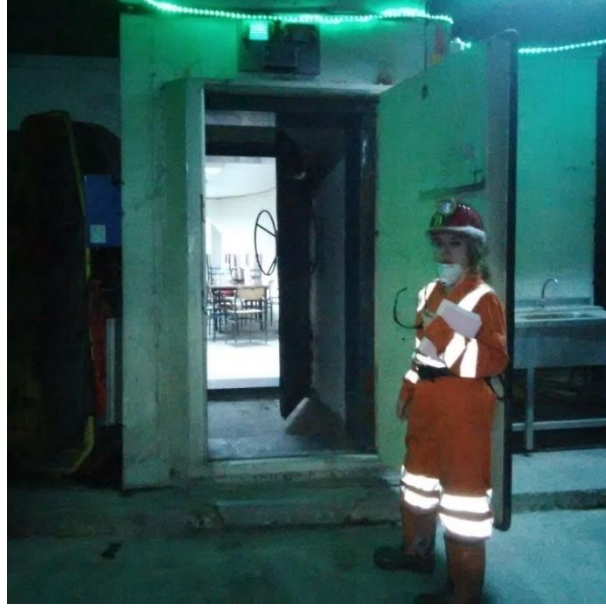
İşletmede kurulduğu günden (1994) bu yana sabit sığınma odaları bulunmaktadır. Ayrıca üretim ve havalandırma planlarında odaların yerleri gösterilmektedir. Bu odalar betonarme şeklinde ve dışardan hava beslemelidir. İşletme 2010 yılından itibaren ise taşınabilir sığınma odaları satın almakta ve yeraltında aktif olarak kullanmaktadır.

İşletmede, yedi adet taşınabilir, üç adet sabit olmak üzere toplam on adet sığınma odası bulunmaktadır. Tablo 4.8.'de Maden No.2'de bulunan sabit ve taşınabilir sığınma odalarının sayıları ve kişi kapasiteleri gösterilmektedir. Şekil 4.8. ve Şekil 4.9.'da sırasıyla sabit ve taşınabilir sığınma odalarının dışardan görünümü gösterilmektedir. Taşınabilir sığınma odaları galeri ilerlemelerine göre ihtiyaç olan bölgeye taşınmaktadır. Odalar haftada bir işletme personeli, dört ayda bir de servis elemanı tarafından kontrol listesi yardımıyla kontrolden geçirilmektedir.

**Tablo 4.8. Maden No.2'de bulunan sabit ve taşınabilir sığınma odaları sayısı ve kişi kapasiteleri**

| Sığınma odaları              | Kapasite (kişi) |
|------------------------------|-----------------|
| 1. Sabit Sığınma Odası       | 30              |
| 2. Sabit Sığınma Odası       | 30              |
| 3. Sabit Sığınma Odası       | 30              |
| 1. Taşınabilir Sığınma Odası | 12              |
| 2. Taşınabilir Sığınma Odası | 12              |
| 3. Taşınabilir Sığınma Odası | 12              |
| 4. Taşınabilir Sığınma Odası | 16              |
| 5. Taşınabilir Sığınma Odası | 12              |
| 6. Taşınabilir Sığınma Odası | 8               |
| 7. Taşınabilir Sığınma Odası | 12              |





**Şekil 4.8.Maden No.2’de bulunan sabit sığınma odası**



**Şekil 4.9. Maden No.2’de bulunan taşınabilir sığınma odası**

Sığınma odalarının konumları belirlenirken zemin dayanımları, çalışma alanlarına olan uzaklıkları (kolay erişilebilir olmaları), maden servis hatlarına uzaklıkları, cevher ve yolcu taşımalarının yapıldığı alanlara olan uzaklıkları göz önünde bulundurulmuştur. Odalar genellikle ana nakliye yolu üzerinde bulunan ceplere ya da ana nakliye yoluna yakın bölgelere yerleştirilmiştir. Tıkanıklığa neden olabilecek durumlar için katlar arası kuyular açılarak kaçış



bacaları oluşturulmuştur. Çalışma alanları ile sığınma odaları arasındaki mesafe, işletmenin belli noktalarından OFK ile çalışanlar yürütülerek, mevcut OFK'lerin çalışana kaçış için tanıdığı sürede kat edilebilir kabul edilmiştir. Mevcut OFK'lerin süreleri en zor koşullarda 15 dakika olarak hesaplanmıştır. Ortalama kullanım süreleri yaklaşık olarak 25 dakikadır.

İstasyonların içerisindeki kontrol ünitesi, odadaki ekipmanlarının çalışıp çalışmadığını günde bir kez test etmekte ve arızalı ekipman olması durumunda kırmızı ve yeşil LED ışıklar ile uyarı vermektedir. Bu uyarı verildiğinde odalar elektrikçiler tarafından kontrol edilmektedir. Örneğin, içerisinde bulunan floresan lambalardan birisi yanmadığında sistem FLORO<sup>4</sup> hatası vermekte ve istasyon dışarısında bulunan LED ışıklardan hem yeşil hem de kırmızı ışık yanıp sönmektedir.

Sığınma odalarının yaklaşık 50 m ilerisi ve 50 m gerisi yeşil LED'li ışıklarla belirlenmiş ve maden personeli tarafından kolayca tespit edilebilir durumdadır.

Taşınabilir odaların gövdesinde kullanılan çelik levhalar 5 mm'dir ve bu odalar 5 psi'lik patlama basıncına dayanabilmektedir.

Sabit sığınma odalarının kapılarında hava kilit (air-lock) sistemi bulunmaktadır. Taşınabilir ve sabit sığınma odalarının kapı contalarının iyi durumda olduğu tespit edilmiştir. İşletmenin iş güvenliği uzmanı, bu contaların satın alınan firma tarafından dört ayda bir sızdırmazlık testi ile kontrol edildiğini belirtmiştir.

Taşınabilir sığınma odalarının zemini kaymaz ve gözenekli bir yapıya sahip ayrıca odaların içindeki kaplama su bazlı ve açık renktir. Buna ek olarak, taşınabilir sığınma odalarında gözetleme penceresi ve acil çıkış kapısı bulunmaktadır.

Sığınma odalarının hepsi madenin basınçlı hava kaynağına bağlı bulunmaktadır. Ziyaret esnasında basınçlı hava kaynaklarının kontrolü yapılmış ve basınçlı hava kaynağından hava geldiği tespit edilmiştir. Sığınma odası içeriye gaz, toz ve dumanın girmesini önlemek için pozitif basınçta çalışmaktadır. Pozitif basınç, dışarıdan kompresör vasıtasıyla sağlanan basınçlı hava ile oluşturulmaktadır. Basınçlı hava açıkken dışarıdan hava girişi gerçekleşmemektedir. Kontrol valfleri basıncı dengede tutmakta ve fazla havanın dışarı atılmasını sağlamaktadır.

---

<sup>4</sup> FLORO: Sığınma odası içinde bulunan uyarı sisteminin, floresan lambalar için verdiği hata uyarısının ismi.

Basınçlı hava borusundan havanın gelip gelmediği havalandırma mühendisi tarafından haftalık olarak kontrol edilmektedir. Sığınma odası vakum testi ise satın alınan firma tarafından dört ayda bir periyodik olarak yapılmaktadır.

Sığınma odasının içinde basınçlı hava hattı, O<sub>2</sub> tüpleri ve O<sub>2</sub> mumu olmak üzere üç farklı solunabilir O<sub>2</sub> kaynağı bulunmaktadır. O<sub>2</sub> tüpleri medikal tipte O<sub>2</sub> tüpüdür. O<sub>2</sub> tüplerinin, iş güvenliği uzmanı tarafından her dört ayda bir kontrol edildiği belirtilmiştir. Şekil 4.10.'da sabit sığınma odasında bulunan O<sub>2</sub> tüpleri gösterilmektedir.



**Şekil 4.10. Sabit sığınma odasında bulunan O<sub>2</sub> tüpleri**

Basınçlı havaya yangın durumunda duman (CO<sub>2</sub>/CO gazları) karışması riskine karşı istasyon içinde sensörlü otomatik kapama valfi bulunmamaktadır. Sensörler sesli ve ışıklı uyarı verdiğinde bu işlem oda içinde bulunan kişiler tarafından elle gerçekleştirilmektedir. Kontrol valfleri ve filtreler satın alınan firma tarafında dört ayda bir yapılan periyodik bakımlarda değiştirilmektedir. Sığınma odalarının bazılarında elektronik bazılarında ise elle çalışan gaz ölçüm cihazları bulunmaktadır. Bu ölçümler, elle çalışan ölçüm cihazının bulunduğu odada 15 dakikada bir içerideki kişiler tarafından yapılmakta ve kayıt altına alınmaktadır. Elektronik ölçüm cihazının bulunduğu odalarda ise sürekli ölçüm yapılmaktadır. CO<sub>2</sub> ve CO gazları ortamdan gaz temizleme ekipmanları ile temizlenmektedir. Şekil 4.11.'de CO<sub>2</sub> ve CO temizleyicisi gösterilmektedir.



**Şekil 4.11. CO<sub>2</sub> ve CO temizleyicisi**

Maden havasına su karışması durumunda, su ayırıcısı kullanılmakta ve hava sırası ile 5-0,01 mikronluk filtrelerden geçtikten sonra oda içerisine girmektedir.

Sığınma odası ekipmanlarının hepsi doğrudan maden enerjisi ile çalışabilmektedir. Odanın elektrik sistemi olası enerji dalgalanmalarına karşı korumalıdır ve sistemde herhangi bir arıza olması durumunda sesli ve ışıklı olarak alarm vermektedir.

Kuru tip akü (bakım gerektirmeyen) kullanılmaktadır. Şekil 4.12.'de taşınabilir sığınma odasına ait kuru tip aküler gösterilmektedir. Taşınabilir sığınma odasında bulunan aküler sürekli şarja uygundur. Akü sistemi maden enerjisi kesildiğinde otomatik olarak devreye girmektedir. İşletmenin iş güvenliği uzmanı, akülerin işletme politikası gereği üç yılda bir yenileri ile değiştirildiğini belirtmiştir.



**Şekil 4.12. Taşınabilir sığınma odasına ait kuru tip aküler**

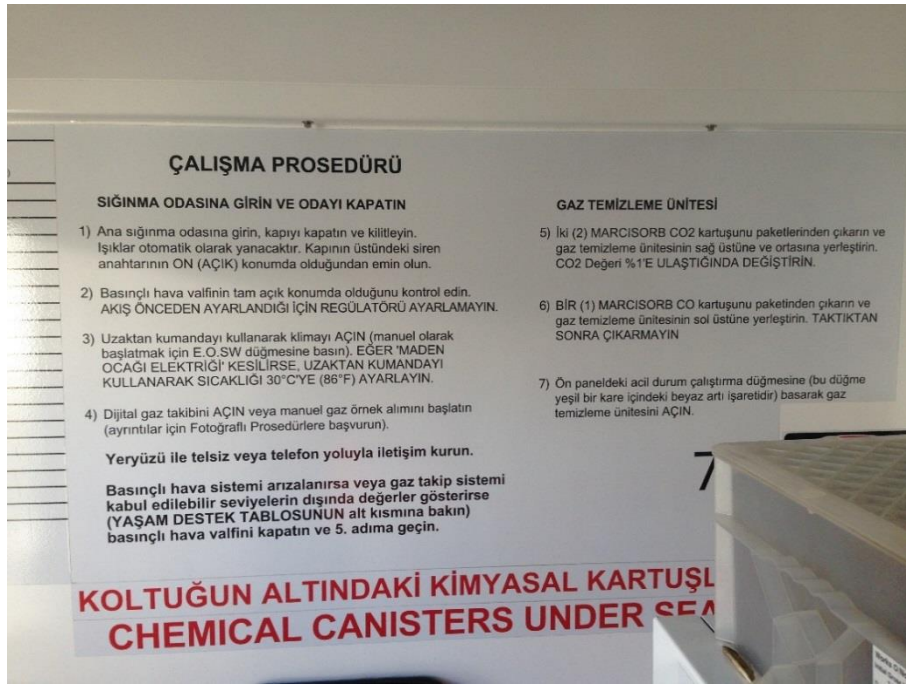
Oda içerisinde klima mevcuttur. Oda içi sıcaklık, sığınma odasının satın alındığı firma tarafından maksimum 30°C olarak belirlenmiştir.

Odalarda çift taraflı iletişim aracı olarak telefon ve telsiz kullanılmaktadır. Ziyaret esnasında oda içerisindeki telefonların çalışır durumda olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.13.'te sığınma odasında kullanılan çift taraflı iletişim aracı gösterilmektedir.



**Şekil 4.13. Taşınabilir sığınma odasında bulunan iletişim aracı**

Acil bir durum anında, bütün maden personelinin sığınma odasını ve haberleşme araçlarını etkin hale getirmek ve kullanmak için gerekli prosedüre hakim olduğundan emin olmak adına yılda bir kez yetkinlik bazlı yeraltı acil durum eğitimi yapılmaktadır. Bu eğitimde sığınma odalarının kullanımı, OFK'lerin kullanımının teorik ve uygulamalı olarak gösterildiği iş güvenliği uzmanı tarafından belirtilmiştir. Her sığınma istasyonunda Türkçe kullanma kılavuzları bulunmaktadır. Şekil 4.14.'te taşınabilir sığınma odasının çalışma prosedürü gösterilmektedir. Sığınma odalarında güncel bir ADP bulunmaktadır.



**Şekil 4.14. Taşınabilir sığınma odasının çalışma prosedürü**

Odanın içeriğinin envanter kaydı yoktur. Ancak oda içerisinde yangın söndürücü ve battaniyesi, ilk yardım çantası, su, yiyecek ve portatif tuvalet mevcuttur. İçme suyu ve kalori miktarı kişi başı 36 saatlik kullanım için sırasıyla 5 lt ve 742 kalori olarak belirlenmiştir.

Taşınabilir odaların, ilerleme halinde taşınabilmeleri için çekme ve kaldırma noktaları bulunmakta, ayrıca bu işlemin kolay gerçekleştirilebilmesi için kızak sistemi ve tekerlek sistemi de mevcuttur.



#### 4.4. MADEN NO.3

İşletme, 2016 yılı içerisinde, şu anda yapım aşamasında olan 15 kişilik sabit sığınma odasının tamamlanmasını planlamaktadır. Şekil 4.15. ve Şekil 4.16.'da sırasıyla sabit ve taşınabilir sığınma odalarının dışarıdan görünüşü gösterilmektedir. İlerleme durumuna göre sığınma odalarına eklemeler sürekli olarak planlanmaktadır. Sığınma odasının konumu, sağlam zeminde olması (bazalt), kolay ulaşılabilir olması, iki oda arası mesafenin istenen uzaklığı geçmeyecek şekilde olması gibi özellikler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Konum belirlenirken OFK'lerin süreleri göz önünde bulundurulmuştur. Buna ek olarak, odalar yüksek yangın yoğunluğu olabilecek bölgelerden uzak bir alana ve ana temiz hava yolu üzerinde konumlandırılmıştır.



Şekil 4.15. İşletmede bulunan sabit sığınma odasının dışarıdan görünüşü



Şekil 4.16. İşletmede bulunan taşınabilir sığınma odasının dışarıdan görünüşü

Sığınma odalarının kişi kapasitesi, maden çalışanlarına teknik ziyaretçiler de (yönetim, teknik kadro, stajyer, ziyaretçi) eklenerek ve %10 emniyet faktörü ilave edilerek hesaplanmıştır.

İşletmede bulunan sabit sığınma odaları betondan imal edilmekte ve etraflarına 30 cm duvar örülmektedir. Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de işletmedeki yapım aşamasında sabit sığınma odası gösterilmektedir. Taşınabilir sığınma odasının gövdesinde kullanılan çelik levhalar 6 mm’dir Sığınma odaları 1 bar $\approx$ 14,5 psi’lik patlama basınca dayanmaktadır.



**Şekil 4.17. İşletmede yapım aşamasındaki sabit sığınma odası**



**Şekil 4.18. İşletmede yapım aşamasındaki sabit sığınma odası**

Tüm sığınma odalarının kapısı kapalı tutulmaktadır. Taşınabilir sığınma odasında çift kilit, sabit olanlarda tek kilit mevcuttur. Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de sırasıyla sabit ve taşınabilir sığınma odalarının kapıları gösterilmektedir. Sızdırmazlık için odalarda cam macunu ve köpük bulundurulmaktadır. Taşınabilir sığınma odası kapısı 2,4 bar’a dayanıklıdır.



**Şekil 4.19. İşletmede bulunan sabit sığınma odalarının kapısı**



**Şekil 4.20. Taşınabilir sığınma odasının kapısı**

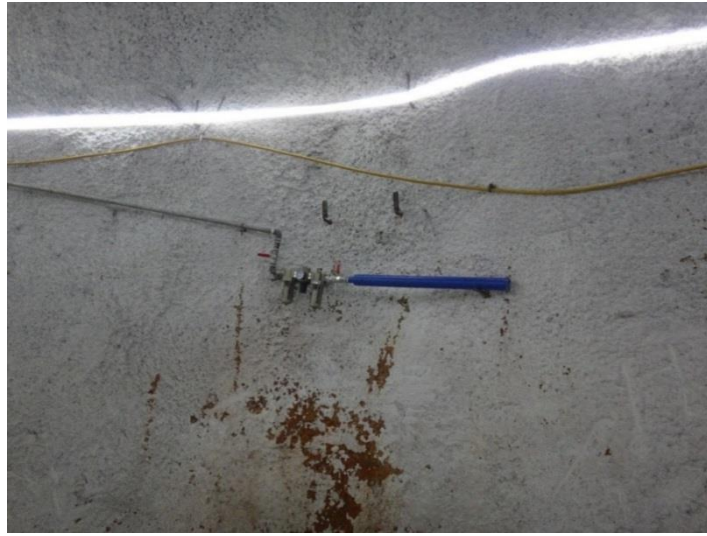
Sabit sığınma odaları zemini kaymaz taş ile kaplıdır ve açık renktir. Yan duvar ve tavan beton ile kaplıdır ve su bazlı beyaz renk boya ile boyanmıştır. Taşınabilir sığınma odalarının



zemininde kaymaz halı vardır. Ancak odada sıvı birikmesini önleyecek gözenekli yapı mevcut değildir.

Taşınabilir sığınma odasında gözetleme penceresi mevcuttur ancak sabit olanlarda bulunmamaktadır.

Tüm sığınma odaları madenden bağımsız yüzeydeki bir kompresörden, odalara delinmiş sondaj delikleri içindeki çelik borular aracılığıyla basınçlı hava ile beslenmektedir. Basınçlı hava borusundan hava gelip gelmediği yapılan ziyaret esnasında kontrol edilmiş ve sistemin düzgün bir şekilde çalıştığı tespit edilmiştir. Ayrıca iş güvenliği uzmanı basınçlı hava borusunun çalışıp çalışmadığının kontrolünün her ay düzenli olarak yapıldığını belirtmiştir. Şekil 4.21.'de sabit sığınma odasındaki basınçlı hava borusu gösterilmektedir. Basınçlı hava borusu filtresi tek kademelidir ve filtre sistemi F ½-30 mikrona kadar filtreleyebilmektedir. Sığınma odalarının hepsinde pozitif basınç sistemi çalışmaktadır.



**Şekil 4.21. Sabit sığınma odasındaki basınçlı hava borusu**

Sığınma odalarının içinde, basınçlı hava hattı dışında O<sub>2</sub> kaynağı olarak medikal tipte O<sub>2</sub> tüpleri bulunmaktadır. Tüpler, her ay iş güvenliği uzmanı tarafından periyodik olarak kontrol edilmekte ve tüplerin beş yılda bir değiştirilmesi planlanmaktadır. Şekil 4.22. ve 4.23.'te sırasıyla 14 kişi kapasiteli taşınabilir sığınma odası ve 15 kişi kapasiteli sabit sığınma odası içindeki O<sub>2</sub> tüpleri gösterilmektedir.



**Şekil 4.22. 14 kişi kapasiteli taşınabilir sığınma odasında bulunan O<sub>2</sub> tüpü**



**Şekil 4.23. 15 kişi kapasiteli sabit sığınma odasında bulunan O<sub>2</sub> tüpleri**

Oda içindeki gazlar, seyyar gaz ölçüm cihazlarıyla izlenmektedir. Gaz ölçüm cihazları elektrondur ve vardiya amirleri tarafından her vardiya gaz ölçümleri yapılmaktadır. Basınçlı hava hattı, yeryüzünden sığınma odasına doğrudan bağlı olduğundan, duman ve gazların oda havasına karışma tehlikesi yoktur. Odalarda sensörlü otomatik kapama valfi yoktur, gaz ölçüm cihazı alarm verdiğinde kapama işlemi elle yapılmaktadır. Odaların içinde CO<sub>2</sub> ve CO gaz temizleme ekipmanları bulunmamaktadır.

Maden içerisinde gazlar, seyyar gaz ölçüm cihazları ve gaz izleme sistemi ile izlenmektedir. Ocak içinde maksimum O<sub>2</sub> konsantrasyonu %20,9 dur. İşletmenin iş güvenliği uzmanı, maden içi maksimum CO konsantrasyonunun, dizel makinelerin çalıştığı bölgelerde egzoz gazından kaynaklı 15-20 ppm olabildiğini ve vardiya sonunda yapılan patlatmalardan kaynaklı patlatılan ayna bölgesinde 500 ppm'i bulabildiğini belirtmiştir. Patlatma sırasında ocak boşaltılmaktadır.

Sığınma odalarındaki sistemlerin tümü maden enerjisi ile çalışmaktadır ve odanın elektrik sistemi maden enerji sisteminde olabilecek dalgalanmalara karşı korumalıdır.

Aküler, en verimli -30°C ve 60°C aralığında çalışmaktadır, ancak yüksek ısıya maruz kaldıklarında sıvı kaybı ya da patlama gibi problemler ortaya çıkabilmektedir. Üretici firma tarafından akülerin raf ömrünün uygun saklama koşullarında 18 ay ve araç üzerinde ortalama kullanım süresinin ise (çevre ve bakım şartlarına uygun olması şartıyla) 3-5 yıl arasında olduğu belirtilmiştir. Kullanılan aküler sürekli şarja uygundur.

Odaların içindeki aydınlatmalar sürekli çalışır durumda bulundurulmakta ve kontrolleri aylık olarak yapılmaktadır.

Taşınabilir sığınma odasında klima bulunmaktadır ancak sabit odalarda yoktur. Taşınabilir odada bulunan klima çalışır durumda tutulmakta ve klimanın kontrolü ayda bir olmak üzere iş güvenliği uzmanı tarafından yapılmaktadır. Klimanın bakımı ise yetkili servis tarafından, senede bir kez yapılmaktadır. İş güvenliği uzmanı, sabit sığınma odalarında kullanım sonrası oluşacak nemi engellemek adına ısıtıcı bulundurulduğunu belirtmiştir. Şekil 4.24.'te sabit sığınma odasında bulunan ısıtıcı gösterilmektedir.



**Şekil 4.24. Sabit sığınma odasında bulunan ısıtıcı**

Çift taraflı iletişim telefon ve telsiz ile sağlanmaktadır. Etkin çalışıp çalışmadıkları, iş güvenliği uzmanı tarafından belirli periyotlar ile test edilmektedir.

İşletmede, yılda üç kez ihbarlı veya ihbarsız acil durum tatbikatı yapılmaktadır. İşletmede, haftalık işbaşı eğitimleri ile çalışanlara “acil durum”, “sığınma odaları”, “oksijenli ferdi kurtarıcı”, “ilk yardım”, “yangın söndürücüler” gibi kısa eğitimler verilmektedir. Çalışanlara verilen bu eğitimlerde sığınma odalarının yerleri de detaylı olarak anlatılmaktadır. Şekil 4.25.’te sabit sığınma odası içerisinde bulunan acil durum talimatları gösterilmektedir. Sığınma odalarının konumları, acil durum planlarında gösterilmekte, maden içinde ise odaların konumları yeşil reflektörlü levhalarla işaret edilmektedir. Bunun yanında, yeraltında kolay fark edilebilmeleri için odaların etrafı yeşil LED’li ışıklarla çevrilmiştir. Acil durum sireni ise taşınabilir sığınma odasında mevcut ve çalışır durumdadır ancak sabit odalarda bulunmamaktadır. Odanın içeriğinin envanter kaydı vardır. Sabit odaların içinde;

- İlk yardım çantası (bir takım),
- Atel seti (bir takım),
- Yangın söndürme cihazı (iki adet),
- Dışarıdan bağımsız hava beslemesi,
- Akış ölçerli oksijen tüpü (iki adet 50lt.),
- Sedye (iki adet),
- Kuru gıda (72 paket) , su (120 adet) , konserve (48 adet),
- Acil durum telefonu ve telefon listesi, yedek oksijen maskesi,
- Köpük ve cam macunu,
- Acil kaçış planı,
- Acil durum talimatları,
- Paraşütlü emniyet kemeri, halat, karabina (iki takım)

bulunmaktadır.



**Şekil 4.25. Acil durum talimatları**

Sığınma odaları içinde bulunan içme suyu ve kalori miktarı, iş güvenliği uzmanları tarafından, kişi başı 48 saatlik kullanım için sırasıyla 9 lt ve 5000 kalori olarak belirlenmiştir.

Taşınabilir olan sığınma odası taşınmaya uygun kızaklara ve kaldırma noktalarına sahiptir. Odanın taşıma işleri çift kepçe ile yapılmaktadır.

#### **4.5. MADEN NO.4**

İşletmede, 2011 yılından itibaren sığınma odaları bulunmaktadır. Şekil 4.26. ve Şekil 4.27.'de sabit sığınma odasının içeriden ve dışarıdan genel görünüşü gösterilmektedir. Taşınabilir sığınma odaları, üretim ve hazırlık çalışmaları alt kotlara doğru devam ettikçe taşınabilmektedir. Odaların bakım ve onarım periyodik kontrolleri haftalık olarak iş güvenliği uzmanları tarafından yapılmaktadır. Kontrol tarihleri sığınma odası içerisinde etiketle gösterilmektedir. Ayrıca işletme kendi kayıt sisteminde de bu tarihleri kayıt altında tutmaktadır.



**Şekil 4.26. Sabit sığınma odasının içeriden görünüşü**



**Şekil 4.27. Sabit sığınma odasının dışarıdan görünüşü**

Sığınma odaları; OFK kapasitesi, çalışılan bölge ile güvenli noktalar (yerüstü-sığınma odası) arasındaki mesafe ve çalışan personel sayısına göre konumlandırılmaktadır. Konumlandırılan noktalar, ana ulaşım yolları üzerinde ve zemin dayanımı yüksek olan taban taşı galerileri içerisindeki ceplerdir. Odalar standart bir OFK ile ulaşılabilir kadar yakın, yangın kaynaklı yayılan ısının potansiyel bir tehlike yaratamayacağı kadar uzak bir alana konumlandırılmıştır. Ana galerilerde meydana gelebilecek olası bir iş makinesi arızasının yolu kapatması durumunda, personelin rahatlıkla geçebileceği kadar bir mesafe (yaklaşık 1,5 m) bulunmaktadır.

Sığınma odasının kişi kapasitesi madencilik yöntemine ve mekanize kazı yöntemine göre belirlenmiştir. Odanın kapasitesine uygun olarak bu çalışma bölgelerindeki personel sayıları vardiyalarda planlanmakta ve bu plana göre iş dağılımı yapılmaktadır. Çalışan personel ve olası ziyaretçi sayıları vardiya planlamalarında dikkate alınmaktadır.

Sığınma odasının yerleştirileceği kazı ile açılan ceplere, püskürtme beton uygulanmaktadır. Portatif sığınma odasının gövdesinde kullanılan çelik Uluslararası Ticaret İdaresi (ITA)'nin belirlediği standartlara ve Avrupa Normlarına göre İngiliz Standardı (BS EN-16191)'na uygun olarak üretilmektedir. Ayrıca portatif sığınma odasının gövdesinde kullanılan çelik levhalar 5 mm kalınlığa sahiptir ve bu odalar 5 psi'lik patlama basıncına dayanmaktadır.

Basıncılı hava borusu sığınma odasına bağlı bulunmaktadır ve borudan hava gelip gelmediği haftalık olarak iş güvenliği uzmanı tarafından kontrol edilmektedir. Madenin basıncılı hava borusu hattına su karışması halinde filtreleme sistemi suyu 0,01 mikrona kadar filtreleyebilmektedir. Bu sistem dört kademedir oluşmaktadır.



Sığınma odasında pozitif basınç sistemi bulunmaktadır. Ayrıca her dört ayda bir sığınma odalarının vakum testi üretici firma tarafından yapılmaktadır.

Sığınma odasının içinde yeraltı basınçlı hava sistemi, O<sub>2</sub> tüpü ve O<sub>2</sub> mumu gibi üç farklı solunabilir O<sub>2</sub> kaynağı bulunmaktadır. Şekil 4.28.'de sabit sığınma odasında bulunan O<sub>2</sub> mumu gösterilmektedir. Odalarda medikal tipte O<sub>2</sub> tüpü kullanılmakta ve bu tüplerin haftalık olarak kontrolleri iş güvenliği uzmanlarınca yapılmaktadır.



**Şekil 4.28. Sabit sığınma odasında bulunan O<sub>2</sub> mumu**

Odaların içinde gazlar elektronik ve elle çalışan (tüp) gaz ölçüm cihazlarıyla izlenmektedir. CO<sub>2</sub> ve CO gazları ortamdan gaz temizleme ekipmanları ile temizlenmektedir. Şekil 4.29.'da işletmede kullanılan gaz temizleme ekipmanı gösterilmektedir. Basınçlı havaya yangın durumunda duman (CO<sub>2</sub>/CO gazları) karışması riskine karşı istasyon içinde sensörlü otomatik kapama valfi yoktur. Bu işlem oda içinde bulunan kişiler tarafından elle yapılmaktadır. Sığınma istasyonuna ilk giriş anında ve içeride kalınan her saat başında gaz ölçümü yapılmaktadır.



**Şekil 4.29. Sabit sığınma odasında bulunan gaz temizleme ekipmanı**

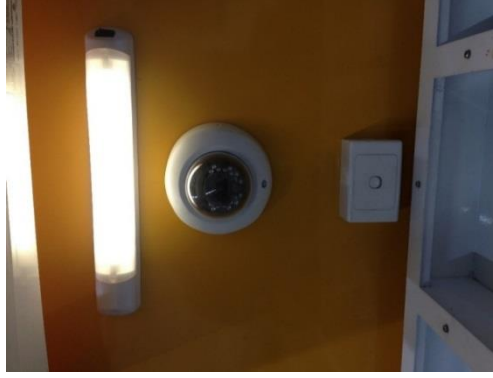
Sığınma odalarında kullanılan sistemler doğrudan maden enerjisi ile çalışabilmektedir. Madende 380/220V trafolar kullanılmakta, maden elektriğinde yaşanabilecek dalgalanmalara karşı izolasyon sistemi bulunmaktadır.

Odalarda, bakım gerektirmeyen, raf ömrü on yıl olan, jel aküler kullanılmaktadır. Kullanılan bu aküler sürekli şarja uygundur. Akülerin boşalıp boşalmadığının kontrolü ve iletkenlik testleri dört ayda bir üretici firma tarafından yapılmaktadır. Akü sistemi, maden enerjisi kesildiğinde otomatik devreye girmektedir ve sistem maden enerjisi geldiğinde aküleri otomatik olarak şarja almaktadır.

Sığınma odalarının kapıları sürekli kapalı tutulmakta ve kapılarda ikili kilit sistemi bulunmaktadır. Taşınabilir sığınma odalarında acil çıkış kapısı bulunmaktadır. Portatif sığınma odalarının zemini kaymaz ve gözenekli bir yapıya sahiptir, oda içerisindeki kaplama ise su bazlı ve açık renktir. Odalarda acil durum sireni, klima ve aydınlatma çalışmaktadır. Çalışma kontrolleri haftada bir iş güvenliği uzmanları tarafından yapılmakta, odanın periyodik bakımı ise dört ayda bir üretici firma tarafından yapılmaktadır.

Yeryüzü ile iletişim telsiz ile sağlanmaktadır. Buna ek olarak, sabit sığınma istasyonunda kamera mevcut olup yüzey ile görüntülü görüşme imkanı mevcuttur. Şekil 4.30.'da sabit sığınma odasında bulunan yeryüzü ile görüntülü görüşme imkanı sağlayan kamera gösterilmektedir.





**Şekil 4.30. Sabit sığınma odasındaki yeryüzü ile görüşme imkanı sağlayan kamera**

Taşınabilir sığınma istasyonları, işletmenin faaliyete geçmesi ile birlikte devreye alındığından, hazırlanan ilk ADP içerisinde yer almıştır. Kullanılan sığınma odalarının sayısı, birbirlerine olan uzaklıkları ve konumları değiştiğinde, OFK'lerin kullanım süreleri ve çalışma bölgelerinden güvenli alanlara yürüyüş mesafeleri süre bazında ölçülerek işletmenin ADP'si güncellenmekte ve tüm personele ilgili eğitim verilerek, duyuru panolarına güncel planlar asılmaktadır. Yıl içerisinde dört defadan az olmamak kaydıyla sığınma odalarının kullanımını ve personelin acil durumda davranış tarzını tespit etmek amacıyla tatbikatlar yapılmaktadır. Yeraltı işe girişlerde ve yıl içerisinde düzenlenen tazeleme eğitimleri ile 'acil durum kaçış', 'etkin haberleşme' konularında personel eğitimleri düzenlenmektedir. Güncel ADP ile sığınma odalarının yerleri gösterilmektedir. Ek olarak, yeraltında yönlendirme levhaları ile odaların yerleri gösterilmekte ve istasyonların bulunduğu konumun çevresi yeşil LED'li ışıklar ile aydınlatılmaktadır. Yazılı ve resimli kullanma talimatları istasyon içlerinde bulunmaktadır. Görsel eğitim videoları ile de tüm çalışanlara sığınma odalarının kullanımı ile ilgili eğitimler verilmektedir.

Odaların içeriğinin envanter kaydı bulunmaktadır. Taşınabilir odalarda;

- Bir adet telsiz,
- Bir adet ilkyardım çantası,
- Bir adet katlanabilir sedye,
- Kişi başı 4 lt su,
- Bir adet portatif tuvalet ve temizleme solüsyonu,
- Bir adet oyun kağıdı,
- Bir adet oksijen mumu, sehpası ve ateşleme mekanizması,
- İki adet oksijen tüpü (12 lt),

- Bir adet oksijen tüpü regülatörü,
- Bir adet dijital gaz ölçüm cihazı,
- Bir adet elle çalışan gaz ölçüm seti ve tüpleri,
- Altı kutu CO tutucu kimyasal,
- 18 kutu CO<sub>2</sub> tutucu kimyasal,
- 12 kova nem tutucu kimyasal,
- Bir adet ısıya dayanıklı kevlar (yanmaz, kesilmez) eldiven,
- Bir adet sığınma istasyonuna ait resimli kullanım talimatı,
- Yeterli miktarda gaz ölçüm kayıt kartı ve kalemi

bulunmaktadır.

Sabit odalarda ise,

- Bir adet telsiz,
- İki adet ilkyardım çantası,
- İki adet katlanabilir sedye,
- İki adet yangın battaniyesi,
- Kişi başı 4 lt su,
- İki adet portatif tuvalet ve temizleme solüsyonu,
- Bir adet oyun kağıdı,
- Bir adet O<sub>2</sub> mumu, sehpası ve ateşleme mekanizması,
- Sekiz adet O<sub>2</sub> tüpü ( 12 lt),
- İki adet O<sub>2</sub> tüpü regülatörü,
- Bir adet elektronik gaz ölçüm cihazı,
- Bir kartuş CO tutucu kimyasal,
- 48 kartuş CO<sub>2</sub> tutucu kimyasal,
- Bir adet ısıya dayanıklı kevlar eldiven,
- Bir adet sığınma istasyonuna ait resimli kullanım talimatı,
- Yeterli miktarda gaz ölçüm kayıt kartı ve kalemi

bulunmaktadır.

Taşınabilir odalarda ilerleme halinde taşınabilmeleri için kendinden kızaklı, çekme ve kaldırma noktaları mevcuttur.

## 5. TARTIŞMA

Çalışmanın bu bölümünde, sığınma odasında bulunması gereken asgari özellikler değerlendirilmiş, literatür araştırması sonucu ulaşılan makaleler karşılaştırılmış ve saha ziyareti gerçekleştirilen işletmelere önerilerde bulunulmuştur.

Batı Avustralya Hükümetinin Endüstri ve Kaynaklar Bölümü, Güvenlik ve Sağlık Biriminin hazırlamış olduğu araştırma raporuna göre yeraltı metal madenlerindeki sığınma odalarında azami kalma süresi 36 saat olarak hesaplanmıştır [14]. Kömür madenlerinde bu süre 96 saate kadar çıkabilmekte ancak metal madenlerinde olabilecek en kötü senaryo üzerinden gidildiğinde 36 saat yeterli bulunmaktadır. Bu çalışma sırasında ziyaret edilen işletmelerden üçü bu asgari gerekliliği sağlamaktadır. Ancak, maden işletmelerinden ilki asgari kalma süresi 24 saat olarak belirlenmiştir. Bu süre, yetersiz bulunmuş ve işletmeye oda içeriğini güncelleyerek asgari kalma süresini arttırması yönünde öneride bulunulmuştur.

Amerika Maden Güvenlik ve Sağlık Ofisi'nin (Office of Mine Safety and Health) sığınma alternatifleri ve yeraltı kömür madenleri ile ilgili hazırlamış olduğu araştırma raporuna göre; sığınma odalarının, kişilerin hayatlarını devam ettirebilmelerini sağlayabilmesi için minimum O<sub>2</sub> sağlama ve CO<sub>2</sub>, CO gibi insan hayatını tehdit eden zehirleyici gazları filtreleyebilme özelliğine sahip olması gerekmektedir [35]. O<sub>2</sub> konsantrasyonunun MSHA tarafından belirlenen değerler olan %18,5-%23 aralığında olması ve ortalama CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun %1'i, CO konsantrasyonun ise 25 ppm'i geçmemesi gerekmektedir. Ancak 19.09.2013 tarihinde yayımlanan Maden İşyerlerinde İSG Yönetmeliği'ne göre "Havasında %19'dan az O<sub>2</sub>, %2'den çok CH<sub>4</sub>, %0,5'den çok CO<sub>2</sub>, 50 ppm (%0,005)'den çok CO ve diğer tehlikeli gazlar bulunan yerlerde çalışılmaz" ibaresi geçmektedir [3]. Bu nedenle en doğru yaklaşım, NIOSH ve Maden İşyerlerinde İSG Yönetmeliği harmanlanması ve yönetmeliğin alt sınırları baz alınarak sığınma odası içinde olması gereken minimum ve maksimum gaz değerlerinin belirlenmesi olacaktır. Bu değerler O<sub>2</sub> için minimum %19, maksimum %23; CO için maksimum 25 ppm ve CO<sub>2</sub> için maksimum %0,5'dir. İlk maden maksimum CO ve CO<sub>2</sub> değerleri açısından yönetmeliğe uygun bulunmamıştır. Bu nedenle, bu değerleri güncellemesi için öneride bulunulmuştur. Sonuncu maden ise NIOSH önerilerini karşılamaktadır ancak yönetmeliğe göre maksimum CO<sub>2</sub> konsantrasyonunu güncellemesi gerektiği bilgisi, iş güvenliği uzmanları ile paylaşılmıştır. Üçüncü maden ise minimum oksijen konsantrasyonunu güncellemesi ve maksimum CO<sub>2</sub> değeri belirlemesi yönünde öneride bulunulmuştur.

Hansen'e [31] göre sığınma odasının içinde bulunan hava izleme cihazları içerideki ve maden havasındaki CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub> gazlarını ölçebilir nitelikte olmalıdır. Oda dışında izlenmesi gereken gazlar ise NIOSH tarafından CO ve O<sub>2</sub> olarak belirlenmiştir [5]. Ancak Maden İşyerlerinde İSG Yönetmeliği'ne göre oda içi ve maden içinde CO<sub>2</sub> gazının da izlenmesi gerekmektedir [4]. Bu durumda en doğru yaklaşım oda içinde ve oda dışında da CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub> gazlarının sürekli izlenmesi olacaktır. Saha ziyareti gerçekleştirilen madenlerden ilki ve sonuncusunda, oda içinde izlenmesi gereken gazların izlendiği ancak oda dışında CO ve O<sub>2</sub> izlenmediği tespit edilmiştir. Bu madenlere oda dışında gaz izlemesi yapılması önerisi getirilmiştir. Ziyaret edilen bir işletmede ise NIOSH tarafından önerilen gaz izlemelerinin tamamını yapmaktadır bunun yanında ocak için tehlike yaratabilecek diğer gazları da izlemektedir. Çalışma kapsamında kontrol listesi yardımıyla incelenen bir işletmede ise genel olarak CO<sub>2</sub> gazı izlenmemektedir. Madenlerde İSG Yönetmeliğine göre oda içi ve maden içinde CO<sub>2</sub> izlenmesi gerekliliği iş güvenliği uzmanına bildirilmiştir.

Amerika Maden Güvenlik ve Sağlık Ofisi'nin (Office of Mine Safety and Health) sığınma alternatifleri ve yeraltı kömür madenleri ile ilgili hazırlamış olduğu araştırma raporuna göre sığınma odaları zamanı, mesafeyi ve harcanılan eforu azaltmak için çalışılan alana mümkün olan en yakın korunaklı bölgeye yerleştirilmelidir [35]. Sığınma odalarının çalışılan yere uzak olması çalışanları sığınmak yerine kurtulup kaçmaya cesaretlendirebilir. NIOSH'un önerilerine göre sığınma odalarının çalışılan yere uzaklığı minimum 300 m maksimum 600 m olmalıdır. Kanada'nın New Scotia eyaletinde İSG Yasası'na göre ise işveren, çalışanların kuyu dibi veya çıkışa 500 m'den fazla uzaklıkta olması durumunda her 300 m'de bir sığınma odası kurmalı, kontrol ve muhafaza etmelidir ibaresi geçmektedir [28]. Fakat tek başına uzaklık parametresi yeterli olmayabilir. Öyle ki zemin koşulları, yan duvar yüksekliği, yangın olduğunda görüş mesafesinin düşmesi gibi faktörler ulaşım süresini arttırabilir. Avusturalya tarafından hazırlanan "Yeraltı Madenlerinde Sığınma Odaları" ve "Yeraltı Metal Madenlerinde Sığınma Odaları" rehberlerine göre ise sığınma odalarının yerleştirilebileceği azami uzaklık çalışanların ortalama yürüme hızı ve OFK'lerin yarı kapasitesine göre ayarlanmalıdır. Örneğin 30 dakikalık OFK kullanılıyor ise ve çalışanın soluma hızı 30 lt/dk ise kişinin güvenli bir alana erişmek için 750 m'den fazla ilerleyemeyeceği düşünülmelidir [13]. Çalışma kapsamında ziyaret edilen işletmelerden ikisi bu mesafeyi ortalama bir çalışanı, ortalama bir hızda, hali hazırda kullanılan OFK ile yürüterek maskenin kullanım aralığında sığınma odasına ulaşp ulaşmamasına göre belirlemiştir. Diğer iki işletmede ise şirket politikası gereği sığınma odalarının çalışılan ayağa

ve birbirlerine olan maksimum uzaklıkları belirlenmiş ve bu mesafenin güvenli olduğu OFK kullanılarak teyit edilmiştir. Olası bir acil durumda kişiler panik halinde olacağından solunum hızlarının artacağı ve OFK'nin kullanım süresinin kişiden kişiye değişeceği unutulmamalıdır. Bu durumda en güvenli yol, 500 m ile 750 m arasında bir maksimum uzaklık belirlemek ve OFK'lerin yarı kapasitesine göre o mesafenin ulaşılır olup olmadığının test edilmesi olacaktır. Çalışmanın bulgular bölümünde de belirtildiği üzere işletmelerden ikisi bu gereklilikleri karşılamaktadır. Bu nedenle, diğer işletmelerden maksimum uzaklık belirlemesi ve sığınma odalarının bulunduğu maksimum mesafeyi güncellemesi önerilmiştir.

Lei ve ark. [6] göre kurtarma kapsüllerinin sayısı alında çalışan kişi sayısına göre ayarlanmalıdır. Taşınabilir sığınma odaları kaçış yollarına yerleştirilmeli ve sayısı bölgede çalışan madencilere göre ayarlanmalıdır. Sabit sığınma odası ise özellikle kuyu yakınlarına ve üretim yapılan yerin dışına konmalıdır. Kurtarma kapsüllerinin ve sığınma odalarının mevzilenmesi, sığınma alanına ve korunan personelin karşılaşılabileceği kazaya, personelin sığınma alanı ile çalıştığı yer arasındaki mesafeye bağlıdır. Kurtarma kapsülleri kapasitelerinin düşük olması ve yaşam desteği sağlaması açısından yetersiz oldukları içi pratik uygulamalarda tercih edilmemektedir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen saha ziyaretlerinde kurtarma kapsülleri hiçbir işletmede gözlemlenmemiştir. Üç işletmede sabit ve taşınabilir sığınma odaları bir arada kullanılmakta, yalnızca Maden bir işletmede sadece taşınabilir sığınma odası bulunmaktadır. Sabit sığınma odaları kuyu dibinde ve üretim yapılan yerlerin dışında bulunmaktadır. Çalışılan ayaktaki kişi sayısına göre seçilen taşınabilir sığınma odaları ise kaçış yollarına yerleştirilmiştir. Saha ziyareti yapılan işletmelerde sığınma odalarının konumuyla ilgili bir sorun gözlemlenmemiştir.

Batı Avustralya Hükümetinin Endüstri ve Kaynaklar Bölümü, Güvenlik ve Sağlık Biriminin yeraltı metal madenlerindeki sığınma odaları ile ilgili hazırlamış olduğu araştırma raporuna göre; sabit ya da taşınabilir sığınma odalarının kapasiteleri o bölgede çalışan madenciler dışında, amirler, iş güvenliği uzmanları, haritacılar, jeologlar ve teknik servis uzmanları gibi kaza anında orada olma ihtimali olan diğer çalışanların sayıları da göz önünde bulundurularak seçilmelidir [15]. Bir maden işletmesinde odası kapasitesi, yeraltında sekizden fazla kişi bulunmayacağı varsayılarak belirlenmiştir. Kapasite kısıtlı olduğundan dolayı işletme yeraltına girişi kısıtlama yolunu seçmiş ve çalışılan bölgede sayının sekizden fazla olmasını engelleyici önlemler almaktadır. Aynı şekilde bir diğer işletmede ise çalışma bölgelerindeki personel

sayıları vardiyalarla planlanmakta ve sığınma odalarının sayılarına göre iş dağılımı yapılmaktadır. Planlamada ziyaretçi sayısı ve teknik servis elemanı gibi ekstra o bölgede bulunacak kişiler de göz önünde bulundurulmakta ve yer altına inecek kişi sayısı belirlenmektedir. Diğer iki işletmede ise, sığınma odaları için çalışan kişi sayısının üzerine, emniyet faktörü konularak toplam kapasite belirlenmiştir. İki yaklaşım da kabul edilebilir ancak her ikisinin de artı ve eksi yönleri bulunmaktadır. Çalışan sayısını kısıtlamak daha ekonomik bir yöntem olsa da yeraltında yaşanacak herhangi bir acil durumda çalışanların panikleyebileceği ve düzenli bir şekilde dağılım sağlayamayacakları da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle kapasite belirlenirken ekstra bir güvenlik faktörü koymak daha pozitif bir yaklaşım olacaktır. Her iki durum için de iyi düşünülmüş ve uygulanabilir bir ADP büyük önem taşımaktadır.

Zhang ve ark. [36] göre sığınma odalarının, yeraltında meydana gelecek bir patlamanın neden olabileceği basınç dalgasına dayanım testi yapıldığında en fazla basıncın ve uzanımın ana kabin kapısında, dayanıklılık arttırıcıda ve ön plakada meydana geldiği tespit edilmiştir. Buna ek olarak, incelenen ürün kataloglarında, yapılan testler sonucu yeraltı metal madenlerinde uygulanacak sığınma odalarının kapı patlama basınç dayanımının 5 bar, yapısal bütünlüğü için belirlenen patlama basıncı değerinin ise 5 psi ( $\approx 0,7$  bar) olduğu görülmüştür [37]. Saha ziyareti gerçekleştirilen bütün madenlerde, sığınma odalarının gövde ve kapılarının basınç dayanımlarının bu değerlere uygun olduğu tespit edilmiştir. Ancak işletmelerden birinde bulunan taşınabilir sığınma odasının gövde kısmında ve kapısında, uzun süre dışarıda (yer üstünde) beklemiş olmasından dolayı oluşan oksitlenmeler, yapısal deformasyona neden olmuş olabilir. Bu nedenle, odayı yeraltına koymadan önce basınç dayanım testinin tekrarlanması gerekmektedir aksi takdirde etkinliğine güvenilmeyen bir sığınma odası olası bir acil durum anında ekstra bir risk teşkil etmektedir.

MSHA, WVOMHST ve HSE'nin araştırmalarına dayanarak oda içerisinde hissedilen sıcaklığın 35°C'den yüksek olmaması gerektiği belirtilmiştir [20-23]. Saha ziyareti gerçekleştirilen bütün madenlerde oda içi maksimum sıcaklık 30°C olarak belirlenmiştir. Maden No.3'te bulunan sabit sığınma odaları hariç, inceleme yapılan diğer tüm sığınma odalarında yeterli soğutma kapasitesine sahip klimaların bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu klimalar aynı zamanda, oda içinde bulunan CO ve CO<sub>2</sub> temizleyicilerinin performanslarını olumsuz yönde etkileyen ve çalışanlar üzerinde olumsuz fizyolojik etkiler yaratan nemi, elimine etmesi amacıyla da

bulundurulmaktadır. Çalışmanın bulgular kısmındaki Şekil 4.24'te de görülebileceği gibi; sabit sığınma odasında bulundurulan ısıtıcı, ortamda oluşacak nemi emmesi amacıyla konulmuştur. Ancak bu ısıtıcı ortamdaki nemi elimine etmeye çalışırken ortama ekstra sıcaklık yayacak ve termal konfor şartlarını olumsuz yönde etkileyecektir. Bu nedenle işletmeye, odalara nem emici kimyasallar veya odanın kişi kapasitesine uygun güçte bir klima yerleştirilmesi yönünde öneride bulunulmuştur.





## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında; altın, bakır ve demir madenlerine gerçekleştirilen saha ziyaretleri ile sığınma odalarının mevcut kullanımı ile ilgili bilgi alınmış, yapılan araştırma ve değerlendirmeler neticesinde elde edilen verilerin, sığınma odalarının tercihinde ve uygulanmasında sektöre rehber olması ve çıkarılacak mevzuata kaynak olması amaçlanmıştır.

Bu çalışma sonucunda;

- Saha ziyaretlerinde tespit edilen yanlış ya da eksik uygulamalara çözümler önerilmiş, saha raporları hazırlanmış ve işletmelere iletilmiştir.
- Yeraltı metal madenlerinde sığınma odalarının etkin bir biçimde kullanılabilmesi amacıyla odalarda bulunması gereken asgari şartlar belirlenmiştir.
- Belirlenen asgari şartlar neticesinde işletmelere rehber olması amacıyla, EK-2’de sunulmuş olan “Yeraltı Metal Madenlerinde Sığınma Odaları Rehberi Taslağı” ve EK-3’te sunulmuş olan “Sığınma Odası Kontrol Listesi” bu çalışmanın çıktıları olarak hazırlanmıştır.
- Yeraltı metal maden işyerlerinde kurulacak sığınma odalarına ilişkin yönetmelik çalışmasına katkı sağlanmıştır.

Bu çalışma sırasında yapılan araştırmalar ve gözlemler neticesinde işletmeler için geliştirilen tavsiyeler aşağıda özetlenmiştir:

- ✓ Sığınma odaları, yeryüzüne ulaşımın mümkün olmadığı zamanlarda yeraltında yaşanabilecek acil bir durum anında, çalışanların derhal sığınabilecekleri en güvenli yer olarak kabul edilir. Bu nedenle, odaların konumu belirlenirken kavlak düşmesi, göçük, su baskını, yangın ve patlama gibi yeraltındaki meydana gelebilecek tehlikeler göz önünde bulundurulmalıdır. Odalar, potansiyel patlama ve yanma kaynaklarından yani trafo merkezlerinden, patlayıcı malzemelerinin depolandığı bölgelerden, yakıt depolama tesislerinden ve araçların park alanlarından mümkün olduğunca uzakta olmalıdır.
- ✓ Deprem kaynaklı yer hareketleri, odanın ve içindeki servis ekipmanlarının zarar görmesine, odaya ulaşımın zorlaşmasına ya da tamamen engellenmesine neden olabilir. Bu nedenle, sığınma odasının yeri belirlenirken; yeraltındaki fay hatlarından,

çatlaklardan ve yeraltı kanallarından kaynaklanacak tüm sismik aktiviteler ve yıkıcı etkisi olabilecek durumlar tümüyle değerlendirilmelidir.

- ✓ Odaların yerleştirileceği alanın tahkimatının dayanıklı olması, hatta o bölgenin ekstra güçlendirilmiş olması gerekmektedir. Odanın yerleştirileceği bölgeye püskürtme beton uygulaması yapılması önerilmektedir.
- ✓ Sığınma odalarının konumu belirlenirken; basınçlı hava hattı, elektrik, su vb. gibi destek ünitelerine olan uzaklık, kullanılan OFK'lerin kullanım süresi ve çalışılan ayağa olan uzaklık gibi faktörler dikkate alınmalıdır.
- ✓ Türkiye'deki yeraltı metal madenlerinin yapısal özellikleri de göz önünde bulundurulduğunda, odaların çalışılan alanlara olan mesafesinin, 500 m ile 750 m arasında olması daha güvenli olacaktır. Bu mesafenin, OFK seçimi yapılırken göz önünde bulundurulması da büyük önem arz etmektedir.
- ✓ Sığınma odaları, çalışanların kısa sürede ve kolayca erişim sağlayabilecekleri bir alana konumlandırılmalıdır.
- ✓ Bu çalışma kapsamında yapılan kaynak taramaları ve saha ziyaretleri sonucunda yeraltı metal madenlerinde uygulanacak sığınma odalarının tamamen bağımsız, dışarıdan enerji ve hava desteği olmadan asgari yaşam desteği sağlama süreleri 36 saat olarak önerilmektedir.
- ✓ Sığınma odalarının kişi kapasitesi belirlenirken, her vardiyadaki maksimum çalışan sayısı göz önünde bulundurulmalı, sığınma odalarının bulunduğu çalışma bölgesindeki personel sayısı ve iş dağılımı planlanmalıdır. Yeraltına inecek çalışan sayısına ciddi bir kısıtlama getirilmeli ve çalışma bölgesinde bulunacak personel sayısının üzerine olası ziyaretçi ve teknik personel de göz önünde bulundurularak bir güvenlik faktörü eklenmelidir.
- ✓ Solunabilir hava çelik sondaj boruları ile direkt olarak yeryüzünden sağlanmalıdır. Sondaj borularının ekonomik olmadığı durumlarda, odalara korunaklı, basınçlı hava hatları tesis edilmelidir.
- ✓ Sığınma odası içinde olması gereken minimum ve maksimum gaz değerleri O<sub>2</sub> için minimum %19, maksimum %23; CO için maksimum 25 ppm ve CO<sub>2</sub> için maksimum %0,5 olmalıdır.

- ✓ Sığınma odasının içinde bulunan hava izleme cihazları içerideki ve maden havasındaki CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub> gazlarını ölçebilir nitelikte olmalıdır. Oda dışında ise CO ve O<sub>2</sub> gazları sürekli olarak izlenmelidir.
- ✓ Basınçlı hava hattının yanı sıra, solunabilir hava medikal tipte O<sub>2</sub> tüpleri ve O<sub>2</sub> mumu gibi diğer oksijen kaynakları ile sağlanmalıdır. Oda içerisinde mutlaka CO ve CO<sub>2</sub> temizleyici malzeme ve ekipman bulundurulmalıdır.
- ✓ Sıcaklığın kısa süre içerisinde hızla artarak kişilerin fizyolojik durumunu ve sığınma koşullarını olumsuz etkilemesinden ötürü oda içerisinde kişi kapasitesine uygun klima bulundurulmalı ve oda içi maksimum sıcaklığın 35°C'yi geçmemesi sağlanmalıdır.
- ✓ Odanın içinde pozitif basınç sistemi olmalı, böylece dışarıdaki kirli havanın oda atmosferine sızması engellenmelidir.
- ✓ Patlama ya da yanma sonucu madende oluşan zehirli gazların ve diğer kirleticilerin kapı açıldığında sığınma odası içine yayılmaması için, sığınma odası girişinde hava kilit bölümü olmalıdır ve bu bölüm madencileri kısa bir süreliğine, küçük gruplar (maksimum dört grup) halinde alabilecek kapasitede olmalıdır. Hava kilit bölümdeki kirletici gazları temizlemek amacıyla, sığınma odasına giren her bir çalışan grubu için yeterli olacak (en az dört hava değişimini sağlayacak miktarda) tasfiye havası sağlanmalıdır [32]. Tek yönlü basınç valfi olan bu geçiş bölümünde, arındırıcı O<sub>2</sub> tüpleri veya basınçlı hava hattı kirleticileri arındırarak havanın dışarı çıkmasını sağlayacak ve içeride yüksek basınç oluşmasını önleyecektir. Buna ek olarak bu bölümde; CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> gazlarını izleyecek çoklu gaz dedektörleri bulunmalıdır. Bu sayede sığınma odasını kullanan madenciler, geçiş bölümündeki atmosferin solunabilir olduğundan emin olacak ve odanın içine girmenin güvenli olduğunu anlayabileceklerdir.
- ✓ Sığınma odası acil durum halindeyken dış atmosferden tamamen izole olmalıdır. Bu nedenle oda kapılarının sızıntılara müsaade etmeyecek şekilde monte edilmesi büyük önem arz etmektedir. Tek kilitli kapı sistemlerinde üstten ve alttan kirli hava sızıntısı olabileceği için, kapılarda ikili kilit sisteminin bulunması sızıntı ihtimalini önemli ölçüde düşürecektir. Ayrıca acil durum anında odaya giriş çıkışı zorlaştırmaması için oda kapılarının dışarıya doğru açılması gerekmektedir.
- ✓ Odalar yeni yerlerine yerleştirildikten sonra oda yalıtımı bütünüyle test edilmelidir.

- ✓ Hava temizleme ekipmanları, aydınlatma, havalandırma ekipmanı ve elektronik kontrol sistemlerinin etkin bir şekilde çalışabilmeleri için güvenli ve minimum 36 saat kesintisiz güç sağlayacak bir elektrik kaynağı gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında yapılan araştırmalara göre sabit sığınma odaları daha yüksek yük dayanımına sahip olmaları, daha fazla kişinin kullanımına olanak sağlamaları ve daha uzun süreli hayat desteği sunmaları nedeniyle taşınabilir sığınma odalarına oranla daha kullanışlı olduğu görülmüştür. Ayrıca sabit sığınma odaları taşınabilir sığınma odalarına göre sığınmacılara belirgin olarak daha fazla alan ve hacim sağlayabilmektedir. Bu sebeple sabit sığınma odalarında, sıcaklık ve nem ile ilgili hususlar daha kolay elimine edilebilecektir. Bunun yanında sığınmacıların daha fazla serbest alana sahip olması fizyolojik ve psikolojik stres unsurlarını azaltacaktır. Sabit sığınma odalarının bir diğer avantajı ise taşınabilir olanlara nazaran daha fazla yiyecek, su, oksijen tüpü, hava temizleyici kimyasallar ve tıbbi malzemelerin depolanabilecek olmasıdır. Ancak ilerlemenin hızlı olduğu ve sabit sığınma odalarının uygulanamadığı durumlarda, taşınabilir odalar alternatif olarak tercih edilmektedir.

Bu çalışma ile araştırma ve saha ziyaretleri esnasında işletmelerde yapılan gözlemler sonucu sığınma odalarında bulunması gereken asgari şartlar belirlenmiş ve işletmelerde gözden kaçırılan hususlar tespit edilerek fikir alışverişi yapılmış, yapılan tüm çalışmalar işletmeler ile paylaşılmıştır. Sonuç olarak sığınma alternatiflerinin faydalı olabilmesi ve amacına ulaşabilmesi için uygun mühendislik uygulamaları kullanılmalı, madenlerde kapsamlı kurtarma ve kaçış planları bulunmalı ve çalışanlara acil durum kaçış, acil durumlarda etkin haberleşme, sığınma odalarının kullanımı, OFK kullanımı, ilk yardım ve yangın söndürücüler hakkında teorik ve uygulamalı olarak belirli sıklıklarda eğitimler verilmelidir.

## KAYNAKLAR

- [1] İş Sağlığı Ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği, Resmi Gazete Sayısı: 28509, T.C. Resmi Gazete, Ankara, (26/12/2012).
- [2] İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, Resmi Gazete Sayısı: 28339, T.C. Resmi Gazete, Ankara, (30/06/2012).
- [3] Maden İşyerlerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliği, Resmi Gazete Sayısı: 28770, Ankara, (19/09/ 2013)
- [4] İSG Kanunu İle Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, Resmi Gazete Sayısı: 29335, T.C. Resmi Gazete, Ankara, (23/04/2015).
- [5] National Technology Transfer Center/Wheeling Jesuit University,125-Mine Refuge Chamber Summary, Bölüm 2, NIOSH, 939, 2006.
- [6] Meng L , Jiang Y. D, Zhao Y, Shan R, and Song Y, Probing into design of refuge chamber system in coal mine, *Procedia Eng*, 26; 2334–2341, 2011.
- [7] The National Technology Transfer Center/ Wheeling Jesuit University, Summary of U.S. Mines With Refuge Chambers-Bölüm 1, Sayfa:464, 2006.
- [8] Anderson I, Mine Refuge Chambers in Coal Mines, ÇBİ, Rize, Sayfa:1-4, 2014.
- [9] Mitchell M. D, Analysis of underground coal mine refuge shelters,Yüksek Lisans Tezi, West Virginia University, Morgantown, 2008.
- [10] Mine Arc Systems, Refuge Chambers: World, Yes. Australian Coal, No?, <http://www.minearc.com/news/refuge-chambers-world-yes-australian-coal-no>, (Erişim Tarihi: 11/07/2015)
- [11] Sığınma Odaları, <http://www.penamaden.com/>, (Erişim Tarihi: 11/07/2015)
- [12] Mine Safety and Health Administration (MSHA), *Methods for Providing Breathable Air*; Sayfa:1-8, 2007.
- [13] Government of Western Australia-Department of Mines and Petroleum, *Guideline-Refuge chambers in Underground Mines*, Sayfa:1-52, 2013.

- [14] Western Australian Government - Department of Industry & Resources - Safety & Health Division, *Tyre safety, fires and explosions*, Sayfa :12 Batı Avustralya, 2005.
- [15] Department of Industry and Resources, *Refuge chambers in underground metalliferous mines*, Batı Avustralya, Sayfa:1-32, 2005.
- [16] Mine Safety and Health Administration (MSHA), *Program Information Bulletin (PIB)*, Bölüm:7, Sayfa:3, ABD, 2007.
- [17] United States Environmental Protection Agency (EPA), *Carbon Monoxide*, <http://www.epa.gov/ozone/snap/fire/co/coreport.html>. (Erişim Tarihi: 10/07/2015)
- [18] Hartman H.L, Mutmanky J. M and Ramani R.V, *Mine Ventilation and Air Conditioning*, John Wiley and Sons, New York, Sayfa:398,1997.
- [19] United States Environmental Protection Agency (EPA), “Carbon Dioxide as a Fire Suppressant: Examining the Risks,” <http://www.epa.gov/ozone/snap/fire/co2/co2report.html>. (Erişim Tarihi: 10/07/2015)
- [20] Bauer E.R. and Kohler J. L, *Update on refuge alternatives: underground deployment*, NIOSH, Pittsburgh, 2006.
- [21] Rendell D. and Clarke M. and Evans M, *The Effect of Environmental Conditions on the Absorption of Carbon Dioxide Using Soda Lime*, SAE Technical Paper, Sayfa:1-11, 2003.
- [22] McPherson M. J, *Subsurface Ventilation and Environmental Engineering*. Chapman&Hall, Yeni Delhi, Sayfa:824, 1993.
- [23] Waugh I, Allsop A, Baines P, Bolsover J, Daniels C, Flack D, Forster J. A, Greatrex N, Hann J, Hunneyball S, Mills S. J. F, Padley M, Shotton J, Soar R, Spurry T, Robinson B, Rowley N, Young R, and P. Hill N, *Guidance and Information on the Role and Design of Safe Havens*, the Mining Federation of Independent Mines,” Sayfa:1–11, 2003.
- [24] American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning, *ASHRAE Fundamentals*, New York, Sayfa:89–135, 1993
- [25] National Technology Transfer Center Wheeling Jesuit University, *Mine Refuge Chamber Summary*. Department of Health and Human Services-NIOSH, 2006.

- [26] Zyl F. J, *Review of Best Practices Regarding The Use of Refuge Chambers in South Africa*, 2007.
- [27] Sheng W, Gao M. Z, and Yang L, Theory and construction of emergency refuge system in underground coal mine, *Procedia Eng*, 26; 2351–2359, 2011.
- [28] The Underground Coal Mining Safety Research Collaboration (UCMSRC), *Refuge Stations/Bays & Safe Havens in Underground Coal*, Sayfa:1-17, 2004.
- [29] 39 Miners rescued after underground fire, <http://www.miningaustralia.com.au/news/39-miners-rescued-after-underground-fire>. (Erişim Tarihi: 27/10/2015)
- [30] Maden Terimleri Sözlüğü, Eti Maden, <http://www.etimaden.gov.tr/d/page/dijital-medya-maden-terimleri-sozlugu-l-harfi-ile-baslayanlar> (Erişim Tarihi: 03/12/2016)."
- [31] Hansen R. , Overview of fire and smoke spread in underground mines, Sayfa:1-10, 2010.
- [32] Griffin J., Grenman P., Lowther J., Mine Rescue arrangements in Ireland, *Paper for the 14th Meeting of European Heads of State Mining Authorities*, 2008.
- [33] Bursa Sanayii İşletmeleri A.Ş, <http://www.bursan.com/TR/87/1/Yukse-Basincli-Tupler.htm>. (Erişim Tarihi: 03/12/2016)
- [34] Çınargaz, <http://www.cinargaz.com/urunler.html>, (Erişim Tarihi: 03/12/2016)
- [35] Office of Mine Safety and Health, Research Report on Refuge Alternatives or Underground Coal Mines; Sayfa:1-16, 2007.
- [36] Zhang B, Zhao W, Wang W. and Zhang X, Pressure characteristics and dynamic response of coal mine refuge chamber with underground gas explosion, *J. Loss Prev. Process Ind*, 30; 37–46, 2014.
- [37] MineARC, Hard Rock Mine Refuge Chambers, Sayfa:1–12, 2013.





## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

SOYADI, Adı :GÜRLEYEN, Ayşegül  
Doğum Tarihi ve Yeri :17.06.1986, Ankara  
Telefon :0(312) 257 16 90  
E-Posta :aysegul.gurleyen@csgb.gov.tr



### Eğitim

| Derece        | Okul                                                  |
|---------------|-------------------------------------------------------|
| Yüksek Lisans | ODTÜ/ İş Sağlığı ve Güvenliği Programı (Devam ediyor) |
| Lisans        | ODTÜ/ Maden Mühendisliği                              |
| Lise          | Nermin Mehmet Çekiç Anadolu Lisesi                    |

### İş Deneyimi

| Yıl           | Yer                                  | Görev                             |
|---------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 2013- (Halen) | Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı | İş Sağlığı ve Güvenliği Uzm. Yrd. |

### Yabancı Dil

İngilizce (YDS-2013: 87,50)

### Mesleki İlgi Alanları

Risk değerlendirmesi, acil durum planları, İSG yönetim sistemleri, endüstriyel toz patlamalarında İSG

### Hobiler

Seyahat etmek, resim yapmak.



## **EKLER**

Ek-1: Saha ziyareti sırasında işletmelere uygulanan kontrol listesi ve cevapları

Ek-2: Yeraltı metal madenlerinde sığınma odaları rehberi taslağı

Ek-3: Yeraltı metal madeni işletmeleri için kontrol listesi örneğı

**EK-1.**

|           | <b>Kontrol Listesi Soruları</b>                                          | <b>Maden No.1</b>                    | <b>Maden No.2</b>                                                        | <b>Maden No.3</b>                                                        | <b>Maden No.4</b>                                            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>  | Bir vardiyada yeraltında kaç çalışan bulunmaktadır?                      | 25 kişi                              | 60 kişi                                                                  | 45kişi                                                                   | 80 kişi                                                      |
| <b>2</b>  | İşletmede sabit sığınma odası var mı? Varsa kaç adet? Kaç kişilik?       | Yok                                  | Var (3 adet 30 kişilik)                                                  | Var (3 adet 15 kişilik-1 adet 15 kişilik yapım aşamasında)               | Var (1 adet 30 kişilik)                                      |
| <b>3</b>  | İşletmede taşınabilir sığınma odası var mı? Varsa kaç adet? Kaç kişilik? | Var (4 adet-8 kişilik)               | Var (7 adet 8-12-16 kişilik)                                             | Var (1 adet-14 kişilik)                                                  | Var (3 adet-8 kişilik)                                       |
| <b>4</b>  | Toplam sığınma odası kişi kapasitesi nedir?                              | 32 kişi                              | 174 kişi                                                                 | 60 kişi                                                                  | 54 kişilik                                                   |
| <b>5</b>  | OFK kullanım süresi nedir?                                               | 15 dakika                            | 15 dakika                                                                | 15-32 dakika                                                             | 25 dakika                                                    |
| <b>6</b>  | Sığınma odaları mevcut ADP'lere dahil mi?                                | Dahil                                | Dahil                                                                    | Dahil                                                                    | Dahil                                                        |
| <b>7</b>  | Sığınma odalarında asgari kalma süresi nedir?                            | 24 saat                              | 36 saat                                                                  | 48 saat                                                                  | Taşınabilir için 36 saat<br>Sabit için 72 saat               |
| <b>8</b>  | Sığınma odasından çalışılan ayağa olan maksimum uzaklık kaç metredir?    | 1200 m                               | 500 m                                                                    | 750 m                                                                    | OFK kullanım sürelerine göre ilerleme oldukça güncellenmekte |
| <b>9</b>  | Sığınma odasının patlama basıncı dayanımı kaç psi?                       | ----                                 | 5 psi                                                                    | 15 psi                                                                   | 5 psi                                                        |
| <b>10</b> | Sığınma odasının kapılarının basınç dayanımı kaç bar?                    | 5 bar                                | 5 bar                                                                    | Taşınabilir 2,4 bar                                                      | 5 bar                                                        |
| <b>11</b> | Odanın içinde hangi gazlar izlenmektedir?                                | O <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> | CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>                                     | O <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO, H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CO                        |
| <b>12</b> | Oda dışında hangi gazlar izlenmektedir?                                  | İzlenmemektedir                      | CO, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, O <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO, H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> | İzlenmemektedir                                              |

**EK-1 (Devamı)**

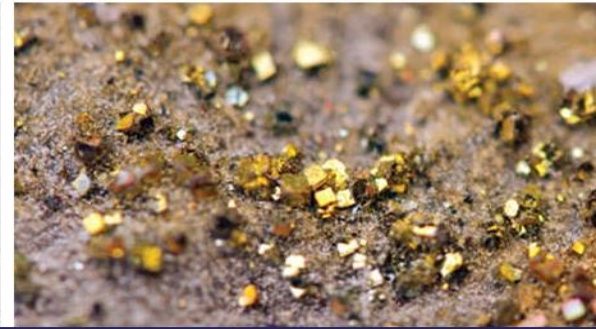
|    | <b>Kontrol Listesi Soruları</b>                                                               | <b>Maden No.1</b>             | <b>Maden No.2</b>                                  | <b>Maden No.3</b>                                               | <b>Maden No.4</b>                                           |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 13 | Minimum O <sub>2</sub> konsantrasyonu nedir?                                                  | %19                           | %19,5                                              | %16                                                             | %18,5                                                       |
| 14 | Maksimum O <sub>2</sub> konsantrasyonu nedir?                                                 | %21                           | %21                                                | %20,9                                                           | %23                                                         |
| 15 | Maksimum CO konsantrasyonu nedir?                                                             | 60 ppm                        | 25 ppm                                             | 20 ppm                                                          | 25 ppm                                                      |
| 16 | Maksimum CO <sub>2</sub> konsantrasyonu nedir?                                                | %1                            | %0,5                                               | CO <sub>2</sub> gazı izlenmemektedir.                           | %1                                                          |
| 17 | Odanın içinde bulunan O <sub>2</sub> kaynakları neler?                                        | Basınçlı hava sistemi         | Basınçlı hava hattı, oksijen tüpleri, oksijen mumu | Basınçlı hava hattı ve oksijen tüpleri                          | Yeraltı basınçlı hava sistemi, oksijen tüpü ve oksijen mumu |
| 18 | Odalarda CO <sub>2</sub> ve CO gaz temizleme ekipmanları bulunuyor mu? Varsa ne kullanılıyor? | Bulunuyor. İçeriği bilinmiyor | CO ve CO <sub>2</sub> tutucu kartuşlar             | Bulunmuyor                                                      | CO ve CO <sub>2</sub> tutucu kartuşlar                      |
| 19 | Sığınma odasında pozitif basınç sistemi var mı?                                               | Var                           | Var                                                | Var                                                             | Var                                                         |
| 20 | Yeryüzü ile iletişim aracı nedir?                                                             | Telefon, telsiz               | Telefon, radyo                                     | Telefon ve telsiz                                               | Telsiz                                                      |
| 21 | Oda içerisinde güncel ADP var mı?                                                             | Var                           | Var                                                | Var                                                             | Yok                                                         |
| 22 | Harici atık bertaraf sistemi var mı?                                                          | Yok                           | Var                                                | Var                                                             | Var                                                         |
| 23 | İlk yardım malzemeleri var mı?                                                                | Var                           | Var                                                | Var                                                             | Var                                                         |
| 24 | Kişi başına düşen serbest alan nedir?                                                         | 0,5 m <sup>2</sup>            | 1m <sup>2</sup>                                    | Sabit, 3,5 m <sup>2</sup> -<br>Taşınabilir, 0,85 m <sup>2</sup> | 1,25 m <sup>2</sup>                                         |
| 25 | Kişi başına düşen serbest hacim nedir?                                                        | 0,75 m <sup>3</sup>           | 2m <sup>3</sup>                                    | Sabit, 20 m <sup>3</sup> -<br>Taşınabilir, 1,80 m <sup>3</sup>  | 4,63 m <sup>3</sup>                                         |
| 26 | Oda içi maksimum sıcaklık?                                                                    | 30°C                          | 30°C                                               | 30°C                                                            | 30°C                                                        |

**EK-2**  
**YERALTI METAL MADENLERİNDE SİĞİNMA ODALARI REHBERİ TASLAĞI**



# YERALTI METAL MADENLERİNDE SIĞINMA ODALARI REHBERİ

Ayşegül GÜRLEYEN



T.C. Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı  
İş Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü



**T.C.**

**ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı**

**Hazırlayan**

**Ayşegül GÜRLEYEN**

**ANKARA-2016**



# İÇİNDEKİLER

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| İÇİNDEKİLER.....                                                 | 1  |
| 1. GİRİŞ.....                                                    | 3  |
| 2. YERALTI SIĞINMA ODALARI HAKKINDA GENEL BİLGİ.....             | 3  |
| 2.1. Sığınma Odası Çeşitleri.....                                | 4  |
| 2.1.1. Sabit sığınma odaları.....                                | 4  |
| 2.1.2. Taşınabilir sığınma odaları.....                          | 5  |
| 2.1.3. Kurtarma kapsülleri.....                                  | 5  |
| 2.2. Sığınma Odalarında Olması Gereken Minimum Özellikler.....   | 6  |
| 2.2.1. Filtrasyon özellikli basınçlı hava sistemi.....           | 6  |
| 2.2.2. Dâhili oksijen kaynağı.....                               | 7  |
| 2.2.3. Dâhili ve harici güç kaynakları.....                      | 7  |
| 2.2.4. Uyarı ışıkları ve farkedilebilirlik.....                  | 7  |
| 2.2.5. Haberleşme ve iletişim sistemi.....                       | 8  |
| 2.2.6. Sağlam yapısal özellikler.....                            | 8  |
| 2.2.7. Soğutma ve nem alma sistemi.....                          | 9  |
| 2.2.8. Tam sızdırmaz yapı.....                                   | 10 |
| 2.3. Sığınma Odalarında Asgari Kalma Süresinin Belirlenmesi..... | 11 |
| 2.4. Sığınma Odası İçindeki Hava Kalitesi.....                   | 11 |
| 2.5. Sığınma Odaları İçin Termal Konfor Gereklilikleri.....      | 13 |
| 2.6. Sığınma Odaların Karşılması Gereken Asgari Şartlar.....     | 14 |
| 3. DİZAYN VE KURULUM.....                                        | 15 |
| 3.1. Acil Çıkış Kapısı.....                                      | 15 |
| 3.2. Basınç Dengelemesi.....                                     | 15 |
| 3.3. Pencere.....                                                | 15 |
| 3.4. Boyalı Yüzeyler.....                                        | 16 |
| 4. LOKASYON.....                                                 | 16 |
| 4.1. Çalışılan Bölgeye Uzaklık.....                              | 16 |
| 4.2. OFK İle Ortalama Ulaşım Süresi.....                         | 17 |
| 4.3. Lokasyon Güvenliği.....                                     | 17 |
| 4.3.1. Tehlike maruziyeti.....                                   | 17 |

|                                                |           |
|------------------------------------------------|-----------|
| 4.3.2. Zemin şartları.....                     | 17        |
| 4.3.3. Yeraltı suları.....                     | 18        |
| <b>5. KAPASİTE.....</b>                        | <b>18</b> |
| <b>6. HAYAT DESTEĞİ.....</b>                   | <b>18</b> |
| 6.1. Bekleme Modu.....                         | 19        |
| 6.2. Dışardan Destekli.....                    | 19        |
| 6.3. Tamamen Bağımsız.....                     | 19        |
| <b>7. İÇ EKİPMAN.....</b>                      | <b>20</b> |
| 7.1. Serbest Alan ve Hacim.....                | 20        |
| 7.2. Su ve Yiyecek.....                        | 20        |
| 7.3. İlk Yardım Malzemesi.....                 | 20        |
| 7.4. Tuvalet.....                              | 21        |
| 7.5. Masa.....                                 | 21        |
| 7.6. Yangın Söndürücü.....                     | 22        |
| 7.7. Diğer Malzemeler.....                     | 22        |
| <b>8. ULAŞIM VE MADEN DÜZENİ.....</b>          | <b>22</b> |
| 8.1. Araç Ulaşımı.....                         | 22        |
| 8.2. İşaretlemeler.....                        | 23        |
| <b>9. VAR OLAN TESİSLERİN ADAPTASYONU.....</b> | <b>23</b> |
| <b>10. KİŞİSEL PSİKOLOJİK DURUMLAR.....</b>    | <b>23</b> |
| <b>11. BAKIM .....</b>                         | <b>24</b> |
| <b>12. TESTLER .....</b>                       | <b>25</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                          | <b>26</b> |

# 1. GİRİŞ

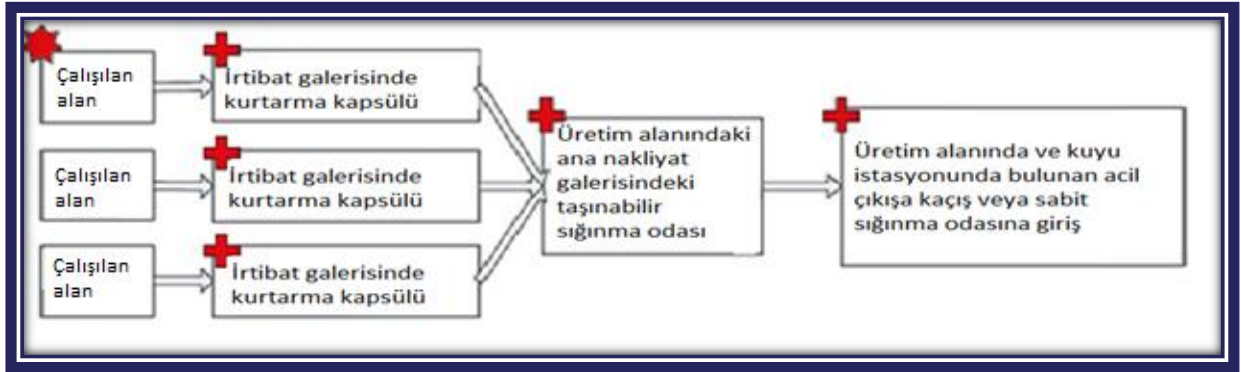
Geçmişten günümüze madencilik faaliyetleri sayesinde gün yüzüne çıkan yeraltındaki mineraller ve madenler pek çok alanda hammadde veya ara madde olarak kullanılmaktadır. Sanayinin en önemli girdisinin de maden kaynakları olduğu düşünülürse gelişmekte olan pek çok ülke için madencilik en büyük gelir kaynaklarından biridir [1].

Ülkemizde yaşanan iş kazaları göz önünde bulundurulduğunda kazaların en fazla yaşandığı ve kaza sonuçlarının en ağır olduğu sektörlerden biri maden sektörüdür. 18 Nisan 2014 tarih ve 28976 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren İş Sağlığı ve Güvenliği’ne (İSG) ilişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliğine göre madencilik faaliyetleri çok tehlikeli sınıfta yer almaktadır [2]. 19 Eylül 2013 tarih ve 28770 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Maden İşyerlerinde İSG Yönetmeliği ile yeraltı ve yerüstü maden işlerinin yapıldığı işyerlerinde çalışanların sağlık ve güvenliğinin korunması için uyulması gerekli asgari şartlar belirlenmektedir [3]. 23 Nisan 2015 tarih ve 29335 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan İSG Kanunu İle Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun’un 5. Maddesi’nde, maden işyerlerinin hangilerinde sığınma odalarının kurulabileceği ve bu odaların teknik özelliklerine dair usul ve esasların Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB) tarafından çıkarılacak bir yönetmelik ile düzenleneceği belirtilmiştir [4]. Bu rehber çalışması ile de, yeraltı metal madenlerinde sığınma odaları hangi koşullarda, nasıl bulundurulmalı, hangi asgari şartları sağlamalı ve hangi özelliklere sahip olması gerektiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Altın, bakır ve demir madenlerine gerçekleştirilen saha ziyaretleri sayesinde sığınma odalarının mevcut kullanımı ile ilgili bilgi edinilmiş, yapılan değerlendirmeler neticesinde elde edilen verilerin sığınma odaların tercihinde ve uygulanmasında sektöre rehber olması amaçlanmıştır.

## 2. YERALTI SIGINMA ODALARI HAKKINDA GENEL BİLGİ

Acil durum yeraltı sığınma sistemleri, çalışma ortamının hava kalitesinin tehlikeli hale gelmesi durumunda acil sığınma ve solunabilir hava sağlamak için tasarlanmış güvenlik sistemleridir [5]. Sığınma sistemleri ani bir felakette en yakın sığınma alternatifine girip yardım gelene kadar beklemeye olanak sağlar. Yeraltı sığınma sistemi sabit sığınma odaları, taşınabilir sığınma odaları ve kurtarma kapsüllerinden oluşmaktadır. Sığınma odaları ve kurtarma kapsülleri birbirinden bağımsız ve birbirlerine sıkıca bağlantılı sistemlerdir. Şekil 1’de sığınma

sistemlerinin organizasyon yapısı gösterilmektedir. Organizasyon yapısına göre, irtibat galerilerinde kurtarma kapsülleri bulundurulmalı, üretim alanındaki ana nakliyat galerilerine taşınabilir sığınma odaları yerleştirilmeli ve üretim alanında bulunan acil çıkışa ise sabit sığınma odası yapılmalıdır.



**Şekil 1.** Sığınma Sisteminin Organizasyon Yapısı [6]

Acil durum yeraltı sığınma odaları ise yeraltı çalışanlarının yangın, patlama ve/veya göçük halinde girebileceği ve kendilerini içeri kilitleyerek, güvenli ve emniyetli bir ortamda, yeterli havayla, tehlikelerden etkin bir şekilde korunabilecekleri güvenli bölgelerdir. Sığınma odaları, tahliyenin güvenli ya da gerçekleştirilebilir olmadığı acil durumlarda, toplanılarak kurtarılmayı beklemek için güvenli, alternatif bir seçenektir.

## **2.1. Sığınma Odası Çeşitleri**

Sığınma odaları sabit sığınma odaları, taşınabilir sığınma odaları ve kurtarma kapsülleri olmak üzere üç çeşittir.

### **2.1.1. Sabit sığınma odaları**

Sabit sığınma odaları genellikle kuyu istasyonunun yanına ve maden alanının yakınındaki acil çıkışa kurulur. Sığınma odasının çalışma alanına uzaklığı madendeki özel koşullara bağlıdır. Genellikle, tüm maden veya maden alanı için bir sığınak olarak kabul edilir ve hizmet ömrü yaklaşık 10 yıldır [6]. Sabit sığınma odaları, hizmet ömrü boyunca zarar görmemeleri için jeolojik tektonik bölgelerden, yüksek sıcaklık bölgelerinden, gerilim anomalisi olan bölgelerden ve sel tehdidi olan bölgelerden uzak, stabil kaya oluşumları içine inşa edilmedir. Sabit sığınma odası, dışarıya doğru açılan iki yalıtımlı kapısı olan geçiş bölümü ve sığınma bölümü olmak üzere iki yapıdan oluşmalıdır. İki yalıtılmış kapı arasında bulunan geçiş odasında

basıncılı hava perdesi ve/veya basıncılı hava püskürtme cihazı bulunmalıdır. Sığınma bölümü ise ikinci yalıtılmış kapının ardında kalan kişilerin acil durum anında içinde bulunacakları kısımdır. Sabit sığınma odaları içinde genellikle yeryüzünden delinen sondaj delikleri bulunmaktadır. Odanın havalandırma sistemi, oda içindeki havanın madenin havasından bağımsız ve temiz olması için basıncılı hava borusu hattına bağlanarak bu sondaj deliği yardımı ile dışarıdan temiz hava temin eder. Ayrıca sığınma odalarında yiyecek hattı, iletişim hatları, kablolar için gerekli olan enerji, elektrik ve haberleşme bu sondaj deliği ile sağlanmaktadır. Sondaj deliği ile dışarı bağlı olması nedeniyle kazazedelere kesintisiz kaynak ve enerji sağlanabilmesi sayesinde sabit sığınma odaları diğer sığınma alternatiflerinden daha güvenilirdir [6].



**Şekil 2.** Sabit Sığınma Odası

### 2.1.2. Taşınabilir sığınma odaları

Taşınabilir sığınma odasının yapısal tasarımı sabit sığınma odası ile hemen hemen aynıdır. Taşınabilir ve sabit sığınma odası tasarımı arasındaki en büyük fark sabit sığınma odalarının yeraltı hayat hattı sistemlerinin madenden bağımsız olmasıdır. Taşınabilir sığınma odaları minimum yaşam desteğini sağlamak için madenin hâlihazırda kullandığı yeraltı hayat hattı sistemlerini kullanmaktadır.



**Şekil 3.** Taşınabilir Sığınma Odası

Taşınabilir sığınma odaları madencilerin kaçış mesafesini azaltmak, güvenlik faktörünü arttırmak ve sondaja uygun olmayan jeolojik koşullar nedeniyle sabit sığınma odalarının kurulamadığı durumlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır [6].

### 2.1.3. Kurtarma kapsülleri

Madenin tamamı düşünüldüğünde sadece taşınabilir ve sabit sığınma odaları yeterli bulunmamaktadır. Sabit ve taşınabilir sığınma odalarının yetersiz kaldığı durumlarda, maden

ilerledikçe taşınabilen kurtarma kapsülleri çalışılan bölgeye yakın, kullanılmayan bir galeriye geçici olarak yerleştirilebilir. Kaza sonrasında hızlı hareket edildiğinde bu kapsüller yaralıları için ambulans görevi de görebilmektedir. Kurtarma kapsülleri kapasitelerinin düşük olması ve yaşam desteği sağlaması açısından yetersiz oldukları için tercih edilmemektedir [6].

## 2.2. Sığınma Odalarında Olması Gereken Minimum Özellikler

Sığınma odalarında olması zorunlu olan özellikler aşağıdaki gibidir.

- Filtrasyon özellikli basınçlı hava sistemi,
- Dâhili oksijen kaynağı,
- Dâhili ve harici güç kaynakları,
- Uyarı ışıkları, farkedilebilirlik,
- Haberleşme ve iletişim sistemi,
- Sağlam yapısal özellikler,
- Soğutma ve nem alma sistemi,
- Tam sızdırmaz yapı [7].

Yukarıda bahsedilen minimum özelliklerin detaylarına inecek olursak;

### 2.2.1. Filtrasyon özellikli basınçlı hava sistemi

Sığınma odalarında bulunması gereken basınçlı hava içinde yağ partikülleri, toz ve sıcaklık değişiminden dolayı su bulunur. Bu nedenle odalarda havayı solunabilir seviyede temizleyen filtreleme sistemi bulunmalıdır. Basınçlı hava sisteminde oluşacak aşırı su, girişteki tahliye sistemi ile atılmalıdır. Basınçlı hava kesilmediği sürece odaya sürekli taze ve serin hava sağlanabilir. Bu hava pozitif basınç oluşturarak içeri duman ve kirleticilerin girmesini engeller. Bu yüzden odadaki basınçlı hava sistemi sürekli aktif tutulmalıdır.

Basınçlı havaya yangın durumunda duman ( $CO_2/CO$  gazları) karışması riskine karşı oda içinde kapama vanası bulunmalıdır [7].



**Sekil 4.** Basınçlı Hava Hattı

### 2.2.2. Dâhili oksijen kaynağı

Solunabilir havanın doğrudan yeryüzünden sağlanamadığı durumlarda odalara korunaklı, basınçlı hava hatları tesis edilmelidir. Maden basınçlı havasının kesilmesi durumunda içeride güvenilir alternatif hava kaynakları bulunmalıdır. Sistemde tüketilen oksijen, medikal tip oksijen tüpleri ile tazelenmelidir [7]. Medikal tipte oksijen tüplerine ek olarak kısa süreli kullanım sağlayan oksijen mumlarının bulundurulması da oda içindeki sığınmacılara ekstra vakit kazandıracaktır.

### 2.2.3. Dâhili ve harici güç kaynakları

Sistem doğrudan maden enerjisi ile çalışabilmeli, gerekli durumda 380-220 V trafolar kullanılmalıdır. Enerji sistemi maden enerjisindeki dalgalanmalara karşı korumalı olmalıdır. Sistem yükü iyi hesaplanmalı ve sigorta sistemi yangına engel olacak şekilde kurulmalıdır.



Şekil 5. Oksijen Tüpleri

Sistem maden enerjisi ile çalışırken aküleri şarj edebilmelidir. Akülerin düşük şarj ya da aşırı şarj olma gibi durumlarla karşılaşmaması için sistem otomatik olarak devreye girip çıkmalıdır. Enerji sistemi sürekli olarak akülerin voltajını ölçmeli ve istenen aralıkta tutamalıdır. Acil durum moduna geçildiğinde aküler her zaman tam şarjda olmalıdır. Aşırı ısınan aküler patlayabilir ya da zehirli gaz çıkarır bu nedenle şarj sistemi güvenilir olmalıdır. Aküler sürekli şarja uygun ve düşük gaz salımlı olmalıdır. Sistemdeki akü enerjisi; klima, hava temizleme, aydınlatma, uyarı ışıkları, haberleşme ve gaz izleme sistemleri için yeterli enerjiyi sağlayabilmelidir. Elektrik

sistemi arıza yaptığında uyarı verebilmelidir (arızalı şarj cihazı, düşük şarj seviyesi, aşırı ısınan aküler gibi) [7].

### 2.2.4. Uyarı ışıkları ve farkedilebilirlik

Yeraltı maden ortamı karanlık olduğundan sığınma odalarının çevresi görülebilir reflektör şerit ile çevrili olmalıdır. Buna ek olarak sığınma odalarının dışında ve özellikle odaların kapılarının üzerinde kolay farkedilebilirliği sağlamak adına uyarı ışıkları bulunmalıdır. Yoğun duman

nedeniyle görüşün kısıtlı olduğu durumlarda sığınmacıları yönlendirmek için odalarda sesli uyarı sistemi de bulunmalıdır [7].

#### 2.2.5. Haberleşme ve iletişim sistemi

Sığınma odalarında çift taraflı iletişime olanak sağlayan telsiz ve/veya telefon sistemi olmalıdır [7].



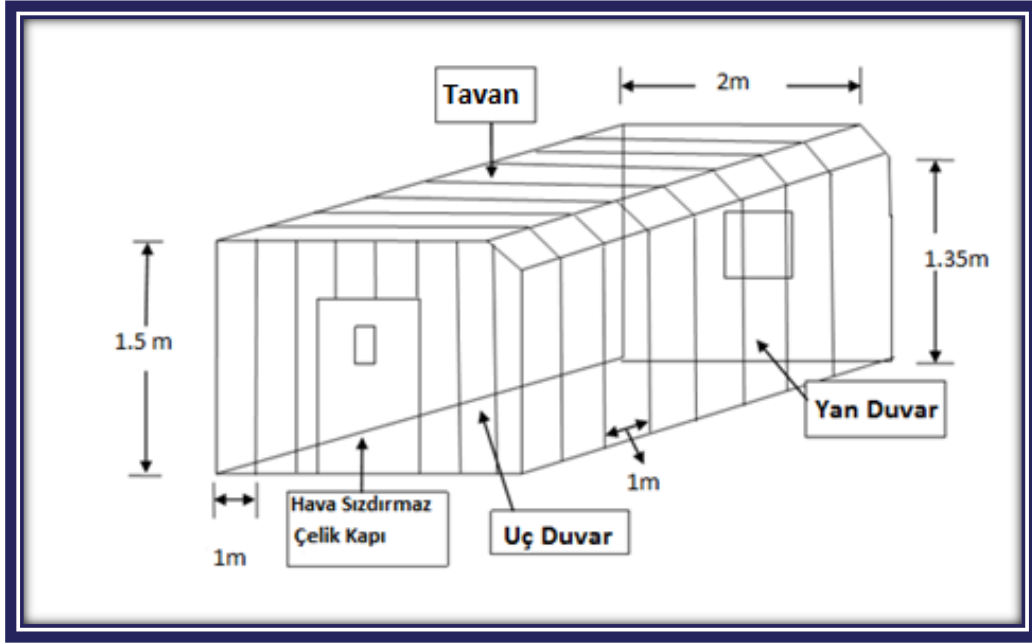
Şekil 6. Telefon

#### 2.2.6. Sağlam yapısal özellikler

Kaza araştırmalarından elde edilen sonuçlara dayanarak, sabit sığınma odasının yarım daire şeklinde olması gerekmektedir. Sabit odaların içinde bağlama demiri, bağlama filesi ve bağlama kablosu ile bağlantılı destek metodu kullanılmalıdır. Destekleyici malzemeler ise alev geciktirici, anti-statik, aşınmaya ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmalıdır. Bunlara ek olarak, beton basınç dayanımı C30'dan daha az olmamalı ve kullanılan çelik No.3 çelik, No.4 çelik veya No.16 manganez çeliği olmalıdır. Ayrıca sığınma odasının destek malzemelerine püskürtme beton tabakası, hava geçirmez bir tampon tabaka ve güçlendirilmiş bir beton tabakası da eklenmelidir [6].

Taşınabilir sığınma odalarının dış yüzeyi çelik kirişli iskelet yapısı ve çelik levhalardan oluşur. Dış yüzey, çelik kirişin üstüne çelik levhaların monte edilmesiyle oluşturulurken, dış yüzeyi destekleyici yapı çelik boru yapısı ile oluşturulmuştur. Çelik boru çerçeve yapısı; tavan, duvarlar ve taban için her bölümde farklı uzunluk ölçüleri geçerli olmak kaydıyla aynıdır ve gerilimi birinden diğerine direk aktarabilmesi için çember benzeri bir şekilde düzenlenmiştir. Yan duvar iskelet kirişleri tavan ile 45 derecelik açı ile birleştirilmiştir. Dış yüzeyin şematik gösterimi Şekil 7'deki gibidir [9].





**Şekil 7.** Sığınma odası çizimi [9]

Taşınabilir sığınma odasının kapı dizaynı, çelik levhaların sertleştirilmiş çelik levha bağlantıları ve güçlendirilmiş borunun sığınma odasının dışındaki çelik kapı üzerine uygulanması ile oluşturulmaktadır.

Ünite, üstüne gelecek yüklere dayanabilmelidir. Maden şartlarında yapısal bütünlüğü bozulmamalıdır. (göçükler, nakliye hasarları, çarpmalar vb.) [10].

### 2.2.7. Soğutma ve nem alma sistemi

Gaz zehirlenmesi ile beraber sığınma odasındaki sığınıcılar için en büyük tehlike, yüksek ısı ve nem kaynaklı ısı stresidir. Soğutma sistemi gaz temizleme sistemi kadar önemlidir. Soğutma olmadan oluşan ısı ölüm riski taşımaktadır. Bu nedenle odalarda soğutucu klima bulundurulmalı ve klimaların soğutma kapasitesi kayaç sıcaklığı, sığınmacı sayısı ve muhtemel ısı kaynakları hesaba katılarak seçilmelidir [7].



**Şekil 8.** Soğutucu Klima

### 2.2.8. Tam sızdırmaz yapı

Sığınma odası acil durum halindeyken dış atmosferden tamamen izole olmalıdır. Bu nedenle oda kapılarının sızıntılara müsaade etmeyecek şekilde monte edilmesi büyük önem arz etmektedir. Tek kilitli kapı sistemlerinde üstten ve alttan kirli hava sızıntısı olabileceği için, kapılarda 2'li kilit sisteminin bulunması sızıntı ihtimalini önemli ölçüde düşürecektir.



Şekil 9. Sığınma odası kapıları

Patlama ya da yanma sonucu madende oluşan zehirli gazların ve diğer kirleticilerin kapı açıldığında sığınma odası içine

yayılmaması için, sığınma odası girişinde hava kilit bölümü olmalıdır ve bu bölüm madencileri kısa bir süreliğine, küçük gruplar halinde alabilecek kapasitede olmalıdır. Hava kilit bölümündeki kirletici gazları temizlemek amacıyla, sığınma odasına giren her bir çalışan grubu için yeterli olacak tasfiye havası sağlanmalıdır [11]. Tek yönlü basınç valfi olan bu geçiş bölümünde, arındırıcı O<sub>2</sub> tüpleri veya basınçlı hava hattı kirleticileri arındırarak



Şekil 10. Hava kilit bölümü

havanın dışarı çıkmasını sağlayacak ve içeride yüksek basınç oluşmasını önleyecektir. Buna ek

olarak bu bölümde; CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> gazlarını izleyecek çoklu gaz dedektörleri bulunmalıdır. Bu sayede sığınma odasını kullanan madenciler, geçiş bölümündeki atmosferin solunabilir olduğundan emin olacak ve odanın içine girmenin güvenli olduğunu anlayabileceklerdir.

Oda dışarıdan basınçlı hava desteği almadığı zamanlarda iç-dış sıcaklık farkından dolayı vakum etkisi yaratacaktır. Odadaki her türlü yalıtım hatası içeriye zehirli gaz girmesine sebep olabilmektedir [9].

### **2.3. Sığınma Odalarında Asgari Kalma Süresinin Belirlenmesi**

Yeraltı metal madenlerinde sığınma odalarının dışarıdan destek almadan asgari yaşam desteği sağlama süresi belirlenirken kaza kayıtlarından ve dünya çapındaki deneyimlerden faydalanılmıştır. Ancak her kazanın koşulları değişiklik gösterdiğinden dolayı kabul edilebilir bir süre tespiti yapmak pek mümkün değildir. Olabilecek en kötü senaryo üzerinden gitmek bu durumda en kabul edilebilir yaklaşım olacaktır. Metal madenlerinde ise bu senaryo, ana hava girişinde ilerleyen büyük, lastik tekerlekli bir aracın yanması kabul edilebilir. Tekrar yanma olasılığı, lastiğin patlama olasılığı ya da her ikisinin olması halinde 24 saat boyunca araca yaklaşmak güvenli olmayacaktır [12]. Bazı şartlarda maden kurtarma ekipleri tarafından yanan bölge geçilip kazazedelerin tahliye edilebilmesi mümkün olsa da bu her zaman gerçekleştirilemeyebilir. Bir veya daha fazla kişi yaralı olabilir ve bu durumda o bölgeye araç erişimi gerekli olabilir. Kaza alanının temizlenmesi ve maden ortamının kazazedelere hizmet verilebilir hale gelebilmesi için 8 saat kabul edilebilir bir süredir. Bu nedenle kurtarma çalışmalarına başlamadan önce gerekli olan gerçekçi süre 32 saat kabul edilebilir. 4 saatlik ek güvenlik önlemi de alınarak metal madenlerinin karşılaması gereken minimum yaşam desteği süresi 36 saat kabul edilmektedir [8].

### **2.4. Sığınma Odası İçindeki Hava Kalitesi**

Sığınma odası, hayatın devam edebilmesini sağlamak için minimum O<sub>2</sub> sağlama ve CO<sub>2</sub> ve CO gibi insan hayatını tehdit eden zehirleyici gazları filtreleyebilme özelliklerine sahip olmalıdır.

Normal şartlar altında atmosfer yaklaşık olarak %21 oranında O<sub>2</sub> içermektedir. O<sub>2</sub> konsantrasyonu %19,5 altına düştüğünde, atmosferde yeterli O<sub>2</sub> bulunmadığı kabul edilir ve bu durum canlılarda olumsuz sağlık etkilerine sebep olur. O<sub>2</sub> yetersiz olduğu atmosferler sinir sistemine kalıcı olarak zarar verebilir ve maruziyet süresine bağlı olarak ölümlere bile sebep olabilmektedir [13].

Zehirli bir gaz olan CO, benzin, kömür ve odun gibi yakıtların yanması ya da tam olarak yanmaması sonucu oluşur. Duman içinde yoğun olarak bulunmakla birlikte, gazın kendisinin, havadan hafif, kokusuz, tatsız, renksiz olması ve tahriş edici olmaması nedeniyle fark edilmediğinden 'sessiz katil veya sinsi düşman' denilir. CO'ya uzun süreli ve yüksek oranlarda maruz kalındığında öldürücü olmaktadır. [14].

CO<sub>2</sub> atmosferde % 0,03 oranında doğal olarak bulunan ve kapalı bir ortamda yüksek oranda maruz kalındığında ölümcül sonuçlara neden olabilecek bir gazdır. Doğada bu kadar az oranda bulunmasının nedeni insan ve hayvan metabolizmaları tarafından üretilmesidir. Dışarıdan hiç hava girişinin olmadığı kapalı bir atmosferde, insanların solunumu ortamdaki CO<sub>2</sub> miktarının artmasına neden olacaktır. Bu artış, insan vücudunda vasküler daralma ya da genişlemeye sebep olabilmekte, vücut sıvısı pH'ında değişme ve kişinin kendi solunumunu kontrol etme yeteneğini yitirmesi gibi ciddi etkilere neden olabilmektedir [15].

CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını sığınma odalarının dizaynı esnasında dikkate almak büyük önem arz etmektedir. CO<sub>2</sub> seviyesini % 3 oranında tutabilmeye olanak sağlayan geçerli tek teknoloji CO<sub>2</sub> temizleyicilerdir. Ancak sistemin debisi iyi hesaplanmalıdır. Fanların etki alanı sınırlı olduğundan, geniş alanlarda birden fazla hava temizleyici gerekmektedir [16]. Sığınma odası üreten firmalar, ortamdaki CO<sub>2</sub>'i temizlemek için lityum hidroksit (LiOH) veya kalsiyum oksit (CaO) gibi kimyasalları kullanmaktadırlar [17].

NIOSH gereklilikleri ve Madenlerde İSG Yönetmeliği harmanlanarak ve yönetmeliğin alt sınırları baz alınarak, sığınma odası içinde olması gereken minimum ve maksimum gaz değerleri belirlenmiştir. Bu değerler; O<sub>2</sub> için min % 19, maks. % 23; CO için maks. 25 ppm ve CO<sub>2</sub> için maks. % 0,5 olarak önerilmektedir [18,19]. Ayrıca sığınma odasının içinde bulunan hava izleme cihazları içerideki ve maden havasındaki CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub> gazlarını ölçebilir nitelikte olmalıdır. Oda dışında ise CO ve O<sub>2</sub> gazları sürekli olarak izlenmelidir.

Basıncılı hava hattının zarar görmesi halinde, solunabilir hava medikal tipte O<sub>2</sub> tüpleri ve O<sub>2</sub> mumu gibi diğer oksijen kaynakları ile sağlanmalıdır. Ayrıca, sığınma odası içindeki CO<sub>2</sub> ve CO temizleyici kimyasallar da sınırlı bir süre için oda içindeki havanın solunabilir düzeyde olmasına yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, oda içerisinde mutlaka CO ve CO<sub>2</sub> temizleyici malzeme ve ekipman bulundurulmalıdır.

## **2.5. Sığınma Odaları İçin Termal Konfor Gereklilikleri**

Sığınma odaları kapalı sistemler olduğu için, içindeki termal-çevre koşulları, sığınıcılar içeri girdikten yaklaşık bir saat sonra rahatsız edici boyutlara ulaşmaktadır. Bu nedenle amaç, ortamı ısı ve nem açısından kabul edilebilir seviyede tutmak ve sığınmacılar için uygun termal koşullar sağlamaktır [20]. MSHA ve Batı Virjinya Madenciler Sağlık, Emniyet ve Eğitim Ofisi (WVOMHST) de hissedilen sıcaklığın 35 C°'den yüksek olmaması gerektiğini savunmaktadır [21].

Acil bir durum anında, çalışanların odaya sığınması halinde, sıcaklığın kısa süre içerisinde hızla artarak kişilerin fizyolojik durumunu ve sığınma koşullarını olumsuz etkilemesinden ötürü oda içerisinde kişi kapasitesine uygun klima bulundurulmalı ve oda içi maks. sıcaklığın 35 C°'yi geçmemesi sağlanmalıdır [22, 23].

## 2.6. Sığınma Odaların Karşılması Gereken Asgari Şartlar

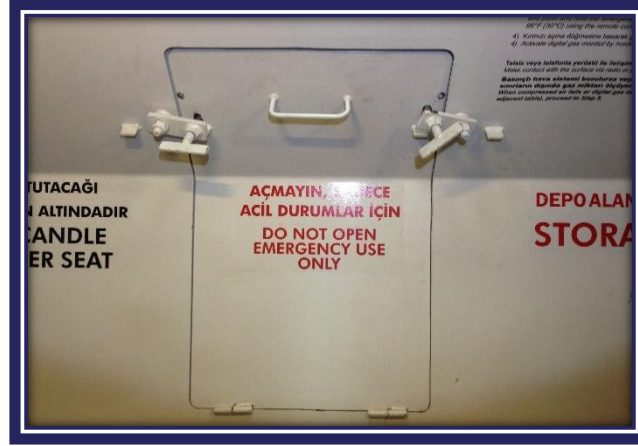
Sonuç olarak, sığınma odalarının karşılaması gereken asgari şartlar aşağıdaki gibidir.

| ODALARIN KARŞILAMASI GEREKEN ASGARİ ŞARTLAR               |                                                                     |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Sığınma odalarında asgari kalma süresi                    | Minimum 36 saat                                                     |
| Sığınma odalarının bulunduğu bölgedeki beton dayanımı     | Minimum C30                                                         |
| Sığınma odasının patlama basıncı dayanımı                 | Minimum 5 psi                                                       |
| Sığınma odasının kapılarının basınç dayanımı              | Minimum 5 bar                                                       |
| Oda içinde izlenmesi gereken gazlar                       | CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>                                |
| Oda dışında izlenmesi gereken gazlar                      | CO, O <sub>2</sub>                                                  |
| Minimum O <sub>2</sub> konsantrasyonu                     | % 19                                                                |
| Maksimum O <sub>2</sub> konsantrasyonu                    | % 23                                                                |
| Maksimum CO konsantrasyonu                                | 25 ppm                                                              |
| Maksimum CO <sub>2</sub> konsantrasyonu                   | % 0,5                                                               |
| Odanın içinde bulunması gereken O <sub>2</sub> kaynakları | Basıncılı hava hattı, medikal tipte oksijen tüpleri ve oksijen mumu |
| CO <sub>2</sub> ve CO gaz temizleme ekipmanları           | Gerekli                                                             |
| Pozitif basınç sistemi                                    | Gerekli                                                             |
| Yeryüzü ile iletişim aracı                                | Gerekli (telsiz, telefon)                                           |
| Oda içerisinde güncel ADP                                 | Gerekli                                                             |
| Harici atık bertaraf sistemi                              | Gerekli                                                             |
| İlk yardım malzemeleri                                    | Gerekli                                                             |
| Kişi başına düşen serbest alan                            | 1,40 m <sup>2</sup> / kişi                                          |
| Kişi başına düşen serbest hacim                           | 0,85 – 1,70 m <sup>3</sup> /kişi                                    |
| Oda içi maksimum sıcaklık                                 | 35°C                                                                |

### 3. DİZAYN VE KURULUM

#### 3.1. Acil Çıkış Kapısı

Yapılan risk değerlendirmeleri sonucu sığınma odasının kapısının önü, büyük kayaların düşmesi, maden araçların yolu tıkaması ya da diğer engeller tarafından tıkanabileceği tespit edilmiştir. Bu nedenle, ana giriş kapısından mümkün olduğunca uzak ikinci bir acil çıkış kapısı bulundurulması önerilmektedir [8].



Şekil 11. Acil Çıkış Kapısı

#### 3.2. Basınç Dengelemesi

Sığınma odalarında, oda içi basıncını oda dışındaki basıncın üstünde tutacak oda içi atmosferini kontrol eden bir sistem değildir. Yani oda içinde pozitif basınç sistemi olmalı, böylece dışarıdaki kirli havanın oda atmosferine sızması engellenmelidir [8].

#### 3.3. Pencere

Sığınma odasının kapısına bitişik bir pencere bulundurulması kullanışlı ve basit bir özelliktir. Pencere dışarıyı ve içerisi ile görsel iletişime olanak sağlar ve sığınmacıların oda içinde kapalı



Şekil 12. Pencere

kalma hissini azaltmaya yardımcı olur [8].

Taşınabilir sığınma odalarında kullanılan cam, aşınmaya dayanıklı (SAR) akrilik levhalarından yapılmış olmalıdır. Temperli camlarla kıyaslandığında SAR akrilik levhalarından yapılmış camlar, pencere yapımında kullanılan en iyi malzemedir. Temperli camın hata karakteristikleri, kendisini sığınma odaları için daha az

uygulanabilir kılınmaktadır. SAR ağır olması ve dayanıklı yapısı nedeniyle sığınma odaları için daha iyi bir alternatif olmaktadır. Sığınma odalarında SAR'ın tercih edilmesinin bir diğerk nedeni ise üzerinde çizilmeye karşı dayanıklı özel bir kaplama olmasıdır [9].

### **3.4. Boyalı Yüzeyler**

Oda içi aydınlatmanın etkisini en üst düzeye çıkarmak ve güven verici bir ortam sağlamak için sığınma odalarının iç yüzeyleri genellikle beyaza veya beyaza yakın renklere boyanmaktadır. Hidrokarbon çözücüler içeren boyalar uygulamadan uzun yıllar sonra bile ortama atmosferik kirleticiler yayabilir. Bu nedenle odalarda kirletici yaymayan su bazlı epoksi boya kullanması önerilmektedir [8].

## **4. LOKASYON**

Sığınma odalarının konumu belirlenirken; basınçlı hava hattı, elektrik, su vb. gibi destek ünitelerine olan uzaklık, kullanılan OFK'lerin kullanım süresi ve çalışılan ayağı olan uzaklık gibi faktörler dikkate alınmalıdır.

Sığınma odaları, çalışanların kısa sürede ve kolayca erişim sağlayabilecekleri bir alana konumlandırılmalıdır.

### **4.1. Çalışılan Bölgeye Uzaklık**

Sığınma odaları zamanı, mesafeyi ve harcanılan eforu azaltmak için çalışılan alana mümkün olan en yakın korunaklı bölgeye yerleştirilmelidir. Sığınma odalarının çalışılan yere uzak olması çalışanları sığınmak yerine kurtulup kaçmaya cesaretlendirebilir. NIOSH'un önerilerine göre sığınma odalarının çalışılan yere uzaklığı minimum 300 m maksimum 600 m olmalıdır [19].

Türkiye'deki yeraltı metal madenlerinin yapısal özellikleri de göz önünde bulundurulduğunda, odaların çalışılan alanlara olan mesafesinin, 500 m ile 750 m arasında olması daha güvenli olacaktır.

Fakat tek başına uzaklık parametresi yeterli olmayabilir öyle ki zemin koşulları, duvar yüksekliği, yangın olduğunda görüş mesafesinin düşmesi gibi faktörler ulaşım süresini arttırabilir [19].



## 4.2. OFK İle Ortalama Ulaşım Süresi

Sığınma odalarının yerleştirilebileceği azami uzaklık çalışanların ortalama yürüme hızı ve OFK'lerin yarı kapasitesine göre ayarlanmalıdır. Örneğin 30 dakikalık OFK kullanılıyor ise ve çalışanın solunum hızı 30 lt/dk ise kişinin güvenli bir alana erişmek için 750 m'den fazla ilerleyemeyeceği düşünülmelidir [10].

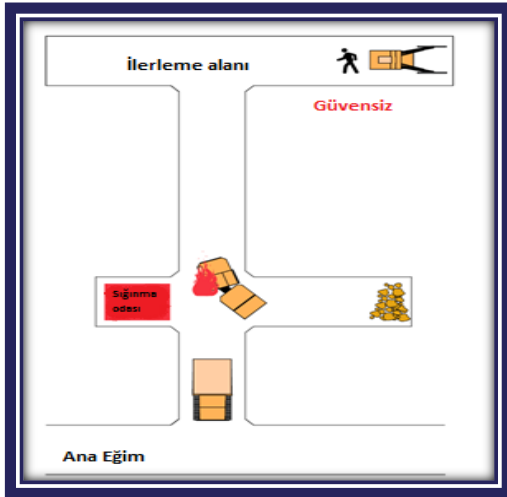
Düzenli ve sık gerçekleştirilen OFK kullanımı eğitimleri ve Acil Durum Tatbikatları OFK'lerin daha efektif kullanılmasını sağlayacaktır.

## 4.3. Lokasyon Güvenliği

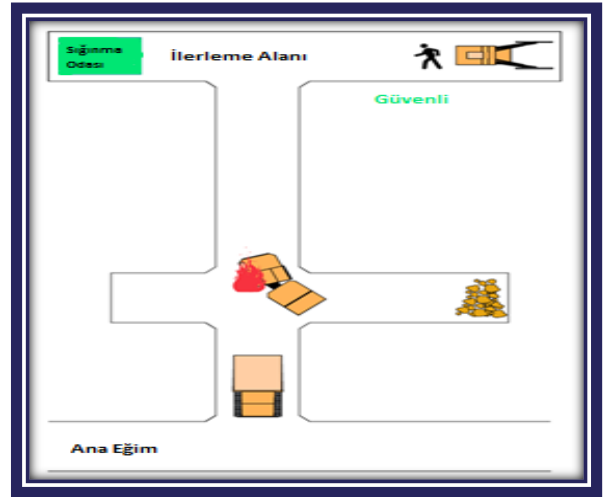
Sığınma odalarının yerleştirileceği bölge seçilirken zemin şartları, araçlar ve yer altı suları gibi olası bütün tehlikeler dikkate alınmalıdır.

### 4.3.1. Tehlike maruziyeti

Odaların konumu belirlenirken kavlak düşmesi, göçük, su baskını, yangın ve patlama gibi yeraltındaki meydana gelebilecek tehlikeler göz önünde bulundurulmalıdır. Odalar, potansiyel patlama ve yanma kaynaklarından yani trafo merkezlerinden, patlayıcı malzemelerinin depolandığı bölgelerden, yakıt depolama tesislerinden ve araçların park alanlarından mümkün olduğunca uzakta olmalıdır [8].



**Şekil 13.1** Yanlış konumlandırılmış bir sığınma odası [10]



**Şekil 13.2** Doğru konumlandırılmış bir sığınma odası [10]

### 4.3.2. Zemin şartları

Deprem kaynaklı yer hareketleri, odanın ve içindeki servis ekipmanlarının zarar görmesine, odaya ulaşımın zorlaşmasına ya da tamamen engellenmesine neden olabilir. Bu nedenle,

sığınma odasının yeri belirlenirken; yeraltındaki fay hatlarından, çatlaklardan ve yeraltı kanallarından kaynaklanacak tüm sismik aktiviteler ve yıkıcı etkisi olabilecek durumlar tümüyle değerlendirilmelidir [8].

#### **4.3.3. Yeraltı suları**

Sığınma odaları, çalışanlar için risk yaratacak oranda su birikiminin olabileceği bölgelere yerleştirilmemelidir. Sığınma odaları çalışanlara yakın olması için genellikle derinlerdeki çalışma alanlarına yerleştirilir. Pompalarının bozulması nedeniyle oluşabilecek bir acil durumda su, madenin derin bölgelerinde birikecektir. Örneğin 36 saat gibi uzun zaman aralıklarında su seviyeleri derinlerde bulunan sığınma odaları için önemli ölçüde risk oluşturacak kadar birikebilmektedir. Ayrıca, madende meydana gelebilecek acil durumlarda maden ana su boruları da zarar görebilir. Bu nedenle, sığınma odalarının yerleştirileceği bölge seçilirken bütün bunlar göz önünde bulundurulmalıdır [8].

### **5. KAPASİTE**

Sabit ya da taşınabilir sığınma odalarının kapasiteleri o bölgede çalışan madenciler dışında, amirler, iş güvenliği uzmanları, haritacılar, jeologlar ve teknik servis uzmanları gibi kaza anında orada olma ihtimali olan diğer çalışanların sayıları da göz önünde bulundurularak seçilmelidir [8].

Sığınma odalarının kişi kapasitesi belirlenirken, her vardiyadaki maksimum çalışan sayısı göz önünde bulundurulmalı, sığınma odalarının bulunduğu çalışma bölgesindeki personel sayısı ve iş dağılımı planlanmalıdır. Çalışılan bölgede bulunan personel sayısı, sığınma odasının kişi kapasitesinin üstünde olmamalıdır. Bu nedenle, yeraltına inecek çalışan sayısına ciddi bir kısıtlama getirilmeli ve çalışma bölgesinde bulunacak personel sayısının üzerine olası ziyaretçi ve teknik personel de göz önünde bulundurularak bir güvenlik faktörü eklenmelidir.

### **6. HAYAT DESTEĞİ**

Modern sığınma odaları genellikle hazırda bekleme modu (stand-by), dışarıdan destekli ve tamamen bağımsız olmak üzere üç ayrı ve birbirini tamamlayan sistemde çalışır [8].

### **6.1. Bekleme Modu**

Herhangi bir acil durum olmadığında, odalar bekleme modunda çalışır. Herhangi bir hayat desteği sistemi devreye girmez. Güç kaynakları şarjda ve kullanıma hazır halde bulundurulur, eğer varsa haberleşme ve oda izleme sistemleri aktif tutulur [8].

### **6.2. Dışardan Destekli**

Sığınma odalarının acil bir durum anında; elektrik kesintisi, basınçlı hava veya içme suyunda kesinti olmadığı sürece dışardan destekli bir şekilde çalışması beklenir. Bu gibi hayati önem taşıyan destekler temin edilebildiği müddetçe sığınma odaları uzun süreler boyunca kullanılabilir. Odalar dışardan destekli durumdayken solunabilir hava çelik sondaj boruları ile doğrudan yeryüzünden sağlanır. Solunabilir havanın doğrudan yeryüzünden sağlanamadığı durumlarda odalara korunaklı, basınçlı hava hatları tesis edilmelidir. Solunabilir hava gibi içme suyunun da doğrudan yeryüzünden sağlanması ideal yaklaşımdır. İçme suyu, sondaj borusun içine monte edilmiş metalik olmayan bağımsız bir boru yardımıyla oda içerisine iletilmelidir [8].

### **6.3. Tamamen Bağımsız**

Odalar, acil bir durum anında madenin hayati hatlarına olan bağlantısının kesildiği ya da kesilmesi gerektiği durumlarda dış desteklerden tamamen bağımsız konumda çalışır [8].

Tamamen bağımsız durumdaki sığınma odasına giren solunabilir havanın, oda içerisinde dış ortama göre yüksek basınç oluşturabilecek bir akış hızı olmalıdır. Dış ortam basıncı oda içindeki basınçtan yüksek olduğunda dışarıdan oda içine kirli gaz sızıntısı olmaması için kendiliğinden kapanabilen hava tahliye vanası sistemi bulunmalıdır [8].

Solunabilir atmosfer, basınçlı hava hattı yardımıyla oksijen takviyesi yapılarak ve oda içindeki CO ve CO temizleyen gaz temizleme ekipmanları yardımıyla sağlanır. Hava beslemesinin kesilmesi halinde oksijen takviyesi medikal tipte oksijen tüpleri ile yapılır. Oksijen tüpünün miktarı, odanın kişi kapasitesine göre ve azami hayat desteği sağlama süresine (36 saat) göre belirlenmelidir [8].

Hava temizleme ekipmanları, aydınlatma, havalandırma ekipmanı ve elektronik kontrol sistemlerinin etkin bir şekilde çalışabilmeleri için güvenli ve minimum 36 saat kesintisiz güç

sağlayacak bir elektrik kaynağı gerekmektedir. Normal şartlarda enerji madenin elektrik sisteminden temin edilebilir ancak acil bir durum anında elektrik kaynağı çalışmayabilir. Bu nedenle, oda içinde jeneratör veya akü gibi yedek enerji kaynağı bulundurulması gerekmektedir.

Oda içerisinde kişi sayısı ve azami kalma süresi gözetilerek yeterli miktarda paketli su bulundurulur [8].

## **7. İÇ EKİPMAN**

Odaların iç mekânı genellikle oldukça kısıtlıdır. Önceliğin insan hayatını korumak olduğu unutulmamalı, sistemlerin (elektrik sistemi, havalandırma sistemi gibi) ve ekipmanların işlevselliği dikkatlice incelenmeli ve buna göre seçilmelidir [8].

### **7.1. Serbest Alan ve Hacim**

Serbest alan ve hacim sığınma odalarının hava kalitesinde belirleyici bir unsurdur. Bunun yanında sığınıcıların daha fazla serbest alana sahip olması fizyolojik ve psikolojik stres unsurlarını azaltacaktır. NIOSH, sığınma odalarında bulunması gereken minimum serbest alanı 1,40 m<sup>2</sup>/ kişi, serbest hacmi ise 0,85-1,70 m<sup>3</sup>/kişi olarak belirlemiştir [19].

### **7.2. Su ve Yiyecek**

Sığınma odalarında, solunabilir havadan sonra içme suyu dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biridir. İnsan vücudu gıda olmadan dayanabilmekte ancak uzun süre susuz kalmak acil bir durum anında el göz koordinasyonu kurma ve karar verme yetilerinin azalmasına neden olur. Bu nedenle, 24 saat için kişi başı 2 lt su ve 2000 kalorilik yiyecek bulundurulması önerilmektedir[19].

### **7.3. İlk Yardım Malzemesi**

Kapsamlı bir ilk yardım kutusu bir sığınma odasında bulunması gereken en önemli malzemelerden biridir. İlk yardım kutusu birden fazla yaralı ile başa çıkmak için yeterli malzeme içermelidir. İlk yardım ekipmanları şok yönetiminde yardımcı olmak için battaniye ve sedye içermelidir. Oda içerisinde oksijen maskesi bulundurulması da solunumla ilgili sıkıntı yaşayan sığınmacılara büyük kolaylık sağlayacaktır. Taşınabilir göz yıkama ekipmanı, ilkyardım malzemelerine eklenebilir. Çalışanların, bu ekipman ve malzemelerin doğru kullanımı konusunda eğitilmeleri büyük önem arz etmektedir [8].



**Şekil 14.** İlk Yardım Malzemesi ve Sedye

#### 7.4. Tuvalet

Tuvalet imkânı gerekli bir özelliktir. Sığınma odaları, tamamen özel ve işlevsel tuvalet imkânı sağlamaktadır. Fakat bu tuvaletler; oda içindeki alanı daraltabileceği, teknik düzenlemeleri zorlaştırabileceği ve oda maliyetini arttırabileceği için oda kapasitesine ve 36 saat kullanıma uygun taşınabilir bir tuvalet ünitesi yeterli olmaktadır [8].



**Şekil 15.** Taşınabilir Tuvalet

#### 7.5. Masa

Masa; kâğıt oyunları, çizim yapma ya da karşılıklı sohbet gibi vakit geçirmeyi kolaylaştıran bir unsur olduğundan sığınmacılar tarafından istenen bir ekipmandır. Oda içindeki alanı daraltmamak adına fazla yer kaplamayan, katlanabilen bir masa bulundurulması önerilmektedir [8].

## 7.6. Yangın Söndürücü

Odalarda yangın ihtimaline karşı kuru kimyevi tozlu yangın söndürücü bulundurulmalıdır. Buna ek olarak, odalarda yangın söndürücü battaniye bulundurulması da önerilmektedir.



Şekil 16. Yangın Söndürücü

## 7.7. Diğer Malzemeler

Sığınma odasında bulundurulması önerilen diğer malzemeler şunlardır:

- Kalem ve kâğıt
- Oyun kâğıdı veya kitap
- El feneri ve pil
- Gerekli malzemeleri saklamak için saklama kabı [8].

# 8. ULAŞIM VE MADEN DÜZENİ

## 8.1. Araç Ulaşımı

Günümüz modern madenlerinde sığınma odaları yerleştirilirken araç erişimleri de her koşulda göz önünde bulundurulmalıdır. Kurtarma ekiplerinin, acil bir durum anında sığınıcılara kolay ulaşabilmesi için sığınma odasına giden yolların gereksiz malzemelerden arındırılmış olması ve kullanılmayan maden araçlarının yollarda bulundurulmaması gerekmektedir [8].

## **8.2. İşaretlemeler**

Yön ve ikaz işaretlemeleri ve ışıklandırmaları sığınma odalarının korunmasında ve kolay ulaşılmasında büyük rol oynar. Bu tarz ikaz ve yönlendirmeler, sığınma odalarının etkin kullanılmasını ve çalışanların odaların bulunduğu yerlere ve odalara ilişkin kurallara aşina olmalarını sağlar [8].

## **9. VAR OLAN TESİSLERİN ADAPTASYONU**

Yemekhane gibi tesislerin güvenli bölge ihtiyacını karşılamak amacıyla sığınma odası gibi kullanılması ve teçhizatlandırılması sıkça karşılaşılan bir yönelimdir. Bu tesisler, genellikle havalandırma, su ve elektrik gibi madenin kalıcı servisleri tarafından desteklenmektedir. Ancak bu tesislerde herhangi bir elektrik, su ve hava kesinti yaşanması kabul edilemez. Bu da teknik ve ekonomik açıdan pek mümkün değildir [8].

Yemekhane tipi yapıların daha çok temiz hava üssü veya maske değişim istasyonu olarak kullanılması daha uygun olacaktır [8].

## **10. KİŞİSEL PSİKOLOJİK DURUMLAR**

Yeraltında yaşanabilecek acil bir durum anında tamamen dış ortamdan izole çelik bir kutunun içinde kurtarılmayı beklemek son derece zor olabilir. Yaralı veya endişeli insanların bulunması da bu durumu epeyce zorlaştırabilir. Gerçek bir acil durum anında veya sığınma odası testlerinde bu durumu deneyimleyen sığınmacılar kurtarılmayı beklerken ne hissettiklerini tarif etmeleri istendiğinde, mezara gömülüyor gibi hissettiklerini ifade etmişlerdir. Bu da kişilerde çok büyük bir psikolojik stres yaratmaktadır [8].

Sığınma odasının içindeki fiziksel koşulların sığınmacıların üstündeki psikolojik stresi azaltmada belirgin bir etkisi vardır. Buradaki amaç; sığınmacılara güven verici, aydınlık, istikrarlı ve temiz bir ortam sağlamaktır. Bu nedenle oda aydınlatması en çok dikkat edilmesi gereken noktalardan biridir [8].

Yüksek sıcaklık ve nem de ortamdaki stres unsurlarını önemli ölçüde arttırmaktadır. Bu nedenle soğutucu özelliği olan bir klima sığınma odası içinde büyük önem taşımaktadır.

Dış dünyayla çift taraflı iletişime olanak sağlayan görsel ve işitsel iletişim cihazları mezara gömülüyor algısına bağlı olarak ortaya çıkan korku ve endişe gibi duyguların hafiflemesine ve dağılmasına yardımcı olacaktır [8].

Çoğu sığınma odasında patlamalara dayanıklı, küçük yuvarlak bir pencere bulunmaktadır. Pencere sayesinde oda içinde bulunan sığınmacılar, kendileri için gelen kurtarma ekibini görebilir ve kurtarma ekibiyle iletişim kurabilir. Bu da sığınmacılar üzerindeki stresi ve endişeyi büyük oranda azaltacaktır [8].

## **11. BAKIM**

Sığınma odasının amacını yerine getirebilmesi için, odanın herhangi bir acil durum anında kullanılmak üzere güvenli bir şekilde çalışır durumda olması gerekmektedir. Bu da ancak etkili ve titiz bir inceleme ve bakımla mümkündür. Odaların; kullanım neticesinde, bulunduğu yer nedeniyle, araç trafiğine yakınlığı veya patlatmalar sonucu darbe alabilme olasılığı nedeniyle düzenli olarak kontrol edilmesi ve tam işlevselliği sağlamak için periyodik temel testlerinin yapılması gerekmektedir. Üretici firmanın belirttiği teknik özelliklere göre bir kontrol listesi oluşturulmalıdır. Bu kontrol listesi yardımıyla oda içerisinde bulunan ekipmanlar yetkili kişilerce, ideal olarak günlük, kontrol edilmedir [8]. Kontrol listesi örneği Ek-1'de gösterilmektedir.

Yaşanan tüm arızalar ve eksiklikler anlık olarak, yetkili kişilerce not edilmeli ve kayıt altında tutulmalıdır. Yaşanan arıza kolay ve hızlı bir şekilde giderilemiyorsa, alternatif ekipmanların ya da sistemlerin uygunluğu değerlendirilmelidir. Arıza alternatif yöntemlerle giderilemiyorsa çalışanlar odanın arızası hakkında bilgilendirilmeli ve alternatif bir acil durum planı oluşturulmalıdır.

Odaların yapısal bütünlüğü ve kurulumu işveren tarafından belirlenen yetkililer tarafından sağlanmalıdır.

Odaların bakım ve onarım işlemleri; kullanım kılavuzunda belirtilen aralıklarla, imalatçı tarafından yetkilendirilmiş servislerce veya işveren tarafından görevlendirilmiş yeterli bilgi ve donanıma sahip mühendislerce yapılmalı ve bu kişiler tarafından odaların güvenli ve kullanıma hazır olduğunu gösteren bir belge düzenlenmelidir. Düzenlenen bu belgelerin bir kopyası oda içerisinde muhafaza edilmelidir.



Odalar; kurulumdan, yer değişikliğinden, arızadan, işyerinde iş kazası yaşanmasından sonra ve/veya uzun süre kullanılmaması halinde bakım onarımlarını yapmaya yetkili kişilerce kontrol edilmeli ve kullanımının güvenli olduğuna dair bir belge hazırlanmalıdır. Hazırlanan bu belgenin bir kopyası oda içerisinde muhafaza edilmelidir.

## **12. TESTLER**

Sığınma odalarının ilk kurulumunda, devreye alma yani hizmet kabul testi yapılmalıdır. Bu test;

1. Odanın sızdırmazlığından emin olmak adına tam vakum testi
2. Tüm operasyonel bölümlerde elektrik desteği testi
  - i. Ana besleme kablosunun, bekleme modunda çalışıp çalışmadığı ve şarj kapasitesi testi
  - ii. Harici güç kaynağının tek başına çalışıp çalışmadığı ve bekleme modunda çalışıp çalışmadığı veya tekrar şarj haline geçip geçmediği

Sığınma odası testleri tam ve düzenli bir şekilde yapılmalıdır. Bu testlerin en geç altı ayda bir yenilenmesi önerilmektedir [8].

Taşınabilir sığınma odaları başka bir bölgeye taşınırken, oda yapısal olarak zarar görebilir. Kapı çerçevelerinde gaz sızıntısına neden olabilecek bozulmalar olabilir, kaynakla birleştirilen kirişlerde çatlaklar meydana gelebilir veya elektrik sisteminde bir arıza meydana gelmiş olabilir. Bu nedenle, odalar yeni yerlerine yerleştirildikten sonra bu testler tekrarlanmalıdır [8].

## KAYNAKLAR

- [1] Madencilik Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği., <http://www.isguvenligi.net/iskollari-ve-is-guvenligi/madencilik-sektorunde-is-sagligi-ve-guvenligi/> (Erişim Tarihi: 23/02/2016)
- [2] İş Sağlığı Ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği, Resmi Gazete Sayısı: 28509, T.C. Resmi Gazete, Ankara, (26/12/2012).
- [3] Maden İşyerlerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliği, Resmi Gazete Sayısı: 28770, Ankara, (19/09/ 2013)
- [4] İSG Kanunu İle Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, Resmi Gazete Sayısı: 29335, T.C. Resmi Gazete, Ankara, (23/04/2015).
- [5] National Technology Transfer Center/Wheeling Jesuit University,125-Mine Refuge Chamber Summary, Bölüm 2, NIOSH, Sayfa:939, 2006.
- [6] Meng L. , Jiang Y. D. , Zhao Y. , Shan R., and Song Y., Probing into design of refuge chamber system in coal mine, *Procedia Eng.*, Sayı:26, Sayfa: 2334–2341, 2011.
- [7] Sığınma Odaları, <http://www.penamaden.com/>, (Erişim Tarihi: 11/07/2015)
- [8] Department of Industry and Resources, Refuge chambers in underground metalliferous mines, Batı Avustralya, Sayfa:1-32, 2005.
- [9] Mitchell M. D., Analysis of underground coal mine refuge shelters,Yüksek Lisans Tezi, West Virginia University, Morgantown, 2008.
- [10] Government of Western Australia-Department of Mines and Petroleum, *Guideline-Refuge chambers in Underground Mines*. Sayfa:1-52, 2013.
- [11] Griffin J., Grenman P., Lowther J., Mine Rescue arrangements in Ireland, *Paper for the 14th Meeting of European Heads of State Mining Authorities*, 2008.
- [12] Western Australian Government - Department of Industry & Resouces - Safety & Health Division, *Tyre safety, fires and explosions.*, Sayfa :12 Batı Avustralya, 2005.
- [13] Mine Safety and Health Administration (MSHA), Program Information Bulletin (PIB), Sayfa: P07–03, ABD, 2007.

- [14] United States Environmental Protection Agency (EPA), Carbon Monoxide, <http://www.epa.gov/ozone/snap/fire/co/coreport.html>. (Erişim Tarihi: 10/07/2015)
- [15] United States Environmental Protection Agency (EPA), "Carbon Dioxide as a Fire Suppressant: Examining the Risks," <http://www.epa.gov/ozone/snap/fire/co2/co2report.html>. (Erişim Tarihi: 10/07/2015)
- [16] Mine Safety and Health Administration (MSHA), *Methods for Providing Breathable Air*, Sayfa:1-8 2007.
- [17] Bauer E. R. and Kohler J. L. , Update on refuge alternatives : underground deployment, NIOSH, Pittsburgh, 2006.
- [18] İř Sağlığı ve Gvenlięi Kanunu, Resmi Gazete Sayısı: 28339, T.C. Resmi Gazete, Ankara, (30/06/2012).
- [19] Office of Mine Safety and Health, Research Report on Refuge Alternatives or Underground Coal Mines, Sayfa:1-16, 2007.
- [20] Waugh I., Allsop A. , Baines P., Bolsover J., Daniels C. , Flack D., Forster J. A., Greatrex N., Hann J., Hunneyball S., Mills S. J. F., Padley M., Shotton J., Soar R., Spurry T., Robinson B., Rowley N., Young R., and P. Hill N., *Guidance and Information on the Role and Design of Safe Havens*, the Mining Federation of Independent Mines," Sayfa:1–11, 2003.
- [21] American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning, *ASHRAE Fundamentals*, New York, Sayfa: 89–135, 1993
- [22] Extend Air Corporation (EAC), Lithium Hydroxide Curtains, <http://www.extendair.com/rescue.html> (Erişim Tarihi: 02/11/2015)
- [23] Rendell D. and Clarke M. and Evans M. , The Effect of Environmental Conditions on the Absorption of Carbon Dioxide Using Soda Lime, SAE Technical Paper, Sayfa:1-11, 2003.
- [24] The Underground Coal Mining Safety Research Collaboration (UCMSRC),*Refuge Stations/Bays & Safe Havens in Underground Coal.*, Sayfa:1-17, 2004

**EK-3**

## Sığınma Odası Kontrol Listesi

| Tarih:                                                                                                  |                                                                                          | Evet | Hayır |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|
| Lokasyon:                                                                                               |                                                                                          |      |       |
| Kontrol Edenin Adı Soyadı:                                                                              |                                                                                          |      |       |
| 1                                                                                                       | Sığınma odasına yönlendiren 'acil kaçış'tabelası var mı?                                 |      |       |
| 2                                                                                                       | Sığınma odası önündeki yeşil renkli led lambalar çalışır durumda mı?                     |      |       |
| 3                                                                                                       | Sığınma odasına enerji götüren kablolarda fiziksel hasar var mı?                         |      |       |
| 4                                                                                                       | Sığınma odası cebinde 'park edilemez'görünür şekilde asılmış mı?                         |      |       |
| 5                                                                                                       | Sığınma odasının bulunduğu cepte kavlak var mı?                                          |      |       |
| 6                                                                                                       | Sığınma odasının bulunduğu cep temiz durumda mı?                                         |      |       |
| 7                                                                                                       | Sığınma odasındaki yangın söndürücü sağlam ve kullanılabilir durumda mı?                 |      |       |
| 8                                                                                                       | Sığınma odası içerisinde herhangi bir ikaz ışığı yanmakta mı?                            |      |       |
| 9                                                                                                       | Sığınma odası basınçlı hava giriş hattı sağlam mı?                                       |      |       |
| 10                                                                                                      | Sığınma odasına giren basınçlı havayı temizleyen filtreler sağlam durumda mı?            |      |       |
| 11                                                                                                      | Sığınma odasının akü haznesine ait kapaklar sağlam mı?                                   |      |       |
| 12                                                                                                      | Sığınma odasında fiziksel hasar var mı?                                                  |      |       |
| 13                                                                                                      | Sığınma odasının dış yüzeyi temiz mi?                                                    |      |       |
| 14                                                                                                      | Sığınma odasının giriş kapısı ve kapı kolları sağlam mı?                                 |      |       |
| 15                                                                                                      | Sığınma odasının içerisindeki aydınlatma sistemi çalışır durumda mı?                     |      |       |
| 16                                                                                                      | Sığınma odasının içi temiz mi?                                                           |      |       |
| 17                                                                                                      | Sığınma odasının içerisindeki klima çalışır durumda mı?                                  |      |       |
| 18                                                                                                      | Sığınma odası içerisindeki basınçlı hava regülatörü ve valfi sağlam mı?                  |      |       |
| 19                                                                                                      | Sığınma odası içerisindeki hava çıkış valfleri çalışır durumda mı?                       |      |       |
| 20                                                                                                      | Sığınma odası içerisindeki oksijen tüplerinin etiketleri üzerinde mi?                    |      |       |
| 21                                                                                                      | Sığınma odası içerisindeki oksijen tüplerinin hava akış kontrol regülatörleri sağlam mı? |      |       |
| 22                                                                                                      | Sığınma odası içerisindeki kimyasalların son kullanım tarihleri kontrol edildi mi?       |      |       |
| 23                                                                                                      | Sığınma odası içerisindeki ..... kutu/kg nem tutucu kimyasal mevcut mu?                  |      |       |
| 24                                                                                                      | Sığınma odası içerisindeki ..... kutu/kg CO tutucu kimyasal mevcut mu?                   |      |       |
| 25                                                                                                      | Sığınma odası içerisindeki ..... kutu/kg CO <sub>2</sub> tutucu kimyasal mevcut mu?      |      |       |
| 26                                                                                                      | Sığınma odası içerisindeki telsiz/telefon çalışır durumda mı?                            |      |       |
| 27                                                                                                      | Sığınma odası içerisindeki tuvalet yerinde mi?                                           |      |       |
| 28                                                                                                      | Sığınma odası içerisindeki oksijen mumu, ateşleyici kapsülü ve tutacağı yerinde mi?      |      |       |
| 29                                                                                                      | Sığınma odası içerisindeki gaz ölçüm pompası ve tüpleri yerinde mi?                      |      |       |
| 30                                                                                                      | Sığınma odası içerisinde .... adet kapalı içme suyu mevcut mu?                           |      |       |
| 31                                                                                                      | Sığınma odası içerisinde ilk yardım seti mevcut mu?                                      |      |       |
| 32                                                                                                      | Sığınma odası içerisinde sedye mevcut mu?                                                |      |       |
| <b>Açıklamalar:</b>                                                                                     |                                                                                          |      |       |
| Sığınma odasında herhangi bir olumsuzluk tespit edildiğinde derhal maden kontrol odası bilgilendirilir. |                                                                                          |      |       |

