ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seda AYDIN

MADENLERDE KULLANILAN SIĞINMA ODALARININ 1/10 ÖLÇEKLİ PROTOTİPİNİN MODELİ ÜZERİNDE FİZİKİ KOŞULLARIN ÖLÇÜLMESİ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2019

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MADENLERDE KULLANILAN SIĞINMA ODALARININ 1/10 ÖLÇEKLİ PROTOTİPİNİN MODELİ ÜZERİNDE FİZİKİ KOŞULLARIN ÖLÇÜLMESİ

Seda AYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez ../07/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

……..	……	…….
Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ DANIŞMAN	Prof. Dr. Suphi URAL ÜYE	Dr. Öğr. Üyesi Cem BOĞA ÜYE

Bu Tez Enstitümüz İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADENLERDE KULLANILAN SIĞINMA ODALARININ 1/10 ÖLÇEKLİ PROTOTİPİNİN MODELİ ÜZERİNDE FİZİKİ KOŞULLARIN ÖLÇÜLMESİ

Seda AYDIN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
Yıl: 2019, Sayfa: 122
Jüri : Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
: Prof. Dr. Suphi URAL
: Dr. Öğr. Üy. Cem BOĞA

Madencilik sektöründe kullanılan ve olası bir iş kazası veya acil durumlarda can kaybını ortadan kaldırmayı hedefleyen sığınma odası sistemleri araştırılmış olunup, 1/10 ölçekli sığınma odası sistemi tasarımı ve modelleme işlemi yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada, Catia V5 tasarım programı ve Ardunio yazılım programı kullanılmıştır. Tasarımda yer alan sığınma odası sisteminin tüm parçaları 3D yazıcılar tarafından üretilmiş ve sırasıyla parçaların montajlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak yeraltı madenlerinde yaşanabilecek iş kazası ya da herhangi bir acil durum (patlama, göçük, yangın vb.) sonrasında çalışanların hayati fonksiyonlarını yerine getirebilecek ve güvenli bölge sağlayabilecek sığınma odası sistemi için 1/10 ölçeklendirme yapılarak somut bir prototip elde edilmiştir.

Yapılan bu tez çalışmasının, iş sağlığı ve güvenliği kültürünün gelişimine aynı zamanda da sığınma odası sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması ve öneminin vurgulanmasına fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sığınma Odası, İş Sağlığı ve Güvenliği, İş Kazası, 3D Yazıcı.

ABSTRACT

MSc THESIS

MEASUREMENT OF PHYSICAL CONDITIONS ON THE MODEL OF 1/10 SCALE PROTOTYPE OF REFUGE CHAMBER USED IN MINES

Seda AYDIN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Supervisor : Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
Year: 2019, Pages: 122
Jury : Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
: Prof. Dr. Suphi URAL
: Asst. Prof. Dr. Cem BOĞA

Refuge chamber systems used in mines aimed to eliminate the loss of life in case of a possible work accident or emergency were investigated and a small-scale refuge chamber prototype modeling process was carried out. In this study, Catia V5 design program and Ardunio software programs are used. Parts of the designed refuge chamber system have been produced by 3D printers and prototyping has been done. As a result, a concrete model was obtained by scaling 1/10 for the refuge chamber system, which would provide the workers with the vital functions and to provide a safe area as a result of a work accident in the underground mines.

Results of occupational health and safety will shed light on the development of culture in Turkey is considered.

Key Words: Refuge Chamber, Occupational Health and Safety, Occupational Accident, 3D Printer.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Madencilik, tarihi eskilere dayanan önemli bir uğraş alanıdır. Özellikle sanayi devrimiyle önemli hale gelmiştir. Buna bağlı olarak üretim miktarında ve çalışan sayısında hızlı bir artış yaşanmıştır. Bilimsel ve teknolojik gelişme maden araçlarını kaliteli hale getirsede iş ve işçi kazalarının önüne geçmekte yetersiz kalmıştır. Bu nedenledir ki dünyada en fazla insan kaybının yaşandığı sektörlerden biri olmuştur.

İş sağlığı ve güvenliği kültürünün temelini insan hayatına verilen önem oluşturmaktadır. İş kazalarının %98'inin önlenebileceği bilinmektedir. Geriye kalan %2'lik kısımda oluşabilecek kazalar, mücbir sebepler ve katlanılabilir risk olarak öngörülen durumların ortaya çıkmasıyla vuku bulmaktadır. Ülkeler, yasal düzenlemelerle iş sağlığı ve güvenliği konusunda gerekli mevzuatı oluşturmaktadır. Ancak, sadece kapsamlı ve her konunun ele alındığı mevzuat yaratmak değil bu mevzuattaki hükümlerin uygulanabilirliği ve denetlenebilirliğinin sağlanması da iş sağlığı ve güvenliği konusundaki gelişmişliğin işaretidir.

İş ve işçi kazalarını önleme adına ILO gibi uluslararası kuruluşlar çeşitli kriterler belirlemişlerdir. ILO'nun amacı uluslararası standartların belirlenerek sözleşmeye taraf olan ülkelerdeki çalışma ve sığınma şartlarını düzeltmektir. Bu standartlar evrensel çalışma sözleşmeleri ve tavsiye kararlarından oluşmaktadır. Çoğu ülke gibi Türkiye'de bu kriterleri referans alarak kendi yasal düzenlemelerini gerçekleştirmektedir.

Ülkemizde yaşanan maden kazalarından sonra sıkça gündeme gelen ve iş güvenlik önlemlerinden biri olan sığınma odaları tez kapsamında detaylı olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda önce sığınma odaları ile ilgili uluslararası standartlar incelenmiş, dünyadaki uygulamaları, araştırılmıştır.

Türkiye'nin en büyük maden kazası olarak bilinen ve 13 Mayıs 2014'te Manisa ilinin Soma ilçesinde kömür madeninde çıkan yangın sonucu meydana

gelen kazada tam olarak 301 madenci hayatını yitirmiştir. Bu kazadan sonra ülkemizde sığınma odaları tekrar gündeme gelmiş ve madencilik sektöründeki önemi bir kez daha ortaya çıkmıştır.

Sığınma odalarının gerekliliği ve önemini büyük bir acı ve kayıp ile gündeme getiren Soma kazası başta olmak üzere, yaşanan iş kazaları araştırılmış olunup alınabilecek önlemler doğrultusunda bakanlık yeraltı metal madenlerinde kurulacak sığınma odaları hakkında tebliğ için gerekli çalışmaları başlatmıştır.

Söz konusu bu tebliğ 08.04.2017 tarihinde 30032 sayılı Resmi Gazetede yer alarak çıkarılmıştır. Tebliğde belirtilen şartların ise 01.07.2018 tarihi itibariyle yürürlüğe girmesi bildirilmiştir.

Yapılan bu tez çalışması kapsamında, madencilik sektöründe kullanılabilmesi öngörülen örnek bir sığınma odası tasarımı yapılmakla birlikte, 3D yazıcılar tarafından parça üretimi yapılarak 1/10 ölçekli prototip modelleme işlemi yapılmıştır. Elde edilen prototip üzerinde sığınma odasına ait fiziki koşullar incelenmiş ve sisteme entegre edilerek veri ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra, prototip üzerinde fikir yürütülerek madenin tipine uygun nitelikte en ideal ve makul olan sığınma odası üretimine fayda sağlaması amaçlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyerek; yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezim süresince bana her konuda destek veren Babam Sayın Prof. Dr. Kadir AYDIN' a, eşim Sayın Alkım AYDIN'a ve tüm aileme desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

3D Printer ile üretim ve model tasarımı konularda bana yardımcı olan Makoto Müh. Dan. İth. İhr. ve San. Tic. Ltd. Şti. 'ne teşekkürü borç bilirim.

Tezim süresince, tüm elektronik kart tasarımları ve bu kartların yazılımları konusunda her türlü yardımını esirgemeyen, tüm bilgi ve birikimi canı gönülden paylaşan Sayın Sait KARASOY'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR V
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ X
SİMGELER VE KISALTMALAR XIV
1. GİRİŞ 1
1.1. Genel Bilgiler 1
1.2. Çalışmanın Önemi 3
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
3. MADENLERDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ VE TÜRKİYE'DE YAŞANAN KAZALAR 7
3.1. Madenlerde İş Sağlığı ve Güvenliği 7
3.1.1. Yeraltı Maden İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği 8
3.1.2. Açık Maden İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği 12
3.1.3. Cevher Hazırlama Tesislerinde İş Sağlığı ve Güvenliği 13
3.2. Türkiye'de Yaşanan Maden Kazaları 16
4. SIĞINMA ODALARI HAKKINDA GENEL BİLGİLER 21
4.1. Madenlerde Sığınma Odaları 21
4.2. Sığınma Odalarının Standartları ve Tasarımı 21
4.3. Sığınma Odalarının Boyutları 25
4.4. Sığınma Odalarında Bulunması Gereken Malzemeler 27
4.5. Sığınma Odalarının Hareket Kabiliyeti 28
4.6. Sığınma Odalarında Havalandırma, Aydınlatma Göstergeleri ve Gerekli Talimatlar 29
4.7. Yeraltı Sığınma Odaları Hakkında Genel Bilgi 30

4.8. Maden Sığınma Odası Tanımı ve Önemi 33
4.9. Yeraltı Maden İşyerlerinde Kurulacak Sığınma Odaları Hakkında Tebliğ Edilen Parametreler 36
4.9.1. İşverenin Sığınma Odası Kurma Yükümlülüğü (MADDE 4): 36
4.9.2. Sığınma Odasının Teknik Özellikleri (MADDE 6): 37
4.9.3. Sığınma Odasının Kontrol ve Bakımı (MADDE 7): 39
4.9.4. Çalışanların Bilgilendirilmesi ve Eğitimi (MADDE 8) 40
4.9.5. Sığınma Odası Çeşitleri ve Kullanım Alanları 40
5. MATERYAL VE METOD 45
5.1. Materyal 45
5.1.1. Çalışma Alanı 45
5.1.2. Modellemede Kullanılan Tasarım Programı ve Üretim Cihazı 45
5.2. Metod 49
6. ARAŞTIRMA BULGULARI 53
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 83
KAYNAKLAR 85
ÖZGEÇMİŞ 87
EKLER 88

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. 1992-2014 yılları arasında Türkiye'de madencilik sektöründe meydana gelen ölümlü iş kazaları. 17

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3.1. Yeraltı işletmesi örneği 9
Şekil 3.2. Açık ocak maden işletmesi örneği. 13
Şekil 3.3. Endüstriyel bir cevher hazırlama tesisi örneği 15
Şekil 3.4. Cevher hazırlama tesisinde kullanılan değirmenler. 15
Şekil 4.1. Taşınabilir (10 kişilik) bir sığınma odasının genel görünümü 34
Şekil 4.2. Hayat hattının sembolik görünümü 35
Şekil 5.1. 3D Biyo yazıcı tarafından yapay organ üretimi. 47
Şekil 5.2. 3D yazıcı ile ev yapma teknolojisi 47
Şekil 5.3. 3D yazıcı materyali 48
Şekil 5.4. Makoto bünyesinde yer alan ve üretimde kullanılan 3D yazıcılar. 48
Şekil 5.5. Taşınabilir 10 kişilik sığınma odası sisteminin Catia V5 Tasarım Programı ile tasarlanması ve şase sistemine yerleştirilmesi. 49
Şekil 5.6. Cura Dilimleme Yazılımı'na uygun parça yerleştirilmesi ve 3D yazıcı ile üretiminin gerçekleştirilmesi. 50
Şekil 6.1. Sığınma odası ana bağlantı şase tasarımı. 53
Şekil 6.2. Şase bağlantı noktalarının birleştirilmesi. 54
Şekil 6.3. Şase sistemindeki zemini oluşturma. 54
Şekil 6.4. Şase sistemindeki zemin yerleştirme işleminin üstten görünüşü. 55
Şekil 6.5. Zemin konstrüksiyonunun ölçülendirilmesi. 55
Şekil 6.6. Şase sistemindeki zemin yerleştirme işleminin sıkı geçme ile yerleştirilmesi. 56
Şekil 6.7. Şase sistemi üzerine dış kaplama işleminin yapılması. 57
Şekil 6.8. Şase sistemi üzerine dış kaplama işleminin yapılması (Yandan görünüş). 57
Şekil 6.9. Sığınma odası sisteminde kullanılan kapı kilit sistemi. 58

Şekil 6.10. Sığınma odası sisteminde kullanılan kapı kilit sistemi (Üstten görünüş). 58
Şekil 6.11. Sığınma odası sisteminde kullanılan kapı kilit sistemi ölçü verileri belirleme. 59
Şekil 6.12. Sığınma odası sisteminde kullanılan kapı kilit sisteminde yer alan görüş penceresi. 60
Şekil 6.13. Sığınma odası sisteminde kullanılan oksijen tüpleri ve oda içerisine yerleştirilmesi. 60
Şekil 6.14. Dış sensör sistemi kutu tasarımı. 61
Şekil 6.15. Sığınma odası şase bağlantı parçasının 3D yazıcı ile üretilmesi. 62
Şekil 6.16. Sığınma odası sisteminde kullanılan dolapların üretimi. 63
Şekil 6.17. Sığınma odası sisteminde kullanılan koltuk istasyonunun üretimi. 64
Şekil 6.18. Sığınma odası sisteminde kullanılan koltukların ve şase profilinin üretimi. 65
Şekil 6.19. Sığınma odası sisteminde kullanılan zemin konstrüksiyonunun üretimi. 65
Şekil 6.20. Sığınma odası sisteminde kullanılan hidrojen-oksijen tüplerinin üretimi. 66
Şekil 6.21. Sığınma odası sistemi için üretilen dolaplar. 67
Şekil 6.22. Üretilen parçaların montajlanma işlemi. 68
Şekil 6.23. Üretilen parçaların yerleştirilmesi (1). 69
Şekil 6.24. Üretilen parçaların montajlanma işlemi (2). 70
Şekil 6.25. Üretilen parçaların montajlanma işlemi (3). 70
Şekil 6.26. Üretilen parçaların montajlanma işlemi (4). 71
Şekil 6.27. Elektronik aksamların yerleştirilmesi. 72
Şekil 6.28. Taşınabilir sığınma odası sisteminin tekerleklerinin montajı. 73
Şekil 6.29. Sığınma odası sisteminin güç kaynağının yerleştirilmesi. 74
Şekil 6.30. Genel sistem kablaj şeması. 75

Şekil 6.31. Sinyal kablaj şeması. 76
Şekil 6.32. Baskı devre bakır katman görüntüsü. 77
Şekil 6.33. Epoksili PCB karta baskı devre yapılmış hali. 77
Şekil 6.34. Sistemin breadboard üzerindeki ön elektronik prototipi. 78
Şekil 6.35. Sensörlerin ve sinyal sistemlerinin kodlanması sistemi. 79
Şekil 6.36. Sığınma odası sistemi prototipinin nihai hali. 81

SİMGELER VE KISALTMALAR

AÇSHB	: T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı
İSG	: İş Sağlığı ve Güvenliği
ILO	: Uluslararası Çalışma Örgütü
SAR	: Super Abrasion Resistant
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
H_2S	: Hidrojensülfür
CH_4	: Metan
CO	: Karbonmonoksit
CO_2	: Karbondioksit
N_2	: Nitrojen-Azot
H_2	: Hidrojen
SO_2	: Kükürtdioksit
OFK	: Oksijenli Ferdi Kurtarıcı

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Madencilik, yer kabuğunda iç ve dış doğal etkenlerle oluşan cevherin, değerli minerallerin veya diğer jeolojik materyallerin elde edilmesi için yapılan yer altı ve yer üstü çalışmalarının genel adıdır. Madenciliğin amacı ekonomiye gerekli hammaddeyi sağlamaktır. Bilim ve teknolojinin gelişmesi, madencilikte kullanılan araçların güvenli hale gelmesini sağlamışsa da bu iş kolunda yaşanan kaza ve ölümlerin önüne geçememiştir (İşguvenligi, 2017).

Teknolojik gelişmeler ile madencilik sektöründe, insan gücü yerine makinelerin kullanılmaya başlanmasıyla madenlerde çalışan insan sayısı azalmış fakat bu durum gelişmekte olan ülkelerde, gelişmiş ülkelerde olduğu kadar etkili olamamıştır. İnsan gücünün daha ucuz olması madenlerdeki çalışmalarda makine kullanımı yerine insan gücü kullanımının tercih edilme nedeni olmaktadır.

Bu nedenle de madencilik günümüzde dahi erken ölümlerle, meslek hastalıklarıyla, çok ölümlü iş kazalarıyla anılan bir sektör olmaya devam etmektedir (İsguvenligi, 2017).

Ülkemizde yaşanan iş kazaları göz önünde bulundurulduğunda kazaların en fazla yaşandığı ve kaza sonuçlarının en ağır olduğu sektörlerden biri madencilik sektörüdür. 26 Aralık 2012 tarih ve 28509 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 (İş Sağlığı ve Güvenliği'ne İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği, Resmi Gazete, 2012).

İş barışının, hızlı ve sağlıklı kalkınmanın ön şartı sağlıklı, güvenli çalışma ortamı ve çevresidir. İş kazaları ve meslek hastalıkları neticesinde insan yaşamını ve sağlığını tehdit eden faktörler ile birlikte işletmeleri de büyük bedeller beklemektedir. (Baradan, 2006; TMMOB-MMO, 2010; Dursun, 2013).

Ülkemizde madenlerde İş Sağlığı Güvenliği (İSG)'ne dair hususlar 30 Haziran 2012 tarih ve 28339 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı Güvenliği (İSG) Kanunu ile düzenlenmektedir (İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, Resmi Gazete, 2012). Bu kanunun ışığında hazırlanan 19 Eylül 2013 tarih ve 28770 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Maden İşyerlerinde İş Sağlığı Güvenliği (İSG) Yönetmeliği ile yeraltı ve yerüstü maden işlerinin yapıldığı işyerlerinde çalışanların sağlık ve güvenliğinin korunması için uyulması gerekli asgari şartlar belirlenmektedir (Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği Resmi Gazete, 2013).

23 Nisan 2015 tarih ve 29335 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan İş Sağlığı Güvenliği (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 T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı (AÇSHB) tarafından, yeraltı maden işyerlerinde kurulacak sığınma odaları hakkında tebliğ 08 Nisan 2017 tarihinde çıkarılan yönetmelik ile belirlenmiştir. Belirlenen bu usul ve esasların, 01 Temmuz 2018 tarihinde yürürlüğe gireceği belirtilmiştir (Yeraltı Maden İşyerlerinde Kurulacak Sığınma Odaları Tebliği, Resmi Gazete, 2017).

5 Ağustos 2010 günü Şili'de bir bakır madeni ocağında meydana gelen kazada, 33 işçi mahsur kalmış ve kazanın hemen akabinde başlatılan çalışmalar sonucunda, kazadan 16 gün sonra, işçilerin bir güvenlik odasında sağ olarak yaşadıkları anlaşılmıştır. Derhal başlatılan kurtarma çalışmaları kamuoyunca her gün takip edilmiş ve birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de derin yankı uyandırmıştır. Kazadan 69 gün sonra mutlu sona ulaşılmış ve 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 yeni yasal yönetmelik düzenlenmesi ve çıkarılması çalışmalarına başlanmıştır.

Yapılan bu çalışma kapsamında, yeraltı madenlerinde bulunması gereken maden sığınma odalarının kullanımı, tasarımı ve konumlandırılması ile ilgili olarak literatür araştırması yapılmış; ülkemizde ve yurtdışındaki yeraltı metal madenlerinde kullanılan sığınma odası örnekleri incelenmiş olup, yeraltı maden çalışanlarının olası bir kaza meydana geldiğinde hayatlarının kurtarılmasına yönelik fikirler ortaya konulmuş ve sığınma odaları hakkında daha fazla bilgiye ulaşarak sığınma odalarının ne kadar hayati bir öneme sahip olduğunu belirlemek amaçlanmıştır.

1.2. Çalışmanın Önemi

İş sağlığı ve güvenliği, işin yapılması sırasında çeşitli nedenlerden kaynaklanan sağlığa ve güvenliğe zarar verebilecek koşullardan korunmak amacı ile yapılan sistemli ve bilimsel çalışmalardır. Sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak, çalışanları çalışma ortamından kaynaklanan sağlık ve güvenlik risklerine karşı korumak, çalışanların sağlık, güvenlik ve refahını sağlamak ve geliştirmektir. Bu çalışmaların öncelikli hedefi meydana gelebilecek iş kazalarından ve meslek hastalıklarından çalışanları korumaktır.

Ölümle sonuçlanan iş kaza istatistik raporları değerlendirilmesi yapılırken madencilik sektörünün de rapor sıralamasında ilk sıralarda olduğu dikkat çekmektedir. Bilindiği üzere madencilik sektörü çok tehlikeli iş yeri sınıfına girmektedir.

Yıllar içerisinde meydana gelmiş olan iş kazaları üzerine yapılan araştırmalar sonucu iş sağlığı ve güvenliği alanında yeterli oranda bir iyileşme olmadığı gözlemlenmektedir.

Gelişen teknoloji ile birlikte her geçen gün yeni güvenlik sistemleri, kişisel koruyucular vb. ürünler üretilmektedir. Meslek grupları incelenip sektöre özel imkanlar yaratılmaktadır. Madencilik sektöründe ise makine kullanımı ile daha

fazla üretim, daha az çalışan kişi tercih edilmektedir. Fakat ülkemiz birçok işletme insan gücüne dayalı üretim yapmaya devam etmektedir. Bu tip durumlarda ise iş sağlığı ve güvenliği, çalışanın meslek hastalıklarından herhangi birine yakalanmaması durumu daha büyük önem teşkil etmektedir.

İş yükünün insan üzerinde olduğu ve tehlikeli sınıflar grubunda değerlendirilen madencilik sektöründe yaşanabilecek ve öngörülebilen tüm acil durum senaryoları hazırlanarak işletmelerde çalışanların iş sağlığı ve güvenliği tam yetkinlikte sağlanmalıdır.

Bu çalışma kapsamında, iş sağlığı ve güvenliğinin madencilik sektöründe en önemli can güvenliği ve koruma sağladığı düşünülen sığınma odası sistemleri araştırılmış olunup, 1/10 ölçeklendirme yapılarak prototip bir sığınma odası üretilmesi hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Gürleyen (2016), yaptığı tez çalışması 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.

Doğan (2017), Madencilik, tarihi eskilere dayanan önemli bir uğraş alanıdır. Özellikle Sanayi Devrimiyle önemli hale gelmiştir. Buna bağlı olarak üretim miktarında ve çalışan sayısında hızlı bir artış yaşanmıştır. Bilimsel ve Teknolojik gelişme maden araçlarını kaliteli hale getirsede iş ve işçi kazalarının önüne geçmekte yetersiz kalmıştır. Bu nedenledir ki dünyada en fazla insan kaybının yaşandığı sektörlerden biri olmuştur. İş ve işçi kazalarını önleme adına ILO gibi uluslararası kuruluşlar çeşitli kriterler belirlemişlerdir. ILO'nun amacı uluslararası standartların belirlenerek sözleşmeye taraf olan ülkelerdeki çalışma ve sığınma şartlarını düzeltmektir. Bu standartlar evrensel çalışma sözleşmeleri ve tavsiye kararlarından oluşmaktadır. Çoğu ülke gibi Türkiye'de bu kriterleri referans alarak kendi yasal düzenlemelerini gerçekleştirmektedir. Ülkemizde yaşanan maden kazalarından sonra sıkça gündeme gelen ve iş güvenlik önlemlerinden biri olan sığınma odaları tez kapsamında detaylı olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda önce sığınma odaları ile ilgili uluslararası standartlar incelenmiş, dünyadaki

uygulamaları, araştırılmıştır. Ülkemizde faaliyet gösteren bir maden işletmesinde sığınma odası uygulaması kritik edilmiştir.

Güneş (2018), Madencilik; insanoğlunun doğuşundan günümüze kadar gelerek tarih boyunca çok önemli bir konuma sahip olmuştur. Sanayi devrimi ve nüfusun artmasıyla, ham madde ihtiyacı çok büyük oranlarda artmıştır. Bu artış, ham maddenin en önemli kaynağı olan madencilik faaliyetlerindeki üretimin de çok büyük oranlarda artmasına sebep olmuştur. Üretimdeki bu artış ile beraber gerekli emniyet tedbirlerinin alınmaması, çok büyük faciaların meydana gelmesine davetiye çıkarmıştır. Çok tehlikeli iş alanlarından biri olan madencilikte, şimdiye kadar dünyada ve ülkemizde birçok facialar yaşanmıştır. Bu facialara karşı da birçok önlem alınmış ve alınmaya devam etmektedir. Alınan önlemlerin en önemlilerinden biri olan ve ülkemizde uygulaması gittikçe artan sığınma odaları bu çalışmanın ana eksenini oluşturmaktadır.

Yapılan araştırmalar neticesinde elde edilen sonuçlara göre sığınma odalarının kullanımının maden ocaklarındaki uygunluğu açısından önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Ancak kömür madenciliğinden ziyade metalik maden ocaklarında kullanımının daha efektif olduğu gözlemlenmektedir.

3. MADENLERDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ VE TÜRKİYE'DE YAŞANAN KAZALAR

3.1. Madenlerde İş Sağlığı ve Güvenliği

Bayraktar ve ark. (2018), İş sağlığı ve güvenliği insana verilen önemin bir sonucu olarak günümüz modern çağında sürekli gelişen, ilerleyen, dinamik ve çok disiplinli bir alandır. Sığınmaa hakkı ise en temel insan hakkıdır. Temelinde sığınmaa hakkının korunması ve devamlılığının sağlanmasını içeren iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarının amacı, iş kazaları ve meslek hastalıkları meydana gelmeden gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamak, iş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı çalışanları korumaktır. Ayrıca günümüzde üretim güvenliğini sağlayarak verimliliği arttırmayı da hedeflemektedir.

Maden işletmeciliği ise dünyada en tehlikeli iş kolları arasında yer almaktadır. Bu yüzden üretimin her aşamasında; çalışanlar, ekipmanlar ve tesis her türlü tehlikeye maruz kalabilmektedir. Bu tür tehlikelerin engellenebilmesi için gerekli analizlerin mühendislik disiplini içerisinde gerçekleştirilmesi gerekir. Bu hususların başında ocağın ömrü yani üretim sürecinin belirlenmesi son derece önemlidir. Eğer işletmedeki cevherin ömrü uzun süreli ise bu süre için gerekli planlamalar yapılarak risk analizleri de oluşturulmalıdır. Üretim süreci belirli bir bölgede olmayıp cevherin yataklandığı farklı noktalara kayabilmektedir. Bu yüzden meydana gelebilecek ölümlü veya yaralanmalı iş kazalarını önlemek için oluşturulacak risk analizleri farklı bakış açıları ile hazırlanmalıdır. Ayrıca geçmişte yaşanan iş kazalarının istatistikleri tutularak benzer iş kazaları yaşanmasının önüne geçilebilecek tedbirler alınabilir.

Yaşar ve ark. (2015), Bilinçsizce ve teknolojiden uzak yapılan maden işletmeciliği, gerekli yatırımların yapılmasından kaçınılması, hızlı ve yüksek kazanç sağlanabilmesi için üretim zorlamaları kazalara davetiye çıkarmaktadır.

Mühendislik bilim ve teknolojisinden uzak, teknik elemanın gözetim ve denetimi olmaksızın, tamamen ilkel koşullarda yürütülen emek yoğun işletmecilik tarzı terk edilmelidir. Yüksek riskli ocaklarda teknoloji kullanımına ilişkin mevzuat geliştirilmelidir. Tüm çalışanlara iş sağlığı ve güvenliği konusunda sürekli eğitim verilerek bilinçlendirilmesi sağlanmalıdır. Çalışanların eğitimi, çalışma alanındaki risklere karşı bilgilendirilmeleri, risklere karşı kişisel donanımlarının uygun ve eksiksiz olması işveren tarafından sağlanmalı ve sürekli olarak denetlenmelidir. Madencilik faaliyetleri temel olmazsa olmaz kuralların yanı sıra maden sahalarındaki yapıların farklılıklar göstermesi sebebiyle ülkelere ve madenin tipine göre ilave kurallar yaklaşımlar gerektirmektedir. Bu bağlamda yapılan iş güvenliği ve sağlığı ile ilgili çalışmalarının sektörde tecrübe sahibi kurumlar, sendikalar, üniversiteler, ilgili devlet kurumları, iş güvenliği uzmanları tarafından koordineli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Bu sebeple madencilikle ilgili konularda meslek odasının, sendikanın, mesleki derneklerin ve diğer uzman kurumların gerek kanun ve kurallar belirlenirken gerekse de kontrol mekanizması içerisindeki etkisinin artırılması gerekmektedir.

3.1.1. Yeraltı Maden İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği

Bu alanda alınması gereken önlemler plan ve proje aşaması ile başlar. Cevherlerin yataklandığı damarların ve çevre kayaçların karakteristik yapısı, cevher üretim ve malzeme sarfiyat miktarları, yer altı su geliri, ocağın gaz oranı gibi benzeri parametreler ocak planlamasında dikkate alınarak, ocak ve altyapı tesisleri bu planlamaya göre düzenlenir.

Şekil 3.1'de yeraltı işletmesine ait bir resim yeralmaktadır. Madencilik sektöründe günümüzde halen daha ilkel yöntemler ile üretim yapan işletmeler bulunmaktadır. Bu nedenledir ki gelişen teknoloji ile birlikte madencilik alanıda paralel olarak ilerletilmeli ve işletmelere uygun üretim ekipmanları temin edilmelidir.



Şekil 3.1. Yeraltı işletmesi örneği (İTÜ Vakıf Dergi Sayısı 69, s.22).

Üretim planlanmasında cevherin yataklandığı alan yeraltında ise ocak açıklıklarının boyutları ve tahkimat özellikleri belirlenerek tahkimat türlerinden; ağaç tahkimat, çelik tahkimat, tavan tahkimat, beton tahkimat veya dolgu tahkimat mı olacağına karar verilir. Oluşturulacak tahkimat; kömür, tavan ve taban kayaçlarının jeomekanik özellikleri doğrultusunda belirlenmelidir. Ayrıca ortamda bulunan suyun varlığı ve sondaj esnasında elde edilecek bilgiler ışığında tahkimat sisteminin oluşturulmasında etkilidir. Üretim sürecinde öngürülemeyen yan kayaçlardan kaynaklanabilecek bir sorun olduğunda tahkimat sisteminde değişikliğe gidilebilmelidir.

Bu yüzden cevher, yan kayaç ve cevherin yataklandığı bölgenin jeolojik yapısı tahkimatın seçiminde belirleyici rol oynamaktadır. Ülkemizde en çok ahşap tahkimat sistemi kullanılmaktadır. Bu tahkimat sisteminin tercih edilmesinin sebebi ağaçların ucuz olması ve kolay bulunabilir olmasıdır. Fakat ahşap tahkimatların sürekli taramak, direklerde ve boyunduruklarda oluşan çürümeleri, çatlakları ve kırılmaları tespit edip müdahale etmek gerekmektedir.

Cevher üretim miktarları, taş, malzeme ve personel nakliyatı, havalandırma ihtiyaçları göz önünde bulundurularak, en uygun galeri kesitleri seçilmelidir. Ocağın gaz yayılım karakteristik yapısı, yangın oluşumuna meyilli damarların durumu, çalışan dizel motorlu araçlar ve personel sayısı, patlatmalar, toz oluşum, çamur veya tortu dökülmesi, yetersiz veya havalandırma kaybı, yangınlar39 vb. durumlar göz önünde bulundurularak en uygun havalandırma yöntemi belirlenmelidir. Daha sonra gerekli ölçümler yapılmalı ve havalandırma projesi hazırlanmalıdır.40 Havalandırma özellikle kömür ocaklarında çok dikkat edilmesi gereken konulardan biridir. Çünkü bilindiği üzere kömür ocaklarında CH_4, CO, CO_2, SO_2 tarzı boğucu ve zehirleyici gazlar mevcuttur. Bu oranın azaltılması için ocağa temiz hava temini sağlanmalıdır. Fakat yeraltına gönderilen temiz havanın gereğinden fazla ve hızlı olması neticesinde sürtünmeden dolayı dahi ocak yangınları çıkabilmektedir.

Dolayısıyla yeraltı kömür ocaklarında en çok dikkat edilmesi gereken unsurlardan biri havalandırma ve ocak gaz ölçümlerinin düzenli yapılmasıdır.

Patlatma işlemi madenciliğin temellerindendir. Bu işlem Açık ve Kapalı maden işletmelerinde yapılmaktadır. İşletmelerin büyük bir bölümünde patlatma yapılmakta olup nedeni ise cevherin ve yantaşın yapısının farklı oluşudur. Bu işlemler yapılırken alanında uzman ekipler (ateşçi ehliyetine sahip kişiler) tarafından yapılmalıdır. Ateşçi patlayıcı malzemeyi patlatma yapılacak bölgeye çok dikkatli bir şekilde getirmelidir. Ateşçinin üzerinde statik elektrik olmamalıdır. Patlatma belli saatlerde yapılmalı ve bu saati işletmede çalışan herkes bilmelidir. Patlatma esnasında çevrede kimse olmamalı ateşçi yüksek sesle, sirenle veya düdük ile çevrede bulunabilecek insanları ikaz etmelidir. Patlatmadan sonra ateşçi muhakkak patlatma yapılan yere gidip patlamayan dinamit varsa kontrol etmeli ve gereken önlemleri almalıdır.

Bilindiği üzere yeraltı maden işletmelerinde karşılaşılan en büyük problemlerden biri de yer altı sularıdır. Bu sular gerek sondaj deliklerinden gerekse

irili ufaklı yer altı boşluklarından sızarak madenlerde büyük tehlikelere yol açabilmektedirler. Özellikle yağmurlu günlerde bu tehlike daha da büyümektedir.

Yeraltı su geliri ve kullanma suyundan kaynaklanacak su miktarlarına karşı su havuzları, tulumbalar ve su atım şebekesinin tasarımı planlanmalıdır. Yeraltı sularının aşırı derecede birikmesi durumunda özellikle ahşap tahkimat suyun içinde kaldığından çabuk çürümesi söz konusu olur. Diğer yandan yeraltında kullanılan araçların yine suyun içinde kalması işletmeye büyük maddi hasarlar verebilir. Ayrıca araçların elektrik ile çalışıyor olması çalışma ortamını çok daha tehlikeli boyutlara taşıyabilir. İşte bu tehlikeleri bertaraf edebilmek için yeraltı suları belli noktalarda biriktirilip ardından motorlu pompalar yardımıyla yerüstüne basılır.

Bu işlemler gerçekleştirilirken başlıca şu adımlar gerçekleştirilir:

Yer altı ocağı tasarlanırken üretim yöntemleri dikkate alınarak – galeriler yaklaşık olarak %5 eğimli açılabilir. Galeri tavanından sızan sular rayların kenarında açılan yaklaşık 10-15 cm genişliğinde ve 3-4 cm derinliğinde olacak olan yola gelir ve buradan yerçekimi kuvvetinden yararlanılarak dışarı atılır. Yüzeyle direk bağlantısı olmayan katlarda gelen yeraltı suyu belli noktalarda biriktirilir. Biriken su istenilen derinliğe ulaştığında şamandıra sistemi devreye girer ve pompa çalışır. Su pompanın gücüne göre ya üst katlardaki bir noktada biriktirilip yine oradaki pompa sistemi ile dışarı atılır yada direkt olarak yeryüzüne basılır. Bu sistemde dikkat edilmesi gereken nokta şamandıra sisteminin sürekli çalışıyor olmasının kontrolünü sağlamaktır. Ayrıca şamandıranın arıza yapması durumunda ikincil bir güvenlik önlemi olarak suyun tehlikeli derinliğe ulaştığı anlarda kurulacak olan alarm sistemidir.

Yeraltı işletmelerinde yukarıda bahsedilen unsurlara ek olarak;

- Çalışanlara KKD'nin temin edilerek kullanımları konusunda eğitim verilmelidir.
- Yeraltı işletmelerinde başaşağı (desandre),
- Yeraltı işletmelerinde başyukarı (fere),

- Yeraltı gaz ölçümlerinin periyodik olarak yapılması,
- Havalandırma sistemlerinin kontrollerinin düzenli yapılması,
- Yeraltı iş makinelerinin sensörlerinin ve aydınlatmalarının çalışıp çalışmadığı kontrol edilmesi,
- Alev sızdırmayan ekipmanlar (exproof) tercih edilmesi,
- Zehirli veya patlayıcı gazların varlığını erken uyaran sistemlerin bulundurulması,
- Araçların manevra kabiliyetlerini sağlayabilecek alanlarının oluşturulması,
- Çalışanlar için gerekli termal konforun sağlanması, vb. durumlar yeraltı ocak işletmelerinde dikkat edilmesi gereken bazı hususlardır.

İş kazaları büyük oranda engellenebilir fakat küçük bir kısmı ise asla engellenmesi mümkün olmayan ve öngörülemeyen durumlardır. Bu oranların ülkemizde de yakalanabilmesi için düzenli kontrollerin yapılması, kanun koyucuların yaptırım uygulaması, çalışanların eğitilmesi ve mekanik üretim sistemlerinin tercih edilmesi gerekmektedir.

3.1.2. Açık Maden İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği

Yüzeyde bulunan değerli madenlerin çıkarılması için Açık maden işletme yöntemi uygulanmaktadır. Dünyada madencilik faaliyetlerinin büyük çoğunluğu Açık işletmelerle gerçekleştirilmektedir. Bunun başlıca sebebi yüzeye yakın bölgelerdeki madenlerin henüz bitmemiş olması, üretim miktarının yeraltı ocaklarına nazaran daha fazla olması ve yeraltı madenlerine oranla daha az tehlikeli olması söylenebilir. Açık ocak maden işletmelerinde çevresel olaylardan çok kolay etkilenebilmektedir, Bu yüzden tehlikelerin öngörülerek ortadan kaldırılabilmesi yeraltı işletmelerine göre daha kolaydır. İşçilerin organize olmaları ve tehlikelere erken müdahale edilmesi açısından avantajlı bir üretim yöntemidir.

Tercih edilen ekipmanlar çoğunlukla cevherin yapısına ve arazi şartlarına göre belirlenir.

Açık ocak işletmelerinde üretim öncesinde gerekli düzenlemeler yapılarak cevherin yapısına göre deliciler, kazıcılar, patlatma işlemleri yönetmeliklere uygun ve planlı bir şekilde yapılmalıdır. Günümüzde çoğu maden işletmesi gelişmiş maden araç ve gereçlerini kullanmakta olup insan iş gücüne daha az ihtiyaç duymaktadır. Bu tercih iş kazalarında kayıp oranlarını azaltmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Madencilik tabiattaki değerli madeni insanoğluna kazandırabilmesi için doğaya zarar vermemeli fakat doğanın verebileceği engellemelere karşı tedbirlerini alarak mücadele etmelidir. Şekil 3.2'de bir açık ocak maden işletmesi örneği verilmiştir.



Şekil 3.2. Açık ocak maden işletmesi örneği (www.demirexport.com).

3.1.3. Cevher Hazırlama Tesislerinde İş Sağlığı ve Güvenliği

Sakatoğlu ve Kılıç (2007), Bütün endüstriyel tesislerde kazaların veya meslek hastalıklarının meydana gelmesinde binaların tasarımında önemli bir nedeni

olmasa da kazaların boyutlarının büyüklüğü ve sonuçları ile meslek hastalıklarının yayılmasında çok önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle yapılan çalışma ile cevher hazırlama tesisi olarak kullanılan bir işletmede ortam şartları ve kullanılan makinaların insan ve çevreye verdiği zararlı etkiler incelenerek bertaraf edilmesi yönünde çalışmalar yapılmıştır.

İşyerlerinin çatıları, ısı, rüzgar, yağmur, kar gibi dış etkilerden işçileri tamamen koruyacak surette dayanıklı ve muhafazalı yapılmış olmak zorundadır. Çatının üzeri, yazın fazla ısı geçiren saç ve benzeri malzeme ile örtülü bulunduğu takdirde ayrıca bir tavan yapılması, bununla çatı arasında hava akımını sağlayacak menfezlerin bulunması gerekmektedir. Bu çatılar en az 350 cm yüksekliğinde yapılmış olmak zorundadır.

İşyerlerinde parlayıcı, patlayıcı ve yanıcı maddelerin imal edildiği, işlendiği veya depolandığı yerler, yağ, boya veya diğer parlayıcı sıvıların bulunduğu binalar, yüksek bacalar, yüksek binalar ile üzerinde direk veya sivri çıkıntılar yahut su depoları gibi yüksek yerler bulunan binalar, yıldırıma karşı yürürlükteki yönetmelik ve şartnamelere göre yapılacak yıldırımlık tesisatı ile hava hatları ise uygun kapasitedeki paraduflar ile korunacaktır. Maden çatılı veya karkaslı bina, atölye, depo vb. kısımlar iletken olmayan tabanlar üzerinde kurulmuş makineler, havagazı, su ve kalorifer tesisatı ve bütün madeni kısımlar, usul ve tekniğe uygun olarak etkili bir şekilde topraklanmak zorundadır.

İş yerlerinde işçilerin daimi olarak çalıştırıldığı yerlerin tavan yüksekliği en az 3 m olmalıdır.

Şekil 3.3'de endüstriyel olarak işletilen bir cevher hazırlama tesisi örneği verilmiştir. Şekil 3.4'de de cevher hazırlama tesislerinde öğütme (boyut küçültme) işleminde kullanılan değirmenler görülmektedir.



Şekil 3.3. Endüstriyel bir cevher hazırlama tesisi örneği (www.cwp.com.tr).



Şekil 3.4. Cevher hazırlama tesisinde kullanılan değirmenler (www.tuprag.com.tr).

3.2. Türkiye'de Yaşanan Maden Kazaları

Ülkemizde madencilik,iş kazalarının en fazla yaşandığı sektörler arasında yer almaktadır. Özellikle çalışma koşullarının zorluğu, maden şartlarının her an tehlikelere açık olması veyayaşanabilecekişkazalarının sonuçlarınınçok ağır olması madensektöründe çalışmanın ne derece zor olduğunu göstermektedir.

Madencilik faaliyetleri ülkemizde İş Sağlığı ve Güvenliği(İSG)'neİlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliğine göre çok tehlikeli sınıflararasında yer almaktadır (İsguvenligi, 2018). Bu durum 18 Nisan 2014 tarih ve 28976 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (Resmi Gazete, 2014).

Madencilik faaliyetlerinin çok tehlikeli sınıflar arasında yer alması veher an tehlikelerin meydanagelme riskinin yüksek olması sebebi ile ülkemizdeözellikle yer altımadenciliğinde alınacak tedbirlerin en üst düzeyde olması gerekmektedir. Özellikle yer altı madenciliğinde yaşanan kazalarınölümle sonuçlanması ve diğer iş kollarına oranla daha fazlakaza olması kömür madenciliğinde genellikle göçük, sel, grizu patlaması ve yangın gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 3.1'de 1992-2014 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen ölümlü iş kazaları görülmektedir.

3. MADENLERDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ VE TÜRKİYE'DE YAŞANAN KAZALAR Seda AYDIN

Çizelge 3.1. 1992-2014 yılları arasında Türkiye'de madencilik sektöründe meydana gelen ölümlü iş kazaları (Soma Maden Faciası Tmmob Raporu Eylül 2014 s. 27).

Yer	**Tarih**	**Madenin Cinsi**	**Olay**	**Ölü Sayısı**	**İşletmeci**
Zonguldak Kozlu	03.03.1992	Kömür	Grizu Patlaması	263	Kamu Kurumu
Yozgat Sorgun	26.03.1995	Kömür	Grizu Patlaması	37	Özel Firma
Erzurum Aşkale	08.08.2003	Kömür	Grizu Patlaması	8	Yüklenici
Karaman Ermenek	22.09.2003	Kömür	Grizu Patlaması	10	Özel Firma
Çorum Bayat	09.08.2004	Kömür	Grizu Patlaması	3	Özel Firma
Kastamonu Küre	08.09.2004	Bakır	Bant Yangını	19	Yüklenici
Kütahya Gediz	21.04.2005	Kömür	Grizu Patlaması	18	Kamu İştirakı
Balıkesir Dursunbeyli	02.06.2007	Kömür	Grizu Patlaması	17	Özel Firma
Bursa M.K. Paşa	10.12.2009	Kömür	Grizu Patlaması	19	Özel Firma
Balıkesir Dursunbeyli	23.02.2010	Kömür	Grizu Patlaması	13	Özel Firma
Zonguldak Karadon	17.05.2010	Kömür	Grizu Patlaması	30	Yüklenici
Kahramanmaraş Elbistan	10.02.2011	Kömür	Şev Kayması	11	Yüklenici
Zonguldak Kozlu	07.01.2013	Kömür	Metan Degajı	8	Yüklenici
Manisa Soma	13.05.2014	Kömür	Ocak Yangını	301	Yüklenici
Karaman Ermenek	28.10.2014	Kömür	Su Baskını	18	Özel Firma

3. MADENLERDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ VE TÜRKİYE'DE YAŞANAN KAZALAR Seda AYDIN

Yaşanan maden kazaları ve iş gücü kayıplarının meydana geliş tarihleri incelendiğinde kazalarda herhangi bir azalmanın olmadığı görülmektedir. Ayrıca bu durum ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin yeterli olmadığının bir göstergesi olarak değerlendirebilir. Çünkü kazaların sebeplerinde görülen benzerlikler ve yeterli önlemlerin alınmayışı büyük felaketlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu kazalar madencilik sektöründe büyük felaketlerin bir artçısı olabilir. Bu yüzden ülkemizde madencilik faaliyetlerinin bir an önce gözden geçirilerek bilimsel verilere dayanan önlemler alınmalıdır. Gerekli mücadele yapılırken can ve mal kayıplarının en aza indirilebilmesi için iş sağlığı ve güvenliği konusunda gerekli çalışmalar titizlikle ve kanuni düzenlemelere uygun şekilde yerine getirilmelidir. Bu düzenlemelerin yapılması durumunda; can kayıpları, yaralanmalar, uzuv kayıpları engellenmesi sağlanır, üretim devam edeceği için hem işletme hem de ülke ekonomisi sekteye uğramaz, sağlık giderleri azalır, yaşanabilecek ölümlü kazaların önüne geçilerek işçiye veya ailesine ödenmesi gereken tazminatların önüne geçilerek işletme için maliyet oluşturmaz.

Madencilik sektörü üretim öncesi ve üretimin sonlandırılmasına kadar olan süreç de mühendislik disiplinine sahip olmalıdır. Çünkü madencilik her türlü tehlike ve riski barındırabilen bir sektördür. Bu yüzden madenlerin kazanımı belirli bir plan dâhilinde yapılmalıdır. Etüt yapılması, ön hazırlık ve cevherin rezervi, risk ve tehlike analizleri, üretim durumu, satış vb. çalışmaların işletmeye getireceği mali yük hesaplanmalıdır. Bu işlemler yapılacak üretim şeklini (Açık İşletme veya Yeraltı İşletmesi) ve alınması gereken iş güvenliği önlemlerinin belirlenmesinde etkin bir rol oynamaktadır.

Üretim yöntemi belirlendikten sonra gerekli planlamalar ve risk analizleri yapılmalıdır çünkü işçilerin tehlike ile karşılaşacağı ilk kısım üretim kısımıdır. Yeraltı madenlerinde; kazı, tahkimat, ocak yolları, havalandırma, elektrik tesisatı vb. durumlar söz konusu olurken Açık İşletmelerde ise daha çok doğanın etkisine maruz kalınmaktadır. Bu yüzden çalışanların üretim aşamasından önceki ve sonraki

bölümlere geçilmesinde işçilerin iş sağlığı ve güvenliğini etkileyecek hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Üretim bölümünde kullanılan ekipmanların cinsi madenin yapısına göre belirlenerek iş sağlığı ve güvenliğini tehlikeye düşürmeyecek şekilde tercih edilmelidir. Eğer cevher yeraltında ise üretim boyunca göçük ve taş düşmelerine karşı uygun tahkimat seçilmeli ve bakımları düzenli bir şekilde yapılmalıdır. Çıkarılan cevherin ve çalışan işçilerin taşınması için uygun ocak yolları ve cepler oluşturulmalıdır. Sığınma odası sistemleri kurulmalı ve çalışanlar bu konuda bilgilendirilmelidir. Açık ocak işletmelerinde ise doğal olaylardan ve üretimden kaynaklanan tehlikeler bulunmaktadır: Patlatma, toprak kayması, sel, yıldırım düşmesi gibi durumlara karşı risk analizleri yapılarak acil eylem planları oluşturulmalıdır. Sığınma odası sistemleri açık ocak işletmelerde dahi güvenli bölge oluşturulması için tercih edilebilir. Yeraltı madenlerde kullanılan sığınma odalarının iç dizaynı değiştirilerek ve ekipman kontrolü yapılarak açık ocak işletmeciliğine dair uygun hale getirilmesi denenebilir.

4. SIĞINMA ODALARI HAKKINDA GENEL BİLGİLER

4.1. Madenlerde Sığınma Odaları

Çoğunlukla yeraltı maden işletmelerinde ve tünel açma işlemlerinde kullanılan, çalışanların tehlike anında can güvenliklerini tehlike geçene kadar sığınacakları metalik aksamdan oluşan ve içerisinde sığınma malzemeleri bulunan sığınma alanlarına sığınma odaları denir. Yeraltı işletmelerinde tehlike süresi boyunca işçilerin toplu halde hayatta kalmalarını sağlayan alternatif bir İSG yöntemidir.

Farklı modelleri olan sığınma odalarının tercih edilmesinde cevherin ve maden ocağının yapısı gibi faktörler de önemlidir. Kullanım alanlarına göre toplamda 5 çeşit sığınma odası mevcuttur:

1- Metalik madenlerde kullanılan sığınma odaları
2- Kömür madenlerinde kullanılan sığınma odaları
3- Tüneller de kullanılan sığınma odaları
4- Kimyasal tesislerde kullanılan sığınma odaları
5- Afet korunmada kullanılan sığınma odaları

4.2. Sığınma Odalarının Standartları ve Tasarımı

Madenlerde meydana gelen iş kazalarının sebepleri birden fazla şekilde açıklanabilir, bu sebeplerden en önemlileri; insan, çevre ve mekanik aksam olarak gösterilebilir. Bu kaynaklar zincir halkası gibi birbirlerinden etkilenebilmektedir. Üretimin öncesi ve sonraki bütün safhalarda çalışanlara gerekli eğitimlerin verilmesi, cevherin veya yan kayaçların yapısının analiz edilmesi, teknik ekipmanların düzenli kontrollerinin yapılması kazaların oranını azaltabilir. Öngörülemeyen kazaların meydana gelme ihtimaline karşı çalışanların tehlike geçene kadarki süreçte güvenli bir alan olarak sığınma odalarının kullanımı zorunlu kılınmalıdır. Sığınma odaları bu gibi durumlarda çalışanların ihtiyaçlarına cevap

verebilecek şekilde tasarlanarak ulusal ve uluslararası standartlara uygun şekilde dizayn edilmiş olması gerekmektedir. Bakımları ise periyodik olarak uzman ekipler tarafından yapılmalıdır.

Bir sığınma odasınınn tasarlanmasında, tasarımı yapılmadan önce koruyucu donanımlar, sığınmasal indeksler ve psikolojik veriler de göz önünde bulundurulmalıdır.

Yer seçiminde; tehlike türleri, jeolojik yapı, çalışma yapılan bölgeye mesafesi, madenciler arası mesafe vb. durumlar önemli hususlardır. Bulunduğu bölgenin ezilmiş fay zonlarından ve deprem alanlarından uzakta bulundurulmalıdır. Sığınma odaları sert tabakaların bulunduğu yerlere ve koruma katmanları eşliğinde inşa edilmelidir. Ayrıca sığınma odaları madencilerin kullandıkları ferdi kurtarıcı maske ile ulaşabilecek mesafede olmalıdır. Tasarımı yapılırken çalışanların sayısı vezemin alanı da hesaplanmalıdır. Oda bölüm tasarımında; çevresindeki kayaçlar, odaya etki edebilecek basınçlar, servis ömrü, destek odalar için tünel ve yollar açmak gibi durumlar dikkate alınmalıdır. Genel güç ve hava geçirmezlik ise, toplam güç ve etkisinde kalınması muhtemel basınç için gerekli destek donanımı kullanılmalıdır. Patlama durumlarına maruz kalınması durumunda sığınma alanlarının bu tür basınç veya şok dalgalarına maruz kalmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Ocak içerisindeki zehirli gazlar veya kömürden oluşan gazların sığınma alanlarını etkilememesi için sığınma odalarının sızdırmaz özelliği ve hava perdesi olmalıdır. Bunun dışında çalışanların ortama yaymış olduğu karbonmonoksit ve vucut ısısı oda sıcaklığının artmasına sebep olmaktadır. Buna paralel olarak ortamın nem oranı da yükselebilir bu yüzden klimaların çalışması ve havalandırma sisteminin çalışıp çalışmadığı düzenli olarak kontrol edilmesi hayati derecede önemlidir. Çünkü bir çalışanın sığınma odasında sessiz bir şekilde oturması durumunda odanın nem artışı 25 derecede 61 g/s dir. Toplu kalınma durumunda her çalışanın ısı değeri sessiz durumda; 0,009- 0,12kW, orta fiziksel hareket; 0,275kW, ağır fiziksel harekette 0.47kW'dır.

Yeraltı Maden İşletmelerinde 2 tip sığınma odası kullanılmaktadır. Bunlar: Metalik madenler için kullanılan sığınma odaları ve kömür madenleri için kullanılan sığınma odalarıdır. Madenler için sığınma odaları üreten bir firma tarafından metalik madenlerde kullanılmak üzere HRM tipi sığınma odaları üretilmiştir. Tüketici tercihine göre de değişkenlik gösterebilen sığınma odaları 8-12-16-20-26-30 kişilik kapasitelere sahip olabilmektedir. Bu sığınma odaları elektrik enerjisi ve dahili batarya enerjisi ile çalışır, istendiği durumlarda ihtiyaç duyulan bölgeye taşınabilir ve 24-96 saat boyunca tam bağımsız çalışabilirler.

Bahsi geçen firmanın bir diğer serisi ise EVLP serileri olup, üretime yakın alanlarda kullanılırlar. Kolayca taşınabilir ve elektrik enerjisi veya dâhili batarya enerjisi ile de çalışabilir, yaklaşık 1-1,5 ay boyunca maden enerjisi olmadan tam şarjda bekletilebilir. Bu serinin sığınma odalarının 4-6-8-10 kişilik modelleri mevcuttur. 24-96 saat tam bağımsız çalışabilmesinin yanında kolayca taşınabilir özelliğinin olması ön plandadır.

Kömür madenleri için ise CoalSAFE model sığınma odaları dizayn edilmiş olup bu tip odalar kolayca taşınabilir ve elektriksiz olarak çalışabilirler. 8-12-16-20-24 kişilik kapasitelerde üretilebilen sığınma odaları 96 saate kadar dış ortamdan tam bağımsız şekilde çalışabilmesi sebebiyle sığınan madenciler için güvenli ve yaşanabilir bir ortam oluşturmaktadır.

Sığınma odaları metan patlaması, gaz patlamaları, toz patlamaları gibi benzeri durumlarda meydana gelebilecek basınç dalgalarına karşı çalışanları koruyacak şekilde tasarlanmalıdır. Sürdürebilir pozitif basınç ve klima sistemlerinin da desteği ile zehirli gazların ortamdan uzaklaştırılması sağlanır. Bu sistem el ile kontrol edilmekte olup sığınma odasının aktif hale getirilerek sığınma alanının içinde pozitif basıncın oluşmasını sağlar. Meydana gelen bu pozitif basınç odanın içerisine zehirli gazların girmesine engel olmaktadır. Odanın içerisinde bulunan gaz ölçüm cihazları içerideki ortamdaki havasının değişimini sürekli

izlemektedir. Kapalı alan içerisinde oluşabilecek zehirli gazların sınırlanabilmesi için personel kabinleri bulunmaktadır.

Bu kabinler için ayrı bir alan oluşturulmuş olup hava perdesi ile donatılarak odanın içerisine girebilecek zehirli gazların girişleri de engellenmiş olacaktır.

Ayrıca oda içinde pozitif basınç min. 100 Pascal'dır. Maksimum çalışma ortam sıcaklığı ise 40 ºC'tır. Sığınma odalarının kapasiteleri madenin cinsi ve tüketicinin isteğine göre değişkenlik gösterilebilmektedir. Kömür madenciliğinde ise 6 ila 36 kişi kapasiteli olup isteğe bağlı olarak üretilebilmektedir. Gereksinimlere bağlı olarak 96-120 saat arası kullanılabilmektedir. Ayrıca yeraltı işletmelerinde meydana gelebilecek metan patlamaları sonucu oluşan patlama dalgalarını ve basınca karşı esneklik sağlanarak bu tür dalgaların kabul edilebilir seviyere indirilerek absorbe edilmesi ve çalışanlara güvenli bir ortam sağlanması hedeflenmektedir.

Bazı sığınma odası üretici firmaları ise sığınma odalarının ortalama 2.200 kg/m^2'den fazla yük dayanımını sağlayabilmektedir. Patlama dayanımı olarak da ek opsiyonlar bulundurulmaktadır. Dayanımını ölçmek amacıyla sığınma istasyonlarının bulunduğu bölgelerde patlatma yapılmıştır, istasyonlarda ufak hasarlar dışında bir sorun ile karşılaşılmadığı gözlemlenmiştir. Kapı ve camlar meydana gelebilecek patlamalara dayanıklı olup uçan kaya parçaları için de ek koruma takılabilmektedir.

Yeraltı işletmelerinde patlama ve yanma olayları ile karşılaşılması durumlara karşı sıcaklık dayanımları metalik madenler için standart versiyon 50 ºC'tır. Bu ek donanım ile 65 ºC'a çıkabilmektedir. Kömür madenlerinde kullanılan sığınma odaları için ise ek yalıtım sağlanabilmektedir.

Kapasiteleri ise isteğe bağlı olarak 4-8-12-16-20-26-30 kişilik olabilmektedir. Kalıcı sığınma odalarında kapasite ise 300 kişiye kadar çıkabilmektedir. Ebatları ve özel üretim olarak farklı tipleri bulunabilmektedir. Acil durumlarda çalışma süreleri 24-36-48-72-96 saate kadar opsiyonludur.

Sığınma odalarının kapasiteleri belirlenirken; madenlerdeki çalışan sayısı, istasyonun bulunduğu bölgedeki çalışan sayısı, ziyaretçi-taşeron sayısı ve güvenlik katsayısı eklenmektedir. Madenlerde acil durum planlaması, tahmin edilen kurtarma süresi gibi değerlere göre dayanım süresini belirliyor. Türkiye'de genelde 36 saattir.

Kömür madenlerinde ise CoalSAFE tipi sığınma odaları geliştirilmiştir. Bu modeller isteğe bağlı olarak tasarlanabilmekte olup, tek bir birim haline gelecek şekilde konumlandırılıp monte edilir. Kişi kapasitesi ve boyutlar müşteri talebine göre ayarlanabilmekte olup 12-16-20 ve 24 kişilik kapasitelere sahiptir. Yangın ve patlama riski bulunan üretim alanlarında işçilerin dışarı kaçma girişimi yerine sığınma odalarında beklemeleri daha güvenlidir. Kömür madeni koşulları göz önünde bulundurularak ana ulaşım galerisi sonlarında ayaklara girmeden kalıcı istasyonların bulundurulması fayda sağlayabilir. Kazalarda ayaktan çıkan işçilerin çoğu arkadan gelen dumandan dolayı uzun ve eğimli ana rampayı çıkılamayabilir. Bu yüzden bu noktalara sığınma odaları tercih edilmelidir.

4.3. Sığınma Odalarının Boyutları

Madenlerde sığınma odası gereksinimi, madenin kendi gereklilikleri kadar farklı olabilir. Planlanmış örnek bir sığınma odasının sığınma destek sistemleri, elektrik sistemleri ve genel koşullar gibi tüm gereklilikler dikkate alınarak dizayn edilirler. Örnek bir sığınma odası üreticisi olan Güney Afrika bölgesindeki BroKrew Şirketi, Surviair RRC / Rescuair ERB adlı sığınma odalarının üretimini gerçekleştirmektedir. Bu teknolojiler hava geçirmeyen, izole edilmiş /edilmemiş ve çelikten inşaa edilmiş odalar olmakla birlikte bu odalarda aşağıdaki sistemler mevcuttur:

- CO_2 tutucu sistemler
- Havayı nemlendirici sistemler
- Güç dönüştürücü sistemler
- Oksijen jeneratörü

Madenlerde kullanılan sığınma odaları ihtiyaçları karşılayabilecek kapasite ve gerekliliklere sahip olmalıdır. Bu ihtiyaçlar madenin, yan kayaçların ve işçi kapasitesine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bahse konu firmanın üretmiş olduğu sığınma odalarının kapasite ve boyutlarına göz atacak olursak;

- 3,4m 8 Kişi/12 Saat
- 3,4m 12 Kişi/18 Saat
- 4,5 m 14 Kişi/24 Saat

Sığınma odalarının boyutları yukarda belirtildiği şekilde değişkenlik gösterebilmektedir. Aynı üretici firma tarafından üretilmiş küçük/büyük maden yatakları için farklı ebatlarda sığınma odaları da bulunmaktadır. Bunlar:

- 3,4m 12 Kişi/18 Saat
- 4,5m 14 Kişi/24 Saat
- 6,0m 16 Kişi/24 Saat

Yukarıda da görüldüğü üzere tek tip sığınma odası bulunmadığı, ihtiyaç ve özel isteğe bağlı olarak çeşit ve ebatlarında değişkenlik olduğu görülmektedir. Tehlike anında sığınma odalarına sığınan işçilerin ihtiyaçlarına cevap verebilecek boyutlara sahip sığınma alanları oluşturulmalıdır. Çünkü bu alanlara sığınan işçilerin sayısı odanın kapasitesinden fazla olması durumunda işçilerin birbirlerine zarar verebilecek bir ortamın oluşmasına sebep olabilir. Bu yüzden bir vardiya da

çalışan işçi sayısından daha fazla kapasiteye sahip sığınma odaları bulundurulmalıdır.

4.4. Sığınma Odalarında Bulunması Gereken Malzemeler

Sığınma odalarının bulundurulması tek başına yeterli olmayabilir tehlike anında çalışanların ihtiyaçlara karşılık verebilecek ve içinde sığınma malzemleri bulunacak şekilde dizayn edilmelidir. Başlıca bir sığınma odasında olması gereken ekipmanlar:

Hava rejenerasyon ekipmanı:

- CO_2 emiciler
- Oksijen besleme
- İklimlendirme

Oda ekipmanları:

- Koltuklar
- Aydınlatma/acil durum aydınlatması
- Güç kaynağı (Harici/Bağımsız)
- Gaz detektörü
- Kimyasal tuvalet
- Hava perdesi
- Acil durum malzemeleri: içme suyu, battaniyeler, yiyecek, ilkyardım ekipmanı
- Telefon veya telsiz
- GPS sistemi
- Personel takip sistemi

Kabin sığınma odası destek donanımı:

- O_2 destek sistemi
- CO_2 süpürücü
- Nefes alma sistem desteği

- Klima
- Alarm sistemi
- Yüksek basınç vanaları
- Giriş kapısı
- Gaz sıkıştırma kapıları
- Dış destekli hava besleme
- Dış destekli güç besleme
- Batarya ile güç besleme
- Standart ve acil ışıklandırma
- Kamera sistemi

Bu özellikler sığınma odaları için olmazsa olmaz olarak bilinmektedir.. Ekipmanların düzenli ve aralıklarla kontrol edilip kullanım tarihinin geçip geçmediği ve çalışıp çalışmadığı kontrol edilmelidir. Bunların dışında normal şartlarda maden işletmesinden sağlanan elektirik enerjisinin olağanüstü durumlarda kaynaktan bağımsız şekilde çalışabilmesi için gerekli enerji yedekleme sistemi, uzun süre yetecek şekilde su ve besin kaynakları, çevresel kontrolün sağlanabilmesi için çevre ve oda içerisinde zehirli gaz ve oksijen miktarını gösteren göstergelerin bulundurulması gerekmektedir. Buna ek olarak sığınma odalarının iç tarasımlarının fiziksel koşulları rahatlatıcı ve güven verici bir şekilde tasarlanması çalışanların streslerinin azaltılmasında etken bir faktör olacaktır.

4.5. Sığınma Odalarının Hareket Kabiliyeti

Yeraltı maden ocaklarında kullanılan sığınma odaları sabit ve taşınabilir sığınma odaları olmak üzere iki çeşittir. Sabit ve portatif sığınma odalarının farklı avantajları vardır ve farklı acil durum senaryolarını karşılarlar. Taşınabilir bir sığınma odası, madenin genişlemesine paralel olarak takibi daha kolay olduğundan hızlı genişleyen madenlerde tercih edilir.

Sabit sığınma odaları ise portatif sığınma odasına nispeten daha büyük kapasiteye sahip maden üretim alanların çözümlerinde kullanılabilir daha büyük işçi kapasite taleplerini karşılayabilir ve farklı gerekliliklere uyarlanabilirler. Sığınma odalarının bazı durumlarda taşınması gerekebilir. Bu daha çok madenin özelliği ile ilgilidir. Taşıma işlemlerinin yapıldığı sığınma odalarında kayar veya kızak tipi sistemler mevcut olup tekerlekli yükleyiciler ile taşınabilirler. Üretim alanlarının değişmesi ile ihtiyaca cevap verebilecek hale getirilmesi taşınabilir sığınma odalarını daha avantajlı kılmaktadır. Sığınma odalarının yeraltında belirli boyutların üzerine yerleştirilememesi doğanın bir engeli olarak gösterilebilir. Bu hem sabit hemde taşınabilir sığınma odaları için dezavantaj olarak değerlendirmek mümkündür.

Sığınma odaları taşınma veya hareket edilmesi durumunda montaj ve contaların yuvalarına oturup oturmadığı dikkatli şekilde kontrol edilmelidir. Aksi takdirde iç atmosfer ve dış atmosfer arasındaki basıncın dengelenmesini engelleyecek hava kaçaklarının oluşması odanın temiz havasını etkiyerek risk oluşturabilir ki bu da sığınma alanı içerisindeki işçileriçin tehlike oluşturacaktır. Bu yüzden sığınma odalarının taşınması, bakım veya arızanın yaşanması durumunda bu bilgilerin düzenli olarak kayıt defterlerine işlenerek muhafaza edilmesi sağlanmalıdır. Sığınma odaları taşınma veya hareket edilmeleri halinde gerekli testler yapılarak gözden geçirildikten sonra kullanımı sağlanmalıdır.

4.6. Sığınma Odalarında Havalandırma, Aydınlatma Göstergeleri ve Gerekli Talimatlar

Sığınma odalarında işçiler için gerekli oksijenin tedarik edilebilmesi, çalışma süresi ve kişi kapasitesine bağlı olarak farklı sistemler uygulanabilmektedir. Örneğin solunum havası besleme sistemleri: solunum koruma üniteleri, entegre CO_2 temizleme, CO dönüştürme, oksijen yenilenmesi ve sürekli otomatik pozitif basınç özellikle yedek bir solunum havası besleme sistemidir. Bu

sistemlerin çalışabilmesi için işçilerin kapalı alanlara girdikten sonra temizleme ünitelerini devreye soklamaları gerekmektedir. Bu sayede kapalı alan içinde zehirli gazların birikmesi engellenmiş olur. Bu işlemi gerçekleştiren personelin eğitimli olmaları ve oda içerisinde asılı bulunan talimatlara uygun şekilde gerçekleştirmelidir.

Aydınlatma; çalışanların talimatları, uyarıları ve göstergeleri okuyabilecekleri şekilde olmalıdır. Yeterli aydınlatma çalışanların okuma ve oyun oynamak gibi pisikolojik olarak rahatlaması açısından da önemlidir. Yeterli aydınlatma yaşanan stresin azalmasını sağlayabilir. Ayrıca güven verici, rahatsız etmeyen ve gün ışığına yakın aydınlatmalar tercih edilmelidir. Ekipmanların dizaynı karmaşık yapıda olmamalıdır çünkü tehlikeye maruz kalan işçilerin tehlike anında yaşayacakları şokları üzerlerinden atmaları ve daha bilinçli hareket etmesini sağlayacaktır.

4.7. Yeraltı Sığınma Odaları Hakkında Genel Bilgi

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

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. 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.

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. 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_2) 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.

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 kurtarılana kadar bir sığınma odasında beklemektir.

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 yangınını 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.

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 .

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

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.

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.

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.

4.8. Maden Sığınma Odası Tanımı ve Önemi

Maden sığınma odasının genel olarak tanımını yapmak gerekirse; yeraltı çalışanlarının patlama, göçük ve yangın, doğal afetler vb. herhangi bir kaza olması halinde içeri girebilecekleri ve kendilerini kilitleyerek, güvenli ve emniyetli bir ortamın oluşturularak yeterli seviyede havayla ve güvenlik ekipmanları ile tehlikelerden etkin bir şekilde korunabilecekleri güvenli bölgelerdir.

Diğer bir tanım ile maden sığınma odaları; madenlerde görev yapan tüm çalışanlarımızın kullanabilmesi için temiz hava, yiyecek ve su gibi sığınmasal faaliyetlerini yerine getirebilecek temel ihtiyaçları karşılayabilecek ve acil durumlarda barınak, güvenli bir alan olarak kullanılmaktadır.

Anderson (2014), Sığınma odaları, tahliyenin gerçekleştirilebilir veya güvenli olmadığı acil durumlarda toplanılarak kurtarılmayı beklemek için güvenli ve alternatif bir seçenektir.

Özellikle kömür ve yeraltı metal madenlerinde tercih edilen sığınma odaları 4, 6, 8, 10, 12, 20, 30, 40 veya daha fazla kişiye koruma sağlayabilecek boyutlarda üretilmesi mümkün olan ve 24, 32 ya da 48 saat içerisinde yardım gelinceye kadar sığınmasal faaliyetlerin devam ettirilebileceği güvenli yer olarak da tarif edilebilir.

Şekil 4.1'de taşınabilir (10 kişilik) bir sığınma odasının genel görünümü verilmiştir.

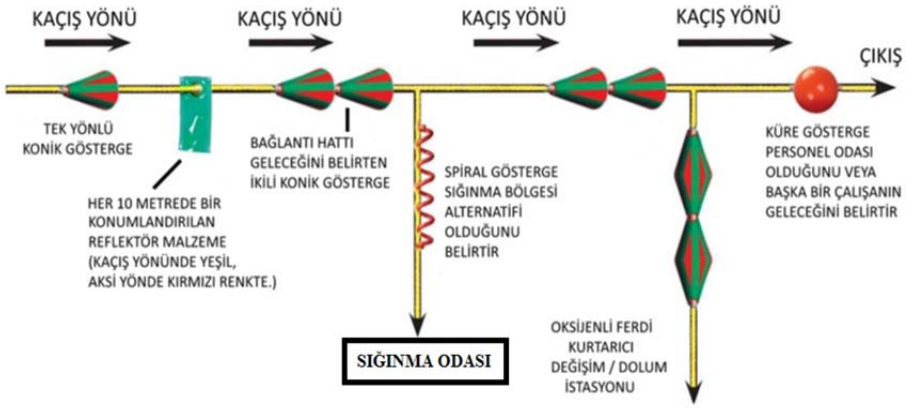


Şekil 4.1. Taşınabilir (10 kişilik) bir sığınma odasının genel görünümü (MineArc).

Maden sığınma odaları; yer altı madenciliğinde kullanılan ve yer altında çalışan madencileri her türlü tehlikelerden korumak için alınan tedbirlerden birisi olmakla beraber, ülkemizde T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı tarafından, sığınma odalarının yer altı madenlerinde hayat hattı ile birlikte kullanılması, çalışanların güvenli bir şekilde dışarıya, yer üstüne çıkarılması 10

Mart 2015 tarihinde zorunlu hale getirilmiştir. Maden sığınma odalarının kurulup kurulmayacağı ve konumlandırılması hakkındaki bilgiler ise 8 Nisan 2017 tarihinde resmî gazetede belirtilerek yürürlüğe girmiştir (Yıldız, 2016).

Hayat hattının sembolik görünümü Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Hayat hattının sembolik görünümü (Konspek Madencilik, 2018).

Hayat hattı yeraltı işletmelerinde üretim alanları veya galerilerin kesiştiği alanlarda bulundurulmalıdır. Ayrıca hayat hattının güzergâhında oksijen depolama alanlarının bulunması son derece önemlidir. (T.C. Resmi Gazete, Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik, Sayı. 29291, Tarih: 10/03/2015).

24.03.2016 tarihli 29663 sayılı yönetmelikte yer alan değişikliğe göre yeraltı işletmelerine yerleştirilmesi planlanan sığınma odaları hayat hattı ve acil durumlar için hazırlanan acil durum planına göre çalışanların en hızlı şekilde yeryüzüne çıkışını sağlayacak şekilde düzenlenmelidir.

Sığınma odaları yeraltı madencilik faaliyeti gösteren işletmelerde tehlike süresi boyunca çalışanların toplu halde hayatta kalmalarını sağlayan bir iş sağlığı ve güvenliği yöntemidir.

4.9. Yeraltı Maden İşyerlerinde Kurulacak Sığınma Odaları Hakkında Tebliğ Edilen Parametreler

Söz konusu bu tebliğe göre işverenin sığınma odası kurma yükümlülükleri madenlerde kurulması gerekli sığınma odasının teknik özellikleri, sığınma odasının kontrol ve bakımı ile çalışanların bilgilendirilmesi ve eğitim hakkındaki parametreler "MADDE 4, MADDE 6, MADDE 7 ve MADDE 8"de şöyle belirlenmiştir:

4.9.1. İşverenin Sığınma Odası Kurma Yükümlülüğü (MADDE 4):

"Sığınma odalarının maden işyerlerinde kurulup kurulmayacağı ile konumlandırılması hususlarında işveren;

a) Sığınma odalarını 5 inci maddenin ikinci fıkrası gereğince gerçekleştirilen muhtemel acil durum senaryosunu göz önünde bulundurmak şartıyla Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinin Ek-3'ünün 14 üncü maddesi gereğince çalışanlarda kişisel solunum koruma cihazları bulundurarak kurar veya inşa eder.

b) Henüz hazırlık aşamasında olan ve üretim aşamasına geçmemiş faaliyet alanları hariç, sığınma odalarını, çalışma alanlarına olan uzaklığı en fazla 700 metre olacak şekilde kurar veya inşa eder.

c) Henüz hazırlık aşamasında olan ve üretim aşamasına geçmemiş faaliyet alanları hariç, sığınma odalarını, çalışma alanlarının temiz hava girişi sağlayan kuyu dibine veya insan naklinin gerçekleştirildiği ana ve bağlantı yolları kullanılarak yeryüzüne olan mesafesinin 700 metreyi aşması durumunda kurar veya inşa eder.

ç) (b) ve (c) bentlerinde belirtilen mesafeleri, gerçekleştirilen muhtemel acil durum senaryosuna göre gerekli görülmesi halinde azaltabilir ve sığınma odalarının sayılarını arttırabilir.

d) (b) ve (c) bentleri gereğince sığınma odalarının kurulma zorunluluğunun bulunmadığı hallerde maden işyerinde gerçekleştirilen muhtemel acil durum

senaryosuna göre söz konusu sığınma odasının kurulup kurulmayacağını kararlaştırır. Sığınma odasının kurulmasına gerek görülmemesi halinde, çalışanların acil durumlarda kişisel solunum koruma cihazı ile tahliye edilebileceği hususunu sağlık ve güvenlik dokümanında belirtir.

4.9.2. Sığınma Odasının Teknik Özellikleri (MADDE 6):

(1) Sığınma odasının teknik özellikleri madenin türü, üretim planı, vardiyadaki çalışan sayısı, acil durum planı ve kaçış yolları dikkate alınarak belirlenir.

(2) Sığınma odası, madenin basınçlı hava hattına bağlanır. Odada basınçlı havayı gerektiğinde kapatmak için kapama vanası bulunur.

(3) Sığınma odalarının kullanılması durumunda içinde bulunan kişilere en az 36 saat yetebilecek solunabilir hava sağlanır. Maden basınçlı havasının kesilmesi durumunda içeride güvenilir oksijen kaynakları bulundurulur. Sığınma odasına oksijen sağlanırken, kişilerin sağlık ve güvenliğini tehdit etmeyecek şekilde karbondioksit ve karbonmonoksitin de seyreltilmesi veya filtrelenmesi sağlanır.

(4) Odalarda; klima, hava temizleme, nem alma, aydınlatma, uyarı ışıkları, haberleşme, gaz izleme sistemleri ve sığınma odasındaki diğer elektrikli ekipmanlar için en az 36 saate kadar yedek enerji kaynağı bulundurulur.

(5) Sığınma odası ve bütün elemanlarının dışarıdan gelebilecek darbelere karşı dayanıklı ve sağlam yapıda olması gerekir. Sığınma odalarının tavan, taban ve yan bölmeleri olmak üzere tüm gövdesi en az 5 psi'lik patlama basıncına dayanıklı olacak şekilde inşa edilir veya kurulur.

(6) Sığınma odası, zehirli veya boğucu gazların içeri girmesini engelleyecek şekilde sızdırmaz yapıda olur.

(7) Sığınma odasında, içinde bulunan kişilerin sağlık ve güvenliğine zarar vermeyecek şekilde termal konfor şartları sağlanır.

(8) Sığınma odası içerisindeki oksijen, karbondioksit ve karbonmonoksit gazları ile sıcaklık içeride bulunan çalışanların sağlığına zarar vermeyecek şekilde olur. Oda içinde olması gereken asgari ve azami gaz değerleri O_2 için en az % 19, CO için en fazla 35 ppm ve CO_2 için en fazla % 0,5 olur. Sığınma odası içerisindeki hissedilen sıcaklığın 35 ^{o}C'yi geçmemesi sağlanır. Bu değerler sabit veya seyyar ölçüm cihazlarıyla sürekli izlenir.

(9) Sığınma odasında maden işyerinde görevli işyeri hekiminin görüşleri doğrultusunda belirlenen ilk yardım çantası bulundurulur.

(10) Sığınma odasını kullanacak kişi sayısı ve sığınma odasının kullanılacağı gün sayısı dikkate alınarak yeterli miktarda son kullanma tarihi geçmemiş içme suyu hazır bulundurulur. İstenildiği takdirde odalarda kuru gıda bulundurulabilir. Bu konuda işyeri hekiminin tavsiyeleri dikkate alınır.

(11) Sığınma odası ve yerüstü arasında görsel ve/veya sesli iletişimin kurulmasına imkân sağlanır.

(12) Sığınma odası, kurulacağı konum itibarıyla sabit sığınma odası, taşınabilir sığınma odası olacak şekilde tasarlanır.

(13) Sığınma odalarında; portatif yapıda kimyasal tuvalet, oturma yerleri, yangın söndürücüler ile mobil sığınma odaları için darbe, patlama ve sıcaklığa karşı dayanıklı uygun gözetleme penceresi bulundurulur.

(14) Sığınma odasının etrafında/yakınında oda kullanımını engelleyebilecek malzeme/makine veya engeller bulundurulmaz.

(15) Taşınabilir sığınma odalarının tasarımı, odaların nakliyesine izin verecek şekilde yapılır.

(16) Dışarıdaki kirli havanın oda atmosferine sızmaması için odalarda pozitif basınç sistemi olur.

(17) Sığınma odasının dışarısında; sesli ve ışıklı uyarılar, sığınma odasının çevresinde reflektör şerit bulundurulur.

(18) Sığınma odalarının kapıları dışarıya doğru açılır ve taşınabilir sığınma odalarında acil durumlarda kullanılmak üzere çıkış kapısından farklı yönde olacak şekilde acil çıkış kapısı bulundurulur.

(19) Sığınma odası ve sığınma odasının bütün elemanları yanmaz malzemeden yapılır.

4.9.3. Sığınma Odasının Kontrol ve Bakımı (MADDE 7):

Sığınma odasının kontrol ve bakım aralıkları, bunları yapacak kişiler ve düzenlenecek belgeler aşağıda belirtilmiştir:

a) Sığınma odasının, kurulumundan sonra veya yeri değiştirildiğinde imalatçı verilerine uygun olarak gerekli kontrolleri yapılır. Sığınma odasının kullanımına dair imalatçı tarafından Türkçe kullanım kılavuzu sağlanır. Odaların; doğru kurulduğunu, 6 ncı maddede belirtilen teknik özelliklere uygun ve güvenli olduğunu gösteren ve kullanım kılavuzuna göre hazırlanan bir kurulum belgesi düzenlenir.

b) Sığınma odasının kontrol ve bakımları kullanım kılavuzunda belirtilen sürelerde yapılır. Bu sürenin 6 aydan fazla olması durumunda ise kontrol ve bakımlar en geç 6 ayda bir gerçekleştirilir. Sığınma odasının güvenli olduğunu gösteren, 6 ncı maddede belirtilen teknik özellikleri de içerecek şekilde hazırlanan bir belge düzenlenir.

c) Sığınma odasının uzun süre kullanılmaması, arızalı olması, kullanılmasını engelleyecek iş kazası yaşanması durumunda odanın kontrolleri yapılır. Bu kontrollerden sonra 6 ncı maddede belirtilen teknik özellikleri de içerecek şekilde, odanın güvenli olduğunu gösteren belge düzenlenir.

ç) Sığınma odasının bakımları kullanım kılavuzunda belirtilen aralıklarla imalatçı tarafından yetkilendirilmiş servislerce veya işveren tarafından görevlendirilmiş, yeterli bilgi ve tecrübeye sahip kişilerce yapılır.

d) Sığınma odasının güvenli olduğunu gösteren kontrol ve bakım sonuçları kayıt altına alınır ve yetkililer istediğinde gösterilmek üzere uygun şekilde saklanır.

4.9.4. Çalışanların Bilgilendirilmesi ve Eğitimi (MADDE 8)

(1) İşveren, sığınma odalarının konumu ve kullanımına ilişkin olarak tüm çalışanları bilgilendirir.

(2) İşveren, asgari olarak sığınma odasının kullanım koşulları ve sığınma odasında acil durumlarda yapılması gerekenleri içeren yazılı bir talimatı uygun ve görülebilecek yerlere asar. Bu talimat, imalatçı tarafından sunulan sığınma odasına ilişkin kullanım kılavuzu dikkate alınarak hazırlanır. Talimatlar, sığınma odasının içinde bulundurulur.

(3) Sığınma odasına ilişkin bilgilendirme ve yazılı talimatların, basit ve kolay anlaşılır bir şekilde olması sağlanır.

(4) Acil durum tatbikatlarına sığınma odalarının kullanımı dâhil edilir.

(5) Sığınma odasının kontrol ve bakımında görevli çalışanlara, her vardiyada en az bir kişi olacak şekilde işverence eğitim sağlanır. Söz konusu eğitimlerin birincisi sığınma odalarının kurulumu sırasında üretici ya da kurulumu yapan firma tarafından, diğer eğitimler ise 6 ayda bir işverence belirlenen yetkili kişiler tarafından verilir (Yeraltı Maden İşyerlerinde Kurulacak Sığınma Odaları Tebliği, Resmi Gazete, 2017).”

4.9.5. Sığınma Odası Çeşitleri ve Kullanım Alanları

Sığınma odası sistemleri madenin cinsine, işletmenin maddi – manevi o anki durumuna vb. durumlara göre çeşitli şekillerde ve özelliklerde üretimi yapılacak şekilde dizayn edilebilir. Örneğin; kömür madenleri için kullanılması gereken sığınma odası ile yeraltı metal madenlerinde kullanılması gereken sığınma odası arasında parametreler değişkenlik gösterebilir.

Farklı modelleri olan sığınma odalarının tercih edilmesinde cevherin ve maden ocağının yapısı, faaliyet planlaması uygun zemin ve uygun alan yaratılması gibi faktörler ilk başta dikkat edilmesi gerekli ibarelerdir. Kullanım alanlarına göre toplamda 3 çeşit sığınma odası mevcuttur:

1. Sabit sığınma odası
2. Taşınabilir sığınma odası
3. Kurtarma kapsülü

4.9.5.1. Sabit Sığınma Odası

Meng ve arkadaşları (2011), 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.

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 veya basınçlı 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 basınçlı hava borusu hattına bağlanarak bu sondaj deliği yardımı ile dışarıdan temiz hava temin eder. Ayrıca sabit 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 (Meng ve arkadaşları, 2011).

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 malzemeden olmalıdır.

Ülkemizde sabit sığınma odası örneği, Kastamonu ilinin Küre ilçesinde faaliyet gösteren Eti Bakır A.Ş.'ye ait Küre İşletmesi'nde kullanılmaktadır.

4.9.5.2. Taşınabilir Sığınma Odası

Meng ve arkadaşları (2011), 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 sığınma 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.

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.

Mitchell (2008), 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.

Mitchell 2008, 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.

4.9.5.3. Kurtarma Kapsülü

Meng ve arkadaşları (2011), 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 yaralılar için ambulans görevi de görebilmektedir.

5. MATERYAL VE METOD

5.1. Materyal

Yapılan bu çalışmada, madencilik alanında önemli bir yere sahip olan sığınma odalarının iş sağlığı ve güvenliği açısından öneminin araştırılması yapılmış olunup, 1/10 ölçekli prototip modelleme tasarımı, üretimi ve montajlama süreçlerine ilişkin veriler yer almaktadır.

Prototip modelleme yapılırken uluslararası çalışmalar yapan Minearc ve Drager gibi firmaların üretmiş olduğu çeşitli yapılardaki sığınma odası sistemi tasarımlarından esinlenilmiştir.

İşletmelerde, sığınma odalarının bulundurulması tek başına yeterli olmayabilir. Tehlike anında çalışanların ihtiyaçlarına karşılık verebilecek ve içinde sığınma malzemeleri bulunacak şekilde dizayn edilmelidirler.

5.1.1. Çalışma Alanı

Prototip modelleme işleminin tasarım, üretim, montaj ve yapılan test çalışmaları Çukurova Üniversitesi içerisinde bulunan Teknoloji Geliştirme Bölgesi Yönetim ve Kuluçka Merkezi bünyesinde faaliyet gösteren Makoto Mühendislik Danışmanlık İthalat İhracat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'ne ait olan kuluçka merkezinde yürütülmüştür.

Bu kuluçka merkezinde, tez kapsamında çalışılan sığınma odası sistemini prototipe dönüştürürken ihtiyaç duyduğumuz ve en önemli üretim cihazımız olan 3D yazıcı ekipmanlar yer almaktadır.

5.1.2. Modellemede Kullanılan Tasarım Programı ve Üretim Cihazı

Modelleme işlemi başlangıcında, Catia V5 Tasarım Programı kullanılarak 3 boyutlu görsel şeklinde çizimi yapılan sığınma odasına ait parçalar dizayn edilmiştir.

Tasarım aşamasında sığınma odasına ait olan tüm detaylar adım adım ilerlemeler kaydedilerek devam ettirilmektedir. Her bir ürün tasarımı, ölçeklendirmeler ile bir önceki çalışmaya eklenecek şekilde çizilerek program sayesinde bir önceki model üzerine eklemelerek yapılarak ilerletilmektedir.

Prototip modelleme yapılırken uluslararası çalışmalar yapan Minearc ve Drager gibi firmaların üretmiş olduğu çeşitli yapılardaki sığınma odası sistemi tasarımlarından esinlenilmiştir.

Üretim sürecinde kullanılmakta olan 3D yazıcılar, teknolojinin gelişmesiyle birlikte hayatımıza giren ve hemen hemen her sektörde kendine yer edinen, fikrimizi ürüne dönüştürme noktasında somut bir veri elde etmemizi sağlayan yardımcı ekipmanlardır.

3D yazıcılar, sağlık sektöründe yapay organ üretimi, endüstriyel alanda bir ev inşaasında, araç içi deshboard, vites kutusu vb. alanlarda farklı özellikleri barındıran ve ana üretim materyalleri değişkenlik gösteren 3D yazıcılar şeklinde günümüzde aktif bir rol alarak kullanılmaktadır ve her geçen günle birlikte yeni özellikleri de barındırmaya devam ederek hayatımızda önemli bir konuma sahip olmaktadır.

3D Biyo yazıcılar tarafından üretilen yapay organın üretimi Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1. 3D Biyo yazıcı tarafından yapay organ üretimi (Urtekin, 2016).

Gelişen teknoloji ile birlikte 3D yazıcılar kullanılarak üretim yapılmak istenen alanlar her geçen gün daha da geliştirilmektedir. Bu alanlar içerisine Şekil 5.2'de de görüldüğü üzere endüstriyel boyutlarda 3D yazıcılar kullanılarak similasyonda üretimi yapılan ev yapma teknolojileri görülmektedir.



Şekil 5.2. 3D yazıcı ile ev yapma teknolojisi (Özdemir, 2019).

Tez çalışması kapsamında prototip üretiminde, ana malzemesi, plastik formda bulunan ve filament diye isimlendirilen materyal ile üretilmesi planlanan 3D yazıcılar kullanılmaktadır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. 3D yazıcı materyali (Filament).

Prototip modellemede kullanılan 3D yazıcılar Şekil 5.4'de verilmiştir.



Şekil 5.4. Makoto bünyesinde yer alan ve üretimde kullanılan 3D yazıcılar.

5.2. Metod

3D yazıcılar kullanılarak somut bir şekilde ürüne dönüştürülmek istenilen bir prototip modeli belirli aşamalardan geçirilerek ürüne dönüştürülmektedir.

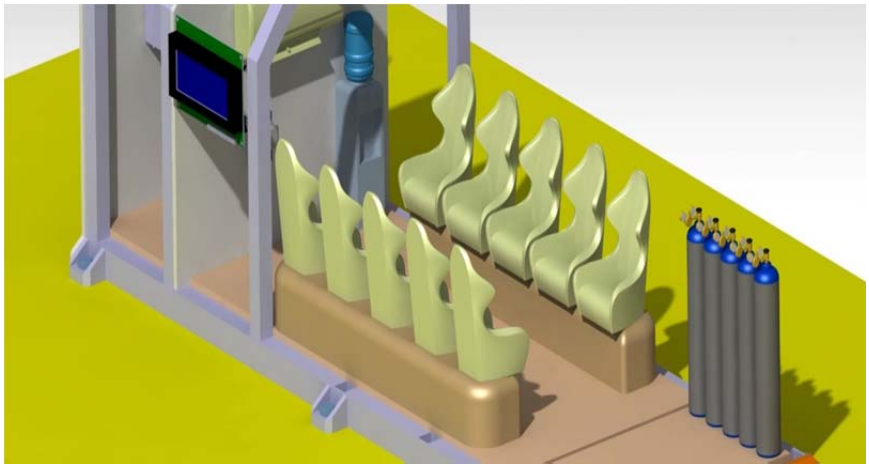
Çalışma kapsamında yürütülen modelleme işlemi için öncelikle materyal kısmında bahsedildiği gibi Catia V5 Tasarım Programı kullanılmak suretiyle sığınma odası ana karkas şase bağlantı profillerinin çizimi gerçekleştirilmiştir.

Daha sonra şase profilleri üzerine ayrı parçalar şeklinde tasarlanan diğer sığınma odası ekipmanları basamak basamak yerleştirilerek ilerleme kaydedilmektedir.Tasarım programı sayesinde uygun olmayan noktalara anında müdahale edilip hata oranı sıfıra indirgenmektedir.

Tasarım sürecinde yapılan ölçeklendirmeler kesinlik ifade etmemektedir. Çünkü sığınma odası sistemleri madenlere özel olarak da dizayn edilebilmektedir.

Tez kapsamında modellemek istenilen sığınma odası sistemi, 10 kişilik taşınabilir bir sığınma odası sistemi olarak dizayn edilmektedir.

Catia V5 tasarım programı kullanılarak çizimi yapılan sığınma odasına ait koltukların şase sistemi üzerine yerleştirilme işlemi yapılmaktadır (Şekil 5.5).

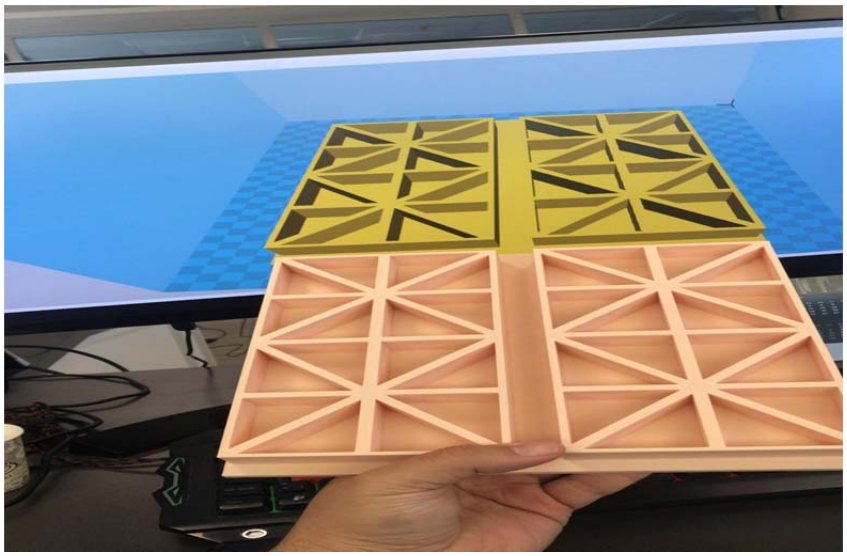


Şekil 5.5. Taşınabilir 10 kişilik sığınma odası sisteminin Catia V5 Tasarım Programı ile tasarlanması ve şase sistemine yerleştirilmesi.

3D yazıcılarda üretilmek için tasarlanan modeller dizayn programı içerisinde tasarım işlemi sonlandırıldıktan sonra, Cura Dilimleme Yazılımı olarak isimlendirilen bir 3D yazıcı baskı alanı belirleme programı olarak da adlandırabileceğimiz bir program içerisine yerleştirilme işlemine tabi tutulmaktadır. Bunun nedeni ise yazıcıların belirli boyutlarda gerçekleştirebileceği baskı alanı içerisine hangi parçanın uygun bir şekilde yerleştirilebildiğini görmek ve en uygun üretim baskı alanını belirleyebilmektir.

Cura Dilimleme Yazılımı programı Türkçe arayüz kullanımına sahip bir programdır. Bu program ile 3D yazıcı için gerekli olan sd hafıza kartı içerisine üretilmesi için planlanan baskı parçasının yedeklenmesi işlemini yapmaktadır. Sd hafıza kartı içerisinde oluşturulan baskı kodu sayesinde 3D yazıcılardan sorunsuz bir şekilde üretim sağlanabilmektedir.

Catia V5 tasarım programında çizimi yapılan sığınma odası zemin örneğinin, Cura Dilimleme Yazılım programında baskı alanına yerleştirilmesi ve baskı alanının uygunluğunun belirlenmesi Şekil 5.6'da görülmektedir.



Şekil 5.6. Cura Dilimleme Yazılımı'na uygun parça yerleştirilmesi ve 3D yazıcı ile üretiminin gerçekleştirilmesi.

Yapılan modeli parçalara ayırarak montaj için daha uygun hale getirebilmek ve parçaları sıkı geçme olacak şekilde birleştirebilmek adına prototipin tek parça şeklinde üretiminden kaçınılmıştır. Diğer parçaların üretimi de tasarımdaki yerleştirme biçimine ve uygunluğuna göre sırasıyla baskı işlemine alınmıştır.

3D yazıcılar tarafından üretilen parçaların hassasiyet, dayanım, ve belirli özelliklerdeki alkol vb. madde içeren materyallerile birlikte teste tabi tutulduğunda oluşabilecek deformasyon yüzdelerine göre parça doluluk oranları belirlenebilmektedir.

Kullanılan üretim metodu sayesinde sığınma odası sisteminde farklı ağırlıklar içeren parçaların üretim süreçleri de gözlemlenmiştir. Örnek vermek gerekir ise %20 malzeme dolgunluğu içeren bir parça üretmek istersek baskı süremiz ortalama 140 gr filament gerektiren bir ürün için 4-5 saatlik bir süreçte tamamlanabilmektedir. Fakat aynı gramajda malzeme gerektiren bir ürün ise, %100 dolgun malzeme kullanımı ile üretim sürecini yaklaşık 4 katı kadar ek süre ile tamamlayabilmektedir. Bu üretim süreçlerinin önemi hem maliyeti doğrudan etkilemekte hem de tezin belirli bir zaman dilimi içerisinde tamamlanabilmesi için oldukça önem teşkil etmektedir.

Model oluşturulup Cura Dilimleme Yazılımı programına yerleştirme işlemleri yapıldıktan sonra, parçaların en son görsel üç boyutlu şekilleri tekrar gözden geçirilerek ve en minimal hata oranı bile indirgenmeye çalışılarak üretim aşaması devam ettirilmeye özen gösterilmektedir.

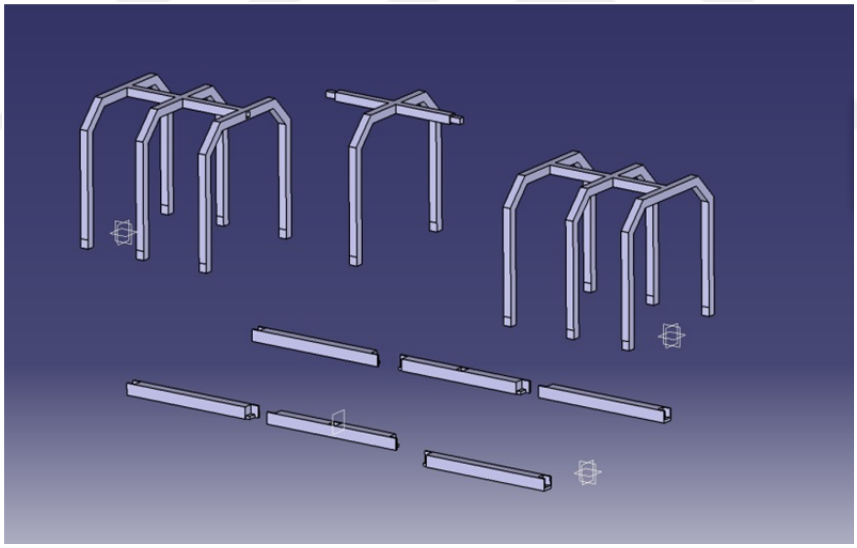
Bir taraftan mekanik işlemler yürütülürken sığınma odası sisteminin asıl önemli konularından biri olan elektrik – elektronik aksamları içeren ve güven duygusunu, sığınmasal fonksiyonları devam ettirebilmek adına sistemin tüm elektriksel parametreleri için Ardunio yazılım programı kullanılarak alıcı ve verici kodlar oluşturulmaktadır. Alıcı ve verici kodlar tezde ek olarak paylaşılmaktadır.

Bu yazılım metodu ile sığınma odası sistemine ait gerekli ışıklandırmalar, uyarı levhaları ve sesli uyarı sistemleri, kullanılması mecbur kalındığında yeryüzü ile sağlıklı iletişim kurulabilmesi, acil durumlarda bulunduğu madene göre en sağlıklı ve doğru şekilde ölçüm yapılabilecek sensörler ve dedektörler vb. çeşitli ölçüm değerlerinin alınabilmesi amaçlanmaktadır. Similasyonda yapılan ölçüm testleri sayesinde bahsetmiş olduğumuz tüm parametreleri yerine getirebilen ve uygun doğrulukta çalışan bir yazılım elde edilmiştir. Yapılan ölçümler sadece sensörden veri alımı içerisinde değerlendirilmiştir. Çünkü gerçek bir maden uygulama alanında henüz uygunluk ve doğruluk testleri gerçekleştirilememiştir. Labaratuar ortamında hassasiyet ve sensörlerden uyarı ve veri ölçümü alınmaya çalışılmıştır.

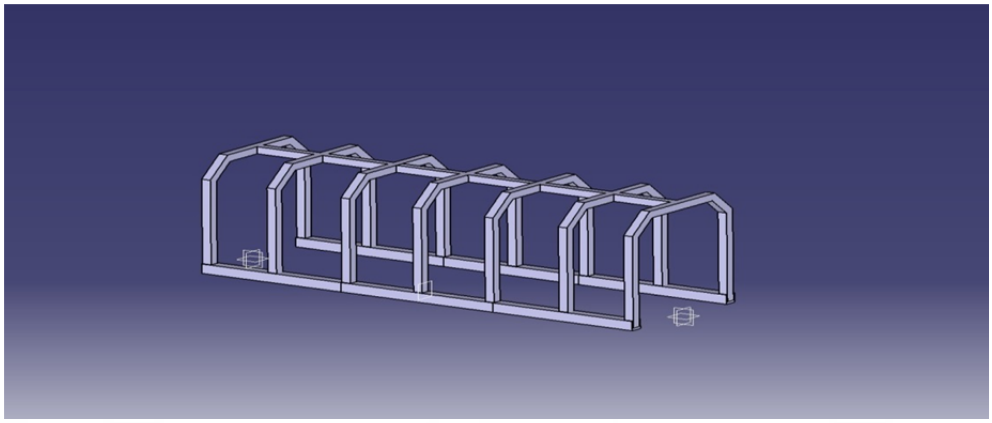
6. ARAŞTIRMA BULGULARI

Gelişmiş ülkelerde madencilik sektörü en önemli sektörlerin başında gelmektedir. Çünkü bir ülkenin refahı, gelişmişlik düzeyi, sanayisi gibi alanların her birinde madenciliğe ait bulgulara rastlanılmaktadır. Bu nedenle madencilik alanında daha çok gelişebilmemiz ve başta işverenler olmak üzere iş sağlığı ve güvenliği alanında gerekli tüm tedbirleri alıp olası bir kaza veya tehlike anında bu işi en az kayıpla sonlandırabilmemiz için tehlikeli ve çok tehlikeli sınıflarda yer alan madencilik alanlarında sığınma odaları birinci tercih konumunda olmalıdır.

Sığınma odası tasarlanırken parçalar ayrı ayrı çizilmiş ve program üzerinde birleştirme işlemi yapılmaktadır. Şekil 6.1'de görüldüğü üzere sığınma odası ana şase profillerinin çizilmiş hali verilmiştir.



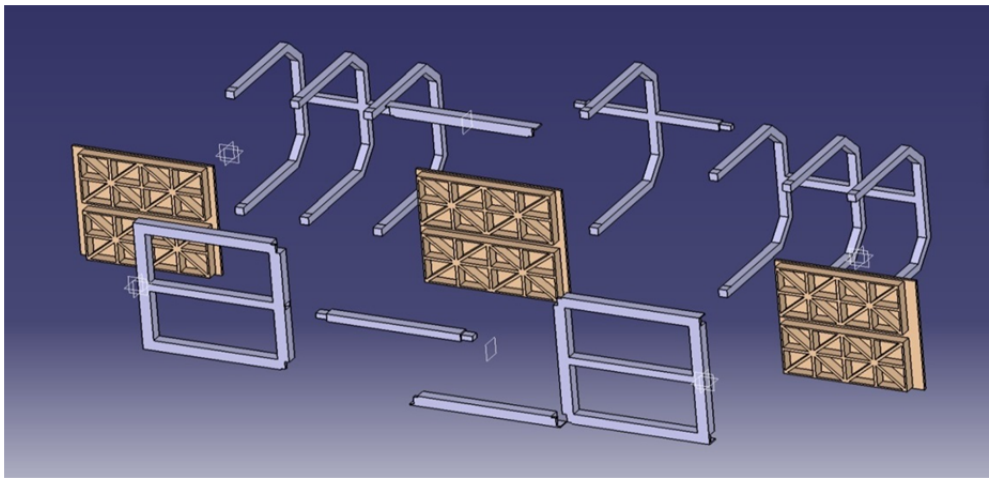
Şekil 6.1. Sığınma odası ana bağlantı şase tasarımı.



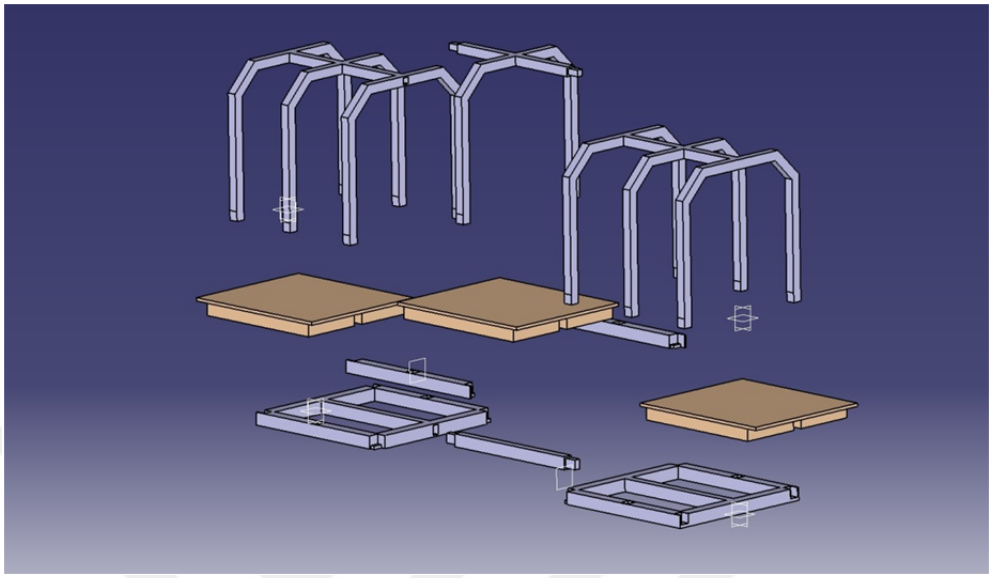
Şekil 6.2. Şase bağlantı noktalarının birleştirilmesi.

Şekil 6.2. ‘de de görüldüğü üzere şase sistemi parça parça çizilmiş olup belirlenen bağlantı noktaları sıkı geçme ile birleştirilmektedir.

Tasarım programında her parça için ayrı bir data verisi yer almaktadır. Program üzerinde hassas ölçeklendirmeler yapılarak parçaların uygunluğu ortaya çıkarılmaktadır. Sığınma odası sisteminin zemini için çizilen parçaların şase ile uygunluğunun oluşturulması Şekil 6.3’de verilmiştir.

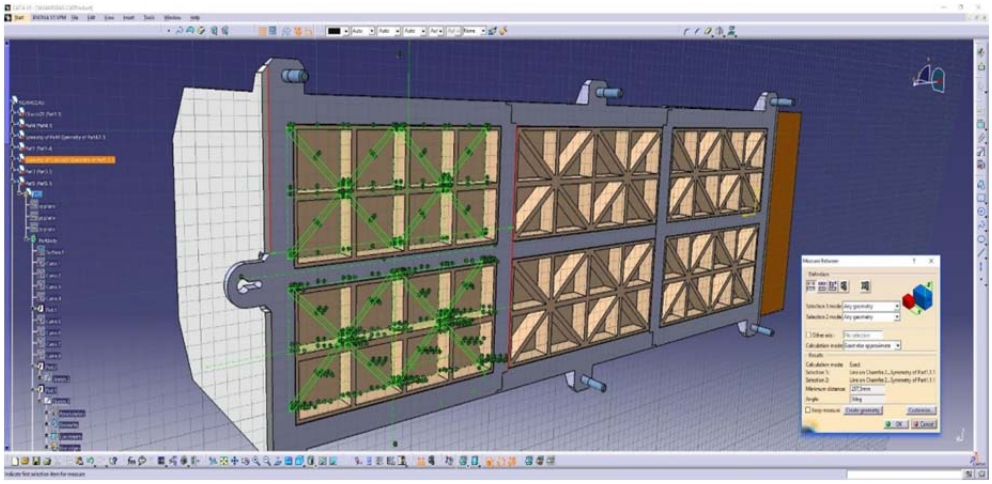


Şekil 6.3. Şase sistemindeki zemini oluşturma.

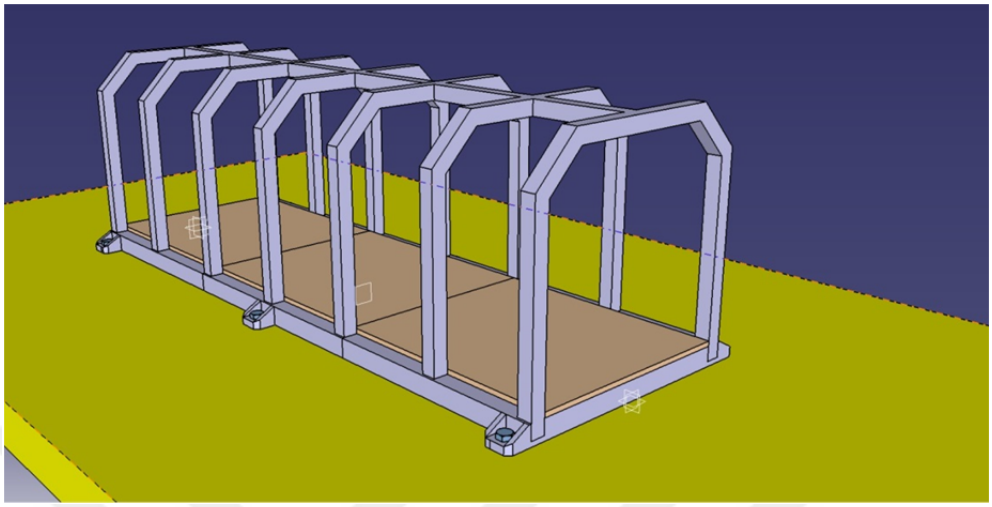


Şekil 6.4. Şase sistemindeki zemin yerleştirme işleminin üstten görünüşü.

Zemin yerleştirme işleminin üstten görünüşü Şekil 6.4'de ki gibidir. Daha sonrasında ise zemin konstrüksiyonunun şase üzerinde sıkı geçme olacak şekilde ölçeklendirilmesi yer almaktadır (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Zemin konstrüksiyonunun ölçülendirilmesi.

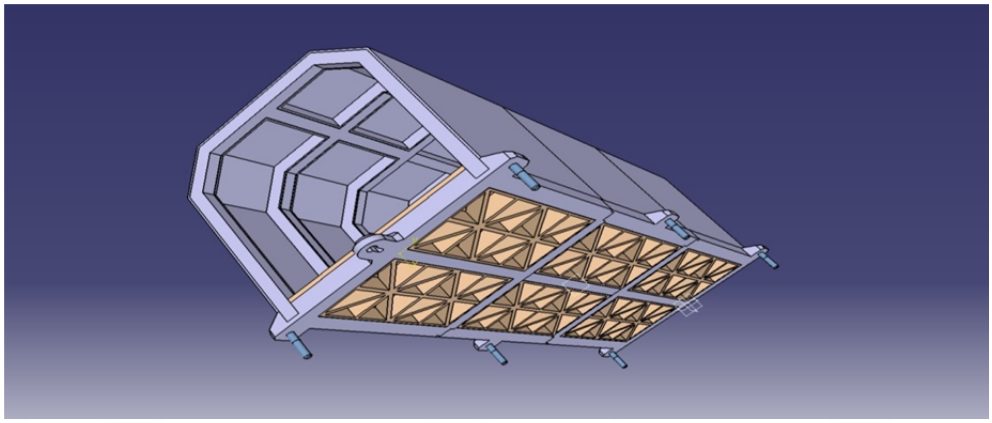


Şekil 6.6. Şase sistemindeki zemin yerleştirme işleminin sıkı geçme ile yerleştirilmesi.

Şekil 6.6'da ise şase parçaları ve zemin parçalarının birleştirilmesi işlemi görülmektedir.

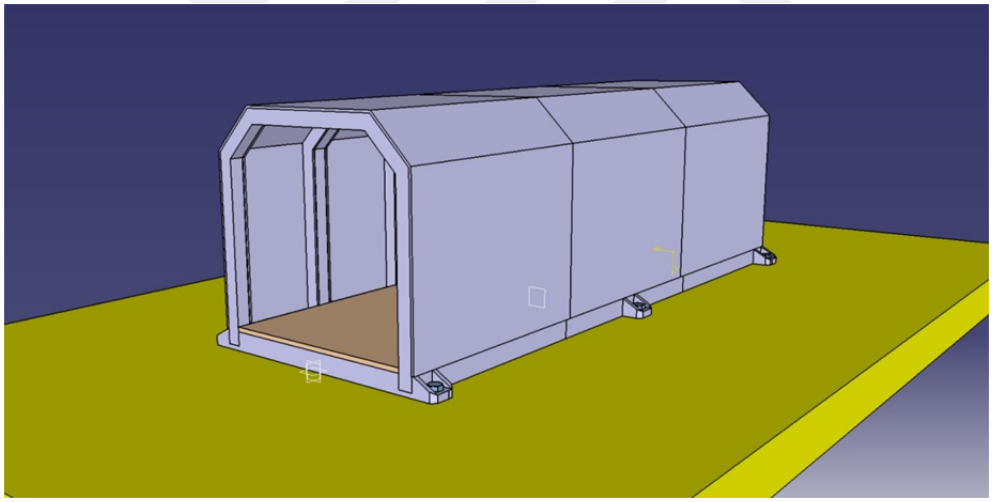
Şase ve zeminin birleştirilmesinin ardından sığınma odasının dış koruyucu kaplaması çizilmiş ve bu gövde üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 6.7). Sığınma odalarının dış katmanı dediğimiz kabuk görevini üstlenen kısmı yanmaz, paslanmaz, herhangi bir acil durumda gelebilecek şiddetteki güçlerin karşısında eğilmez, kırılmaz ve de su baskını gibi durumlarda sızdırmazlık özelliği en üst seviyelerde olmak zorundadır. Çünkü sığınma odaları bu gibi durumlarda çalışan kişileri sağlıklı ve güvenli bir şekilde kurtarmayı amaçlamaktadır.

Sığınma odasının dış kabuğunda çelik kontrüksiyon içeren özel malzemeler tercihen kullanılmaktadır. Sığınma odalarının güvenilir ve uzun süreli kullanımı için, tahkimat yöntemi veya püskürtme beton kaplama yöntemi kullanılarak sığınma odasını içerisine alan bölge güçlendirilebilir, sığınma odasının üzerine gelecek yük miktarı azaltılarak ve daha güvenli bir bölge oluşturulabilmektedir. Maden şartlarında sığınma odalarının yapısal bütünlüğü bozulmamalıdır.

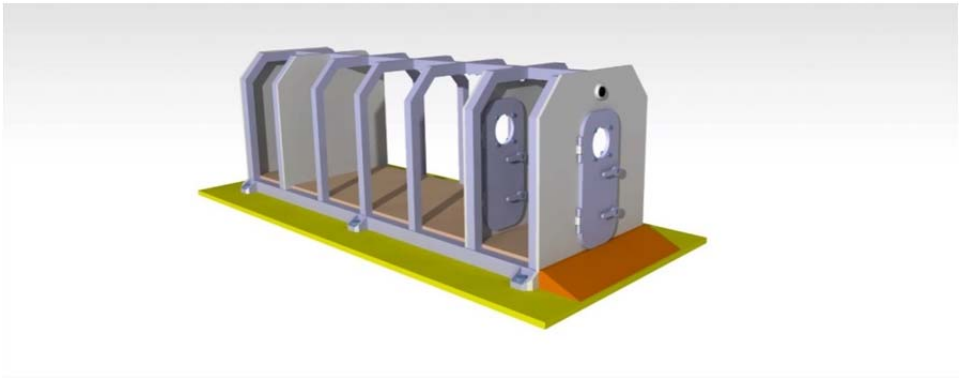


Şekil 6.7. Şase sistemi üzerine dış kaplama işleminin yapılması.

Şekil 6.8'de şase sistemi ile birleştirilen dış kabuğun yandan görünüşü verilmektedir.



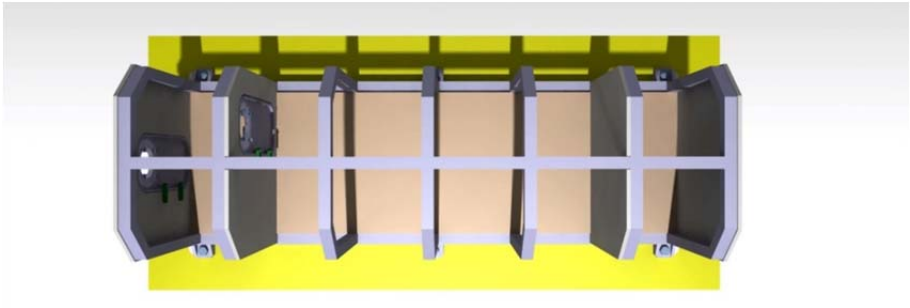
Şekil 6.8. Şase sistemi üzerine dış kaplama işleminin yapılması (Yandan görünüş).



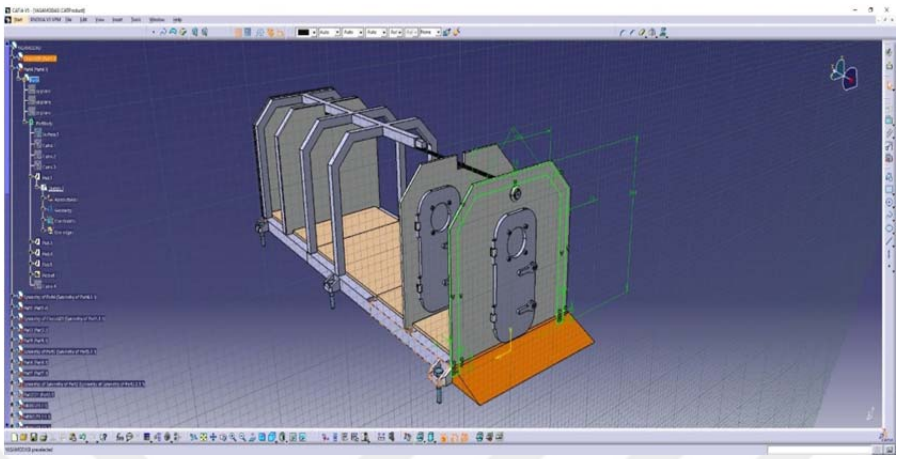
Şekil 6.9. Sığınma odası sisteminde kullanılan kapı kilit sistemi.

Sığınma odası sistemlerinde kullanılan kapı kilit sistemleri üst düzey güvenlik önlemi sağlamak zorundadır (Şekil 6.9). Çünkü acil durumlarda meydana gelebilecek tehlikeler sonucunda ortaya çıkan sel, patlama, yangın vb. durumlarda su ve zehirli gazlar gibi hiçbir maddenin güvenli alana sızmaması gerekmektedir. Çalışanlarımızın güvenliği ve her birinin sağ salim kurtarılabilmesi için bu sızdırmazlık sistemi büyük önem teşkil etmektedir.

Sığınma odasında kullanılan kapı sistemlerinin üstten görünüşü Şekil 6.10'da verilmiştir.

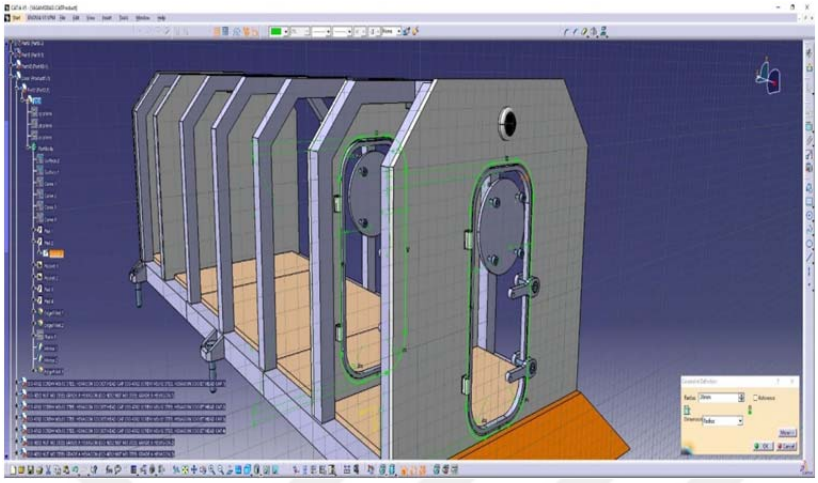


Şekil 6.10. Sığınma odası sisteminde kullanılan kapı kilit sistemi (Üstten görünüş).



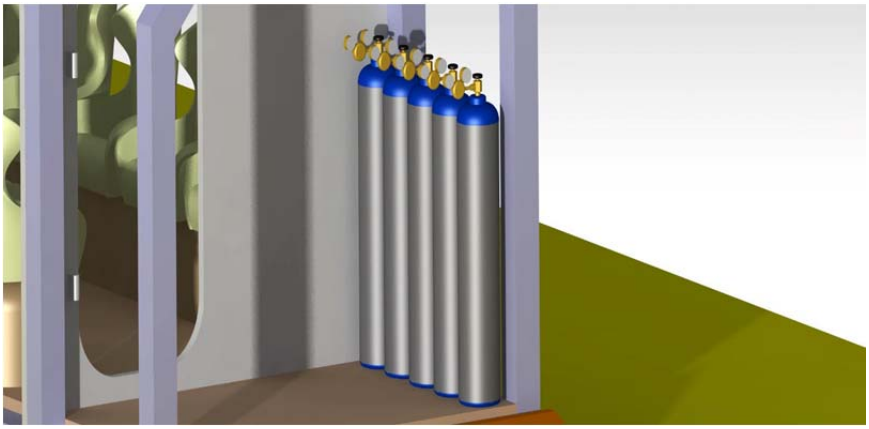
Şekil 6.11. Sığınma odası sisteminde kullanılan kapı kilit sistemi ölçü verileri belirleme.

Sığınma odalarında, 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. Bu nedenledir ki kapı sistemi, dış kaplama bölümlerinde hata oranı sıfır olmalıdır. Yapılacak her hata can kaybının yaşanmasına sebebiyet verebilecek ortamlar doğurmaktadır. Sığınma odası kapı sistemi şase üzerine yerleştirilirken hassasiyet oranı yüksek cihazlar ile ölçümler yapılmalıdır (Şekil 6.11).



Şekil 6.12. Sığınma odası sisteminde kullanılan kapı kilit sisteminde yer alan görüş penceresi.

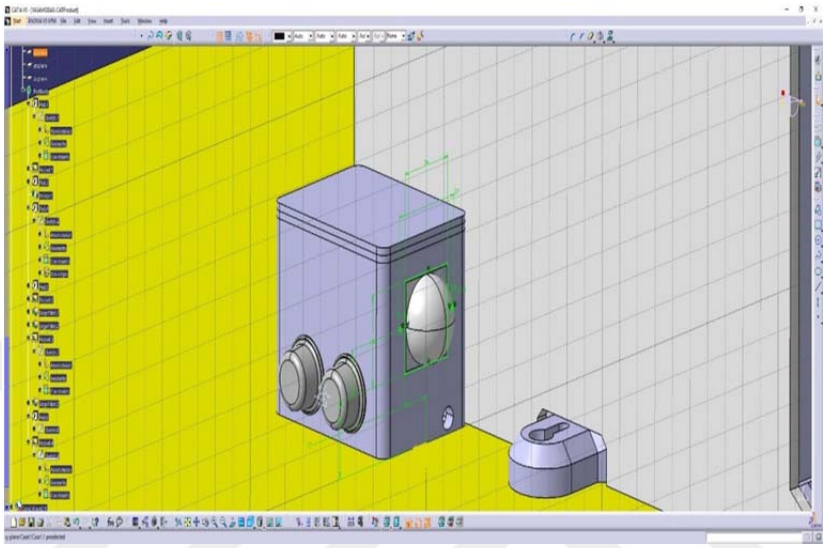
Sığınma odalarında kullanılan kapılar üzerinde bir de yer alması gereken görüş penceresi dediğimiz küçük bölmeler yer almaktadır (Şekil 6.12). Bu görüş pencerelerinin de ölçeklendirmesi hassasiyeti yüksek ekipmanlar ile yapılarak çizime eklenmelidir.



Şekil 6.13. Sığınma odası sisteminde kullanılan oksijen tüpleri ve oda içerisine yerleştirilmesi.

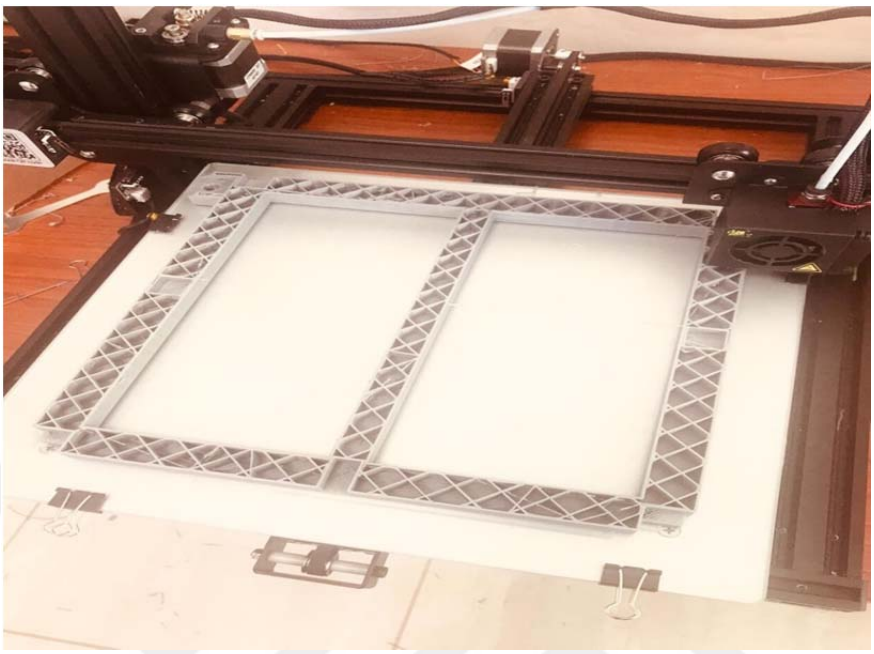
Sığınma odası içerisinde yeterli miktarda oksijen bulundurulması zorunludur. Oksijen miktarı sığınma odası içerisine yerleştirilen O_2 tüpleri ile

sağlanmaktadır (Şekil 6.13). Ortamın oksijen oranı en az %19 olmalıdır ve bu oran sabit veya seyyar ölçüm cihazlarıyla sürekli olarak takip edilmelidir.



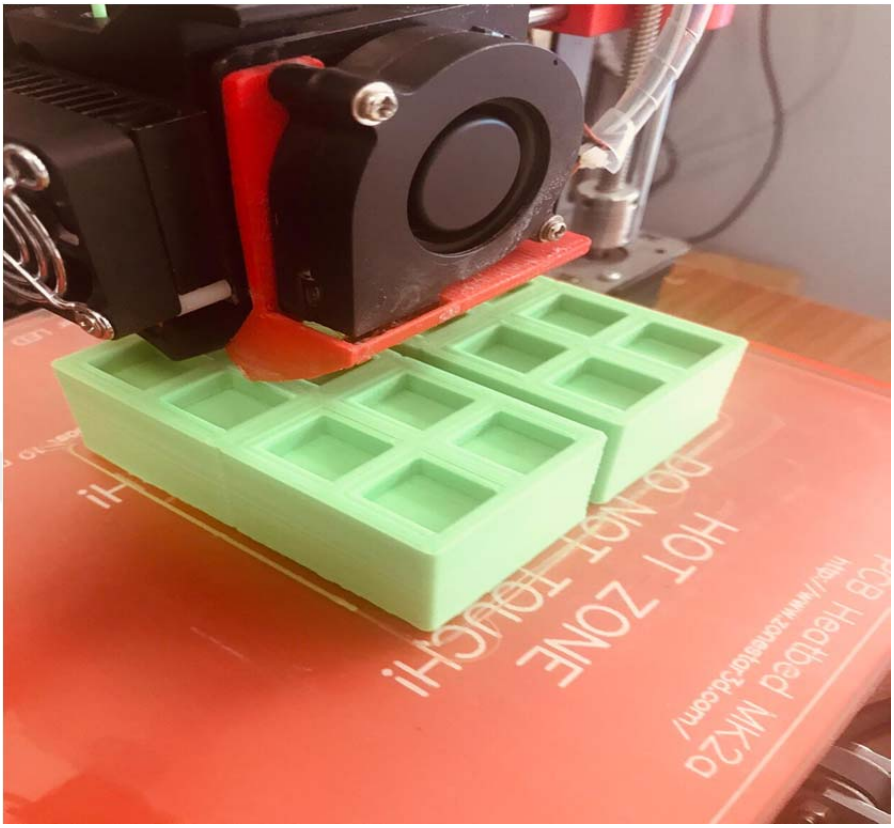
Şekil 6.14. Dış sensör sistemi kutu tasarımı.

Sığınma odası içerisinde ki gaz, sıcaklık, nem, yüzdelik hava oranları gibi değerlerin ölçülmesi ve yeryüzüyle aradaki iletişimi gerçekleştirmeye yarayan elektronik sensörler ve iletişim ağını dış etmenlerden koruması planlanan sensör kutu tasarımı da sisteme yerleştirilmiştir (Şekil 6.14).



Şekil 6.15. Sığınma odası şase bağlantı parçasının 3D yazıcı ile üretilmesi.

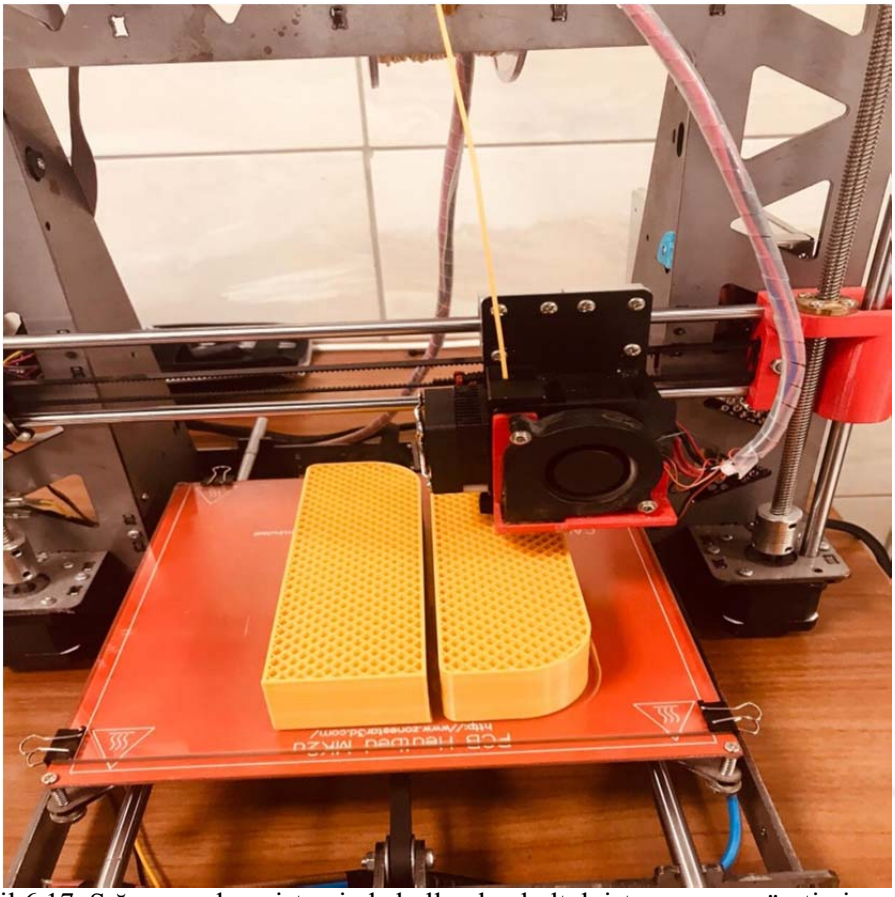
Şekil 6.15'de de görüldüğü üzere Catia V5 programı ile tasarımı yapılan şase ve şaseye ait bir parçanın 3D yazıcı tarafından üretimi yer almaktadır.



Şekil 6.16. Sığınma odası sisteminde kullanılan dolapların üretimi.

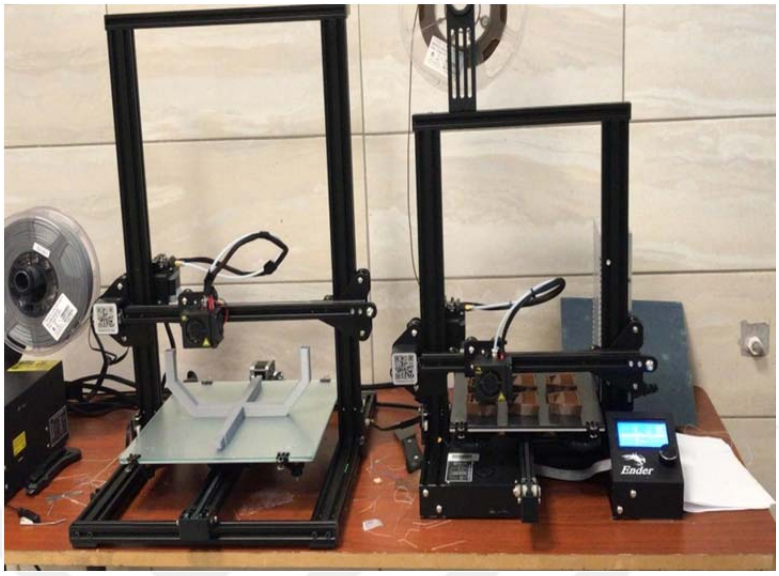
Sığınma odası prototipinde kullanılmak üzere 3D yazıcı ile üretilen dolap örneği Şekil 6.16'da verilmiştir.

Sığınma odası içerisinde koltukların stabil ve sabit olarak konumlandırılabilmesi için bir koltuk istasyonu üzerine yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu koltuk istasyonu; dolap gibi de kullanılabilmektedir. Sığınma odalarında bulundurulması gereken gaz maskeleri ve ilkyardım kitleri gibi önem arz eden nesneler bu istasyonlara yerleştirilerek, sığınma odası içerisindeki kişilerin can güvenliklerini tehlikeye atmadan ve ayağa kalkmadan ulaşabilecekleri şekilde konumlandırılabilmektedir. Şekil 6.17 'de koltuk istasyonunun prototip için 3D yazıcı tarafından üretimi görülmektedir.



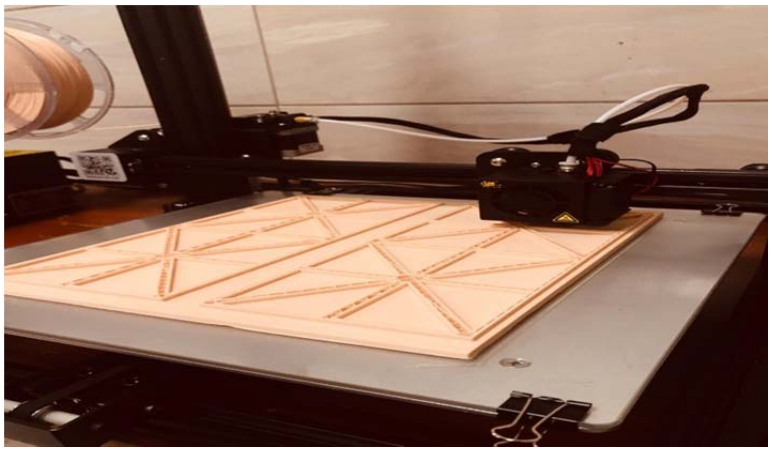
Şekil 6.17. Sığınma odası sisteminde kullanılan koltuk istasyonunun üretimi.

Koltuk istasyonu üzerinde yer alacak koltukların tekli şekilde üretilmesi gerekmektedir (Şekil 6.18). Kişileri daha da güvenli halde tutabilmek için koltuklara emniyet kemeri uygulaması da yapılabilir. Hem savrulmaları engellemek hem de acil durumlarda sığınma odasının içerisinde düşüp kendilerini zarar verecek pozisyonlardan korumak için emniyet kemeri uygulaması da ilerleyen zamanlarda prototip üzerinde test edilebilir.

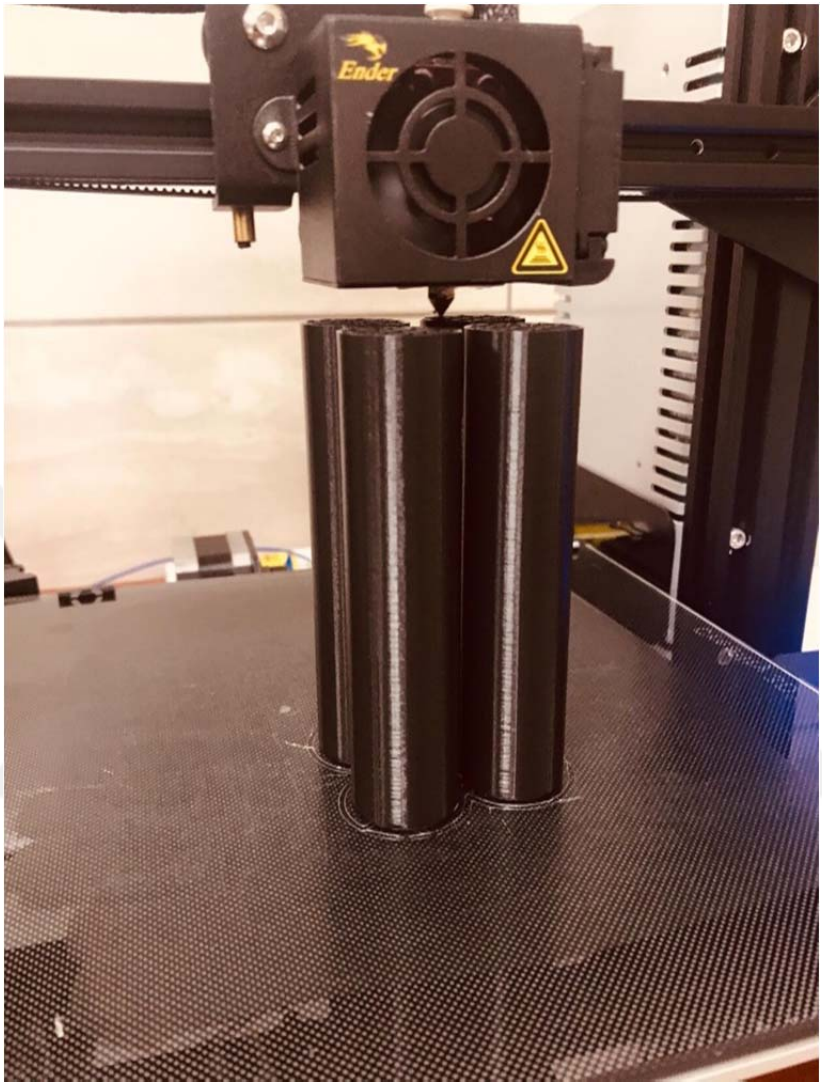


Şekil 6.18. Sığınma odası sisteminde kullanılan koltukların ve şase profilinin üretimi.

Zemin konstrüksiyonda kullanılacak olan parçanın 3D baskı alanında yerleştirilmiş şekliyle üretiminin gerçekleştirilmesi Şekil 6.19'da verilmiştir.



Şekil 6.19. Sığınma odası sisteminde kullanılan zemin konstrüksiyonunun üretimi.



Şekil 6.20. Sığınma odası sisteminde kullanılan hidrojen-oksijen tüplerinin üretimi.

Sığınma odalarında daha öncede söylediğimiz gibi oksijen miktarı en az %19 olmak zorundadır. Sığınma odalarında bu hava konstrasyonunu sağlayan oksijen tüpleri de prototip için 3D yazıcılar tarafından üretilmiştir (Şekil 6.20).



Şekil 6.21. Sığınma odası sistemi için üretilen dolaplar.

Prototipte kullanılmak üzere baskıdan alınan dolaplar Şekil 6.21'de verilmiştir.

Şekil 6.20 ve Şekil 6.21'de de görüldüğü gibi tasarlanan her parça 3D yazıcılar tarafından üretilerek elde edilmiştir. Şekil 6.22'de ise montaj işlemi için üretilen parçaların artık sırasıyla birleştirilmesine başlanması yer almaktadır.



Şekil 6.22. Üretilen parçaların montajlanma işlemi.

Prototipte yerleştirme işlemi yapılırken ilk önce tahmini konumlandırmalara yer verilmiştir (Şekil 6.23). Eğer kullanıma uygun olmayan bir yer olduğu düşünülürse parçaların yerini değiştirebilmek gerekebilir. Bu nedenle modeli sabitlemeden yerleştirip herşey tamam dendikten sonra parça sabitleme yapılmıştır.



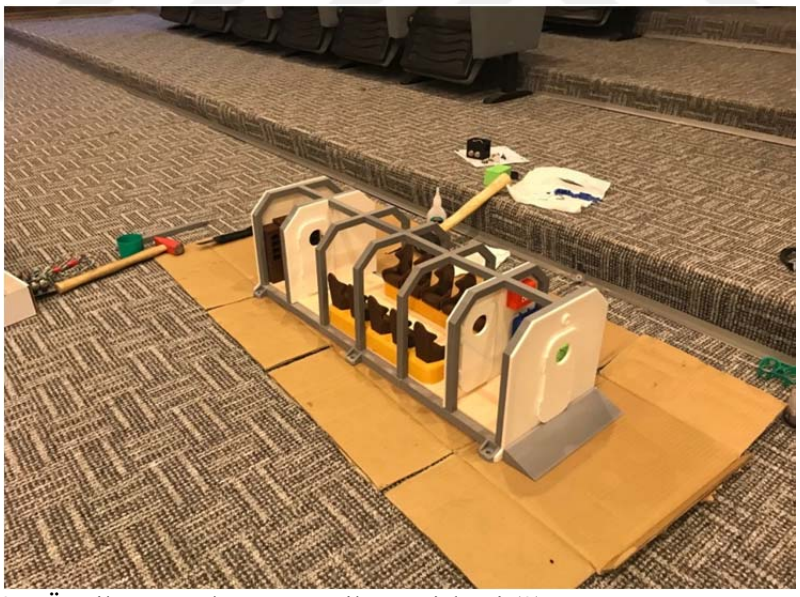
Şekil 6.23. Üretilen parçaların yerleştirilmesi (1).

Tahmini yerleştirme işlemi tamamlandıktan sonra, parçaların sabitlenerek birleştirilmesi Şekil 6.24'de verilmektedir.

Şekil 6.24'de görüldüğü gibi ilk önce sıkı geçme ile şase profilleri birleştirilmiş olup, zemin konstrüksiyonu şase üzerinde yine sıkı geçme yöntemi ile birleştirilmektedir. Daha sonra ise ilk olarak kapı bölmeleri montajlanmış olup, üzerine kapılar monte edilmektedir (Şekil 6.25).



Şekil 6.24. Üretilen parçaların montajlanma işlemi (2).



Şekil 6.25. Üretilen parçaların montajlanma işlemi (3).

Kapı bölmeleri ve kapılardan sonra beşerli olacak şekilde koltuk istasyonları karşılıklı olarak yerleştirilmektedir (Şekil 6.26). Ardından sırasıyla

dolaplar, havalandırma için gerekli tüpler, güç kaynağı vb. malzemeler uygun konumlandırmalarak yapılarak prototip üzerindeki yerlerini almıştır.



Şekil 6.26. Üretilen parçaların montajlanma işlemi (4).

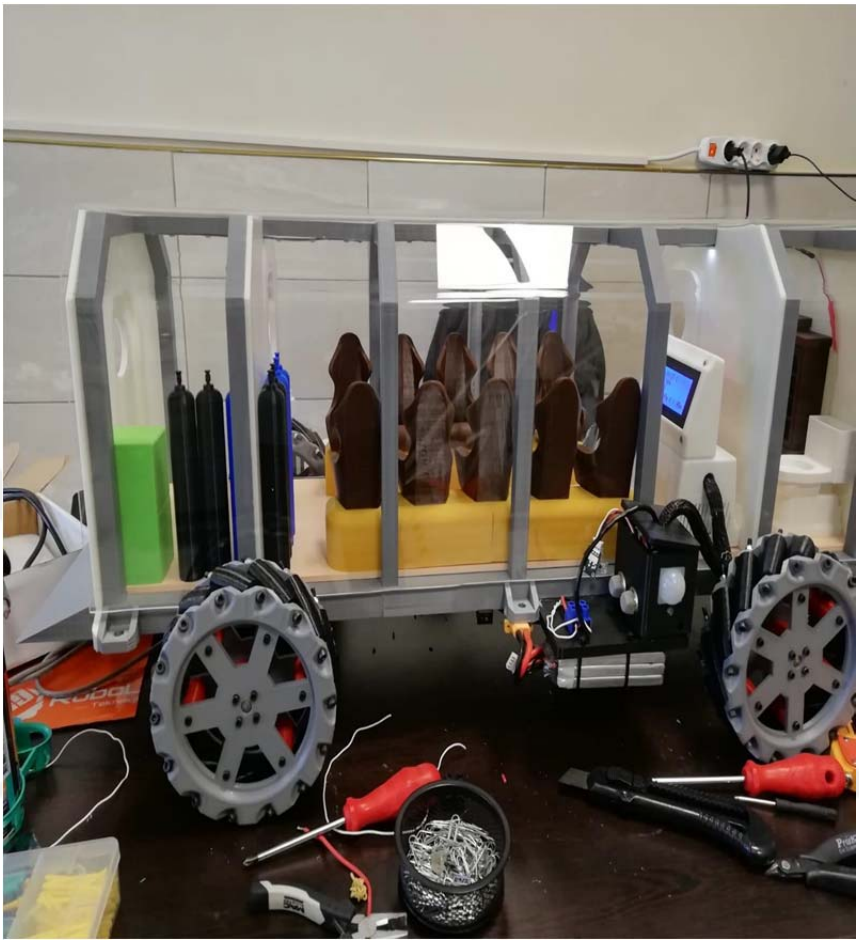


Şekil 6.27. Elektronik aksamların yerleştirilmesi.

Mekanik olarak montajlaması tamamlanan prototip modelimizin, elektronik aksamlarının konumlandırılması işlemi başlamaktadır (Şekil 6.27). Mekanik montajdan önce yapmış olduğumuz tahmini konumlandırma işlemi elektrik-elektronik kısımda da yapılmaktadır.

Yapmış olduğumuz bu çalışma kapsamında ilk başta da belirtildiği gibi taşınabilir (10 kişilik) bir sığınma odası prototipi üretilmesi amaçlanmaktadır. Şekil 6.28'de de bu sığınma odasının taşınabilir özelliğini ortaya çıkaran tekerleklerinin montajlanması işlemi yer almaktadır.

Bu tekerlekler de esnek filament olarak isimlendirilen materyal ile 3D yazıcılar tarafından üretilmiştir. Tekerleklerin esnekliği sayesinde, prototipin hareketinde herhangi bir kısıtlama işlemi olmamaktadır. Tekerlekler için öncelikle şase sisteminin alt kısmında içerisinden mil geçecek şekilde üretilen bağlantı braketleri vidalar ile şaseye sabitlendirilmiştir. Daha sonrasında ise her iki uçtan denge kontrolü de sağlanarak braketlerin içerisinden sıkı geçme yöntemi ile krom miller yerleştirilmiştir. Yerleştirilen bu millerin uçlarına ise hareketi gerçekleştirecek olan tekerlekler monte edilmiştir.



Şekil 6.28. Taşınabilir sığınma odası sisteminin tekerleklerinin montajı.

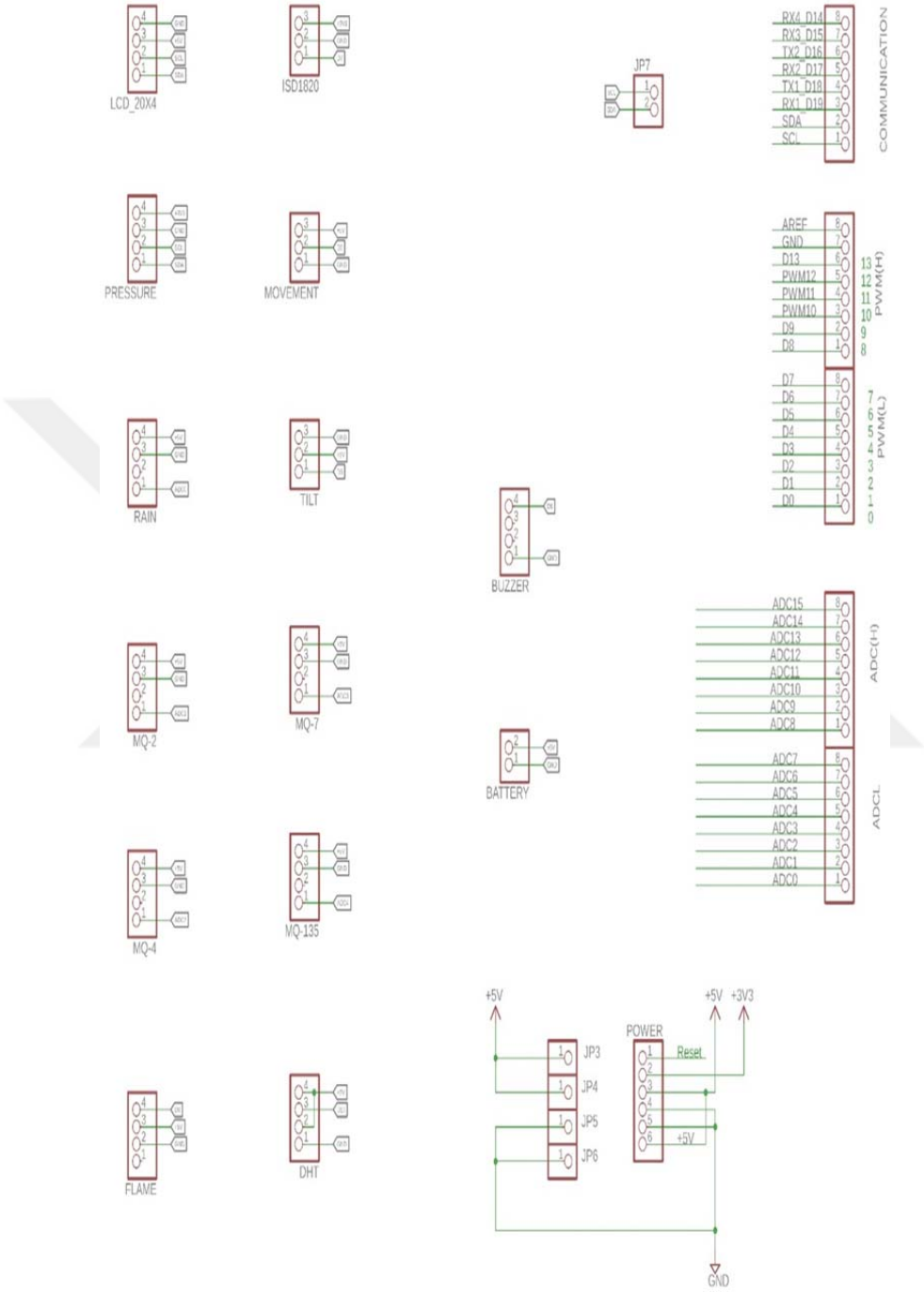
Sensörleri koruyan ve aynı zamanda hem dışarıdan hem de içeriden ölçümleri gerçekleştiren sensör kutuları yerleştirilmiştir (Şekil 6.29).



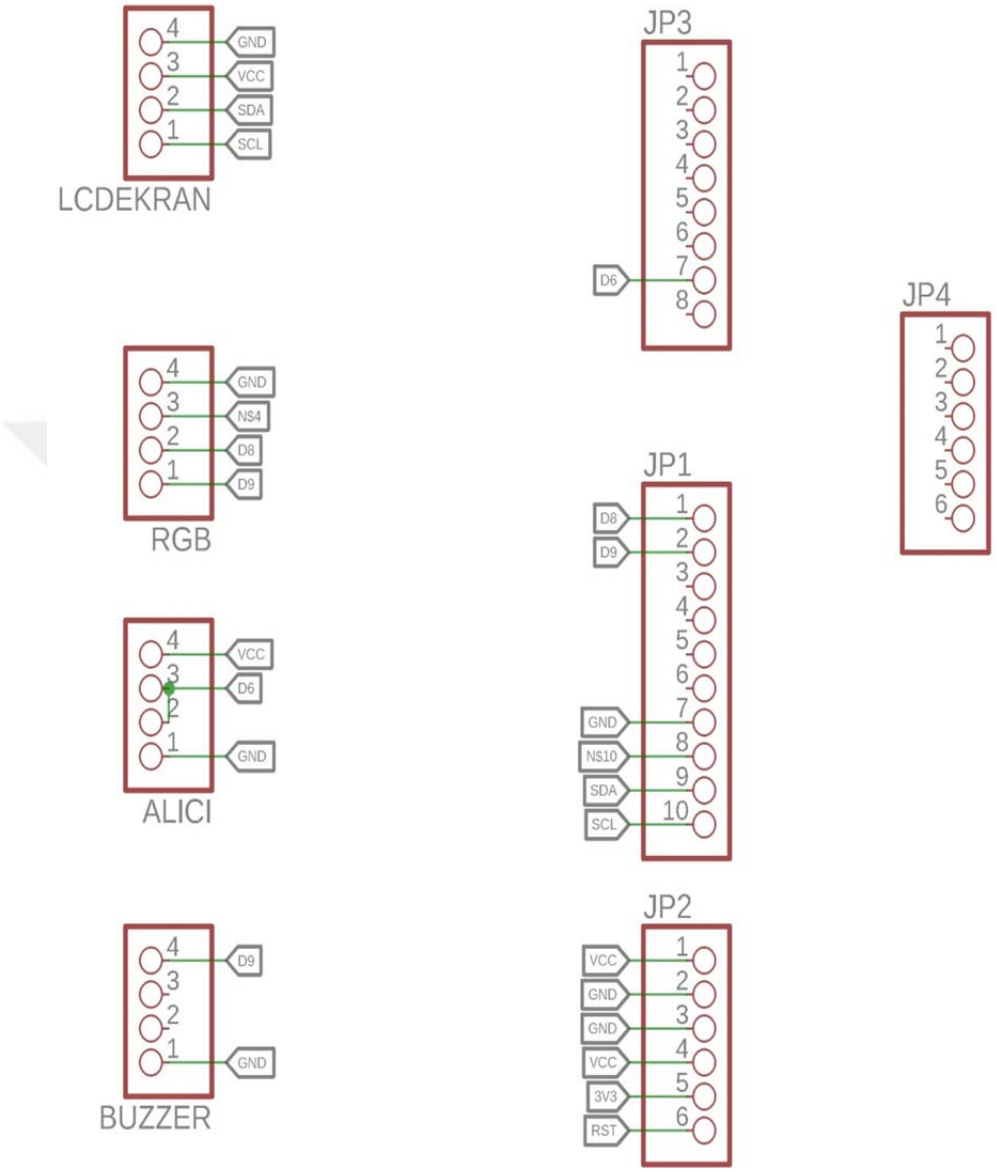
Şekil 6.29. Sığınma odası sisteminin güç kaynağının yerleştirilmesi.

Ardunio programı üzerinde, gerçek ölçüm yapan sensörlerin kodlama ve kablo bağlantı şemaları çizilmiştir (Şekil 6.30).

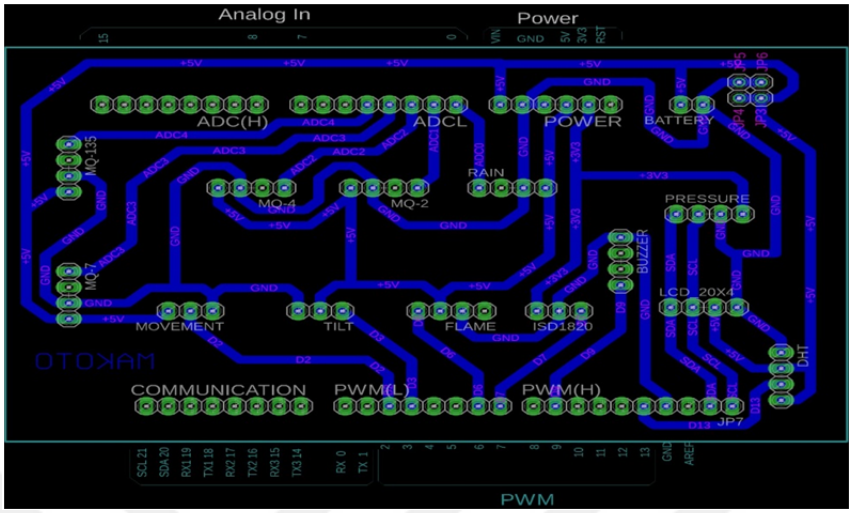
Şekil 6.31'de ise bu sensörlerin sinyal alma ve veri toplama işlemini gerçekleştirebilmesi için sinyal kablaj şeması çizilmiştir. Program üzerinde sorunsuz şekilde çalışan ve veri aktarımı yapan, sensör ölçümleri ve sinyal alma-gönderme işlemleri daha sonrasında raspery diye isimlendirilen elektronik bir breadbord üzerine yerleştirilerek test edilmiştir.



Şekil 6.30. Genel sistem kablaj şeması.

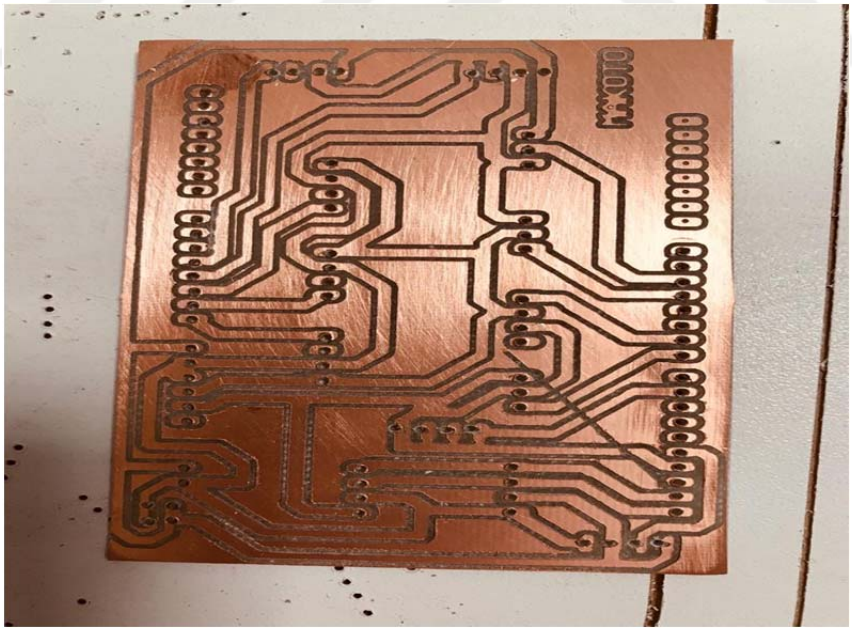


Şekil 6.31. Sinyal kablaj şeması.



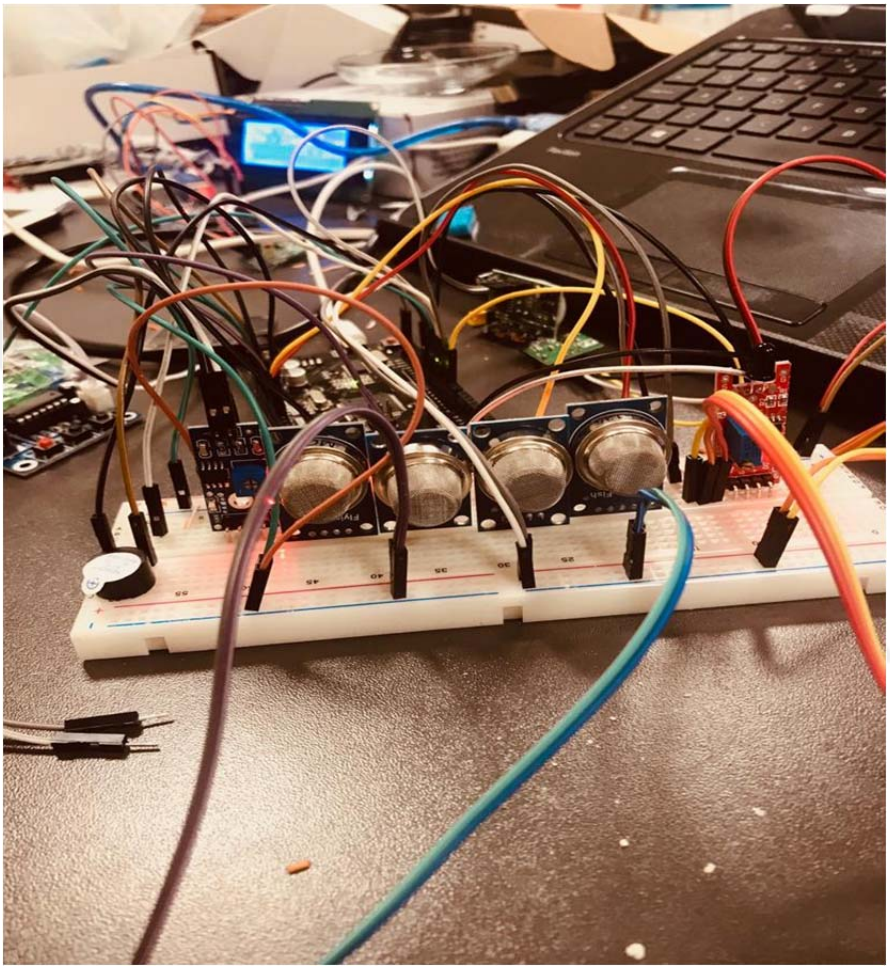
Şekil 6.32. Baskı devre bakır katman görüntüsü.

Similasyon testini başarıyla sonuçlandıran elektronik kartın bakır katman üzerinde oluşturacağı görüntü Şekil 6.32'de verilmiştir.



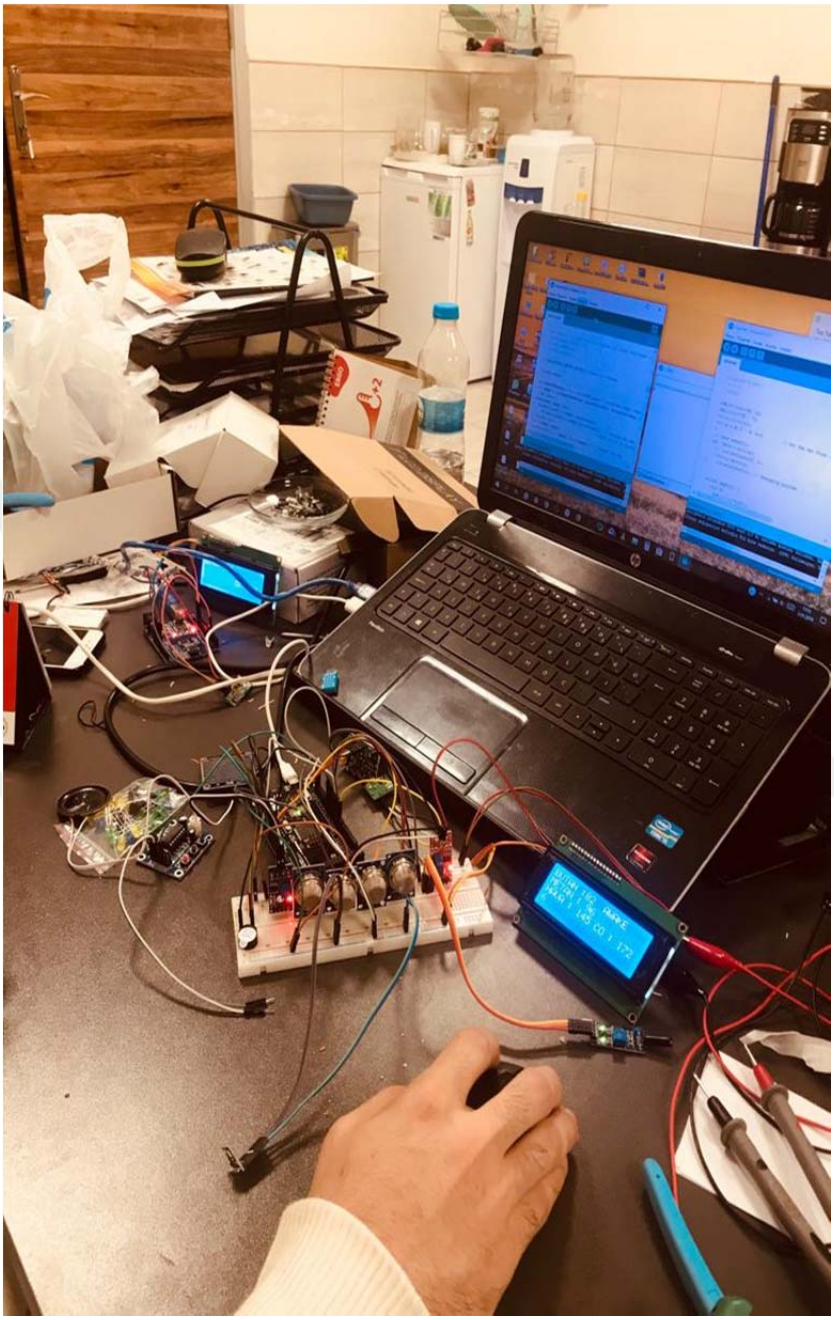
Şekil 6.33. Epoksili PCB karta baskı devre yapılmış hali.

Şekil 6.33'de devre kartının PCB yöntemi ile bakır üzerine baskısı alınarak, elektrik-elektronik kanallarının belirlenmesi işlemi yapılmıştır.



Şekil 6.34. Sistemin breadboard üzerindeki ön elektronik prototipi.

Sığınma odasında yer alacak sensörlerin, similasyondan sonra breadbord üzerinde ön prototip işlemi yapılmaktadır (Şekil 6.34). Çünkü testler tamamlandıktan sonra sığınma odası içerisindeki yerlerine yerleştirilmelidirler.



Şekil 6.35. Sensörlerin ve sinyal sistemlerinin kodlanması sistemi.

Şekil 6.35'de LCD ekrana veri aktarım işlemini yapılması gösterilmektedir.

Ardunio yazılımı sonucunda yapılan elektronik kart sayesinde prototip modelimizin dışından alev, hareket, bütan, karbonmonoksit, su ve titreşim gibi değer ölçümleri, sığınma odasının içerisinden ise sülfür, benzen, su buharı, duman ve diğer zararlı gazların (NH_3, NO_x, Alkol, CO_2), basınç, sıcaklık, nem gibi ölçümler yapılabilmektedir.

Sığınma odalarında işçiler için gerekli oksijenin tedarik edilebilmesi, çalışma süresi ve kişi kapasitesine bağlı olarak farklı sistemler uygulanabilmektedir. Örneğin solunum havası besleme sistemleri: solunum koruma üniteleri, entegre CO_2 temizleme, CO dönüştürme, oksijen yenilenmesi ve sürekli otomatik pozitif basınç özellikle yedek bir solunum havası besleme sistemidir. Bu sistemlerin çalışabilmesi için işçilerin kapalı alanlara girdikten sonra temizleme ünitelerini devreye sokmaları gerekmektedir. Bu sayede kapalı alan içinde zehirli gazların birikmesi engellenmiş olur. Bu işlem eğitimli personel tarafından ve oda içerisinde asılı bulunan talimatlara uygun şekilde gerçekleştirilmelidir.

Aydınlatma; çalışanların talimatları, uyarıları ve göstergeleri okuyabilecekleri şekilde olmalıdır. Yeterli aydınlatma çalışanların okuma ve tehlike anında yön bulma açısından da önemlidir. Yeterli aydınlatma yaşanan stresin azalmasını sağlayabilir. Ayrıca güven verici, rahatsız etmeyen ve gün ışığına yakın aydınlatmalar tercih edilmelidir. Ekipmanların dizaynı karmaşık yapıda olmamalıdır çünkü tehlikeye maruz kalan işçilerin tehlike anında yaşayacakları şokları üzerlerinden atmaları ve daha bilinçli hareket etmelerini sağlayacaktır.



Şekil 6.36. Sığınma odası sistemi prototipinin nihai hali.

Şekil 6.36'da sığınma odasına ait prototipin son hali yer almaktadır. Tüm parçaların montajlama işlemi bitirilmiş, uzaktan kontrol kumandası ile sensörlerden veri alımları test edilmiş ve örnek bir model üretimi tamamlanmıştır.

Günümüzde bilinen sığınma odası sistemleri tek tipte olmamaktadır. Geniş kullanım yelpazesi olabilecek bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Tasarlamış olduğumuz sığınma odası sisteminde diğerlerinden farklı olarak personel takip sistemi, GPS ile yön izleme ve konum hizmeti, herhangi bir acil durumda oturan kişilerin savrulmalarını engelleyecek emniyet kemerinin eklenmesi, güvenlik kamera sistemlerinin kurulması gibi parametreler de sığınma odası sistemlerinin kullanımını güçlendirmek amacıyla sisteme entegre edilmesi hedeflenmektedir. Böylelikle içinde bulunduğumuz ve hızlıca gelişmekte olan teknoloji ile güncel bilgi alışverişi yapılarak her geçen süre içerisinde daha nasıl iyileştirilebilir, daha

nasıl uygun hale getirilebilir ve yenilikleri nasıl uygulayabiliriz ilkesi ile hareket edilmektedir.

Bu prototip ile iş sağlığı ve güvenliğinin gelişimine katkı sağlanması amaçlanmış, madencilik sektöründeki can kayıplı iş kazalarını ortadan kaldırmasına yardımcı olması hedeflenmiştir. Model üzerinde incelemeler ve araştırmalar devam ettirilip sistemler teknolojinin gelişimi ile birlikte güncellenebilmektedir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tezin konusu madenlerde sığınma odalarının iş sağlığı ve güvenliği üzerine etkileridir. Sığınma odalarının özellikleri, sığınma odalarının yeraltı madenlerine kurulumu ve dikkat edilmesi gereken hususlar, ulusal kanunlar, uluslararası kanun ve sözleşmeler incelenmiştir.

Sığınma odaları kullanımının Dünyadaki ve Türkiye'deki kullanımları araştırılmıştır. Yapılan araştırmalarda yeraltı madenlerinde özellikle metalik madenlerde sığınma odalarının tercih edildiği ve birçok madencinin hayata tutunmasını sağladığı kömür madenlerinde ise pek tercih edilmediği görülmüştür. Ülkemizde yaşanan maden kazaları, maddi kayıplar ve can kayıpları göz önüne alındığında çıkarılan iş sağlığı ve güvenliği kanun ve yönetmeliklerin tam anlamıyla uygulanamadığı düşünülmektedir.

Sığınma odaları, acil çıkış yollarının kapanması, duman, patlama ve yaralanma sonucunda kaçamayacak durumda olan işçiler için güvenli bir ortam ve hayatta kalmaları için ikinci bir şansa sahip olmalarını sağlayabilir. Metalik madenlerde galeri genişlikleri ağır tonajlı kamyonların hareket edebileceği kadar geniş olduğu için sığınma odalarının taşınması ve kurulması daha uygundur.

Kömür madenlerinde ise sığınma alanları olan galeri, desandre ve kuyuların yapısı gereği pek tercih edilmemektedir. Fakat kömür tipi sığınma odası sistemleri bazı firmalar tarafından üretimde mevcut olmakla birlikte, madene özel üretimler de yapılabilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında elde edilen bulguların ve ortaya çıkarılan nihai ürünün öncelikle madencilik sektöründe iş sağlığı ve güvenliği noktasında önemi vurgulanmaktadır. Söz konusu prototipin çeşitli dizaynlar yapılarak uygun yer ve zemine göre deprem, acil durumlarda hasta sığınma odası, fabrikalarda ya da işletmelerde görülebilecek tehlikeli durumlarda (yangın, gaz kaçağı, patlama vb.) güvenli alan oluşturabileceği öngörülmektedir. Bu çalışma sonucu somut bir

şekilde elde edilen ürünün iş sağlığı ve güvenliği ilkelerine önemli fayda sağlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Anderson, I. (2014), Mine Refuge Chambers in Coal Mines, ÇBİ, Rize, 1-4.

Antmen B. (2013), İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Bağlamında Şantiye Şeflerinin Görev ve Sorumlulukları, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 133s.

Baradan S. (2006), Türkiye İnşaat Sektöründe İş Güvenliğinin Yeri ve Gelişmiş Ülkelerle Kıyaslanması, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, s. 87-100.

Bayraktar B., Uyguçgil H., Konuk A. (2018), Türkiye Madencilik Sektöründe İş Kazalarının İstatistiksel Analizi, Bilimsel Madencilik Dergisi, 85-95s.

Çetindağ Ş. (2013), 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve Uygulamaları Hakkında Tespitler, Toprak İşveren Dergisi, 20-22.

Doğan O. (2017), Madenlerde Sığınma Odalarının İş Sağlığı ve Güvenliği üzerine Etkilerinin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Akara, s-92.

Güneş S. (2018), Maden Ocaklarında Sığınma Odaları ve TKİ-GLİ Yer Altı Ocaklarında Kullanılabilirliğinin İstatistiksel Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, s-109.

Gürleyen, A. (2016a), Sığınma Odalarının Yer Altı Metal Madenlerinde Kullanımının Araştırılması, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 90s.

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, Resmi Gazete Sayısı : 28339, Ankara,2012

İş Sağlığı ve Güvenliği'ne İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği, Resmi Gazete Sayısı:28509, Ankara,26/12/ 2012

Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği Resmi Gazete Sayısı : 28870, Ankara, 19/09/2013

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.

Mitchell M. D, Analysis of Underground Coal Mine Refuge Shelters,Yüksek Lisans Tezi, West Virginia University, Morgantown, 2008.

Sakatoğlu S., Kılıç Ö. (2007), Cevher Hazırlama Tesislerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları, Maden İşletmelerinde İş Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, Adana, 268-273 s.

Sheng, W., Gao, M. Z., Yang, L. (2011), Theory and Construction of Emergency Refuge System in Underground Coal Mine, Procedia Engineering, 2351–2359.

UCMSRC, (2004), The Underground Coal Mining Safety Research Collaboration Refuge statıons/bays & safe havens in underground coal. Canada, 1-17.

Yaşar S., İnal S., Yşar Ö., Kaya S. (2015), Türkiye'deMeydana Gelen Maden Kazalarının İstatistiksel Olarak İncelenmesi, Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, Adana, 25-37 s.

Yeraltı Maden İşyerlerinde Kurulacak Sığınma Odaları Tebliği, Resmi Gazete Sayısı : 30032, 2017

https://www.australianmining.com.au/

http://www.maden.org.tr/

https://www.ailevecalisma.gov.tr/

http://www.resmigazete.gov.tr/

https://minearc.com/

https://www.draeger.com/tr_tr/Home

https://busomarastirmagrubu.boun.edu.tr/

https://www.demirexport.com/Pages/ContentDetail.aspx?GMID=161

https://www.ituvakif.org.tr/dergi/sayi_69.pdf

ÖZGEÇMİŞ

03/08/1994 yılında Düzce/ Cumayeri'nde doğdu. İlköğrenim ve Lisans eğitimini Düzce'de tamamladı. 2012 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi Mühendislik –Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'nden 2016 yılında mezun olarak, aynı yıl içinde yüksek lisans eğitimine başlamıştır.

EKLER

EK-1:

VERİCİ:

```
#include <VirtualWire.h>
#include <AvrI2c_Greiman.h>
#include <LiquidCrystal_I2C_AvrI2C.h>
#include <Wire.h>// aynı şekilde
#include <DHT11.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>

Adafruit_BMP085 basinc;
LiquidCrystal_I2C_AvrI2C lcd(0x27, 20, 4);

int pin = 13; // data pinimizi 4. pine tanımladık..
DHT11 dht11(pin); // kütüphaneye pinimizi 4. pine bağladığımız bildirdik..
const int RainySensorMin = 0; // Rainy sensor maksimum
const int RainySensorMax = 1024; // Rainy sensor minimum
const int tiltMin = 0; // Tilt sensor minimum
const int tiltMax = 100; // Tilt sensor maksimum
const int transmit_pin = 12;
const char birinci = ',';
const char ikinci = '/' ;

 char envior12[30] ;
  char envio12[30] ;
unsigned long lastTime = 0, lastTimeSeriPort = 0, buzzerLastTime = 0;

int alarms = 0;
int temp ;
```

```
int humi;
int flame_sensor = 6;
int flame_detected;
int movementsensor_pin = 2;
int movestate = LOW; // hareket olmadığında durum=0 olacak
int moveval = 0; // ilk başta value değeri 0 tanımladık
int tiltt;
int movementt;
int flamee;
//int voicee = LOW;

float Celsius; // Değişkenler Tanımlanıyor basinc
float Fahrenheit; // basinc
float pressure;   //basinc

char rain;

byte customChar[] = {
  B00100,
  B01110,
  B10101,
  B00100,
  B00100,
  B00100,
  B00100,
  B00100
};

#define DHT_pin A0
```

```
#define MQ2sensor_pin A1
#define MQ7sensor_pin A2
#define MQ4sensor_pin A3
#define MQ135sensor_pin A4
#define buzzer_pin 9
#define preheat_time 5000
#define Tilt 3
#define voice 7

void setup()
{ vw_set_ptt_inverted(true);
  vw_set_tx_pin(transmit_pin);
  vw_setup(2000);
  lcd.begin();//lcd ye güç veriyoruz..
  lcd.createChar(0, customChar);
  lcd.backlight();// arka ışığa güç veriyoruz..
  lcd.clear(); // açılışta lcd de bir yazı varsa diye lcdyi temizliyoruz..
  delay(100);// 100 ms bekleyip
  lcd.setCursor(0, 0); // birinci satıra..
  lcd.print("MAKOTO");//yazmak istediğiniz metni yazıyoruz..
  lcd.setCursor(0, 1); //ardından ikinci satıra..
  lcd.print("MUHENDISLIK");//yazmak istediğiniz metni yazıyoruz..
  delay(2000);// 2 saniye bekleyip..
  lcd.clear(); // lcd yi temizliyoruz..
  lcd.setCursor(0, 0); // ve tekrardan 1. satıra..
  Serial.begin(9600); // serial iletişimi başlattık..
  pinMode(buzzer_pin, OUTPUT);
  basinc.begin();
  pinMode(Tilt, INPUT);
```

```
  pinMode(movementsensor_pin, INPUT);
  pinMode(flame_sensor, INPUT);
  pinMode(voice, OUTPUT);
  while (!Serial) {
    ;
  }
}

void loop ()
{

  /*
    // Clear the whole of line 1
    lcd.setCursor (0, 0);
    for (int i = 0; i < 20; ++i)
    {
    lcd.write(' ');
    }
    lcd.setCursor (0, 1);
    for (int i = 0; i < 20; ++i)
    {
    lcd.write(' ');
    }
    lcd.setCursor (0, 2);
    for (int i = 0; i < 20; ++i)
    {
    lcd.write(' ');
    }
  */
```

```
//DHT11

int err;
float temp2, humi2; // sıcaklık ve nem değişkenlerini tanımladık..
if ((err = dht11.read(humi2, temp2)) == 0) // ilk başlangıç olarak 0 a eşitledik eğer 0 dan farklı bir değer gelirse;
{
  //temp = (basinc.readTemperature());
  temp = floor(temp2);
  humi = floor(humi2);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("SICAKLIK: "); // sıcaklık değerini seriale yazmasını söyledik..
  lcd.print(temp); // sıcaklık değeri..+
  //itoa(temp, msg0, 10);
  lcd.print(" C");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("NEM: "); // nem değerini seriale yazmasını istedik..
  lcd.print(humi); // nem değeri..
  lcd.print(" % RH");
  // itoa(humi, msg1, 10);
  lcd.print(" ");
  //send(msg0);

  // delay(200);
}
else
{
  lcd.clear(); // eğer bunların dışında bir değer veya değer alınamaz ise hata vermesini istedik..
```

```
  Serial.print("Hata : ");
  Serial.print(err);
  Serial.println();
 }
 //delay(DHT11_RETRY_DELAY); //delay for reread

 //rainy sensor

 int sensorReading = analogRead(DHT_pin);// sensörden değer okuma
 int range = map(sensorReading, RainySensorMin, RainySensorMax, 0,
10); //okunana değeri 0 ile 3 arasındaki değere oranlama
 //lcd.clear();
 //  itoa(range, msg1, 10);
 // vw_send((uint8_t *)msg2, strlen(msg2));
 //   vw_send((uint8_t *)msg0, strlen(msg0)); // Sending the msg
 // vw_wait_tx();                          // Wait for tx to finish
 /* strcat(msg0, msg1);
  vw_send((uint8_t *)msg0, strlen(msg0)); // Sending the msg
  vw_wait_tx();                          // Wait for tx to finish

  Serial.print(range);*/
 lcd.setCursor(0, 2);
 lcd.print("SU : ");
 switch (range) {
  case 0:
   lcd.print("%100");
   break;
  case 1:
   lcd.print("%90");
```

```
    break;
  case 2:
    lcd.print("%80");
    break;
  case 3:
    lcd.print("%70");
    break;
  case 4:
    lcd.print("%60");
    break;
  case 5:
    lcd.print("%50");
    break;
  case 6:
    lcd.print("%40");
    break;
  case 7:
    lcd.print("%30");
    break;
  case 8:
    lcd.print("%20");
    break;
  case 9:
    lcd.print("%10");
    break;
  case 10:
    lcd.print("%0");
    break;
}
```

```
  //basinc sensörü

  // lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("P : ");
  lcd.print(basinc.readPressure() / 1000);
  //  itoa(basinc.readPressure() / 1000, msg1, 10);
  int pressure = (basinc.readPressure() / 1000);
  // send(msg1);
  lcd.print(" kPa");
  lcd.setCursor(12, 3);
  lcd.print("R : ");
  lcd.print((int)basinc.readAltitude());
  int altitude = (basinc.readAltitude());
  //  itoa(basinc.readAltitude() / 1000, msg2, 10);
  //send(msg2);
  lcd.print("m");

  //500 ms de bir ortalama değerini gönder
  if (millis() - lastTime >100)
  {

    sprintf(envio12,  "%c,%d,%d,%d,%d,%d",  birinci,  temp,  humi,  pressure,
altitude, range);
    // send(envio12);
    Serial.print(birinci);
    /*vw_send((uint8_t *)birinci, strlen(birinci));
      vw_wait_tx(); // Wait until the whole message is gone*/
    vw_send((uint8_t *)envio12, strlen(envio12));
```

```
  vw_wait_tx(); // Wait until the whole message is gone
  lastTime = millis();
}

// Turn off a light after transmission
//delay(40);

delay(4000);

// Clear the whole of line 1
lcd.setCursor (0, 0);
for (int i = 0; i < 20; ++i)
{
  lcd.write(' ');
}
lcd.setCursor (0, 1);
for (int i = 0; i < 20; ++i)
{
  lcd.write(' ');
}
lcd.setCursor (0, 2);
for (int i = 0; i < 20; ++i)
{
  lcd.write(' ');
}
lcd.setCursor (0, 3);
for (int i = 0; i < 20; ++i)
{
  lcd.write(' ');
```

```
}

//MQ2 SENSOR

//analogRead() fonksiyonu ile sensör değerini ölçüyoruz ve bir değişken içerisinde tutuyoruz:
int sensorValue = analogRead(MQ2sensor_pin);
//Sensör değeri belirlediğimiz eşik değerinden yüksek ise alarm() fonksiyonunu çağırıyoruz:
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("BUTAN :");
lcd.print(sensorValue);
if (sensorValue >= 150)
  //alarm(400);
{
  digitalWrite(buzzer_pin, HIGH);
  digitalWrite(voice, HIGH); //voice
  lcd.write(0);
}

//MQ7 SENSOR

int sensor2Value = analogRead(MQ7sensor_pin);
//Sensör değeri belirlediğimiz eşik değerinden yüksek ise alarm() fonksiyonunu çağırıyoruz:
lcd.setCursor(11, 0);
lcd.print("CO : ");
lcd.print(sensor2Value);
if (sensor2Value >= 300)
```

```
  //alarm(400);
 {
  digitalWrite(buzzer_pin, HIGH);
  digitalWrite(voice, HIGH); //voice
  lcd.write(0);
 }

 //MQ4 SENSOR

 int sensor5Value = analogRead(MQ4sensor_pin);
 //Sensör değeri belirlediğimiz eşik değerinden yüksek ise alarm() fonksiyonunu çağırıyoruz:
 lcd.setCursor(0, 1);
 lcd.print("METAN : ");
 lcd.print(sensor5Value);
 if (sensor5Value >= 200)
  //alarm(400);
 {
  digitalWrite(buzzer_pin, HIGH);
  digitalWrite(voice, HIGH); //voice
  lcd.write(0);
 }

 //MQ135 SENSOR

 int sensor4Value = analogRead(MQ135sensor_pin);
 //Sensör değeri belirlediğimiz eşik değerinden yüksek ise alarm() fonksiyonunu çağırıyoruz:
 lcd.setCursor(0, 2);
```

```
lcd.print("HAVA : ");
lcd.print(sensor4Value);
if (sensor4Value >= 600)
  // alarm(400);
{

  digitalWrite(buzzer_pin, HIGH);
  digitalWrite(voice, HIGH); //voice
  lcd.write(0);
}



//delay(500);
//digitalWrite(buzzer_pin, LOW);

// alarms = 0;

//Tilt Sensor

if (digitalRead(Tilt)) //if the DO from Tilt sensor is low, no tilt detected.
{

  digitalWrite(buzzer_pin, HIGH) ;
  digitalWrite(voice, HIGH); //voice
  lcd.setCursor(11, 1); //move LCD cursor
  lcd.print("SALLANTI"); //Display message
  tiltt = 1;
}
else
```

```
{
  tiltt = 0;
  lcd.setCursor(13, 1); //move LCD cursor
  lcd.print("SAKiN"); //Display message
}

//}

// flame sensor

flame_detected = digitalRead(flame_sensor) ;
//lcd.setCursor(0, 3);
//lcd.print(flame_sensor);

if (flame_detected == 1)
{
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("ATES VAR");
  digitalWrite(buzzer_pin, HIGH);
  digitalWrite(voice, HIGH); //voice
  flamee = 3;
}
else
{
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("ATES YOK");
  flamee = 0;
}
// Movement Sensor
```

```
 moveval = digitalRead(movementsensor_pin); // sensörü oku value değerine at

// if (moveval == HIGH) {
    delay(50);
    if (movestate == LOW) {
      lcd.setCursor(9, 3);
      lcd.print("HAREKET VAR");
      digitalWrite(voice, HIGH); //voice
      movestate = HIGH;
      digitalWrite(buzzer_pin, HIGH) ;
      movementt = 5;
    }

 // }
  //else {

    if (movestate == HIGH) {
    //}
    lcd.setCursor(9, 3);
    lcd.print("HAREKET YOK");
    movementt = 0;
  }
  //500 ms de bir ortalama değerini gönder
  if (millis() - lastTimeSeriPort >150)
  {

    sprintf(envior12, "%c,%d,%d,%d,%d,%d,%d,%d,%d",
```

```
        ikinci, sensorValue, sensor2Value, sensor5Value, sensor4Value,
tiltt, flamee, movementt);

   Serial.println(ikinci);
   /*vw_send((uint8_t *)ikinci, strlen(ikinci));
     vw_wait_tx(); // Wait until the whole message is gone*/
   vw_send((uint8_t *)envior12, strlen(envior12));
   vw_wait_tx(); // Wait until the whole message is gone
   lastTimeSeriPort = millis();
 }

 delay(1000);

 //BUZZER KAPATMA

 if (digitalRead(buzzer_pin) == HIGH)
 {
  {
    digitalWrite(buzzer_pin, !digitalRead(buzzer_pin));
    digitalWrite(voice, LOW); //voice
  }
 }

 delay(2000);

 // Clear the whole of line 1
 lcd.setCursor (0, 0);
 for (int i = 0; i < 20; ++i)
 {
```

```
    lcd.write(' ');
  }
  lcd.setCursor (0, 1);
  for (int i = 0; i < 20; ++i)
  {
    lcd.write(' ');
  }
  lcd.setCursor (0, 2);
  for (int i = 0; i < 20; ++i)
  {
    lcd.write(' ');
  }
  lcd.setCursor (0, 3);
  for (int i = 0; i < 20; ++i)
  {
    lcd.write(' ');
  }
}

void alarm(unsigned int duration)
{
  digitalWrite(voice, HIGH); //voice
  delay(3000);
  digitalWrite(buzzer_pin, HIGH);
  delay(duration);
  digitalWrite(buzzer_pin, LOW);
  delay(duration);
  digitalWrite(voice, LOW);
}
```

```
void send (char *message)
{
  vw_send((uint8_t *)message, strlen(message));
  vw_wait_tx();
}
```

EK-2:

ALICI:

```
#include <VirtualWire.h>
#include <Wire.h>// aynı şekilde
#include <LiquidCrystal_I2C_AvrI2C.h>
byte message[VW_MAX_MESSAGE_LEN]; // gelen mesajları tutmak için
byte msgLength = VW_MAX_MESSAGE_LEN; // mesaj boyutu

int i;
int j;
String a ;
char gelenkomut;
const int receive_pin = 6;
LiquidCrystal_I2C_AvrI2C lcd(0x27, 20, 4);
char StringReceived[30];
char String2Received[30];
int Sensor1Data;
int Sensor2Data;
int SensorData3;
int SensorData4;
int sensor5Data;
int sensor6Data;
int sensorData7;
int sensorData8;
int sensorData9;
int sensorData10;
int sensorData11;
int sensorData12;
```

```
#define buzzer_pin 9
#define green_led 8

byte customChar[] = {
  B00100,
  B01110,
  B10101,
  B00100,
  B00100,
  B00100,
  B00100,
  B00100
};

void setup() {
  lcd.begin();//lcd ye güç veriyoruz..
  lcd.createChar(0, customChar);
  lcd.backlight();// arka ışığa güç veriyoruz..
  lcd.clear(); // açılışta lcd de bir yazı varsa diye lcdyi temizliyoruz..
  delay(100);// 100 ms bekleyip
  lcd.setCursor(0, 0); // birinci satıra..
  lcd.print("MAKOTO");//yazmak istediğiniz metni yazıyoruz..
  lcd.setCursor(0, 1); //ardından ikinci satıra..
  lcd.print("MUHENDISLIK");//yazmak istediğiniz metni yazıyoruz..
  delay(2000);// 2 saniye bekleyip..
  lcd.clear(); // lcd yi temizliyoruz..
  lcd.setCursor(0, 0); // ve tekrardan 1. satıra..
  Serial.begin(9600); // serial iletişimi başlattık..
```

```
  vw_set_rx_pin(receive_pin);
  vw_setup(2000);
  vw_rx_start();
  vw_set_ptt_inverted(true);
  while (!Serial) {
    ;
  }
  pinMode(buzzer_pin, OUTPUT);
  pinMode(green_led, OUTPUT);
}

void loop() {
  uint8_t buf[VW_MAX_MESSAGE_LEN];
  uint8_t buflen = VW_MAX_MESSAGE_LEN;
  digitalWrite(green_led, HIGH);

  if (vw_get_message(buf, &buflen))
  {
    /* for (i = 0; i < 1; i++)         // Get the two first bytes
      {
       //  Serial.write(buf[i]);
       gelenkomut = ((char*)buf);
      }*/
    //Serial.print(gelenkomut);
    // Serial.println(gelenkomut.charAt(0));

    /* if (vw_get_message(buf, &buflen))
      {*/
    //i=0;
```

```
  // Message with a good checksum received, dump it.
  for (i = 0; i < buflen; i++)
  {
    // Fill Sensor1CharMsg Char array with corresponding
    // chars from buffer.
    StringReceived[i] = char(buf[i]);
  }

  sscanf(StringReceived, "%c,%d,%d,%d,%d,%d,%d", &gelenkomut, &Sensor1Data, &sensorData9, &Sensor2Data, &SensorData3, &SensorData4  ); // Converts a string to an array
  Serial.println(gelenkomut);
  memset( StringReceived, 0, sizeof( StringReceived));// This line is for reset the StringReceived

  if (gelenkomut == ',' ) {

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("SICAKLIK: "); // sıcaklık değerini seriale yazmasını söyledik..
    //    lcd.print(temp); // sıcaklık değeri..+
    lcd.print(Sensor1Data);
    /* if (vw_get_message(buf, &buflen))    // If data is received
      {
       for (i = 0; i < 2; i++)        // Get the two first bytes
       {
         Serial.write(buf[i]);              // Debugging purpose
         lcd.write(buf[i]);                // Write the first bytes on the LCD
       }
       Serial.println();  */               // Debugging purpose
```

```
//   lcd.write(1);                    // Write the degree symbol on the LCD
lcd.print(" C");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("NEM: "); // nem değerini seriale yazmasını istedik..
/*for (i = 2; i < 4; i++)         // Get the two first bytes
  {
  Serial.write(buf[i]);              // Debugging purpose
  lcd.write(buf[i]);                // Write the first bytes on the LCD
  }*/
//  Serial.println(sensorData9);
lcd.print(sensorData9);
lcd.print(" % RH");

//rainy

lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("SU : ");
//Serial.println();
// lcd.print(" %");
/* for (i = 2; i < 4; i++)         // Get the two first bytes
  {

    lcd.write(buf[i]);
    Serial.write(buf[i]);
  }
  // a = ((char*)buf[i]);
  // int  value = atoi(a);
  //  lcd.setCursor(0, 2);
  //Serial.write(buf[i]);
```

```
  // lcd.write(a); // Debugging purpose

*/
switch (SensorData4) {
  case 0:
    lcd.print("%100");
    break;
  case 1:
    lcd.print("%90");
    break;
  case 2:
    lcd.print("%80");
    break;
  case 3:
    lcd.print("%70");
    break;
  case 4:
    lcd.print("%60");
    break;
  case 5:
    lcd.print("%50");
    break;
  case 6:
    lcd.print("%40");
    break;
  case 7:
    lcd.print("%30");

    break;
```

```
      case 8:
        lcd.print("%20");
        break;
      case 9:
        lcd.print("%10");
        break;
      case 10:
        lcd.print("%0");
        break;
    }
    // Serial.println();
    /*

          if (vw_get_message(message, &msgLength)) //mesaj hazır ise
tamam ve mesaj serial monitorde gözükür
          {// lcd.print("Got: ");
          for (int i = 0; i < msgLength; i++){
          // lcd.setCursor(0,0);
          lcd.write(message[i]);
          }
          lcd.println();
          }

       }*/

    //  i = 0;
    //lcd.println();
```

```
//basinc sensörü

lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("P : ");
lcd.print(Sensor2Data);
/*   for (i = 2; i < 4; i++)        // Get the two first bytes
   {
     Serial.write(buf[i]);              // Debugging purpose
     lcd.write(buf[i]);                // Write the first bytes on the LCD
   }*/
lcd.print(" kPa");
lcd.setCursor(12, 3);
lcd.print("R : ");
lcd.print(SensorData3);
/*  for (i = 4; i < 6; i++)        // Get the two first bytes
  {
    Serial.write(buf[i]);              // Debugging purpose
    lcd.write(buf[i]);                // Write the first bytes on the LCD
  }*/
lcd.print("m");

delay(3000);

lcd.setCursor (0, 0);
for (int i = 0; i < 20; ++i)
{
  lcd.write(' ');
}
lcd.setCursor (0, 1);
```

```
    for (int i = 0; i < 20; ++i)
    {
      lcd.write(' ');
    }
    lcd.setCursor (0, 2);
    for (int i = 0; i < 20; ++i)
    {
      lcd.write(' ');
    }
    lcd.setCursor (0, 3);
    for (int i = 0; i < 20; ++i)
    {
      lcd.write(' ');
    }
  }
}

if (vw_get_message(buf, &buflen))
{

  int i;
  // Message with a good checksum received, dump it.
  for (i = 0; i < buflen; i++)
  {
    // Fill Sensor1CharMsg Char array with corresponding
    // chars from buffer.
    String2Received[i] = char(buf[i]);
  }
```

```
  sscanf(String2Received, "%c,%d,%d,%d,%d,%d,%d,%d",
        &gelenkomut, &sensor5Data, &sensor6Data, &sensorData7, &sensorData8, &sensorData10, &sensorData11, &sensorData12); // Converts a string to an array
  //delay(40);
 }
 memset( String2Received, 0, sizeof( String2Received));// This line is for reset the StringReceived

 if (gelenkomut == '/') {

  //MQ2 SENSOR

  //analogRead() fonksiyonu ile sensör değerini ölçüyoruz ve bir değişken içerisinde tutuyoruz:

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("BUTAN : ");
  lcd.print(sensor5Data);
  if (sensor5Data >= 150)
   // alarm(400);
  {
   digitalWrite(green_led, LOW);
   digitalWrite(buzzer_pin, HIGH);
   lcd.write(0);
  }

  //MQ7 SENSOR
```

```
  lcd.setCursor(12, 0);
  lcd.print("CO: ");
  lcd.print(sensor6Data);
  if (sensor6Data >= 300)
    //alarm(400);
  {
    digitalWrite(green_led, LOW);
    digitalWrite(buzzer_pin, HIGH);
    lcd.write(0);
  }

  //MQ135 SENSOR

  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("HAVA : ");
  lcd.print(sensorData8);
  if (sensorData8 >= 400)
    //alarm(400);
  {
    digitalWrite(green_led, LOW);
    digitalWrite(buzzer_pin, HIGH);
    lcd.write(0);
  }

  //MQ4 SENSOR
```

//Sensör değeri belirlediğimiz eşik değerinden yüksek ise alarm() fonksiyonunu çağırıyoruz:

```
  lcd.setCursor(0, 1);
```

```
  lcd.print("METAN : ");
  lcd.print(sensorData7);
  if (sensorData7 >= 150)
    // alarm(400);
  {
    digitalWrite(green_led, LOW);
    digitalWrite(buzzer_pin, HIGH);
    lcd.write(0);
  }

  //Tilt Sensor

  if (sensorData10 == 0)
  {

    lcd.setCursor(13, 1); //move LCD cursor
    lcd.print("SAKiN"); //Display message
  }

  else if (sensorData10 == 1) //if the DO from Tilt sensor is low, no tilt detected.
  {

    digitalWrite(buzzer_pin, HIGH) ;
    digitalWrite(green_led, LOW);
    lcd.setCursor(11, 1); //move LCD cursor
    lcd.print("SALLANTI"); //Display message
   // sensorData10 = 0;
  }
```

```
//Serial.println(sensorData10);

// flame sensor

if (sensorData11 == 0)
{
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("ATES YOK");
}
else if (sensorData11 == 3)
{
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("ATES VAR");
  digitalWrite(buzzer_pin, HIGH);
  digitalWrite(green_led, LOW);
 // sensorData11 = 2;
}

// Movement Sensor

if (sensorData12 == 0)
{
  lcd.setCursor(9, 3);
  lcd.print("HAREKET YOK");
}
else if (sensorData12 == 5)
{
  lcd.setCursor(9, 3);
  lcd.print("HAREKET VAR");
```

```
  digitalWrite(buzzer_pin, HIGH) ;
  digitalWrite(green_led, LOW);
  //sensorData12 = 4;
}

delay(1000);

//BUZZER KAPATMA

if (digitalRead(buzzer_pin) == HIGH)
{
  {
    digitalWrite(buzzer_pin, !digitalRead(buzzer_pin));
  }
}

delay(2000);

// Clear the whole of line 1
lcd.setCursor (0, 0);
for (int i = 0; i < 20; ++i)
{
  lcd.write(' ');
}
lcd.setCursor (0, 1);
for (int i = 0; i < 20; ++i)
{
  lcd.write(' ');
}
```

```
  lcd.setCursor (0, 2);
  for (int i = 0; i < 20; ++i)
  {
    lcd.write(' ');
  }
  lcd.setCursor (0, 3);
  for (int i = 0; i < 20; ++i)
  {
    lcd.write(' ');
  }
}
/*
  delay(3000);

  // Clear the whole of line 1
  lcd.setCursor (0, 0);
  for (int i = 0; i < 20; ++i)
  {
    lcd.write(' ');
  }
  lcd.setCursor (0, 1);
  for (int i = 0; i < 20; ++i)
  {
    lcd.write(' ');
  }
  lcd.setCursor (0, 2);
  for (int i = 0; i < 20; ++i)
  {
    lcd.write(' ');
```

```
    }
    lcd.setCursor (0, 3);
    for (int i = 0; i < 20; ++i)
    {
      lcd.write(' ');
    }
    }
  */

}
void alarm(unsigned int duration)
{

  digitalWrite(green_led, LOW);
  //  digitalWrite(voice, HIGH); //voice
  // delay(3000);
  digitalWrite(buzzer_pin, HIGH);
  delay(duration);
  digitalWrite(buzzer_pin, LOW);
  delay(duration);
  //  digitalWrite(voice, LOW);
}
```