



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAMANGAN (AFGANİSTAN) KÖMÜR SAHASINDA MEKANİZASYON
UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

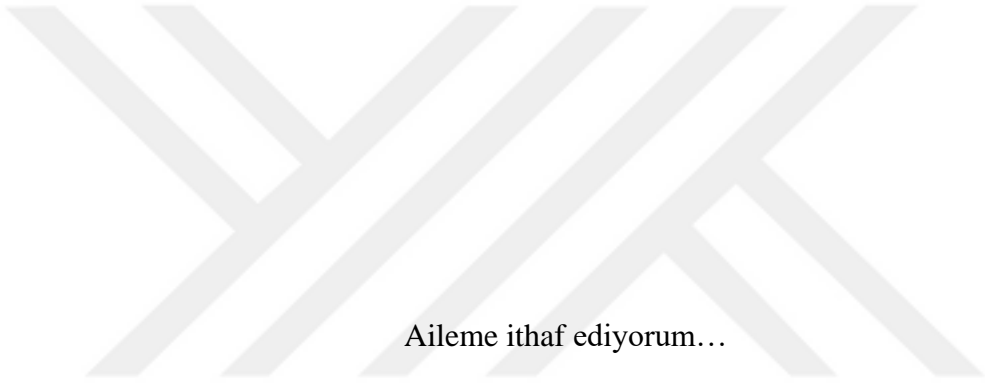
Hashmatullah QASEMI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Deniz ADIGÜZEL

Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı

Maden Mühendisliği Programı

Ağustos, 2023



Aileme ithaf ediyorum...

BÜTÇE DESTEKLERİ

SAMANGAN (AFGANİSTAN) KÖMÜR SAHASINDA MEKANİZASYON UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Bu tez çalışması için herhangi bir kurumdan bütçe desteği alınmamıştır.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince ve tez hazırlama aşamasında değerli önerileri ile katkı ve desteklerini esirgemeyerek rehber olan, kendileri ile çalışmaktan onur duyduğum danışman hocam Sayın Doç. Dr. Deniz ADIGÜZEL'e katkılarından dolayı teşekkür eder, saygılar sunarım.

Yüksek lisans ders aşamasında bilgi ve değerlerinden yararlandığım, önemli yardımlarını aldığım, Maden Mühendisliği Bölüm Başkanımız Prof. Dr. İlgin KURŞUN ÜNVER'e ve bölüm hocalarıma da teşekkür eder, saygılar sunarım.

Çalışmalarım sırasında güçlüklerimi paylaşan, müşfik davranışları ile her zaman yanımda olan Ailem ve sayın Doç. Dr. Mert TERZİ hocama da teşekkür eder, saygılar sunarım.

Ağustos 2023

Hashmatullah QASEMI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEZ KABUL VE ONAYI	ii
BEYAN	iii
BÜTÇE DESTEKLERİ	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ	x
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xv
1. GİRİŞ	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	3
2.1. KÖMÜR	3
2.1.1. Dünyada Kömür.....	6
2.1.2. Türkiye’de Kömür	8
2.2. MADENCİLİKTE KAZI İŞLERİ.....	11
2.2.1. Mekanize Kazı	11
2.2.2. Mekanik Kazıda Kullanılan Kazıcı Makinalar	17
2.2.2.1. Kollu Galeri Açma Makinası.....	19
2.2.2.2 Tamburlu Kesici Yükleyici Makinalar	20
2.2.3. Tahkimat	22
2.2.3.1. Kaya Saplamaları.....	22
2.2.3.2. Püskürtme Beton.....	23
2.2.3.3. Çelik Bağlar	24
2.2.3.4. Ahşap Tahkimat.....	25
2.3. YER ALTI MADEN OCAKLARINDA HAVALANDIRMA	26
2.4. KÖMÜR ÜRETİM VE NAKLİYE ÇEŞİTLERİ.....	28
2.4.1. Yeraltı Üretim Yöntemi.....	29
2.4.1.1. Uzunayak Yöntemi	30

2.4.1.2. Tamburlu Kesici Yükleyici.....	32
2.4.2. Açık (Yerüstü) Üretim Yöntemi.....	34
2.4.2.1. Sürekli Üretim Sistemi	34
2.4.2.2. Lastik Bantlı Konveyör Nakliyatı.....	34
2.4.2.3. Süreksiz (Kesintili) Üretim Sistemi.....	35
2.5. MADENLERDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ.....	36
2.5.1. Madenlerde Risk ve Tehlike	37
2.5.2. Maden İşyerlerinde Karşılaşılabilecek Tehlikeler	37
2.5.3. Madencilik İşyerlerinde Risk Yönetimi.....	37
2.5.4. Maden İşyerlerinde Tehlike Kontrol Metotları.....	38
3. YÖNTEM	39
3.1. AFGANİSTAN'IN GENEL DURUMU	39
3.1.1. Coğrafyası ve İklimi	40
3.1.2. Enerji Kaynakları.....	42
3.1.3. Kömür Madenlerinde Bulunan Riskler.....	43
3.1.4. Kömür Kaynaklarının Değerlendirilmesi	45
3.1.5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	49
3.1.5.1. Hidro Enerji Potansiyeli.....	50
3.1.5.2. Güneş Enerjisi.....	51
3.1.5.3. Rüzgâr Enerjisi	53
3.1.5.4. Jeotermal Enerji	53
3.2. ÇALIŞMA SAHASI DARA-E-SUF BÖLGESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER	53
3.2.1. Fiziksel ve Coğrafi Özellikleri.....	55
3.2.2. Dara-e-Suf Bölgesinin Jeolojik Çalışmalarının Tarihi	56
3.2.3. Kömür ve Kömürün Kalite Özellikleri	56
4. BULGULAR	59
4.1. ÇALIŞMA SAHASI GENEL DEĞERLENDİRME.....	59
4.2. MEKANİZASYON İŞLEMLERİNDE TÜRKİYE VE AFGANİSTAN KARŞILAŞTIRMASI.....	62
4.3. DAR-E-SUF BÖLGESİ KÖMÜR MADENLERİNİN MEKANİZE KAZIYA UYGUNLUĞU	63
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	70
KAYNAKLAR.....	72
EKLER	77
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI	78

ETİK KURUL İZİN YAZISI	79
KURUM İZİNİ YAZILARI.....	80
ÖZGEÇMİŞ	81



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Bölgelere Göre Dünyada Kömür Üretimi (Atukalp, 2019).....	7
Şekil 2.2: Kömür Üretiminde Bölgesel Pay (%) (Atukalp, 2019).....	7
Şekil 2.3: Türkiye Linyit Yatakları ve Rezervleri (MTA, 2018).	8
Şekil 2.4: Sektörlere Göre Türkiye Kömür Arzı (Atukalp, 2019).	10
Şekil 2.5: Tünel Uzunluğu ile Kazı Maliyetlerindeki Değişimler (Pakes, 1991).	12
Şekil 2.6: Mekanize Kazı Makinelerde Kullanılan keski Tipleri (Bilgin, 1989).	15
Şekil 2.7: Kalem ve Kama Keski Tasarım Parametreleri (Bilgin, 2007).....	15
Şekil 2.8: Keskinin Sınırları (Bilgin, 1989).	15
Şekil 2.9: Keski Kuvveti Bileşenleri (Tiryaki, 1994).	16
Şekil 2.10: Aşağıya, Yukarıya ve Kapalı Kesme İşlemlerinde Kesme Gelişimi.....	17
Şekil 2.11: TBM Parçaları (Çınar ve Feridunoğlu, 1994).....	18
Şekil 2.12: Farklı Tünel Açma Yöntemlerinin Kullanım Aralığı (TS 6806, 1989).	18
Şekil 2.14: L Tipi Kesici Yükleyici Makinenin Parçaları (Turan, 2004).....	21
Şekil 2.15: Çift Tamburlu Kesici Yükleyici	21
Şekil 2.16: Doğu Delaware Tüneli (Perez, 1952).....	22
Şekil 2.17: 1927 Yılındaki Püskürtme Beton Uygulaması- Ulmberg Tüneli (Kovari, 2013a).	23
Şekil 2.18: Yük Kemerleri a) Bierbaumer, 1913 b) Terzaghi ve diğ, 1946.	24
Şekil 2.19: Çeliğin Gerilme-Birim Deformasyon Eğrisi (Aksoy ve Kömürlü, 2017).	25
Şekil 2.21: Ahşap Kasa Tahkimatı (Aydiner, 2011).	26
Şekil 2.22: Ahşap Kasa Tahkimatı (Aydiner, 2011).	26
Şekil 2.23: Yeraltı Maden Havalandırma Mekanizması (İSG Tedbir, 2016).	27
Şekil 2.25: Oda-Topuk Yönteminin Genel Gösterimi (Gertsch ve Bullock, 1998).	29
Şekil 2.26: Uzunayak Yönteminin Genel Şekli (Özyurt, 2018).	31

Şekil 2.27: Uzunayak Mekanizasyon Genel Şekli (Özyurt, 2018).	31
Şekil 2.28: Tamburlu Kesici Yükleyici (Ghose ve Singh, 1977).	34
Şekil 2.29: Sürekli Üretim Sistemine Örnek (Direct Industry, 2023).	34
Şekil 2.30: Bantlı Konveyörlerin Temel Elemanları (Alışverişçi, 1985).	35
Şekil 2.31: Dragline Ekskavatör (Çobanoğlu, 2016).	35
Şekil 2.32: Dragline Yükleyici Kombinasyonu (ETKB, 2023).	36
Şekil 2.33: Risk Kontrol Yöntemlerinde Hiyerarşik Sıralama	38
Şekil 3.1: İllere Göre Afgan Kabileleri Haritası (Mepanews, 2021).	40
Şekil 3.2: Afganistan'ın Arazi ve Yükseklik Haritası (AH, 2021).	42
Şekil 3.3: 2021 Yılı için Dünyadaki Birincil Enerji Tüketimi (Hussainzada, 2021).	43
Şekil 3.4: Afganistan Kömür Madenleri (Najafzade, 2006).	45
Şekil 3.5: Afganistan'daki Toplam Kömür Tüketimi (EIA Afganistan, 2021).	48
Şekil 3.6: Afganistan Yenilenebilir Enerji Tüketimi (EIA Afganistan, 2023).	50
Şekil 3.8: Afganistan Kömür Rezervlerinin Haritası (Wikipedia, 2023).	54
Şekil 4.1: Dar-e-Suf havzasının stratigrafik kesiti (Saayid, 2019).	61
Şekil 4.2: Afganistan Samangan Kömür Madeni (Saayid, 2019).	64
Şekil 4.3: Afganistan Samangan Kömür rezervi (Saayid, 2019).	64
Şekil 4.4: Dara-e-Suf Gule Birinci Kat.	66
Şekil 4.5: Dara e Suf Gule İkinci Kat.	67
Şekil 4.6: Dara-e-Suf Gule Üçüncü Kat.	68

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Dünyanın en Büyük Kömür Rezervlerine Sahip Ülkeleri	6
Tablo 2.2: Türkiye Kömür Rezervlerinin Dünya Rezervleri İçindeki Payı (%).....	8
Tablo 2.3: Türkiye Linyit Rezervleri (TKİ, 2018).....	9
Tablo 2.4: Türkiye'deki Taşkömürü Rezervleri (ton) (TTK, 2018).....	9
Tablo 0.5: Kaya Kesilebilirliğini Etkileyen Özellikler (Özçelik vd, 2000).....	13
Tablo 0.6: Üreticiler Tarafından Kullanılan Deneysel Sistemler (Ghose, 1982).....	14
Tablo 2.7: Kollu Galeri Açma Makinalarının Sınıflandırılması (Matti, 1999).....	20
Tablo 2. 8: Uzunayak Yönteminin Uygulanabilmesi İçin Gereken Koşullar(Şimşir, 2015)...	30
Tablo 2.9: Uzunayak Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları (Köse ve Tatar, 2011; Kuzu, 2013; Özer, 2013; Şimşir, 2015).....	32
Tablo 2.10: Tamburlu Kesici – Yükleyici ve Pulluk Sistemlerinin Karşılaştırılması (Çetinkaya, 2019).....	33
Tablo 3.1: Afganistan'ın İklim Türleri (AİVHD, 2021).....	42
Tablo 3.2: Yıllara göre Afganistan'ın Nüfusu ve Yıllara göre Değişimi (Anonim, 2019)....	42
Tablo 3.3: Yıllara Göre Birincil Enerji Verileri (EİA Afganistan, 2021).....	43
Tablo 3.4: Afganistan'daki Mevcut Kurulan Hidroelektrik Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı (Shirzad ve Tarhan, 2019).....	49
Tablo 3.5: Afganistan'daki Hidrolik Potansiyelin Bölgelere Göre Dağılımı (Shirzad ve Tarhan, 2019).....	49
Tablo 3.6: Afganistan'da Güneş Enerjisi Kullanılan Ürünler ve Maliyetleri (Laame, 2021)..	51
Tablo 4.1: Dar-e-Suf havzasının stratigrafik kesitinde bulunan jeolojik birimler (Saayid, 2019).....	67

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
AF	: Afganistan
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AKB	: Asya Kalkınma Bankası
BMKP	: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
HT	: Hidrolik Tahkimat
KGAM	: Kollu Galri Açma Makineler
KRKB	: Kırsal Rehabilitasyon ve Kalkınma Bakanlığı
KYM	: Kesici Yükleyici Makineler
ZK	: Zincirli Konveyörler

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAMANGAN (AFGANİSTAN) KÖMÜR SAHASINDA MEKANİZASYON UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Hashmatullah QASEMI

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı

Maden Mühendisliği Programı

Danışman: Doç. Dr. Deniz ADIGÜZEL

Bu çalışmada Afganistan Samangan ilinde bulunan mevcut kömür sahası hakkında bilgi vermek, mekanize kazıya uygunluğunu ve maden çıkartma aşamasında kullanılan makine ve yöntemlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Afganistan kömür madenciliği ülkenin iç savaşlarla mücadelesi ve güvenlik sorunları nedeniyle teknolojik olarak çok gelişmemiş olup, genellikle geleneksel yöntemler ile kazı çalışmaları yürütülmektedir. Bu durum, verim kaybına ve güvenlik risklerine neden olmaktadır. Bu çalışmada ilk önce kömür hakkında bilgi verilmiş olup, madencilikte kazı işleri, kullanılan kazıcı makineler, kömür üretimi ve nakliye çeşitleri, madenlerde iş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra Türkiye'deki kömür madenlerinde kullanılan üretim yöntemleri sunulmuştur. Son olarak Afganistan ve Türkiye'deki kömür madenlerindeki üretim yöntemleri karşılaştırılmış ve Afganistan Samangan ilinde bulunan Dara-e-Suf kömür sahasında kullanılan mekanizasyon işlemleri ortaya konulmuştur.

Ağustos 2023 , 96 sayfa.

Anahtar kelimeler: Afganistan, Enerji, Kömür, Mekanize Kazı

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION OF THE APPLICABILITY OF MECHANIZATION IN SAMANGAN (AFGANISTAN) CAOL BASIN

Hashmatullah QASEMI

İstanbul University-Cerrahpaşa

Graduate School of Education

Department of Engineering Sciences

Mining Engineering Program

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Deniz ADIGÜZEL

In this study, it is aimed to give information about the existing coal field in the Samangan province of Afghanistan, to determine its suitability for mechanized excavation and the machines and methods used in the mining phase. Afghanistan coal mining is not very technologically developed due to the country's struggle with civil wars and security problems, and excavations are generally carried out using traditional methods. This causes loss of efficiency and security risks. In this study, firstly, information about coal was given, and information was given about excavation works in mining, excavator machines used, coal production and transportation types, and occupational health and safety in mines. Then, the production methods used in coal mines in Turkey are presented. Finally, the production methods in coal mines in Afghanistan and Turkey were compared and the mechanization processes used in the existing coal Dara-e-Suf coal field in the Samangan province of Afghanistan were revealed.

August 2023, 96 pages.

Keywords: Afghanistan Energy, Coal, Mechanized Excavation

1. GİRİŞ

Günlük hayatımızda neredeyse her şeyi mümkün kılan mineraller ve kömür gibi hammaddelerle çevriliyiz. Ancak, onları görmesek bile hayatımızın her yerinde bulduklarından sık sık onları hafife alırız. Işıklarımızı açık tutarlar, üretim için temel yapı taşlarını sağlarlar ve hepimizin bağlı olduğu ileri teknolojiler için hayati önem taşıyan malzemeler sağlarlar. Özellikle kömür, dünyanın en bol enerji kaynaklarından biridir ve kullanımını giderek artmaktadır.

Madencilik ürünleri, gelişmiş toplumumuzun en temel ihtiyaçlarının karşılanmasına yardımcı olmada merkezi bir aşamaya gelmektedir. Madencilik olmadan bol miktarda gıda tedariki, giyecek, barınak, elektrik, ulaşım ve iletişim mümkün olmazdı. Örneğin kömür, kullandığımız elektriğin üçte birini sağlamaktadır. Kömür hayatımızda böylesine hayati bir rol oynadığından, üretimi ve işlenmesi büyük ölçüde iyileştirilmiş ve geliştirilmiştir. En temel madencilik yöntemlerinden şu anda sahip olduğumuz karmaşık makineler kadar, kömür madenciliği endüstrisi çok gelişmiştir. Ancak kömür kaynakları olan tüm ülkeler ne yazıkki bu gelişmelerden yararlanamıyor. Afganistan bu duruma en uygun örneklerden biridir.

Afganistan, potansiyel olarak çok sayıda kömür kaynaklarına sahiptir. Afganistan, 2016 yılı itibarıyla 73 milyon ton (MMst) kömür rezervine sahip olduğu kanıtlanmıştır. Dünyada 62. sırada yer almaktadır. Bununla birlikte, çoğu rezerv nispeten derindir veya şu anda erişilemez durumdadır. Tarihsel olarak kömür, ülkede küçük sanayilere (özellikle çimento üretimi, tekstil imalatı ve gıda işleme) güç sağlamak için ve birincil ev yakıt kaynağı olarak kullanılmıştır. Engebeli arazi koşulları, ulaşım ağları ve endüstriyel altyapının olmaması yaygın kömür kullanımını sınırlayan ana faktörler olarak bilinmektedir. Bu durum madenciliği, madencilik işçileri için çok tehlikeli ve riskli hale getirmiştir. Tünellerin çökmesi veya haftalarca orada mahsur kalması nedeniyle çok sayıda işçi yaralanmış veya hayatını kaybetmiştir. En son meydana gelen kaza 2021'de, Kuzey Afganistan'da geçici bir kömür madeninin çökmesinde beş madencinin hayatını kaybetmesi ile sonuçlanmıştır.

Kömür madenciliğinde mekanize kazı, riskleri ve tehlikeleri azaltmak için büyük ölçüde yardımcı olabilir. Tünel Açma Makinesi (TAM), Hidrolik Tahkimat (HT), Kesici-Yükleyici

Makineler (KYM) ve Zincirli Konveyörler (ZK) bu makinelerin en etkili örnekleridir. Bu makinelerin çoğu pahalı ve çalıştırılması zor olsa da, madencilik sektörü üzerindeki olumlu etkileri inkâr edilemez. Tüm bu ekipmanları kullanmak, Afganistan'ın ekonomik durumu ve eğitim görmüş personel eksikliği göz önünde bulundurulduğunda Afganistan için çok mümkün görülmemektedir. Ancak kapasite geliştirme konusunda zincirli konveyörler gibi daha az karmaşık olanları tercih edip onlar hakkında bilgi edinilebilir.

Bu çalışmada; kömür ve mekanize kazı hakkında bilgi verilecek, daha sonra çalışma sahası Dara-e-Suf bölgesinin kömür rezervleri hakkında bilgi verilecek ve son olarak Afganistan ve Türkiye'deki kömür madenlerindeki üretim yöntemleri karşılaştırılarak Afganistan Samangan ilinde bulunan mevcut kömür sahasının mekanize kazıya uygunluğu ortaya konulacaktır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. KÖMÜR

Kömür; farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip heterojen içeriklere sahip, kahverengiden siyaha kadar değişen sedimentler, yanabilir bir kayadır. Kömür karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşiminden oluşan, kaya tabakalarının arasında damar halinde yer alan ve uzunca bir süre (milyonlarca yıl) ısı, basınç ve mikrobiyolojik etkilerin sonucunda meydana gelmektedir (Atukalp, 2019). Kömür, yaşayan ve yaşamış bitkilerin kalıntılarında oluşan fosil yakıttır. Kömüre yenilenemez enerji kaynağı denilmektedir. Çünkü oluşması milyonlarca yıl almaktadır.

Kömür; bilimsel ve ticari olmak üzere iki ana başlık altında sınıflandırılmaktadır. Bilimsel sınıflandırmalar; büyük oranda kömürün orijini, içeriği, yapısı ve temel özellikleri ile ilgilenirken, ticari sınıflandırma ise daha çok kömürün piyasa değeri, kullanım amacı ve teknolojik özellikleri ile ilgilenmektedir. Kömür, çeşitli parametreler dikkate alınarak ülkelere göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmalar, endüstrilerinde büyük miktarlarda kömür kullanan Amerika Birleşik Devletleri, Almanya ve Birleşik Krallık gibi gelişmiş ülkeler tarafından yapılmaktadır. Kömür Seyler, İngiliz NCB, Alman Kuralları, Alpern ve ASTM'ye göre sınıflandırılabilir (Ünal, 2010).

Kömür, katı yakıt anlamına gelen ve yanıcı tortul kayalar içeren bir terimdir. Kömür beş ana kategoride sınıflandırılır. Antrasit, bitümlü, yarı bitümlü, linyit, turba. Öte yandan, farklı kömür türlerini uluslararası olarak sınıflandırmak başlıca iki nedenden dolayı zordur. Bu nedenler şöyle sıralanabilir (DPT, 1991):

- Kömür kalitelerinin ulusal ve uluslararası düzeyde segmentasyonu (Sınıflandırma sistemi ayrıca kalorifik değer, uçucu madde miktarı, sabit karbon, koklaşma özellikleri ve en az iki kriterin kombinasyonuna bağlı olarak da değişir. Bir gruptaki kömürün göreceli değeri kül, fosfor, kükürt, klor ve bazı elementlere bağlı olsa da bu faktörler kategoriler arasındaki ayrımı etkilemez).
- Mevcut bilgiler ve kimyasal analizler ışığında, kömürün özellikleri tam olarak açıklanamaz. Kömürün karbonizasyon işlemi ve yatağı, uçucu madde ve kül içeriği,

kükürt, nem ve mineral içeriği, sabit karbon içeriği, Jeolojik, litolojik, fiziksel, kimyasal ve termal özellikler açısından farklılık göstermeleri birçok ülkeyi benzer özellik ve benzer değerlere göre sınıflandırmaya zorlamıştır (TTK, 2018).

1957 yılında Uluslararası Standardizasyon Örgütü'nün (ISO) desteğiyle birçok ülkede ilk olarak Uluslararası Kömür Komisyonu tarafından sağlanan numuneler üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda genel bir sınıflandırma yapılmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) / Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), kömür üretimi ve ticareti, kalorifik değeri, sabit karbon içeriği, uçucu madde içeriği, aglomerasyon ve koklaşma özelliklerine göre taşkömürü (kömür) ve kahverengi kömür (alt bitüm ve linyit) olmak üzere iki ayrı kategoriye ayrılır (TTK, 2018).

Taş kömürü ve linyit, 1978'den beri IEA/OECD kömür istatistiklerinde kömür piyasası analizi ve envanterleri olarak alt bölümlere ayrılmıştır. Bu sınıflandırmalara göre;

- Taşkömürü, koklaşabilir taşkömürü, koklaşamayan kömür (diğer taşkömürü, antrasit).
- Kahverengi kömür; kahverengi kömür ve yarı bitümlü kömür olarak ikiye ayrılır. Sınıflandırmalar ülkelere göre değişmekle birlikte 2005 yılından itibaren IEA ortak bir dil oluşturmak için yayınladığı istatistiksel verileri değiştirmiş ve 2010 yılında aldığı karar kapsamında 2012 yılında kömür bitümlü ve linyit olarak sınıflandırılmıştır.

Kömürde karbon/enerji ve nem oranı ters orantılı olup, nem içeriği yüksek olan kömür linyit; karbon/enerji içeriği yüksek, nem içeriği düşük olan kömür ise taşkömürüdür. Taşkömürü; bitümlü ve antrasit kömürün toplamından, linyit ise yarı bitümlü kömür ve linyitin toplamından oluşur. Bu kömürlerin kullanım alanları şu şekilde belirlenebilir (BP, 2018; TMMOB, 2015).

- Antrasit, yüksek oranda koklaşmış en eski kömür şeklidir ve çoğunlukla endüstriyel ve ısıtma amaçlı kullanılır.
- Orta ve yüksek derecede koklaşmaya sahip taş kömürleri (düşük dereceli taşkömürlerinden daha eski) endüstride, gazlaştırmanın yanı sıra koklaştırma, ısıtma, özellikle çelik ve alüminyum üretiminde kullanılabilir. Yüksek fırında kok yapmaya uygun kömüre koklaşabilir taş kömürü (metalurjik kömür) denir. Kok kömürü içermeyen diğer taşkömürleri genellikle termal kömürler olarak anılır.

- Alt bitümlü kömür, linyitten daha uzun süre yeraltında kalır ve öncelikle enerji üretimi için kullanılır.
- Kömürün en yeni hali olan linyit, neredeyse sadece elektrik üretimi için kullanılır.

Linyit ise ıslak, külsüz durumda 24 MJ/kg'dan (5.700 kcal/kg) azdır ve toplam nem içeriğine ve ısı değerine göre sınıflandırılır. Uluslararası Kömür Sınıflandırması tarafından kabul edilen başka bir sınıflandırma yöntemi, karbon içeriğinin birincil değişken olduğu koklaşma derecesi (kömür derecesi) sınıflandırmasıdır. Yüksek dereceli kömür ve düşük dereceli kömür, ısı değere göre uçucu içeriğine göre sınıflandırılır. Kömürün genel sınıflandırmasına bakıldığında, karbonizasyon aşamasına bağlı olarak şu şekilde açıklanabilir (Ünalın, 2010).

Turba; sulak topraklarda (sulak alanlarda) yetişen bitkilerin çürümesi ve birikmesi sonucu oluşan ve bakteriler tarafından kısmen ayrıştırılan artıklardır. Turba derine gömülmediği için toprak sıcaklığından veya statik kaya basıncından etkilenmez, sertleşmez veya yanmaz. Turba, soluk koyu kahverengi ile siyah, çok nemli, oldukça gözenekli bir tortudur. Turba humus kömürü olarak uzun süre depolanır. Koklaşma derecesine bakıldığında genç kömürün daha fazla oksijen ve nem içerdiği için daha az ısındığını söyleyebiliriz. Ancak bulunabilirliği ve düşük maliyeti nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Ersoy Meriçboyu ve diğ., 1998).

Kok Kömür, bitümlü kömürün damıtılmasıyla elde edilen, oksijensiz ortamda 1000°C civarında uçucu hale gelen, düşük kül ve kükürt içeriğine sahip, koyu gri, sert, gözenekli, yüksek karbonlu bir kömürdür. Çelik endüstrisinde kullanılır.

Asfaltit; Ham petrolün oksidasyon yoluyla katılaşması ve uçucuların kaybolması ile jeolojik zaman içinde oluşan sert, siyah bir asfalttır.

Kömür, karbon elementiyle birlikte hidrojen, oksijen, azot ve kükürt gibi diğer elementleri de içerir. Kömürün yapısı, karbon içeriği ve kömürün oluşum sürecine bağlı olarak değişir. Kömür, genellikle üç ana türde sınıflandırılır: linyit, taşkömürü ve antrasit. Bu sınıflandırma, kömürün karbon içeriği ve enerji değerine dayanır. Kömür, katı bir yapıya sahiptir ve genellikle karbon atomlarından oluşan düzenli bir kristal yapıya sahiptir. Ancak, kömürün içinde gaz ve sıvı hidrokarbon bileşikleri de bulunabilir. Kömür, yaygın olarak enerji üretimi için kullanılan bir yakıt olmasının yanı sıra, çelik üretimi ve endüstriyel süreçlerde de kullanılır. Bunun yanı sıra, kömürün yakılması sonucunda ortaya çıkan emisyonlar çevresel

sorunlara neden olabilir. Kömürün kullanımı çevresel etkileri nedeniyle tartışmalı bir konudur (TKİ, 2023; Şentürk, 2020).

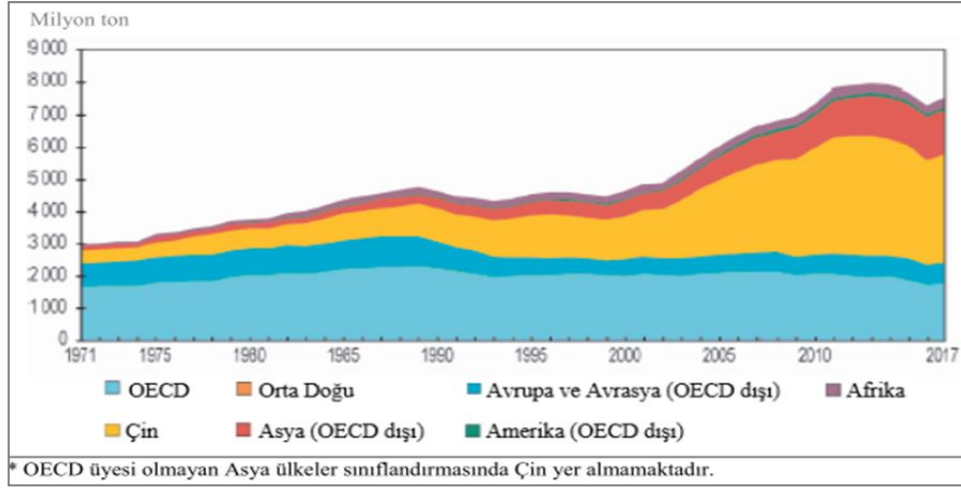
2.1.1. Dünyada Kömür

Petrol dünyanın en önemli enerji kaynağıdır. Tüketim açısından, kömür sadece petrolden sonra ikinci sıradadır. IEA'ya (2018) göre, 2016 yılında toplam yakıt arzında %31,9'luk pay ile petrol bir numaralı yakıt ardından %27,1 ile kömür, %21,1 ile doğalgaz en önemli enerji kaynağı haline gelmiştir. Dünya Enerji Konseyine göre dünyanın kanıtlanmış kömür rezervi 891 milyar tondur. Toplam dünya rezervlerinin yaklaşık 1,03 trilyon olarak tahmin edilmiştir. Dünyanın kanıtlanmış faydalı kömür rezervleri 201 milyar ton linyit, 287 milyar ton alt bitümlü kömür, 403 milyar ton antrasit ve bitümlü kömür olarak belirlenmiştir. Buna göre söz konusu kömür rezervlerinin, %23'ü linyit, %32'si alt bitümlü kömür, %45'i ise antrasit ve bitümlü kömür kategorisindedir (BP, 2018; TKİ, 2018). Tablo 2.1'de ülkelerdeki rezervlerin büyüklüğünü göstermektedir. Tablo 2.1'de dünyadaki en büyük kömür üretici ülkelerin rezerv durumları verilmiştir.

Tablo 2.1: Dünyanın en Büyük Kömür Rezervlerine Sahip Ülkeleri ve Rezerv Durumları (BP, 2018).

	Taşkömürü (Milyon ton)	Kahverengi kömür (Milyon ton)	Toplam (Milyon ton)	Yüzde
ABD	220.800	30.116	250.916	24,2
Rusya	69.634	90.730	160.364	15,5
Avustralya	68.310	76.508	144.818	14,0
Çin	130.851	7.968	138.819	13,4
Hindistan	92.786	4.942	97.728	9,4
Diğer	135.929	106.438	242.367	23,5
Dünya Toplamı	718.310	316.702	1.035.012	100,0

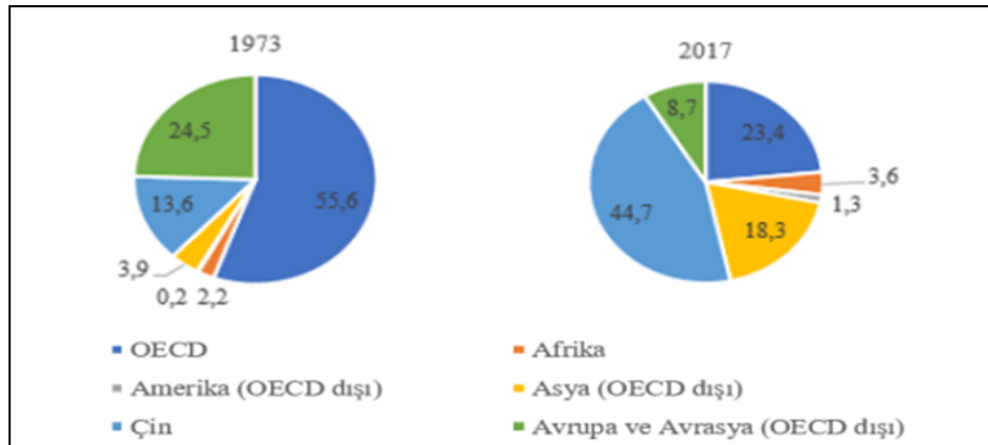
Kömür madenciliğinin değeri düşünüldüğünde ülkelerin sanayileşmesi de önemlidir. Tablodaki verilere göre ABD birinci sırada yer almaktadır. Şekil 2.1 de 1971-2017 yılları arası bölgelere göre küresel kömür üretimi verilmiştir.



Şekil 2.1: Bölgelere Göre Dünyada Kömür Üretimi (Atukalp, 2019).

Şekil 2.1 de de görüldüğü gibi OECD ülkelerinin kömür üretimi bu dönem boyunca neredeyse sabit kalmıştır, Çin'in kömür üretimi ise 1995'ten bu yana artıyor ve 2017'de OECD ülkelerini geride bırakmıştır.

Şekil 2.2 her ülkenin küresel kömür üretimindeki payını gösteren analiz sonuçlarını göstermektedir. Buna göre 1973 yılında 3.074.000 ton olan dünya kömür üretimi, 2017 yılında 7.549.000 tona ulaşmıştır. Şekil 2.2'de gösterildiği gibi, kömür üretimi artmasına rağmen, OECD üyesi ülkenin kömür üretimindeki payı 46 yılda %50'den fazla düşüşle 6'dan dördüncü sıraya gerilemiştir. Benzer şekilde OECD dışı Avrupa ve Avrasya Küresel kömür üretimindeki payları raporlama döneminde önemli ölçüde düşerek %8,7'ye gerilemiş ve Çin ve OECD üyesi olmayan Asya ülkelerinden gelen kömür üretimindeki pay artmıştır.



Şekil 2.2: Kömür Üretiminde Bölgesel Pay (%) (Atukalp, 2019).

Dünya çapında Çin, Hindistan, ABD, Avustralya, Güney Afrika, Endonezya, Almanya, Rusya, Polonya, Kazakistan, başlıca kömür üreten ülkeler olarak bilinmektedir (Atukalp, 2019).

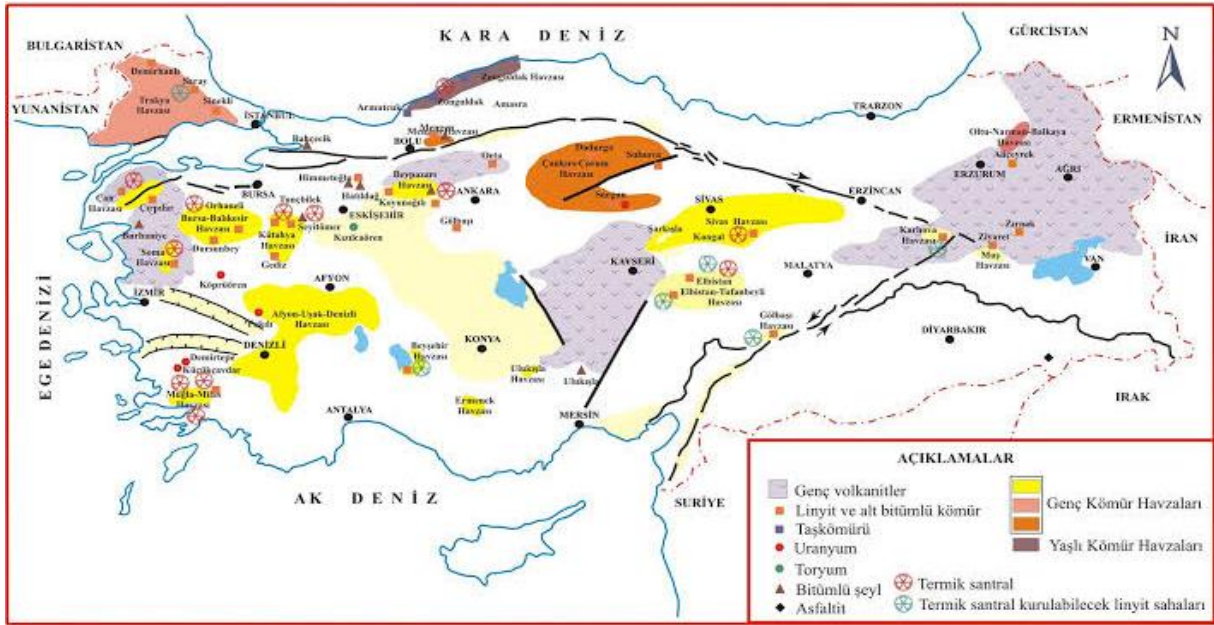
2.1.2. Türkiye’de Kömür

Türkiye, dünya ortalama rezerv ve üretim düzeyinde ortalama linyit ve taşkömür (antrasit) rezervlerine sahiptir. Türkiye'nin kömür rezervlerinin genel durumu Tablo 2.2'de verilmektedir.

Tablo 2.2: Türkiye Kömür Rezervlerinin Dünya Rezervleri İçindeki Payı (%) (TKİ, 2017, 2018).

	Linyit	Kahverengi kömür	Tüm kömürler
2016	7,8	3,2	1,9
2017	8,7	3,6	2,1

Türkiye geneline linyit/alt bitümlü kömür sahaları yayılmış durumdadır. Türkiye linyit kaynağının yaklaşık %10,5’i Konya-Karapınar’da, %5,4’ü Afyon-Dinar’da, %8,3’ü Eskişehir-Alpu’da, %4,9’u Manisa-Soma’da, %29,5’i Afşin-Elbistan havzasında ve %4,3’ü Muğla-Milas’ta yer almaktadır. Sahalardaki linyit/alt bitümlü kömürün ısıl değerleri 1000-5000 kcal/kg arasında değişmektedir. Toplam kahverengi kömür rezervinin yaklaşık %68’i düşük kalorili olup %3,4’ü 4000 kcal/kg, %5,1’i 3000-4000 kcal/kg arasında, %23,5’i 2000-3000 kcal/kg arasında, üzerinde ısıl değere sahiptir (TKİ, 2018a). Şekil 2.3’de Türkiye’deki linyit yatakları gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Türkiye Linyit Yatakları ve Rezervleri (MTA, 2018).

Şekil 2.3 den de görüldüğü gibi maden yatakları ülkenin birçok bölgesine yayılmış durumdadır. Türkiye'deki linyit rezervleri ve kaynak rezervleri Tablo 2.3'de gösterilmektedir.

Tablo 2.3: Türkiye Linyit Rezervleri (TKİ, 2018).

Saha/Havza Adı	Kaynak Miktarı (milyon ton)
Afşin ve Elbistan (MTA)	515
Tekirdağ ve Çerkezköy	574
Tekirdağ ve Malkara	618
Muğla ve Milas	750
Manisa ve Soma	861
Afyon-Dinar ve Dombayova	941
Eskişehir (Alpu)	1.453
Konya ve Karapınar	1.832
Afşin ve Elbistan	4.642
Diğer Sahalar Toplam	5.080
TOPLAM KAYNAK	17.270

Türkiye'nin en büyük linyit kaynağı Afşin-Elbistan havzasında bulunmaktadır. Bu saha, Türkiye linyit rezervinin yaklaşık %29,5'ini oluşturmaktadır (TKİ, 2018). Türkiye'de en önemli taşkömürü rezervleri Zonguldak Havzası'nda bulunmaktadır. Türkiye'deki yaklaşık olarak bütün taşkömürü rezervleri, Türkiye'deki ana taşkömürü üreticisi olan devlete ait Türkiye Taşkömürü Kurumu'na aittir. Havzadaki taşkömürü rezervleri 1,5 milyar ton olarak belirlenmiştir. Bu rezervin yaklaşık %50'si görünür rezervdir. Havza kömürlerinin kalorifik değeri 6.200 - 7.250 kcal/kg arasında değişmektedir (IEA, 2018; TTK, 2018).

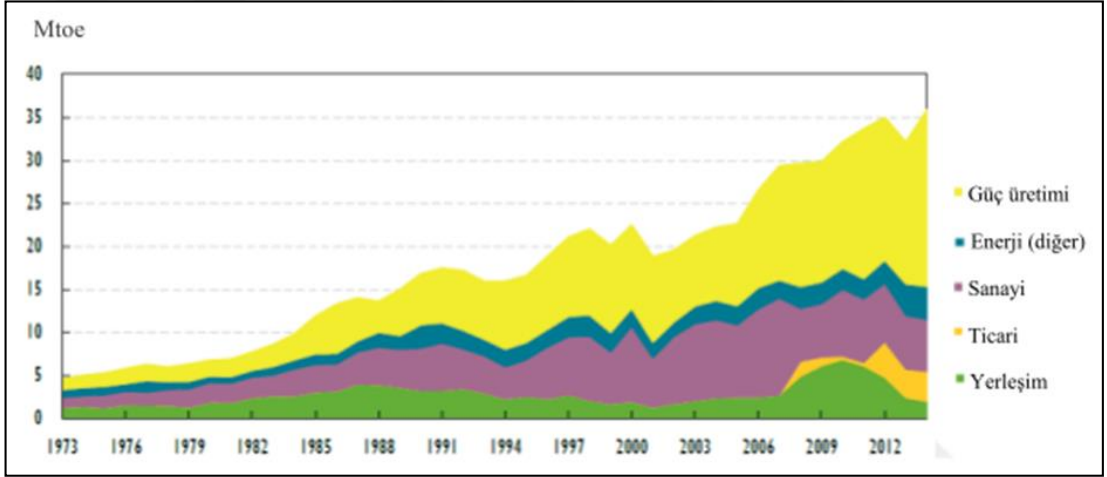
Zonguldak havzasındaki kömür ocaklarının yer aldığı bölgeler itibariyle taşkömürü rezervlerinin 2017 yılı için dağılımı Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4: Türkiye'deki Taşkömürü Rezervleri (ton) (TTK, 2018).

REZERV	Hazır	Görünür	Muhtemel	Mümkün	TOPLAM
Armutçuk	1.909.048	6.174.821	15.859.636	7.883.164	31.826.669
Kozlu	3.320.811	63.052.937	40.539.000	47.975.000	154.887.748
Üzülmez	382.384	133.756.420	94.342.000	74.020.000	302.500.804
Karadon	1.848.519	130.855.192	159.162.000	117.034.000	408.899.711
Amasra (A)	440.000	4.159.659	3.693.649	7.758.000	16.051.308
Amasra (B)	-	395.954.757	151.161.950	58.812.778	605.929.485
TTK	7.900.762	733.953.786	464.758.235	313.482.942	1.520.095.725

TTK, üretim faaliyetlerini Zonguldak ve Bartın bölge sınırları içerisinde beş firmada sürdürmektedir. Armutçuk bölgesinin kaynakları kalorisi yüksek ve külü düşüktür. Amasra kömürü koklaşma özelliğine sahip değildir. Ancak, metalürjik kömür ile karıştırıldığında bazı koklaşma özelliklerini kaybetmemektedir (IEA, 2018). 2017'de Türkiye'de satılabilir kömür üretimi Linyit 71,5 milyon ton, taşkömürü 1,2 milyon ton ve asfaltit ise yıllık %1,47 düşüşle 73 milyon ton olarak belirlenmiştir.

Türkiye'de tüketilen kömürün yaklaşık %68 elektrik santrallerinde elektrik ve ısıya dönüştürülmektedir. Kömürün %16,8'i sanayide, %9,7'si tarımda ve %5,6'sı konutlar dâhil ticari ve kamu hizmetlerinde tüketilmektedir (IEA, 2018c). 1973'ten 2012'ye kadar Türkiye'de sektörlere göre kömür arzını gösteren Şekil 2.4'e göre, kömür ağırlıklı olarak elektrik üretimi ve sanayi için kullanılmaktadır (Nakoman, 2004).



Şekil 2.4: Sektörlere Göre Türkiye Kömür Arzı (Atukalp, 2019).

Türkiye'de çıkarılan linyitin %80 den fazlası enerji üretiminde kullanılmaktadır. Üretilen elektrik miktarına bakıldığında, toplam kapasitenin yüzde 14'ünün üretilmesinde yerli kömürün, %12,3'ünün ise ithal kömürün etkili olduğu söylenebilir.

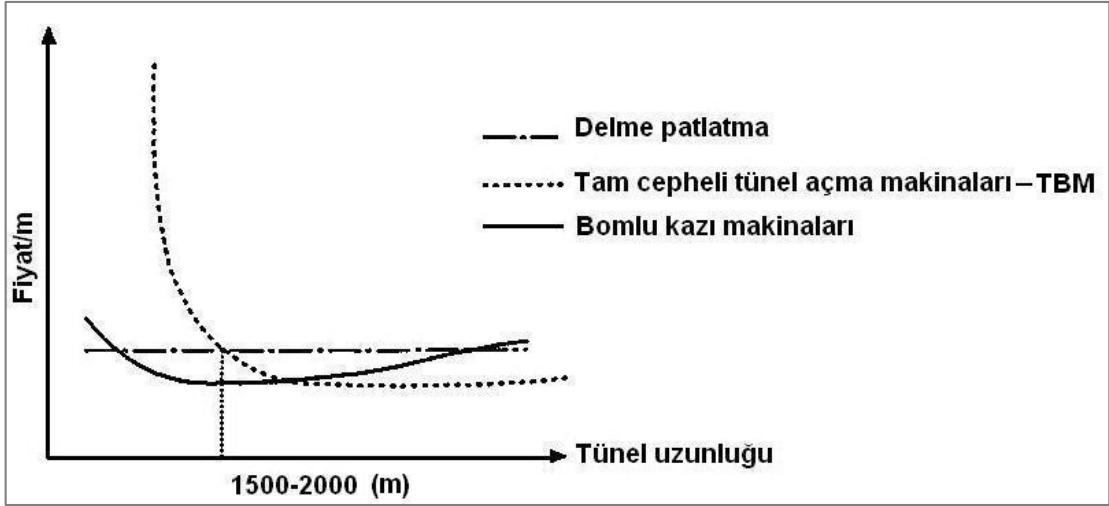
2.2. MADENCİLİKTE KAZI İŞLERİ

Madenlerde kazının amacı, maden yataklarda bulunan değerli mineralleri çıkarmaktır. Madencilik, birçok ardışık veya eş zamanlı birim işlemleri gerektirir. Teknoloji geliştikçe özellikle konvansiyonel ve kuyu içi sondaj operasyonlarında mekanizasyonun kullanımı artmaktadır. Ancak, kazı işlerinin mekanizasyon durumu, yalnızca teknolojinin modern yeteneklerine değil, aynı zamanda maden yatağının jeolojik yapısına da bağlıdır (Saltoğlu, 1976).

2.2.1. Mekanize Kazı

Teknolojik gelişmelerin üretimde optimum verimlilik ve operasyonel verimliliğin sağlanmasında kilit rol oynaması nedeniyle makine destekli madencilik, madencilik endüstrisinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Yeraltı madencilik işlemleri ilk olarak insan emeği ile başlamıştır. 20. yüzyılın başlarındaki sanayi devrimi, kömür talebinde artışı beraberinde getirmiştir. Makineler, pulluklar ve tamburlu kesiciler, günümüzde yaygın olarak kullanılan mekanik kazı ve uzun ayaklı yöntemlere izin vermek için yapılmış ve kullanılmıştır. Sondaj operasyonlarının mekanizasyonunda yer alan insan sayısı azalmış ve insan emeğinin yerini makineler almıştır. Madencilik işlemlerinde mekanize teknikler kullanmak, delme ve patlatmaya göre daha uygun maliyetlidir. Bu sebeple mekanize kazı yöntemleri tercih edilmektedir.

Tam mekanize kazı yöntemi ile tünel uzunluğu arttıkça tünel birim fiyatı düşmektedir (Şekil 2.5). Ayrıca şekilde başka bir mekanik delme sistemi için en düşük maliyetin 1500-2000 m³ civarında olduğu görülmektedir. Mekanik delme işleminde patlayıcı madde kullanılmaması iş güvenliği açısından da tercih edilmesinin nedenlerinden biridir. Geleneksel inşaat yöntemi ile karşılaştırıldığında, mekanik kazı yöntemi daha az insan gücü gerektirir ve işçilik maliyetlerini düşürür. Bu nedenle, elektrikli sondaj sistemleri daha az işçilik, daha güvenilir ve daha az maliyetlidir (Pakes, 1991).



Şekil 2.5: Tünel Uzunluğu ile Kazı Maliyetlerindeki Değişimler (Pakes, 1991).

Yeraltı yapılarının çevresindeki kaya kütlelerinin tahrip olmasını önleyen, mühendislik ve havalandırma maliyetlerini azaltan mekanize madencilik yöntemlerinde patlayıcı kullanılmamaktadır. Teknolojideki gelişmeler sayesinde, madencilik hafriyat ekipmanı arzu edilen birçok amaca hizmet edebilir.

Yeni yerleşim alanlarının ortaya çıkması ve nüfusun artmasıyla birlikte özellikle büyük şehirlerde trafik sorunu yaratmıştır. Büyük şehirlerde trafiği rahatlatmak ve hızlı ulaşımı sağlamak için yer altı ulaşım sistemleri (tünel, metro) kullanılmaktadır. Bu yeraltı sistemlerini inşa etmek için çeşitli makineler kullanılır. Özellikle kentsel açık yer altı yapılarında (metrolar gibi) kazı ve patlatma yöntemleri sakıncalıdır. Bu yöntem patlamalarla tünel çevresinde zayıf noktalar oluşturarak tünelin hassasiyetini azaltır. Ayrıca istenilen ebatlarda düz tünel kesitleri elde etmek oldukça zordur. Bir ekskavatörde bu tür sorunlar daha az olasıdır. Mekanik sistemin amacı, mümkün olan en az enerjiyle büyük miktarda kayayı parçalamaktır. Bu amaca ulaşmak için, kaya kırmanın özelliklerinden yararlanmamız gerekmektedir. Özellikle ana kayanın zayıfladığı alanlar dikkate alınmalıdır. Dünyanın doğal genleşme hızı, sıcaklık ve akışkanlık dâhil olmak üzere birçok faktör kayaların özelliklerini etkiler. Bunların en önemlisi, Dünya'nın doğal sürekliliğinin azalmasıdır (Bilgin, 1989).

Kayaların özelliklerini belirlemek, bugün kullanılan kaya mekaniğinin bazı temel modellerini ve ilkelerini belirlemek için çok çalışma yapılmıştır. Kömür, cevher ve yardımcı kayaların geri alınabilirliği, ekskavatörün belirli kaya oluşumlarında çalışmasını sağlamak için üreticilere ek tasarım bilgileri sağlamak üzere ilk önce test edilmeli ve saha araştırması yapılmalıdır. Temel amaç, kömür, cevher ve kaya kütlesi hakkında bilgi toplamak, saha

deneyleri yapmak ve laboratuvar deneyleri için kaya örnekleri seçmektir. Bu deneyler, kayaları kesmek için gereken kesme kuvvetlerini (kesme kuvveti (F_C), normal kuvvet, (F_N)) ve özgül enerjiyi (özellikli enerji girişi) (S_E) belirler (Tunçdemir ve Bilgin, 2002).

Özçelik ve diğ.(2000), kazıcılar tarafından kayaların kesilebilirliğini etkileyen birçok parametre olduğunu ileri sürmektedir. Koşullara bağlı olarak, bu parametreler: kesme ekipmanının özellikleri, kesilen malzemenin özellikleri ve kesme ortamının çalışma koşullarının özellikleri olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Aşağıdaki tabloda kaya kesilebilirliğini etkileyen parametreler gösterilmektedir.

Tablo 2.5: Kaya Kesilebilirliğini Etkileyen Özellikler (Özçelik vd, 2000).

Sabit Özellikler	Değişken ve/veya Yarı değişken Özellikler
<p>Kesilecek Malzemenin Mühendislik Özellikleri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fiziko-Mekanik Özellikler • Kimyasal Özellikler • Mineralojik Özellikler • Petrografik Özellikler • Tane-Yönlenmesi ve Dolgulu Dolgusuz • Süreksizlik • Yapısal Özellikler 	<p>Kesme Cihazının Özellikleri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disk Çapı • Soket Durumu • Metalürjik Matris Yapı • Tolerans Siniri • Elmas Türleri • Disk Aşınması • Kesme Ortamında Çalışma Koşullarının Teknik Özellikleri • Kesme Kuvveti • Su Miktarı • İlerleme Hızı • Motor Hızı • Çevresel Hız • Kesme Derinliği • Upcut Ve Downcut Kesme Parametreleri

Ekipman üreticileri, toprak geçirgenliğini ölçmek için çeşitli yöntemler kullanır. Bu yöntemler Tablo 2.6’de gösterilmiştir. Tablo 2.6’ye bakıldığında farklı firmaların diğerlerinden farklı deneysel yöntemler kullandığı anlaşılmaktadır. Mekanize kazı işlerinde birçok keski tipi kullanılmaktadır. Mekanize kazı makinelerinde kullanılan keski tipleri Şekil 2.6’da gösterilmektedir.

Tablo 2.6. Üreticiler Tarafından Kullanılan Deneysel Sistemler (Ghose, 1982).

Üretici Firma	Kullandığı Deneysel Yöntemleri
Atlas Copco	Büyük blok kesme testi, tek eksenli basınç dayanımı testi, Mohs sertlik testi, sementasyon, yarma, süreksizlik tespiti
Dresser	Uç batırma deneyi
Javra	Reedtool Testi, Kaya Sertliği İndeksi Özellikleri
Caldweld	Mikroçip delme testi, bit penetrasyon testi
Lawrance	Uç batırma deneyi
Robbins	Darbe direnci, basınç direnci, aşınma direnci, çizilme direnci, klorik asit reaksiyon testi
Dosco	Mukavemet, aşınma ve kesme testleri
Anderson stratchclyde	Mukavemet ve kesme testi
Reed	Pik penetrasyon testi, darbe testi

Kama Tipli Uçlar

Kobalt ve tungstenden yapılan bu uçlar, ucuz olmaları ve belirli koşullar altında daha verimli kazabilmeleri nedeniyle tercih edilir. Sert ve aşındırıcı oluşumlarda genellikle etkisizdirler. Bu matkap uçları genellikle kömür ve yumuşak kayaları kesmek için kullanılır. Radyal kamalı kesici uçlar, daha az verimli bir uç türüdür. Ayrıca, yavaşlık verimliliği azaltır. Çoğu durumda, kalem uçlu keski radyal keskilere tercih edilir. Çünkü kalem uçlu keski kendiliğinden bileme özelliğine sahiptir (Shahriar, 1988). Kama ve kalem keski tasarım parametreleri Şekil 2.7’de gösterilmektedir

Disk Keski

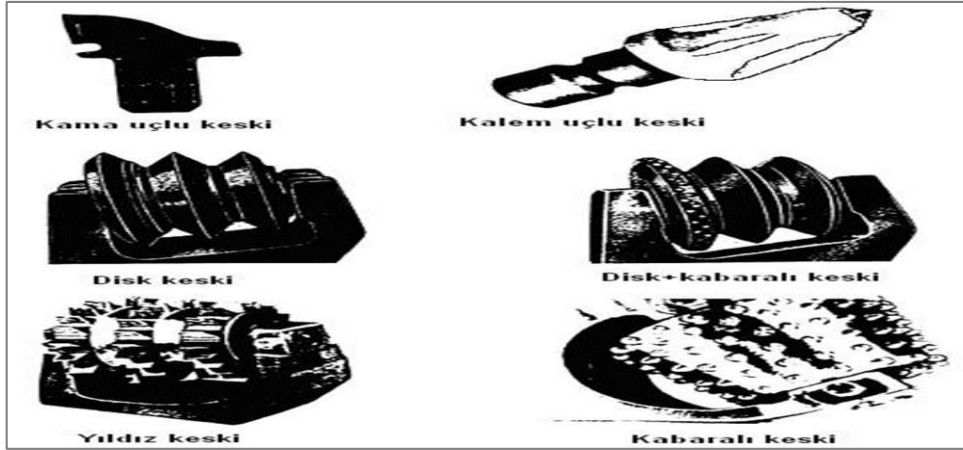
Konik uçlu, serbestçe dönen bir disk şeklindedir. Batan kaya için yüksek boylamasına kuvvet gerektirirler. Çok az aşındırıcılar ve taş öğütürler. Hem kazarken hem de keserken daha verimlidirler. Esas olarak tam geçişli tünel açma makinelerinde (TBM) kullanılır.

Yıldız Keski

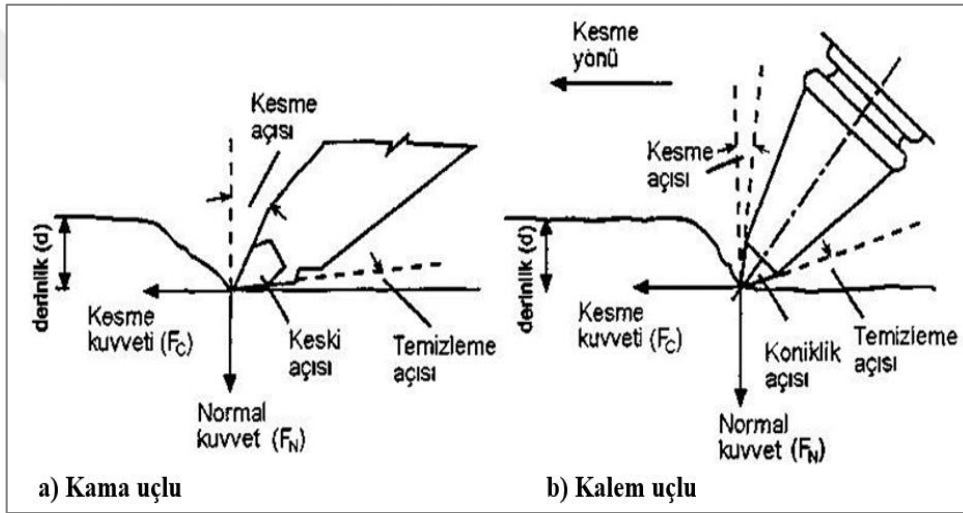
Bu tip uç ilk olarak petrol sondajında kullanılmıştır. Ayrıca bazı tünel açma makinelerinde de kullanılmaktadır.

Kabaralı Keski

Bir levha veya tambur arasında çivi şeklindedir. Genellikle çok sert oluşumları kazmak için kullanılır. Kabaralı keski taş kesmede çok serttir. Öğütürük madencilik yaparlar. Keskinin uygulama sınırları Şekil 2.8’de verilmiştir.



Şekil 2.6: Mekanize Kazı Makinelerinde Kullanılan keski Tipleri (Bilgin, 1989).



Şekil 2.7: Kalem ve Kama Keski Tasarım Parametreleri (Bilim, 2007).

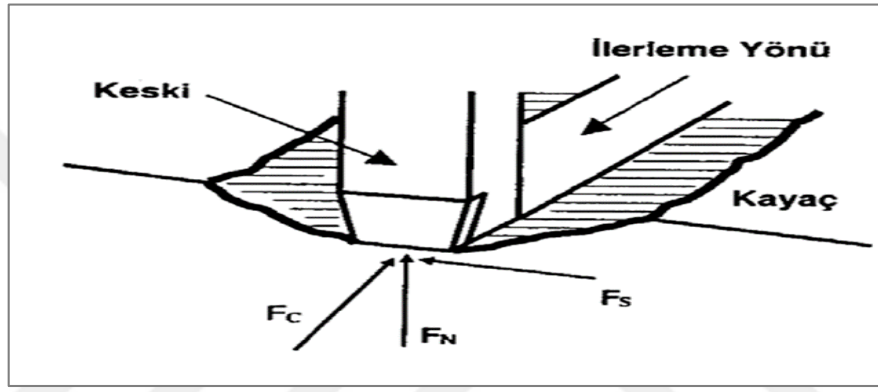
Formasyon	Basınç Dayanımı (MPa)	Tipik Kayaç	Keski Tipleri		
Yumuşak	<50	Şeyl, Kömür, Kumtaşı	Kama ve Kalem Uçlu	Yıldız Keski	
Orta Sert	50-100	Kireçtaşı, Gnays			Disk Keski
Sert	100-200	Granit, Kuvarsit			
Çok Sert	>200	Hornblent			

Şekil 2.8: Keskillerin Sınırları (Bilgin, 1989).

Keski aşınması delme verimliliği açısından çok önemli bir konudur. Kesim aştıkça kesme derinliği azalır, alete uygulanan kuvvet ve kullanılan enerji miktarı artar. Bu nedenle

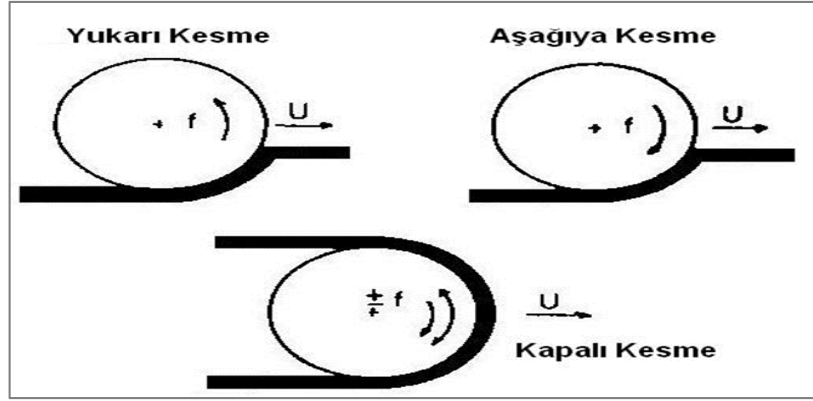
verimli delme işlemleri için kaya tipine göre uygun ucun seçilmesi çok önemlidir. (Bilgin, 1989).

Uç aşınma modelleri, tamamen aşınmış ve kırılmış karbür uçlar, simetrik ve asimetric tungsten uçlar, aşınmış koniler ve uç yuvasına uyan kırık parçalar olarak kategorize edilir (Nishimatsu, 1972). Kesme sırasında kesme kenarına üç kuvvet etki eder. Bu; kesme yönüne dik etki eden normal bir kuvvet (F_N) vardır. Kesme yönü yönünde etki eden bir F_C kuvveti ve F_C ve F_N kuvvetlerinin düzlemine dik etki eden bir F_S kuvveti vardır. Şekil 2.9 kenara etki eden kuvvet bileşenlerini göstermektedir.



Şekil 2.9: Keski Kuvveti Bileşenleri (Tiryaki, 1994).

Çekme ve tek eksenli basınç dayanımları genellikle kaya kesme dayanımı ile birlikte değerlendirilir. Bu iki mekanik özellik tek başına kaya kesme kabiliyetini gösterir, ancak genellikle yapısal kullanım için uygun görülmemektedir. Bu nedenle, tasarım sırasında kesici uçların ve astarların aşınma türü ve ayrıca katmanların kesme kabiliyeti dikkate alınmalıdır. Bunun nedeni aşınmış parçaların yeni parçalara göre daha fazla kesim gerektirmesi ve parça çıkartırken makinenin hareket etmesidir (Hekimoğlu ve Fowell, 1988). Bazı araştırmacılar, manivelalı kanal açıcılarda kullanılan kesici kafaların kesme geometrisinin uç kırılmasını ve aşınmayı etkilediğini ileri sürmüşlerdir. Diskin dönüş yönüne bağlı olarak kesme işlemi alttan, üstten ve kapalı kesme işlemi olarak adlandırılır. Bu kesme işlemleri Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10: Aşağıya, Yukarıya ve Kapalı Kesme İşlemlerinde Kesme Gelişimi (Hekimoğlu, 1986).

Yukarı kesme ve aşağı kesme yöntemlerinin elmas testere sisteminin çektiği akım üzerindeki etkilerini incelemek için yapılan bir araştırma sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır (Özçelik ve diğ., 2000).

- Tüketilen enerji miktarı ile talaş derinliği arasında doğrusal bir ilişki vardır.
- Aynı kesme derinliğindeki malzeme için düz kesme yönteminin enerji tüketiminin düz kesme yöntemine göre daha düşük olduğu ortaya konulmuştur.
- ST makinesinde mermer kesme bloklarını keserken, enerji tüketimini ve taban aşınmasını azaltmak için kesme derinliğine göre ayarlamalar yapılabilir.

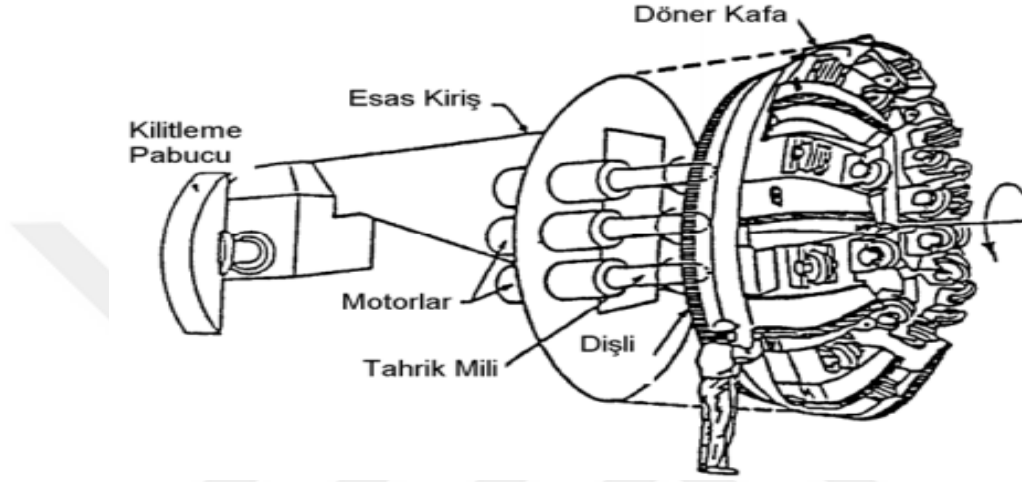
Kaya kesmede matkap performansını tahmin etmek için bir doku katsayısı modeli kullanma olasılığı ile ilgili çalışmada, doku modülü ve paketleme yoğunluğu değerleri ile laboratuvarında ölçülen spesifik kayma enerjisi değerleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda, kayanın delinebilirliğinin değerlendirilmesinde ilerleme oranlarının tahmin edilmesi için önerilen doku faktörü yönteminin kaya kesmede de uygulanabileceği sonucuna varmışlardır (Tiryaki ve diğ., 2003).

2.2.2. Mekanik Kazıda Kullanılan Kazıcı Makinalar

Tünel açıcılar farklı kriterlere göre sınıflandırılmaktadır. Ancak literatürde en yaygın sınıflandırma yüzey sınıflandırması olarak karşımıza çıkmaktadır (TS 6806, 1989).

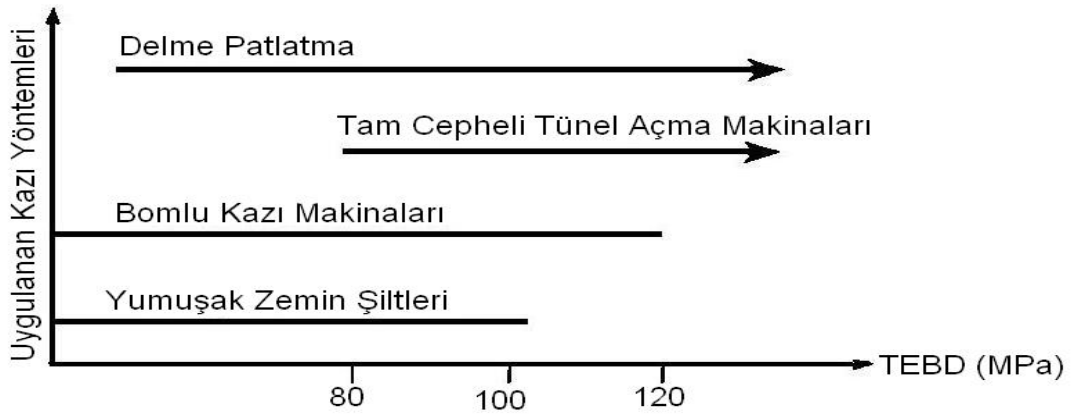
1. Tam cepheli makineler; Tam cepheli bir tünel açma makinesinin (TBM) keskinleri, tüm arına kolonisi ile temas halinde kazar. Bu kazı sırasında tüm makine veya makine kafası sürekli ileri doğru hareket ederek keskinlerin bıçaklara temas etmesini sağlar. Bu tip makine dairesel kesitleri kazmak için tasarlanmıştır. İlk yatırım maliyetlerinin çok yüksek olması nedeniyle kısa galerilerin açımı için uygun değildir ancak, uzun tünellerde ve yüksek ilerleme

hızlarında daha uygun olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu makineler ağırlıklı olarak yer altı tünelleri, su ve kanalizasyon açmak için kullanılmaktadır. Bu tür makineleri, yumuşak kayadan sert kayaya kadar geniş bir alanda kullanımı mevcuttur. Sızdırmazlık halkası kontrol edilebildiği ve titreşimsiz olduğu için bu makineler yerleşim alanlarında da kullanılabilir. Tam cepheli kazı makinelerine ait bir görsel Şekil 2.11'de verilmiştir.



Şekil 2.11: TBM Parçaları (Çınar ve Feridunoğlu, 1994).

2. Kademeli kazı makineleri; Tarayıcılar ve kollu makineler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Tamburlu kesiciler, kollu galeri açma makinaları, hidrolik kırıcılar ve sürekli kazı makineleri bu kategoriye dahil olmaktadır. Şekil 2.12'de genellikle kazı yöntemlerinin kullanıldığı kaya dayanımı aralığı gösterilmektedir.



Şekil 2.12: Farklı Tünel Açma Yöntemlerinin Kayanın Tek Eksenli Basınç Dayanımına Göre Kullanım Aralığı (TS 6806, 1989).

Tünellerin mekanize kazı yöntemiyle açılmasına karar verilirken, kollu galeri açma makineleri (KGAM) ve tam cepheli tünel açma (TBM) kullanımına odaklanılmaktadır. Tüm tünel açma makinesi kesikleri kaya ile temas halinde olup ilerlemekte ve tüm arını bir kerede kesmektedir. Bu nedenle lokomotif üzerinde eşit büyüklükte dairesel tüneller açmak mümkündür. KGAM'de ise kesici kafa belirli bir kesme derinliğinde parçaları temizler ve ileri doğru hareket eder. Kazı sırasında sadece bazı kesimler kaya ile temas halinde olur. Kesilecek parçanın boyutu ve şekli ile ilgili olarak, tam cepheli tünel açma makinelerinden çok daha esnek bir kullanıma sahiptirler.

2.2.2.1. Kollu Galeri Açma Makinası

Kollu galeri açma makineleri (KGAM), "tünel açma makineleri", "bomlu tünel açma makineleri" ve "seçici kazı makineleri" olarak da bilinir. KGAM'ın kesme kafasının kol üzerindeki konumuna göre dönme eksenini bom eksenine dik olanlar (BED) ve dönme eksenini bom eksenine paralel olanlar (BEP) şeklinde karşımıza çıkmaktadır. İlk zamanlarda mekanize tünel açmada daha çok tam cepheli tünel açma makineleri kullanılsa da günümüzde trend KGAM'a doğru yönelmiştir.

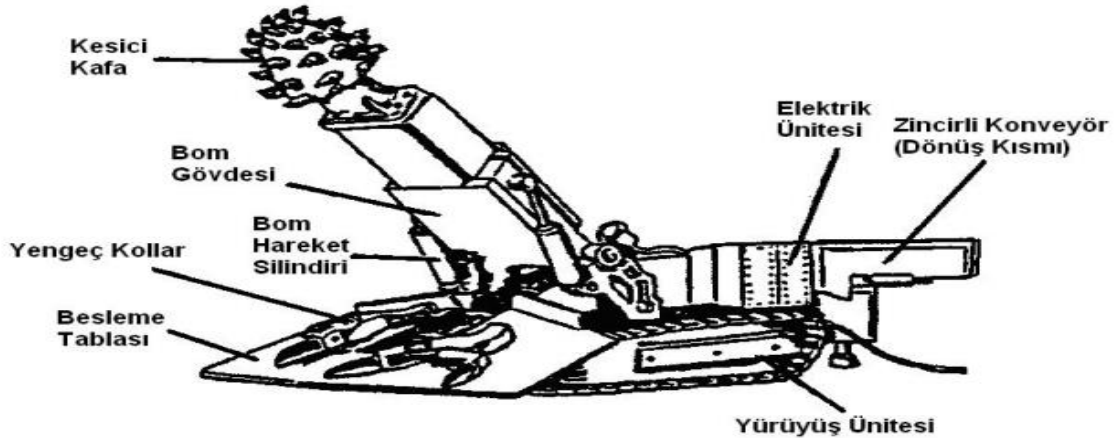
Madenlerde galeri açılmasının yanı sıra yer altı madenlerinde üretim amaçlı kullanımı, özellikle metal cevheri, kömür, ve endüstriyel minerallerin çıkarılması için daha yaygın hale gelmiştir. Ayrıca, kesici kafa tasarım iyileştirmeleri, basınçlı su ve bilgisayar kontrollü otomasyon sistemleri gibi yeni ekipmanların da eklenmesiyle KGAM makinelerinin kullanımının daha da yaygınlaşması bekleniyor. KGAM genellikle ağırlığına ve kesme kapasitesine göre sınıflandırılır. Makinenin kütlesi arttıkça uyguladığı güç ve kuvvet de artabilir, bu nedenle bu makineler daha sert kaya koşullarında bile madencilik yapmak için uygundur (Bilim, 2007).

Kaya işlenebilirliği, mekanik, yığın, jeoteknik ve kimyasal gibi birçok kaya özelliğine bağlıdır. Fakat literatürde bu makinelerin kütlelerine, kapasitelerine ve tek eksenli basınç dayanımı değerlerine göre sınıflandırma yapılmaktadır (Matti, 1999). Genel olarak, hafif makineler maksimum 50-60 MPa basınç dayanımına sahip taşları ekonomik olarak kesebilir, orta ağırlıktaki makineler ise 80-85 MPa ve 120 MPa'a kadar dayanımdaki kayaları kesebilir. Ağır makine ile makinenin ağırlığının 100 ton ve gücünün 300 kW'ı geçtiği durumlarda 150 MPa'a kadar mukavemete sahip taşlar kesilebilir. Kollu galeri açma makinalarının sınıflandırılması Tablo 2.7'te gösterilmektedir. Tablo 2.7'te görüldüğü gibi hafif, orta, ağır ve çok ağır olmak üzere

4 sınıfta değerlendirilmiştir. Şekil 2.13, Kollu galeri açma makinesinin tipik bir biçimini göstermektedir. Bu makineler yavaş yavaş kesme kafası döndürerek bir gövdeden (bom) kazar. Kesme kafaları, çalışma ortamlarına göre uygun kesme uçları ile donatılmıştır. Ekskavatör ileri-geri, sağa-sola ve kolu yukarı-aşağı hareket edebilmektedir.

Tablo 2.7: Kollu Galeri Açma Makinalarının Sınıflandırılması (Matti, 1999).

KGAM	Ağırlık Ton	Güç (kW)	Standart kesme Profili		Uzatılmış kesme Profili	
			Maksimum Profil (m ²)	Maksimum σ_c (MPa)	Maksimum Profil, (m ²)	Maksimum σ_c , (MPa)
Hafif	8-40	50-170	~25	60-80	~40	20-40
Orta	40-70	160-230	~30	80-100	~60	40-60
Ağır	70-100	250-300	~40	100-120	~70	50-70
Çok Ağır	>100	350-400	~45	120-140	~80	80-110

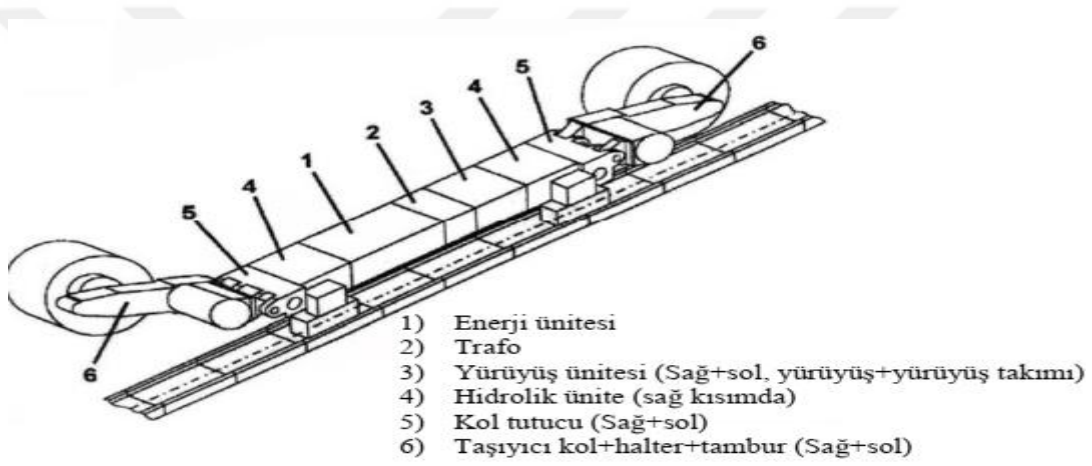


Şekil 2.13: Kollu Galeri Kazı Makinasını Oluşturan Parçalar (Hekimoğlu ve Fowell, 1988).

2.2.2.2 Tamburlu Kesici Yükleyici Makinalar

Tamburlu makineler, tamburlar üstte olacak şekilde kazı yapar. Kazılan malzemeyi aynı tamburlarla zincirli konveyöre yükleyen makine türüdür. Bu makinelere taşıdıkları tambur

sayısına göre tek tamburlu veya çift tamburlu adı verilmektedir. Tek tamburlu makine ilk model olup genellikle delmenin tek yönlü olduğu ve sabit damar kalınlıklarında kullanılır. Günümüzde genellikle L şeklinde çift tamburlu ve çift taraflı sondaj tamburlu makinalar tercih edilmektedir. Damar kalınlığının tambur çapından büyük olduğu durumlarda, kömürün tamamını çıkarmak için makinenin arının üzerinde birkaç kez ileri geri gitmesi durumu, tek tamburlu makaslarda büyük bir sorundur. Bu nedenle yüksek ilerleme hızına ve kazı kapasitesine ulaşmak güçleşmektedir. Bu sorunu çözmek için kesici yükleyiciye, birinci tamburdan bağımsız çalışabilecek ikinci bir tamburun eklenmesi fikri ortaya çıkmıştır (Bilim, 2007). L tipi kesici yükleyici makinenin parçalarının örneği Şekil 2.14 ve 2.15’de gösterilmiştir. Bu makine tipine L Tipi olarak isimlendirilmesinin nedeni, üstten bakıldığında L harfine benzemesidir.



Şekil 2.14: L Tipi Kesici Yükleyici Makinenin Parçaları (Turan, 2004).

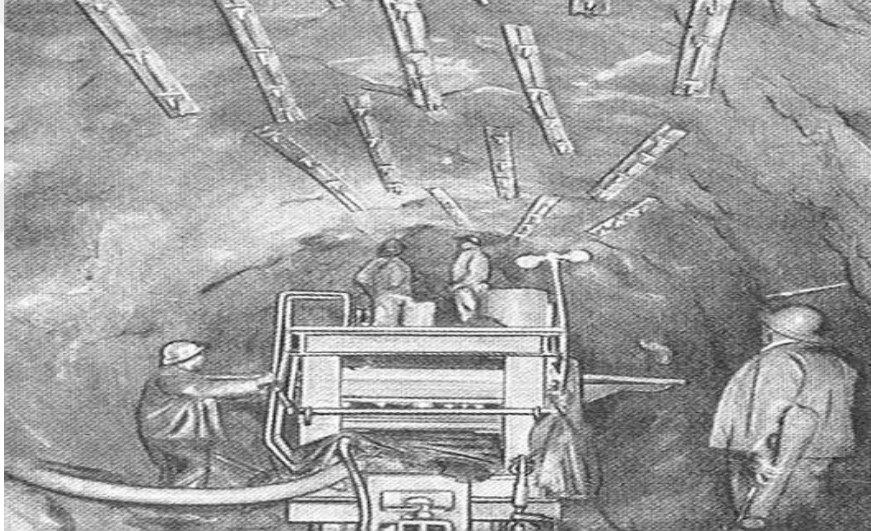


Şekil 2.15: Çift Tamburlu Kesici Yükleyici (www.eickhoffbochum.de, 2023).

2.2.3. Tahkimat

2.2.3.1. Kaya Saplamaları

1918'de Stephan, Fröhlich ve Klüpfel, 1890'lardan beri kullanıldığı bilinen taş saplamanın ilk patentini almıştır. Stephan ve ark 1913 yılında bu patent için başvurmuştur. Birinci Dünya Savaşı'nın devam ediyor olması Patent başvurusunun uzun sürmesinde etkili olduğu söylenmektedir (Kovari, 2003b). Stephen ve diğ. (1918), bu yeni uygulamayı, yer altı kayalarında farklı konumlara ve farklı deformasyonlara sahip noktaları birleştirmek için kullandıklarını söylemiştir. Önce bunu başarmak için yeterince büyük bir delik açmayı, ardından deliğe çelik bir nervür yerleştirmeyi ve nervür ile zemin arasında iyi bir yapışma sağlamak için deliğin içini çimentolamayı gerektirmiştir. Püskürtme betonun henüz kullanılmadığını veya yaygın olarak kullanılmadığını ve eski uygulamalarda kaya ayaklarını birbirine bağlayan uzun döşemelerin yaygın olarak kullanıldığını görebiliriz (Şekil 2.16).



Şekil 2.16: Doğu Delaware Tüneli (Perez, 1952).

Kaya saplamaları uzun bir aradan sonra yeni kullanım alanları bulmasıyla 1960'larda popüler olmuştur. Sabitleme ilkesinin genel detayları anlaşılmış ve büyük ölçüde standardize edilmiştir (Kovari, 2003b). Ankraj cıvatalarının zamanla aşınması ve yük taşıma kapasitelerinin azalması nedeniyle, çeliğe alternatif, korozyon sorununa neden olmayacak malzemeler aranmıştır. Kaya çivilerinin zamanla paslanmasını önlemek için kaya yapımında lifli polimer kompozitler (FRP) kullanılmıştır. CTP kompozit malzemeden yapılan kaya ankraji ilk olarak 1985 yılında İsviçreli Weidmann tarafından kullanılmıştır (Firep, 2013). Çelikten daha sağlam, korozyona uğramayan, hafif, işlenmesi kolay, yüksek çekme ve tork test sonuçları veren bu

ürünler ancak maliyetinin yüksek olması nedeniyle henüz çelik kadar yaygın olarak kullanılmamaktadır.

2.2.3.2. Püskürtme Beton

İlk püskürtme beton, 20. yüzyılın başlarında Amerikalı taksonomist Carl Akeley tarafından hayvan modellerini doldurmak için kullanılmıştır. Hava katı madde taşıma sisteminin çıkışında karışıma su verilerek uygulama yapılmıştır (Bicik, 2012). Bu bilgilere dayanarak, 19. yüzyılda beton karışımının elle hazırlandığı sonucuna varılabilir.

1930'larda, Amerikan Demiryolu Mühendisleri Birliği (AREA), yani püskürtme beton (Shotcret) terimini tanımlamıştır. Püskürtme beton uygulamasında Akeley uygulamasından farklı olarak katı ve sıvılar karıştırıldıktan sonra sistemden geçirilerek havaya püskürtülür. Kuru karışım yöntemi de dahil olmak üzere püskürtme beton uygulamasının yaş karışım olarak uygulanmaya başlandığı 1950'li yılların başına kadar, iki farklı terim oluşmuştur. AREA, uygulamaların yaş ve kuru karışım olarak ayrılmadan püskürtme beton başlığı altında toplanmasını önermiştir (ACI, 2005). Püskürtme beton, adı konmadan önce ilk püskürtme betonun 1914 yılında uygulandığı bilinmektedir. 1914 yılında ABD'de bir madende uygulamasının olumlu sonuçlarının alınmasının ardından bu uygulama hızla yaygınlaşmış ve gelişmiştir (Aksoy ve Kömürlü, 2017). Şekil 2.17'te püskürtme beton tahkimat sisteminin bir örneği gösterilmiştir.

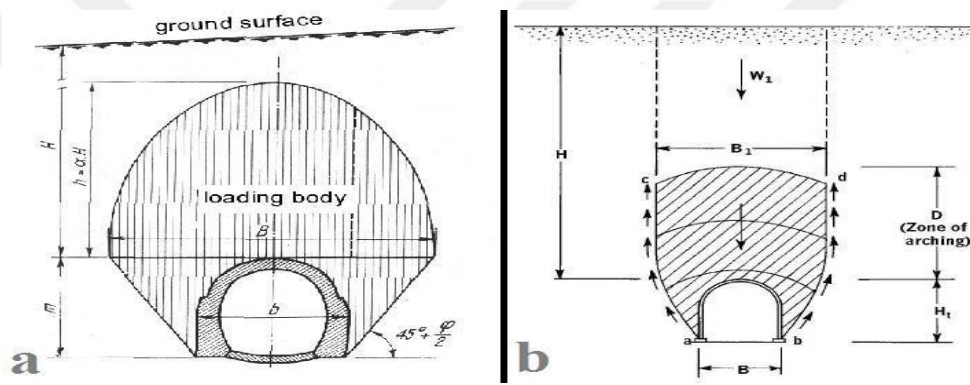


Şekil 2.17: 1927 Yılındaki Püskürtme Beton Uygulaması- Ulmberg Tüneli (Kovari, 2013a).

Şekil 2.17'e bakıldığında 1927 yılında ULMBERG demiryolu tüneline tahkimat amaçlı uygulanan püskürtme beton sistemini göstermektedir. Bu tarihten sonra yaygın olarak kullanılmıştır.

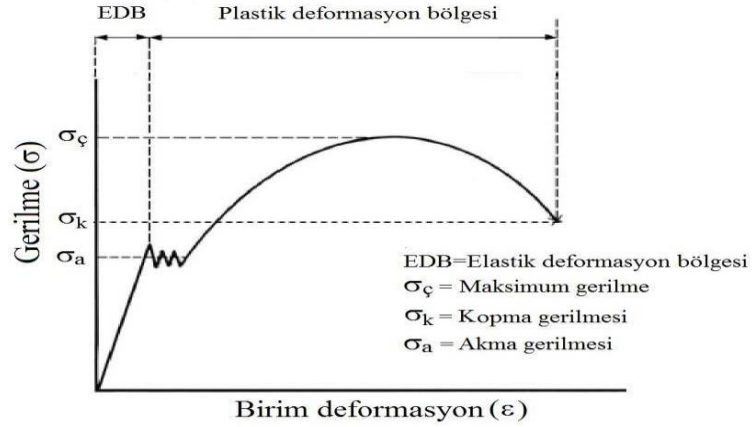
2.2.3.3. Çelik Bağlar

Çelik bağların destekleme mantığı, gevşemiş kaya kütlelerinin aktif olarak taşınması ilkesine dayanır. Ahşabın ana tahkimat malzemesi olarak kullanıldığı bir dönemde, günümüz kazı zemin koşullarının birçoğunda kazı yapılamamıştır. Çelik bağların kullanımı sayesinde nispeten engebeli zemin koşullarında kazmak mümkün olmuştur. Ayrıca, yükleri kesişme noktalarında dağıtan ve yük taşıma verimini daha az malzeme kullanarak sağlayan kafes gövdeli kemerlerin kullanılması çelik bağlarla tahkimat açısından önemli bir gelişme kaybedilmiştir. Çelik bağların kullanımıyla ilgili 1880'lerde (Merivale, 1888) İngiliz kömür madenlerinde yaygın olarak kullanılan bir takviye malzemesi olduğuna dair kanıtlar mevcuttur. Şekil 2.18'te yük kemerleriyle ilgili örnek şekillere yer verilmiştir.



Şekil 2.18: Yük Kemerleri a) Bierbaumer, 1913 b) Terzaghi ve diğ., 1946.

Çelik bağlar ile zemin arasındaki boşluklar, ciddi bir yakınsama yaratır. Özellikle patlatmalı kazılarda, kesit şeklindeki düzensizliklere ve zemin ile mesnet arasındaki boşlukların artmasına ve süreksizlikler arasında gevşemelere yol açmasına sebebiyet verir. Çeliğin yüksek elastisite modülü sayesinde deformasyonu önleme özelliği, az sayıda yapısal kusura sahip olması ve malzeme boyunca benzer destekler yapılabilmesi çelik bağların ahşap tahkimatlara göre avantajlı kılmaktadır. Yüksek dayanımlı çeliklerde aranan özellikler, yüksek kimyasal dayanım ve akıma dayanım gibi ana başlıklar altında toplanabilmektedir (Gao ve diğ. 2014; Zeren ve Zeron, 2003). Çeliğin gerilmesi ve birim deformasyonu arasındaki ilişki Şekil 2.19'te gösterilmektedir.



Şekil 2.19: Çeliğin Gerilme-Birim Deformasyon Eğrisi (Aksoy ve Kömürlü, 2017).



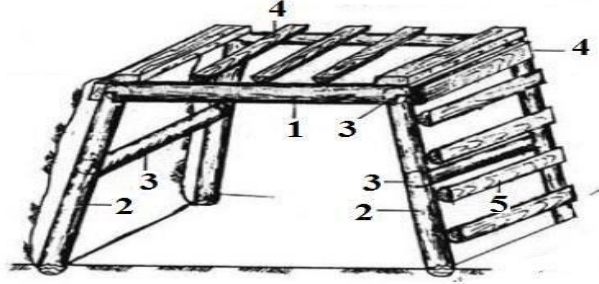
Şekil 2.20: U Profil Geçmeli Bağlar (Aksoy ve kömürlü, 2017).

Çelik tahkimat sistemi genel olarak, rijit bağlar, geçmeli ve mafsallı bağlar olmak üzere üç çeşittir. Rijit bağlantı uygulamalarında profiller genellikle birleşim yerlerine civatalanarak sabitlenir. Rijit sistemi profillerin birleşim noktaları sabitleme amaçlı kullanılırken geçmeli sistemde ise profiller zeminden gelen yüklerle birbirine karşı kayabilir. U-profilinin kullanımı geçmeli bağlar çubukları için uygunken, I-profil kafes gövdeli kemerler bağ olarak kullanılır. U profil geçmeli bağlarla ilgili örnek Şekil 2.20'da gösterilmektedir. (Aksoy ve Kömürlü, 2017).

2.2.3.4. Ahşap Tahkimat

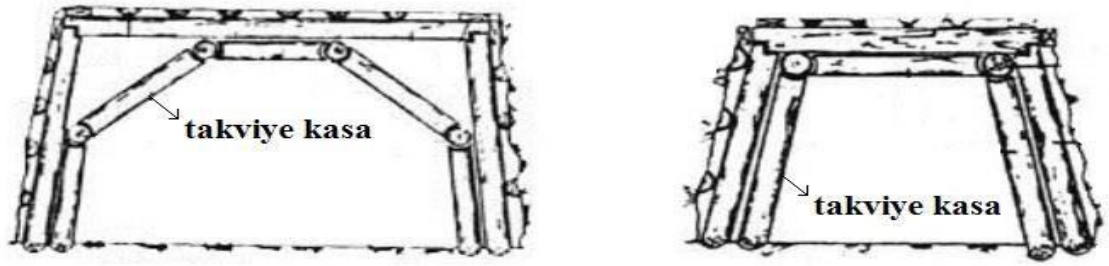
Ahşap destek sistemi, zemin yüklerini doğrudan desteklemek için tasarlanmış, kaya mühendisliği tarihinde bilinen en eski destek malzemesidir. Çeliğe göre hafif bir malzeme olarak madenlerde nakliye açısından kolaylıklar sağlamaktadır. Doğal bir malzeme olması ve imalat olmamasından dolayı malzeme özelliklerinin heterojen olması, mekanik özelliklerinin nem ile değişmesi, mikroorganizmaların aktif olduğu ortamlarda mukavemetini kaybetmesi ve yanıcılık özelliği en büyük dezavantajlarından sayılır. Budaklanma gibi kesit düzensizliklerinin

yanı sıra ahşabın mekanik özelliklerine etkileri, kesim mevsimi ve kuruma koşulları da önemli faktörlerdir (Aydiner, 2011). Ahşap tahkimat Şekil, 2.21’de gösterilmiştir.



1: Boyunduruk, 2: Dikme, 3: Fırça, 4: Kama, 5: Takoz

Şekil 2.21: Ahşap Kasa Tahkimatı (Aydiner, 2011).



Şekil 2.22: Ahşap Kasa Tahkimatı (Aydiner, 2011).

Ahşap çerçeve tahkimatlar, yüksek zemin basıncı ve geniş kesit durumunda takviye olarak uygulanabilir. Güçlendirilmiş ahşap galeri tahkimatı örnekleri Şekil 2.22'de verilmiştir.

2.3. YER ALTI MADEN OCAKLARINDA HAVALANDIRMA

Özellikle yer altı kömür madenciliğinde maddi hasara ve çok sayıda ölüme neden olan yangınlar, kömür tozu patlamaları ve taş ocağı yangınlarında ilk önleyici tedbir, teknolojiye uygun bir ocak havalandırma planının oluşturulmasıdır. Havalandırma sisteminin amacı sadece yer altında çalışan insanlara yeterli temiz havayı sağlamak değildir. Havalandırmanın amacı, delme ve patlatma sırasında çalışma ortamına veya çevre kayalardan yayılabilecek gaz ve tozu uzaklaştırmak, açığa çıkan gazların yoğunluğunu patlayıcı konsantrasyonlara ulaşmayacak şekilde seyreltmek ve ocak iklimini dengelemektir.

Dünya çapında meydana gelen yeraltı madenciliği kazalarına bakıldığında, kazaların önde gelen nedeni havalandırmadır. Metan drenajı ve havalandırma, yangın fırtınası

patlamalarının erken aşamaları olan patlayıcı ortamların oluşumunu önlemek için temel öneme sahiptir (İSG Tedbir, 2016).

Yeraltı madenlerinde havalandırma için temel gereksinimler;

- 1- Ocağın giriş ve çıkışları farklı yüksekliklerde olan ocaklarda, havanın sirküle edileceği mekanik sistemin olması.
- 2- Her çalışana gönderilen hava miktarı hava kaybını da dikkate alınarak belirlenmeli ve havalandırma sistemi ona göre tasarlatılarak bilgisayar programları ile kontrol edilmeli.
- 3- Ana güç kaynağının olası bir nedenden dolayı kapatılması durumunda havalandırma sisteminde sorun yaratmayacak şekilde devreye girecek jeneratöre yedekte bulunmalı.
- 4- Doğal hava akışı yönünde mekanik havalandırma, gerektiğinde hava akış yönünü tersine çevirebilen bir fan ile sağlanılmalı. Havalandırma fanı Şekil 2.23'de gösterilmiştir.



Şekil 2.23: Yeraltı Maden Havalandırma Mekanizması (İSG Tedbir, 2016).

- 5- Dayanıklı bir rüzgâr sistemi emici gerekliliği.
- 6- Periyodik olarak havalandırma ile ilgili değerler ölçülerek sonuçları kayıt altına alınmalı.
- 7- Maden ocağında yeterli sayıda taşınabilir kalibrasyon gazı ölçüm cihazı mevcut olmalı ve ekipman arızası durumunda yeterli sayıda yedek cihaz bulunmalı. Şekil 2.24 gaz ölçme cihazlarını göstermektedir.



Şekil 2.24: Gaz Ölçüm Cihazları (İSG Tedbir, 2016).

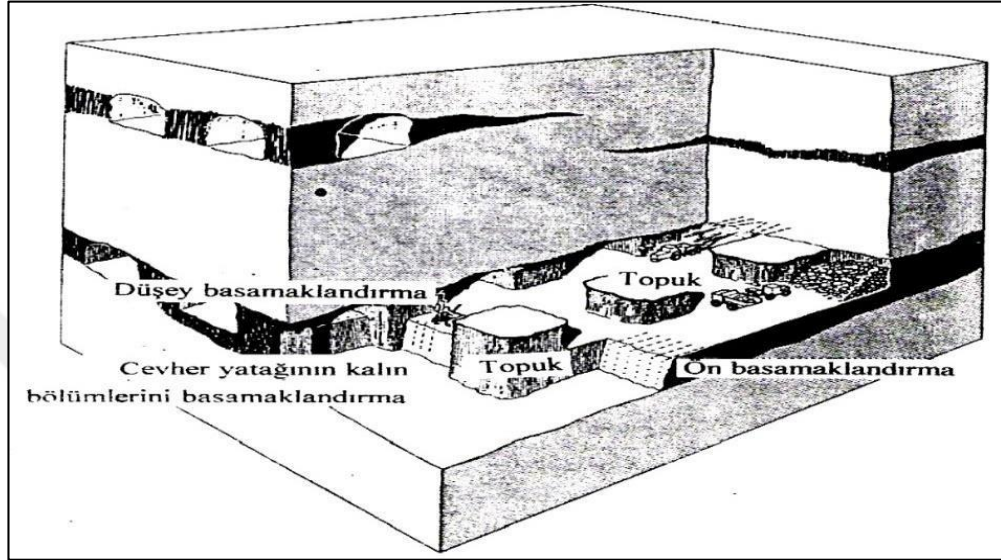
- 8- Merkezi izleme sistemine bağlı sensörler; her üretim bölgesinin hava dönüş ve girişlerinde bulunmalı.
- 9- Ana hava geçişlerinde gibi yerlerde hava hızı Hiçbir durumda 8 m/s'den fazla ve 0,5 m/s'den az olmamalıdır.
- 10- Aynı hava akışındaki ve aynı anda çalışan konumların sayısı, hava hacmine ve duman akışına göre düzenlenmeli.
- 11- Havalandırma sisteminde devre kesici bağlanmalı ve kesicinin çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için merkezi izleme sistemine düzenli aralıklarla gaz verilmelidir.
- 12- Terk edilmiş veya havalandırması yetersiz olan alanlar, personelin girmesini önlemek amacıyla kapatılmalıdır.
- 13- Havalandırma sisteminin rüzgârı eşit biçimde yönlendirecek şekilde düzenlenmesi gerekir.
- 14- Maden ocaklarının farklı bölümlerinde sıcaklık ve nem düzenli olarak ölçülerek önlemler alınmalıdır.
- 15- Havalandırmaya ilişkin bir yönetmelik hazırlanarak çalışanların görebileceği bir yere asılmalıdır.

2.4. KÖMÜR ÜRETİM VE NAKLİYE ÇEŞİTLERİ

Kömür üretim yöntemleri ikiye ayrılır: açık madencilik yöntemleri ve yer altı madencilik yöntemleri. Dünyada artan enerji talebi nedeniyle kömür üretimini önemli ölçüde artırmış olup, bu durum açık madencilik makine ve ekipman teknolojisinde önemli gelişmelere öncüllük etmiştir. Bu gelişmeler kömür üretiminde yüzey çıkarma yöntemlerinin payını yüksek bir düzeye çıkarmıştır. Bu kotalar linyit madenciliği için %95, taşkömürü madenciliği için ise %45'tir. Üretim yöntemlerinin seçiminde; Kaplamanın kalınlığı, kaya oluşumlarının sertlik-basınç-mukavemet parametreleri, başlangıç yatırım sermayesi ve üretim birim maliyeti belirleyicidir (ETKB, 2023).

2.4.1. Yeraltı Üretim Yöntemi

Standartlar, yer altı madencilik yöntemlerine, kömür damar ve ana kaya yapısına (kalınlık, eğim, sertlik, uzunluk), tektonizmaya, sıcaklığa, metan gazı içeriğine, günlük üretim hacmine, drenaj hacmine vb. bağlı olmaktadır. Şekil 2.25'de yeraltı yöntemini tipik bir örneği gösterilmektedir.



Şekil 2.25: Oda-Topuk Yönteminin Genel Gösterimi (Gertsch ve Bullock, 1998).

Dünya çapında yer altı madenciliğinde en çok uzun kazı süreli üretim yöntemi kullanılmaktadır. Yeraltı kömür madenciliği, konvansiyonel kazı (kazma, delme, patlatma) ve şartlara bağlı olarak hidrolik vidalı, pnömatik kazma, pulluk ve tamburlu ekskavatör ile mekanize kazı şeklinde yapılmaktadır. Taşıma, ayak zincirli konveyörler, yer bantlı konveyörler ve ana yollarda duruma göre arabalarla gerçekleştirilir. Bir diğer popüler yeraltı madenciliği yöntemi ise ABD'de oldukça popüler olan oda topuk yöntemidir. Taşıma ve kazıyı destekleyen ünitelerin otomasyonu sayesinde yer altı şirketlerinin verimliliği ve günlük üretim kapasitesi artmıştır. Yol hazırlama için koridor açıcı, kömür kazma ve yükleme için çift tamburlu kazıcı yükleyici, destek ayaklarında kalkan tipi hareketli tahkimatlar, yaya kömür taşımacılığında popüler hale gelen Panzer tipi zincirli konveyörler, bacaların uzunluğunun daha geniş (180-300 m) olması, daha uzun panoların (1800-2200 m) hazırlanması şeklinde üretime izin verilmiştir (Çobanoğlu, 2016).

2.4.1.1. Uzunayak Yöntemi

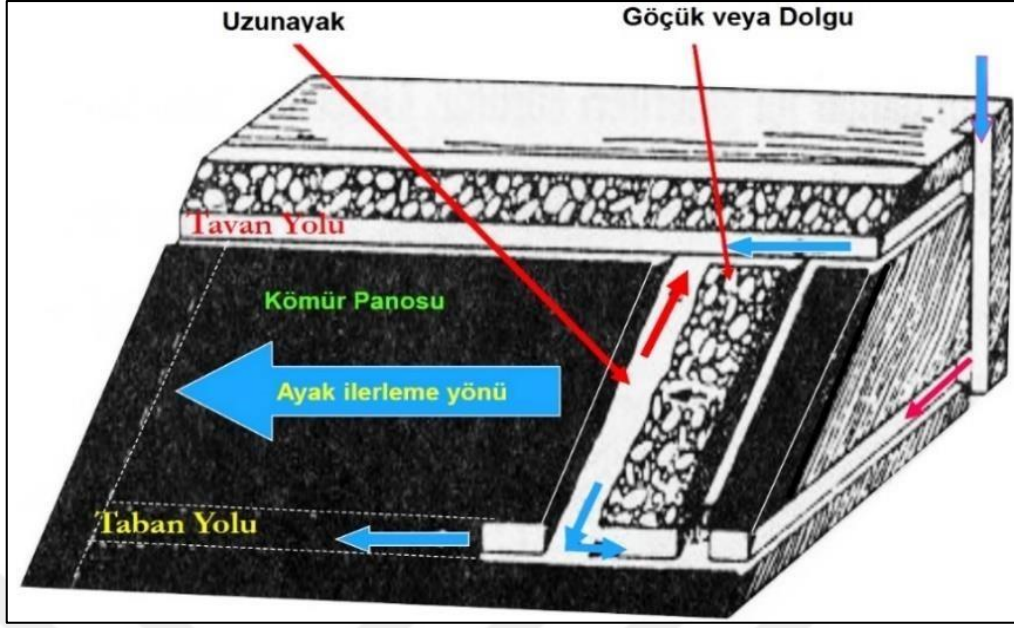
Uzunayak, ön tarafta kömür damarı, arka tarafta çöken veya dolgu malzemesi ile çevrelenmiş, çatısı surlarla desteklenmiş ve içi kazı, taşıma ve havalandırma vb. işler yapılan uzun bir boşluktur. Özellikle kömür madenciliği; Fosfat, anhidrit, potas ve kaya tuzu gibi geniş yüzey alanına ve tabaka oluşumuna sahip maden yataklarında uygulanır. (Şimşir, 2015).

Uzunayak madencilik yöntemlerinin verimli kullanımına yönelik gereksinimler Tablo 2.8'de gösterilmektedir. (Demirbilek, 1987; Hartman, 1992; Miller vd., 1995; Mitchell, 2009; Köse ve Tatar, 2011; Şimşir, 2015).

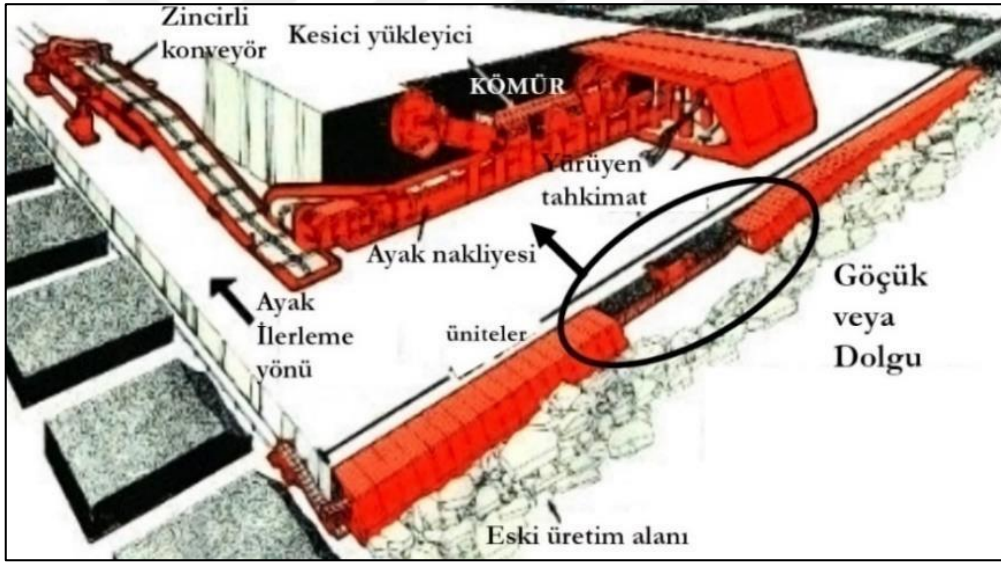
Tablo 2. 8: Uzunayak Yönteminin Uygulanabilmesi İçin Gereken Koşullar(Şimşir, 2015).

Seçim Ölçütü	Değer	Kaynak
Maden Türü	Kömür vb.	Hartman (1992)
Yatak Şekli	Levha	Mitchell (2009)
Damar Kalınlığı	≤ 10 m	Şimşir (2015)
Damar Eğimi	≤ 36°	Şimşir (2015)
Tenör Dağılımı	Uniform	Miller vd. (1995)
Cevher ve Yantaşın Bağlantısı	Belirgin	Demirbilek (1987)
Tavan Taşı - RMR	≤ 60	Miller vd. (1995)
Taban Taşı - RMR	> 40	Köse ve Tatar (2011)
Kömür vb. - RMR	≤ 60	Miller vd. (1995)
Tasmandan Etkilenecek Yapı	Olmamalı	Şimşir (2015)
Tavan Taşı - RSS	≤ 10	Miller vd. (1995)
Taban Taşı - RSS	> 10	Miller vd. (1995)
Kömür vb. - RSS	≤ 10	Miller vd. (1995)

Tavan ve taban yolu kazılarak, bir baş yukarı veya baş aşağı ile birleştirilir. Bu baş aşağı/başyukarı uzunayağı temsil eder. Uzun ayağın yan tarafı ise kazı arınıdır (Şekil 2.26 ve 2.27) (Mitchell, 2009).



Şekil 2.26: Uzunayak Yönteminin Genel Şekli (Özyurt, 2018).



Şekil 2.27: Uzunayak Mekanizasyon Genel Şekli (Özyurt, 2018).

Uzunayak yöntemi, hazırlık çalışmasına bağı olarak ilerletimli ve geri dönümlü olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. Geri dönümlü uzunayakta taban ve tavan yolları panelin sonuna kadar yönlendirilir ve bu noktada panele ters/baş aşağı birleştirilir. Kazma ters yönde yapılır, ileri ve kazma yönleri zıttır. Yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen panellerin jeomekanik özellikleri hakkında bilgi elde edilebilmekte, destek ve havalandırma için uygun koşullar yaratılmaktadır. İlerletimli uzunayakta ise başyukarı/baş aşağı, panonun hemen başında açılır, kazı ve ilerleme yönleri aynıdır. Üretim erken başladığı için sermaye maliyetleri daha düşüktür. (Hartman, 1992; Gertsch ve Bullock, 1998).

Uzunayak madenciliğinde tünel ya yatay olarak ya da yokuş aşağı ve yukarı kazılır. Yatay uzunayak, klasik bir uzunayak uygulamasıdır. Eğim yukarı; Yükleme işlemi basittir ancak kalıntıların depolanması zordur ve metan içeriği yüksektir. Eğim aşağı yönde ise; Metan konsantrasyonları düşüktür ancak kayaların yuvarlanması ve çalışma alanına su girme riski nedeniyle yükleme, boşaltma ve taşıma zordur. (Köse ve Tatar, 2011).

Tavanın kontrol altına alınması için göçertmeli yöntemler tercih edilir. Ancak göçertmeli yöntemlerinin uygulanmadığı durumlarda dolgu yöntemler uygulanmaktadır (Şimşir, 2015).

Uzunayak yönteminin avantajları ve dezavantajları Tablo 2.9'de sunulmuştur (Köse ve Tatar, 2011; Kuzu, 2013; Özer, 2013; Şimşir, 2015).

Tablo 2.9: Uzunayak Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları (Köse ve Tatar, 2011; Kuzu, 2013; Özer, 2013; Şimşir, 2015).

Avantajlar	Dezavantajlar
1. Ayak boyları uzundur.	1. Sermaye maliyeti yüksektir.
2. Havalandırma işleri kolaydır.	2. İşçiler eğitilmiş ve tecrübeli olmalıdır. Tahkimat
3. Hazırlık işleri kolaydır.	3. gereksinimi çoktur.
4. Kontrol ve denetimi kolaydır.	4. Selektif üretim yoktur.
5. Mekanizasyon çok verimlidir.	5. Yangın tehlikesi fazladır.
6. Üretim kolay ve sürekli.	6. Tasman etkisi yüksektir.
7. Verimliliği yüksektir.	

2.4.1.2. Tamburlu Kesici Yükleyici

Tamburlu kesici ile 0,60 m'den 7,1 m'ye kadar damarlarda çalışmak mümkün olmakla birlikte, 1,3 m-1,5 m'den ince damarlarda genellikle pulluk tercih edilir, ancak kazma koşulları uygun değilse veya yeterli üretim sağlanmıyorsa, tamburlu yükleyici kesici kullanılmaktadır (Şekil 2.28). Benzer şekilde uygun kazı ve tavan kaldırma kabiliyetinin olduğu yerlerde 3 m kalınlığa kadar pulluklar kullanılabilir, Ancak kalınlık arttıkça pulluğun deneme kullanımı ve kesme sorunlarla karşılaşılabilen olup ve 1,80 m'nin üzerindeki kalınlıktaki damarlar için genellikle tamburlu kesici yükleyici önerilir. Genel olarak sabanın ince damarlar, tamburlu makinenin ise kalın damarlar için uygun olduğu söylenebilir (Çetinkaya, 2019). Orta kalınlıktaki damarlar için makine seçerken dikkate alınması gereken birçok faktör vardır. Tablo 2.10 tamburlu kesici yükleyiciler ve pulluklardaki çalışma koşullarını karşılaştırmaktadır.

Tablo 2.10: Tamburlu Kesici – Yükleyici ve Pulluk Sistemlerinin Karşılaştırılması (Çetinkaya, 2019).

Şartlar	Pulluk	Tamburlu Kesici-Yükleyici
Sert kömür ve ara kesme	Zayıf	İyi
Kömürün tavandan kopma özelliği zayıf	Zayıf	Önemsiz
Uç sarfiyatı	Az	Yüksek
Toz oluşumu	Az	Yüksek
Metan gazı yayılması	Az	Yüksek
Tane büyüklüğü	Daha büyük	Daha küçük
Tavan kontrolü	Daha kolay	Daha zor
Fay arızası	Zayıf	Daha esnek
Taban kazısı kontrolü	Daha güç	Daha kolay
Damarda ondülasyon	Zayıf	Daha esnek
Güç ünitesi ve kablo	Gerekli gücü ayak başında sağlanmakta	Güç ünitesi makine üzerinde olduğundan elektrik kablosunun birlikte gezdirilmesi gerekiyor
İlk yatırım	Daha az	Daha yüksek
Bakım gereksinimi	Az	Yüksek
Üretimin sürekliliği	Daha az	Daha fazla
Nezaret ve organizasyon gereksinmesi	Daha fazla	Daha az
Makina ile birlikte operatör gereksinimi	Yok	Var

Bu sistemler sürekli olarak geliştiği için dezavantaj olarak bildirilen bazı sorunların zaman içinde değişebileceğini unutmamak gerekir.



Şekil 2.28: Tamburlu Kesici Yükleyici (Ghose ve Singh, 1977).

Sabit tamburlu kesiciler, hareketli tamburlu kesiciler, tek hareketli tamburlu kesiciler ve çift hareketli tamburlu kesiciler gibi farklı tamburlu kesici türleri bulunmaktadır. Ancak günümüzde sadece L tipi çift tamburlu kesiciler üretilmekte ve kullanılmaktadır.

2.4.2. Açık (Yerüstü) Üretim Yöntemi

2.4.2.1. Sürekli Üretim Sistemi

Bu sistemde kazı ve kömür madenciliği, döner kovalı ekskavatör veya zincir kovalı ekskavatör kullanılarak gerçekleştirilir. Kaplama malzemeleri ve kömür konveyörle, trenle ve bazen kamyonlar ile taşınır. Konveyörlü taşımalarda uç noktalarda kalıplama makineleri kullanılır. Tren ve tır uygulamasında direkt dökümün yanı sıra işletme yakınında ara kasalar oluşturulmakta ve buradan konveyör ile taşıma yapılmaktadır (Çobanoğlu, 2016). Şekil 2.29'da sürekli üretim sisteminin bir örneği gösterilmektedir.

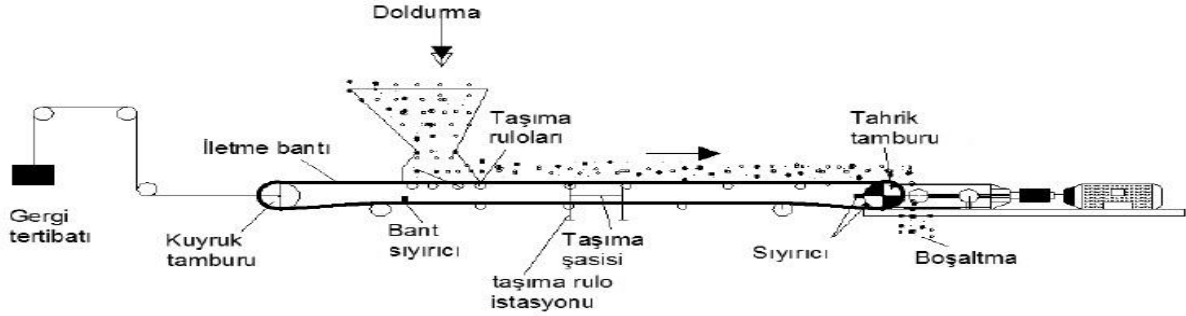


Şekil 2.29: Sürekli Üretim Sistemine Örnek (Direct Industry, 2023).

2.4.2.2. Lastik Bantlı Konveyör Nakliyatı

Lastik Konveyör sürekli bir taşıma sistemi olup, taşınacak malzemeyi nakleder. Sonsuz bir taşıma bandı ve destek makarası gruplarının yanı sıra tahrik, saptırma ve geri dönüş tamburlarından oluşur. Sistem, tahrik kayışı ile tahrik tamburu arasında oluşan sürtünme kuvvetinin yardımıyla hareket eder. Elastik konveyörler yer altı ve yer üstü maden işletmelerinde, cevher hazırlama tesislerinde, termik santrallerde, sanayide, depolarda, liman yükleme boşaltma tesislerinde, şantiyelerde, hafriyat ve beton hazırlama tesislerinde yaygın olarak kullanılırlar (Wöhlbier,1987). Lastik bant konveyörler; demir, kuvars, kömür, çimento, çakıl, kum, silika, kil, cüruf, kırıntı, fiberglas, demir cevheri (pişirilmiş), atık demir cevheri (pirit), deterjan, çikolata, kurutulmuş kauçuk, altın cevheri, 1500 °C potada kalsine edilmiş

toprak (klinker), gümüş, bor, şeker pancarı (küspe), taş gübresi vs. malzemeler taşınmaktadır (Bavci, 2012).



Şekil 2.30: Bantlı Konveyörlerin Temel Elemanları (Alışverişiçi, 1985).

Bantlı konveyörün temel elemanları Şekil 2.30'da verilmiştir. Maden ocaklarında; taban yollarında ve desandrelerde kurulurlar. Lastik bantlarla her türlü malzeme ve özel önlemlerin alınması durumunda insan da taşınabilmektedir. Yatay ve eğik olarak taşıma yapabilirler. Kömürde 18° , toprakta 20° - 25° lik eğime kadar çalışabilir (Akçm, 1988).

2.4.2.3. Süreksiz (Kesintili) Üretim Sistemi

Sistemdeki ana makineler ekskavatörler, elektrikli ve hidrolik ekskavatörler, lastikli yükleyiciler ve kamyonlardır. Dragline uygulaması daha çok ince kabuklu yüzey çökellerinde yaygındır ve bu amaçla geliştirilmiştir. Güney Afrika, ABD ve Avustralya'da durum böyledir. Dragline kepçe kapasitesi ve vinç uzunluğu çalışma koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Kazı ve taşıma işlemleri Dragline kullanılarak yapılabildiği için kazı maliyeti, ekskavatör-kamyon sistemine göre daha düşük olacaktır (Şekil 2.31).



Şekil 2.31: Dragline Ekskavatör (Çobanoğlu, 2016).

Ekskavatörle kazılan örtü malzemesi kamyonla taşınarak kalıplanır. Gerekirse yardımcı ekskavatör kullanılarak gevşetme yapılır. Hidrolik ekskavatörler elektrikli ekskavatörlere göre daha taşınabilir ve daha yıkıcıdır. Kova kapasitesi ekskavatörlerde 50 m³, ekskavatörlerde 61 m³, kamyonlarda ise 350 tona ulaşır. Çalışma koşullarına bağlı olarak forklift mekanik veya elektrikle çalıştırılabilir. Süreksiz üretim yönteminde ayrıca dragline-yükleyici ve kamyon-yükleyici sistemleri de bir arada kullanılmaktadır. Açık işletme faaliyetlerinde, uygun sistem, ekipman ve makinelerin seçiminde; Yıllık kömür çıkarma ve üretim miktarı, topoğrafya, eğim, kömür damarının yapısı ve kalınlığı, iklim (yağış ve sıcaklık) derecesi, manto ve ara katmanların kalınlığı ve mekanik özellikleri, ve drenaj durumu belirleyici faktörlerdir. Şekil 2.32 Dragline yükleyici kombinasyonu örneklerini göstermektedir.



Şekil 2.32: Dragline Yükleyici Kombinasyonu (ETKB, 2023).

2.5. MADENLERDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Madencilik sektörü, meslek hastalıklarının ve iş kazasının yüksek olduğu ve bunun sonucunda ortaya çıkan kayıplar nedeniyle İSG açısından en riskli alanlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Gelişen teknoloji ve yasal düzenlemeler sayesinde maden güvenliği alanında bazı iyileştirmeler yapılmış olsa da, madenlerdeki tehlikeli çalışma koşulları ve buna bağlı meslek hastalıkları ile maden kazaları, birçok ülkede halen çözümlenmeyi bekleyen en büyük sorunlardandır. Çalışma esnasında meslek hastalığı ve kaza riski ortadan kaldırılmalı, minimum riskle güvenli çalışma koşulları sağlanmalı, “kazasızlık” politikası uygulanmalıdır. Bu konuda farkındalığın artırılması için ulusal bilimsel literatürün ve bilginin oluşturulması son derece önemlidir (Demirel, 2017).

2.5.1. Madenlerde Risk ve Tehlike

Madencilik, pek çok potansiyel tehlike barındıran çalışma koşulları olan, sağlık ve güvenlik açısından yüksek risk barındıran bir sektördür. Maden çalışanları birçok fiziksel ve zihinsel kayıplara katlanmak zorunda kalmaktadır. Bu riskleri ortadan kaldırmak ve iyi yönetmek için risk ve tehlike kavramlarının anlaşılması gerekmektedir.

Tehlike, işyerinde var olan veya dış kaynaklı olabilecek, çalışanları veya işyerini etkileyebilecek zarar veya zarar olasılığıyla temsil edilir. Öte yandan risk, bir tehlikeye maruz kalma sonucu zarar görme olasılığı ile bu zararın şiddetinin birleşimi olarak tanımlanmaktadır.

$$\text{Risk} = \text{Tehlike olasılığı} \times \text{Maruziyet Sonrası Şiddet}$$

Kriz yönetiminin tek alternatifi olan risk yönetimi, işyerinde iş kazaları sonrası ortaya çıkabilecek çoğu telafisi mümkün olmayan kayıpların önlenmesi ve sürdürülebilir üretimin sağlanması için gereklidir. Öte yandan, etkili risk yönetimi, mevcut tehlikeleri tanımlamayı ve kontrol etmeyi hedeflemeli ve olası şiddeti azaltmak için birlikte çalışmalıdır (Demirel, 2017).

2.5.2. Maden İşyerlerinde Karşılaşılabilecek Tehlikeler

Madencilik, zorlu çalışma koşulları ve sık görülen kazalar nedeniyle en tehlikeli mesleklerden biridir. Madencilik faaliyetlerinde karşılaşılabilecek tehlikeler beş ana kategoride ele alınabilir: kimyasal tehlikeler, fiziksel tehlikeler, biyolojik tehlikeler, mesleki tehlikeler ve psikososyal tehlikeler. Yerüstü veya yer altı madencilik operasyonlarında, zorlu çalışma koşullarında, yoğun makine-insan etkileşiminde vb. Çeşitli nedenlerden dolayı fiziksel tehlike kaynaklarıyla sıklıkla karşılaşmaktadır. Ana fiziksel tehlikeler: maden ocaklarındaki mevsimsel olarak maruz kalınan düşük veya yüksek sıcaklık derecesi, çalışma esnasında oluşan rahatsız edici istenmeyen ses gürültü (Güyağüler, 2005), çalışanların performansını etkileyen titreşim, tüm iş kazalarının sebebinin %5'ini oluşturduğu hatta %20 kadar arttığı maden ocaklarındaki ışıklandırma sistemi (Kürkçü ve diğ., 2015). Oluşan basınç ve radyasyon olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.5.3. Madencilik İşyerlerinde Risk Yönetimi

Risk yönetimi, iş yerlerindeki meslek hastalıkları ve iş kazaları sebebiyle oluşacak can kaybı, yaralanma ve sakatlanma gibi tehlikeleri en aza indirebilmek için tüm işyerlerinde uygulanmaktadır. İşverenlerin, çalışma ortamını ve çalışanlarının sağlık ve güvenliğini sağlamak, sürdürmek ve iyileştirmek için İSG risk değerlendirmesi yapması kanunen zorunlu

hale getirilmiştir. Risk yönetimi, tehlikeler sonucunda ortaya çıkan riskleri değerlendirmek ve bu kontrol önlemlerinin etkili olmasını ve yeni tehlikeler yaratmamasını sağlamak için gerekli yapısal sistemi temsil eder. Risk yönetimi hedefleri, kayıp öncesi ve kayıp sonrası olmak üzere iki grupta ele alınabilir. Kayıplar meydana gelmeden maliyetleri en aza indirmek, Olası kayıplarla ilgili endişeleri en aza indirmek, Yasalara, yönetmeliklere ve organizasyonel kurallara uyumak, sosyal ve etik yükümlülükleri yerine getirmektir. Risk yönetiminin kayıp sonrası amaçları için ise üretim faaliyetlerinin devamını sağlamak, işletmenin faaliyetlerine devam edebilmesi ve sosyal yükümlülüklerin yerine getirilmesi olarak sayılabilir.

Demirel (2017) 'e göre risk yönetimi üç seviyeden oluşur. Bunlar sırasıyla:

1. Tehlikenin tespit edilmesi.
2. Potansiyel risklerin değerlendirilmesi.
3. Riski kontrol altına alınması.

2.5.4. Maden İşyerlerinde Tehlike Kontrol Metotları

Madencilik işyerlerinde tehlikeleri yönetmek, sağlık ve güvenlik risklerini en aza indirmek için yapılması gereken eylemler hiyerarşik sırayla Şekil 2.33'de gösterilmektedir.



Şekil 2.33: Risk Kontrol Yöntemlerinde Hiyerarşik Sıralama (Quality Systems Toolbox, 2023).

Şekilde gösterildiği gibi, kişisel koruyucu donanımlara yönelik riskin kaynağında ortadan kaldırılmasına yönelik yöntemlerin etkinliği ve sürdürülebilirliği azalırken, iş yerlerinde gerekli olan denetim ve katılım yoğunluğu artmaktadır.

3. YÖNTEM

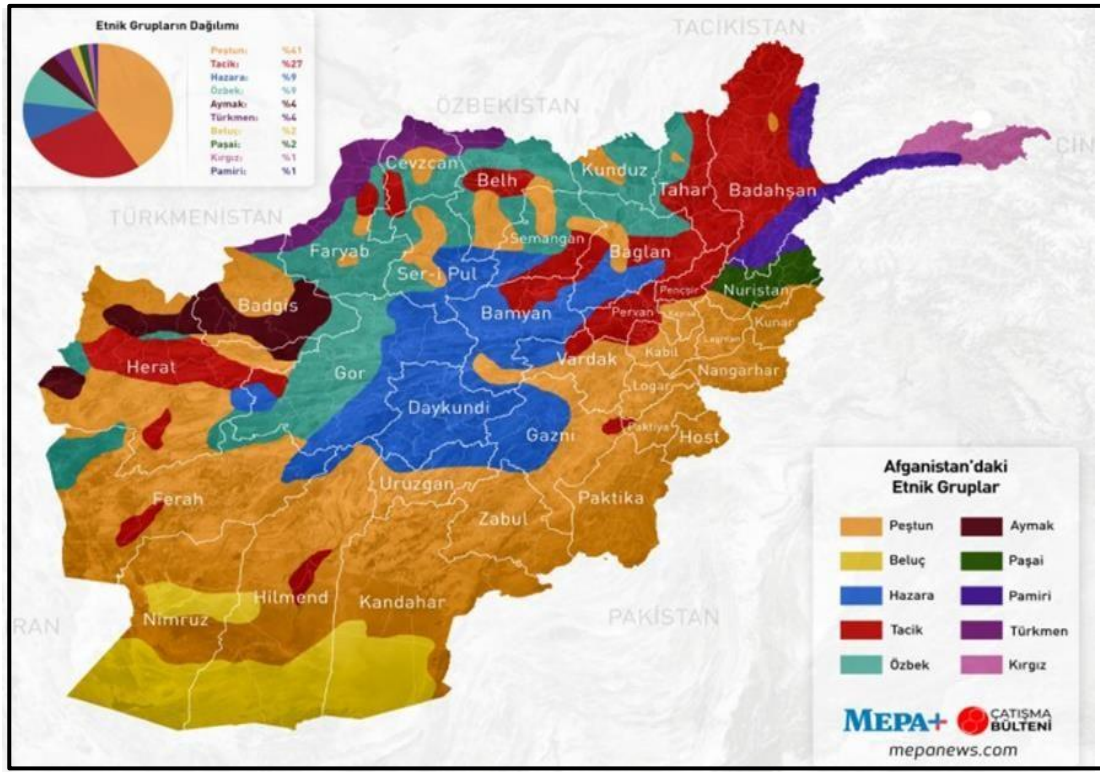
Bu çalışma, Afganistan kömür madenlerinde mekanizasyon uygulanabilirliğini ortaya koymak için yapılmıştır. Literatürde Afganistan kömür kaynaklarıyla ilgili yeterli bilimsel araştırma bulunmamaktadır. Ülkede yıllardır devam eden istikrarsızlık sorunlarından dolayı maden ocaklarına istenildiği zaman rahatlıkla ulaşılması ve örnekler alınarak laboratuvar ortamlarında incelenmesi ve Konu ile ilgili güncel istatistiksel bilgileri bilimsel araştırmalara konu edilecek herkesin erişebileceği bir ortamda paylaşılması mümkün olmamaktadır. Hatta kömür kaynaklarının üzerinde deneysel çalışmalar yapılabilecek laboratuvar ortamı ve teknolojik aletler ülkede maalesef mevcut değildir. Bu alanda neredeyse hiç yatırım yapılmamıştır. Kömür madenlerinde deneysel çalışmalar yapmak tahmin edilenden daha çok maliyetli, güç ve zaman alıcıdır. Bu sebeple kömür madenlerinde mekanizasyon uygulanabilirliğini araştırmak için teorik yöntemle bilgi toplanarak incelenmiştir. Afganistan kömür madenleri çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Samangan bölgesinde bulunan Dara-e-Suf kömür madeni Örnek olarak seçilmiş olup, elde edilen bilgiler incelenerek Dara-e-Suf kömür madeninde mekanizasyon uygulanabilirliği detaylandırılmıştır.

3.1. AFGANİSTAN'IN GENEL DURUMU

Çalışma sahası Afganistan'ın Dara-e-Suf bölgesindedir. Afganistan İslam Cumhuriyeti, Güney Asya'da yer almaktadır. Denize hiç kıyısı olmayan bir ülkedir. Afganistan, dünya haritasındaki konumu tam olarak Doğu Asya (Orta Doğu), Batı Asya ve Orta Asya arasında yer almaktadır. Afganistan, güneyde ve doğuda Pakistan ile komşudur, kuzeyinde Tacikistan, Özbekistan ve Türkmenistan ile sınırı olup, batısında İran ve kuzeydoğusunda Çin cumhuriyeti ile komşudur.

Afganistan, 652.230 kilometrekare yüzölçümüyle dünyanın 41'inci büyük ülkesi, yaklaşık 38,8 milyon nüfusuyla dünyanın 37'nci büyük başkenti olarak bilinmektedir. En büyük şehri ise başkent Kabil'dir. Ülkede resmi dil olarak Dari ikinci olarak Peştuca konuşulmaktadır. Özbekçe ve Türkmençe ise Üçün en çok konuşulan dillerdendir. Yaklaşık 40 yıldır devam eden savaş, Afganistan'ı dünyanın en güvensiz ve fakir ülkelerinden biri haline getirmiş durumdadır. (Kavaz, 2019).

Afganistan'ın mevcut hükümeti, İslam'ı ülkenin resmi dini olarak tanımaktadır. Merkezi bir başkanlık sistemi ile yönetilen İslam cumhuriyetidir. Afganistan ekonomisi neredeyse çöküş eşiğindedir, 2020 yılında 19.006 milyar dolarlık gayri safi yurt içi hasıla ile Uluslararası Para Fonu tarafından dünyada 112. sırada yer almıştır. Bu durum Afganistan'ın dünyadaki en fakir ülkelerden biri olduğunu gösteriyor (Mohmand ve Mohan, 2020). Tarihe baktığımızda Afganistan geçmişten günümüze pek çok farklı ülke ve halk için bir kavşak noktası olmuştur. Aynı zamanda coğrafi ve tarihsel olarak farklı pek çok etnik unsuru da içermektedir. Ülkedeki çeşitli etnik gruplar, Afganistan ortak kimliği altında tek bir siyasi varlık kurarak yaşamayı sürdürmüştür. Ülkedeki farklı etnik unsurların dağılımı Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1: İllere Göre Afgan Kabileleri Haritası (Mepanews, 2021).

Şekil 3.1'e bakıldığında etnik köken olarak peştunların çoğunluk olduğunu göstermektedir. Ardından Tacikler ve Özbekler gelmektedir.

3.1.1. Coğrafyası ve İklimi

Tarım ve orman kaynaklarındaki verimlilik güneş ışığı, yağmur ve besin koşullarının yeterli olmasına bağlıdır. Afganistan kuru ve karasal bir iklime sahip bir ülke olmasına rağmen,

arazi koşulları ve yüksekliklerdeki farklılıklardan dolayı farklı bölgelerde değişik iklim tipleri görmek mümkündür (Jung, Brozena, ve Peters, 2012). Afganistan'ın farklı iklim tipleri Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1: Afganistan'ın İklim Türleri (AİVHD, 2021).

BÖLGE	İKLİM TİPİ
Kuzey	Karasal çöl iklimi
Güney	Subtropikal çöl iklimi
Kuzey Batı	Karasal yarı kurak iklimi
Alt orta ve güneydoğu	Sıcak yarı kurak
Kuzeydoğu merkez	Karasal yarı kurak iklimi
Orta ve kuzeydoğu	Yüksek tundra

Afganistan nüfusunun büyük bir çoğunluğu kırsal bölgelerde yaşamaktadır. Bu oran toplam nüfusun %71'inden fazlasıdır. Sadece nüfusun %24'lük bir kısmı şehirlerde hayat sürdürmektedir. Tablo 3.2.'de Afganistan'ın nüfusu ve yıllara göre değişimini göstermektedir. (Shirzad ve Tarhan, 2019).

Tablo 3.2: Yıllara göre Afganistan'ın Nüfusu ve Yıllara göre Değişimi (Anonim, 2019).

Yıl	Toplam Nüfus	Artış Yüzdesi
2020	38.928.346	↑ %40,75
2016	27.657.145	↑ %2,05
2015	27.101.365	↑ %2,05
2014	26.556.754	↑ %2,05
2013	26.023.100	↓ %12,75
2012	29.824.536	↑ %2,47

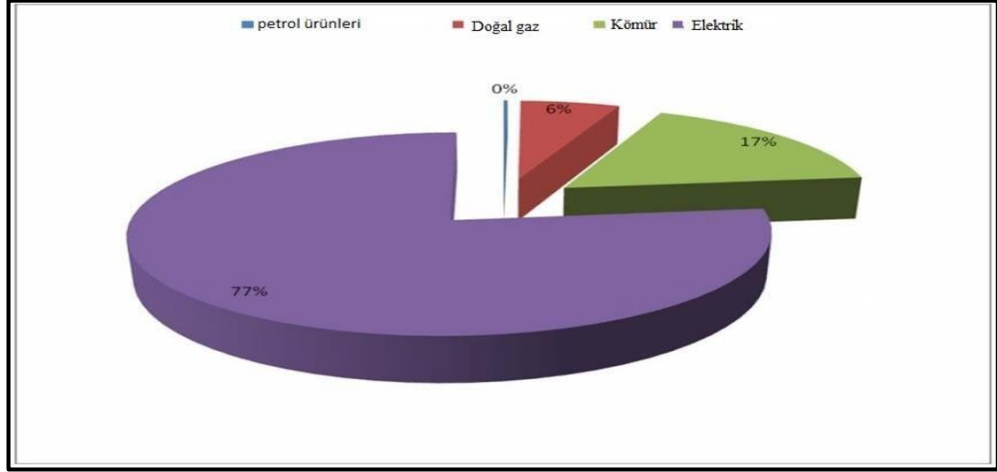
Afganistan, Asya'nın kalbinde yer alan, dağlık bir araziye sahip ve tamamen karayla çevrili olan bir ülkedir. Afganistan 5800 km sınır uzunluğuna sahiptir. Kuzeyde Tacikistan Cumhuriyeti, Türkmenistan ve Özbekistan ile 2384 km, doğu ve güneyde Pakistan ile 2240 km ve Wakhan üzerinden Qiang Sinema Eyaleti ile 7393 km kuzeydoğuya kadar sınırları uzanmaktadır. Afganistan'ın Dünyanın açık sularından en kısa mesafesi yaklaşık olarak 500 km olduğu belirlenmiştir. Doğudan batıya en uzun mesafesi ise 1.240 km, kuzeyden güneye ise 855 km olarak belirlenmiştir. Şekil 3.2'de Afganistan'ın arazi ve yükseklik haritası gösterilmektedir.



Şekil 3.2: Afganistan'ın Arazi ve Yükseklik Haritası (AH, 2021).

3.1.2. Enerji Kaynakları

Diğer enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında kömür, Afganistan'ın enerji tüketiminin daha büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Afganistan genelinde 2017 yılında 144.694.375.000 BTU (0,14 katrilyon BTU) enerji tüketildiği belirtilmiştir. Küresel enerji tüketiminde Afganistan'da tüketilen enerji payı yaklaşık %0,02' dir. Afganistan, yıllık enerji tüketimi ihtiyacının yaklaşık %41'ini karşılayan bir ülkedir. 2017 yılında 59.958.915.000 BTU (0,06 katrilyon BTU) enerji üretimi yapılmıştır. Şekil 3.3'de 2021 yılında ticari enerjinin bileşimini göstermektedir. Şekil 3.3'ten görülebileceği gibi, petrol ürünleri birincil enerji tüketiminin %1'inden azını oluşturmaktadır. Doğal gazın %6, kömürün ise %17 olduğu görülmektedir. (Hussainzada, 2021)



Şekil 3.3: 2021 Yılı için Dünyadaki Birincil Enerji Tüketimi (Hussainzada, 2021).

Tablo 3.3'te Kömür, petrol ve doğalgaz gibi ticari piyasalarda alınıp satılan enerjiyi türlerini temsil etmektedir. Afganistan gibi birçok ülkede birincil enerji kaynakları çok önemlidir. Afganistan bir enerji ihracatçısı bir ülkedir ve enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmek için doğalgazdan çok fazla enerji ithal ettiği için Sovyetler Birliği'ne yönelmiştir. 2005 yılında ticari enerji tüketiminin yarıdan fazlası ithal edildiği belirtilmektedir. Tüketimin artmasından ziyade enerji altyapısının bozulması daha fazla enerji ithalatına sebep olmuştur. Enerji ithalatının sınırlı olması nedeniyle tüketimin son birkaç yıldır diğer yıllara kıyasla nispeten istikrarlı olduğu görülmektedir.

Tablo 3.3: Yıllara Göre Birincil Enerji Verileri (EİA Afganistan, 2021).

Yıl	1980	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018
Üretim	0,073	0,119	0,014	0,007	0,010	0,009	0,009	0,008
Tüketim	0,027	0,109	0,024	0,017	0,020	0,018	0,018	0,008
İthalat	-0,046	-0,010	0,010	0,010	0,010	0,009	0,009	0,011

3.1.3. Kömür Madenlerinde Bulunan Riskler

Çoğunluğu bu ülkenin kuzeyinde bulunan Afganistan'ın kömür madenleri çıkarılması açısından dünyanın en tehlikeli madenleri arasında sayılmaktadır. Afganistan'ın kuzeyindeki kömür madenlerinin genel müdürü Mühendis Muhammed Afzal Omari'nin söylediğine göre, her yıl yüzlerce kişi madenlerde çalışırken meydana gelen patlamalar nedeniyle hayatını kaybetmektedir. Bu maden ocaklarından biri Samangan bölgesindeki Dara-e-Suf kömür havzasıdır.

Bu kayıplar Afganistan'ın kömür madenlerini dünyadaki en tehlikeli madenlerden biri haline getirmektedir. Çünkü Dara-e-Suf, Roi Doab, Mikhzarin, Nahrin ve Takhar kömür madenlerinde işçiler, malzeme çıkarmak için çok ilkel ve profesyonellikten uzak aletler kullanmaktadır. Mekanizasyon işlemleri nerdeyse hiç uygulanmamaktadır.

Afganistan'ın kuzeyindeki 11 kömür madeninden sadece Baghlan Vilayetinin madenleri devlet kontrolündedir. Son zamanlarda bazı maden bölgelerinde bir ton kömür başına sadece 1.400 Afgani (Afganistan resmi para birimi) devlete ödenmektedir. Dara-e-Suf kömür madenlerinde çalışan işçilere göre bu madenler "haksız" bir şekilde sömürülüyor; Madenlerden beş kamyon kömür çıkaran işçilere, bir kamyon kendilerine ait, diğer dört kamyon ise işverenlerinin hakkı sayılmaktadır.

Dara-e- Suf kömür madenlerine benzer diğer kömür madenleri Ashpashti Baghlan, Roi Doab, Karkar, Dudkesh, Ahan Dara, Khob Dara, Nahrin'de ve bazı bölgelerinde mevcuttur. Bu madenlerin çoğu yasadışı çıkarılmaktadır. Ancak Baghlan vilayetindeki madenlerden kömür üretimi devletin tekelinde ve bundan elde edilen gelirler devletin kasasına akmaktadır. Bu madenlerin ürünlerini yakıt enerjisi sağlamak için yalnızca Kabil ve çevre iller halkı kullanmıyor, aynı zamanda Afganistan'ın kuzey vilayetlerinde de büyük bir kitle bu madenlerin ana tüketicileri konumundadır. Öte yandan kuzey illerindeki Ghori çimento fabrikası gibi bazı büyük fabrikalar da yakıt sağlamak için bu madenlerin ürünlerinden yararlanmaktadır.

Kömür madenleri Suf Vadisi halkı için büyük gelir kaynaklarındandır. Bu madenlerdeki kömür satışından elde edilen gelire binlerce insan geçimini sağlamaktadır. Her ne kadar devlet kontrolünde olmasada bölgedeki milisler tarafından maden işçilerinden vergi toplanmaktadır. Samangan vilayetinin yetkilileri, geçiş hükümetinin kurulmasından bu yana hükümetin bu kaynaktan yıllık 15 milyon Afgan geliri elde edebildiğini belirtmektedir. Kömürden elektrik üretimi Afganistan Maden ve Sanayi Bakanlığı'nın gündemindeki programlardan birdir. Şekil 3.4 Afganistan Kömür madenlerinden bir örnek göstermektedir.



Şekil 3.4: Afganistan Kömür Madenleri (Najafizade, 2006).

2004 yılında Afganistan maden bakanlıktan heyetlerin, madenlerin elektrik üretmek için nasıl kullanılacağını araştırmak üzere çalışmalar yürütüldüğü belirtilmektedir (Najafizade, 2006).

3.1.4. Kömür Kaynaklarının Değerlendirilmesi

Afganistan'da bol miktarda kömür kaynakları vardır. Ancak kömürün büyük bir kısmı nispeten derinde veya şu anda erişilemez durumdadır. Afganistan'da yerli kömür, küçük sanayi için (özellikle çimento ve tekstil imalatında ve gıda işlemede) hem ham, hem de briketlenmiş formlarda ev yakıtının birincil kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ülkenin arazi yapısının engebeli olması, kömürü ulaştırarak ulaşım ağının olmaması ve kömürden faydalanacak endüstriyel altyapının bulunmaması, Geçmişte kömürün daha yaygın kullanımını sınırlayan temel faktörler olarak bilinmektedir. Buna ek olarak, Afgan kömürünün jeolojisi tam olarak anlaşılammıştır ve bilinen kömürün büyük bir kısmı, sömürülmenin zor olabileceği, yapısal olarak deforme olmuş bölgelerde bulunmaktadır. ABD Jeolojik Araştırma Kurumu (USGS), Afganistan'ın kömür kaynaklarının değerlendirilmesi için Afgan ülkeleri ile ortak bir çalışma yürütmüştür.

Maden ve Sanayi Değerlendirme Bakanlığı (MMI), USGS'nin Afganistan'da ABD Uluslararası Kalkınma Ajansı'nın (USAID) himayesinde yürüttüğü çok daha büyük bir programın bir bileşenidir. Bu işbirlikçi çabaya dahil olan çeşitli MMI kurumları arasında Afgan Jeolojik Araştırma Kurumu (AGS), Kuzey Kömür Dairesi (NCD) ve Maden İşleri Dairesi'nin Kömür Madenleri Bölümü bulunmaktadır. Değerlendirmenin amaçları, Afganistan'daki

kömürün kalitesini, miktarını ve dağılımını belirlemek ve değerlendirmeyi sürdürülebilir bir temelde geliştirmek için yerli kapasiteyi geliştirmektir. Değerlendirme, Afganistan'daki kömürün stratigrafik ve alansal kapsamını belirleyecek ve kömür kaynağının bölgesel ve ulusal düzeyde miktarını belirlemektir. Kömür, yakıt olarak özelliklerine veya diğer faydalı kullanımlarına göre ve aynı zamanda kömürün kullanımına neden olabilecek niteliklere göre sınıflandırılarak değerlendirilmektedir (SanFilipo, 2023).

Afganistan kaynak zengini bir ülkedir. Afganistan'daki başlıca doğal kaynakları; değerli taşlar, metal cevherleri, doğal gaz, mineraller, kömür ve petrol olarak bilinmektedir. Özellikle Helmand bölgesinde; kurşun, titanyum, uranyum, gümüş, yakut, zümrüt, tuz, florür, turkuaz, alçıtaşı, çimento hammaddeleri, kükürt, kalay, magnezyum, alüminyum, granit, akik, akuamarin, beril, ametist ve lityum gibi değerli maden çeşitleri bulunmaktadır. Ayrıca niyobyum, sezyum, rubidyum ve talk gibi mineraller ve maden yatakları Helmand bölgesinde olduğu belirtilmiştir. Bu durum Afganistan'ın doğal kaynaklar bakımından zengin bir ülke olduğunu göstermektedir (Mohmand ve Mohan, 2020).

Afganistan, jeolojik durumu açısından iki tektonik levha (Hindistan ve Avrasya) arasında konumlanmış olup, tüm illeri itibarıyla çeşitli maden kaynakları açısından zengin olan birkaç ülkeden biridir. Ülkede yapılan zincirleme çalışmalar sonucunda jeolojik harita (1:500.000) düzenlenmiş ve bu çalışmalar şu ana kadar yaklaşık (1.616) maden rezervlerinin [katı rezervler ve hidrokarbonlar] tanımlanmasına yol açmıştır. Yapılan jeolojik çalışmalara göre doğu-güneydoğu ve kuzeydoğu-güneybatı kesimlerinde iki büyük kömür madenciliği sahası doğrulanmış olup, bunlardan ilki sistematik olarak araştırılmamıştır.

Kuzey-doğu-güneybatı kömür bölgesi Badakhshan bölgesinden başlayıp Takhar, Kunduz, Baghlan, Samangan, Belkh, Sarpul, Bamyan Daikendi, Cevzjan ve Badgis eyaletlerinden geçerek Herat eyaletindeki Sabzak madenine kadar bir kemer şeklinde uzanmaktadır. Şu ana kadar Maden ve Petrol Bakanlığı tarafından yürütülen jeolojik araştırmalar sonucunda 113'den fazla kömür madeni ve maden yatağı doğrulanmıştır. Toplam rezervleri 847 milyon tonun üzerinde olan 18 maden sahası bu bakanlığın en önemli keşiflerinden biridir. En önemli kömür madenleri Samangan eyaletindeki Shabashak, Dehne Tor, Lilav Qara Naver, Batı ve Doğu Gramak, Sertor, Rashak ve Qoubi, Sar Asiyab, Gole Chukurak ve Sabzak Kotel. Bamyan'daki Ashpashte ve Klich. Takhar'daki Gazıstan, Buzghur ve Namak Aab. Baghlan'daki Taleh ve Barfak e Nahrin dir. Sabzak Herat'taki ahşap cami

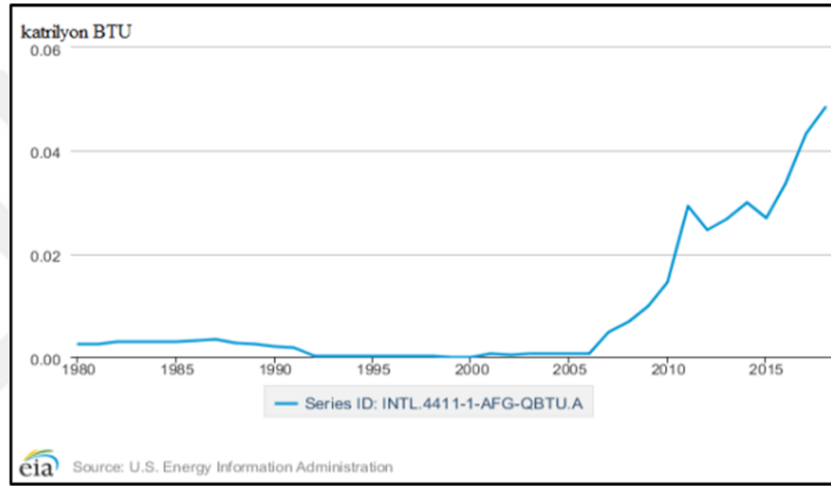
anlamına gelen Masjed Chobi ve Sarpol ilindeki Balkhab rezervuarı olarak belirtilmektedir (Momp.gov.af, 2023).

Dünyanın en büyük maden ve petrol rezervlerine sahip olduğu kabul edilen "kıymetli" ülkelerden biri olan Afganistan, Yüzyıllar boyunca Afganistan'ın madenleri kullanılmadan yalnız bırakılmıştır. 3 trilyon doları aşan rezervler düşünüldüğünde, ülkenin güneydoğusundaki Logar eyaletinin toprakları bugünkü değeri açısından büyük önem taşımaktadır (Haidari, 2020). Petrol tüketimi açısından Afganistan, dünyadaki toplam 97.103.871 varil tüketiminin yaklaşık dünyada 117'ci sırada yer almaktadır. Afganistan'ın 2017'deki gaz rezervleri 1,75 trilyon fit küp (TFK), dünyada 62. sırada yer aldı ve dünyanın toplam 6,923 trilyon fit küp doğal gaz rezervinin yaklaşık %0,025'ini oluşturmaktadır. Afganistan'ın kanıtlanmış kömür rezervleri 2016 yılında 73 milyon ton olup dünyada 62ci sırada yer almaktadır. Afganistan, 2017'de 144.694.365.000 BTU (0,14 trilyon BTU) enerji tüketmiştir. Bu da dünyadaki enerji tüketiminin yüzde 0,02'sine karşılık gelmektedir. Afganistan, yıllık enerji ihtiyacının yüzde 41'ini karşılayan 59.958.915.100 BTU (0,06 trilyon BTU) üretmiştir (Chester, Machette, Haller, Cron & Rukstales, 2007).

Afganistan'daki diğer tüm enerji ürünleri gibi kömüre olan talep çok fazladır, ancak kömür üretimi ülkenin ihtiyacını karşılamak için çok az kalmaktadır. Afganistan'ın kömür endüstrisi düşük üretim oranlarında çalışır ve yılda 300.000 tondan daha az üretim yapmaktadır. 30 yılı aşkın süredir devam eden savaş ve yıllarca süren ihmalden kaynaklanan bozulma, Afganistan'ın kömür madenlerine zarar vermiştir. Kömür kaynakları evsel enerji ısıtma ve endüstriyel uygulamalar için önemlidir. Madencilik ve laboratuvar çalışmaları Afganistan'ın çok büyük yüksek kaliteli kömür rezervlerine sahip olduğunu göstermekle birlikte bu çalışmalar daha da geliştirilmelidir (Chester ve Crone, 2017). Ülke ekonomi politikasına göre amacı, özel sektöre arama ve madencilik için daha onlarca maden sağlamak, özellikle kömür ve madencilik sektöründe maden haklarına sahip özel şirketlerin kurulmasına zemin hazırlamaktır (Wnuk, 2015). Bugüne kadar yapılan araştırmalar, Afganistan'da toplam 11 kömür madeni bulunduğunu ve bunların 40 milyonunun öncelikli olarak araştırılıp işletildiğini göstermektedir (Chester, Cron, Machette, Haller, Rukstales 2017). Şimdiye kadar Afganistan'da önemli bir kömür yatağı keşfedilmemiştir. Kömürün piyasaya taşınması genellikle özel şirketler tarafından yapılırsa da bazı madenler kendi taşımalarını yapmaktadır. Afgan kömür yöneticilerinin genel bir çöküşü her şeyin çökmesine neden olmuştur. Bu madencilik sürecinde sağlık ve güvenliğin

tam olarak iyileştirilmesi için milyonlarca dolara ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir (Wnuk, 2015).

Afganistan'ın kömür sektörü için uzun vadeli büyüme stratejilerine yıllar olmasına karşın, ancak kömür enerjisi değerlendirilmeye devam etmektedir. Maden Bakanlığı 1386 bütçesine 100 MW'lık kömürlü termik santrali dâhil etmiştir. Bütçede ve bütçe taslağında belirtildiği gibi, Enerji ve Su Bakanlığı hükümet için elektrik üretmekten sorumlu olduğundan, bu durum ilginç bir kurumlar arası soruyu gündeme getirmektedir (Sherzai, 2017). Şekil 3.5'de Afganistan'daki toplam kömür tüketimi gösterilmiştir.



Şekil 3.5: Afganistan'daki Toplam Kömür Tüketimi (EIA Afganistan, 2021).

Afganistan'ın kömür talebinin yılda yaklaşık 250.000 ton olduğu tahmin edilmektedir. Afgan kömürü öncelikle evde ısınmak ve yemek pişirmek için kullanılır (aynı zamanda ülke genelinde konut, hafif ve ticari endüstriyel amaçlar için de kullanılır). Çimento üretimi ve kömür yakıtlı elektrik üretimindeki potansiyel gelişme nedeniyle kömür talebinin önümüzdeki yıllar içinde artması beklenmektedir. Bu nedenle, çimento sektörünün gelişimi, kömüre olan genel talebi önemli ölçüde değiştirecektir (Ludin vd. 2017b). Ayrıca, Afganistan kömürleri yurtiçi ihtiyaçların karşılanması dışında yurtdışına da ihraç edilmektedir.

Afganistan'ın kömür madenleri mükemmel kalitede, ancak çıkarma yöntemleri açısından dünyadaki en tehlikeli madenlerden biri olarak kabul edilmektedir. Ülkede 11 kömür madeni bulunmakta ve otuz yıldır süren savaşlar nedeniyle tesis sıkıntısı yaşanmaktadır. Bu madenlerde işçiler temel ve teknik olmayan ekipmanlarla çalışmaya zorlanmakta ve bu da her

yıl işçi ölümlerine neden olmaktadır. (wikizero.com, 2023). Afganistan'ın en önemli kömür madenleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

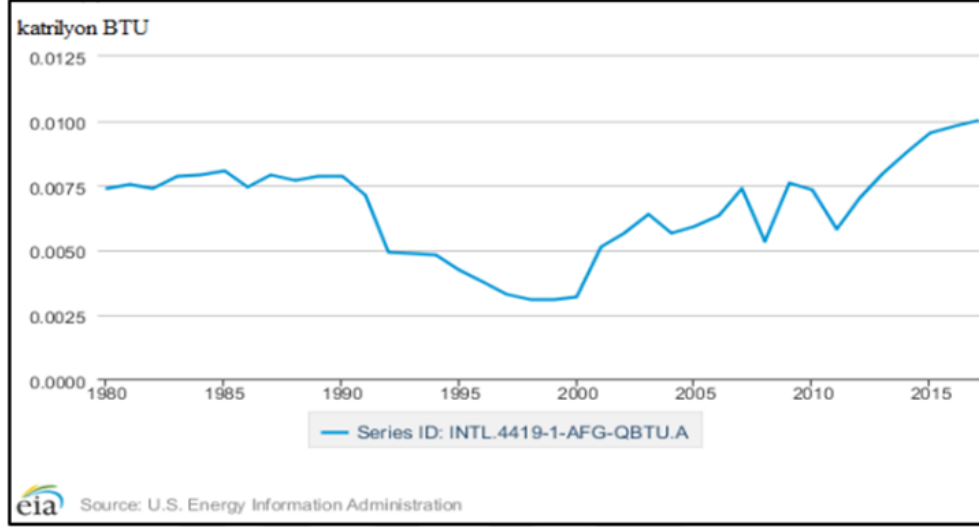
1. Ash Pashta kömür madeni.
2. Farh Kord Ghorband ve Gawparan e Surkh Parsa kömür madeni.
3. Nahrin kömür madeni.
4. Jadran kömür madeni.
5. Garmak Alaqa-e-Çehil Dukhtaran-e- Dara-e-Suf kömür madeni.
6. Dara-e-Suf Guleyedri Alaqakushunda kömür madeni.
7. Sanjur Alaqa Kerkh-e-Hirat kömür madeni.
8. İnjeri kömür madeni.
9. Uruzgan bölgesinin Kandlan Chakmaq Madakhil ilçesi kömür madeni.
10. Lalı Sarjangal-e-Alaqa Daizangi kömür madeni.
11. Pul Khomri kömür madeni.

Yukarıda belirtilen kömür madenlerinin çoğunda kömür çıkarma işlemleri özel kömür ocakları işletmeleri ile yapılmaktadır.

3.1.5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Genel olarak Afganistan'ın tümü yenilenebilir enerji kaynaklarına sahiptir. Özel olarak kırsal alanlar için enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında en büyük enerji isteklerini sunuyor. Yenilenebilir enerji kaynakları hidroelektrik, biokütle, rüzgâr, güneş, odun, jeotermal ve daha fazlasını içerir. Büyük ve küçük hidroelektrik, kullanılmayan bir kaynağı temsil ediyor ve AKB'ye (Asya Kalkınma Bankası) göre, ülke yaklaşık olarak 18.400 MW'lık kullanılmayan hidroelektrik potansiyeline sahiptir.

Afganistan'ın birçok bölgesinde mükemmel rüzgâr enerji potansiyeli mevcuttur (Jung, Brozena ve Peters, 2012). Büyükşehir bölgelerine uzaklık ve rüzgâr hızı gibi faktörler nedeniyle potansiyel rüzgâr enerjisinin tamamı ekonomik faktörler de dikkate alındığında elektriğe dönüştürülmesi mümkün olmamaktadır. Bunun yanı sıra, bu alanda yapılan bilimsel araştırmalar kWh başına yaklaşık 0,10 ABD Doları ile önemli bir potansiyelin açık olduğunu göstermektedir. Afganistan muazzam bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir (Laame, 2021). Afganistan yenilenebilir enerji tüketimi Şekil 3.6'da gösterilmektedir.



Şekil 3.6: Afganistan Yenilenebilir Enerji Tüketimi (EIA Afganistan, 2023).

3.1.5.1. Hidro Enerji Potansiyeli

Afganistan hidro enerji üretimi için nehir ve şelale sayısının çok olduğu ülkelerdendir. Bu nehirler binlerce metre yüksek vadiden akmakta olup, barajlar boyunca elektrik üretmek için kullanılabilir. Afgan çiftçiler (Laghman ve Celalabad bölgeleri hariç) bu suyu 6-7 ay tarım için kullanırlar ve geri kalan 5 ay boyunca kullanmamaktadır. Bu dönemde su kaynaklarının depolanmasıyla ülke çapında büyük miktarda elektrik sağlanması mümkün olabilmektedir. Örneğin, 2.580 kilometre uzunluğunda olan Amu Nehri yaklaşık 1.126 kilometre ile Afganistan topraklarından akmaktadır. Abu nehir, enerji rezervleri açısından Afganistan'ın en önemli enerji ve su kaynaklarından biri olarak bilinmektedir. Ülkedeki tüm enerji kaynaklarını göz önünde bulundurduğumuzda yaklaşık olarak %50'sini oluşturmaktadır (Laame, 2021).

Birleşmiş Milletler Kalkınma Program'ına (BMKP) göre, Afganistan genelinde son 10 sene içerisinde hidroelektrik konusunda önemli gelişmeler kaydedildiğini ve yaklaşık olarak 240 adet mikro hidroelektrik santralleri inşa edildiği belirtilmiştir. Afganistan'ın Kırsal Rehabilitasyon ve Kalkınma Bakanlığı (KRKB), Enerji ve Su Bakanlığı tarafından yayınlan raporlarda, yaklaşık olarak 30 MW'lık inşası tamamlanmış ve 6 MW'tan daha fazlası henüz tamamlanmamış ve yapım aşamasında olmak üzere Afganistan genelinde mikro hidroelektrik santrallerinden faydalanılarak elektrik üretimi yapılmaktadır (Shirzad ve Tarhan, 2019). Bu verilerden yola çıkarak Afganistan'ın hidroelektrik enerji üretiminde büyük bir potansiyel barındırdığını söyleyebiliriz. Tablo 3.4 ve 3.5'te Afganistan'daki mevcut kurulan hidroelektrik santrallerinin bölgelere göre dağılımı gösterilmiştir.

Tablo 3.4: Afganistan'daki Mevcut Kurulan Hidroelektrik Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı (Shirzad ve Tarhan, 2019).

No	Adı	Bölge	Kapasite (MW)	%	İşletmeye alma/iyileştirme tarihi
1	Neghlu	Kabul	100	33,82	1967/2013
2	Mahiper	Kabul	66	22,32	1957/
3	Surobi	Kabul	22	7,44	1957/
4	Darunta	Kabul	11,5	3,89	1964/2012
5	Kajaki (I & III)	Helmand	33	11,16	1975/
6	Herat	Selma dam	42	14,20	/2016
7	Polikhumri	Polikhumri II dam	8,79	2,97	(1962)(2013-2015)
8	Polikhumri	Polikhumri dam	4,12	1,39	(1950)(2013-2015)
9	Jabul Ser	Salang	2,5	0,85	1920/
10	Grishk	Helmand	2,4	0,81	1957/
11	Charikar	Ghorband	2,5	0,81	1973/
12	Assassab	Kunar	0,7	0,24	1983/
13	Ghorband	Ghorband	0,3	0,10	1975/
Toplam			295,71	100,00	

Tablo 3.5: Afganistan'daki Hidrolik Potansiyelin Bölgelere Göre Dağılımı (Shirzad ve Tarhan, 2019).

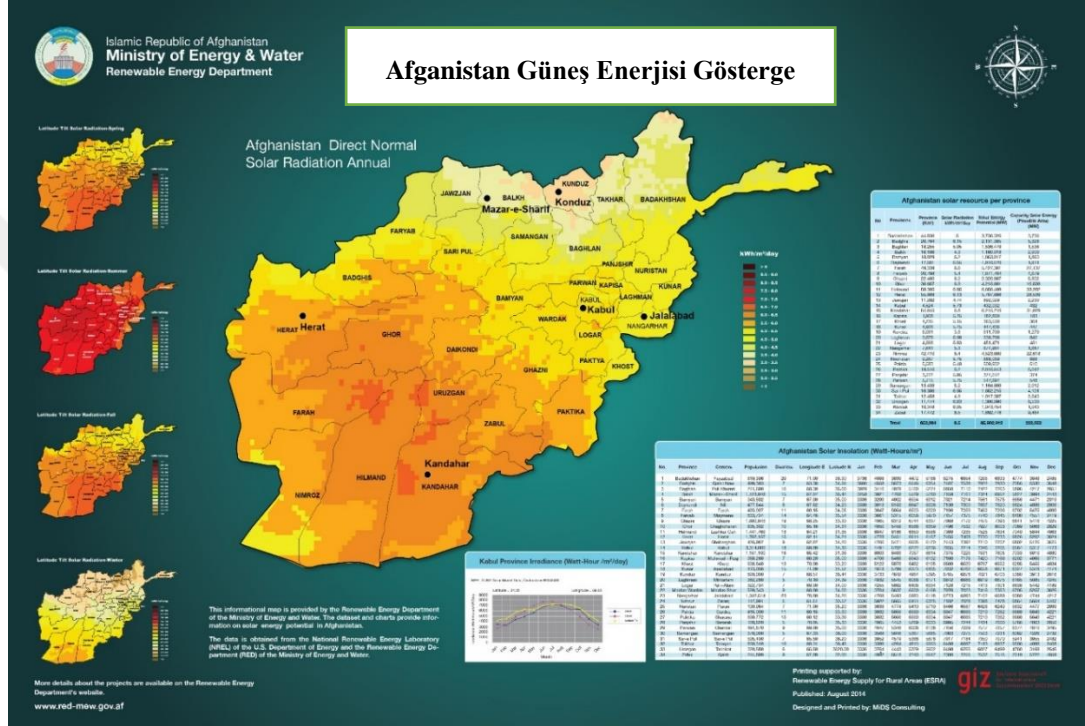
No	Bölge	Büyük Nehirler	Kapasite (MW)	Kapasite (%)
1	Kabil	Kabil	408	1,75
2		Panjshir	400	1,72
3		Laghman	44	0,19
4		Kunar	1089	4,67
5	Panj-Amu	Panj	9050	38,82
6		Amu	9110	39,08
7		Kokcha	1927	8,27
8		Kunduz	50	0,21
9	Kuzey	Jawuzjan	460	1,97
10		Balkh	300	1,29
11	Harirod-Murghab	Harirod	102	0,44
12		Murghab	100	0,43
13	Helmand	Helmen	190	0,82
14		Farah Rod	80	0,34
Toplam			23,310	100,00

Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'te görüldüğü üzere, Afganistan'ın birçok bölgesinde enerji ihtiyacını giderecek hidrolojik enerji üretim kapasitesine sahip olduğu görülmektedir. Bu alanda yapılacak olumlu adım ve alt yapı yatırımlarıyla birçok bölgenin enerji ihtiyaçları karşılanabilir.

3.1.5.2. Güneş Enerjisi

Afganistan yılda 2500-3500 saat güneş ışığı alan, yılda 300 günden fazla veya 10 aydan güneş alan bir ülkedir. Bu nedenle güneş enerjisi, ülkedeki en ucuz ve en zararsız yenilenebilir

enerji türlerinden biridir. Güneş enerjisi, çevrenin korunmasına önemli bir katkı sağlar ve aynı zamanda ülkenin enerji dengesinin kurulmasına da önemli bir katkı sağlayabilir. Kuzey Afganistan'ın güney, güneybatı ve batı kısımlarının çoğu tarım arazileri ve gelişmemiş çöller ve ovalardan oluşmaktadır. Sıcaklıklar tipik olarak 45 °C'ye kadardır. Güneş enerjisinden birçok şekilde yararlanılabilir. Bunlardan biri de güneş pilleridir. (Fahmi ve Upham, 2017). Afganistan güneş enerjisi ile ilgili veriler Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7: Afganistan'da Göstergesel Bir Güneş Enerjisi Haritası (Shirzad ve Tarhan, 2019).

Tablo 3.6: Afganistan'da Güneş Enerjisi Kullanılan Ürünler ve Maliyetleri (Laame, 2021).

Ürün Tipi	Yüksek Kalite Fiyatı (\$)	Düşük Kalite Fiyatı (\$)	Güç Sarfıyatı
Güneş feneri	NA	6-18	1.5-3 Wp
Bir ışık ve telefon şarjı	NA	20-25	3-5 Wp
Küçük ev güneş sistemi	100-120	70-80	20 Wp
Orta ev güneş sistemi	300	150-200	80-100 Wp
Büyük ev güneş sistemi	400-450	250	150-200 Wp
Çok büyük ev güneş sistemi	600-800	400-450	300 Wp
Ev güneş hibrit sistemi	2400-2600	1000-1200	1 kWp

Tablo 3.6'de Afganistan'daki farklı tipteki güneş enerji ürünleri ve ürünlerin maliyetleri gösterilmektedir. Bu ürünler incelendiğinde solar fenerlerin güç seviyesinin 1,5-3Wp, el feneri ve cep telefonu şarj cihazlarının güç seviyesinin 3-5Wp, küçük ev solar sistemlerinin güç

seviyesinin 20Wp, güç seviyesinin ise orta düzeyde olduğu görülmektedir. Büyük ev güneş enerjisi sistemleri 80-100Wp, büyük ev güneş enerjisi sistemleri için güç seviyeleri 150-200Wp'dir. Ultra büyük ev tipi 18 güneş enerjisi sisteminin güç seviyesinin 300Wp, ev tipi güneş hibrit sisteminin güç seviyesinin ise 300Wp olduğu görülmektedir.

3.1.5.3. Rüzgâr Enerjisi

Genel olarak Afganistan'ın neredeyse tamamı rüzgâr enerjisi potansiyeline sahiptir. Ancak, ülke içinde rüzgâr türbinlerine çok az ilgi gösterilmiş olup bu alanda neredeyse hiç yatırım yapılamamıştır. Ülkenin başlıca rüzgâr enerji potansiyeli barındıran bölgeleri, Kajaki, Naghlu, Zabul, Nangarhar'ın doğu illeri ve Baghlan, Takhar, Sâri Pul ve Faryab illerini de içeren kuzey bölgeleri olarak bilinmektedir. Bununla birlikte, ülkenin batı-orta kesiminde yer alan Herat, Farah ve Nimroz olmak üzere 3 il ülkedeki rüzgârlı bölgenin %75'ini oluşturmaktadır(Sadid, 2019). Neredeyse her gün rüzgâr esintisi mevcut olup, rüzgâr enerji üretimi için büyük potansiyel barındırır.

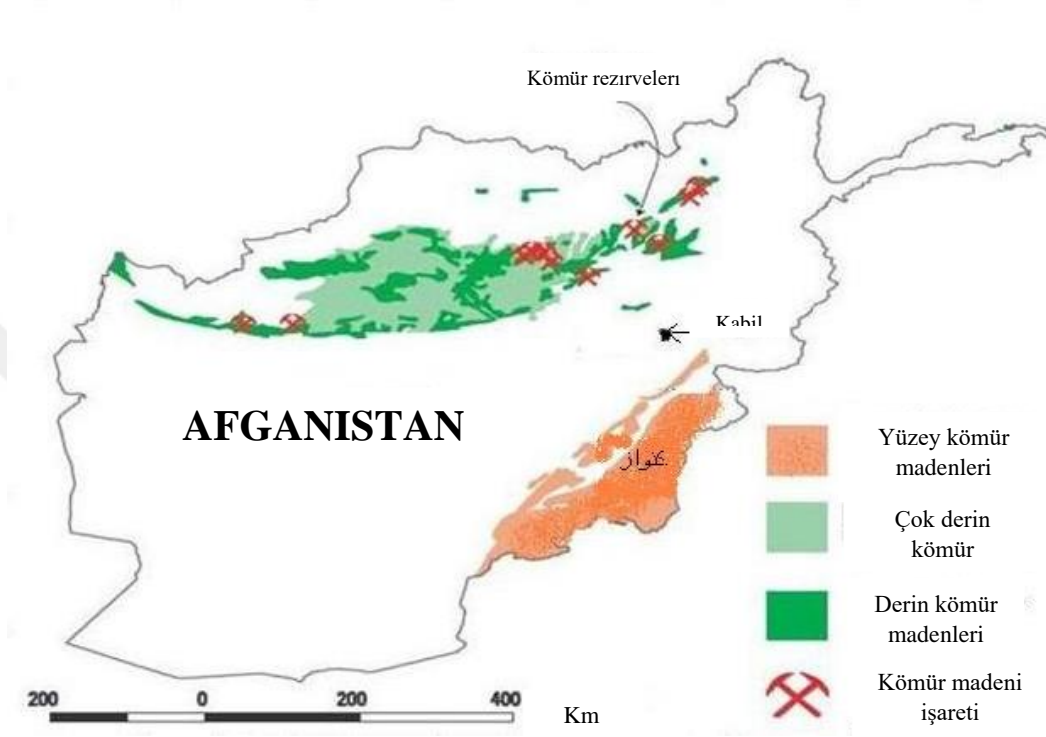
3.1.5.4. Jeotermal Enerji

Afganistan'da büyük bir jeotermal potansiyel olduğuna dair kanıtlar mevcut olsa da bu kaynağın konumu ve tam kapsamı hakkında ayrıntılı bir çalışma henüz tamamlanmamıştır. 2004 yılında yayınlanan bir makale, bölgenin jeolojisine ve yüzey suyu sıcaklığı 20°C'nin üzerinde olan alanların varlığına dayalı olarak jeotermal potansiyeli değerlendirilmiştir. Bu makale, batıda orta kısımdan kuzeydoğuda Wakhan Koridoru'na kadar, özellikle Hindukuş ana eksenini boyunca Herat fay sistemi boyunca aktif bir jeotermal sistemi tanımlamaktadır. Son zamanlarda, bir grup bilim adamı, Amerika Birleşik Devletleri tarafından yürütülen havadan yayılan bir manyetik araştırmanın sonuçlarını analiz etmiştir. Jeoloji Ajansı ve Afganistan Jeoloji Ajansı Batı Afganistan üzerindeki manyetize kabuğun derinliğini tahmin etmek ve yüzey sıcaklığı değişim oranını (jeotermal eğim) üretmek için aeromanyetik veriler kullanılmıştır. Üretilen haritalar, her bölgedeki jeotermal potansiyel konumlara ve kaynaklara genel bir bakış sağlar ve daha fazla araştırma gerektiren alanları belirlemenin bir yolunu sunmaktadır (Laame, 2021).

3.2. ÇALIŞMA SAHASI DARA-E-SUF BÖLGESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Dara-e-Suf ilçesi, Afganistan'ın kuzeyindeki Bazar Sokhteh merkezli Samangan Eyaletinin 7 ilçesinden biridir. Dara-e-Suf, Samangan ilinin birinci sınıf ilçelerinden olup, yüzölçümü 2.911 kilometrekare ve 2019 yılı nüfusu sayımına göre 74.349 nüfusu ile Samangan

ilinin en kalabalık üçüncü ilçesi olarak bilinir. Dara-e-Suf ilçesi batıda Sarpol ili, doğuda Roy Doab ilçesi ve güneyde Bamyan ili sınır komşusudur. Ülkenin en büyük kömür rezervlerinden biridir. Afganistan'ın kömür rezervleri şekil 3.8'te verilen haritada gösterilmektedir.



Şekil 3.8: Afganistan Kömür Rezervlerinin Haritası (Najafizade, 2006).

Bu madenler Mezar-ı Şerif şehrine 200 km uzaklıkta bulunmaktadır. Kalite ve verim açısından diğer bölgelere kıyasla birinci sırada yer almaktadır. Bu madendeki kömürün büyük kısmı elektrik santralinde kullanılmaktadır. Dara-e-Suf kömürü iyi bir termal kaliteye sahip olup, katı halde çıkarılmaktadır. Bir kilogramı 8.000 ila 8.500 kalori arasında ısı üretmektedir. Tüccarlar Dara-e-Suf'taki kömürleri Belh, Cevzcan, Baghlan, Kunduz, Kabil ve hatta Pakistan'a göndermektedir. Bu kömürlerin büyük çoğunluğu kil fırınlarında, demircilerde ve küçük demir izabe fabrikalarında kullanılmaktadır. Suf vadisi kömür madeni 1966 yılında yöre halkı tarafından keşfedilmiş, 1967 yılında Sovyetler Birliği ve Almanya'dan uzmanlar tarafından araştırılmıştır. Bu madenlerde 150 milyon tonun üzerinde kömür bulunmaktadır. Bu nedenle Dara-e-Suf madeninde (268 Suf halkası) bulunmaktadır. İşçilerin aldığı önlemlere rağmen bu madende 15 yılı aşkın süredir yangın çıkmaktadır, Son zamanlarda yangın söndürülmüştür (Najafizade, 2006).

Samangan'daki Kuzey bölgesi kömür işletmesi başkanı Mühendis Abdulaziz Mobeen, Pajhwok Haber Ajansı'na, 2018'in ilk altı ayında Dara-e-Suf Bala madenindeki kömür satışından 102 milyon 200 binden (afg) fazla Afganlının gelir sağlandığını belirtmiştir. Bu rakam 2019 yılının ilk altı ayında yaklaşık 300 milyona ulaşmıştır. Yani, geçen yıla göre 3 kat artış göstermiştir. Maden ocakları yasanın uygulanması, bu madendeki kömürün kalitesi ve tüketicilerin talebinin artması gelir artışına sebep olmuştur. Dara-e Suf Bala ilçesinde "Dahane Tor" ve "Şabaşk" madenleri adında iki büyük kömür madeni bulunmakta olup, Kuzey bölgesi kömür işletmeleri ve halk tarafından çıkartılmaktadır. Kömür ocakları dire başkanlığı tarafından görevlendirilen işçilerin çıkardığı kömürün tonu başına 2.000 Afgan parasına satılmaktadır. Dara-e-Suf kömürü iyi bir termal kaliteye sahip ve katı halde çıkarılan kömür türüdür. Bir kilogramı 7500 ila 8500 kalori arasında ısı üretir. Bu maden ocaklarında günde 1400 tondan fazla kömür çıkarılmaktadır. Bu kömürler teknik mühendislerin gözetiminde 100 devlet çalışanı ve 2000'den fazla kamu çalışanı tarafından çıkarılmaktadır. Bu bölgede kömür taşımak için 400'den fazla nakliye aracı çalışır ve Belh, Cevzcan, Bağlan, Kunduz, Kabil, Host, Nangarhar ve hatta Pakistan eyaletlerine kömür gönderilmektedir. Bu ilçenin kömür madeni 1966 yılında yöre halkı tarafından keşfedilmiş ve 1967 yılında Sovyet ve Alman uzmanların yaptığı araştırmaya göre bu madendeki kömür miktarının 150 milyon tondan fazla olduğu düşünülmektedir. Ancak, bu madenin yetkilileri miktarının daha fazla olduğunu belirtmektedir. Samangan kömür madenleri, Badakhshan bölgesinden başlayıp Takhar, Baghlan, Samangan, Bamyan, Sarpol ve Herat'taki Sabzak madenine kadar uzanan Hindukuş dağ zincirinin farklı seviyelerinde bir kuşak şeklinde yer almaktadır (Turkicpress, 2010).

3.2.1. Fiziksel ve Coğrafi Özellikleri

Dara-e-Suf kömür rezervleri, Kabil şehrinin 500-525 km kuzeybatısında, batıda Chehl Duhtaran Gölü arasında ve Hindu Kush'un batısındaki sıradağ sistemine doğru devam etmektedir. Geniş yerleşim alanları, bölgenin 40 km kuzeyinde bulunan Sufi Vadisi şehridir. Samangan (eski adı Aibak) semtinin merkezi ve Dara-e-Suf, 140 kilometrekarelik yollarla birbirine bağlanmaktadır. Samangan'dan Pul-e-Khumri'ye 92.km ve sonra Kotal Salang'dan Kabil şehrine kadar 230 km otoyol vardır (Saayid, 2019). Bahsedilen alanlar arasındaki motor bağlantısı, yalnızca bölgenin batı kısmına giden Kara yolu, Pul Khomri otoyolunun iki yolu üzerinden sağlanmaktadır. Suf Vadisi nehri boyunca Tor Vadisi madenine ve doğu tarafında Shabashek kömür madenine kadar olan yolların büyük bir yenilemeye ihtiyacı vardır. Alanın kalan kısmı yalnızca Hayvan ve yaya ulaşımı mümkündür. Küçük yerleşim alanlarından

istenilen bölgede Shabashk, Rig Bulok, Karam qol, Garmak, Layla ve ıscı köyü Dehneh Turu, Darvazeh, yer almaktadır. Rölyef alanı ve Ağır dallara ayrılmış dağ çoğunlukla derin kanyon benzeri vadiler tarafından kesilir. Vadilerin üzerindeki su dağıtım hatlarının yüksekliği 900 metreye ulaşmaktadır. Bölgenin ana su şebekesi Dara-e-Suf deresidir. Chaharda ila chehel dukhtaran derelerinin birleşmesinden oluşmaktadır. Yıllık atmosferik yağış miktarı yaklaşık 300 mm olup, bunun büyük bölümü ilkbahar aylarındadır. Endüstriyel ekonominin temeli, kuzeydeki kömür madenciliği işletmeleridir. 1960'tan beri kalıcı olarak çıkarılan Dahane Tor madenine dayanmaktadır. Shakhti Maden sahasındaki kömür üretimi yılda 3.000 tondur. Bölge halkı tarım, toprak ve hayvancılıkla uğraşmaktadır. Bölgede az insan Maden kömür madenleri ile uğraşmaktadır.

3.2.2. Dara-e-Suf Bölgesinin Jeolojik Çalışmalarının Tarihi

Dara-e-Suf bölgesinde kömür üretimine ilişkin jeolojik çalışmalar 1886 ile 1965 yılları arasında devam etmiştir. 1965 yılına kadar çok sayıda jeolojik araştırma çalışması parçalar halinde Hedef alanın küçük bir bölümü uygulanmış olup, kömür üretiminin özellikleri hakkında fikir vermemektedir. Bu araştırmanın sonuçları, yakınlıktaki tartışmalarının analizi ile doğru bir şekilde eşlenmiştir. Bu araştırmanın sonuçları, haritalama raporunda ele alınan konunun analizi ile tamamen detaylandırılmıştır. Jeolojik ölçek 1:200000, kuzeydoğu Afganistan'ın kömür taşıyan bölgelerinde sunulmaktadır. Dara-e-Suf Vadisi'nin tüm alanını kapsayan tek jeolojik araştırma, 1963-1965 yıllarında yapılan 1:200.000 ölçekli jeolojik haritalama çalışmalarıdır. 1963-1965 yıllarında yapılan jeolojik haritalama çalışmaları sonucunda daha önce net olmayan kömür tabakaları tespit edilmiş ve alandaki kayaçların stratigrafik bölümleri oluşturulmuştur. Dara-e-Suf bölgesinin ilk jeolojik haritası 1:100.000 ölçeğinde hazırlanmıştır (1:200000 ölçekli saha çalışmaları esas alınmıştır.) (Saayid, 2019).

3.2.3. Kömür ve Kömürün Kalite Özellikleri

Kömür kalitesinin ayrıntılı özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Dara-e-Suf bölgesinde, kömür çökellerin şeridi 45 km'den fazla uzunluğa ve 6 - 8 km genişliğe sahiptir ve batıdaki Layla madeninden doğudaki Şeybashak madenine kadar kesintisiz olarak uzanır.
- Kömür çökelleri üst triyastan yukarı yura'ya kesintisiz olarak akar.

- Shabashek süiti, incelenen alanda sabit veya sabit olan yüksek bir kömür verimlilik katsayısına sahiptir.
- Dara-e-Suf bölgesinin kömürü, farklı derecelerde metamorfizma derinliğine sahip bir kömürdür.
- Kömür zeminler genellikle kalınlığına bağlı olarak 0,2 - 8,3 arasında değişen karmaşık bir yapıya sahiptir.

Söz konusu bölgenin coğrafyası ve kömür havzasında Dara-e-Suf Vadisi'nin kömürlü ilişkilerinin araştırılması Afganistan'ın kuzeyinde yer alır. Genel olarak Dar-e-Suf vadisinin tüm alanı bir dizi rezerve sahiptir, katman sayısı 36'ya kadar çıkmaktadır. Şu anda, Dehneh Tor, Sabzak, Sarasiab, Karam-e-Qul, Dervaze rezervleri ve bir dizi diğer mineral görünümüleri tespit edilmiştir (Saayid, 2019).

Garmak–Shabashak Rezervleri

Rezervler 1963 yılında Jeoloji Araştırmaları Kurumu tarafından Chehel dukhtaran Köyü'ne 3 kilometre uzaklıkta keşfedilmiştir. Kömür sınıfları Garmak rezervlerinin kömür sınıflarının devamıdır. Burada 0,1-1,75 metre kalınlığında 4 adet kömür zemini açığa çıkarılmıştır. Bazı yerlerdeki kömür birikimlerinin miktarı yüzde 20'ye ulaşır. Kömür rezervleri orta düzeyde kül içerir ve enerji kaynağı olarak hammadde kabul edilir.

Kerm Qol Rezervleri

Söz konusu rezervler, Shabashk rezervlerinin 6 km batısında, Dehneh Tour'un 7 km güneydoğusunda yer almaktadır. Karam-e-Qul köyünün kömür zeminleri Dara-e-Suf kömür yataklarının en düşük yüksekliklerinden biridir. Yapısal açıdan, söz konusu çökeller antiklinalin kuzeyinden kuzeyine doğru çevrilmiştir ve Sweet Rig Bolg kayalarını içerir. Katlar güneye doğru 40 - 60 derecelik bir açıyla eğimlidir. Güneyde, tabakaların ters dönüşü görülebilir. Kömür tabakalarında 5 tabaka açığa çıkmıştır, bu da yaklaşık 400 ila 500 metre kısa bir mesafede görülebilir.

Darvaze Rezervleri

Rezervler Shabashak rezervlerinin 3 km güneybatısında yer almaktadır ve Sweit Changab Rezervleri vadinin güneyindeki Darvaze Köyü yakınında yer almaktadır ve son

bölümünde kömür sınıfı çoğunlukla küçük parlak kömür katmanlarına sahip kömür içeren arjilitlerden oluşur. Söz konusu tabanın orta kısımları 0,55 m kalınlığında saf kömür kömürü cevherleri arasında yer almaktadır. Kömür tabakasının toplam kalınlığı 3.27 m'ye ulaşır Kömür tabakası vadinin karşı tarafında yüzeyleir. Kömürün ikinci katı dere dibinde çıplak 1,38 metre kalınlığında tek tip bir yapıya sahiptir. Yarı endüstriyel kömür, hem kömürün yaklaşık yüzde 71'ini, hem de yarı radyan kömür ortalamalarının yaklaşık yüzde 27'sini oluşturuyor. Radyant kömür, bahsedilen kömürün yüzde 2'sine kadar ulaşır ve bahsedilen kömür ortalama bir kül miktarına sahiptir ve bahsedilen kömür kok olarak kullanılabilir. Berel'deki 235 – 240 kg miktarı yani %57-59 kok olarak kullanılmaktadır. Malzemenin bileşimine göre taşların çoğu shabashakin orta kısmında depolanır. Batıda soldaki Darvazeh köyünden daha küçük bir boyut da sabit bir kömür boyutudur. Yarı parlak bir hendek tarafından sıyrılan kömürün alt katmanları, bir şerit veya kayış şeklinde devam etti. Belirtilen sınıflar arasına 0,7 metre ve 0,10 metre kalınlığında iki sıra arjilit taşı bulunmuştur. Kömür zeminin toplam kalınlığı 1,59 metredir. Kömür şeklindeki katmanlar batıya doğru, Chengab'dan 5-6 km'lik bir mesafeye kadar uzanır. Bu nedenle, Darwaza yataklarının kömürle kaplı etekleri, maden yataklarından 10 kilometre uzaktadır. Chengab geliştirildi, gelecekte ekonomik olarak etkili ve faydalı olabilir. Şabaşek'in kuzeyinde ,Rig Bullk Suite bölümünde, yaklaşık 0,4 - 0,6 metre kalınlığında Bulke'nin kaya takımının kesitinde çok sayıda kömür yatağı açığa çıkarılmıştır ve bunların kalınlıkları yaklaşık 0,9 metreye ulaşmaktadır.

Dara-e-Sufta bulunan kömür rezervleri, genellikle taşkömürü olarak bilinen kaliteli kömür türleridir. Bu kömürler, enerji üretimi, endüstriyel kullanımlar ve ev ısınması gibi amaçlarla kullanılır. Dara-e-Suf bölgesinde, kömür çökellerin şeridi 45 km'den fazla uzunluğa ve 6 - 8 km genişliğe sahiptir ve batıdaki Layla madeninden doğudaki Şeybashak madenine kadar kesintisiz olarak uzanır. Dara-e-Suf kömür madeni dünya madencilik standartlarına göre uygun olmadığı için işçileri, her yıl en az 10 kişinin bu bölgedeki çeşitli rezervlerde is güvensizlikten ve maden patlamalardan dolayı yaralanıp hayatını kaybettiğini bildirmektedir. Bu kayıplar, Afganistan'ın kömür madenlerini dünyanın en tehlikeli madenlerinden biri haline getirmektedir. Çünkü Dar-e-Suf, Rox Doab, Mah Zarin, Nahrin ve Takhar kömür madenlerinde işçiler, kürek, kazma gibi çok basit aletlerle, maden işçiliğinin gücünden yoksun ve profesyonellikten uzak bir şekilde malzeme çıkarmaktadır. Afganistan'daki iç savaşlarda bir yandan madenlerin kömürü aşırı kullanılmış, diğer yandan bu madenlere el konulmuştur (Saayid, 2019).

4. BULGULAR

Kömür madenciliği, Türkiye ve Afganistan gibi birçok ülkenin enerji üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Ülkeler, sahip oldukları kömür rezervleriyle enerji ihtiyaçlarını karşılamayı hedeflemektedir. Bu bağlamda, kömür madenlerinde kazı süreçlerinin mekanizasyonu, verimlilik, güvenlik ve çevresel etkiler açısından önemli bir faktördür. Bu çalışmada, Afganistan ve Türkiye'deki kömür madenlerindeki kazı mekanizasyonu hakkında bilgi verilerek Afganistan'ın Dara-e-Suf maden ocakları kazı mekanizasyonu açısından değerlendirilmiştir.

4.1. ÇALIŞMA SAHASI GENEL DEĞERLENDİRME

Afganistan, doğal kaynaklar açısından zengin bir ülkedir ve bu kaynaklardan biri de kömürdür. Afganistan'daki kömür madenleri, ülkenin farklı bölgelerinde bulunmaktadır. Afganistan'ın kömür rezervleri ülkenin farklı bölgelerinde bulunmaktadır. Özellikle kuzey ve doğu bölgelerde yoğunlaşmıştır. Bazı önemli kömür madeni bölgeleri arasında Samangan, Takhar, Badakhshan ve Balkh sayılabilir. Afganistan'ın kömür rezervleri genellikle taşkömürüdür. Ülkede bilinen kömür rezervleri oldukça büyük olup, bu rezervlerin işlenmesi potansiyeli vardır. Ancak, çoğu rezerv henüz yeterince keşfedilmemiş durumdadır. 2021 itibariyle, Afganistan'ın Samangan bölgesi, ülkenin kuzeyinde yer alır ve önemli kömür rezervlerine sahip bir bölgedir. Samangan bölgesinin çeşitli bölgelerinde kömür madenciliği yapılmaktadır. Afganistan'ın genelinde enerji üretimi, kömür ve endüstriyel kullanım için önemli bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Afganistan'daki kömür madenlerinin büyük bir kısmı yerel pazarlara hizmet vermektedir. Ancak, bu madenlerin çoğu modern teknolojilere dayanmamaktadır ve geleneksel yöntemlerle işlenmektedir. Afganistan'daki kömür sektörünün büyük bir potansiyele sahip olduğu kesindir. Ancak, ülkedeki istikrarsızlık, güvenlik sorunları ve altyapı eksiklikleri gibi faktörler sektörün gelişmesini engellemektedir. Afganistan'ın kömür sektörü, uluslararası yatırımcılar ve şirketler için de ilgi çekici olabilir. Ancak, ülkedeki güvenlik durumu ve politik istikrarsızlık, uluslararası yatırımlara engel teşkil etmektedir.

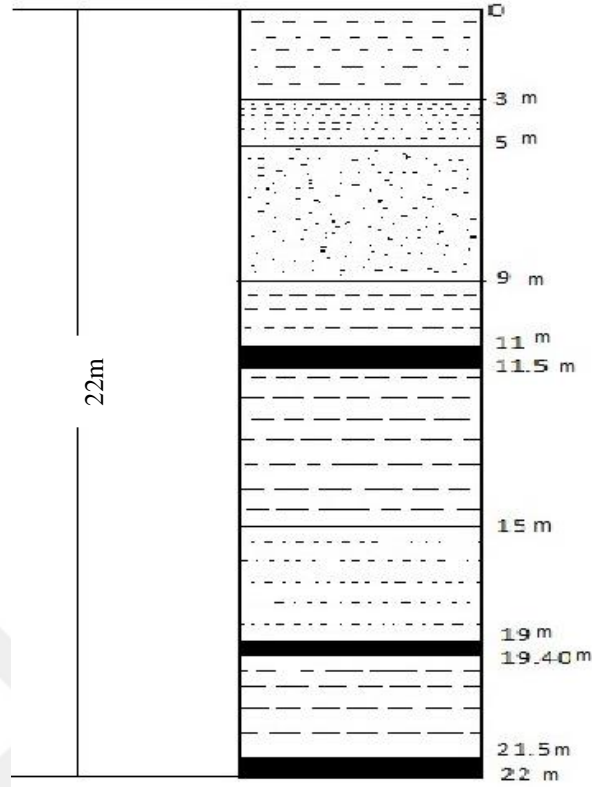
Sonuç olarak, Afganistan'da kömür madenciliği potansiyeli bulunsa da, güvenlik sorunları, altyapı eksikliği, teknolojik kapasite eksikliği ve çevresel etkiler gibi faktörler bu sektörün gelişmesini engelleyebilir. Ayrıca, istikrarlı bir politik ve güvenlik ortamının

oluşturulması da bu tür doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde değerlendirilmesi için önemlidir.

Dara-e-Suf ilçesi, Afganistan'ın kuzeydoğusundaki Samangan ilinde bulunmaktadır. Talakan şehrine 246 km uzaklıkta yer almaktadır. Samangan ili üzerinden Dara-e-Suf maden yataklarına ulaşmak yakın şehir merkezinden yakın mesafede olsa bile kötü yol şartları ve altyapı uygunsuzluğundan dolayı zordur. Yol güvenliği açısından da zorluklar barındırmaktadır. İnsanlar Mezar-ı Şerif üzerinden Mezar-ı Şerif vilayetinin yaklaşık 120 km batısında yer alan Samangan ilinin Dara-e-Suf ilçesine seyahat etmek için yeni asfaltlanan yolu kullanmaktadır. Yapılan yeni yollar ulaşım sıkıntısını azaltmıştır.

Dara-e-Suf kömür sahasında orta taneliden iri taneliye kadar farklı boyutlarda kumtaşlarından oluşan Alt ve Orta Jura dönemlerine ait kayalar ile alüvyon, diloviyen ve karbonatla ayrılmış malzemelerden oluşan kayalar ortaya çıkmıştır. Bölgeden alınan numuneler üzerinde yapılan analizlere göre Kömürün ısı değeri 6380 - 7210 kcal, Gazlaşma oranı 25 - 41%, Nem oranı 0,80 - 1,20%, Kül üretimi ise 5 - 15% arasında olduğu ortaya konmuştur. Dara-e-Suf ilçesi litoloji açısından toplam kömür katmanları içerisinde orta taneli ve iri taneli kumtaşları, şeyller, konglomeralar, arjilitler ve karbonatlı kayalar bulunmaktadır. Kömür içeren katmanların kalınlığının 1.2-3 metreye kadar ulaştığı belirtilmiştir (Şekil 4.1 ve Tablo 4.1).

Dara-e-Suf bölgesinde tektonik operasyon çok hafif olmuş olup, bu tektonik operasyon sonucunda bu alanlar incelendiği için temel bir değişiklik meydana gelmemiş, bu alanda üst ve yan taş katmanları çok fazla tahrip olmuştur. Zayıf katlanmış ve çarpık olup, taşlar çok fazla etkilenmemiştir, bu da küçük kırılmalara neden olmuştur. Kömür döşemelerin alt ve üst kısımlarında bulunan taşlar orijinal hallerine göre 10-12 derece arasında değişmiştir. Söz konusu alanda kömür ekibinin kazdığı kömür yataklarında, kömür katmanlarının eğim açısı 10-12 derece olup, kömür yataklarının son kısmına kadar bu durum aynıdır (Saayid, 2019).



Şekil 4.1: Dar-e-Suf havzasının stratigrafik kesiti (Saayid, 2019).

Tablo 4.1: Dar-e-Suf havzasının stratigrafik kesitinde bulunan jeolojik birimler (Saayid, 2019).

Derinlik (m)	Jeolojik Birim
0-3	Siyah Geçiş Toprakları
3-5	Sarı Çamur
5-9	Çakıl Erozyon
9-11	Kül
11-11,5	Kömür Tabakası
11,5-15	Arası Transfer Çamurları
15-19	Sarı Aşındırıcı Taşlar
19-19,40	Kömür Tabanı
19,40-21,5	Argelitler
21,5-22	Kömür

Dare-e-Suf bölgesinde 50-150 metre mesafelerde başarılı bir şekilde üst üste yerleştirilmiş üç kömür tabakası görülmekte olup, kömür damarın kalınlığı 1,2-3 metredir. Temel özelliklerinden biri de kömür katmanlarının 10-12 derecelik eğim açısı olup, bu da madencilik sisteminde kolaylık sağlamaktadır.

4.2. MEKANİZASİYON İŞLEMLERİNDE TÜRKİYE VE AFGANİSTAN KARŞILAŞTIRMASI

Türkiye, kömür madenciliğinde gelişmiş bir teknolojik altyapıya sahiptir. Madencilik ekipmanı üretimi ve satışı konusunda güçlü bir sanayiye sahiptir. Türkiye'deki kömür madenlerinde, modern ve otomatize edilmiş ekipmanlar kullanılmaktadır. Örneğin aşağıda belirtilen, açık ocak madenciliği için büyük ölçekli ekskavatörler, maden ocağındaki kazı işlemleri için sondaj makineleri ve maden içerisinde taşınan kömürün yüklenmesi için konveyör sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Türkiye'de kömür madenciliği için açık ocak veya yeraltı madenlerinde çeşitli makineler kullanılır. Açık ocak madenlerinde büyük ekskavatörler ve maden kamyonları yaygın olarak kullanılırken, yeraltı madenlerinde kazı işleri için tünelleme makineleri, maden sondaj makineleri ve kömür kesme makineleri gibi ekipmanlar kullanılır. Afganistan'da ise bu imkânlar mevcut değildir.

Yeraltı madenlerinde güvenlik için tahkimat ve destek yapıları kullanılır. Bu, maden tavanının ve duvarlarının çökmesini veya maden tünellerinin çökmesini engellemek için yapılan önlemleri içerir. Türkiye'de, yeraltı madenlerinde tahkimat ve destek işlemleri ulusal standartlara ve güvenlik yönetmeliklerine uygun olarak gerçekleştirilir. Afganistan'da ise sadece ahşap kullanılmaktadır.

Kömür madenlerinde çıkarılan kömür, nakliye işlemleriyle taşınır. Bu nakliye işlemleri genellikle maden sahasından termik santrallere veya endüstriyel tesislere yapılır. Nakliye için kamyonlar, konveyör bantları ve trenler gibi çeşitli taşıma yöntemleri kullanılır. Afganistan'da ise başka seçenek olmadığı için sadece kamyonlarla nakliye işlemleri gerçekleştirilir.

Kömür madenciliği, iş güvenliği açısından riskli bir sektördür. İşçilerin güvenliği için çeşitli önlemler alınmalıdır. Türkiye'de iş güvenliği ile ilgili yasal düzenlemeler bulunur ve maden işletmeleri bu kurallara uymak zorundadır. İş güvenliği ekipmanları, eğitim programları ve acil durum prosedürleri işçilerin güvenliğini sağlamak için kullanılır. Afganistan'da ise iş sağlığı ve güvenliği konusu arka planda tutulmakta olup, her sene yüzlerde maden işçisinin canına mal olmaktadır.

Kömür madenciliği çevresel etkilere yol açabilir. Açık ocak madenlerinin ekosisteme zararı olabilir ve kömür yakılması sera gazları salınımına neden olabilir. Türkiye'de çevresel

etkileri azaltmak ve sürdürülebilir madencilik uygulamak için çeşitli düzenlemeler ve çevresel izinler bulunur. Afganistan'da ise, konu ile ilgili düzenlemeler olsa bile pek dikkat edilmez.

Günümüzde nüfus artışı, teknolojik gelişme ve üretim ihtiyaçları ile birlikte son yıllarda tam mekanize üretim sistemleri kaçınılmaz hale gelmiştir. Özellikle enerjiye olan talebin her geçen gün arttığı günümüzde kömürün daha ekonomik ve daha büyük miktarlarda üretilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle kömür üretiminde tam mekanize kazma sistemlerine geçiş hızlanmış, hatta otomasyonlu sistem kullanımına yönelik eğilim gelişmiştir.

4.3. DAR-E-SUF BÖLGESİ KÖMÜR MADENLERİNİN MEKANİZE KAZIYA UYGUNLUĞU

Mekanize madencilik, cevhere daha hızlı ve daha uygun maliyetle ulaşmak için madencilik projelerinde önemli bir rol oynamaktadır. Kollu galeri açma makineleri, madencilik ve tünel açma projelerine yönelik kazı çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tip madencilik ekipmanlarının ilk yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen uzun mesafelerde ekonomiktir. Ancak istenilen kesitin sorunsuz bir şekilde açılabilmesi ve taşımanın daha hızlı tamamlanabilmesi nedeniyle geleneksel yöntemlere göre avantajları bulunmaktadır. Kollu galeri açma makinalarının seçimi kayaların mekanik özelliklerine, zemin koşullarına, galeri kesitine, ekonomisine, kesici kafa tipine ve kullanılan destek sistemlerine göre seçilmektedir. Bu faktörlerden en önemlisi kesici başlığın taşı kesme gücüdür. Bu bağlamda sahada kazılan taşlardan tek eksenli basınç dayanımı en yüksek olan kaya türüne göre makinenin seçilmesi uygun olacaktır.

Türkiye'deki kömür madenlerindeki kazı mekanizasyonu, verimlilik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Otomatize edilmiş ekipmanlar, daha hızlı ve etkili bir şekilde kazı yapabilme imkânı sağlar. Bu da üretim süreçlerinde verimlilik artışına ve maliyetlerin düşmesine katkı sağlar. Ayrıca, ekipmanların hassas kontrol sistemleri sayesinde daha az yanlış kazı ve kayıp yaşanır. Bunun sonucunda, Türkiye'deki kömür madenlerinde daha yüksek üretim miktarları elde edilebilir.

Afganistan ise kömür madenciliği konusunda teknolojik olarak geri kalmış durumdadır. Ülkenin iç savaşlarla ve güvenlik sorunlarıyla mücadele etmesi, kömür madenciliği sektörünün gelişimini olumsuz etkilemiştir. Afganistan'daki kömür madenlerinde, geleneksel yöntemler ve el gücüyle çalışan madenciler sıklıkla kullanılmaktadır. Bu durum, verimsizlik, güvenlik riskleri

ve çevresel etkilerin artmasına neden olmaktadır. Şekil 4.2-4.3 maden işçilerinin kömürü geleneksel el yöntemleriyle çıkarmakta olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.2: Afganistan Samangan Kömür Madeni (Saayid, 2019).



Şekil 4.3: Afganistan Samangan Kömür rezervi (Saayid, 2019).

Afganistan'daki kömür madenlerinde genellikle manuel madencilik yaptıkları ve geleneksel basit aletler ile kömür çıkarmakta oldukları resimler şekil 4.2 ve şekil 4.3 olarak verilmiştir. Gösterilen resimler Dara-e-Suf maden ocaklarında çalışan işçilerden temin edilmiştir. Afganistan'ın enerji ihtiyacını kömür üretimini artırarak ve enerji üretimi için yerli kömür üretimini artırarak karşılaması büyük önem taşımaktadır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda çalışma sahasının jeolojik, tektonik ve litolojik özelliklerine göz önünde bulunduğumuzda kazı mekanize açısından tamburlu kesici-yükleyici mekanize kazı ve uzunayak yönteminin Dare-e-Suf kömür madenlerinde kullanılması uygun görülmektedir.

lke ekonomisinin gelişmesiyle birlikte mineral (mineral) hammaddelere olan talep de artmakta, bu nedenle rezervlerin sistematik ve zamanında tahmin edilmesi özellikle önemlidir. Rezervlerin hesaplanması sadece bazı aritmetik ve cebirsel işlemleri değil, en önemlisi, madenlerin ve minerallerin jeolojik çalışmaları sırasında elde edilen ampirik kanıtları, analizleri, analizleri ve bunların sentezini (genelleştirme) içerir. Çalışma kapsamında sahanın rezerv hesaplamalarında yapılmış ve bulunan sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Rezervleri hesaplararken kullanılan formüller aşağıdaki gibidir

$$P = V \cdot C \cdot K_1 \dots\dots\dots (1)$$

$$P = V \cdot C \cdot K \dots\dots\dots (2)$$

$$Q = V \cdot d \dots\dots\dots (3)$$

$$V = \frac{S}{3} \cdot l \dots\dots\dots (4)$$

$$V = \frac{S}{2} \cdot l \dots\dots\dots (5)$$

$$V = \frac{S_1+S_2}{2} \cdot l \dots\dots\dots (6)$$

$$V = \frac{S_1+S_2+\sqrt{S_1 \cdot S_2}}{3} \cdot l \dots\dots\dots (7)$$

$$V = (S_1 + S_2 + \frac{a_1 \cdot b_2 + a_2 \cdot b_1}{2}) \frac{l}{3} \dots\dots\dots (8)$$

$$V = S \cdot m \dots\dots\dots (9)$$

$$V = S \cdot h \dots\dots\dots (10)$$

$$S = S_0 \cdot n \dots\dots\dots (11)$$

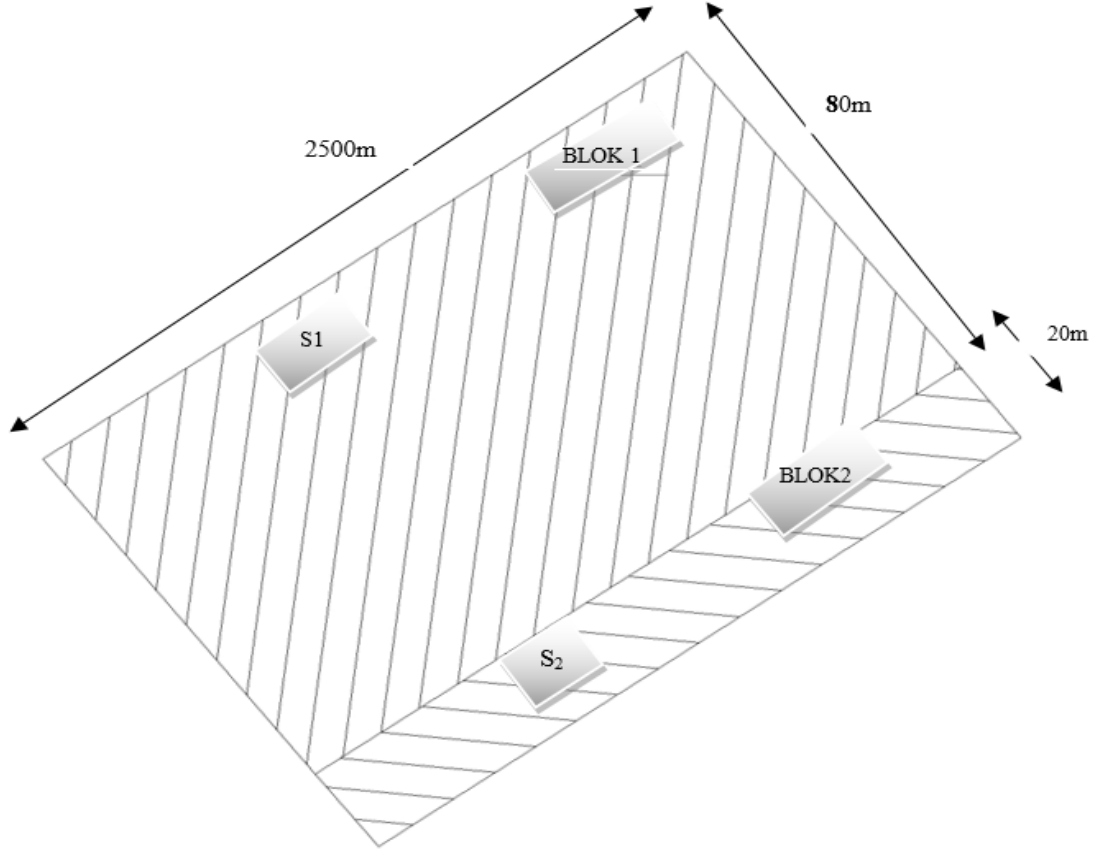
$$S = m \cdot L \dots\dots\dots (12)$$

$$S = A \cdot B \dots\dots\dots (13)$$

$$S = \sum_{i=1}^n S_i \dots\dots\dots (14)$$

K- düzeltme faktörü, C- Cevherde orta miktarda faydalı madde, d- Mineral cismin hacimsel ağırlığı, V- Mineral hacmi, m- gövde kalınlığı, l- Bir bloktaki bölümler arasındaki mesafe, L- Mineral cismin uzunluğu, h- Derinlik, n- hücre sayısı, A- Maden sahasının uzunluğu,

B- Maden alanı genişliği. Üretim tünellerine dayalı olarak Dara-e-Suf Gule maden sahasının kömür sahası birinci katı Şekil 4.4 'de verilmiştir.



Şekil 4.4: Dara-e-Suf Gule Birinci Kat.

$L = 2500\text{m}$ Kömür taban uzunluğu

$W = 80\text{m}$ kömür tabanı genişliği

$h = 3\text{m}$ kömür tabanı kalınlığı

$d = 1.4$ Özgül ağırlık

Blok 1 hesaplamaası

$$S_1 = L \times W = 2500 \times 80 = 200000 \text{ m}^2$$

$$V_1 = S \times h = 200000 \times 3 = 600000 \text{ m}^3$$

$$Q_1 = v \times d = 600000 \times 1.3 = 840000 \text{ Ton}$$

L - kat uzunluğu

S - alanı

W - genişlik

h - Kalınlık

V - hacmi

S - Toplam depolama

Blok 2 hesaplaması

$$W = \frac{L}{4} = \frac{2500}{4} = 625$$

$$S_2 = 625 \times 80 = 50000 \text{ m}^2$$

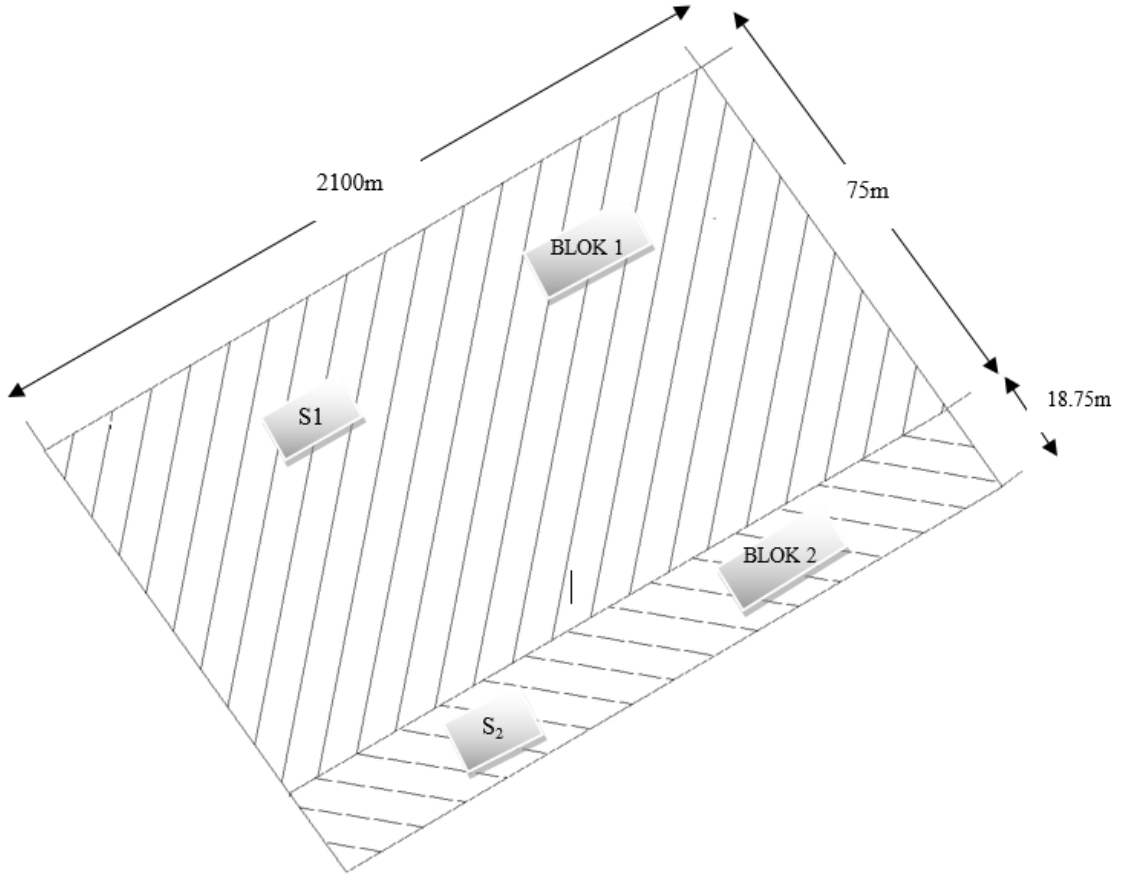
$$V_2 = S_2 \times h = 50000 \times 3 = 150000 \text{ m}^3$$

$$Q_2 = V_2 \times d = 150000 \times 1.4 = 210000 \text{ Ton}$$

Toplam birinci kat rezervleri.

$$Q_1 + Q_2 = 840000 + 210000 = 1050000 \text{ Ton}$$

Dara-e-Suf Gule maden sahasındaki kömür yatağının ikinci katı Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5: Dara e Suf Gule İkinci Kat.

L = 2100 m Kömür taban uzunluğu

W = 75m kömür tabanı genişliği

h = 2,7 m Kömür döşeme kalınlığı

d = 1.4 Özgül ağırlık

L - Kat uzunluğu

S - Alanı

W - Genişlik

h - Kalınlık

V - hacim

S - Toplam depolama

Blok 1 hesaplaması

$$S_1 = L \times W = 2100 \times 75 = 157500 \text{ m}^2$$

$$V_1 = S \times h = 157500 \times 2.7 = 425250 \text{ m}^3$$

$$Q_1 = v \times d = 425250 \times 1.4 = 595350 \text{ Ton}$$

Blok 2 hesaplaması

$$W = \frac{L}{4} = \frac{2100}{4} = 525$$

$$S_2 = 525 \times 75 = 39375 \text{ m}^2$$

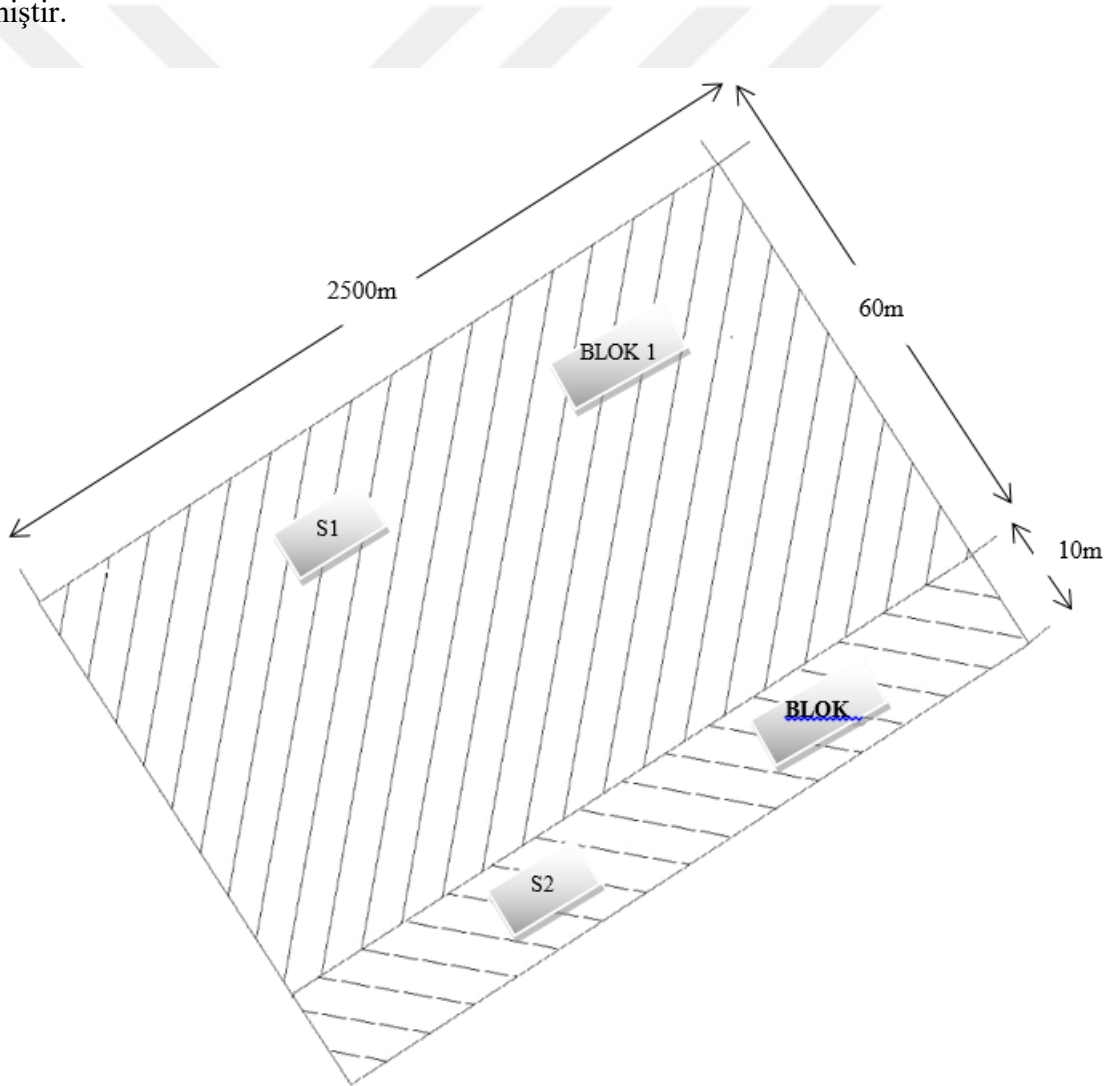
$$V_2 = S_2 \times h = 3937 \times 2.7 = 106312.5 \text{ m}^3$$

$$Q_2 = V \times d = 106312.5 \times 1.4 = 148837.5 \text{ Ton}$$

Toplam ikinci kat rezervleri.

$$Q_1 + Q_2 = 595350 + 148837.5 = 744187.5 \text{ Ton}$$

Dara-e-Suf Gule çukur bölgesinin kömür sahasının üçüncü katı potansiyel Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6: Dara-e-Suf Gule Üçüncü Kat.

L = 2000m Kömür taban uzunluğu

W = 60m kömür tabanı

h = 2m Kömür döşeme kalınlığı

d = 1.4 Özgül ağırlık-

Blok 1 hesaplaması

$$S_1 = L \times W = 2000 \times 60 = 120000 \text{ m}^2$$

$$V_1 = S \times h = 120000 \times 2 = 240000 \text{ m}^3$$

$$Q_1 = v \times d = 240000 \times 1.4 = 336000 \text{ Ton}$$

L - Kat uzunluğu

S - Alanı

W - Genişlik

h - Kalınlık

V - Hacım

S - Toplam depolama

Blok 2 hesaplaması

$$W = \frac{L}{4} = \frac{2000}{4} = 500$$

$$S_2 = 500 \times 60 = 30000 \text{ m}^2$$

$$V_2 = S_2 \times h = 30000 \times 2 = 60000 \text{ m}^3$$

$$Q_2 = V \times d = 60000 \times 1.4 = 84000 \text{ Ton}$$

Üçüncü katın rezervleri.

$$Q_1 + Q_2 = 336000 + 84000 = 42000 \text{ Ton}$$

Rezerv hesaplama sonuçlarına göre, 1. Kat 1050000 ton, 2. Kat 744187.5 ton ve 3. Kat 42000 ton olmak üzere üretimi planlanan alandaki toplam rezerv 1836187,5 tondur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Afganistan, iç savaş ve güvenlik sorunları nedeniyle kömür madenciliğinde teknolojik olarak geri kalmıştır. Bu da bu ülkede kömür madenciliğinin gelişimini olumsuz etkilemektedir. Afganistan kömür madenleri tipik olarak fiziksel ve geleneksel yöntemlerin yanı sıra manuel madencilik makinelerini kullanarak maden çıkarmaktadır. Bu durum, verimsizliklere, güvenlik risklerine ve artan çevresel etkiye sebebiyet vermektedir. Afganistan için enerji ihtiyacının karşılanması, enerji üretiminde kullanılacak yerli ve yeterli kömür üretimin artırılması, büyük önem taşımaktadır. Kömür madenlerinin gelişmesi için kaynakların verimli kullanılması önemlidir. Bu amaca ulaşmak için enerji politikası taş kömürü madenciliğine odaklanmalıdır.

Yapılan Kömür madenciliği araştırmasına göre Afganistan ve Türkiye'deki kömür madenlerinde madencilik mekanizasyonunun karşılaştırılması yapıldığında Afganistan kömür madenlerinde gelişmiş mekanizasyon işlemleri uygulanmamaktadır. Türkiye kömür madenciliğinde ileri bir teknolojik altyapıya ve Madencilik ekipmanları imalatı ve satışı konusunda güçlü bir endüstriye sahiptir. Bu sebeplerden dolayı madencilik işlemleri Afganistan'a kıyasla yüksek verimlilikle yapılmaktadır.

Türk kömür madenlerinde modern otomasyon ekipmanları kullanılmaktadır. Örneğin, açık ocak madenciliği için büyük ekskavatörler, madenlerde taşınacak kömürün yüklenmesi için konveyör sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, ekipmanın hassas kontrol sistemi sayesinde daha az hatalı delme ve kayıplar yaşanmaktadır. Kısacası, Türkiye kömür madenleri daha yüksek üretim hacimlerine ulaşabilmektedir. Afganistan'da ise maden ocaklarına yeterli ilgi gösterilmemiş olup, verimliliği artıracak ekipmanların olmamasının yanı sıra hatta maden ocaklarının çoğu devlet kontrolü dışında bazı çıkarıcı gruplar tarafından yasadışı çıkarılmaktadır.

Afganistan'ın kömür üretimini artırması ve elektrik üretimi için yerli kömür üretimini artırarak enerji ihtiyacını karşılaması için öncelikle kömür madenlerinin tamamı devlet tekeline geçmelidir. Bu alanda gereken yatırımlar yapılarak gelişmiş mekanizasyon sistemleri entegre edilmeli ve kömür kaynaklar güvenli bir şekilde çıkarılarak verimli bir şekilde kullanılmalıdır. Kaynakların verimli kullanımı, erişilebilir kömür madenlerinin geliştirilmesi için kritik öneme

sahiptir. Bu amaca ulaşmak için enerji politikası taşkömürü ve linyit madenciliğine odaklanmalıdır. Yetkili birim olarak Hükümet bu duruma el atmalı ve doğal kaynak kaçakçılığının önüne geçmelidir.

Mevcut kömür rezervlerinin en verimli şekilde kullanılarak üretim artışının sağlanması ve tüm enerji kaynakları dikkate alındığında önemli bir alternatif olan kömür sahipliğinin devam etmesi için üretimde verimliliğin belirlenmesi ve artırılmasına yönelik çalışmalara yer verilmelidir. Bu anlamda, kömür madenlerinde kaynak kısıtlı hedeflere ne kadar iyi ulaşıldığını belirlemek için performans ölçümleri yapılmalıdır. Gelişmiş ülkelerden gelişmiş teknolojik makineleri ithal edilmelidir. Her ne kadar Madencilik alanının gelişmesi için yatırım yapılırsa bir o kadar ülkenin ihtiyacı olan enerji konusunda dışa bağımlılık azalır. Dolayısıyla hükümet yetkilileri bu alanda yeterli ilgiyi göstermeli ve gerekken alt yapı yatırımların yapılması konusunda gayret göstermelidir.

Çalışma kapsamında belirlenen Dara-e-Suf Gule bölgesinde yapılan değerlendirmeler sonucunda çalışma sahasının jeolojik, tektonik ve litolojik özelliklerini göz önünde bulundurduğumuzda kazı mekanize açısından tamburlu kesici-yükleyici mekanize kazı ve uzunayak yönteminin Dare-e-Suf kömür madenlerinde kullanılması uygun görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Afganistan'da iklim ve hava durumu (AİVHD) (2021), <https://gezimanya.com/afganistan/afganistanda-iklim-ve-hava-durumu>], Erişim Tarihi:12 Ağustos 2023.
- AH, 2021, *Afganistan haritası*, [<http://www.turkiyerehberi.com/afganistan-haritasi.asp>], Erişim: 12 Ocak 2023.
- Akçın N.A.,1988. *Madenlerde Taşıma İşleri Ders Notları* (Yayımlanmamış), Bülent Ecevit Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, 146s.
- Aksoy, O. ve Kömürlü. E., 2017, *Tahkimat*, Temel madencilik bilgileri, In: Aksoy, O. ve Kömürlü, E. (ed.), 2, Mayeb basın yayın, Ankara, ISBN: 978-605-64724-1-1, 70-78s.
- Alışverişçi, M., 1985. *Transport Tekniği Bantlı Konveyörler* (konstrüksiyonu, hesaplanması ve projelendirme örnekleri), Arpaz Matbaacılık, İstanbul, 128s.
- Anonim, 2019, *Dünya nüfusu*, Afganistan Nüfusu. 29 Mart 2019. <https://www.nufusu.com/ulke/afganistan-nufusu>, Erişim: 07 Nisan 2023.
- Atukalp, M.E., 2019, *Türkiye kömür madenciliğinde etkinlik analizi*, Yüksek lisans tezi, Karadeniz teknik üniversitesi, F.B.E, 3s.
- ACI 506R-05, 2005, *Amerikan Beton Enstitüsü raporu*, Michigan, 40 sayfa.
- Aydiner, K., 2011, *Tahkimat üzerine ders*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 105 s.
- Bavci, A., 2012, *Konveyör Bantlar, Yapıştırılması ve Ekleme Çeşitleri*, <http://www.teknikport.com>, Erişim Tarihi:1Ağustos 2023.
- Bicik, M., 2012, *Dünyada İlkler*, Tutku yayıncılık, Ankara, 366.
- Bierbaumer, A., 1913, *Die Dimensionierung des Tunnelmauerwerkes*, W.Engelmann, Leipzig, 101.
- Bilgin, N., 1989, *İnşaat ve maden mühendisleri için uygulamalı kazı mekaniği*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Bilim, N., 2007, *Çayırhan yeraltı kömür ocağında kazı makinelerinin performanslarının araştırılması ve kayaç özellikleriyle ilişkilendirilmesi*, Doktora tezi, 11s.
- BP, 2018. *Statistical Review of World Energy*.
- Chester, A R. Crone, A.J. Machette, M.N. Haller, K.M. ve Rukstales, K.S., 2007. "Map and database of probable and possible Quaternary faults in Afghanistan" U.S. Geological Survey, S. 1-39.
- Çetinkaya, U., 2019, *Yerli imkanlarla üretilen kalkan tipi yürüyen tahkimatın üretimi ve uygulaması*, Yüksek lisans tezi, 6-7s.
- Çınar, M. Feridunoğlu, C., 1994, *Tünel açma makineleri (TBM)*, I. Ulaşımında Yeraltı Kazıları Sempozyumu. İstanbul, 343-367.

- Çobanoğlu, M., 2016, *Yerüstü kömür ocaklarında nakliyat faaliyetlerinin iş sağlığı ve güvenliği yönünden incelenmesi*. T.C. Çalışma ve sosyal güvenlik bakanlığı iş sağlığı ve güvenliği genel müdürlüğü, 9-14.
- Demirel, N., 2017, *Madenlerde iş sağlığı ve güvenliği*, Temel madencilik bilgileri, In: Aksoy, O. ve Kömürlü, E. (ed.), 14, Mayeb basım yayın, Ankara, ISBN: 978-605-64724-1-1, 1030-1037s.
- Demirbilek, S., 1987, Kalın kömür damarlarında yeraltı üretim yöntemi tasarımına genel bir yaklaşım, Madencilik dergisi, Cilt XXVI, Sayı 4, Aralık 1987.
- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), 1991, *Madencilik Sektörü Enerji Hammaddeleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu Taşkömürü Raporu*, Yayın No: DPT: 2286, ÖİK: 398, Ankara.
- EİA Afganistan, 2023, [<https://www.eia.gov/international/overview/country/AFG>], Erişim Tarihi:12 Haziran 2023.
- EİA Afganistan, 2021, [<https://www.eia.gov/international/overview/country/AFG>], [Erişim: 12.01.2023.
- Eickhoff, *Mining Technology*, www.eickhoff-bochum.de, Erişim Tarihi: 12 Temmuz 2023.
- Ersoy Meriçboyu, A. Gürbüz Berker, Ü. ve Küçükbayrak, S., 1998, *Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri*, Orhan, K. (ed.), Özgün Ofset, İstanbul, 149-163.
- EÜAŞ, 2018. 2017, *Yıllık Faaliyet Raporu*, Erişim Tarihi:12 Haziran 2023.
- Fahmi, A., Upham, P., (2017). *The renewable energy sector in Afganistan: Policy and potential*, Wiley Interdisciplinary Rewievs: Energy and Environment, WIREs, Cilt 7, S. 1-9.
- Firep, 2013, <http://en.firepworld.com/company/profile>, Erişim Tarihi:19 Nisan 2023.
- Gao, J.R. Zhang, G. Wang, S. Zhang, A.L. Jin, X.G., 2014, *Experimental Studies of Creep Characters of Tunnel Lining Concrete*, Advanced Materials Research, Vols. 875-877, pp. 657-663.
- Gertsch, R.E., Bullock, R.L., 1998, Techniques in underground mining, Society for mining, metallurgy, and exploration.
- Ghose, A.K., 1982, Mechanization of roadway drivage in coal mines-progress, needs and priorities, *J. of Mines, Metals and Fules*, 615-168.
- Ghose, A.K. and Singh, R.D. 1977. “Thick seam mining methods-A Global Overview”, Proc. of Int. Symp. on Thick Seam Mining, Dhanbah, India, Paper No.2.
- Güyağüler, T. Karakaş, A. ve Güngör, A., 2005, *Occupational health and safety in mining industry*, ODTÜ Basım İşliğı, Ankara.
- Haidari,A.,(2020), *Renewable Energy (Solar) and its Impact on Rural Households' Welfare (Case Study of Badakhshan Province, Afghanistan)*.
- Hartman, H.I., 1992, SME mining engineering handbook, 2nd Edition, Volume 2, Society Of Mining Metallurgy And Exploration Inc., Littleton, Co, Usa.
- Hekimoğlu, O.Z. ve Fowell, R.J., 1988, *Bomlu kazı makinalarının temel özellikleri ve seçimleri*, 6, Kömür Kongresi, Zonguldak, 29-52.
- Hekimoğlu, O.Z., 1986, Galeri açma makinalarında kesici kafa geometrisinin makinanın performanslarına olan etkileri, Türkiye 5. Kömür Kongresi, Zonguldak, 111-141s.

- Direct Industry, <http://www.directindustry.com/prod/fam/product-7253-291963.html>, Erişim Tarihi: 05 Temmuz 2023.
- Hussainzada, W., 2021, Hydrological Modelling for Water Resource Management in a Semi-Arid Mountainous Region Using the Soil and Water Assessment Tool: A Case Study in Northern Afghanistan, [<https://www.mdpi.com/2306-5338/8/1/16/pdf>], S.15, Erişim Tarihi: 25 Mayıs 2023
- International Energy Agency (IEA), 2018a. Coal Information: Overview.
- International Energy Agency (IEA), 2018b. Key World Energy Statistics.
- International Energy Agency (IEA), 2018c, Energy Policies of IEA Countries Turkey 2016 Review.
- İSG Tedbir, 2016, *Yer altı maden ocaklarında havalandırma*, <https://isgtedbir.com/maden/havalandirma/>, Erişim Tarihi: 19 Eylül 2023.
- Jung, W., Brozena, J. ve Peters, M., 2012, Predicting gravity and sediment thickness in Afghanistan. *Geophysical Journal International*. S. 586-601.
- Kavaz, İ., 2019, *Sürdürülebilirlik politikaları çerçevesinde enerji verimliliği*, <https://setav.org/assets/uploads/2019/07/A287.pdf>], S. 12, Erişim Tarihi: 21 Şubat 2023.
- Köse, H., Tatar, Ç., 2011, Madenlerde yeraltı üretim yöntemleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:014, 6. Baskı.
- Kovari, K., 2003a, History of the sprayed concrete lining method-part I: milestones up to the 1960s, *Tunnelling and underground space technology*, 18: 57-69.
- Kovari, K., 2003b, History of the sprayed concrete lining method-part II: milestones up to the 1960s, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 18: 71-83.
- Kuzu, C., 2013, MAD243 - Underground mining methods dersi, metod seçimi ders notları, <http://web.itu.edu.tr/~kuzu/pro/MetodSecimi.pdf> [Ziyaret Tarihi: 06.05.2016].
- Kürkçü, E.A. Çakar, İ. ve Zeyrek, S., *İşyerlerinde Aydınlatma*, http://www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/IG1-isyerinde_aydinlatma.pdf, Erişim tarihi: 1 Eylül 2023.
- Laame, G.J., 2021, *Afganistan'ın enerji potansiyelinin incelenmesi*, Yüksek lisans tezi. 11s.
- Ludin, G.A. Matayoshi, H. Danish, M.S.S. Yona, A. Senjyu T., 2017b, Hybrid PV/Wind/Diesel Based Distributed Generation for an Off-Grid Rural Village in Afghanistan, *Journal of Energy and Power Engineering*, Cilt 11. S. 85-94.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 2018. 2017 Faaliyet Raporu.
- Matti, H., 1999, *Sandvick rock excavation handbook for civil engineering*, In: Matti Heiniö, 364s.
- Mepa News, 2021, *Afganistan etnik grup haritası*, Afganistan etnik grup haritası (mepanews.com), Erişim Tarihi: 17 Eylül 2023.
- Merivale, J.H., 1888, *Notes and Formulas for Mining Students*, Crosby Lockwood & Son, London, 157 p.

- Miller vd., L., Pakalnis, R., Poulin, R., 1995, UBC mining method selection, Mine planning and equipment selection, ISBN 90 510 569 0.
- Mitchell, G.W., 2009, Australasian coal mining practice, Longwall mining, Chapter 15.
- Mohmand. R. Mohan. A. (2020) *Potential of Solar Energy in Afghanistan* <https://www.bibliomed.org/mnsfulltext/197/1971596860316.pdf?1623576041>, , S. 13-19, Erişim Tarihi: 25 Ağustos 2023
- Momp.gov.af, 2023, منابع زغال سنگ افغانستان, Afganistan petrol ve kömür bakanlığı, صفحه اصلی وزارت معادن و پترولیم (momp.gov.af), Erişim Tarihi, 10 Eylül 2023.
- Najafizade, H., 2006, معادن ذغال سنگ افغانستان: استخراج غیر فنی؛ تلفات بیشتر, BBCPersian.com, Erişim Tarihi, 17 Eylül 2023.
- Nakoman, M.E., 2004, *Türkiye Kömür Rezervlerinin Bugünü ve Geleceği*, Kömür ve Enerji Semineri, Mart, Ankara, Türkiye, Bildiriler Kitabı: 126-139.
- Nishimatsu, N., 1972, The mechanics of rock cutting, *International Journal Rock Mechanics and Mining Science*, 9, 261-270.
- Özçelik, Y. Eyüboğlu, A. Kulaksız, S. Engin, İ.C. ve Özgüven, A., 2000, *Sert kayalarda diskli kesicilerle kesme işlemlerinde aşağı ve yukarı kesme yöntemlerinin çekilen akım üzerine etkilerinin incelenmesi*, Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, Isparta, 123–128.
- Özer, Ü., 2013, Yeraltı üretim yöntemleri dersi notları, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü.
- Özyurt, M., 2018, Yeraltı üretim yöntemi seçiminde yapay sinir ağları ve oyun teorisinin kullanılabilirliğinin araştırılması, Doktora tezi, 9-11s.
- Pakes, G., 1991, Selection of methods, *World Tunnelling*, 9, 399-403.
- Perez, H.T., 1952, *Tunneling costs drop way down when bolts hold up tunnel roof*, Constr. Methods Equipment, 48.
- Quality Systems Toolbox, 2016. URL, <http://www.qualitysystems.com>, Erişim tarihi: 1 Eylül 2023.
- Sadid, M.A., 2019, *Afganistan ekonomisinin kalkınmasında enerjinin rolü ve önemi* , Doktora tezi, Marmara Üniversitesi, S. 15.
- Saltoğlu, S., 1976, *Madenlerde hazırlık ve kazı işleri*, Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.
- SanFilipo, J., (?), Assessing the Coal Resources of Afghanistan, U.S. Agency for International Development USAID, [FS2005_3073.indd \(usgs.gov\)](https://www.usgs.gov/data-reports/FS2005_3073.indd), Erişim Tarihi, 15 Eylül 2023.
- Shahriar, K., 1988, *Kayaçların kazılabilirlik ve jeoteknik özelliklerini kollu galeri açma makinalarının kazı hızları üzerindeki etkilerinin incelenmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Saayıd, S., 2019, ساختمان جیولوجیکی و طرح اکتشاف مقدماتی قسمت شمال شرقی ذغال سنگ دره صوف ولایت سمنگان, Diploma projesi, 20-42s.
- Sherzai,A., 2017, Energy Experts of the Future: Afganistan, S. 16, Erişim Tarihi: 29 Mayıs 2023.
- Shirzad, A.M. ve Tarhan, İ., 2019, Afganistan'ın Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Teorik Potansiyelleri ve Kullanım Kapasiteleri, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5 (1), 169.

- Stephan, A. Frohlich, A. Klupfel, A., 1918, *Verfahren zum abfangen und sichern des hangenden und der stosse im bergbau ohne stutzung von unten*. Patentschrift Nr. 302909, Klasse 5c. Gruppe 4, Pat 25. Juli 1913y Ausgegeben 7. Januar 1918, Kaiserliches Patentamt Berlin.
- Şimşir, F., 2015, Yeraltı madencilik yöntemleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:337.
- Şentürk K., 2020, *Arguvan-parçikan (malatya) linyitinden hümik asit üretim olanaklarının araştırılması*, Yüksek lisans tezi, 30s.
- ETKB (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) İnternet Sitesi, www.enerji.gov.tr/tr-TR/sayfalar/komur, Erişim Tarihi: 01Mart 2023.
- Terzaghi, K. Proctor, R.V. ve White, T.L., 1946, *Rock Tunneling with Steel Supports*, CSS Co.
- Tiryaki, B. Dikmen, A.Ç. Kadioğlu, Y.K. Özbilgin, D. Tiryaki, N. Bölükbaşı, N., 2003. *Kayaç kesmede keski performansının tahmini için doku kaysayısı yaklaşımının kullanılabilirliği*. Madencilik Dergisi, Cilt 42, Sayı 2, 27-43.
- Tiryaki, B., 1994, *Mekanik kazıcılarda kesici kafa dizaynının optimizasyonu*, TÜBİTAK MİSAG Proje, MİSAG-75.
- TKİ bilgi işlem dairesi başkanlığı, *Enerji ve Kömür (tki.gov.tr)* , Erişim Tarihi: 03 Mayıs 2023.
- TKİ, 2018a. 2017 Yılı Faaliyet Raporu, Erişim Tarihi: 13 Mayıs 2023.
- TS 6806, 1989. *Galeri açma makinaları-sınıflandırma ve özellikler*, Türk Standartları Enstitüsü. 4s.
- Tunçdemir, H. ve Bilgin, N., 2002, Kollu galeri açma makinelerinin cevher kazısında kullanımının araştırılması. İ.T.Ü. Dergisi, Mühendislik, 1 (2), 14–26.
- Turan, H.H. 2004a. *Eickhoff SL 300 kesici-yükleyici bakımçı eğitimi notları*. Park Teknik Çayırhan Linyit İşletmesi, 17s.
- Turkicpress, 2010, *Dara-e-Suf İlçesi Kömür Madenciliği Gelirleri*, www.turkicpress.com, [عوايد معادن ذغال سنگ ولسوالی](http://www.turkicpress.com) | [تورکیک پرس](http://www.turkicpress.com) | [دره صوف بیش از سه برابر افزایش یافته است](http://www.turkicpress.com) (turkicpress.com), Erişim Tarihi: 17 Eylül 2023.
- Türk Mühendis ve Mimarlar Odası Birliği (TMMOB), 2015, Maden Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu, *Enerji ve Kömür Raporu*.
- TTK, 2018. 2017 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu, Erişim Tarihi: 03 Mayıs 2023.
- Ünalın, G., 2010, Kömür Jeolojisi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Eğitim Serisi, Ankara.
- wikipedia.org, 2023, [معادن زغال سنگ افغانستان - ویکی‌پدیا، دانشنامهٔ آزاد](http://www.wikipedia.org) [زغال سنگ دره صوف](http://www.wikipedia.org) | [تورکیک پرس](http://www.wikipedia.org) | [دره صوف بیش از سه برابر افزایش یافته است](http://www.wikipedia.org) (wikipedia.org), Erişim Tarihi: 2 Eylül 2023.
- WikiZer.com. (?), [معادن زغال سنگ افغانستان](http://www.wikizero.com) | [Wikizero - معادن زغال سنگ افغانستان](http://www.wikizero.com), Erişim Tarihi, 21 Eylül 2023.
- Wnuk, C., 2015, Coal resource potential of Afghanistan.
- Wöhlbier, R.N., 1987, *Conveyor Belt Technology* (The Best of Bulk Solids Handling, Selected Articlcr 1981-1985), Trans Tech Publications, I/86, 448p.
- Zeren, A. Zeron, M., 2003, Stress relaxation properties of prestressed steel wires, *Journal of Materials Processing Technology*, 141, 86–92.

EKLER



İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

SAMANGAN (AFGANİSTAN) KÖMÜR SAHASINDA MEKANİZASYON UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

ORJİNALLİK RAPORU

% **13**

BENZERLİK ENDEKSİ

% **13**

İNTERNET KAYNAKLARI

% **0**

YAYINLAR

% **6**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

TÜM KAYNAKLARI EŞLEŞTİR (SADECE SEÇİLİ OLAN KAYNAĞI YAZDIR)

%7

★ acikbilim.yok.gov.tr

İnternet Kaynağı

Alıntıları çıkart

Kapat

Eşleşmeleri çıkar

Kapat

Bibliyografyayı Çıkart

üzerinde