

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YERALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE
UZUNYAK ÜRETİM PLANI
ALTERNATİFLERİNİN ARAŞTIRILMASI

İsmail ARSLAN

Eylül, 2024

İZMİR

**YERALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE
UZUNAYAK ÜRETİM PLANI
ALTERNATİFLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden İşletme Programı**

İsmail ARSLAN

Eylül, 2024

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

İSMAİL ARSLAN tarafından PROF.DR. DOĞAN KARAKUŞ yönetiminde hazırlanan “YERALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE UZUNAYAK ÜRETİM PLANI ALTERNATİFLERİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Doğan KARAKUŞ

Yönetici

Prof. Dr. Kemal BARIŞ

Jüri Üyesi

Doç. Dr. M. Emre YETKİN

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Hazırlamıő olduğum Yüksek Lisans Bitirme tezimde; bana her zaman sabır ve iyi niyet gösteren, fikirleriyle beni aydınlatan saygı değer hocam Prof. Dr. Doğan KARAKUŞ'a teşekkür ederim.

Yaptığım araőtırma çalışmaları boyunca Dr. Alper GÖNEN hocama, Araő. Gör. Emre KILINÇ'a Maden Yüksek Mühendisi Fatih Fırat GÖKDENİZ'e, Harita Teknikeri Ömür YILMAZ'a ve makalelerinden, tezlerinden, kitaplarından faydalandığım kaynaklar kısmında yer alan tüm mühendis ve hocalara teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca desteklerini her zaman yanımda hissettiğim aileme; annem Yasemin ARSLAN ve babam Metin ARSLAN'a teşekkür ederim.

Lisans yıllarımda hayatıma giren, girdiği gibi tüm hayatımı güzelleőtiren canım eőim Elif Seden ARSLAN'a, tezimi bitirmem için motivasyon kaynağım olan, heyecanla hayatımıza girmesini beklediğimiz minik kızımız Yasemin Ada ARSLAN'a varlıklarından dolayı teşekkür ederim.

İsmail ARSLAN

YERALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE UZUNAYAK ÜRETİM PLANI ALTERNATİFLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZ

Yeraltı kömür madenciliğinde uzun yıllar tecrübenin ve bilginin birikimiyle birlikte hızlı, ekonomik ve güvenli olan tam mekanize uzunayak üretim metodu kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Teknolojinin ilerlemesiyle üretim hızı, kapasitesi ve iş güvenliği açısından daha da gelişmektedir.

Tezimin ilk bölümünde giriş, ikinci bölümünde uzunayak madenciliğine dair kapsamlı bir literatür taraması yer almaktadır. Üçüncü bölümde alternatif uzunayak planlamalarının örnek çalışmaları bulunmaktadır. Ventsim programı ile havalandırma modelleri oluşturulup analizler yapılmıştır. Plan çizimleri AutoCAD programı kullanılarak yapılmıştır. Bu bölümde örnek planların teknik yönleri irdelenmiştir. Dördüncü bölümde örnek saha çalışması olarak Soma-Eynez havzasının şartları değerlendirilerek, 2. Plan modeli uygulanması uyarlanmıştır. Beşinci bölümde alternatif olarak oluşturulan panolardan elde edilen verilerin örnek sahadaki uygulamalar ile karşılaştırılarak optimal bir çalışma yöntemi belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Uzun ayak yöntemleri, Havalandırma, Pano, Alt taban- Üst taban yolu, Rekup, Tam mekanize, Kesici yükleyici, Yürüyen tahkimat, Zincirli konveyör

INVESTIGATION OF LONGWALL PRODUCTION PLAN ALTERNATIVES IN UNDERGROUND COAL MINING

ABSTRACT

With the accumulation of years of experience and knowledge in underground coal mining, the use of the fully mechanized longwall mining method, which is fast, economical, and safe, is increasing day by day. With the advancement of technology, production speed, capacity, and occupational safety are further improving.

The first section of my thesis contains an Introduction, the second section includes an extensive literature review on longwall mining. The third section presents sample studies of alternative longwall planning. Ventilation models were created using the Ventsim program, and plans were drawn using the Autocad program. The technical aspects of sample plans are examined in this section. In the fourth section, as an Example field study, the conditions of the Soma-Eynez basin were evaluated, and the 2nd Plan model was adapted. In the fifth section, an attempt was made to determine an optimal working method by comparing the data obtained from alternative panels with practical applications in the example field.

Keywords: Longwall methods, Ventilation, Panel, Roadway, Recoup, Fully mechanized, Cutting loader, Shild support, Chain conveyer

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
BÖLÜM İKİ - LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 Uzun Ayak Yöntemleri.....	3
2.1.1 İlerleme Yönüne Göre Uzun Ayak Yöntemleri.....	4
2.1.1.1 Doğrultu Yönde Uzunayak.....	4
2.1.1.2 Meyil yukarı Uzun Ayak.....	5
2.1.1.3 Meyil Aşağı Uzun Ayak.....	6
2.1.2 Tavan Kontrolüne Göre Uzunayak Yöntemi.....	7
2.1.2.1 Göçertmeli Uzunayak.....	7
2.1.2.2 Dolgu Uzunayak.....	8
2.1.3 Panolarda Yapılan Üretim Şekline Göre Uzunayak Yöntemleri.....	9
2.1.3.1 İlerletimli Uzunayak.....	9
2.1.3.2 Geri Dönümlü Uzunayak Yöntemi.....	10
2.1.3.3 Geri Dönümlü ve İlerletimli Uzunayak Kombine Yöntem.....	10
2.1.4 Kalın Kömür Damarlarında Uzunayak Yöntemleri.....	11
2.1.4.1 Tüm Damar Kalınlığının Tek Seferde Kazanıldığı Tam Mekanize Uzunayak Yöntemi.....	11
2.1.4.2 Kömür Damarının Dilimlere Ayrılarak Uygulandığı Uzunayak Yöntemi.....	12
2.1.4.2.1 Dilimlerin Sırayla Kazanılması.....	12
2.1.4.2.2 Dilimlerin Aynı Anda Kazanılması.....	13
2.1.4.2.3 Tavan Kömürünün Göçertilerek Üretildiği Uzunayak.....	14

2.1.4.2.4 Tavan Ayak Taban Ayak Yöntemi	15
2.2 Tam Mekanize Ayak Teçhizatları.....	15
2.2.1 Yürüyen Tahkimatlar	16
2.2.1.1 Kalkan Tipi Yürüyen Tahkimatlar	16
2.2.1.1.1 Tek Oluklu Sistem (Ayak Tavanından Göçertme)	17
2.2.1.1.2 İki Oluklu Sistem (Ayak Arkasından Göçertme).....	18
2.2.2 Kesici Yükleyici Makinalar	18
2.2.2.1 L Tip Çift Tamburlu Kesici Yükleyici	19
2.2.2.1.1 Kesici-Yükleyicinin Eicomatik Sistemiyle İlerletilmesi	20
2.2.2.1.2 Tambur Türleri ve Keski Tipleri.....	21
2.2.3 Nakliyat Elamanları.....	22
2.2.3.1 Zincirli Konveyör	22
2.3 Hava Miktarının Belirlenmesi.....	23
2.3.1 Çalışan Sayısına Göre Gerekli Hava Miktarı	23
2.3.2 Yayılacak Gaz Miktarına Göre Gerekli Hava Miktarı.....	23
2.3.3 Oluşacak Toz Miktarına Göre Gerekli Hava Miktarı	24
2.3.4 Dizel Motorlu Araçlardan Yayılacak Gaza Göre Gerekli Hava Miktarı	24
2.3.5 Hava Hızı Limitlerine Göre Gerekli Hava Miktarı.....	25
BÖLÜM ÜÇ - ALTERNATİF PLANLAMA MODELLERİ	26
3.1 Dönümlü, Dilimin Tek Seferde Kazanıldığı, Arkadan Göçertmeli Tam Mekanize Ayak Planı Modeli.....	26
3.1.1 Üretim Kapasitesi ve Panonun Ömrünün Hesaplanması	29
3.1.2 Hazırlık Aşaması	32
3.1.2.1 Taban Yolu Galerilerinin Boyutlandırılması.....	33
3.1.3 Hava Miktarının Belirlenmesi	35
3.1.3.1 Çalışan Sayısına Göre Gerekli Hava Miktarı	35
3.1.3.2 Ocağa Yayılacak Gaz Miktarı	36
3.1.3.3 Yayılacak Toz Miktarına Göre Gerekli Hava Miktarı.....	37
3.1.3.4 Dizel Motorlu Araçlardan Yayılacak Gaza Göre Gerekli Hava Miktarı.....	38
3.2 Dönümlü, Dilimin Tek Seferde Kazanıldığı, Orta Rekuplu, Arkadan Göçertmeli, Tam Mekanize Ayak Planı Modeli	40

3.2.1 Üretim Kapasitesi ve Panonun Ömrünün Hesaplanması	44
3.2.2 Hazırlık Aşaması	47
3.2.3 Hava Miktarının Belirlenmesi	48
3.2.3.1 Çalışan Sayısına Göre Gerekli Hava Miktarı	49
3.2.3.2 Ocağa Yayılacak Gaz Miktarı	49
3.2.4.3 Yayılacak Toz Miktarına Göre Gerekli Hava Miktarı.....	51
3.2.4.4 Dizel Motorlu Araçlardan Yayılacak Gaza Göre Gerekli Hava Miktarı.....	51
BÖLÜM DÖRT - SAHADA UYGULAMASININ ARAŞTIRILMASI.....	55
4.1 Soma – Eynez Havzası İçin Uygulama Önerisi	55
4.2 Bölgenin Jeolojisi	55
4.2.1 Stratigrafi.....	55
4.2.2 Volkanizma:	57
4.2.3 Tektonizma:.....	58
4.3 Üretim Yöntemi	59
4.4 Planlamanın Yapılması	60
BÖLÜM BEŞ - SONUÇ	65
KAYNAKLAR	70

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Uzun Ayak Üretim Yöntemi (Şimşir 2015).....	3
Şekil 2.2 Eğime Göre Uygulanan Uzunayak Yöntemleri (Yenice 2019).....	4
Şekil 2.3 Doğrultu Yönde Uzun Ayak Kesit Görünüşü (Yenice 2019).....	5
Şekil 2.4 Meyil Yukarı Uzun Ayak(Yenice 2019).....	6
Şekil 2.5 Meyil Aşağı Uzunayak (Yenice 2019).....	7
Şekil 2.6 Göçertmeli Uzunayak (Caterpillar, 2021).....	8
Şekil 2.7 Dolgu Uzunayakta Pnömatik Dolgu Uygulaması (Yenice 2019).....	9
Şekil 2.8 İlerletimli Uzunayak (Saltoğlu 1979).....	10
Şekil 2.9 Dönümlü Uzunayak Yöntemi (Saltoğlu 1979).....	10
Şekil 2.10 İlerletimli ve Dönümlü Uzun ayağın Kombinasyonu (Yenice 2019).....	11
Şekil 2.11 Tüm Damarın Tek Seferde Kazanılması (Demirbilek 1987).....	12
Şekil 2.12 Dilimlerin Sırayla Kazanılması (Yenice 2019).....	13
Şekil 2.13 Dilimlerin Aynı Anda Kazanılması (Yenice 2019).....	13
Şekil 2.14 Kömürün Göçertilerek Ayak Arkasından Çekildiği Taban Ayak Yöntemi (Yenice 2019 değiştirilmiştir.).....	14
Şekil 2.15 Kömürün Göçertilerek Ayak Arkasından Çekildiği Tavan-Taban Ayak Yöntemi (Kocaman R ve Kocaman B, 2015).....	15
Şekil 2.16 Pencere Tip Yürüyen Tahkimat (Özfirat 2016).....	16
Şekil 2.17 Pencereden Tavan Kömürünün Alınması (Özfirat 2021).....	16
Şekil 2.18 Çift Konveyörlü Yürüyen Tahkimat (Caterpillar 2021).....	18
Şekil 2.19 L Tip Çift Tamburlu Kesici Yükleyici (Özfirat ve Tatar 2016).....	19
Şekil 2.20 L Tip Çift Tamburlu Kesici Yükleyici Çalışma Anı (CT Grup, 2020).....	20
Şekil 2.21 Eicotrack İlerleme Sistemi (Özfirat 2021).....	21
Şekil 2.22 Tambur Tipleri (Silindirik, konik, Ekspansiyel) (Özfirat ve Tatar 2016).....	21
Şekil 2.23 Keski Tipleri (Kalem Uçlu ve Kama Uçlu) (Özfirat 2021).....	22
Şekil 2.24 Zincirli Konveyör Çalışma Anı (AZO Mining 2019).....	23
Şekil 3.1 Örnek Panonun Plan Görünüşü (ölçeksiz).....	28
Şekil 3.2 Örnek Panonun Kesit Görünüşü (Şimşir, Yetkin 2018).....	28
Şekil 3.3 Galerinin Boyutlandırılması (Şahin 2007).....	34
Şekil 3.4 Ocak Havalandırma Planı.....	35
Şekil 3.5 K Üretim Panosu ve J Hazırlık Panosu Özet Bilgileri.....	40

Şekil 3.6 Vantilatör Özeti.....	40
Şekil 3.7 Örnek Panonun Plan Görünüşü (ölçeksiz).....	43
Şekil 3.8 Alt Ayak + Üst Ayak Uygulamasının Plan Görünüşü(ölçeksiz).....	44
Şekil 3.9 Ocak Havalandırma Planı.....	49
Şekil 3.10 K Üretim Panosu ve J Hazırlık Panosu Özet Bilgileri.....	54
Şekil 3.11 Vantilatör Özeti.....	54
Şekil 4.1 Soma Yöresine Ait Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesit (Nebert, 1978 ve MTA, 2008).....	58
Şekil 4.2 Eynez Sahasında Faylarla Ayrılmış Blokların Plan Görüntüsü ve Damar Kalınlıkları (Tercan Vd, 2011).....	59
Şekil 4.3 Soma- Eynez Havzasından Kömür Blok Modeli (kesitlinmiş) (Yılmaz 2022).....	60
Şekil 4.4 Kömür Damarının A-A' Kesiti.....	60
Şekil 4.5 Kalın Damarlarda Uygulanan Yöntemi.....	61
Şekil 4.6 İlk Kurulum Plan Görünüşü.....	62
Şekil 4.7 Taban Yolu ve Ayağın Perspektif Görseli.....	63
Şekil 4.8 Taban Yolları Uzatılmış Hali.....	63
Şekil 4.9 Panonun Bitişe Yakın Nihai Hali.....	64
Şekil 4.10 Panonun Ayak Kesiti.....	65
Şekil 4.11 Panonun Ayak Plan Görünüşü.....	65

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 Planlanan Panolar.....	29
Tablo 3.2 Kesici Y¼kleyici Etkif alışma S¼resi.....	29
Tablo 3.3 Kesici ile Kazılarak Yapılarak Kazanılan K¼m¼r Miktarı	31
Tablo 3.4 Tavandan G¼çertme Yapılarak Kazanılan K¼m¼r Miktarı (Verim %80).....	31
Tablo 3.5 Pano ¼m¼rleri Tablosu.....	32
Tablo 3.6 Panolara G¼re Hazırlanacak Taban-Tavan Yolu ve Ayak Uzunlukları	34
Tablo 3.7 Farklı Hesaplama Y¼ntemlerine G¼re Gerekli Hava Miktarları Hesabı	38
Tablo 3.8 Havalandırma Şebeke Verileri	40
Tablo 3.9 Planlanan Pano Verisi.....	44
Tablo 3.10 Alt Ayak İçin Kesici Y¼kleyici Etkif alışma S¼resi.....	44
Tablo 3.11 Kesici ile Kazılarak Yapılarak Kazanılan K¼m¼r Miktarı	46
Tablo 3.12 Tavandan G¼çertme Yapılarak Kazanılan K¼m¼r Miktarı (Verim %80).....	46
Tablo 3.13 Pano ¼m¼rleri Tablosu.....	47
Tablo 3.14 Panolara G¼re Hazırlanacak Taban-Tavan Yolu ve Ayak Uzunlukları	48
Tablo 3.15 Farklı Hesaplama Y¼ntemlerine G¼re Gerekli Hava Miktarları Hesabı	52
Tablo 3.16 Havalandırma Şebeke Verileri.....	54

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Yeraltı kömür madenciliği metodlarında, klasik madenciliğin yerine; teknolojinin gelişmesiyle birlikte, insan gücüyle yapılan ve yıllarca süren hazırlık kazısı ve üretim, makinaların gelişmesi ile birlikte hızlı, ekonomik ve güvenli bir şekilde yapılmaktadır. Yeraltı kömür madenciliğinde son sistemlerle donatılmış ocaklar, otomatik sistemlerle bilgisayarla ve uzaktan kumanda ile yönetilebilmektedir. İkel madencilikten buraya kadar ulaşılmasının en büyük sebebi; insan popülasyonunun artışıyla birlikte gerekli olan ham madde ihtiyacıdır.

1760 yılında başlayan sanayi devrimi ya da endüstri devrimi fazla ham madde ihtiyacına neden olmuştur.. Yeryüzüne yakın açık işletme tekniğine uygun olan cevher veya kömür ekonomikliğini yitirince devreye yeraltı madenciliği girdi. Sanayi devrimi ile hayatımıza buharlı makinalar girmiştir. Buharlı sistemlerde gerekli olan hammadde kömürdür. Kömürü yeryüzüne çıkarmakta klasik madencilik yöntemlerinin yetersiz kalması nedeniyle mekanik yöntemlere geçildi.

Yeraltı kömür madenciliği üretim yöntemleri genellikle 2 şekilde yapılmaktadır; oda topuk yöntemi diğeri uzunayak yöntemidir. Bu yöntemlerden en yaygın olan yöntem; uzunayak yöntemidir. Bu yöntemin uygulamasında kömür damarının derinliğine bağlı olarak desandere veya kuyu ile kömüre ulaşılmakta, buradan ana nakliye ve ana havalandırma galerileri sürüldükten sonra bu galerilerden birbirine paralel kömür içerisinde galeriler (bacalar) sürülmektedir. Bu galeriler üretimin yapılacağı alan (ayak) kısmını oluşturmak için baş aşağı ve/veya bir baş yukarı ile birbirine birleştirilir. Belirlenen üretim yöntemine uygun olan ayak içi teçhizatları kurulur ve ayak üretime geçmiş olur.

Uzun ayak madenciliğine ilk olarak klasik ayak olarak başlanmıştır, klasik ayak şu şekildedir; ayak içi tahkimatı olarak ilk ağaç-sarma kullanılmış kazı ise insan gücüyle kazma veya martapikör ve delme patlatma şeklinde kombine yapılmıştır. Ayak içi nakliyesi zincirli konvörler ile gerçekleştirilir. Ağaç sarmadan sonra tahkimat olarak mafsallı çelik belleme hidrolik direk kazı yöntemi ve nakliyesi aynı kalmıştır. Zamanla yerini yarı-mekanize uygulanmaya bırakmıştır. Yarı-mekanize ayakta tahkimat olarak tavanı tutan bir plaka ve hidrolik direk mevcut olup bu plakalar yan yana bir kiriş sistemi ile bağlantılıdır. Ayak içi nakliyesi ve kazı yöntemi klasik ayakta olduğu gibidir. Zaman içerisinde teknolojinin gelişmesi ve madencilik giderlerinin artması ile birlikte üretim hızının ve kapasitesinin artışına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaçları karşılamak adına tam mekanize

sistem geliştirilmiştir. Tam mekanize sistemde; kazı işlemi bir kesici yükleyici veya saban ile yapılmakta, ayak içinin tahkimatını sağlamak için yürüyen tahkimat üniteleri kullanılmaktadır, üretilen kömür zincirlik konveyörler ile nakledilmektedir. Ayak içinden nakledilen kömür taban yolunda bulunan bir kırıcıdan geçirilmek suretiyle bant konveyöre aktarılır. Kömür genellikle eğim uygunsa sonsuz nakliyat sistemi olan bant konveyör ile sağlanmaktadır.

Yüksek lisans tezinde; kömürün maksimum oranda kazanılması, hızlı ayak ilerlemesi, minimum oranda tavan-taban yolu galerilerinin hazırlanması hedeflenirken, yapılan çalışmaların iş sağlığı ve güvenliği açısından da değerlendirilmiştir. “Dönümlü, Dilimin Tek Seferde Kazanıldığı, Orta Rekuplu, Arkadan Göçertmeli, Tam Mekanize Ayak Planı Modeli” Soma havzası şartları değerlendirilerek uygulamanın nasıl yapılacağı konusunda öneride bulunulmuştur.

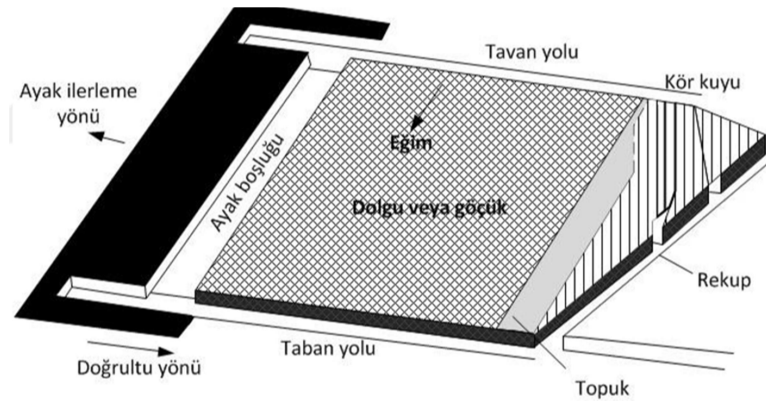
BÖLÜM İKİ

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Uzun Ayak Yöntemleri

Kömür veya diğer yumuşak ila orta sertlikteki minerallerin, iki damar içi galerisi arasında kalan, uzun ve doğrusal bir arın boyunca üretildiği yeraltı üretim yöntemine "uzun ayak yöntemi" denir (Şekil 2.1). Bu yöntem dünyada en fazla kömür madenciliğinde, sınırlı bir oranda da diğer yatay uzanımlı, orta sertlikteki damarlarda (potasyum, kaya tuzu vs.) uygulama alanı bulmaktadır. Genelde 60 ila 350 m arasında uzunluğa sahip olabilen uzun ayaklarda (ortalama uzunluk 100- 250 m) zemin kontrolü diğer yöntemlere göre daha kolaydır ve ton kömür başına düşen hazırlık giderleri daha düşüktür. Bir damarın uzun ayak yöntemiyle üretilmesi için"; (Yetkin, 2016)

- damar eğiminin 0° - 65° arasında olması,
- damar kalınlığının 0,5 m fazla olması,
- su gelirin olmaması veya çok az olması,
- taban taşının uzun ayakta kullanılan ekipmanın batmasına izin vermeyecek, tavanın ise göçertme işleminin kesintisiz olarak sürdürülmesine izin verecek gevreklikte, ancak tahkimatta sorun yaratmayacak dayanım ve üniformiteye sahip olması". (Yetkin, 2016)



Şekil 2.1 Uzun ayak üretim yöntemi (Şimşir, 2015)

Uzun ayaklar ilerletimli veya dönümlü olarak uygulanabilirler. Tavan-taban yollarının ayak ilerlemesiyle birlikte sürüldüğü durumda ilerletimli üretimden, damar içi galerilerinin önceden tamamlanıp, ayağın bu yolların uç noktalarının arasında oluşturulup geriye doğru gelerek kazı yapılması durumunda da geri dönümlü kazıdan bahsedilir. (Yetkin, 2016)

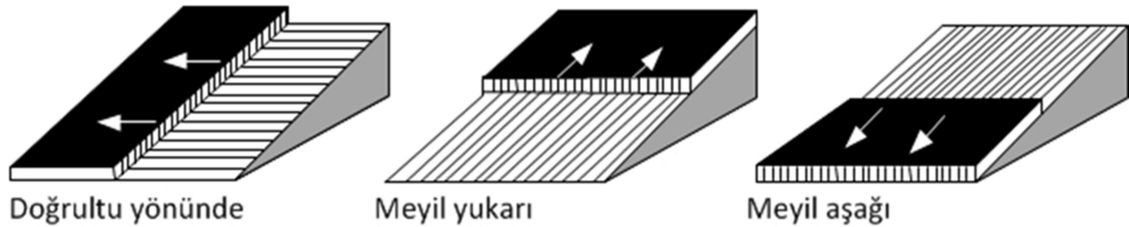
Ayak arkasının durumu açısından günümüzde en sık uygulanan yöntem, kazı sonrasında ayak arkasının göçertilmesidir. Bu hem daha ekonomik hem de ikincil gerilmelerin birikiminin önlenmesi açısından uygun bir çalışma tarzıdır. Ancak işletme sahası üzerinde yerleşim bölgelerinin olduğu (dolayısıyla yeryüzünde üretim sonrası meydana gelebilecek çökmelerden etkilenecek yapıların), ana damar üzerinde üretilmesi ekonomik olmayan, ancak göçertildiğinde parçalanarak olası yangınlara neden olabilecek ince kömür damarlarının bulunduğu veya tavan tabakalarının göçertme sırasında sorun yaratan çok sert ve dayanıklı birimlerden oluştuğu durumlarda, ayak arkasındaki boşluk, ocak içinden sağlanan veya ocak dışından getirilen dolgu maddesiyle doldurulur. (Yetkin, 2016)

Uzun ayak, damar eğimine bağlı olarak yatay, meyil yukarı veya meyil aşağı oluşturulabilir. Ancak kazı kolaylığı, kazılan kömürün konveyöre yüklenmesi ve ayak içi nakliyatı açısından en çok tercih edilen çalışma şekli, yatay uzun ayaktır. (Yetkin, 2016)

2.1.1 İlerleme Yönüne Göre Uzun Ayak Yöntemleri

Pano oluşturulurken planlanan yöntemi etkileyen çok sayıda faktör vardır. Bunlar kendi arasında kategorize edilerek en doğru yöntem belirlenmektedir. Uygulanacak teknik yöntemde; ekonomik olarak minimum maliyet ve maksimum kar oranı güdülmektedir. Bu hususların uygulanabilmesi için jeolojik ve jeomekanik olarak da elverişli olmalıdır. Jeolojik etkilerden birisi kömürün eğimidir bu eğime bağlı olarak uygulanan uzunayak yöntemi değişmektedir. Bu yöntemler;

- 1- Doğrultu Yönde Uzunayak
- 2- Meyil yukarı Uzunayak
- 3- Meyil Aşağı Uzunayak

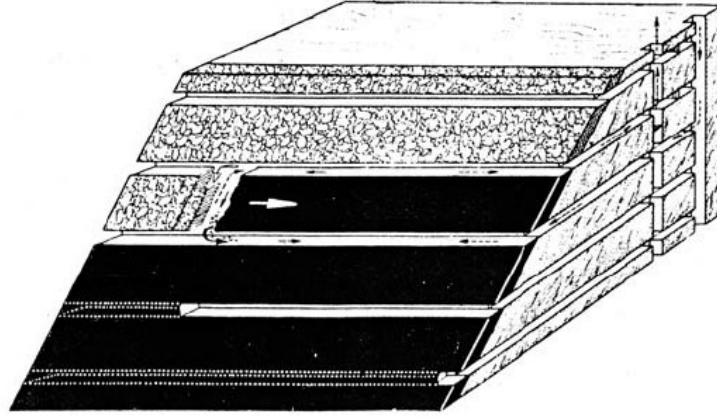


Şekil 2.2 Eğime göre uygulanan uzunayak yöntemleri (Yenice, 2019)

2.1.1.1 Doğrultu Yönde Uzunayak

Yatay uzunayak yöntemi 3 m- 4 m damar kalınlığına ve 35° damar eğimine kadar olan yataklarda en çok kullanılan yöntemdir. Ayak uzunluğu genel olarak 100-300 m arasında

seçilir. Kuyudan ya da desandreden açılan rekup galerileri ile damara ulaşıldıktan sonra damar içinde ve damar doğrultusunda iki yatay galeri sürülür. Bu iki galeri damar eğiminde olan bir başyukarı veya başaşağı ile birleştirilir. İki damar içi galerisini birleştiren bu üçüncü galeri veya başyukarı uzunayağın başlangıcını teşkil eder. Galerinin (veya Başyukarının) uzunluğu ayak uzunluğuna eşittir.



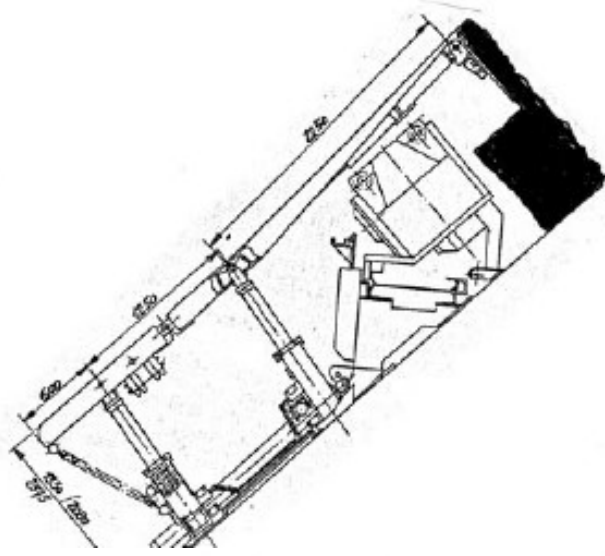
Şekil 2.3 Doğrultu yönde uzunayak kesit görünüşü (Yenice, 2019)

2.1.1.2 Meyil yukarı Uzun Ayak

Meyil yukarı uzun ayak çalışma şeklinde kömür arını damar doğrultusu boyunca uzanmakta olup, damar içi galerilerinde damar eğimi mevcuttur. Yöntemin uygulanabilmesindeki ön koşul damarın gazsız olması yani metan içermemesidir. Aksi takdirde havadan hafif olan metan ayak içinde eğim olduğundan tavanda birikecek ve tehlikeli konsantrasyonlara ulaşabilecektir. Eğimden dolayı göçertilen tavandan kırılmalar fazla olacağından ve aynı zamanda konveyörün ilerletilmesi zorlaşacağından, kalın kömür damarlarında uygulanması zor olmaktadır. Bu nedenle orta ve düşük kalınlıklardaki damarlarda uygulanmaya uygundur. (Şimşir, 2015)

Eğim yukarı yapılan bu yöntemde yaşanan problemlerden birisi de ayak içi teçhizatın arakaya doğru kaymasından dolayı tahkimat ve kesicinin arına doğru sabitlenememesidir. Taban yolunda bulunan nakliyat elemanı olarak kullanılan bant konveyörün üzerindeki malzemeyi taşıması yanı sıra ekstra olarak eğiminde geçirdiği yükü taşımak zorundadır bunun için yüksek motor güçlerine gereksinim duyulmaktadır.

Yöntem göçertmeli veya dolgulu olarak uygulanabilmektedir. Hidrolik dolgu yönteminde özellikle verimli olarak yapılabilmektedir. Aynı şekilde su içeren tabakalardan gelen su, damarın eğimi nedeniyle göçüğe veya dolguya doğru gideceğinden ayak içi su drenajı problemi oluşturmayacaktır.

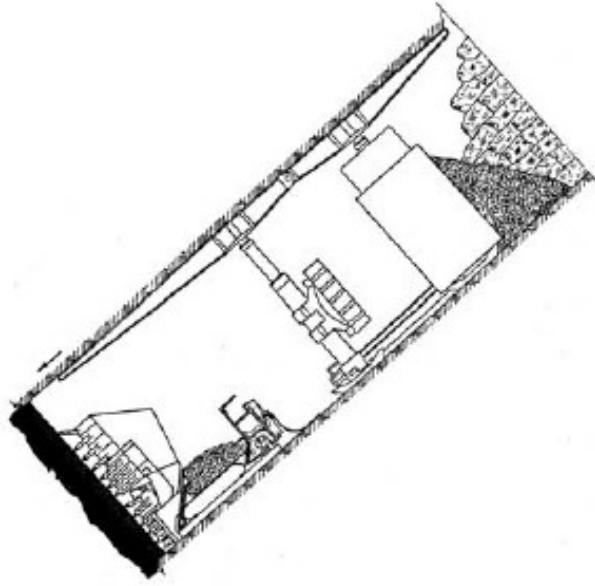


Şekil 2.4 Meyil yukarı uzun ayak (Yenice, 2019)

2.1.1.3 Meyil Aşağı Uzun Ayak

Bu yöntemde belirli bir eğime kadar çalışılması olasıdır. Avantaj ve dezavantaj yönünden incelendiğinde, yerçekimi etkisinde ayak içi teçhizatları arına daha fazla yüklenmektedir. Dolayısıyla yürüyen tahkimatta bulunan ön itme silindirine fazladan güç binmez ve kesici-yükleyici verimli bir kesim yapabilir. Bunların yanı sıra damar içerisindeki gazın havadan hafif olması dolayısıyla gaz göçük bölgesine geçmektedir. Ayak içi zincirli konveyörden nakledilen kömür taban yoluna aktarılması ve bant konveyör nakliyatı açısından eğim aşağı yerçekimi etkisinde kullanılmasıyla nakliyat için harcanan enerji düşük olur.

Dezavantaj olarak baktığımızda tavandan gelen göçük malzemesi yürüyen tahkimatın göçük sarmasına ekstra bir yük oluşturmaktadır. Kömürün arakadan çekildiği yöntem kullanılırsa kömürü arkadan almak için açılan sarma sonrası konveyöre fazla yığılma oluşur ve zincirin limit mukavemet değerinin aşılmasıyla zincirde kopma meydana gelebilir. Ayrıca ayak içerisine kopan malzeme gelme riski de mevcuttur. Bir diğer husus da su bulunduran tabakalarla karşılaşınca su ayak içerisine dolmaktadır bu da üretimin durmasına kadar elzem sonuçlar doğurabilmektedir.



Şekil 2.5 Meyil aşağı uzunayak (Yenice, 2019)

2.1.2 Tavan Kontrolüne Göre Uzunayak Yöntemi

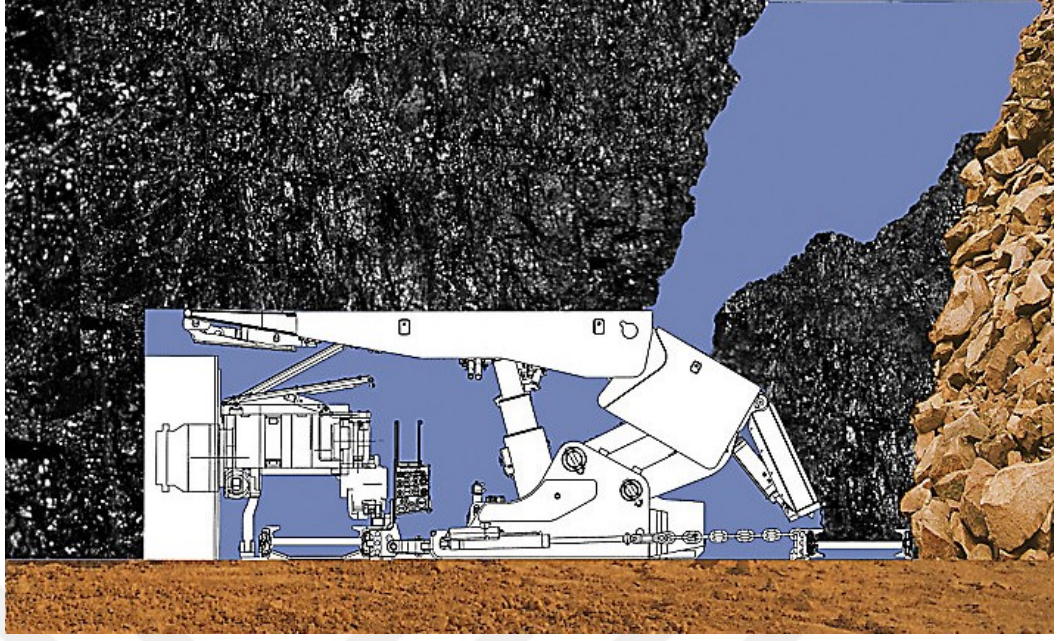
Uzun ayak uygulamasında tavan kontrolü iki şekilde sağlanmaktadır;

- 1- Göçertmeli uzunayak
- 2- Dolgulu uzunayak

2.1.2.1 Göçertmeli Uzunayak

Bu yöntemin uygulanmasında en önemli hususlardan birisi kaya özelliğidir. Tavan taşı göçmeye uygun özellikte olmalıdır. Damar eğimi ve kalınlığı ile tahkimat sökme işlemi güçleşir. Artan eğimle tahkimatın kayma tehlikesi artar ve göçme işi zorlaşır.

Tavan taşının sağlam olması durumunda ayak ilerledikçe arında gerilme artarak kaya patlaması yaşanabilir böyle durumlarda ayak açıklığını küçültmek suretiyle emniyetli bir çalışma sağlanmaya çalışılır. İş organizasyonu basit ve ayak ilerleme hızı yüksektir. Sübidanslar nedeniyle yer yüzeyinde yerleşim yerinin olmaması veya bölgeye ait kaynak su tedarigi sağlayan su akiferleriyle kesişmemesi gerekir. Göçük kısmında kömür kalmamasına dikkat edilmeli ve ayak içerisinde geçen havanın göçük bölgesine geçmesi engellenmeli veya göçük bölgesine kaçan havanın boğucu gazla (azot) kullanılarak inert edilmesi gerekmektedir. Aksi durumda göçükte kendiliğinden yanma sonucu ocak yangınlarına neden olabilmektedir.



Şekil 2.6 Göçertmeli uzunayak (Caterpillar, 2021)

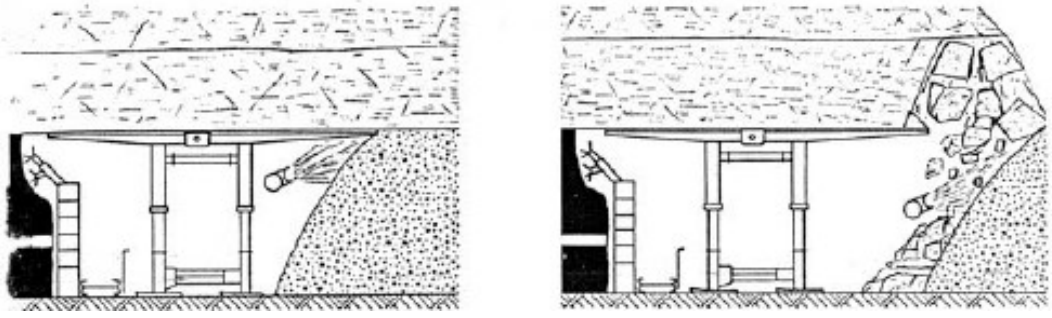
2.1.2.2 Dolgu Uzunayak

Göçertmeli uzunayağın teknik açıdan uygulanamayacağı yerlerde dolgulu uzunayak kullanılır. Dolgulu yöntemler maliyeti arttırdığı gibi, nakliye işlemlerini de güçleştirir.

Dolgu yönteminin uygulanmasını zorunlu kılan haller şunlardır;

- Tavan ve taban taşlarının çok fazla kırıklar içerdiği damarlar
- Tavandan birkaç metre yukarıda ince ve kazanılması ekonomik olmayan kömür tabakaları oluşmuş damarlar
- Çok derinde oluşmuş ve kalın damarlar
- Büyük sübidansların zararlı olabileceği yerler
- Kaya patlaması tehlikesi içeren damarlar
- Tavan taşı sağlam ve masif, kumtaşından oluşmuş damarlar

Yukarıdaki hallerde dolgulu sistemi uygulamak gerekir, diğer hallerde ise göçertmeli sistemi seçmek daha uygundur. (Yenice, 2019)



Şekil 2.7 Dolgu uzunayakta pnömatik dolgu uygulaması (Yenice, 2019)

2.1.3 Panolarda Yapılan Üretim Şekline Göre Uzunayak Yöntemleri

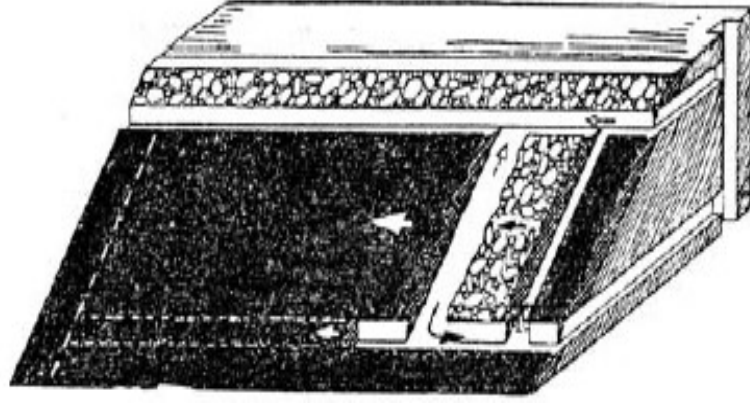
Pano oluşturulurken 3 şekilde yapılabilmektedir. Bunlar;

- 1- İlerletimli Uzunayak
- 2- Dönümlü uzunayak
- 3- İkili kombine yöntemi

2.1.3.1 İlerletimli Uzunayak

Tavan ve taban yolu açılmaya başladıktan 50-100 m sonra bir başyukarı veya baş aşağı ile birleştirilerek ayak oluşturulur. Ayakta üretim başlamasıyla tavan – taban yolu kazıları da aynı zamanda yapılmaktadır. Üretim hemen başladığı için yatırım masrafı az olur. Özel havalandırma galerilerinin açılmasına gerek yoktur. Galeri bakım masrafları az olur.

Damar içi galerileri hem ocak öncesi hem de ocak sonrası ek gerilmelerin etkisi altında kalırlar. Ocak yangınında büyük kömür alanları kullanılamaz hale gelebilir. Galeri ilerleme hızı ayak ilerleme hızına bağlı olduğu için yüksek randıman veren galeri açma makinaları kullanılamaz. Damar hakkında önceden bilgi sahibi olunamaması özellikle tam mekanize ayaklarda planlamayı güçleştirir. (Yenice, 2019)

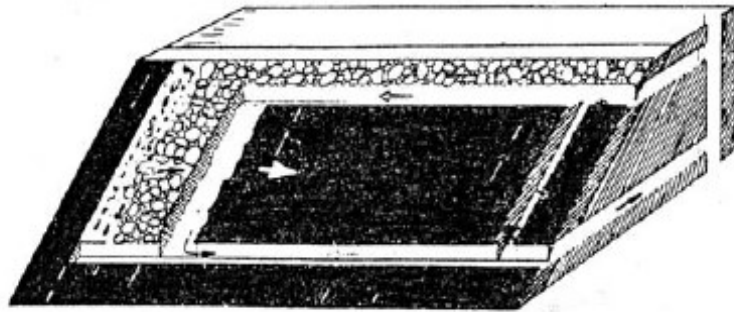


Şekil 2.8 İlerletimli uzunayak (Saltoğlu, 1979)

2.1.3.2 Dönümlü Uzunayak Yöntemi

Pano oluşturulurken tavan ve taban yolları pano sununa kadar sürüldükten sonra bir başaşağı veya başyukarı ile birleştirilerek ayak oluşturulmaktadır. Bu yöntemde kendi içerisinde avantaj ve dezavantajları vardır.

Damar içi galerileri kazı işleminden önce ilerledikleri için panonun tektoniği hakkında üretime başlamadan önce bir bilgi sahibi olunması özellikle tam mekanize ayaklarda planlamayı kolaylaştırır. Hava akımı ilerletimli yöntemde dolgunun veya göçüğün yanına sürtünerek geçtiği için, bu yöntemde havanın göçükten geçerek kısa devre yapması engellenir. Ocak yangını tehlikesi en azdır. Galeri ilerleme hızı ayak ilerleme hızına bağlı olmadığı için yüksek randımanla çalışan galeri açma makinalarının kullanılmasına olanak sağlar. (Yenice, 2019)



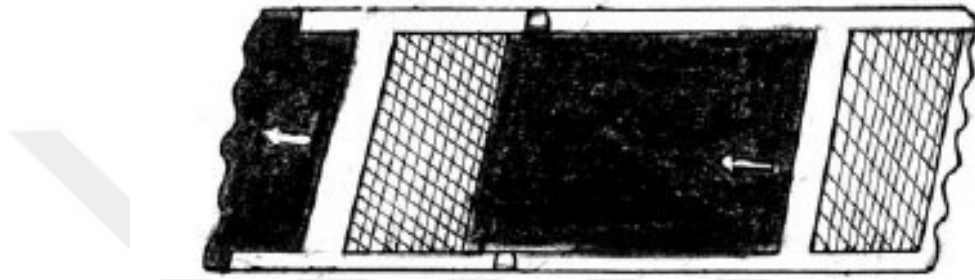
Şekil 2.9 Dönümlü uzunayak yöntemi (Saltoğlu, 1979)

2.1.3.3 Dönümlü ve İlerletimli Uzunayak Kombine Yöntem

Her iki yöntemde iyi taraflarını birleştiren, kötü taraflarını büyük ölçüde elemine eden

bir yöntemdir. Bu yöntemde panolar bir rekuptan diğerine sırası ile ilerletimli ve dönümlü yöntemlerle aynı yönde kazanılırlar.

Bir bölgenin üretimi için sadece bir başyukarı veya baş aşağı açmak yeterlidir. Damar içi galerilerinin bir kısmının önceden açılması üretim başlamadan önce tektonik hakkında bilgi verir. Damar içi galeri açma hızı ayak ilerlemesine bağlı olmadığı için yüksek randımanlı galeri açma makinaları kullanılabilir. Galeri açımında özel havalandırma masrafları fazladır. Kapital masrafları fazladır. (Yenice, 2019)



Şekil 2.10 İlerletimli ve dönümlü uzun ayağın kombinasyonu (Yenice, 2019)

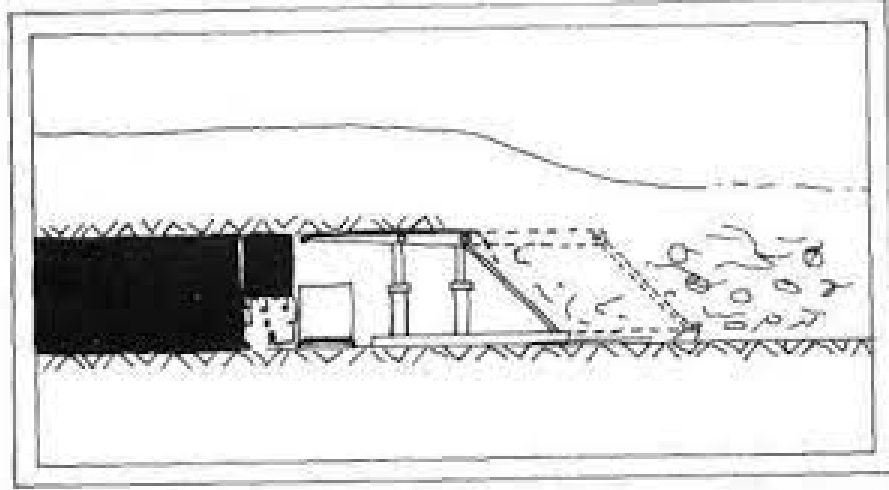
2.1.4 Kalın Kömür Damarlarında Uzunayak Yöntemleri

Kalın kömür damarlarının kazanılmasında etkili olan faktörler vardır. Bunlar genel olarak; damar eğimi, damar kalınlığı, damarın bulunduğu derinlik, yan kayacın jeomekanik özellikleri ve endojen yangınlar olarak sıralanabilmektedir. Bu faktörler göz önüne alınarak üç farklı yöntem uygulanmaktadır;

- 1- Tüm damar kalınlığının bir seferde kazanıldığı tam mekanize uzunayak yöntemi
- 2- Kömür damarının dilimlere ayrılarak uygulandığı uzunayak yöntemi
 - a- Tavan ve taban taşına paralel oluşturulan dilimler halinde
 - b- Yatay dilimler halinde
- 3- Ayak arkasından tavan kömürünün çekildiği uzunayak yöntemi

2.1.4.1 Tüm Damar Kalınlığının Tek Seferde Kazanıldığı Tam Mekanize Uzunayak Yöntemi

Tam mekanize yöntemler ile kalın damarlar orta kalınlıktaki damarların kazanılması şeklinde yapılmaktadır. 6 m kalınlığına kadar olan damarlar bir seferde tam mekanize sistemlerle kazanılabilmektedir. 6 m' den daha kalın olan damarların bu günkü teknoloji ile bir seferde kazanılması mümkün değildir. Dilimlere ayrılarak üretilmeleri gerekmektedir. (Yenice, 2019)



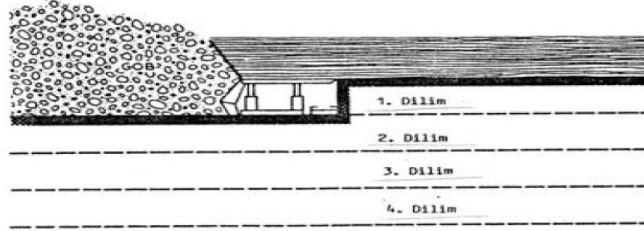
Şekil 2.11 Tüm damarın tek seferde kazanılması (Demirbilek, 1987)

2.1.4.2 Kömür Damarının Dilimlere Ayrılarak Uygulandığı Uzunayak Yöntemi

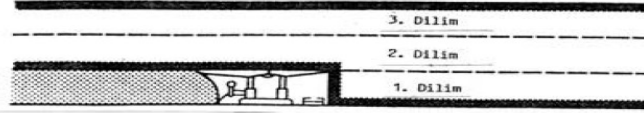
Kalın kömür damarlarının dilimlere ayrılarak üretilmesindeki dilimleme tarzı, yatay ila az eğimli Yataklanmada uzun ayak çalışması için uygun eğimler mevcut olduğundan tavan-taban taşına paralel, orta ila yüksek eğimli yataklanmada ise uzun ayağın sağlıklı çalışabileceği eğimler aşılmış olduğundan yatay dilimlere ayırma şeklinde olur. Her iki tarzda ya 2-3 dilim aynı anda veya tek tek biri bittikten sonra diğeri başlayacak şekilde çalışır. (Şimşir, 2015)

2.1.4.2.1 Dilimlerin Sırayla Kazanılması

Bu çalışma şeklinde yukarıdan aşağıya veya aşağıdan yukarıya doğru, dolgulu veya göçertmeli olarak damarda aynı anda sadece bir ayak çalıştırılır. Bir dilim bittikten sonra ayak teçhizatı sonraki dilime taşınır ve yeni dilim çalışmaya başlar. Bu çalışma şeklinin avantajı, dolgu veya göçük sıkışması için yeterince zamanın bulunması, ayrıca dilimler arasında yapay tavan olarak kömür bırakma zorunluluğunun ortadan kalkması sayılabilir. Ancak ocak üretim kapasitesinin düşük olması bir dezavantajdır. (Şimşir, 2015)



Yukarıdan aşağıya doğru üretim şekli

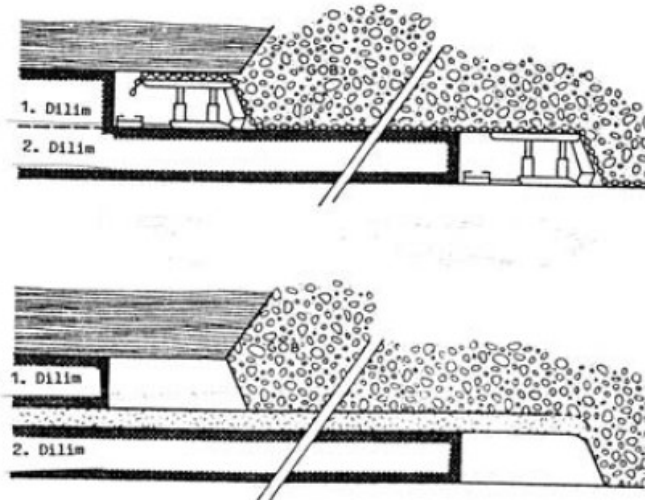


Aşağıdan yukarıya doğru üretim şekli

Şekil 2.12 Dilimlerin sırayla kazanılması (Yenice, 2019)

2.1.4.2.2 Dilimlerin Aynı Anda Kazanılması

Bu yöntemde iki uzun ayağın aynı anda ilerlemesi ve ayak arınları aralarında 50-150 m'lik takip mesafenin olması gerekmektedir. Bu mesafe, kazı arını bölgesinde oluşacak kemer şeklindeki gerilmelerden kaynaklanan ek basınçlardan kaçınmak ve tavan ayağın göçük malzemesinin sıkışması ve bu göçüğün taban ayak için tahkimatlarının tavan olarak tutabilmesi amacıyla yeterince sıkışması için gerekmektedir. İki ayak arası mesafe optimum değerden az olursa tavan ayak ve taban ayağın gerilme kemerleri üst üste bineceğinden tavan ayakta gerilme artacaktır. Bu duruma süperpozisyon denilmektedir. Ayaklar arası mesafe belirtilen mesafeden fazla olur ise taban ayağın arın çevresinde gerilme artacaktır.



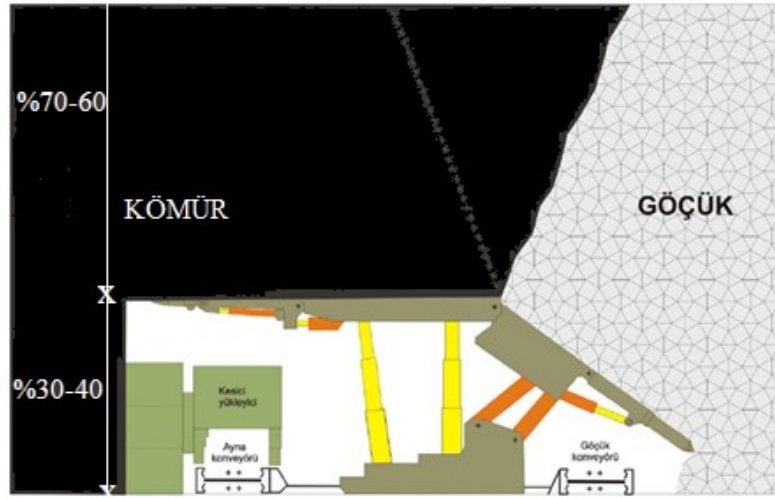
Şekil 2.13 Dilimlerin aynı anda kazanılması (Yenice, 2019)

2.1.4.2.3 Tavan Kömürünün Göçertilerek  retildiği Uzunayak

Bu alışma şeklinde kalın kömür damarı arından alınırken tavanında kalan kömür g çertilmek suretiyle kullanılan yürüyen tahkimatın da özelliğine bağlı olarak tavandan pencere yardımıyla ayak içeresindeki zincirli konveyöre aktarılmaktadır veya g  k bölgesinden g  k sarmasının aılmasıyla ayak arkasında bulunan ikinci bir zincirli konveyör ile kömür çekilmektedir. Yöntemin sağlıklı yapılabilmesi için kömürün kolaylıkla uygun tane boyutuna kırılabilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde düzensiz ve iri blok boyutunda kırılan kömür nedeniyle tahkimatlar arasında delik delinerek patlatma yapılarak iri blokları parçalamak gerekmektedir, bu durum iş akışını yavaşlatmaktadır. G  k bölgesinde kalan kömür miktarı rezerv kayıplarına neden olurken kalan kömür endojen yangınlara sebebiyet verebilmektedir. Yangın tehlikesine karşı alınacak önlemler; en önemlisi g  k bölgesine hava kaçağıdır bu nedenle g  k bölgesine kazan k l  imento karışımı ucuz dolgu seçilmektedir. Yeterli emniyet sağlanamadığı durumda azot basılmaktadır. Bu yöntem iki şekilde uygulanmaktadır;

2.1.4.2.4 Taban Ayak Yöntemi

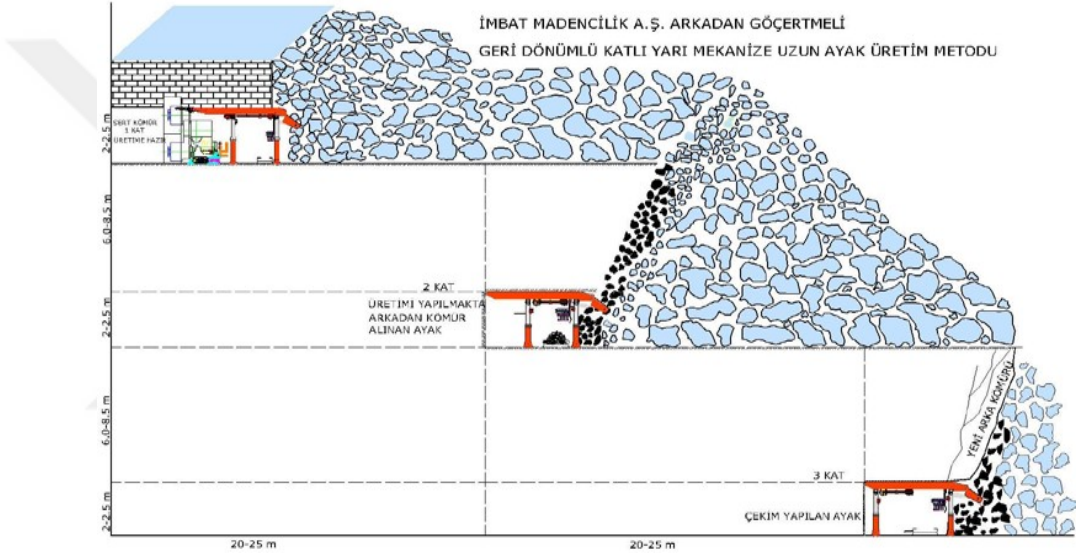
Damar kalınđı 6- 10 m dolaylarında olan kalın kömür damarlarında tek bir uzunayak oluşturularak kömürü bu yöntemle kazanmak mümkündür. Damarın yaklaşık olarak %30-40'ı arından kesim yapılırken geriye kalan %60-70'i tahkimatın özel durumuna göre tavandan pencere vasıtasıyla alınırken, göçükten ayak arkasında bulunan AFC ile kömür mekanizasyonu yapılmaktadır.



şekil 2.14 Kömürün göçertilerek ayak arkasından çekildiği taban ayak yöntemi (Yenice, 2019 değiştirilmiştir.)

2.1.4.2.4 Tavan Ayak Taban Ayak Yöntemi

Bu yöntemde damar dilimlere ayrılarak en az iki uzun ayağın aynı anda ve aralarında belirli bir mesafe olmak şartıyla ilerletilmekte ve üst dilimde giden ayak tavan ayak alt dilimde gelen ayak ise taban ayak olarak adlandırılmaktadır. Tavan ayağın tavan yükü yan kayaç olurken taban ayağın tavanı kömür damarıdır. Taban ayak üzerindeki kömür arkadan göçertilmek veya tavandan pencere vasıtasıyla çekilmek suretiyle mekanizasyonu sağlanmaktadır.



Şekil 2.15 Kömürün göçertilerek ayak arkasından çekildiği tavan-taban ayak yöntemi (Kocaman R ve Kocaman B, 2015)

2.2 Tam Mekanize Ayak Teçhizatları

Bir ayağın tam mekanize ayak olarak adlandırılması için kazı aracı olarak saban veya kesici-yükleyici tertibatı olması, ayak içi nakliyat aracı olarak zincirli konveyör ve tahkimat elemanı olarak da yürüyen tahkimat olması şartı vardır. Günümüz teknoloji olanakları gereğince bu teçhizatlara sahip ayaklarda üretim kapasitesi ve iş randımanı yüksektir. Ayak içerisinde güvenli bir çalışma ortamı oluşturmaktadır. Ayağın sürekli olarak ilerlemesi gerekmekte, (ortalama 1,5 m/gün) kadar, bu değer altına düşmesi durumunda veya ayağın uzun süre ilerlememesi arın cidarında gerilmelerin daha fazla artmasına sebebiyet vermekte, tavan sarmasında ve göçük sarmasında oluşan gerilmelerle birlikte taban taşının jeomekanik özelliği sebebiyle özellikle de formasyon kil ise taban şasesi tabana oturmaktadır.

Mekanize ayağın klasik ve yarı mekanize ayağa göre tek dezavantajı ilk yatırım maliyetleri ve amortisman giderleridir. İşletilebilir rezerv miktarı tam mekanize yatırım ve giderlerini karşılayıp kara geçiriyorsa ve jeolojik, jeomekanik özelliği uygunsa bu yöntemle çalışmak oldukça avantajlıdır.

2.2.1 Yürüyen Tahkimatlar

Uzun ayaklarda verimi ve güvenliği arttırmak adına zaman içerisinde tahkimatlar da büyük gelişme katedilmiştir. İlk yürüyen tahkimat 1950 yılların sonlarına doğru geliştirilmeye başlamıştır ve şu an geline teknolojik gelişmeyle birlikte son şeklini almıştır. Günümüzde yürüyen tahkimatlar 1,5-1,75m genişliğinde üretilirken ağırlığı 30-40 ton'a varabilmektedir. Çalışma yükseklikleri maksimum 6 m her bir ünite 1000-1250 ton yük yüklenmekte ve kendisini 1 m ileriye ötelemektedir. (Özfirat ve Tatar, 2016)

Yürüyen tahkimatlar ilk kullanılmaya başlandıkları yıldan bu yana 3 ana grupta toplanmıştır.

- 1- Çerçeve tipi yürüyen tahkimat
- 2- Domuzdamı tipi yürüyen tahkimat
- 3- Kalkan tipi yürüyen tahkimat

Çerçeve ve domuzdamı tipi yürüyen tahkimatlar, uygulamada görülen aksaklıklar nedeniyle günümüzde yerlerini kalkan tipi yürüyen tahkimatlara bırakmıştır. (Özfirat ve Tatar, 2016)

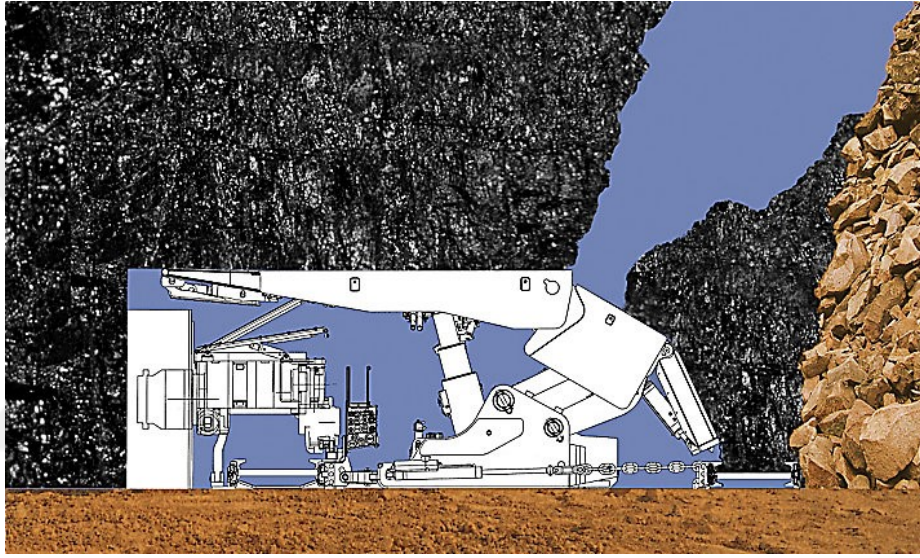
2.2.1.1 Kalkan Tipi Yürüyen Tahkimatlar

Kalkan türü yürüyen tahkimatlarda daha fazla hareket ve esneklik kabiliyeti kazandırmak adına lemniskat tipi bağlantı bulunmaktadır. Lemniskat bağlantı göçük sarması ve taban şasesinden pimler ile bağlantı yapılır. Tavan sarması ve taban sarması arasındaki açıklığı oluşturmak adına hidrolik piston kullanılmaktadır. Tavan yükünün durumuna göre iki pistonlu veya 4 pistonlu olmaktadır. Tahkimatı öteleme işlemi için her tahkimat bir sonraki tahkimatta bulunan joistik koldan kontrol ederek hareket sağlanmaktadır. Genel anlamda iki çeşidi vardır.

- 1- Tek oluklu sistem (Ayak tavanından göçertme)
- 2- İki oluklu sistem (Ayak arkasından göçertme)

2.2.1.1.2 İki Oluklu Sistem (Ayak Arkasından Göçertme)

Bu tür tahkimatın bölümleri şu şekilde sıralanabilmektedir; tavan sarması, ayna tutucu, göçük sarması, kuyruk sarması, esnek kapak ve taban şasesi. Kesici yükleyici arından kesim yaptıktan sonra tahkimat ileri alınmaktadır. Tavandan kömür kırılarak göçük sarması ve kuyruk sarması bölüme geçer esnek kapak açılmak suretiyle kömür ayak arkası zincirli konveyöre çekilmektedir. Kömürün bittiğinde arka konveyöre yantaş gelmesiyle birlikte esnek kapak kapatılır. Bu tahkimatın dezavantajı ayak arkasından kömür çekileceği için yeraltı açıklık mesafesi artması sebebiyle gerilmeleri arttırmasıdır.



Şekil 2.18 Çift konveyörlü yürüyen tahkimat (Caterpillar, 2021)

2.2.2 Kesici Yükleyici Makinalar

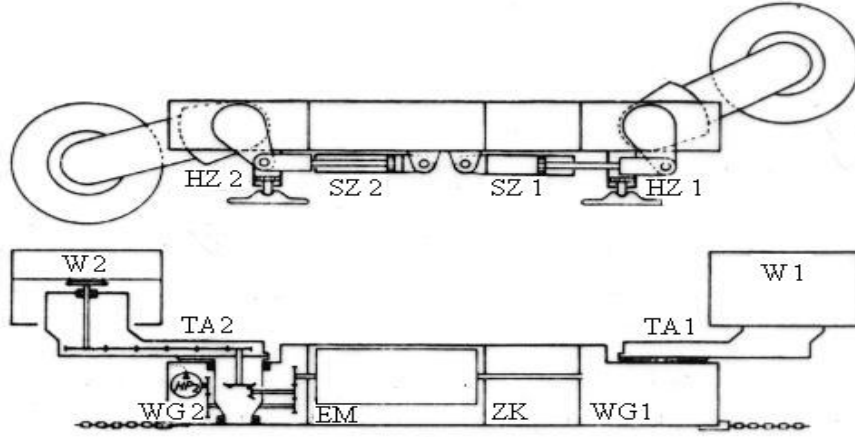
Sabanlar ve potkabaç makinalarından alınamayan verim ve sorun nedeniyle 1950 yılların başlarında tamburlu kesici yükleyici tasarımları ve yapımları başlamıştır. Şu an ki gelişimine kadar çok sayıda tasarımları vardır. Bunlar şu şekilde sıralanabilmektedir;

- 1- Sabit tamburlu
 - Tek tamburlu
 - Çift tamburlu
- 2- Hareketli tamburlu
 - Ortadan tamburlu
 - Tek tamburlu
 - Çift tamburlu
- 3- Yandan tamburlu (L tipi)
 - Tek tamburlu

-Çift tamburlu

Bunlardan sabit tamburlular ve hareketli tamburlu kesici yükleyiciler ilk tasarımlardan olup verimli bir çalışma sağlamadığından yerlerini günümüzdeki yandan tamburlu L tip kesici yükleyicilerden çift tamburluya bırakmıştır.

2.2.2.1 L Tip Çift Tamburlu Kesici Yükleyici



Şekil 2.19 L Tip çift tamburlu kesici yükleyici (Özfirat ve Tatar, 2016)

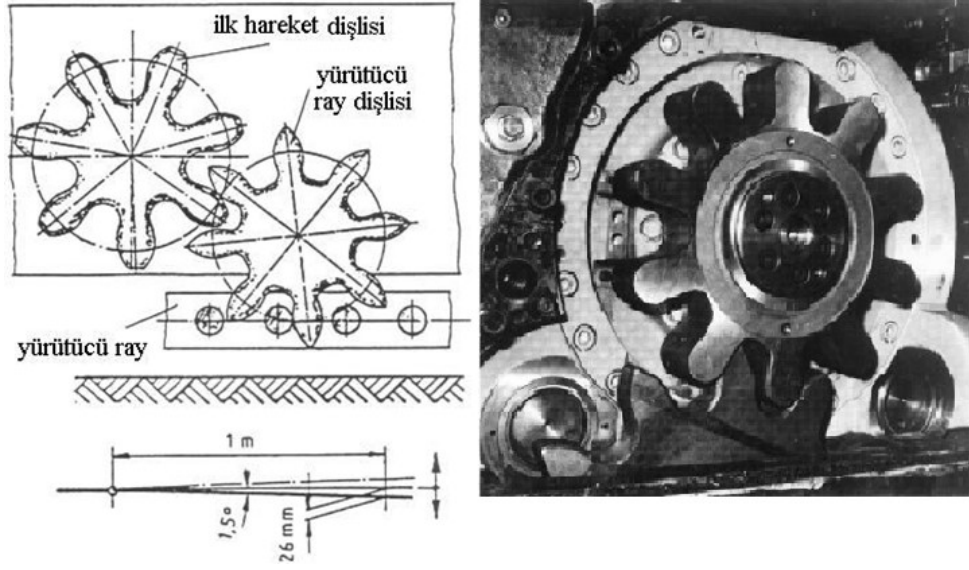
Çift tamburlu- L tipi makinalar, tek veya çift elektrik motoruna sahip olabilirler. Tek motor bulunduğu; iki tamburun döndürülmesi için gerekli güç, makinanın oluk üzerindeki hareket sistemi ve hidrolik pistonlar için gerekli olan gücün tamamı aynı motordan sağlanır. Çift motor bulunduğu; her motor ayrı bir tamburu tahrik etmekte, oluk üzerinde hareket ve hidrolik pistonlar için gerekli olan güçler de bu motorlardan sağlanmaktadır. Bazı makinalarda, oluk üzerinde hareketi sağlayan yürüme sistemi için gerekli hidrolik güç ayrı bir elektrik motoru kullanımı ile sağlanmaktadır. Buradaki elektrik motoru, bir ucundan W2 tamburunu, diğer ucundan ise W1 tamburunu tahrik eder. ZK ara bölmesinde, ara mil, elektrik tesisatı ve uzaktan kumanda birimi yer alır. SZ mafsal ve silindirleri, her iki mafsalı kolun ve dolayısıyla tamburların yüksekliklerinin ayarlanmasına yarar. Burada WG2 tambur tahrik bloku ile EM elektrik motoru arasındaki bağlantı mili, HW vincinin kademesiz olarak ayarlanabilen hidrolik pompasını tahrik eder. Bu tip makinada KR zincir yıldızı ve UR zincir yön değiştiricisi makinanın üst yüzünde ve yatay pozisyonda değil, dikey konumda ve makinanın yan yüzünde yer almaktadır. (Özfirat ve Tatar, 2016)



Şekil 2.20 L Tip çift tamburlu kesici yükleyici çalışma anı (CT Grup, 2020)

2.2.2.1.1 Kesici-Yükleyicinin Eicomatik Sistemiyle İlerletilmesi

Kesici-yükleyici makınayı hareket ettirme vinçlerinin ayak başı ve sonunda olduğu durumlarda, makınaya hareket zincirlerle yapılmasının birtakım sakıncaları görülmüştür. Makına sert kömüre girdiğinde ve ara kesme kesilmeye başlandığında, makına sabit çekme kuvveti nedeniyle yavaşlamaktaydı. Ayrıca aşırı zorlanmalarda zincir kopabilmekte, bu ise zincir üzerindeki enerjinin aniden boşalarak işçilerin yaralanmasına ve teçhizatın zarar görmesine yol açabilmekteydi. Bu gibi dezavantajları ortadan kaldırmak için hareket motorları makına üzerine monte edilmeye başlanmıştır. Operatörün makınanın ilerleme hızıyla ilgilenmeyip tüm dikkatini taban ve tavanı düzgün olarak kesmeye vermesi için de kesici-yükleyiciyi her türlü damar ve kazı koşulunda optimum, yani “olası maksimum” hızda ilerletmesi amacıyla Eicomatik sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde makınanın hızı optimum şekilde elektro-hidrolik olarak ayarlanmaktadır. (Özfirat, 2021) Yürütücü ray dişlileri kramer oluk içerisinde hareketi sağlamaktadır.



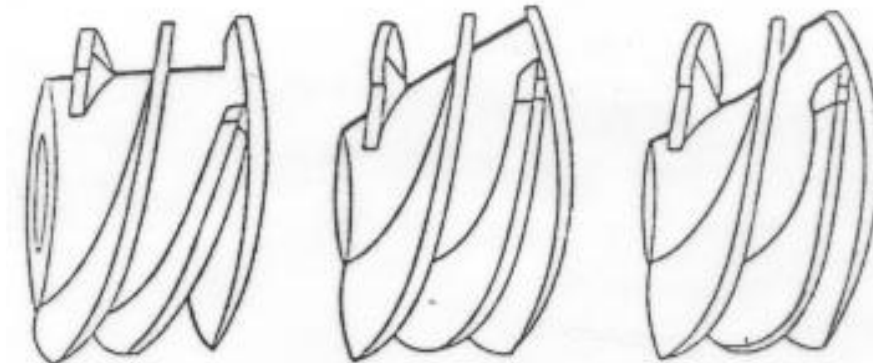
Şekil 2.21 Eicotrack ilerleme sistemi (Özfirat, 2021)

2.2.2.1.2 Tambur Türleri ve Keski Tipleri

Kesici-yükleyicinin tamburundan beklenen, iyi bir kazı verimi ve büyük bir yükleme kapasitesidir. Kazının çift yönlü olması durumunda, tamburun gövde yapısı daha büyük bir önem kazanmaktadır. Tamburun ana parametreleri, spiral sayısı, spiral açıları, her spiral üzerindeki keski sayısı ve keski aralarındaki mesafedir. Kömürün fazla ufalanmaması açısından mümkün olduğunca az sayıda keski ve yüksek yükleme kapasitesi için uygun spiral açısı ve spiraller arası mesafe, aranan özelliklerdir. (Özfirat, 2021)

A-Tambur Türleri

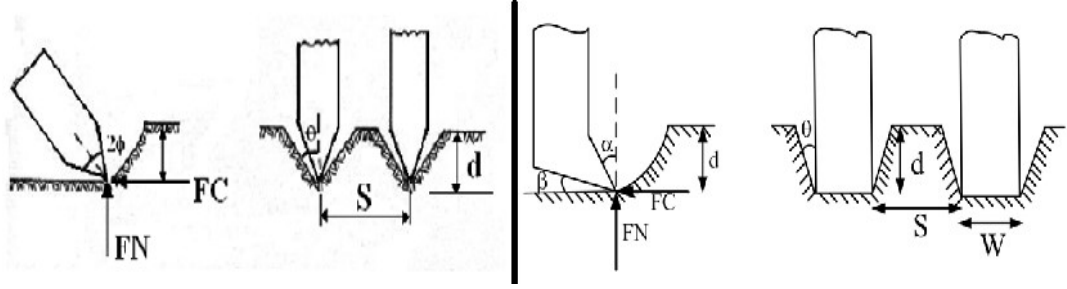
Tamburların çapları 160 ve 180 cm'dir. Tambur tipleri olarak da silindirik, konik ve ekspanansiyel olarak 3 çeşittir. En kullanılan olanı ekspanansiyel olandır. Bu tamburda konik bir silindir üzerine spiral şekilde sarmalanmış kesici uçları bulunmaktadır. (Özfirat ve Tatar, 2016)



Şekil 2.22 Tambur tipleri (silindirik, konik, ekspanansiyel) (Özfirat ve Tatar, 2016)

B- Keski Tipleri

Keskilerin seçimi kazılacak kömürün sertliğine göre yapılır. Sert kömürlerde kalem-uçlu keski, yumuşak kömürlerde ise radyal keski kullanılır. Radyal keski orta sert kömürlerde kullanılması durumunda, negatif kesme açılı keski kullanılır. (Özfiyat, 2021)



Şekil 2.23 Keski tipleri (kalem uçlu ve kama uçlu) (Özfiyat, 2021)

2.2.3 Nakliyat Elamanları

Tam mekanize uzun ayakta ayak içi ve ayak arkası nakliyat zincirli konveyör ile sağlanmaktadır. Ayak içerisinde gelen kömür ayak sonunda aktarma konveyörüne aktarılır 30 40 m uzunluğu olan bu konveyör de bir zincirli konveyördür. Aktarma konveyöründen bir kırıcıdan geçirilen kömür dar bir tane boyutuna indirilmiş olur. Kırıcıdan çıkan kömür bant konveyör ile ana nakliyat yoluna aktarılmaktadır.

2.2.3.1 Zincirli Konveyör

Zincirli konveyörler, birbirine baklalarla eklenmiş yüksek çekme mukavemetine sahip aralarında paletler bulunan ayak başında veya ayak sonunda tahrik motorlarıyla hareketi sağlanan bir nakliyat sistemidir. Zincirler ve palet takımı kalın saç oluk içerisinde hareket etmektedir. Kömür de bu saç oluk üzerinde palet zincir takımı vasıtasıyla nakledilmektedir. Kömürün yığılmalardan dolayı ayak içi boşluğuna akmaması için talazlık bulunmaktadır. Tahrik motorları rediktörlere bağlıdır ve yüksek devirleri düşürerek torku arttırmaktadır. Tahrik motorları montaj sırasında takozlar üzerine konularak ayaktaki sudan korunması amaçlanmıştır. Motor fazla yüke karşı yağ sıcaklığının artmasıyla motor kaliper kapağını eriterek kendini emniyetli şekilde durdurmaktadır. Saatlik üretime bağlı olarak zincirli konveyör seçiminde ortadan tek zincirli ve çift zincirli hatta üç zincirli şekilde üretilmektedir.



Şekil 2.24 Zincirli konveyör çalışma anı (AZO Mining, 2019)

2.3 Hava Miktarının Belirlenmesi

Yeraltı İşletmesi için planlanan üretim çalışmaları kapsamında gerekli olan hava miktarları; hazırlanan panolar için veriler esas alınarak, ocakta çalışan sayısı, ocağa yayılacak gaz miktarı, oluşacak toz miktarı, kullanılacak dizel motorlu araçlardan yayılacak gaz miktarı ve yasal mevzuatta belirtilen hava hızı limitleri esas alınarak ayrı ayrı hesaplanmaktadır. (Yılmaz, 2022).

2.3.1 Çalışan Sayısına Göre Gerekli Hava Miktarı

“Çalışan sayısına göre ocağa verilmesi gereken hava miktarının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik (2.1) yararlanılmıştır. Havalandırma hesaplamalarında bir işçi için gerekli hava miktarının $0,6 \text{ m}^3/\text{dak}$ olduğu kabul edilir. “(Yılmaz, 2022). Aynı anda çalışan maksimum işçi sayısı n olduğunda gerekli hava miktarı:

$$Q = n \times 0,6 \text{ m}^3/\text{dak} \quad (2.1)$$

Q: Gerekli hava miktarı (m^3/dak)

n: Ocakta bir vardiyada çalışacak maksimum çalışan sayısı

2.3.2 Yayılacak Gaz Miktarına Göre Gerekli Hava Miktarı

“Yayılacak gaz miktarına göre gerekli hava miktarının hesaplanmasında Eşitlik’den yararlanılmıştır. Eşitlik 2.2’de yer alan ocak havasına karışan gaz miktarı (Q_g) günlük toplam kömür üretimi ve kömürün damar gaz içeriği verilerinden yararlanılarak hesaplanmaktadır. “(Yılmaz, 2022).

$$Q = \frac{Q_g \times 100}{K_g \times 24 \times 3600} \quad (2.2)$$

Q: Gerekli hava miktarı (m³/sn)

Q_g: Ocak havasına karışan gaz miktarı (m³) (Günlük Üretim (ton) x Damar Gaz İçeriği (m³/ton))

K_g: İzin verilen gaz konsantrasyonu (%)

2.3.3 Oluşacak Toz Miktarına Göre Gerekli Hava Miktarı

“Oluşacak toz miktarına göre gerekli hava miktarının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik (2.3) yararlanılmıştır.” (Yılmaz, 2022). *Aşağıdaki eşitlikte yer alan solunabilir tozun oluşum oranı (Ed) işletmeden alınan veriler doğrultusunda, ocak havasında müsaade edilen toz konsantrasyonu (Kd) ise 28812 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Tozla Mücadele Yönetmeliği'nin ekinde yer alan Toz Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri Tablosundan alınacaktır.* (Tozla Mücadele Yönetmeliği, 2013).

$$Q = \frac{E_d}{C_d} \times \frac{P}{100} \quad (2.3)$$

Q: Gerekli hava miktarı (m³/sn)

E_d: Solunabilir tozun oluşum oranı (mg/ton)

C_d: Solunabilir toz yoğunluğunun konsantrasyonundaki izin verilebilen artış (mg/m³)

P: Üretim miktarı (ton/saat)

2.3.4 Dizel Motorlu Araçlardan Yayılacak Gaza Göre Gerekli Hava Miktarı

Dizel motorlu araçlardan yayılacak gaz miktarına göre gerekli hava miktarı eşitlik 2.4'ten yararlanılmıştır. Aşağıdaki eşitlikte yer alan her 100 kW güç için gerekli hava miktarı (q) 6-8 m³/sn olarak kabul edilmektedir (Yılmaz, 2022).

$$Q = \frac{G}{100} \times q \quad (2.4)$$

Q: Gerekli hava miktarı (m³/sn)

q: 100 kW güç için gerekli hava miktarı (m³/sn)

G: Yeraltında çalışacak dizel motorlu araçların toplam gücü (kW)

2.3.5 Hava Hızı Limitlerine Göre Gerekli Hava Miktarı

28770 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'nde "Hava hızı her halde 0,5 m/sn'den az 8 m/s'den yüksek olamaz" hükmü yer almaktadır (Maden İşyerlerinde İSG Yönetmeliği, 2013). (Yılmaz, 2022).



BÖLÜM ÜÇ

ALTERNATİF PLANLAMA MODELLERİ

Yapılan çalışmada 2 adet ayak plan modelleri oluşturulmuştur. Bu modeller şu şekilde sıralanmaktadır;

- 1- Dönümlü, dilimin tek seferde kazanıldığı, arkadan göçertmeli tam mekanize ayak planı modeli
- 2- Dönümlü, dilimin tek seferde kazanıldığı, orta rekuplu, arkadan göçertmeli, tam mekanize ayak planı modeli

Oluşturulan ayak modellerinde Üretim kapasitesi, hazırlık süreçleri ve iş güvenliği açısından incelenmektedir.

3.1 Dönümlü, Dilimin Tek Seferde Kazanıldığı, Arkadan Göçertmeli Tam Mekanize Ayak Planı Modeli

Bu model çalışması kömür kalınlığı 12 metreden fazla olmayan damarlar için önerilmiştir. Kabuller yapılarak; ölçekli, kurgu bir saha oluşturulmuştur. Bu sahada kömürün damar kalınlığı ortalama 12 m kabul edilmiştir. Kömür damarı; yataya yakın ve 350 m derinlikte olduğu kabul edilmiştir. Kabuller üzerine bu sahada 33.464.416 ton kömür rezervi olduğu hesaplanmıştır.

Literatürden ve saha uygulamalarından elde edilen verilerde, kömür damarının kesim ile göçükten kazınım oranı 1/3 olarak tespit edilmiştir. Düşünülen modelde 3-4 metresi kesici yükleyici makinayla kesimden kazanılırken, damarın geriye kalan kısmı arkadan göçertme yapılarak kazanılmaktadır. Göçertmede tavan taşının göçmeye uygun olması gerekmektedir. Tavan taşı sert masif yapılı olduğunda tavan taşının göçmesi güçleşir ve ayak önünde yüksek gerilmelere neden olur. Oluşan gerilmelerin etkisi neticesinde arında kömür patlamaları yaşanabilir. Ayakbaşından itibaren tavan-taban yollarında 80 metreye kadar uzanan deformasyonlar devam etmektedir.

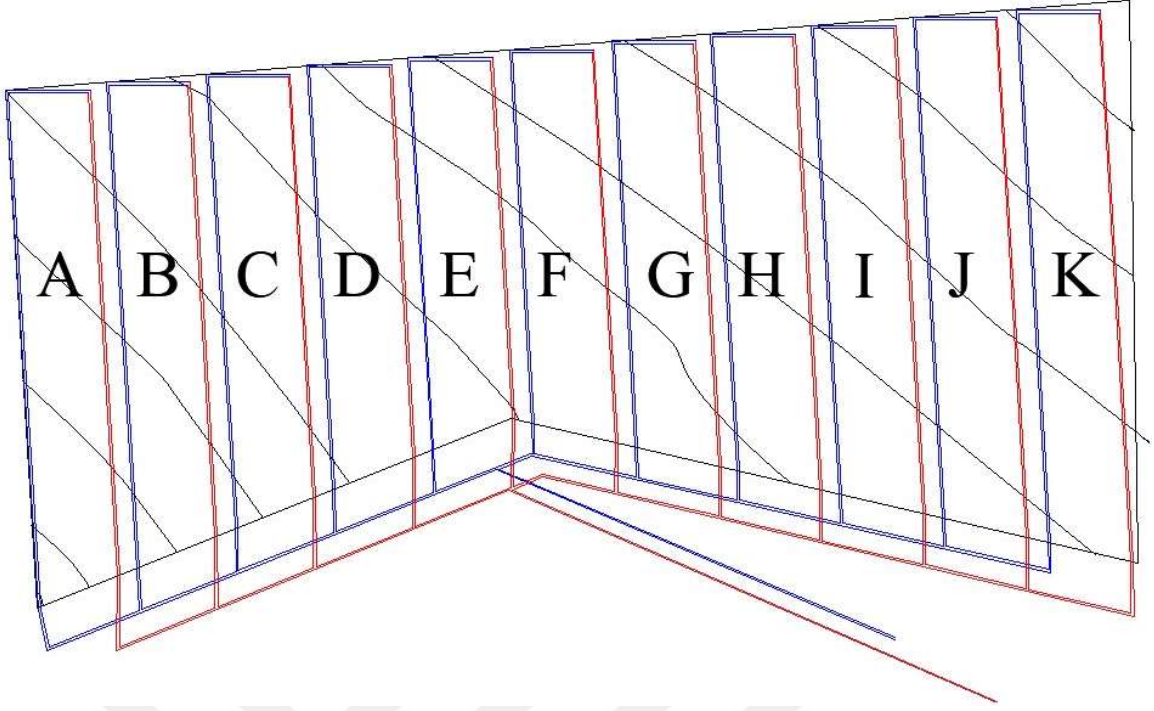
Bu problemleri aşmak için tavan tabakalarının hareketi incelenip sürekli değişimlerden veri oluşturulmalıdır. Ayağın ilk kurulumundan itibaren tavan taşının kırılması için tavan taşı kömür kontağından tavan bacası oluşturulur. Tavan taşına delikler delinerek, kontrollü patlatma yapılarak, tavan taşında kırılmalar ve çatlamlar oluşturulur. Tavan taşını kırmak için farklı bir yöntem ise tam mekanize ayağa göre kurulum montaj açısından daha ekonomik

olan tavan taşı kömür kontağında yarı mekanize ayak oluşturmaktır. Bu ayak ana tavanda kırılma mesafesi olan 60-80 metre kadar ilerletilerek tavan taşının kırılması sağlanır. Planlanan mesafeye gelindiğinde tavanda oluşturulan yarı mekanize ayak sökülür.

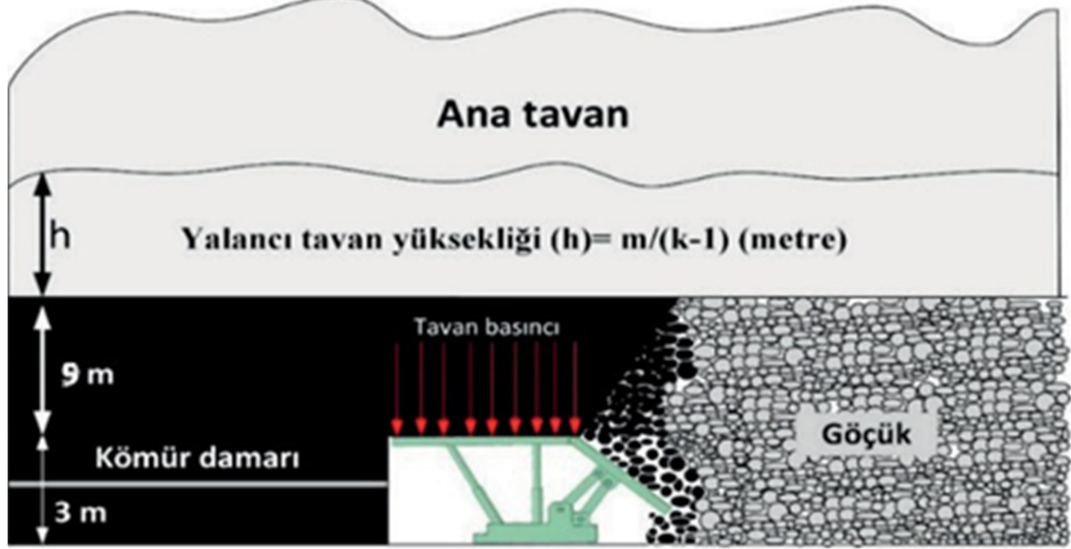
Ayak ilerlemesi başladıktan sonra ayak içerisinde yürüyen tahkimat ünitelerinin ön sürgü ile yan kalkanları arasından burğu tip tij ile martaperfaratör kullanılarak tavan kömüründe delikler delinip patlatma yapılarak kömürde ezilmeler oluşturulmaktadır.

Bu ayak uygulamasında u tip havalandırma yapılmaktadır. Hava alt kottan (taban yolu) girmekte olup üst kottan (tavan yolundan) çıkmaktadır. Havalandırmanın bu şekilde yapılmasının en temel sebebi metan gazının havadan hafif olması nedeniyle yukarı yönlü hareketidir. Maden işlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği gereğince kömür madenlerinde emici tip havalandırma yapılması zorunludur. Metanın hafif olması, yukarı yönlü hareketi ve emici tip havalandırmanın negatif basınç etkisiyle metan havaya karşı direnç yaratmaz aksine emilimi rahat olur.

Bu uygulama üretim açısından incelendiğinde; tavan desteği yürüyen tahkimat ünitesiyle yapılmakta, kazı L tip tamburlu kesici yükleyiciyle, ayak içi nakliyatı zincirli konveyör ile yapılmaktadır. Ayak uzunluğu arttığında ayak içi organizasyonu azalır, yürüyen tahkimat ünitelerinin zamanında ilerletilmesi arka kömürün çekilmesi gecikir. Bunun sonucunda ayak önünde gerilme artar, tavan kömürü ezilir aynı zamanda ayak eğimli ise tahkimat üniteleri eğim doğrultusunda yatar. Tavan yükünün artmasıyla beraber tahkimat üniteleri tabanı bataabilir ve şiltlerin hidrolik direk rotaları kapanabilir. Kesici yükleyici makine kesimini o bölgede yapamayabilir. Bunların tümü üretimi etkileyen olumsuzluklardır.



Şekil 3.1 Örnek panonun plan görünüşü (ölçeksiz)



Şekil 3.2 Örnek panonun kesit görünüşü (Şimşir ve Yetkin, 2018)

3.1.1 Üretim Kapasitesi ve Panonun Ömrünün Hesaplanması

Tablo 3.1 Planlanan Panolar

PANO ADI	AYAK UZUNLUĞU	PANO UZUNLUĞU (m)	KÖMÜR KALINLIĞI (m)	KÖMÜR YOĞUNLUĞU (t/m ³)	REZERV (ton)
A	150	850	12	1,6	2.448.000
B	150	810	12	1,6	2.332.800
C	150	750	12	1,6	2.160.000
D	150	700	12	1,6	2.016.000
E	150	645	12	1,6	1.857.600
F	150	687	12	1,6	1.978.560
G	150	756	12	1,6	2.177.280
H	150	803	12	1,6	2.312.640
I	150	866	12	1,6	2.494.080
J	150	922	12	1,6	2.655.360
K	186	984	12	1,6	3.514.061
TOPLAM					25.946.381

Örnek sahada planlanan pano tasarımlarında farklı uzunluklara sahip 11 adet pano tasarlanmıştır. İlk 10 panonun ayak uzunlukları 150 metre belirlenmiş olup K isimli panonun ayak uzunluğu 186 metredir. 11 panoda farklı miktarlarda kömür bulunmakta ve toplam 25.946.381 ton rezerv bulunmaktadır.

Tablo 3.2 Kesici Yükleyici Efektif Çalışma Süresi

Ayak Uzunluğu (m)	150
Tambur Çapı (m)	1,5
Kesme Derinliği (m)	0,7
Ort. Kesim Hızı (m/sn)	2,5
Yeni Have Geçiş Süresi (dk)	60
Tavan Kömürü Kalınlığı (m)	9
Ort. Yoğunluk (t/m ³)	1,5
Günlük Efektif Çalışma Süresi (dk)	16*60=960
Günlük Efektif Makina Çalışma Süresi (dk)	%55 (0,55*960) =528

Kesici Yükleyici Makina ile Bir Have Kazıda Geçen Süre;

Kesici yükleyici makina ile bir have kazıda geçen süre (dak) = Ayak uzunluğu / ortalama kesim hızı
1 kesimde gerekli toplam süre (dak) = Kesici yükleyici makina ile bir have kazıda geçen süre + Yeni haveye geçiş- manevra süresi

Günlük kesim sayısı = Günlük efektif kesim süresi / 1 kesimde gerekli toplam süre (dak)

Günlük ilerleme (metre) = Günlük kesim sayısı * kesme derinliği

Günlük üretim kapasitesi (ton) = ayak uzunluğu * damar kalınlığı* Günlük ilerleme * kömür yoğunluğu

Çözüm:

Kesici yükleyici makina ile bir have kazıda geçen süre= $150/2,5 = 60 dk$

1 kesimde gerekli toplam süre (dk)= $60+60=120dk$

Günlük kesim sayısı = $528/120=4,4adet$

Günlük ilerleme (metre)= $4,4*0,7=3 m$

Kesimden üretilecek kömür miktarı= $3*150*3*1,6= 2.160 ton$

Göçerterek üretilecek kömür miktarı= $3*150*9*1,6*0,8= 5.180 ton$

Günlük üretim kapasitesi (ton) = $7.340 ton$

Pano ömrü (ay)= (pano uzunluğu/günlük ilerleme) /30

Pano ömrü (ay)= $(880/3)/30 = 10 ay$

K Panosu İçin Çözüm:

Kesici yükleyici makina ile bir have kazıda geçen süre= $186/2,5 = 75dk$

1 kesimde gerekli toplam süre (dk)= $75+60=135dk$

Günlük kesim sayısı = $528/135=3,9adet$

Günlük ilerleme (metre)= $3,9*0,7=2,7 m$

Kesimden üretilecek kömür miktarı= $2,7*186*3*1,6= 2.437ton$

Göçerterek üretilecek kömür miktarı= $2,7*186*9*1,6*0,8= 5.785 ton$

Günlük üretim kapasitesi (ton) = $8.222 ton$

Pano ömrü (ay)= (pano uzunluğu/günlük ilerleme) /30

Pano ömrü (ay)= $(984/2,7)/30 = 12 ay$

Üretilecek kömürün 3 metresi kesici yükleyici ile arından kazılacaktır ve buna bağlı olarak panolardan ne kadar üretileceği aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 3.3 Kesici ile kazılarak yapılarak kazanılan kömür miktarı

KESİCİ İLE KAZILARAK YAPILARAK KAZANILAN KÖMÜR MİKTARI					
PANO ADI	AYAK UZUNLUĞU	PANO UZUNLUĞU (m)	KESİM ARINI YÜKSEKLİĞİ (m)	KÖMÜR YOĞUNLUĞU (t/m ³)	İŞLETİLEBİLİR REZERV (ton)
A	150	850	3	1,6	612.000
B	150	810	3	1,6	583.200
C	150	750	3	1,6	540.000
D	150	700	3	1,6	504.000
E	150	645	3	1,6	464.400
F	150	687	3	1,6	494.640
G	150	756	3	1,6	544.320
H	150	803	3	1,6	578.160
I	150	866	3	1,6	623.520
J	150	922	3	1,6	663.840
K	186	984	3	1,6	878.515
TOPLAM					6.486.595

Kömür damarının 9 metresi tavandan göçertme ile kazanılacaktır, fakat tavan kömürünü %100 verimle kazanmak mümkün görünmemektedir. Tavan kömürünün kazanımıyla alakalı yapılan hem bilimsel çalışmalarda hem de sahalardan edinilen verilerden %70 ila %85 verimle kömür kazanılmaktadır. Bu çalışmada tavan kömürü kazanım oranı %80 olarak kabul edilmiştir.

Tablo 3.4 Tavandan Göçertme Yapılarak Kazanılan Kömür Miktarı (Verim %80)

TAVANDAN GÖÇERTME YAPILARAK KAZANILAN KÖMÜR MİKTARI (VERİM%80)					
PANO ADI	AYAK UZUNLUĞU	PANO UZUNLUĞU (m)	TAVAN KÖMÜRÜ KALINLIĞI (m)	KÖMÜR YOĞUNLUĞU (t/m ³)	İŞLETİLEBİLİR REZERV (ton)
A	150	850	9	1,6	1.468.800
B	150	810	9	1,6	1.399.680
C	150	750	9	1,6	1.296.000
D	150	700	9	1,6	1.209.600
E	150	645	9	1,6	1.114.560
F	150	687	9	1,6	1.187.136
G	150	756	9	1,6	1.306.368
H	150	803	9	1,6	1.387.584
I	150	866	9	1,6	1.496.448
J	150	922	9	1,6	1.593.216
K	186	984	9	1,6	2.108.436
TOPLAM					15.567.828

Bu pano verilerine dayanarak panolardan üretilmesi hedeflenen net işletilebilir kömür miktarı 22.054.424 ton olarak hesaplanmıştır.

Panoların Ömürleri

Planlanan panoların işletme ömürleri aşağıdaki tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.5 Pano ömürleri tablosu

PANO ÖMÜRLERİ			
PANO ADI	PANO UZUNLUĞU (m)	GÜNLÜK İLERLEME (m)	PANO ÖMRÜ (AYLIK)
A	850	3	9,4
B	810	3	9,0
C	750	3	8,3
D	700	3	7,8
E	645	3	7,2
F	687	3	7,6
G	756	3	8,4
H	803	3	8,9
I	866	3	9,6
J	922	3	10,2
K	984	2,6	12,6
TOPLAM			

3.1.2 Hazırlık Aşaması

Ana nakliye ve ana havalandırma galerileri hazırlık süreci tamamlandıktan sonra damar içi hazırlık süreci başlamaktadır. Damar içi hazırlıkta tavan-taban yolu galerileri (bacalar) sürülür. Kömür içerisinde birbirine paralel sürülen bacalar baş yukarı ve/veya baş aşağı ayak içi hazırlık bacaları birleştirilerek ayak içi hazırlanır, ayak içi genişletme hazırlığı tamamlandığında ayak içi teçhizatlarının montajına başlamaktadır. Montaj süresinde iyi organizasyon yapılabilirse vardiyada 2 adet şilt montajı yapılabilmektedir. İşletmenin üretime erken başlayabilmesi için en yakın pano hazırlanır. İlk olarak E panosu hazırlığı yapıp üretime başlayacaktır, akabinde F panosu hazırlanıp E ve F panoları eş zamanlı çalışacaktır işletme dönemi boyunca 2 adet pano çalışacaktır. Galerilerin hazırlık sürecinde hızlı bir ilerleme yapılabilmek için delme patlatma yerine galeri açma makinalarının kullanılması doğru olanıdır. Galerilerinin eğimi, formasyonun türü, kayacın jeomekanik özelliği, su geliri, toz oluşumu bunlar ve daha fazla etken galerinin ilerleme hızını etkilemektedir.

Tahkimat Sisteminin Belirlenmesi

Tavan-taban yollarında kullanılacak tahkimat sisteminin uzun ömürlü olması gerekmektedir. Çok sayıda tahkimat sistemleri bulunur; ağaç tahkimatlar, demir bağ tahkimatlar, kaya saplamaları ve püskürtme beton gibi tahkimatlar uygulanabilmektedir. En çok tercih edilen tahkimat sistemi TH geçme bağlardır. Bunun en önemli özelliği baskılardan belirli bir miktar boyunca direkler ve üst kemer(boyunduruk) birbiri içerisinde kayarak deforme olmadan sönümlenir. Limit kayma noktasından sonra rijit bağ davranışı gösterir. Bozulan bağlar th kalıplarına alınarak prestan geçirilir ve tekrar kullanılabilir. Tamir tarama işlerinde işçiliği kaya saplaması veya püskürme betona göre daha kolaydır.

Th geçme bağ 3 parçadan oluşur. Bunlar; sağ ve sol direkleri ve üst kemer şeklinde sıralanır. Tahkimat bağlantı elemanları ise; direk ve üst kemeri bağlamak için kelepçeler kullanılır. Bağ fırçası; tahkimatlara istikamet vermek ve birbirine bağlantı yapmak için kullanılır. Bağların belirlenen torklarda sıkılması sağlanmalıdır, aksi takdirde, çok sıkılırsa bağlar gelen yüklere bağlı olarak kayma yapmaz rijit tahkimat davranışı yaparak burulma veya yamulma yapar, hızla deforme olur. Bir diğer sorun ise; az sıkılırsa yüklere karşı bir dayanım göstermez, hızla bağ kayar ve limit kayma değerine ulaştığında yine rijit davranış gösterir. Bağlar arasında açıklığı kapatmak için tel hasır ve kama kullanılmaktadır. Bu durumlar göz önüne alındığında th geçme bağın kullanılması daha uygun olacaktır.

3.1.2.1 Taban Yolu Galerilerinin Boyutlandırılması

Boyutlandırılmayı etkileyen bazı parametreler bulunmaktadır. Bunlar;

- 1- Pano için gerekli olan hava miktarına göre kesit yeterli olacak mı?
- 2- Nakliye bandının boyutu
- 3- Monoray naklinin yapılabilmesi için alan
- 4- Enerji nakil ve su atımı pnömotik hava hatlarının boyutlandırılması
- 5- Tali hava için fan tüp bezi boyutu
- 6- Elektrik kablosu ve basınçlı merkez hattı
- 7- Taban yollarında oluşan gerilmelerden dolayı konverjans oranı gibi bazı

parametreleri değerlendirmek gerekmektedir.

3.1.3.2 Ocağa Yayılacak Gaz Miktarı

Kömür sahası arama projesi aşmasındayken yapılan karotlu sondajlardan, sondajlardan elde edilen karotları hem kömür kalınlığı belirlemek hem de gaz içeriğini belirlemek için kullanılabilir. Hatta bu gaz içeriğin haritasının oluşturulması ileride panoları çalışırken hangi panolarda kaç m³ gaz geliri olduğunu bilinerek hava miktarı hesabında kullanılabilir. 2 adet panonun eş zamanlı üretimi için en uzak ve üretim kapasitesi en yüksek panolara göre gerekli hava hesabı yapılmıştır.

Damar içerisinde metan (CH₄) gaz içeriği 1.2 m³/ton olarak kabul edilmektedir.

j Panosu Günlük Üretimi= 7.340 ton

$$Q = \frac{Q_g \times 100}{K_g \times 24 \times 3600} \quad (3.2)$$

Q: Gerekli hava miktarı (m³/sn)

Q_g: Ocak havasına karışan gaz miktarı (m³) (Günlük Üretim (ton) x Damar Gaz İçeriği (m³/ton))

$$Q_g = 7.340 \times 1,2 = 8.808 \text{ m}^3$$

K_g: İzin verilen gaz konsantrasyonu (%)

Maden yönetmeliğinde metan %1,5 olduğunda sistem enerjisi kesilir ve çalışma alanı boşaltılır. Bu sebepten dolayı metan konsantrasyonunu %0,6 olarak kabul edilmiştir.

$$Q = \frac{8.808 \times 100}{0,6 \times 24 \times 3600}$$

Q= 16,98 m³/sn havaya ihtiyaç duyulmaktadır.

K Panosu Günlük Üretimi= 8.222 ton

Q_g: Ocak havasına karışan gaz miktarı (m³) (Günlük Üretim (ton) x Damar Gaz İçeriği (m³/ton))

$$Q_g = 8.222 \times 1,2 = 9.867 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{9.867 \times 100}{0,6 \times 24 \times 3600}$$

Q= 19,03 m³/sn havaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Hava hızı değeri: $Q=A*v$

Q: Gerekli hava miktarı m^3/sn

A: Kesit Alanı m^2 (ayak faydalı kesit alanı $14m^2$)

V: Hava Hızı m/sn

$$19,03=14*v$$

Hava hızı $1,36 m/sn$ yönetmelikte belirtilen hava hızları aralığında olduğu görülmektedir

3.1.3.3 Yayılacak Toz Miktarına Göre Gerekli Hava Miktarı

Tozla mücadele yönetmeliğinde yeraltı madenlerinde toz miktarı sınır maruziyet değeri $2,4 mg/m^3$ olarak belirtilmektedir. Toz maruziyetini belirlemek için Soma eynez havzasında çalışmada olan bir işletmeden kesici yükleyiciden kaynaklanan toz miktarını verisi alınmıştır. Kesiciden kaynaklanan tozun kişisel maruziyet değeri $0,78 mg/m^3$ olarak alınmıştır. Taban yolundan giren hava içerisindeki toz konsantrasyon değeri de $0,42 mg/m^3$ alınmıştır. (Alka, 2019). Kesici yükleyici makinenin kesme derinliği $0,7 m$ olup, günde 3 metre ilerleme yapılacağı öngörülmektedir. Ayrıca, damar kalınlığı $3 m$, ayak uzunluğu da $150m$ 'dir.

$$Q=\frac{Ed}{Cd}*\frac{P}{3600} \quad (3.3)$$

Q: Gerekli hava miktarı (m^3/sn)

Ed: Solunabilir tozun oluşum oranı (mg/ton)

Cd: Solunabilir toz yoğunluğunun konsantrasyonundaki izin verilebilen artış (mg/m^3)

P: Üretim miktarı ($ton/saat$)

Vardiyada üretim miktarı (m^3): $3 m * 0,7m * 150 m = 315m^3$

Ortalama solunabilir toz oluşma oranı: $315m^3 * 0,78 mg/m^3 = 246 mg/ton$ Vardiyada üretim miktarı (ton): $246 m^3 * 1,5 ton/m^3 = 369 ton$

$$P= 369/(8*3600)=0.013ton/s$$

Ortalama solunabilir toz oluşma oranı: $Ed= 0.013*246= 3,20 mg/s$

$$Cd: 2,4-0,42 =1,98 mg/m^3$$

$Q= 3,20/1,98= 1,6 m^3/sn$ ayakta oluşacak tozun istenilen değer düzeyinde tutulması için

hesaplanan hava miktarının geçmesi yeterli olacaktır.

3.1.3.4 Dizel Motorlu Araçlardan Yayılacak Gazın Göre Gerekli Hava Miktarı

Birçok havalandırma planlamacıları dizelle çalışan makinelerin 100kw güç için 6-8 m³/sn hava miktarları kabul edilmiştir. 2 adet 75 kw gücünde makinenin kullanılması ön görülmüştür.

$$\text{Toplam güç} = 75 \times 2 = 150 \text{ kw}$$

$$Q = \frac{q \cdot G}{100} \quad (3.4)$$

Q = Gerekli hava miktarı (m³ /sn)

q = 100 kW güç için gerekli hava miktarı (m³ /sn)

G = Yeraltında çalışacak dizel motorlu araçların toplam gücü (kW)

$$Q = \frac{8 \cdot 150}{100} = 12 \text{ m}^3 / \text{sn}$$

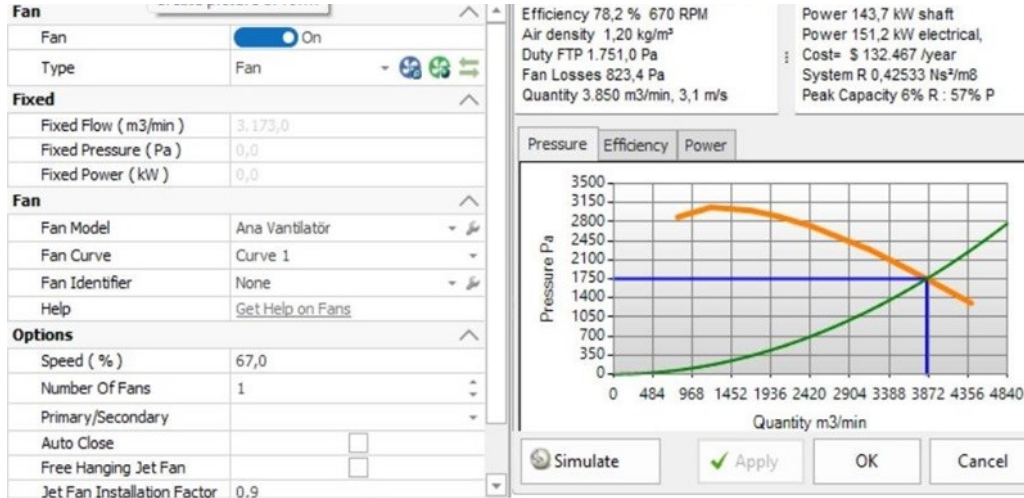
Tablo 3.7 Farklı hesaplama yöntemlerine göre gerekli hava miktarları hesabı

Hesaplama Yöntemi	Hava Miktarı Hesapları (m ³ /sn)
Çalışan Sayısına Göre j panosu	0,5
Çalışan Sayısına Göre k panosu	0,6
Ocak Gazlarına Göre j panosu	16,98
Ocak Gazlarına Göre k panosu	19,03
Yayılacak Toz Miktarına Göre	1,6
Dizel makinelere göre	12
Hazırlık Panosu Galerileri	7,86
Güvenlik kat sayısı (%)	0,25
Toplam Hava Miktarı	(36,01x1,25) + 7,86 = 52,87

Üretim panolarında ve hazırlık panosunda ihtiyaç duyulan hava miktarları hesaplanmıştır. Ventsim havalandırma programına galeri özellikleri, ocak gazlarının özellikleri, gibi veri girişleri yapıldı. Programda yapılan simülasyonun veri analiz sonuçları Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 daki gibidir. Desandreler arasında bir tane acil kaçış irtibatı ve ana nakliye – hava çıkış galerileri arasında iki adet acil kaçış yolları bulunmakta. Bu acil kaçışlardan hava kaçakları oluşmaktadır. Bu sebepten dolayı ocak havası 3.850 m³/dk hava çıkmaktadır.

NETWORK SYSTEM SUMMARY	
Example Coal Mine	
Compressible Airflows	No
Natural Ventilation Pressure	No
Fan Pressure Simulation Type	Total Pressure Method
Stage	1: Shared Stage 1
All Airways	720
Current Stage Airways	640
Current Stage Segments	213
Total length	38.752,1 m
Total airflow intake	12.340 m ³ /min
Total airflow exhaust	12.340 m ³ /min
Total massflow	246,81 kg/s
Mine resistance (excluding duct)	0,04331 Ns ² /m ⁸
Mine resistance (Including duct)	0,05684 Ns ² /m ⁸
POWER SUMMARY	
AIR (friction loss) Power	494,5 kW Total
	7,7 kW Shaft
	369,1 kW Drive
	117,7 kW Vent. Duct

Şekil 3.5 K Üretim panosu ve j hazırlık panosu özet bilgileri



Şekil 3.6 Vantilatör özeti

Tablo 3.8 Havalandırma şebeke verileri

Fan gücü (kW)	151,2
Ayakta hava hızı (m/sn)	1,36
Ocakta hava miktarı (m ³ /dk)	3.850
Toplam galeri uzunluğu (m)	10.057
Ocak basıncı (Pa)	1.751
Ocak direnci (Ns ² /m ⁸)	0,43

Planlaması yapılan panoların havalandırma şebeke analizinde çıkan sonuçlar şu şekilde değerlendirilmektedir; Ana fan için gerekli güç 151,2 kW, ayaktan geçecek havanın hızı 1,36 (m/sn), toplam galeri uzunluğu 38.752 m, ocak için gerekli olan hava miktarı 3.850 (m³/dk) basıncı 1.751 (Pa) ve ocak direnci 0,0425 (Ns²/m⁸)

3.2 Dönümlü, Dilimin Tek Seferde Kazanıldığı, Orta Rekuplu, Arkadan Göçertmeli, Tam Mekanize Ayak Planı Modeli

Bu model çalışması kömür kalınlığı 12 metreden fazla olmayan damarlar için önerilmiştir. Kabuller yapılarak; ölçekli, kurgu bir saha oluşturulmuştur. Bu sahada kömürün damar kalınlığı ortalama 12 m kabul edilmiştir. Kömür damarı; yataya yakın ve 350 m derinlikte olduğu kabul edilmiştir. Kabuller üzerine bu sahada 33.464.416 ton kömür rezervi olduğu hesaplanmıştır.

Literatürden ve saha uygulamalarından elde edilen verilerde, kömür damarının kesim ile göçükten kazınım oranı 1/3 olarak tespit edilmiştir. Düşünülen modelde 3-4 metresi kesici yükleyici makinayla kesimden kazanılırken, damarın geriye kalan kısmı arkadan göçertme yapılarak kazanılmaktadır.

Bu yöntemde taban yolundan ayağı iki parçaya bölecek şekilde bir orta-rekup sürülür. Orta-rekup ayak arının belirli bir bölgesinden irtibatlanır. Ayak içi iki bölgeye ayrılmış olur. Taban yolu ile orta-rekup arasında kalan ayak içi bölgesi alt ayak olarak isimlendirilir.

Alt ayakta kazı L tip taburlu kesici yükleyici makine ile yapılmaktadır. Alt ayağa ait ayna konveyörü (AFC) ve arka konveyör (BSL) ayrı bulunur. Ayak içinde kazısı yapılan kömürün nakliyesi taban yoluna doğru yapılır. Ayak başında bulunan kırıcıdan kırılan kömür taban yolunda bulunan bant konveyör ile yerüstüne nakledilir. Orta-rekup ile tavan yolu arasında kalan ayak içi bölgesi ise üst ayak olarak isimlendirilir. Üst ayakta kazı L tip taburlu kesici yükleyici makine ile yapılmaktadır. Üst ayağa ait ayna konveyörü (AFC) ve arka konveyör (BSL) ayrı bulunur. Ayak içinde kazısı yapılan kömürün nakliyesi tavan yolundan yapılır, ayak başında bulunan kırıcıdan kırılan kömür tavan yolunda bulunan bant konveyör ile

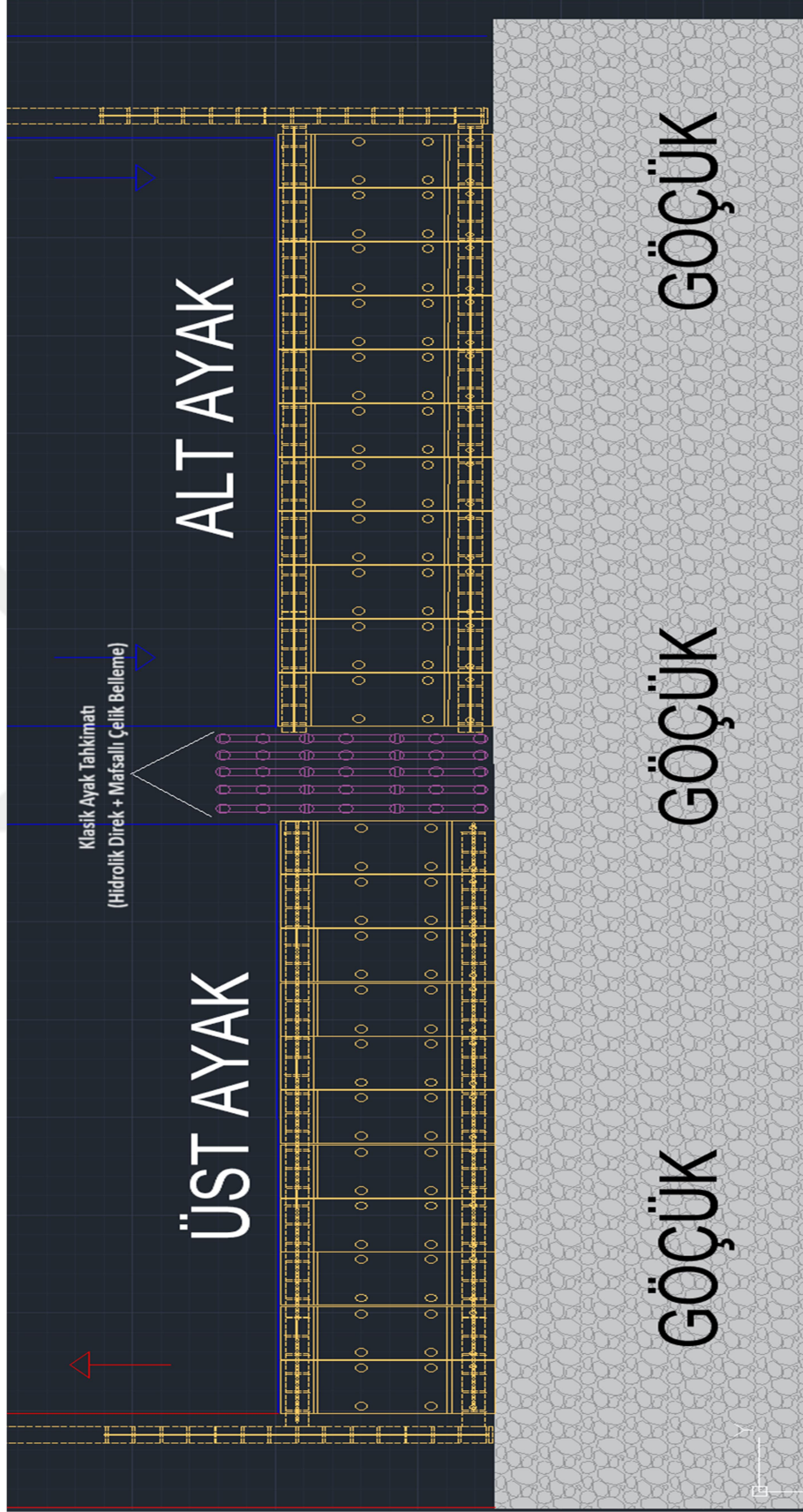
yerüstüne nakledilir. Alt ayağın kuyruğu ile üst ayağın başı yanı orta rekup irtibatı olan kısım klasik ayak tahkimatı olan (hidrolik direk + mafsalı çelik belleme) ile tahkimatı yapılabilmektedir ve iki ayağın ara mesafesi 3 m civarında tutulmaktadır. Ayak içi nakliyenin ikiye bölünmüş olması ve farklı yönlerde taşınmasının en büyük avantajı zincirli konveyör üzerinde fazla yük taşınmayacağından dolayı zincir kopması ve aşınması daha az olacaktır.

Ayakta yaşanan mekaniksel arızalar bazen bir vardiya hatta bazı durumlarda daha uzun sürebilmektedir. Bu gibi arıza durumlarında ayağın biri çalışmazken bu yöntemde diğeri üretime devam edebilmektedir. Anlatılan yöntem planlı bakım onarım çalışmaları içinde uygundur, çünkü en çok sorun mekanik arızaların sonucunda makine ekipmanın devre dışı kalmasına sebep olmaktadır. Yine bu yöntemde ayağın birini belirli periyotlarda durdurarak bakım onarım günleri belirlenebilmektedir.

Üretim açısından avantajları; işlenen ayak uzun tutulabildiğinden panodaki üretim kapasitesi arttırılmış olunur. Ayak boyunun uzun tutulması sonucu fazladan planlanacak olan pano eksiltilmiş olup, bu panolar arasında bırakılan topuk sayısında azalma olur. Topuk sayısındaki azalma kömür kayıplarının önlenmesi, hazırlık kısmında her iki pano için bir adet daha eksik taban-tavan yolu hazırlığı yapılmış olmaktadır.

Havalandırma açısından da oldukça avantajlıdır. Taban yolundan giren hava alt ayağı dolaşırken kalitesi düşmektedir, fakat orta rekuptan giren temiz hava ile ayak içerisindeki hava kalitesi arttırılmış olur. Havayı yönlendirmek için regülatörler kullanılmaktadır. Taban yolundan nakledilen kömür ana nakliyeye bağlanması için taban yolu ile hava çıkışa nakliyat irtibat galerisi sürülmektedir. Buradan havanın kısa devre yapmasını engellenmek için hava kapısı(regülatör) kullanılmaktadır. Orta rekup ile taban yolundan giren temiz havanın doğru yönlendirilmesi için orta rekuba regülatör konulmaktadır. Taban yolunda veya alt ayakta yaşanılacak; kesitte daralma, göçük gibi durumlarda ayağın veyahut taban yolunun tamamen kapanması durumunda çalışanları tali etmek için de kullanılmaktadır. Faydalı kesitin azalması durumunda oluşan dirençler emici tip olan ana fanın fazla güç çekmesine neden olacağından havalandırma maliyeti artar. Orta rekubun olması nedeniyle faydalı kesit artmış olur.

Dezavantajları ise; panoda çalışması için iki adet kesici yükleyici makinanın maliyeti, tavan taban yolu bölgesine kurulacak iki adet nakliye sisteminin kurulma maliyetleri, ayak içi makine ekipman maliyetleri, çalışan sayısının artması ve organizasyonu gibi durumlardır. Ayak üzerinde oluşan gerilmelerin en fazla olduğu nokta; ayak girişi ile rekup kısmında kalan köşe bölgedir. Orta rekupta iki adet köşe bölge olduğundan dolayı kesitlerdeki daralmalar fazla olmaktadır ve tamir tarama maliyetlerini arttırmaktadır.



Şekil 3.8 Alt ayak + üst ayak uygulamasının plan görünüşü (ölçeksiz)

3.2.1 Üretim Kapasitesi ve Panonun Ömrünün Hesaplanması

Tablo 3.9 Planlanan pano verisi

PANO ADI	AYAK ADLARI	AYAK UZUNLUĞU (m)	PANO UZUNLUĞU (m)	KÖMÜR KALINLIĞI (m)	KÖMÜR YOĞUNLUĞU (t/m ³)	REZERV (ton)
A	A1	150	803	12	1,6	2.312.640
	A2	150	803	12	1,6	2.312.640
B	B1	150	780	12	1,6	2.246.400
	B2	150	780	12	1,6	2.246.400
C	C1	150	750	12	1,6	2.160.000
	C2	150	750	12	1,6	2.160.000
D	D1	150	840	12	1,6	2.419.200
	D2	150	840	12	1,6	2.419.200
E	E1	150	930	12	1,6	2.678.400
	E2	150	930	12	1,6	2.678.400
F	F1	186	980	12	1,6	3.499.776
	F2	186	980	12	1,6	3.499.776
TOPLAM						30.632.832

Örnek sahada planlanan pano tasarımların da farklı uzunluklara sahip 6 adet pano tasarlanmıştır. İlk 5 panonun ayaklarının uzunlukları 300 metre belirlenmiş olup F isimli panonun ayaklarının uzunluğu 372 metredir. 6 panoda farklı miktarlarda kömür bulunmakta ve toplam 30.632.832 ton rezerv bulunmaktadır.

Tablo 3.10 Alt ayak için kesici yükleyici efektif çalışma süresi

Alt Ayak Uzunluğu (m)	150
Tambur Çapı (m)	1,5
Kesme Derinliği (m)	0,7
Ort. Kesim Hızı (m/sn)	2,5
Yeni Have Geçiş Süresi (dk)	60
Tavan Kömürü Kalınlığı (m)	9
Ort. Yoğunluk (t/m ³)	1,5
Günlük Efektif Çalışma Süresi (dk)	16*60=960
Günlük Efektif Makina Çalışma Süresi (dk)	%55 (0,55*960) =528

Eğer alt ayak ile üst ayak uzunlukları eşit veya yakın tutulmaz ise kısa ayak daha hızlı ilerleyeceğinden diğer ayağa fark açar. Orta rekup da ayakların kuyrukları da birlikte hareket etmesi gerektiğinden bir ayağın kuyruğu diğerinin önüne geçemez, geçmesi halinde havalandırmada sorunlar yaşanabilmektedir.

Kesici yükleyici makina ile bir have kazıda geçen süre;

Kesici yükleyici makina ile bir have kazıda geçen süre (dk) = Ayak uzunluğu / kesim hızı

1 kesimde gerekli toplam süre (dk) = (Kesici yükleyici makina ile bir have kazıda geçen süre)
+ (Yeni haveye geçiş- manevra süresi)

Günlük kesim sayısı = Günlük efektif kesim süresi / 1 kesimde gerekli toplam süre (dk)

Günlük ilerleme (metre) = Günlük kesim sayısı * kesme derinliği

Günlük üretim kapasitesi (ton) = ayak uzunluğu * damar kalınlığı* Günlük ilerleme * kömür yoğunluğu

E Panosu İçin Çözüm:

Kesici yükleyici makina ile bir have kazıda geçen süre= $150/2,5 = 60 dk$

1 kesimde gerekli toplam süre (dk)= $60+60=120dk$

Günlük kesim sayısı = $528/120=4,4$ adet

Günlük ilerleme (metre)= $4,4*0,7=3,1m$

Kesimden üretilen kömür miktarı= $3,1*150*3*1,5= 2.093$ ton

Göçerterek üretilen kömür miktarı= $3,1*150*9*1,5*0,8= 5.022$ ton

Günlük üretim kapasitesi (ton) = 7.115 ton

Aynı kapasitede 2 ayak olduğundan dolayı günlük üretim= $7.115*2= 14.230$ ton

Pano ömrü (ay)= (pano uzunluğu/günlük ilerleme) /30

Pano ömrü (ay)= $(930/3,1) /30 = 10$ ay

F Panosu İçin Çözüm:

Kesici yükleyici makina ile bir have kazıda geçen süre= $186/2,5 = 75 dk$

1 kesimde gerekli toplam süre (dk)= $75+60=135dk$

Günlük kesim sayısı = $528/135=3,9$ adet

Günlük ilerleme (metre)= $3,9*0,7=2,7m$

Kesimden üretilen kömür miktarı= $2,7*186*3*1,5= 2.410$ ton

Göçerterek üretilen kömür miktarı= $2,7*186*9*1,6*0,8= 5.785$ ton

Günlük üretim kapasitesi (ton) = 8.195 ton

Aynı kapasitede 2 ayak olduğundan dolayı günlük üretim= $8.195 *2= 16.390$ ton

Pano ömrü (ay)= (pano uzunluğu/günlük ilerleme) /30

Pano ömrü (ay)= $(980/2,7) /30 = 12$ ay

Üretilen kömürün 3 metresi kesici yükleyici ile arından kazılacaktır ve buna bağlı olarak panolardan ne kadar üretileceği aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 3.11 Kesici ile kazılarak yapılarak kazanılan kömür miktarı

KESİCİ İLE KAZILARAK YAPILARAK KAZANILAN KÖMÜR MİKTARI						
PANO ADI	AYAKLARIN ADI	AYAK UZUNLUĞU	PANO UZUNLUĞU (m)	KESİM ARINI YÜKSEKLİĞİ (m)	KÖMÜR YOGUNLUĞU (t/m ³)	İŞLETİLEBİLİR REZERV (ton)
A	A1	150	803	3	1,6	578.160
	A2	150	803	3	1,6	578.160
B	B1	150	780	3	1,6	561.600
	B2	150	780	3	1,6	561.600
C	C1	150	750	3	1,6	540.000
	C2	150	750	3	1,6	540.000
D	D1	150	840	3	1,6	604.800
	D2	150	840	3	1,6	604.800
E	E1	150	930	3	1,6	669.600
	E2	150	930	3	1,6	669.600
F	F1	186	980	3	1,6	874.944
	F2	186	980	3	1,6	874.944
TOPLAM						8.658.208

Kömür damarının 9 metresi tavandan göçertme ile kazanılacaktır, fakat tavan kömürünü %100 verimle kazanmak mümkün görünmemektedir. Tavan kömürünün kazanımıyla alakalı yapılan hem bilimsel çalışmalarda hem de sahalardan edinilen verilerden %70 ila %85 verimle kömür kazanılmaktadır. Bu çalışmada tavan kömürü kazanım oranı %80 olarak kabul edilmiştir.

Tablo 3.12 Tavandan göçertme yapılarak kazanılan kömür miktarı (verim %80)

TAVANDAN GÖÇERTME YAPILARAK KAZANILAN KÖMÜR MİKTARI (VERİM%80)						
PANO ADI	AYAKLARIN ADI	AYAK UZUNLUĞU	PANO UZUNLUĞU (m)	TAVAN KÖMÜRÜ KALINLIĞI (m)	KÖMÜR YOGUNLUĞU (t/m ³)	İŞLETİLEBİLİR REZERV (ton)
A	A1	150	803	9	1,6	1.387.584
	A2	150	803	9	1,6	1.387.584
B	B1	150	780	9	1,6	1.347.840
	B2	150	780	9	1,6	1.347.840
C	C1	150	750	9	1,6	1.296.000
	C2	150	750	9	1,6	1.296.000
D	D1	150	840	9	1,6	1.451.520
	D2	150	840	9	1,6	1.451.520
E	E1	150	930	9	1,6	1.607.040
	E2	150	930	9	1,6	1.607.040
F	F1	186	980	9	1,6	2.099.866
	F2	186	980	9	1,6	2.099.866
TOPLAM						18.379.699

Bu pano verilerine dayanarak panolardan üretilmesi hedeflenen net işletilebilir kömür miktarı 27.037.907 ton olarak hesaplanmıştır.

Panoların Ömürleri

Planlanan panoların işletme ömürleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.13 Pano ömürleri tablosu

PANO ÖMÜRLERİ			
PANO ADI	PANO UZUNLUĞU (m)	GÜNLÜK İLERLEME	PANO ÖMRÜ (AYLIK)
A	803	3	9
B	780	3	9
C	750	3	8
D	840	3	9
E	930	3	10
F	980	2,6	13
TOPLAM			

3.2.2 Hazırlık Aşaması

Ana nakliye ve ana havalandırma galerilerinde hazırlık süreci tamamlandıktan sonra damar içi hazırlık süreci başlamaktadır. Damar içi hazırlıkta tavan taban yolu galerileri (bacalar) sürülür. Kömür içerisinde birbirine paralel sürülen bacalar baş yukarı ve/veya baş aşağı ayak içi hazırlık bacaları birleştirilerek ayak içi hazırlanır. Ayak içi genişletme hazırlığı tamamlandığında ayak içi teçhizatların montajı başlamaktadır. Montaj süresinde iyi organizasyon yapılabilirse vardiyada 2 adet şilt montajı yapılabilmektedir. İşletmenin üretime erken başlayabilmesi için en yakın pano hazırlanır. İlk olarak C panosu hazırlığı yapıp üretime başlayacaktır, sonra D panosu hazırlanıp çalışacaktır. Galerilerin hazırlık sürecinde hızlı bir ilerleme yapılabilmesi için delme patlatma yerine galeri açma makinalarının kullanılması doğru olacaktır. Galerilerinin eğimi, formasyonun türü, kayacın jeomekanik özelliği, su geliri, toz oluşumu bunlar ve daha fazla etken galerinin ilerleme hızını etkilemektedir. Tahkimat olarak Th geçme bağlar kullanılacaktır.

3.2.3.1 Çalışan Sayısına Göre Gerekli Hava Miktarı

Havalandırma hesabı yapılırken bir çalışanın ihtiyacı olan hava miktarı 0,6 m³/dk olarak belirlenmektedir.

$$Q=n*0,6 \quad (3.5)$$

n= çalışsan sayısı

Alt üst ayak uygulamasında iş organizasyonu zor ve kalabalık olmaktadır. 300 m ayak için, taban-tavan yolu ve orta rekup dahil toplan 80-90 çalışan olmaktadır. 90 çalışan kabul edilmiştir.

$$Q=90*0,6 = 54 \text{ m}^3/\text{dk} = 0,9 \text{ m}^3/\text{sn} \text{ havaya ihtiyaç duyulmaktadır.}$$

3.2.3.2 Ocağa Yayılacak Gaz Miktarı

Karotlu sondaj çalışmasında sondajlardan alınan numunelerin bir kısmı gaz içeriğinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Hatta bu gaz içeriğinin haritasının oluşturulması ileride panoları çalışırken hangi panolarda kaç m³ gaz geliri olduğunu bilinerek hava miktarı hesabında kullanılabilir. Bu ayak uygulamasında alt ayaktan geçen hava bir miktar kirlenecektir, aynı zamanda orta rekuptan temiz havada gelmektedir. En uzak ve üretim kapasitesi en yüksek olan F panosu baz alınarak fan seçimi yapılacaktır. F1 ayaktan çıkan havanın metan oranı %0,6 den daha az kabul edilecektir.

F1 Ayak İçin Hesap

Damar içerisinde metan (CH₄) gaz içeriği 1.2 m³/ton olarak kabul edilmektedir.

Günlük Üretim= 8.195 (ton)

$$Q = \frac{Q_g \times 100}{K_g \times 24 \times 360} \quad (3.6)$$

Q: Gerekli hava miktarı (m³/sn)

Q_g: Ocak havasına karışan gaz miktarı (m³) (Günlük Üretim (ton) x Damar Gaz İçeriği (m³/ton))

$$Q_g = 8.195 \times 1,2 = 9.834 \text{ m}^3$$

K_g: İzin verilen gaz konsantrasyonu (%)

Maden yönetmeliğinde metan %1,5 olduğunda sistem enerjisi kesilir ve çalışma alanı boşaltılır. Bu sebepten dolayı metan konsantrasyonunu % 0,6 olarak kabul edilmiştir.

$$Q = \frac{9.834 \times 100}{06 \times 24 \times 360}$$

Q= 18,97 m³/sn havaya ihtiyaç duyulmaktadır.

F2 Ayak İçin Gerekli Hava Miktarı

Damar içerisinde metan (CH₄) gaz içeriği 1.2 m³/ton olarak kabul edilmektedir.

Günlük Üretim toplam= 8.195 (ton)

$$Q = \frac{Q_g}{K_g - X_o} \quad (3.7)$$

Q: Gerekli hava miktarı (m³/sn)

X_o: Giriş havasında o gazın konsantrasi (%)

Q_g: Ocak havasına karışan gaz miktarı (m³) (Günlük Üretim (ton) x Damar Gaz İçeriği (m³/ton))

$$Q_g = 8.195 \times 1,2 = 9.834 \text{ m}^3$$

K_g: İzin verilen gaz konsantrasyonu (%)

Maden yönetmeliğinde metan %1,5 olduğunda sistem enerjisi kesilir ve çalışma alanı boşaltılır. Bu sebepten dolayı metan konsantrasyonunu %1 olarak kabul edilmiştir.

$$Q = \frac{9834}{(0,01 - 0,006) \times 24 \times 3600} - \frac{9834}{24 \times 3600}$$

F2 ayak için 28,34 m³/sn hava girmesi gerekmektedir. Bu hava miktarının 18,97 m³/sn taban yolundan girmektedir. Orta rekuptan 9,37 m³/sn

Hava hızı değeri: Q=A*v

Q: Gerekli hava miktarı m³/sn

A: Kesit Alanı m² (galeri faydalı kesit alanı 14m²)

V: Hava Hızı m/sn

$$28,34 = 14 * v$$

Hava hızı 2,02 m/sn yönetmelikte belirtilen hava hızları aralığında olduğu görülmektedir.

3.2.4.3 Yayılacak Toz Miktarına Göre Gerekli Hava Miktarı

Tozla mücadele yönetmeliğinde yeraltı madenlerinde toz miktarı sınır maruziyet değeri 2,4 mg/m³ olarak belirtilmektedir. Toz maruziyetini belirlemek için Soma eynez havzasında çalışmada olan bir işletmeden kesici yükleyiciden kaynaklanan toz miktarın verisi alınmıştır. Kesiciden kaynaklanan tozun kişisel maruziyet değeri 0.78 mg/m³ olarak alınmıştır. Taban yolundan giren hava içerisindeki toz konsantrasyon değeri de 0.42 mg/m³ alınmıştır. (Alka, 2019). Kesici yükleyici makinenin kesme derinliği 0.7 m olup, günde 3,1 metre ilerleme yapılacağı öngörülmektedir. Ayrıca, kesim yüksekliği 3 m, ayakların toplam uzunluğu da 300 m'dir

$$Q = \frac{Ed * P}{Cd * 3600} \quad (3.8)$$

Q: Gerekli hava miktarı (m³/sn)

Ed: Solunabilir tozun oluşum oranı (mg/ton)

Cd: Solunabilir toz yoğunluğunun konsantrasyonundaki izin verilebilen artış (mg/m³)

P: Üretim miktarı (ton/saat)

Vardiyada üretim miktarı (m³): 3 m * 0,7m * 300 m = 630 m³

Ortalama solunabilir toz oluşma oranı: 630 m³ * 0.78 mg/m³ = 492mg

Vardiyada üretim miktarı (ton): 630 m³ * 1.5 ton/m³ = 945 ton

P = 945 / (8 * 3600) = 0.033 ton/s

Ortalama solunabilir toz oluşma oranı: Ed = 0.033 * 492 = 16,24mg/s

Cd: 2,4 - 0,42 = 1,98 mg/m³

Q = 16,24 / 1,98 = 8,3 m³/sn ayakta oluşacak tozun istenilen değer düzeyinde tutulması için hesaplanan hava miktarının geçmesi yeterli olacaktır.

3.2.4.4 Dizel Motorlu Araçlardan Yayılacak Gazın Göre Gerekli Hava Miktarı

Birçok havalandırma planlamacıları dizelle çalışan makinaların 100kw güç için 6-8 m³/sn hava miktarlarını kabul edilmiştir. 2 adet 75 kw gücünde makinanın kullanılması ön görülmüştür.

Toplam güç = 2 * 75 = 150 kw

$$Q = \frac{q \cdot G}{100} \quad (3.9)$$

Q = Gerekli hava miktarı (m³ /sn)

q = 100 kW güç için gerekli hava miktarı (m³ /sn)

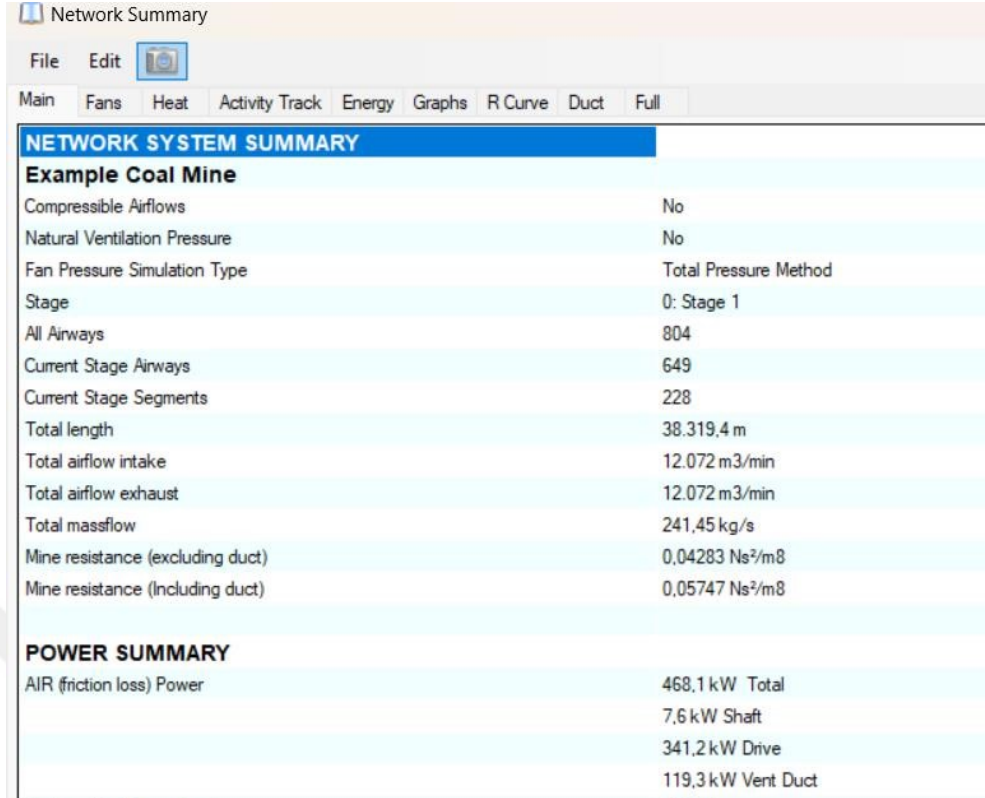
G = Yeraltında çalışacak dizel motorlu araçların toplam gücü (kW)

$$Q = \frac{8 \cdot 150}{100} = 12 \text{ m}^3 / \text{sn}$$

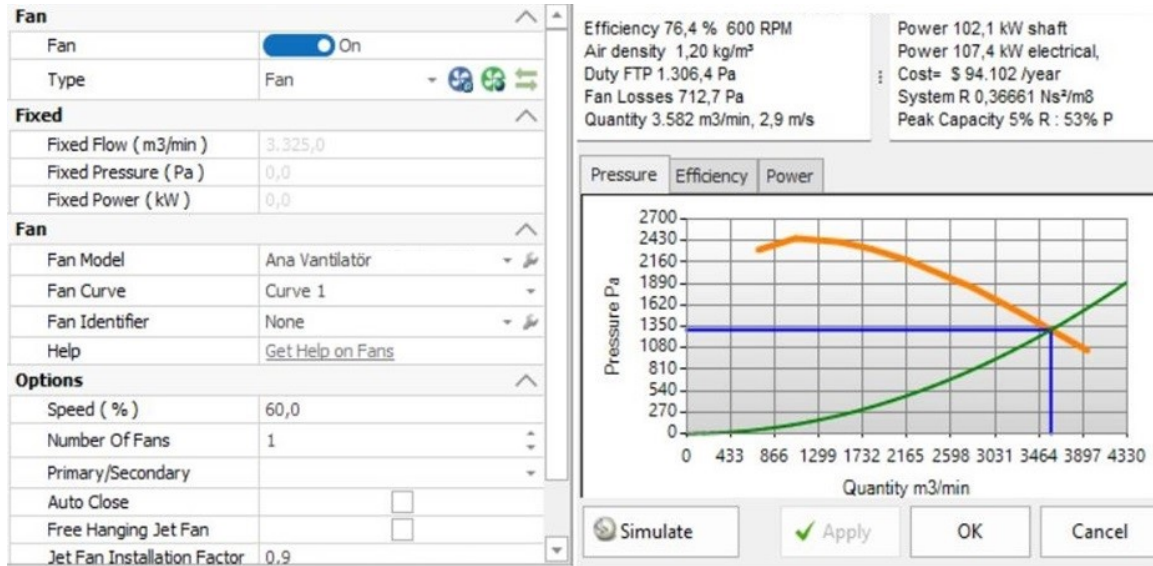
Tablo 3.15 Farklı hesaplama yöntemlerine göre gerekli hava miktarları hesabı

Hesaplama Yöntemi	Hava Miktarı Hesapları (m ³ /sn)
Çalışan Sayısına Göre	0,9
Ocak Gazlarına Göre	28,34
Yayılacak Toz Miktarına Göre	8,3
Dizel makinelere göre	12
Hazırlık Panosu Galerileri	7,86
Güvenlik kat sayısı (%)	0,25
Toplam Hava Miktarı	(28,34x1,25)+7,86=43,29

Üretim panolarında ve hazırlık panosunda ihtiyaç duyulan hava miktarları hesaplanmıştır. Ventsim havalandırma programına galeri özellikleri, ocak gazlarının özellikleri, gibi veri girişleri yapıldı. Programda yapılan simülasyonun veri analiz sonuçları şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de ki gibidir. Desandrelar arasında bir tane acil kaçış irtibatı ve ana nakliye – hava çıkış galerileri arasında iki adet acil kaçış yolları bulunmakta. Bu acil kaçışlardan hava kaçakları oluşmaktadır. Bu sebepten dolayı ocak havası 3.582 m³/dk hava çıkmaktadır.



Şekil 3.10 F Üretim panosu özet bilgileri



Şekil 3.11 Vantilatör özeti

Tablo 3.16 Havalandırma Şebeke Verileri

Fan gücü (kW)	107,4
Ayakta hava hızı (m/sn)	2,02
Ocakta hava miktarı (m ³ /dk)	3.582
Toplam galeri uzunluğu (m)	9.625
Ocak basıncı (Pa)	1.306,4
Ocak direnci (Ns ² /m ⁸)	0,37

Planlaması yapılan panoların havalandırma şebeke analizinde çıkan sonuçlar şu şekilde değerlendirilmektedir; Ana fan için gerekli güç 107,4 kW, ayaktan geçecek havanın hızı 2,02 (m/sn), toplam galeri uzunluğu 38.319 m, ocak için gerekli olan hava miktarı 3.582 (m³/dk) basıncı 1.306,4 (Pa) ve ocak direnci 0,37 (Ns²/m⁸)



BÖLÜM DÖRT

SAHADA UYGULAMASININ ARAŞTIRILMASI

4.1 Soma – Eynez Havzası İçin Uygulama Önerisi

Bu bölümde alternatif olarak tasarlanan planlardan 2. Plan olan dönümlü, dilimin tek seferde kazanıldığı, orta rekuplu, arkadan göçertmeli, tam mekanize ayak uygulamasının Soma havzasının jeolojik ve kömür yapısı değerlendirilerek uygulama önerisi sunulmaktadır.

4.2 Bölgenin Jeolojisi

4.2.1 Stratigrafi

Soma havzasında kömürlü neojen formasyonlarının temelini zamana (peleozoyik) ait grovak ve ikinci zaman (mesozoyik) ait kireç taşı birimleri oluşturmuştur. (E.L.İ,2019)

Grovak birimi – Genellikle kum taşlarından ibarettir. Kum taşları kahverengimsi-gri renkli, ince taneli, sıkı çimentolu sert grovak bileşimindedir. Kum taşlarının arasında yer yer şistozite gösteren deformasyona uğramış bazı hallerde ise killi şist özelliğindeki kil seviyeleri ile kireç taşı mercekleri ve çatlak zonları boyunca silisleşme de görülebilir.

Kireçtaşı Birimi-Gri-Koyu gri renkli rekrystalize, mikrokristalin yer yer afanitik görünümündedirler. Kireçtaşları çatlaklı bir yapıda olup, genellikle çatlaklarda kalsit dolguları yer alır.

Neojen Formasyonları- Paleozoyik ve mezozoyik yaşlı temel kayaların üzerine neojen formasyonları diskordansla gelir. Neojen'e ait miosen serileri 'M', pliyosen serileri 'P' rumuzu ile gösterilmektedir. (E.L.İ,2019)

'M 1- “Miyosen yaşlı kayaçların tabanında yer alır. En altta temele ait iri blok, çakıl ve killer üst kısımlara doğru kil-kum-kumtaşları en üst kısımlarda ise yeşilimsi plastik özellikteki kill seviyesi egemendir.” (E.L.İ,2019)

'KM 1-2-Kömür Damarı – “M 1 formasyonu tavanda dereceli olarak KM 1-2 kömür damarına geçiş gösterir. Tüm Soma Havzasında işletilebilir rezervin büyük bir kısmını işletilen kömürün tamamını oluşturan ana damardır.” (E.L.İ,2019)

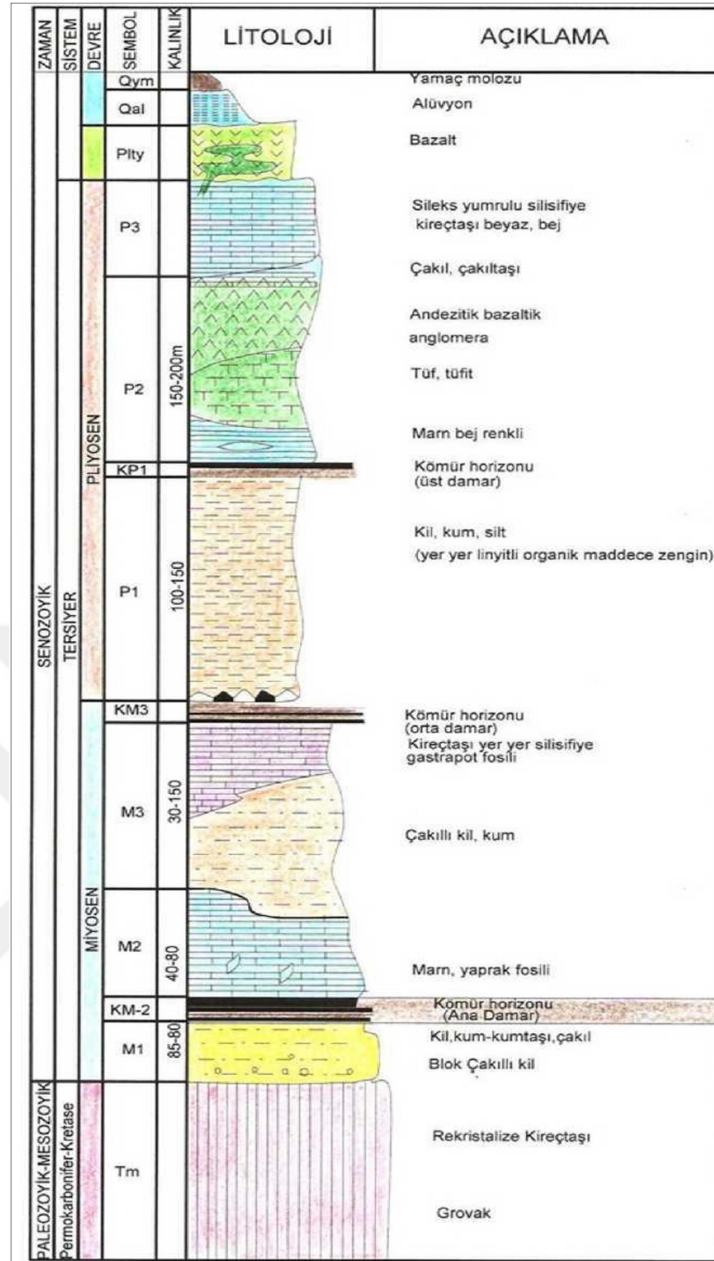
Ana Damar KM 1-2 – “Damar tabanda Linyit izli kil, Linyit’li kil özelliği taşımasına rağmen tavana doğru sert, parlak siyah, kırılğan, yüksek kalorili Linyit damarı şeklinde görülür.” (E.L.İ,2019)

M 2 Formasyonu- *Litoloji genel olarak marndır. Bunun yanı sıra kireçtaşı bantları ve marn-kireçtaşı arasındaki geçiş birimlerini gözlemek olasıdır. Marn orta sertlikte(basma mukavemeti=compressive 800 kg./cm 2) mavimsi gri renkli olup, bol miktarda yaprak ve kamyş fosili içerir. Çok iyi tabakalanma gösterir, tabakalar laminadan 1- 2 m. kalınlığa kadar erişebilir.* (E.L.İ,2019)

M 3 Kireçtaşı - *M 2 formasyonu dereceli olarak M 3 formasyonuna geçiş gösterir. Ara düzeyde havza genelinde gözlenebilen 1- 2 m. kaşınlıkta iyi tabakalanmış bol lamellibrans fosilli killi kireçtaşı seviyesi yer alır.*

M 3 formasyonuna ait kireçtaşları sert (basma mukavemeti=compressive strength 1200kg/cm 2) bej renkli, bol çatlaklıdır. Çatlaklarda kalsit dolguları ve yer yer irileşmiş kalsit kristalleri gözlenebilir. Bazı düzeylerde bol miktarda düzlem ve eksen sarılımlı gastraport fosili içerirler.

Kireçtaşları içerisinde bazı hallerde oldukça önemli kalınlıklara erişebilen yanıl geçişli kil düzeyi gözlenir. Killer plastik, yeşilimsi-gri alacalı renkli olup, yer yer çakılıdır. (E.L.İ,2019)



Şekil 4.1 Soma Yöresine Ait Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesit (Nebert, 1978)

4.2.2 Volkanizma:

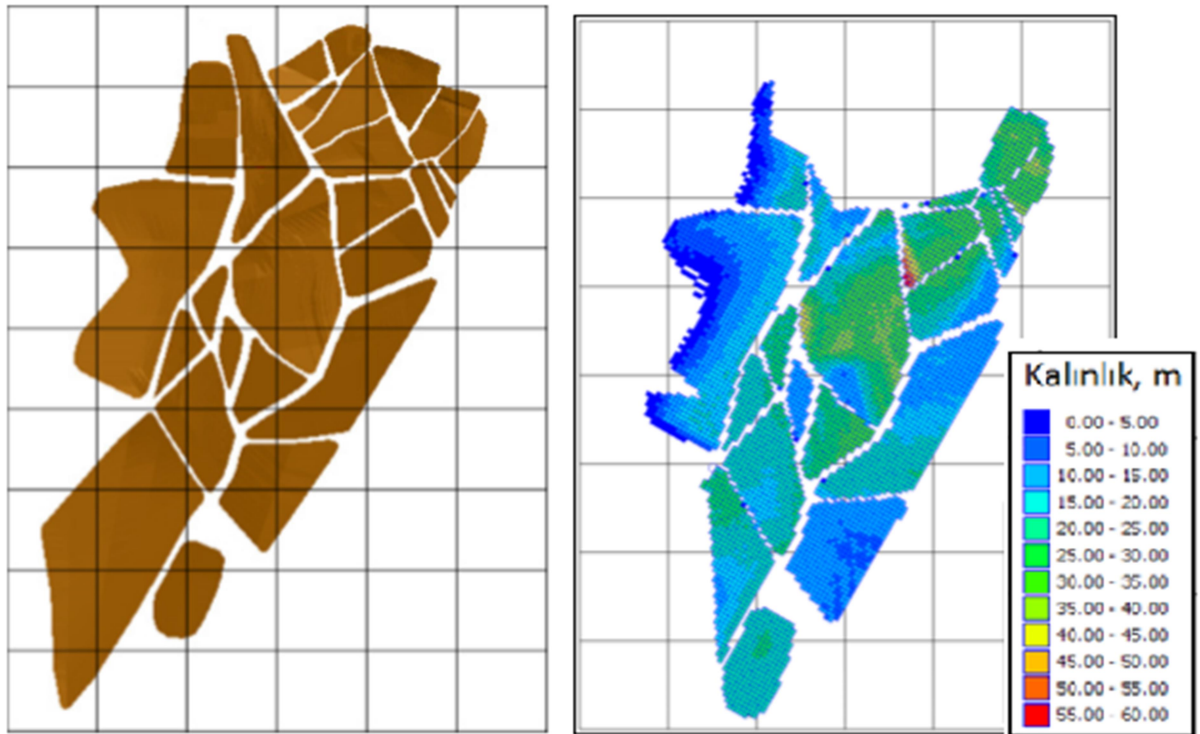
Soma havzasında tespit edilen volkanizmaların ilki miosen sonrasına rastlar. Andezit ve bazalt olarak gözlenen bu volkanizma miosen serilerini keserek yükselir. Yan kayaçları ile yer yer kontakt metamorfizması oluşturan volkanizma havzanın muhtelif yerlerinde gözlenebilmektedir. Havzadaki ikinci önemli volkanizma neojen sonrası volkanizma olup, pleistosen volkanizması olarak adlandırılır. Pleistosen volkanizması ile havzada yer yer görülen andezit, bazalt, tüf ve aglomeralar oluşmuştur. Kömürlü formasyonları kesip çıkan bu volkanizmalar kömürü tahribata uğratmıştır. (E.L.İ,2019)

4.2.3 Tektonizma:

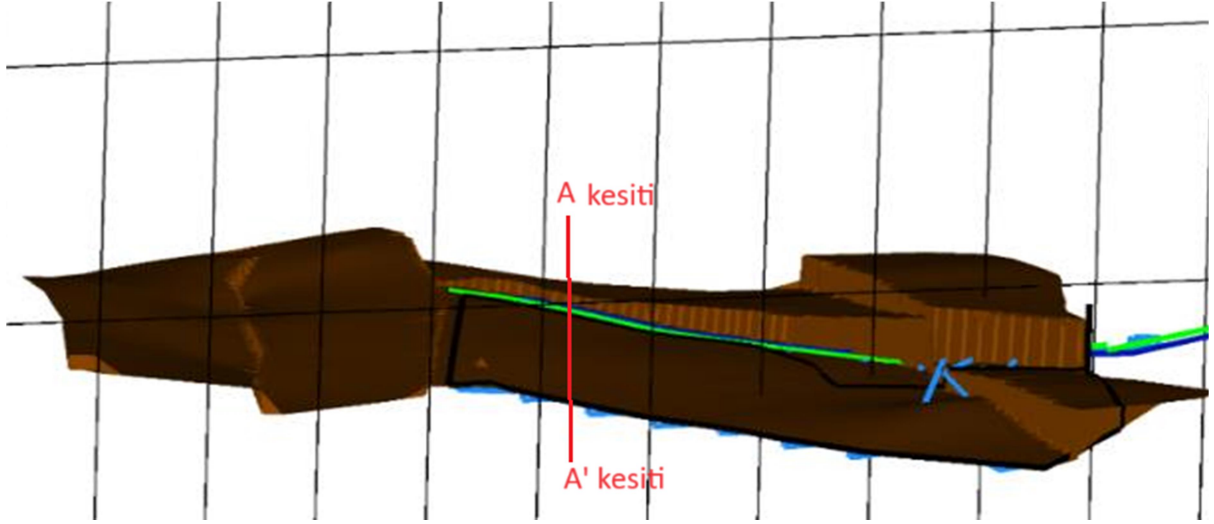
Havzada miosen öncesinde alporojenezinin son safhalarında tektonik faaliyet sonucu pek çok fay oluşmuştur. Miosen öncesi oluşan bu faylanmalar neojendeki sedimantasyon esnasında da aktivitesini sürdürürler. Fayların teşekkülü ile sedimantasyon başlangıcı arasındaki zaman farkı küçük olduğunda alterasyon vasıtasıyla röyülef farkı eşitlenmemiştir.

Soma havzası genel olarak orta Bakırçay grabeni kuzeyde deniz sahası ve güneyde Kısırakdere Işıklar ve Eynez sahası olarak üç kısma ayırmak mümkündür. Bu üç blokta büyük ölçüde faydalanmalar mevcuttur. Büyük fayların atımın yer yer 100 m'ye ulaşmaktadır. Bunun yanında irili ufaklı çok sayıda normal faylarda mevcuttur. Havzada iki yerde de ters fay (bindirme) tespit edilmiştir. Sahada çok sayıda faylanma olmasına rağmen kıvrımlanmalar (antiklinal ve senklinal) fazla değildir. Sahada yer yer kuvvetlenmeler görülmektedir. Tabaka eğimleri genel olarak güneybatı yönünde olmasına rağmen bunun aksine eğimlerde görülmektedir. Linyit damarı genel olarak 20 0 dolayında bir eğime sahiptir. Bunun yanında yer yer 50 0 ye varan eğimlerde tespit edilmiştir. (E.L.İ,2019)

Bölgedeki tektonik faaliyetlerin sonucunda üç bloklara ayrılan yataktan Şekil 4.1'de Eynez sahasında oluşan çok sayıda faylarla ayrılması sonucu oluşmuş bloklar görülmektedir.

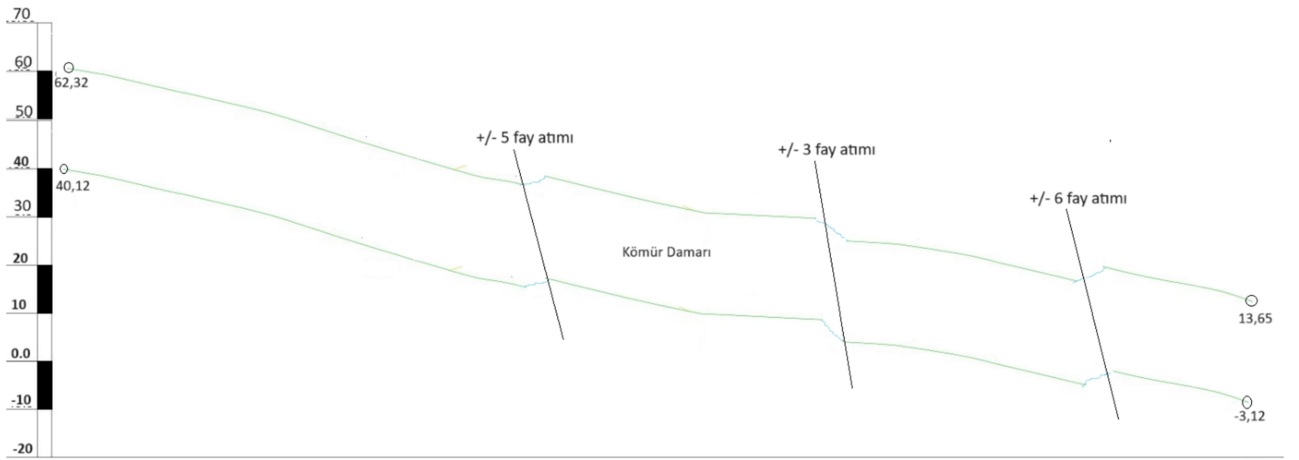


Şekil 4.2 Eynez Sahasında Faylarla Ayrılmış Blokların Plan Görüntüsü ve Damar Kalınlıkları (Tercan Vd, 2011)



Şekil 4.3 Soma- Eynez Havzasından Kömür Blok Modeli (kesitlenmiş) (Yılmaz, 2022)

Havza kömüründen örnek bir A-A' kesit alındığında genel olarak fay atımlarını ve kömürün kalıgın ve yatımı şekil 4.3'te olduğu gibi görünmektedir.



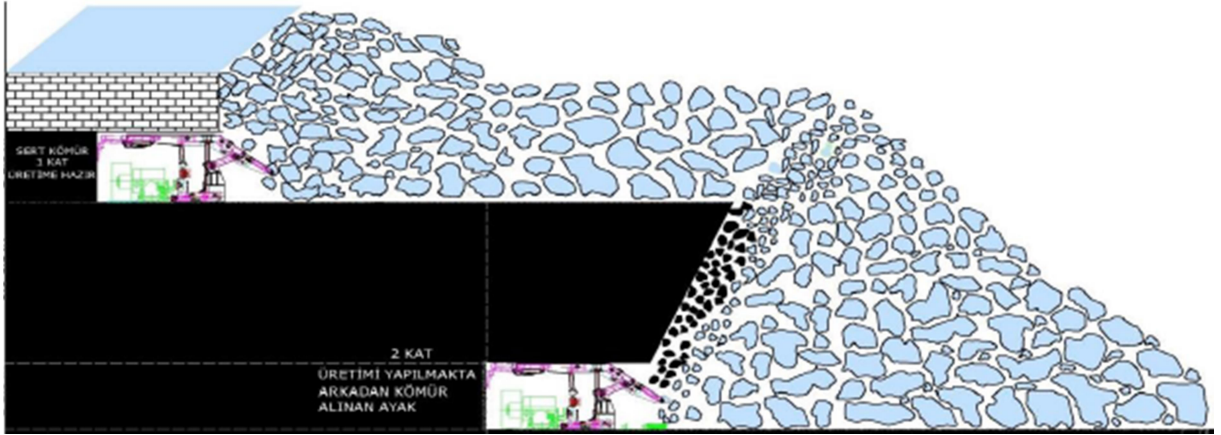
Şekil 4.4 Kömür Damarının A-A' Kesiti

4.3 Üretim Yöntemi

Soma havzasında çalışmakta olan firmaların uyguladığı üretim yöntemi; dönümlü, arkadan göçertmeli, katlı, tam mekanize uzunayak uygulanmaktadır. Saha da kömür kalınlıkları faylanmalar nedeniyle yer yer değişkenlik göstermektedir. Kalınlığın fazla olduğu yerlerde 2 katlı uygulama yapılırken 12-15 metrelerde olan yerlerde tek katlı uzun ayak uygulanmaktadır.

Bu yöntemin uygulanmasının esas amacı Soma havzasının kömürünün yanmaya yatkın özellikte olmasından kaynaklanmaktadır. Kömür damarına tek seferde girip damarı dilimlere ayırarak eş zamanlı olarak üretilen kendiliğinden yanma yaşanmadan güvenli şekilde üretimi sağlanmaktadır. Taban kömürü kalorisiz düşük metan oranı tavan kömürüne göre fazladır. Taban kömüründe uzun bacanın ilerlemesi istenilmeyen bir konudur çünkü metan geliri nedeniyle daha fazla havaya ihtiyat duyulmaktadır, bu nedenden dolayı da bu yöntem tercih edilmektedir.

Bir diğer konu ise kömürün jeomekanik özelliklerinin zayıf olması ve faylarında etkisiyle baskıların fazla olmasına neden olmaktadır. Bu yöntemle tavan taşı ile tavan kömürü kontakta sürülen tavan- taban yollarından taban ayağı (2. Kat) baş-aşağı galeri ilerlemesi yapılır, taban ayak ilerlediğinde yaklaşık 200-300 metre geriden başka bir baca sürülerek 2. Kat alt tavan yolu birleştirilerek baskılardan belirli oranda kaçılmış olur.



Şekil 4.5 Kalın Damarlarda Uygulanan Yöntemi

4.4 Planlamanın Yapılması

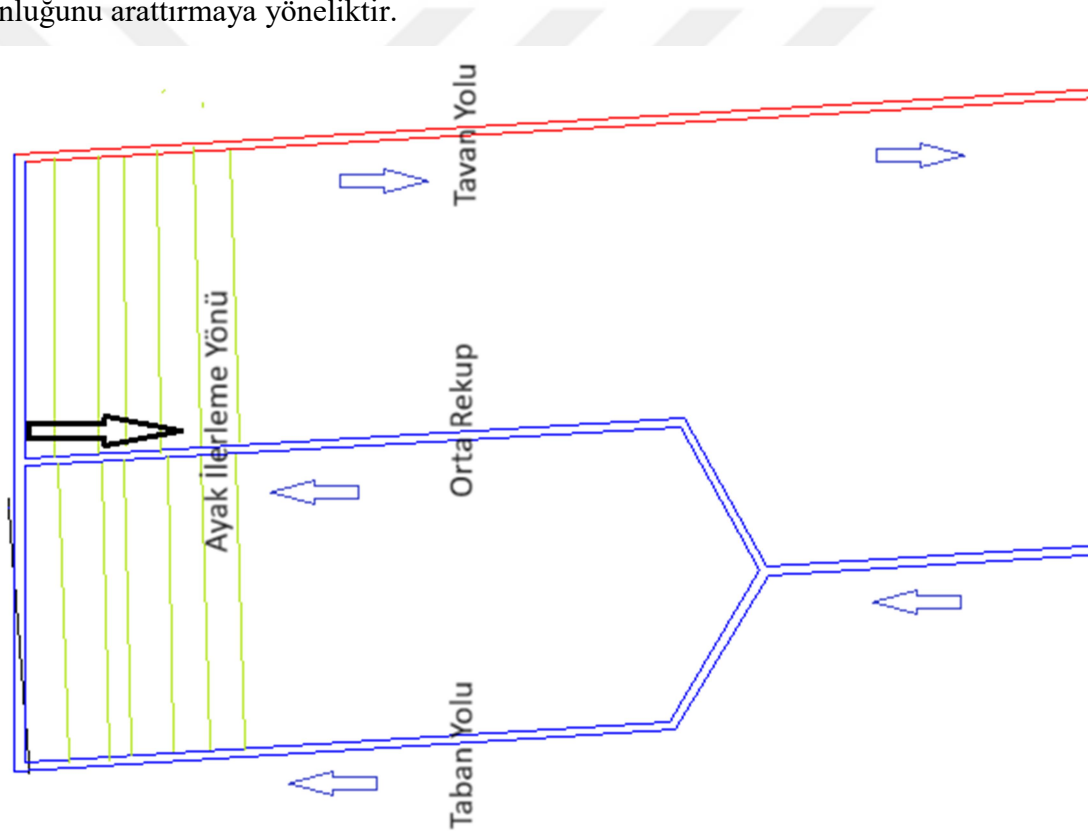
Soma havzasının kömürü orta sert linyittir, çok sayıda fay atımlarına maruz kalmıştır. Kömürün jeomekanik özelliği ve taban taşının kil olması nedeniyle mekanizasyonu ve planlamayı olumsuz yönde etkilemektedir. Bu bağlamda ayak uzunluğu ve pano boylarında kısıtlama oluşmaktadır. Tavan taban yollarında baskılarda oldukça fazladır. Somada kömür Kuzeyden güneye doğru ortalama 9° eğimle yatım yapmaktadır fakat yer yer bu eğimler artmaktadır.

Bir diğer sorun ise taban taşı seviyesindeki kömürün metan oranı tavan seviyesindeki kömürü nazaran fazla ve zayıf bir kömür olması nedeniyle kendiliğinden yanmaya yatkın olmasıdır. Uzun tutulan panonun hızlı bir şekilde ilerlemesi gerekir, yavaş ilerleyen ayaklarda

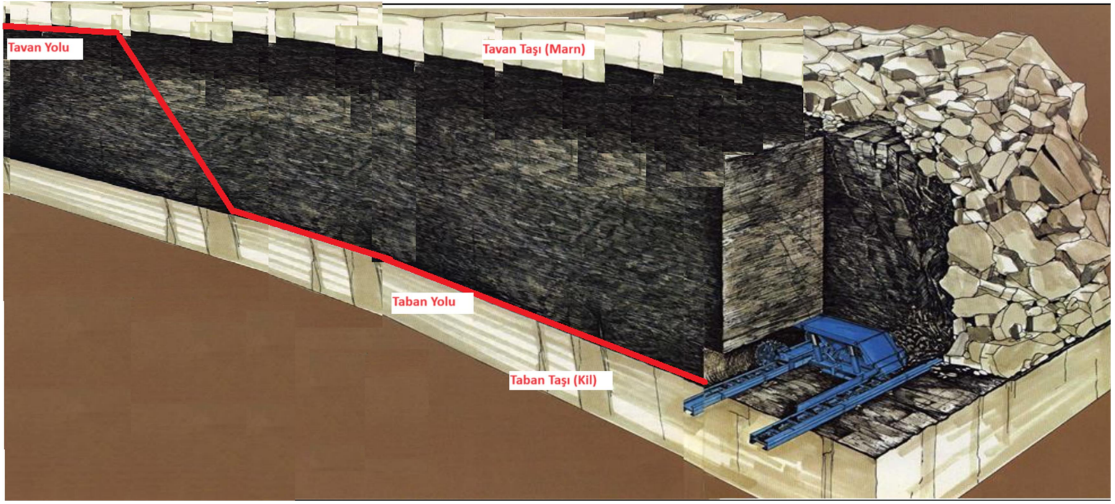
kendiliğinden yanma oluşmaktadır. Kontrollerin sürekli olarak yapılması ve önleme yöntemlerinin alınması şarttır. Bir diğer konu ise acil çıkış yönlerinin birbirine doğru noktalardan ve yakın mesafedelerken bağlantı yapılması gerekmektedir.

Bu durumlar değerlendirildiğinde tavan- taban yolunun da ilk etapta tavan taşı kontağında sürülmesi doğru bir karar olmaktadır. Ayağın başına 200-300 metrelik mesafeden baş aşağı baca ilerletilerek taban taşı seviyesine inildikten sonra ayak ile birleştirilir ayak yaklaştığında yine aynı şekilde ilerletilir.

Bu havzada orta rekubun ilerletilmesi tek seferde sürülmek yerine taban yolundan panoyu iki eşit parçaya bölerek sürülmektedir. Bunun nedeni ilk baştan orta rekubu da tavan kömürü tavan taşı kontağında hazırlandıktan sonra ayak yaklaştığında taban seviyesinden devam bacaları hazırlanacağından dolayı fazladan galeri hazırlığı yapılmış olunacaktır. Zaten amaç ayak uzunluğunu arattırmaya yöneliktir.

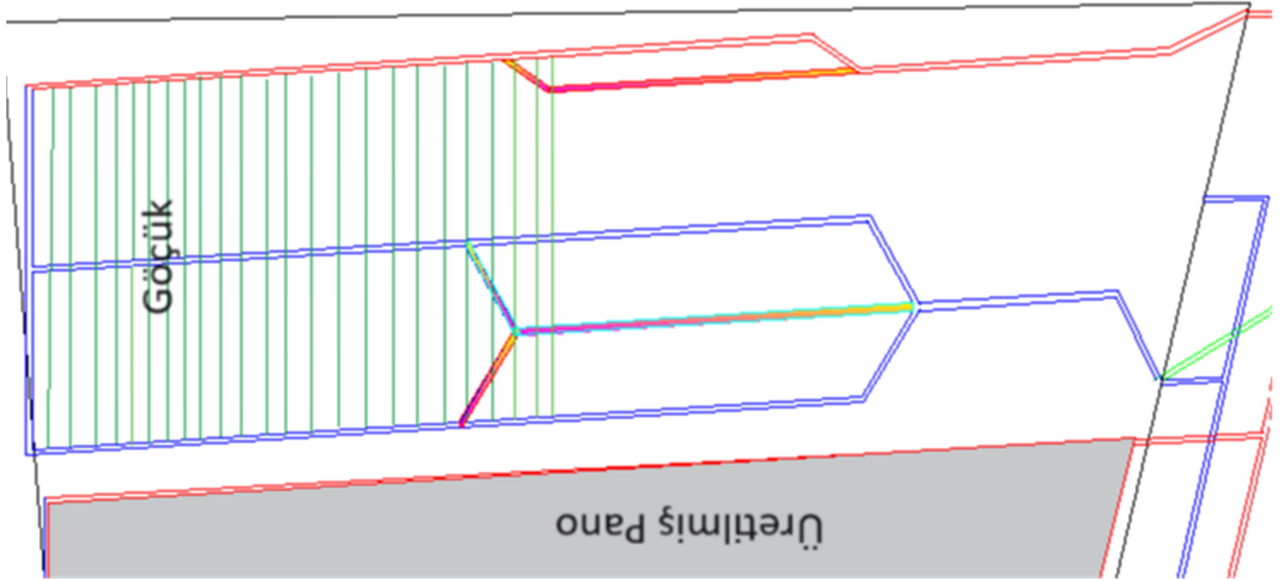


Şekil 4.6 İlk Kurulum Plan Görünüşü



Şekil 4.7 Taban Yolu ve Ayağın Perspektif Görşeli

Ayak ilerlerken tavan-taban yolları ve orta rekubun da bacalarının devamının yapılması gerekmektedir.

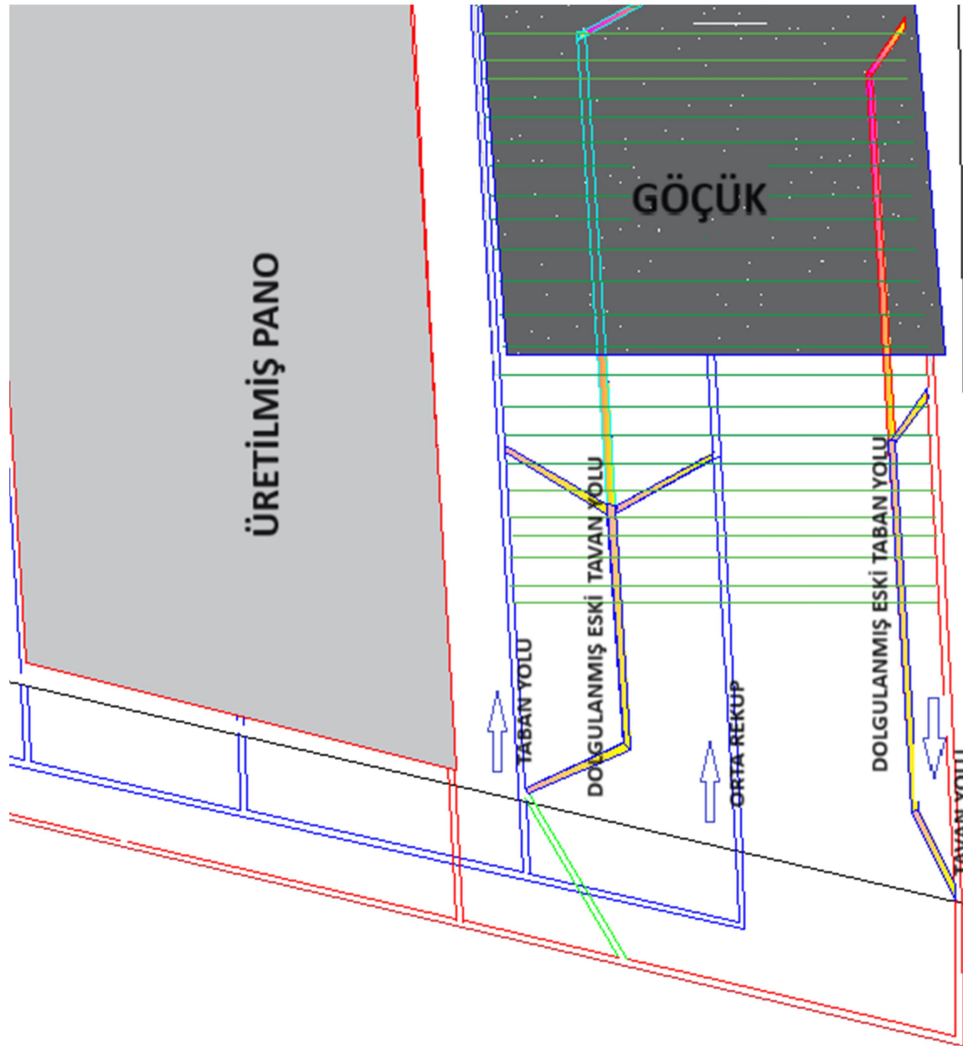


Şekil 4.8 Taban yolları uzatılmış hali

Şekil 4.8’de ayak ilerlemesi taban yoluna yaklaştığında 250 metre gerisinden taban yolu hazırlığı yapılır. İlk kullanılan taban yolları ve orta rekup taban taşı seviyesinde gittiğinden dolayı bu nakliye yolları dolgu yapılarak hava akışı kesilmiş olur dolgu malzemesi olarak ucuz ve en etkin olanı kül ramblesi ile yapılır.

Ayak ilerlemesi taban yolları irtibat noktasına yaklaştığında panonun taban yollarını son

kez irtibatlanmış olunur burada orta rekup ana hava girişine bağlantı yapılır. Taban yolu ve orta rekup ortak taban yolundan ayrılmış olur. Şekil 41’de nihai halini alır. Bu yöntemde orta rekuplu 1 pano için 5 adet taban yolu yapılmış oluyor zaten Somada uygulanan taban yolu da bu çerçevede yapıldığı için 2 adet pano çalıştığında 8 adet taban yolu yapmış olmaktadır. Acil bir durumda taban yolundan ve orta rekuptan sağlanan temiz hava sayesinde bu gzerghlardan çalışanlar tahliye edilebilir.

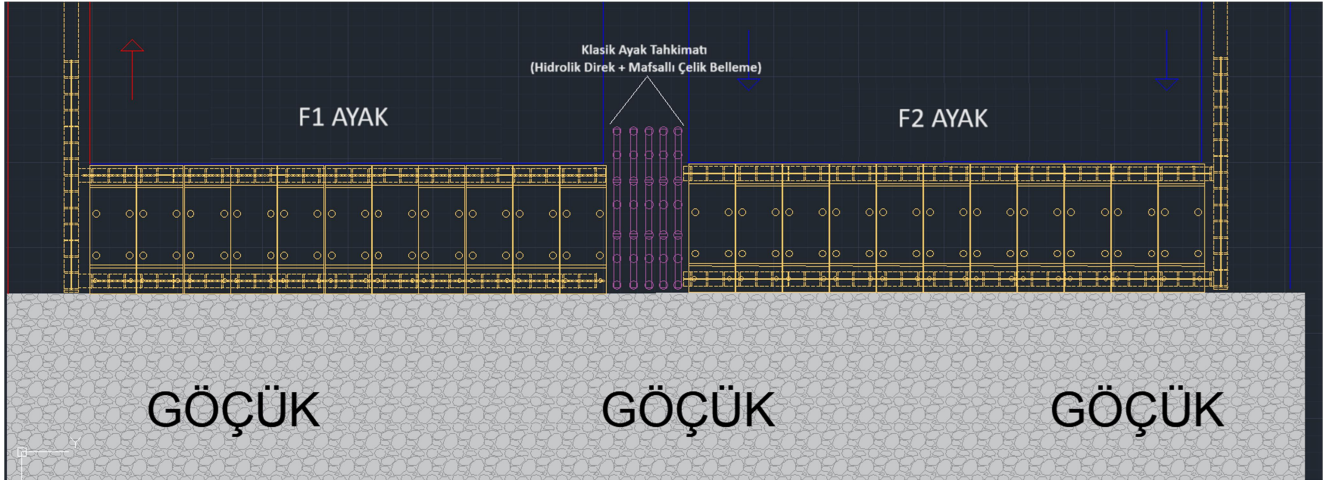


Şekil 4.9 Panonun bitişe yakın nihai hali

Soma havzasının kömürünün yatımı dikkate alınarak oluşturulacak F panosu için ayak kesiti aşağıdaki Şekil 4.10’daki gibi görünecektir.



Şekil 4.10 Panonun ayak kesiti



Şekil 4.11 Panonun ayak plan görünüşü

Panonun ayaklarının plan görüşü Şekil 4.11'teki gibidir.

BÖLÜM BEŞ

SONUÇLAR

4,5 milyar yıl önce şekillenmeye başlayan dünyamız günümüze kadar çok farklı devirlerden geçerek yer kürenin bilindik halini almıştır. Dünyanın evrilmesi çok yavaş ilerlediği bilinmektedir. Farklı kimyasal etkileşim ve farklı ortam şartlarında mineralleri ve mineral gruplarını bir araya getirmiştir. Bu mineraller ve mineral grupları bir araya gelerek belirli bir bölgede yataklanması sonucu madenleri oluşturmaktadır. Bu yataklanma milyonlarca yılda gerçekleşmektedir. Madenler ülkelerin en önemli kaynaklarından biridir, verimli şekilde çıkarılıp işlenmelidir.

Kömür madenciliği önemini sanayi devriminin başladığı zamandan itibaren kazanmıştır. Dünyada elektrik enerjinin %40'ı halen daha termik santrallerden karşılanmaktadır. Bu oran Türkiye için %30'luk dilimde yer almaktadır. Ülkemiz için kömür oldukça önemli yer tutmaktadır. 16 milyar ton kömür rezervine sahiptir ve yeni arama çalışmalarıyla bu miktar artmaktadır. Kömür yatağının derinlerde bulunması nedeniyle açık işletme üretim tekniğiyle üretim ekonomikliğini zamanla yitirmesiyle yeraltı madenciliği önem kazanmaktadır. Yeraltı üretimi çok fazla faktörlere bağlı olarak ekonomik, üretim kapasitesi yüksek ve iş güvenliği açısından optimum bir üretim tekniği uygulanmalıdır. Üretim metodu olarak en çok tercih edilen yöntem; uzun ayak üretim yöntemidir. Bu yöntem teknolojik gelişmeyle Tam mekanize uzun ayak yöntemi olarak gelişmiştir.

Bu yüksek lisans tezinde; kömürün maksimum oranda kazanılması, hızlı ayak ilerlemesi ve yapılan çalışmaların iş sağlığı ve güvenliği kapsamında güvenli madencilik olarak ortaya konması hedeflenmiştir.

3. bölümde 33.464.416 ton kömür rezervi ve damar kalınlığı ortalama 12 metre kabul edilen kömür damar eğimi ve süreksizlikler değerlendirilmeye dahil edilmemiştir. Panolar arası topuk mesafesi 30 metre bırakılmıştır. Örnek saha üzerinde ortaya konulan 2 farklı yöntem teknik açıdan incelenmiştir. 2. Yöntem olan "Dönümlü, Dilimin Tek Seferde Kazanıldığı, Orta Rekuflu, Arkadan Göçertmeli, Tam Mekanize Ayak Planı Modeli" Soma havzası değerlendirilerek uygulamanın nasıl yapılacağı konusunda öneride bulunulmuştur.

"Dönümlü, Dilimin Tek Seferde Kazanıldığı, Arkadan Göçertmeli Tam Mekanize Ayak Planı Modeli" değerlendirme sürecinde 1. Yöntem

"Dönümlü, Dilimin Tek Seferde Kazanıldığı, Orta Rekuflu, Arkadan Göçertmeli, Tam Mekanize Ayak Planı Modeli" 2. Yöntem

1- Rezerv Kazanım Oranı ve Net İşletilebilir Kömür Oranı

	Rezerv kazanımı (ton)	R.K Oranı (%)	Net işletilebilir kömür (ton)	N.İ Oranı (%)
1.yöntem	25.946.381	77,53	22.054.424	65,91
2.yöntem	30.632.832	91,53	27.037.907	80,79

Her iki yöntemde rezerv kazanım oranı ve net işletilebilir kömür oranlarında 2.yöntem daha avantajlı olduğu görülmektedir.

2- Toplam Taban Yolları ve Ayak Uzunlukları Karşılaştırma

	Taban yolları toplam uzunluğu (m)	Toplam ayak uzunluğu (m)
1.yöntem	17546	1.686
2.yöntem	15249	1.872

Toplam taban yolları uzunlukları değerlendirildiğinde 2.yöntem %13,10 oranında daha avantajlıdır.

Toplam ayak uzunlukları değerlendirildiğinde 2.yöntem %9,94 oranında daha avantajlıdır.

3- Havalandırma Şebeke Verimleri Açısından Karşılaştırılması

	1.yöntem	2.yöntem
Fan gücü (kW)	151,2	107,4
Ayakta hava hızı (m/sn)	1,36	2,02
Ocakta hava miktarı (m ³ /dk)	3.850	3.582
Toplam galeri uzunluğu (m)	38.752	38.319
Ocak basıncı (Pa)	1.751	1.306
Ocak direnci (Ns ² /m ⁸)	0,0425	0,0366

Gerekli Fan gücüne (kW) göre değerlendirildiğinde 2.yöntem daha avantajlıdır.

Ayakta hava hızı (m/sn) göre değerlendirildiğinde 2.yöntemde hava hızı 1.yönteme göre daha hızlı fakat ideal çalışma hava hızı (1,5-3,5 m/sn) değerlendirildiğinde her iki yöntemde hızlar kabul edilir.

Ocakta hava miktarı (m³/dk) göre değerlendirildiğinde 1.yöntemde ihtiyat duyulan hava miktarı daha fazla çıkmaktadır.

Ocak basıncı (Pa) göre değerlendirildiğinde 2.yöntemde fanın yenmesi gereken basınç (Pa) daha az olduğu görülmektedir.

Ocak direnci (Ns²/m⁸) göre değerlendirildiğinde 1.yöntemde direnç 2.yönteme göre daha fazladır.

4- Çalışan Sayısı ve İş Organizasyonu

Çalışan sayısı bakımında 2.yöntemde daha az olmaktadır çünkü 1.yönteme göre 2 panoyu tek seferde işlemiş olduğundan %20 oranında az işçilik gerekecektir.

İş organizasyonu açısından 2.yöntemde kontrol daha zor çünkü 2 ayak senkronize çalışması gerekmektedir. Senkronize çalışması içinde her iki ayaktaki işlerin rutinlerinde olunması gerekmektedir.

5- Ekipman Sayısı

1.yöntemde panolar tek tek çalışmış olsaydı 2.yöntemde kullanılan ekipman sayısı 2 kat fazla olacaktı fakat 2 pano birlikte çalışıyor olarak değerlendirme yapıldığı için ekipman sayısı aynıdır.

Bölüm 4'te 2. yöntemin Soma havzası değerlendirilerek uygulamanın nasıl yapılacağı konusunda öneride bulunulmuştur.

Soma havzasının önemli problemlerinden biri taban yollarında oluşan baskılardır. Bu sebepten dolayı tavan taşı kantağında ilk taban yolları yapılmakta daha sonra bir baş aşağı ile taban taşı olan taban kili seviyesinde alt taban yolu oluşturulur.

Esaslı bir problemi ise kömürün kendiliğinden yanmaya yatkın özelliğe olmasıdır. Kuluçka süresinden hızlı bir ilerleme yapılması esas olanıdır havza için işletmelerde 30 günde 30 metre ayak ilerlemesi altına düşmesi göçükte yangın oluşumu riskini arttırmaktadır. Ayak uzunluğunun artması ilerlemeyi önemli ölçüde etkilediğinden dolayı ayak boylarının fazla tutulmasına engel teşkil etmektedir. Ayağı uzun tutup hızlı ilerleme yapabilmek için orta rekuplu alt ayak – üst ayak uygulaması yapılabilir. Dezavantaj olarak orta rekup iki ayak üzerinde oluşan gerilmeler orta rekup galerisinde baskıları arttıracak ve burada kesitlerin yeniden eski haline getirilmesi için tamir tarama işleri yoğun olacaktır. Bu yöntemin uygulamasına kararlaştırmak için ekonomik etüdünün yapılması gerekmektedir. Metan oranı yüksek olan kömür havzalarında da uygulamasında teknik ve ekonomik etüt yapılarak uygulanması denenebilir.

KAYNAKLAR

- Ferhan, Ş.. 2015. Yeraltı Madencilik Yöntemleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
- Hayati, Y., 2019. Ders Notları, Ders Slaytları
- Çelik, T., M.Kemal, Ö., 2016. Yeraltı Maden Makinaları Ve Mekanizasyonu , Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
- M.Emre. Y., 2016. Yürüyen Tahkimatların Boyutlandırılmasının Ve Tahkimat Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar (Doktora Tezi) Dokuz Eylül Fen Bilimleri Enstitüsü
- Senai S., 1979. Madenlerde Yeraltı Üretim Yöntemleri, İ.T.Ü. Matbaası, İ.T.Ü. Kütüphanesi, sayı: 1151, 188 s
- R.KOCAMAN, B. KOCAMAN,. 2015. Soma Eyz Bölgesindeki Yeraltı Ocaklarında Kullanılan Tahkimat Sistemlerinin Karşılaştırılması 1-2 Ekim Eskişehir Türkiye
- Levent, Y., 2022. Hazırlık Aşamasındaki Bir Yeraltı Kömür Madeni İçin Vantilatör Seçimi ve Havalandırma Tasarımı (Yüksek Lisans Tezi) Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- M. Kemal, Ö., 2021. Ders Notları, Ders Slaytları
- AZO Mining. 2019. <https://www.azomining.com/Article.aspx?ArticleID=1525>
- Caterpillar.2021.https://www.cat.com/tr_TR/products/new/equipment/underground-longwall/roof-supports/18346354.html
- MTA, 2008, Manisa-Soma-Eynez İzmir-Kınık-Yaylaköy Sahası 05.04.2007 Tarihli Sözleşme Raporu. 41. sayfa
- Nebert, K., 1978. Linyit içeren Soma Neojen bölgesi, Batı Anadolu. MTA Dergisi, 90

Tercan, A.E., Ünver, B., Hindistan, M.A., Ertunç, G., Atalay, F. ve Ünal, S., 2017. “Soma Eynez Kömür Sahası İçin Farklı Bir Üretim Yöntemi Önerisi “24. Uluslararası Madencilik Kongresi (IMCET 2015) bildiriler kitabında yayınlanmıştır.

ELİ., 2019. Ege Linyit İşletmeleri <https://eli.tki.gov.tr/soma>

Maden İşyerlerinde İSG Yönetmeliği, 2013 <https://www.mevzuat.gov.tr>

