

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİBAKIR A.Ş. KÜRE BAKIR MADENİ
YERALTI ÜRETİM YÖNTEMİNİN TEKNİK VE
EKONOMİK AÇIDAN İRDELENMESİ

Alper GÖNEN

Aralık, 2010

İZMİR

**ETİBAKIR A.Ş. KÜRE BAKIR MADENİ
YERALTI ÜRETİM YÖNTEMİNİN TEKNİK VE
EKONOMİK AÇIDAN İRDELENMESİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilim Dalı

Alper GÖNEN

Aralık, 2010

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ALPER GÖNEN, tarafından PROF. DR. HALİL KÖSE yönetiminde hazırlanan “ETİBAKIR A.Ş. KÜRE BAKIR MADENİ YERALTI ÜRETİM YÖNTEMİNİN TEKNİK VE EKONOMİK AÇIDAN İRDELENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Halil KÖSE

Yönetici

Prof. Dr. Sabit GÜRGEN

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Yalçın KOCA

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmam boyunca her aşamada bilgi ve tecrübesini aktaran, bu uzun süreçte iyi niyetli sabrıyla beni yönlendiren ve akademik hayata hazırlayan danışmanım Sayın Prof. Dr. Halil KÖSE'ye sonsuz teşekkür ederim.

Doktora çalışmam boyunca, çalışmalarımı yönlendiren ve katkı koyan, doktora tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Sabit GÜRGEN'e ve Prof. Dr. Yalçın KOCA'ya teşekkür ederim.

Birlikte çalıştığımız, fikir alışverişinde bulunduğumuz değerli meslektaş ve arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. M. Kemal Özfirat, Araş. Gör. Dr. Sezai ŞEN, Araş. Gör. Dr. Doğan KARAKUŞ, Doç. Dr. Çağatay PAMUKÇU, Araş. Gör. V. Taylan ENGİN, Araş. Gör. Tahir MALLI ve diğer çalışma arkadaşlarım ile Maden Yüksek Mühendisi Onur GÜRBULAK kardeşime teşekkür ederim. Etibakır A.Ş. Genel Müdürü Maden Yük. Müh. Sayın Ahmet TEZCAN nezinde ismini saymadığım tüm Etibakır Küre Bakır İşletmelerinde ve STFA A.Ş.'de çalışan mühendis arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Bütün eğitim hayatım boyunca beni destekleyen hep yanımda olan babam Kemal GÖNEN, annem İhsaniye GÖNEN'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Doktora çalışmamı yaptığım süre boyunca anlayışını ve desteğini benden esirgemeyen, kader birliği yaptığım, değerli eşim Gülderen GÖNEN'e teşekkür eder, canım yavrularım Ezgi ve Yiğit GÖNEN'in gözlerinden öperim.

Alper GÖNEN

ETİBAKIR A.Ş. KÜRE BAKIR MADENİ YERALTI ÜRETİM YÖNTEMİNİN TEKNİK VE EKONOMİK AÇIDAN İRDELENMESİ

ÖZ

Maden işletmelerinde özellikle yeraltı maden işletmelerinde üretim yöntemi seçimi oldukça önemlidir. Yeraltı işletmelerinde etkili olan değişken sayısının çok fazla olması karar vericilerin bu konuda deneyimli olmasını ve tüm etkenleri irdelemelerini gerektirir.

Doktora çalışmasının özü, Etibakır A.Ş. Küre Bakır işletmesi koşullarına uygun, iş güvenliğini üst seviyede, teknik ve ekonomik faktörleri ön planda tutan yeraltı üretim yöntemi seçiminin yapılmasıdır. Bu amaçla, öncelikle işletme bilgileri verildikten sonra işletmede uygulanabilecek üretim yöntemleri arasından en uygunları belirlenmiştir. Yapılan ön değerlendirme sonucunda, dolgulu oda yöntemi ve arakatlı kazı yöntemi en uygun yöntemler olarak ön plana çıkmıştır.

Dolgulu oda yöntemi ve arakatlı kazı yöntemi birbirlerine göre teknik ve ekonomik (hazırlık, delme ve patlatma maliyetleri) faktörler açısından karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda, dolgulu oda yönteminin Küre Aşıköy yeraltı işletmesi için daha uygun olduğu anlaşılmıştır. Dolgulu oda yönteminin kaya mekaniği açısından stabilitesi incelenmiştir.

Çalışmanın amacı, teknik ve ekonomik faktörlere bağlı olarak en düşük yatırımlar ile iş güvenliğini, üretim verimliliğini ve katma değeri en fazla yapan yeraltı üretim yönteminin seçimidir. Yapılan araştırmalar sonucunda, Etibakır A.Ş. Küre Bakır işletmesi için en uygun yöntemin dolgulu oda yöntemi olduğu bulunmuştur.

Anahtar sözcükler : Dolgulu oda yöntemi, Arakatlı kazı yöntemi, Yeraltı üretim yöntemi seçimi, Bulanık mantık, Sonlu elemanlar yöntemi

INVESTIGATING THE UNDERGROUND MINING METHOD OF ETİBAKIR CO. KÜRE COPPER MINE TECHNICALLY AND ECONOMICALLY

ABSTRACT

In mining, especially in underground mining the selection of production method is of great importance. The abundance of variables in underground mining necessitates that the decision-makers should be experienced and consider all factors together.

The objective of this Ph.D. dissertation is to select the proper underground mining method, which is compatible with the exploitation conditions at Etibakır Inc. Küre Copper mine, keeping work safety at a high level and taking into account the technical and economical factors. For this purpose, information about the exploitation of the copper mine was given and then the most convenient production methods that would be applied at the minesite were determined. As a result of preliminary assessment, longhole stoping with post backfilling and sublevel stoping methods proved to be the leading methods.

In this study, longhole stoping with post backfilling and sublevel stoping methods were compared with each other (development, drilling and blasting costs) in terms of technical and economical considerations. As a result of these comparisons, longhole stoping with post backfilling happened to be more suitable for the underground mine in Küre Aşıköy. The stability of the longhole stoping with post backfilling method from the aspect of rock mechanics was also analysed.

The aim of the study is to make the selection of the underground mining method that would maximize the work safety, production efficiency and added value with the least possible investment. As a consequence of the studies, the most suitable production method at Etibakır Inc. Küre copper mine was found as the longhole stoping with post backfilling.

Keywords: Longhole stoping with post backfilling, Sublevel stoping, Underground mining method selection, Fuzzy logic, Finite elements method

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
BÖLÜM BİR - GİRİŞ	9
BÖLÜM İKİ – İŞLETME BİLGİLERİ	13
2.1 Bölgenin Jeolojisi.....	13
2.2 Yeraltı İşletmesi Hazırlıkları (Büyük ve Küçük Hazırlık).....	15
2.2.1 Ana Giriş Galerisi.	15
2.2.2 Bant Desandresi	15
2.2.3 Havalandırma Kuyusu.....	15
2.2.4 Dolgu (Ramble) Malzemesi Kuyusu.....	15
2.2.5 Servis Rampası.....	16
2.2.6 İhraç Kuyusu	16
2.2.7 Kat Galerileri.....	17
2.2.8 Damar İçi Galerileri	17
2.2.9 Pano Başlangıç Bürü (Slot).....	18
2.3 Uygulanmakta Olan Yeraltı Üretim Yöntemi.....	18
2.4 Cevher Nakliye Yöntemi	22
2.5 Dolgu (Ramble) Yöntemi.....	22
2.6 Havalandırma Yöntemi	24
2.7 Su Atımı	26
BÖLÜM ÜÇ - YERALTI ÜRETİM YÖNTEMİ SEÇİMİ	28
3.1 Giriş.....	28
3.2 Yeraltı Üretim Yöntemlerinin Sınıflandırılması	28

3.3 Yeraltı Üretim Yöntemi Seçimini Etkileyen Faktörler	30
3.4 Üretim Yöntemi Seçiminde Kullanılan Yaklaşımlar	35
3.4.1 Nicholas Yaklaşımı	35
3.4.2 UBC Yaklaşımı	36
3.4.3 MMS Yaklaşımı	40

BÖLÜM DÖRT - KÜRE AŞIKÖY YERALTI İŞLETMESİ II. ETAP CEVHER YATAĞI İÇİN ÜRETİM YÖNTEMİ SEÇİMİ

45

4.1 Yeraltı Üretim Yöntemi Seçimi	45
4.2 Alternatif Üretim Yöntemlerinin Pano İçi Üretim Maliyeti	54
4.3 Dolgulu Oda Yönteminde Optimum Katlar Arası Mesafenin Tespiti	57
4.3.1 Makina Ekipman Maliyeti	58
4.3.2 Planlanan Katlar Arası Mesafeler İçin Patlatma Maliyeti.....	60
4.3.3 İşletme Dönemi Yıllık Giderler	60

BÖLÜM BEŞ - KÜRE AŞIKÖY YERALTI İŞLETMESİ II. ETAP CEVHER YATAĞI İÇİN İŞLETME PLANLAMASI.....

63

5.1 II. Etap Cevher Yatağı İçin Öngörülen Hazırlıklar	63
5.1.1 İkinci Giriş Galerisi.....	63
5.1.2 Dahili Havalandırma Kuyuları	63
5.1.3 Dolgu (Ramble) Malzemesi Kuyusu.....	65
5.1.4 Servis Rampası.....	65
5.1.5 Nakliye Kuyusu.....	65
5.1.6 Kat Galerileri.....	67
5.1.7 Damar İçi Galerileri	67
5.1.8 Pano Başlangıç Bürü (Slot).....	68
5.2 II. Etap Cevher Yatağı İçin Yeraltı Üretim Yöntemi.....	69
5.3 Cevher Nakliye Yöntemi	70
5.3.1 Nakliye Yöntemi Seçimi ve Önemi	70
5.3.2 II. Etap Cevher Yatağı İçin Öngörülen Nakliye Yönteminin Teknik ve Ekonomik Değerlendirmesi	72

5.4 Dolgu (Ramble) Yöntemi.....	79
5.5 Havalandırma Yöntemi	79
5.5.1 Gerekli Hava Miktarı Hesabı	81
5.5.1.1 Diesel Araç Gücüne Göre	82
5.5.1.2 Yeraltı İşletmesindeki İnsan Sayısına Göre.....	82
5.5.1.3 Kullanılan Patlayıcı Madde Miktarına Göre	82
5.5.2 Gerekli Vantilatör Basıncı.....	83
5.6 Su Atımı	84
BÖLÜM ALTI - SEÇİLEN ÜRETİM YÖNTEMİNİN KAYA MEKANİĞİ	
AÇISINDAN İNCELENMESİ.....	86
6.1 Yapılan Labaratuvar Çalışmaları	87
6.2 Oluşan Gerilmelerin Değerlendirilmesi	88
6.2.1 Sadece bir odanın üretildiği durum.....	90
6.2.2 Üretilmiş iki oda ve arada topuk durumu.....	92
6.2.3 Üretimin 650m katına ulaştığı durum	93
6.3 Genel Değerlendirme	94
BÖLÜM YEDİ – EKONOMİK DEĞERLENDİRME	97
BÖLÜM SEKİZ – SONUÇLAR.....	102
KAYNAKLAR	104
EKLER.....	109

BÖLÜM B R

G R

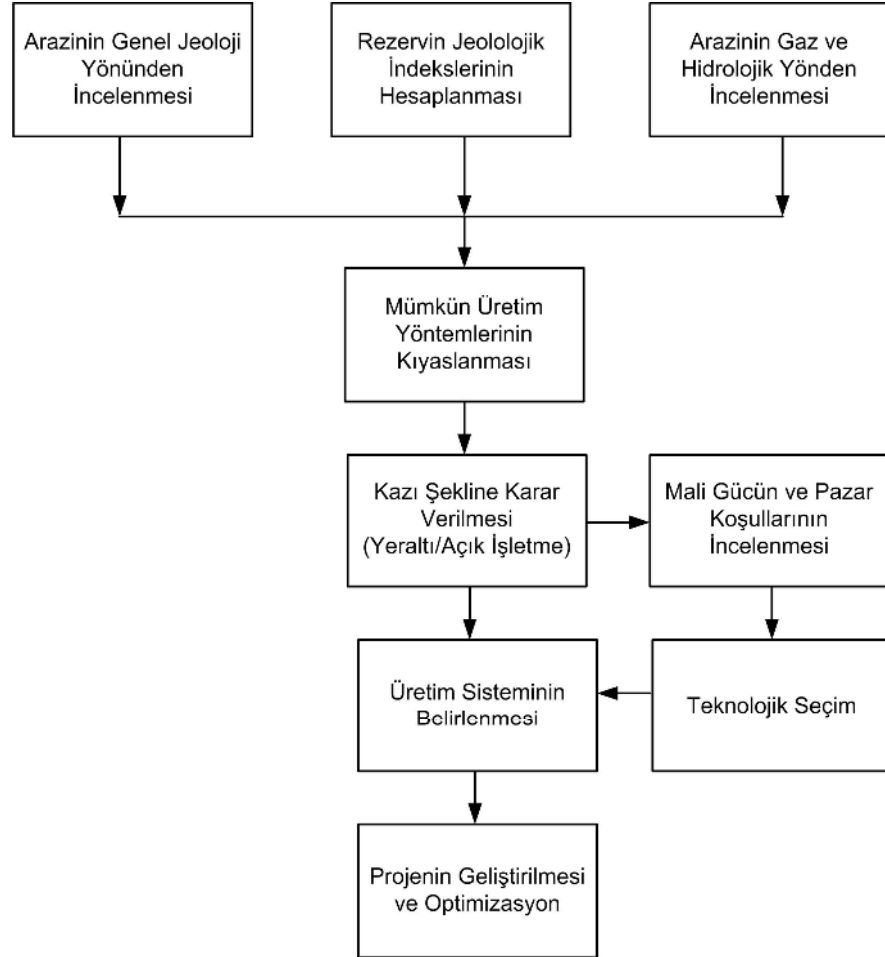
Madencilikte yeraltı üretim yöntemi seçimi kısa, orta ve uzun vadede yapılacak işlemler için öncelikle yapılması gereken bir işittir. İyi bir üretim yöntemi seçimi planlamanın önemli bir aşamasıdır.

Planlamada başarı ise, doğru karar vermeye bağlıdır. Gelecekte bir takım belirsizlikler ve risk faktörleri ile karşılaşmaya kalınması üretim yöntemi seçimini oldukça önemli hale getirmektedir. Özellikle yeraltı madencilik sektöründe jeolojik, jeoteknik, ekonomik, üretim kapasitesi, metal fiyatlarının değişkenliği, ekipman seçimi, hazırlık ve diğer işlemler yöntem seçimini karmaşık hale getiren faktörlerdir.

Her cevherle me kendine has özellikler taşır. Dolayısıyla yöntem seçiminde mühendislik bilgilerinin kullanımının önemi çok fazladır. Yöntem seçimi sırasında karar verme mekanizmasında yer alan mühendisler deneyimli olmalıdır. Fakat, cevherle melerin sahalara ve madenlere göre farklılık göstermesi ve her sahanın kendine özgü özelliklerinin olması, yöntem seçiminde karar vericileri oldukça zorlayan bir konudur. Maden tasarımında değişkenliği yaratan faktörlerin tek başlarına tasarıma etkilerinin yanısıra karşılıklı etkilerinin ne kadar karmaşık olduğu ve belirli derecelerde faktörlerin birbirlerini etkilemesinden ötürü yöntem seçiminin zor bir aşama olduğu açıktır.

Genelde, yeraltı madencilik yöntemlerinin tasarımı ve seçimi birçok faktöre bağlıdır ve bu faktörlerin etkisi coğrafya, jeolojik yapı, mevcut teknoloji ve iş gücü, ekonomik durum ve pazar koşullarıyla değişir. Metalik cevher yataklarında üretim yöntemi tasarımında problemin teknik yönü sadece çalışmaları sırasında ortaya çıkan güçlükleri ortadan kaldırmak değil, aynı zamanda verimli ve güvenli bir şekilde cevher üretilmesini sağlamaktır. Bu işlemden maden yatağı verilerinin ve uygulanacak sistemin teknik, ekonomik yönünün iyi değerlendirilmesine, dolayısıyla, uygun sistemin ve ekipmanların doğru seçimine bağlıdır.

Maden tasarımı konusunda kesin bir ba arı seviyesini tanımlamak hemen hemen mümkün olmayan bir konudur. Fakat, proje ömrünün çe itli a amalarında projeyi etkileyen elemanların ço unu saptayarak, bunların etkilerini ba arıyı en fazla yapacak ekilde kullanmak oldukça önemlidir. ekil 1.1'e göre saha çalı maları, üretim yöntemlerinin madencilik açısından kıyaslanması ve maliyet hesaplamaları, yöntem seçiminde dikkat edilmesi gereken öncelikli ve önemli faktörlerdir.



ekil 1.1 Basit ekilde maden tasarımı etkileyen faktörler (Demirbilek, 1987)

Metalik madenlere olan e ilim, katma de erlerinin yüksek olması açısından son yıllarda artmaktadır. Altın, Bakır, Kur un, Çinko gibi metal madenleri üretimlerine yapılan yatırımlar fazladır. Metal madenlerinin olu um tiplerinden dolayı lens tipinde olmaları sebebi ile dü ey yataklanan cevherler derine do ru gitmektedir. Dolayısı ile maden i letmelerinde cevher takip edilerek derine do ru hazırlık yapılan i letmelerde

do ru planlama yapmak, teknik ve ekonomik açıdan cevherin verimli üretilmesini sa layacaktır.

Küre bakır madeninde %2 tenörlü bakır cevheri 420000 ton/yıl kapasite ile üretilmektedir. Doktora çalı masında, i letme bilgileri verildikten sonra, madenlerde üretim yöntemi seçerken kullanılan yakla ımlar anlatılmı ve bu yakla ımlara göre yöntem seçimi yapılmı tır. Yöntem seçimi yapılırken birçok faktör dikkate alınmı tır. Teknik ve ekonomik faktörlerin yöntem seçimi üzerinde etkisi ayrıntılı ele alınmı tır. Metalik madenlerde uygulanan yeraltı üretim yöntemleri oldukça fazladır. Tüm üretim yöntemlerinin anlatımı yerine seçiminde birbirine olan üstünlükleri ve olumsuzlukları de erlendirilmı tir. Üretim yöntemi seçiminde bazı faktörlerin etkisinin birbirine çok yakın olması ve birbirlerine giri im göstermelerinden dolayı yöntem seçiminde çoklu karar verme tekniklerinden olan bulanık mantık tekni i kullanılmı tır. Yapılan yöntem seçim de erlendirmeleri sonucunda, teknik ve ekonomik olarak arakatlı kazı yöntemi ile dolgulu oda yönteminin i letmede uygulanabilecek en uygun yöntemler oldu u ortaya çıkmı tır.

Ön plana çıkan bu iki yöntem, yapılan büyük ve küçük hazırlıklar, delme ve patlatma maliyetleri dikkate alınarak kar ıla tırılmı tır. Yapılan de erlendirmeler sonucunda teknik, ekonomik faktörler ve i letmenin bu konuda elde etmi oldu u ba arılı deneyimler de dikkate alınarak dolgulu oda yönteminin i letmede uygulanabilecek en uygun yöntem oldu u bulunmu tur. Buna göre üretim, nakliye, dolgu ve havalandırma planlamaları yapılmı tır.

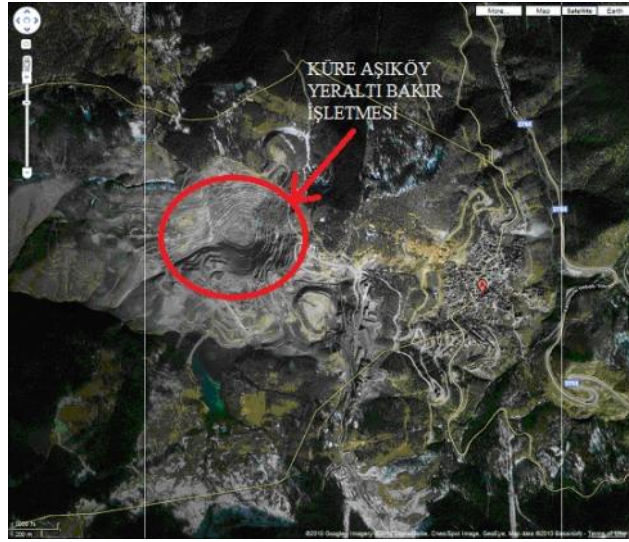
Dolgulu oda yöntemi madende uygulanacak üretim yöntemi olarak seçildikten sonra yöntem stabilite açısından de erlendirilmı tir. Yeraltında üretim güvenli i açısından üretim bo lukları ve dolgu üzerine gelen yükler kaya mekani i yöntemleri ile de erlendirilmı tir. Dolgulu oda yöntemi sayısal modelleme tekni i ile irdelenmi tir. Üretim bo luklarında, dolgu yapılan kısımlarda ve topuklarda yükler açısından üretimi kesintiye u ratacak herhangi bir olumsuzluk görülmemi ve gerekli bölümler için hesaplanan yükler çalı mada verilmı tir.

Son olarak, dolgulu oda yönteminin uygulanmasında cevherin tüvenan olarak çıkarılmasına kadar yapılan maliyetlerin tümü hesaplanmıştır. Böylece toplam birim maliyet bulunmuş ve ekonomik değerlendirme yapılmıştır.

Yapılan tüm çalışmalarından elde edilen sonuçlar son bölümde verilmiştir. Madenlerde yeraltı üretim yöntemi seçiminin çok önemli olduğu doktora çalışmasında yapılan hesaplar, dikkate alınan faktörler ve modelleme çalışmaları ile ortaya konmuştur. Tezin amacına uygun olarak Küre bakır madeninde birçok faktör gözönüne alınarak dolgulu oda yönteminin uygulanması ve yöntemin maden için tasarım koşulları ile değerlendirilmelerinin ne kadar önemli olduğu çalışmada ayrıntılı olarak verilmiştir.

BÖLÜM K LETME B LG LER

A ıköy yeraltı bakır i letmesi Kastamonu ili Küre ilçesinde bulunmaktadır. Kastamonu il merkezinin 60 km kuzeyinde ve Karadeniz sahiline 25 km mesafededir (ekil 2.1). Cevher üretiminde Dolgulu Oda Yöntemi uygulanmakta olup üretim kapasitesi 420.000 ton/yıl, ortalama cevher tenörü %2 Cu olarak belirlenmiştir.

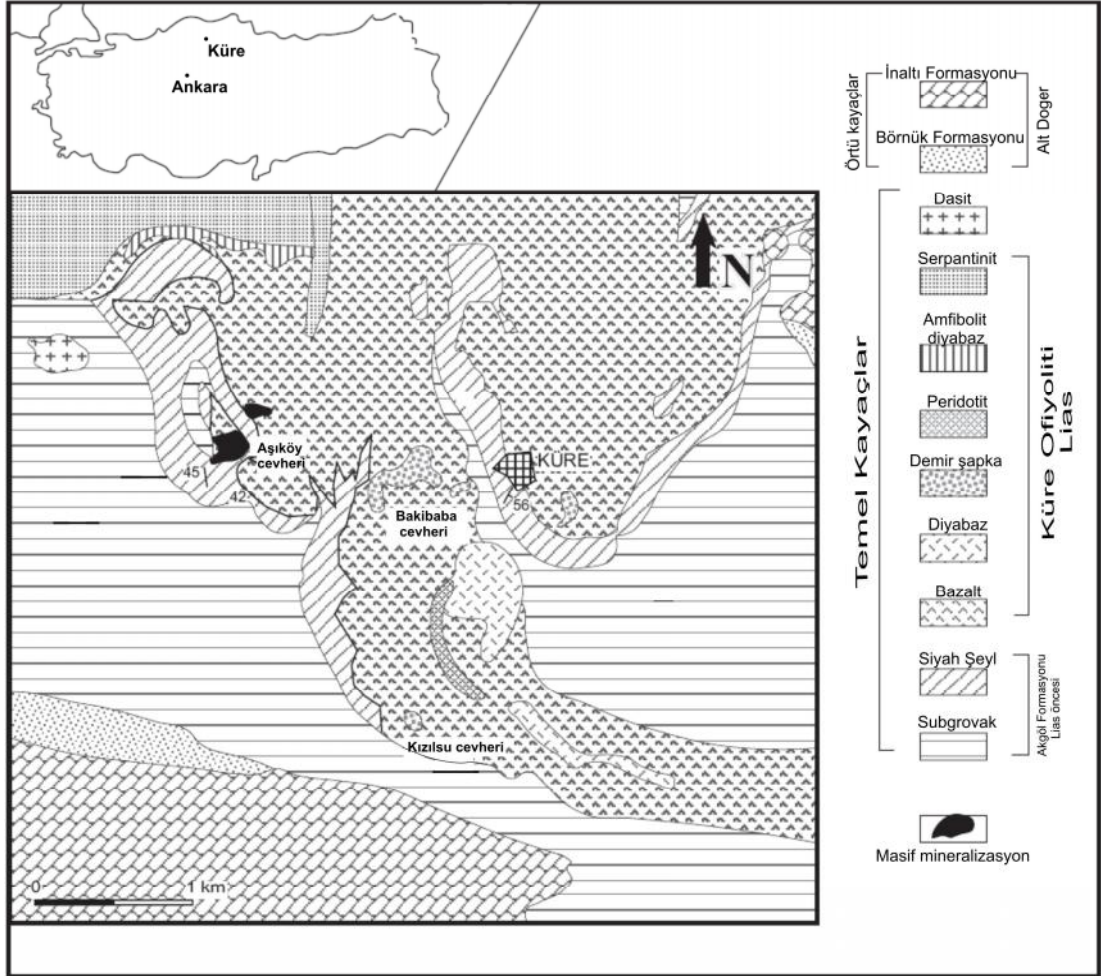


ekil 2.1 Küre a ıköy yeraltı i letmesi uydu görüntüsü

2.1 Bölgenin Jeolojisi

Küre Bakır Yatakları, Orta Pontid tektonik ku a ında yer alır. Güneydo u Anadolu Ofiyolit ku a ından oldukça farklı bir jeolojik geçmi e sahip bir yörede yer almasına ra men Küre masif sülfid yatakları Kıbrıs tipi ile Kuroko tipi arasında yer alan Kieslager tipine dahil edilebilecek özellikler ta ımaktadır (Koç ve di er., 1995). Yörede subgrovak ve eylerden olu an pelajik sedimanlarla okyanus ortası yayılma ürünü olan toleyitik bazalt volkanitleri yüzeylemektedir. Küre formasyonunda önemli tektonik hareketlerin meydana geldi i görünmektedir. Birimler Kuzey-Güney yönlü bir fay tarafından kesilmi lerdir.

Cevherle me bu fayın meydana getirdi i zayıf zonda, toleyitik bazaltların içinde, pelajik sedimanların sınırına yakın kesimlerinde ortaya çıkmı tır.



ekil 2.2 Küre bölgesi jeolojik haritası (Ku çu ve Erlers, 2002)

Cevher Kütlesi Küre Ofiyolitlerinin bir parçası olan, bozu mu bazalt serisi içinde meydana gelmi ve siyah eyl ile örtülmü tür. Cevher kütlesi faylarla kırılmı ve atıma u ramı , iri masif merceklerden olu ur. Pirit ve kalkopiritten olu an cevher, tavan kayacı siyah eylin altında yüksek tenörlü masif mercek, iri taneli çakıllar veya, bozu mu tabanta ı içinde daha dü ük tenörlü saçınmı ve a sal pirit ve kalkopirit damarları eklindedir. Pirit ve kalkopiritler yer yer kolloform doku gösterirler (ekil 2.2).

2.2 Yeraltı İletmesi Hazırlıkları (Büyük ve Küçük Hazırlık)

2.2.1 Ana Giri Galerisi

Doğu sektöründe 920m kotundan başlayıp servis rampasına 932m kotundan sürülen galeri ile başlayan yaklaşık 2km uzunluğunda, %1-2 eğimde ve B18 kesitinde bir ana galeridir. Tahkimat arjilit içerisinde çelikbata ve çelik hasırlı püskürtme betondan, bazalt içerisinde ise bazı bölgelerde tahkimatsız bazı bölgelerde ise püskürtme betondan yapılmıştır. Bu galeri, temiz hava giri galerisi, personel ulaşım, makina ekipman ve malzeme nakliye galerisi olarak kullanılmaktadır. Ekil 2.3'de yeraltı iletmesi tematik genel ocak planı görülmektedir.

2.2.2 Bant Desandresi

Yaklaşık 700m uzunluğunda B18 kesitinde ve %9 eğime sahiptir. 985m kotundan başlayıp servis rampasına 932m kotundan sürülen galeri ile başlanmaktadır. Dikey bantlı konveyörden (Flexowell) gelen cevher, bu desandredeki bantlı konveyör ile yeryüzündeki döküm sahasına taşınmaktadır.

2.2.3 Havalandırma Kuyusu

Havalandırma kuyusu yeryüzünde 1080m kotundan başlayıp 940m kotuna kadar devam eden 140m derinliğinde ve 3,05m çapında, kirli havanın çıktığı bir kuyudur. Bu kuyu dahili hava dönüş kuyusu ile 940m kotunda sürülen bir galeri ile irtibatlandırılmıştır. Dahili hava dönüş kuyusu 940m kotu ve 792m kotu arasında 148m uzunluğunda 3,05m çapındadır.

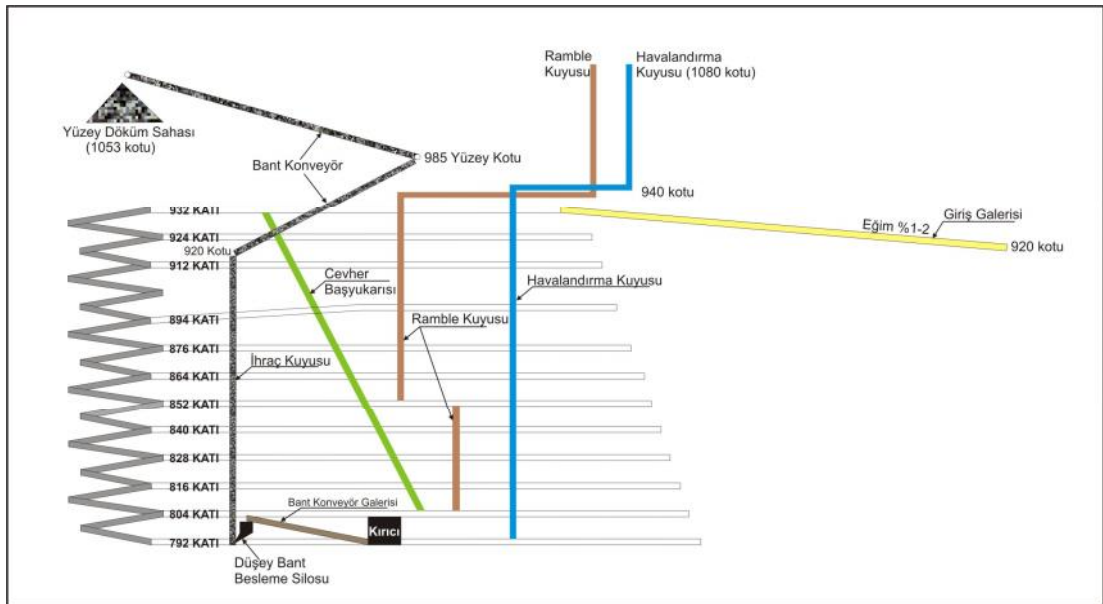
2.2.4 Dolgu (Ramble) Malzemesi Kuyusu

Açık iletmeden gelen kırılmış bazalt, ramble malzemesi olarak 1080m kotunda 140m derinliğinde ve 3,05m çapındaki ramble kuyusuna dökülmekte ve 940m kotundan bantlı konveyör ile 940m-852m kotları arasındaki 88m derinliğinde ve 3,05m çapındaki ikinci ramble kuyusuna, oradanda yine 852m kotundaki bantlı

konveyör ile 852m-804m kotları arasındaki 48m derinli inde ve 3,05m çapındaki üçüncü ramble kuyusuna dökülmektedir. Ramble malzemesi kuyulardan üretim yapılan katlara desandrelere yardımı ile iletilmektedir.

2.2.5 Servis Rampası

932m kotundan başlayan yaklaşık %6-7 eğim ve B18 kesitinde toplam 2,5 km uzunluğunda olan servis rampası 792m kotuna kadar ulaşmaktadır. Rampa bazalt içerisinde açılmıştır ve püskürtme beton ile tahkim edilmiştir. Bu rampadan çevre, katlar arası mesafe 12-15m arasında olacak şekilde kat galerileri sürülmüştür.



ekil 2.3 Yeraltı iletilmesi planı

2.2.6 İhraç Kuyusu

920m kotu ile 792m kotu arasında 138m derinli inde ve 3,80m çapında açılmıştır. Her katta üretilen cevher, cevher başyukarısı kanalı ile 804m kotuna indirilmekte, oradan yükleyici ile kırıcı besleme silosuna aktarılan cevher, çeneli kırıcıdan geçirildikten sonra kuyu içerisinde bulunan dikey bant konveyöre (flexowell) beslenmektedir. Cevher, 920m kotunda 985m desandresinde bulunan bant konveyöre aktarılmakta oradanda yeryüzündeki döküm sahasına iletilmektedir. Acil durumlar

için, ihraç kuyusunun geni letilmesiyle yapılmı 2x2m boyutunda; ihraç kuyusuyla ısı geçirmeyen gaz beton bloklar kullanılarak ayrılmı bir kaçı merdiveni bulunmaktadır. Bu acil kaçı a rampadan 792m, 832m, 855m ve 879m kotlarından ba lantılar mevcut olup, ba lantıların sızdırmazlı ı çift kapı yardımıyla sa lanmı tır. Bu sistemin çıkı ı ise 920 katından rampa ba ına ve 985 bantlı konveyör galerisine ba lıdır.

2.2.7 Kat Galerileri

Kat galerileri servis rampasından cevher yata ına do ru 12-15'er metre aralıklarla açılmı tır. En derindeki kat 792m kotunda olup, 932m kotuna kadar 12 kat galerisi mevcuttur. Bu kat galerileri arasındaki dü ey mesafe aynı zamanda panoların yüksekliklerini belirlemektedir.

Kat galerileri 4,5m x 4,5m kesitinde olup, tavan ta ında (bazalt) sürülmü lerdir. Tahkimat tavan cıvatası, çelik hasır ve püskürtme beton ile yapılmı tır. Cevher damarı do rultusunda sürülen kat kılavuzları bazı katlarda cevherin içerisinde, bazılarında ise bazalt içerisinde sürülmü tür. Kılavuzların cevher damarı içerisinde sürüldü ü katlarda damar do rultusuna dik yönde "T" ekinde açılan damar içi galerileri ile panolar olu turulmakta, kat kılavuzlarının bazalt içerisinde sürüldü ü durumlarda ise cevher damarına do ru sürülen damar içi galerileri ile cevhere ula ılmaktadır. Tavan ta ı (bazalt) içerisinde, 4,5m x 4,5m kesitinde açılan kat kılavuzları cevher do rultusuna paralel ekilde cevher sınırına kadar devam etmektedir.

2.2.8 Damar İçi Galerileri

Cevher damarı do rultusunca sürülen kat galerilerinden, cevher do rultusuna dik yönde açılmı olan 7m geni li inde ve 4,5m yüksekli indeki damar içi galerileri ile (taban ve taban galerileri ile) panolar olu turulmaktadır. Tabandan tabana galeriler arasındaki mesafe panolarda 12-15m arasında de i mektedir. Damar içi galerileri cevher-arjilit konta ına gelindi inde sonlandırılmaktadır.

2.2.9 Pano Ba langıç Bürü (Slot)

Panoda üretimin ba layabilmesi için, panonun önünün kesilerek serbest bir yüzey olu turulması gerekmektedir. Bu serbest yüzey, panonun sonuna kadar açılmı olan tavan ve taban galerilerinin bir pano ba langıç bürü (slot) ile ba lanması ve bu bürün tüm pano geni li ini kapsayacak ekilde geni letilmesiyle sa lanmaktadır. Slot olarak adlandırılan bu bür, iki a amalı patlatma yoluyla taban galerisinden tavan galerisine do ru açılmaktadır. Slot açma i lemi pano sonunda taban galerisinin sa veya sol kö esinden ba lanarak yapılmaktadır.

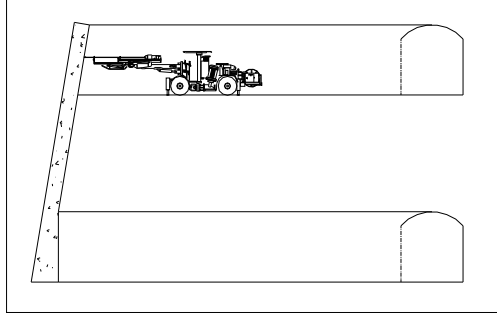
2.3 Uygulanmakta Olan Yeraltı Üretim Yöntemi

A iköy yeraltı i letmesi 945m ve 792m kotları arasında yer alan do u ve batı sektörü cevherinin üretiminde “Dolgulu Oda” yöntemi uygulanmakta olup üretim kapasitesi 420.000 ton/yıl’dır.

Halen uygulanmakta olan üretim yönteminde 932m kotundan ba layıp yakla ık % 6-7 e imle en alt kat olan 792m kotuna kadar helezonik bir ekilde ula an servis rampasından cevher yata ına do ru, katlar arası mesafe 12-15 m arası olacak ekilde kat galerileri açılmaktadır. Yedi er metre geni li inde ve 12’ er metre yüksekli inde dizayn edilen panolara ula an kat galerilerinden panonun üst ve alt katından pano geni li ine e it olacak ekilde 7m geni li inde ve 5m yüksekli inde pano hazırlık galerileri açılmaktadır. Hazırlık galerileri panoya ula tıktan sonra sa lı ve sollu T ekinde açılarak pano sonuna kadar sürülmektedir. Alt kattaki panonun tavan galerisi bir üst katta üretilecek olan panonun taban galerisi olarak tekrar kullanılaca ndan, bu galeri hem kendinin hem de üretimi yapılmı olan pano bo lu unun duraylılı nı sa lamak bakımından tavan cıvatası, çelik hasır ve püskürtme beton yöntemi ile tahkim edilmektedir.

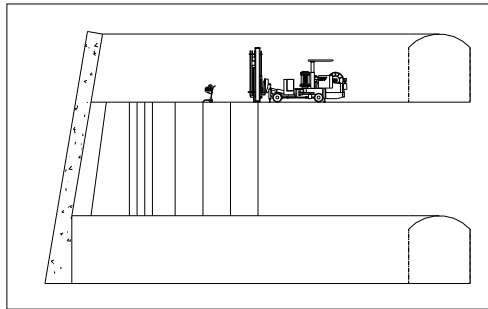
Pano hazırlık galerilerinin geni açılmı olması, cevher içerisinde açıldı ndan (yani galeri açılırken cevher üretildi inden) maliyeti fazla etkilememekte ve panoda cevher üretimi sırasında delme-patlatma ve yükleme i lerini kolayla tırmaktadır.

Pano içerisindeki tavan ve taban galerileri Atlas Copco çift kollu Elektrikli Jumbo Rocket Boomer 282 delik delme makinası ile 45mm çapında ve 3,5m boyunda açılan paralel deliklerin gecikmeli kapsül ve Power gel PM 365 patlayıcı madde kullanılarak patlatılması ile açılmaktadır (ekil 2.4).



ekil 2.4 Tavan galerisinde ilerleme

Panonun sonuna kadar açılmış olan tavan ve taban galerileri bir ba yukarı ile iki a amalı patlatma yoluyla ba landıktan sonra panonun tüm ön cephesini kapsayacak ekilde (7m) geni letilmektedir. Panodan cevher üretimi, üst kattaki pano geni li inde açılmış olan tavan galerisinden Atlas Copco Simba H1254 marka delik delme makinası ile yukardan a a ıya açılan 7,5m (tavan galerisi tabanından taban galerisi tavanına kadar) uzunlu unda ve 76mm çapında paralel deliklerin, ANFO ile doldurularak (yemleme dinamidi PM 365) gecikmeli kapsül ile patlatılması ile yapılmaktadır (ekil 2.5).

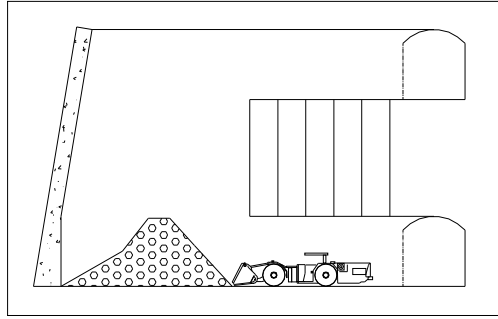


ekil 2.5 Panoda cevher üretimi

Pano bo lu u içerisindeki patlatılmış cevher, taban galerisinden Atlas Copco-Scooptram ST1030 marka ve 4,6m³ kapasiteli uzaktan kumandalı lastik tekerlekli yükleyici ile yüklenerek cevher ba yukarısına ta ınmakta oradan da kırıcı besleme

silosuna aktarılan cevher, bantlı konveyör yardımı ile dikey bantlı konveyöre (flexowell) beslenmektedir (ekil 2.6).

Pano bo lu unun tavanı, iyi tahkim edilmi tavan galerisinin tavanından olu tu u için güvenli olmasına ra men, pano yan duvarlarından olu abilecek tehlikelere kar ı (kavlak dü me gibi), pano içerisinde cevherin yükleme i i uzaktan kumandalı yükleyici ile yapılmaktadır. Yükleyici uzaktan kumanda yardımı ile pano bo lu undan güvenli olan kat galerisine çıktıktan sonra operatör kanalı ile manuel olarak cevher ba yukarısına götürülmektedir.



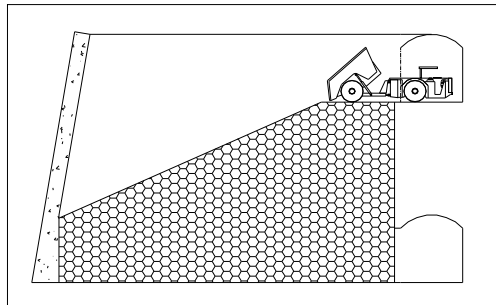
ekil 2.6 Cevher nakliyesi i lemi

Cevher kaybının ve seyrelmesinin asgari seviyede tutulabilmesi için üretim yapımı olan pano bo lukları dolgu malzemesi ile doldurulmaktadır. ki pano bo lu u %5 çimento katkılı dolgu malzemesi ile aradaki pano bo lu u ise ekonomik olması bakımından çimentosuz dolgu malzemesi ile doldurulmaktadır. Cevher sınırındaki pano bo luklarının çimento katkılı dolgu ile doldurulmasına özen gösterilmektedir.

Açık ocaktan gelen kırılmı bazalt, dolgu malzemesi olarak kullanılmak üzere 1080m kotundan dolgu kuyusuna dökülmektedir. 940m kotundaki kuyu dibinden bantlı konveyörle dahili dolgu kuyularına ta man dolgu malzemesi, desandreler vasıtası ile üretim yapılan katlara iletilmektedir. Desandre dibinden Atlas Copco Wagner MT 2000 tipindeki 7m³ kapasiteli arkadan bo altmalı kamyonu yüklenen 0-125mm tane irili indeki dolgu malzemesi, pülp boruları kanalı ile iletilen çimento erbeti ile karı tırılarak tavan galerisinden pano bo lu una a amalı olarak

bo altılmaktadır. Bir üretim panosunun dolgu süresi panonun boyunun büyüklü üne ba lı olarak de i mekle beraber yakla ık 10 gündür (ekil 2.7).

Panoların üretim sıralaması alt katlardan üst katlara do ru olmakla beraber, bir üst kattaki panoların üretimine geçmek için alt kattaki panoların tümünün üretimi beklenmemektedir. Bunun iki önemli nedeni vardır. Birincisi alt kattaki panonun tavan galerisi üst kattaki panonun taban galerisi olarak tekrar kullanıldı ı için dolgu malzemesi ile doldurulmamaktadır. Yani üst kat panolarının taban galerilerinin tabanı dolgu malzemesinden olmaktadır. Bu durumda tüm galeriler yan yana gelince (galeri geni li i pano geni li i ile aynı oldu undan) henüz üretilmemiş panoların altında destek kalmayaca ı için duraylılık sorunu olu acaktır. İkincisi ise, aynı katta çok sayıda pano bulundu undan aynı kat galerilerinden çok sayıda panonun üretimi zor olacaktır. Bu nedenlerle, bir kaç kattan aynı anda üretim yapmak hem panoların duraylılı ı ve makina -ekipmanların trafik organizasyonu hem de cevher tenör optimizasyonu açısından uygun olmaktadır. Genelde alt kattan yukarıya do ru pano üretim sıralaması üçgen veya diyagonal ekinde olmaktadır.



ekil 2.7 Panoda dolgu i lemi

Delme patlatma, yükleme, nakliye ve dolgu gibi tüm operasyonlar, tavan kontrolü sa lanmış galeriler içerisinde yapıldı ından, i güvenli i açısından emniyetli bir yöntemdir. Pano bo luklarının tavanının tavan civatası ile tahkim edilmiş olması, pano yan duvarlarının sa lam cevher kütesinden veya çimento katkılı dolgudan olu ması ve aynı zamanda pano içerisinde yükleme i lerini operatörsüz uzaktan kumandalı yükleyicilerle yapılması yöntemi emniyetli kılmaktadır.

2.4 Cevher Nakliye Yöntemi

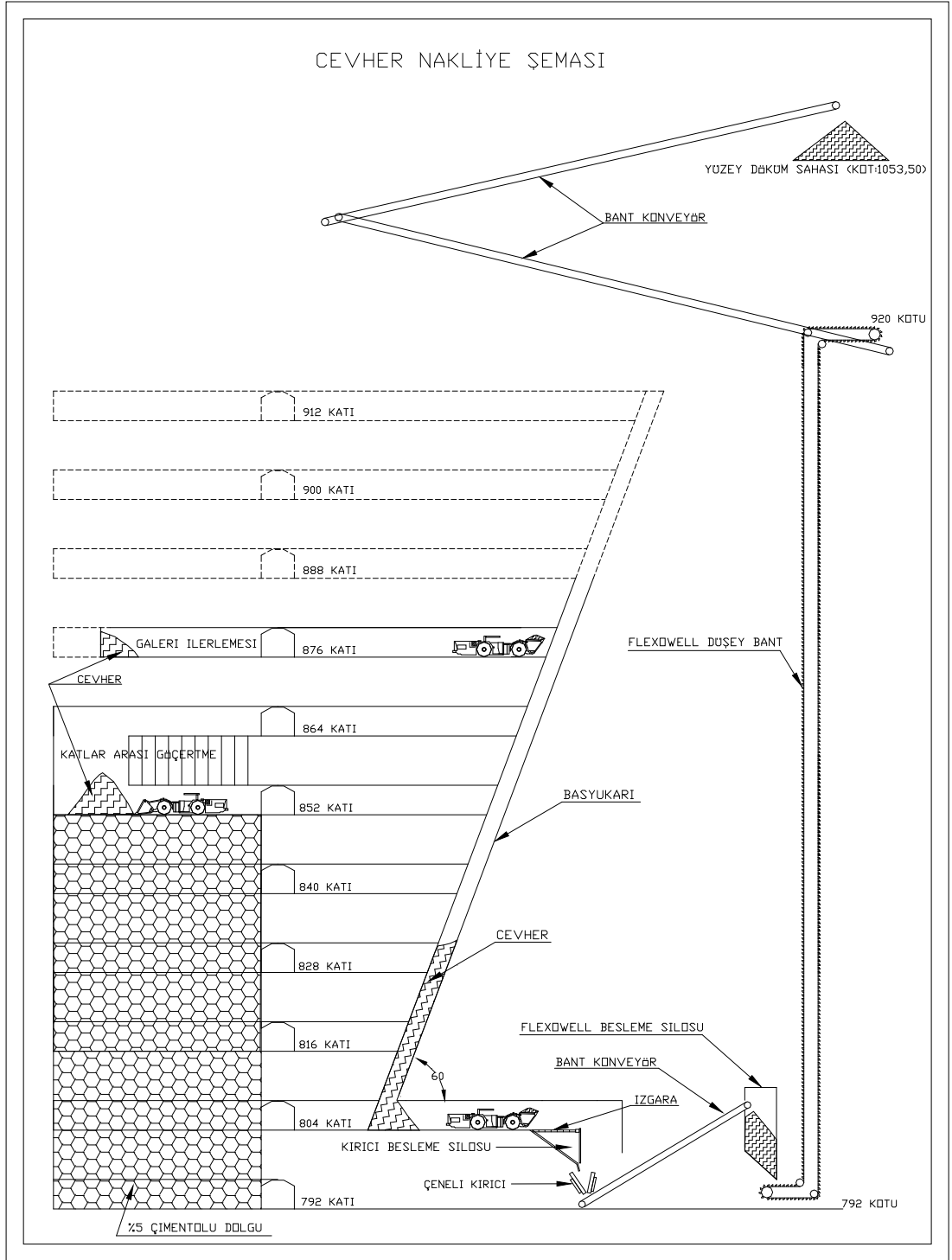
Halen 945m ve 792m kotları arasında üretilmekte olan do u ve batı cevherinin nakliyesi u ekilde yapılmaktadır. Her katta panolardan üretilen cevher Atlas-Copco ST- 6C marka 4,6 m³ kepçe kapasiteli lastik tekerlekli yükleyicilerle pano alt galerilerinden yüklenerak cevher ba yukarisına bo altılmaktadır (cevher ba yukarisı 912m kotundan 804m kotuna kadar devam etmekte ve 60° e ime, 3,05m çapına sahiptir). Cevher ba yukarisının altından yükleyici ile alınan cevher çeneli kırıcıya verilmekte orada kırılan cevher, sarsak besleyici yardımı ile 920m ile 792m kotu arasında yer alan nakliye kuyusu içerisindeki 140ton/saat ta ıma kapasitesine sahip dikey bantlı konveyöre (flexowell) beslenmektedir (ekil 2.8).

Dikey bantlı konveyör vasıtası ile 920 kotuna çıkarılan cevher, 985 desandresindeki (bu desandrenin uzunlu u 700m, kesiti B18 ve e imi %9 civarındadır) 800mm bant geni li inde ve 560m uzunlu undaki bantlı konveyöre aktarılmakta oradan yeryüzündeki döküm sahasına dökülmektedir.

2.5 Dolgu (Ramble) Yöntemi

Açık i letmeden kamyonlarla gelen 0-125mm tane irili indeki kırılmış bazalt, dolgu (ramble) malzemesi olarak kullanılmak üzere 1080m kotunda dolgu kuyusuna dökülmektedir. 940m kotuna kadar ula an bu dolgu kuyusu 140m derinli e ve 3,05 m çapına sahiptir. 940m kotundaki dolgu kuyusunun dibinden bir bantlı konveyörle ta ınan dolgu malzemesi dahili kuyulara bo altılmakta oradan da desandreler vasıtası ile üretim yapılan katlara ula tırılmaktadır.

Desandrelerden 7m³ kasa kapasiteli arkadan bo altmalı kamyonu a ırlıkça %5 oranında çimento erbeti ilave edilerek (püskürtülerek) yüklenen dolgu malzemesi, pano tavan galerilerinden üretimi yapılmı olan pano bo luklarına doldurulmaktadır (ekil 2.9).



ekil 2.8 Mevcut cevher nakliye sistemi

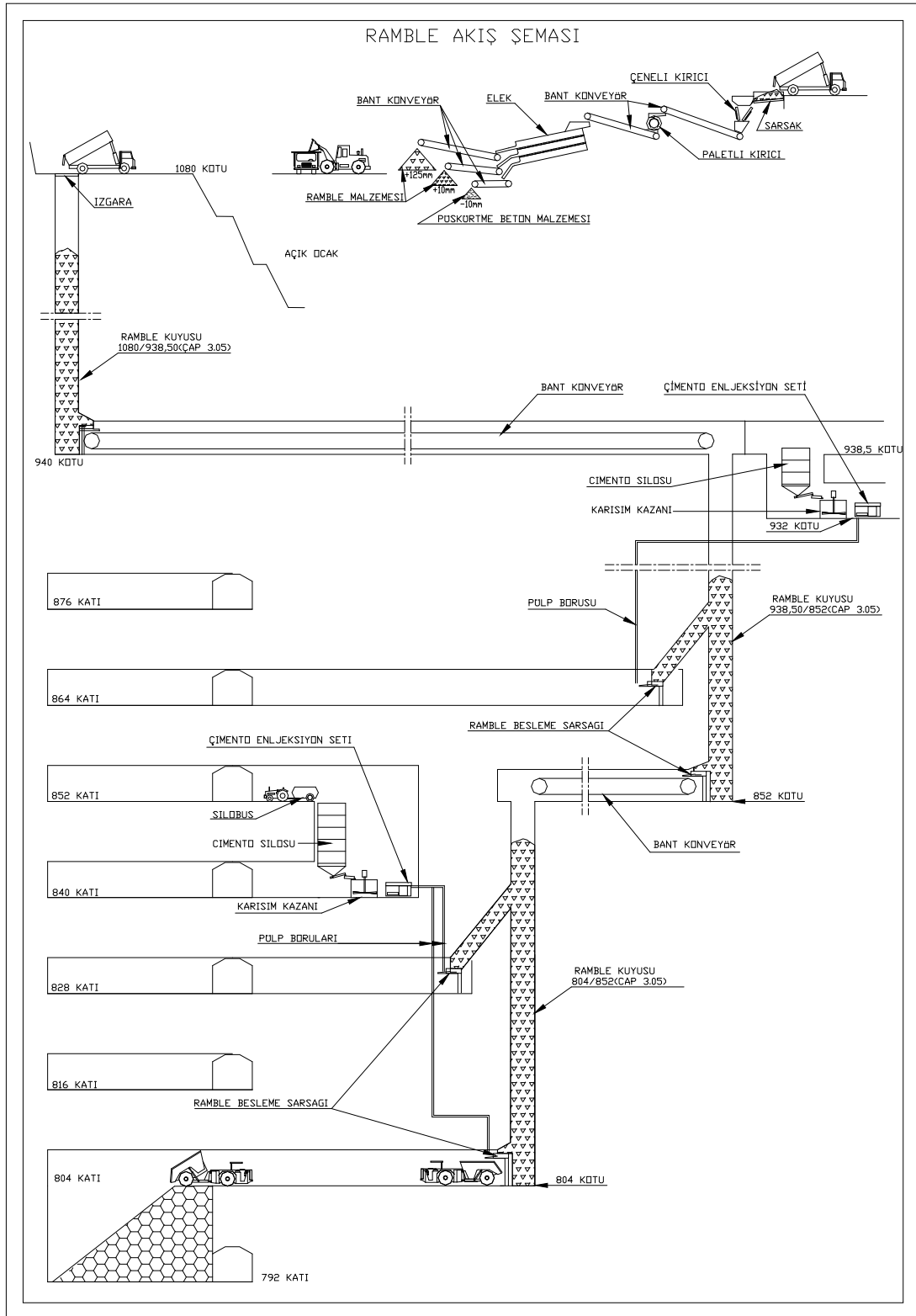
Tavan galerisinden pano bo lu una doldurulan dolgu malzemesi yeterli stabiliteyi kısa sürede sa ladı ından, kamyon bir önceki seferde döktü ü dolgunun üzerine çıkarak bir sonraki dolguyu bo altmaktadır. Odaların ve topukların duraylılı ı açısından bir sorun olu turmadı ından ve ekonomik olması bakımından iki beton karı ımı dolgu ile doldurulan panoların arasında kalan pano ise, çimento katmadan bazalt dolgu ile doldurulmaktadır.

Tavan galerilerinden arkadan bo altmalı kamyonlarla çimento katkılı dolgu malzemesi panolara doldurulmaktadır. Odaların, geçici olarak bırakılan ve sonradan üretilen topukların ve de genel anlamda yeraltı i letmesinin duraylılı ı sorunsuz olarak sa lanmaktadır.

2.6 Havalandırma Yöntemi

A ıköy Bakır iletmesi yeraltı i letmesinde üretim çalı maları halen 920 giri katı ile 792 üretim katı arasındaki katlarda devam etmektedir. Mevcut i letmeye temiz hava 920 galerisinden girmekte, rampayı, üretim panolarını ve istihraç kuyusunu geçerek a a ı katlara do ru ilerlemekte ve en alt seviyedeki 792 katına ula maktadır. Kirlenen hava 792m – 940m kotları arasındaki hava dönü kuyusundan 940m kotuna ula makta ve daha sonra 940m - 1080m kotları arasındaki kuyudan oca ı terk etmektedir. Hava dönü kuyusunun çapı 3,05 m'dir. 1080m kotu giri inde 2 adet 90 kW'lik emici vantilatör bulunmaktadır. Kı aylarında do al havalandırmadan da yararlanılmaktadır. Mevcut yeraltı i letmesi havalandırma planı ekil 2.10'da verilmi tir.

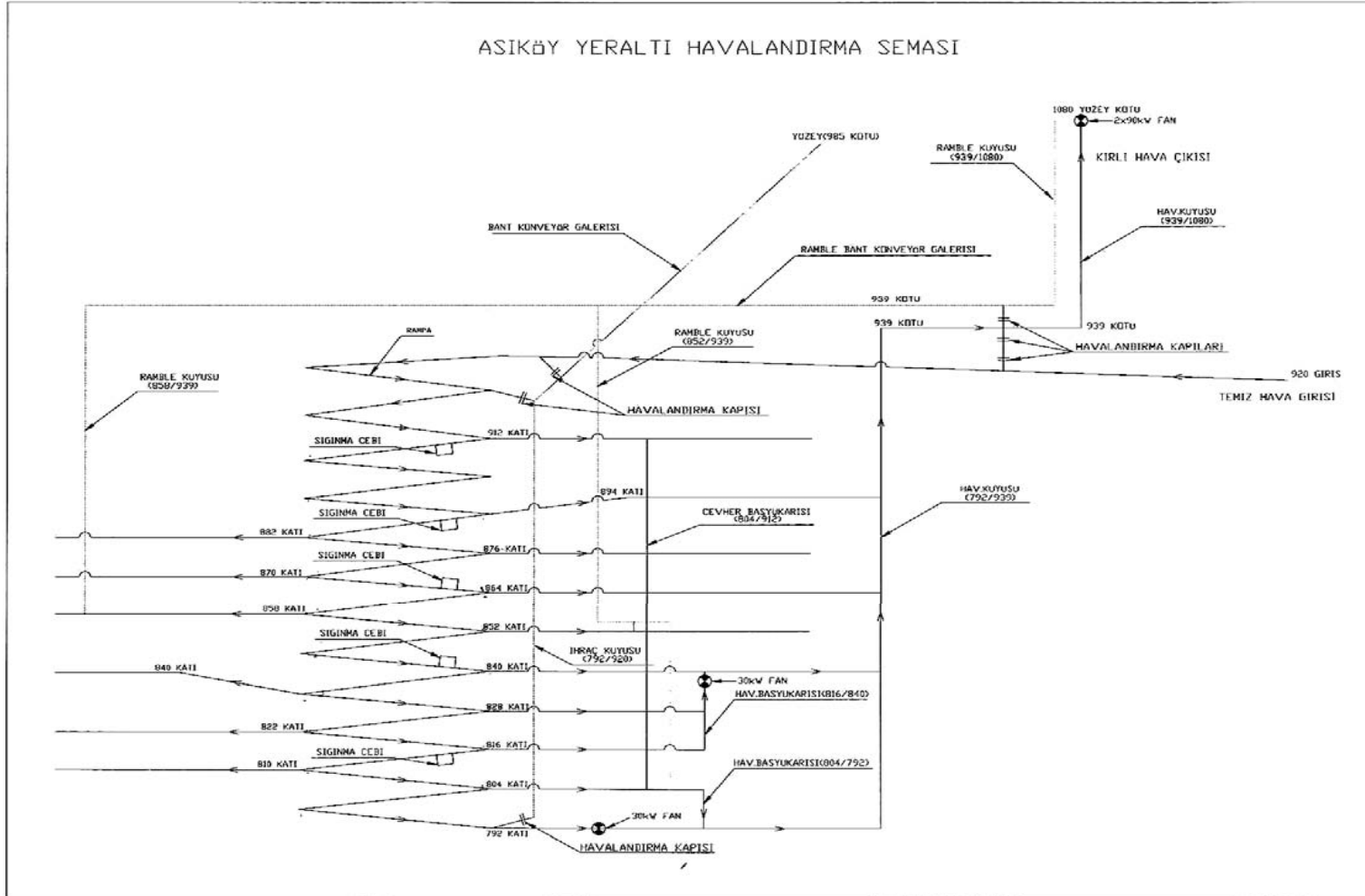
Tali havalandırma için güçleri 3,5kW ile 30kW arasında de i en fanlar kullanılmaktadır Ayrıca, tali havalandırma için katları birbirine ba layan 1,5m x 1,5m boyutunda havalandırma ba yukarıları açılmı tir.



ekil 2.9 Mevcut dolgu sistemi

2.7 Su Atımı

792-932 katları arasındaki mevcut atık su, 792 katında bulunan atık su havuzundan 2 adet 55 kW'lık pompa vasıtasıyla 792m - 920m kotları arasındaki ihraç kuyusu içinden 920 katına, oradan da 920m - 985m kotları arasındaki bant galerisi yoluyla 932m kotundaki atık su havuzuna nakledilmektedir. Atık su havuzunda dinlendirilen suyun temiz kısmı yeraltında kullanılmak üzere yeraltı temiz su sistemine basılmakta, havuzdaki suyun fazlası ise 932m - 920m kotları arasında bulunan ana giri galerisindeki atık su kanalı vasıtasıyla tünel dı na atılmaktadır.



Şekil 2.10 Aşıköy mevcut yeraltı işletmesi havalandırma planı

BÖLÜM ÜÇ

YERALTI ÜRETİM YÖNTEM SEÇİMİ

3.1 Giriş

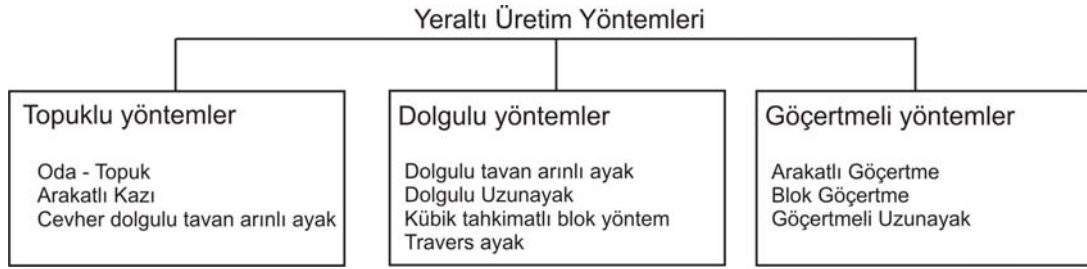
Doğal kaynakların tükenebilirliği dikkate alındığında, maden rezervlerinin optimum şekilde değerlendirilmesi zorunlu hale gelmektedir. Bu bağlamda, üretim yöntemi seçimi en önemli konulardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yeraltı üretim yöntemi seçilirken hedef, olası yöntem seçenekleri arasından teknik, ekonomik, ulusal fayda ve emniyet açısından en uygun yöntemi belirlemek olmalıdır (Köse ve diğeri., 2003). Böylece işletme maksimum karla çalışırken doğal kaynaklar verimli ve güvenli şekilde değerlendirilecektir. Üretim yöntemi seçimi, bir yeraltı işletmesi planlamasının en önemli adımlarından birini oluşturmakta ve çoğu zaman başka bir üretim yöntemine geçiş çok maliyetli olmaktadır.

3.2 Yeraltı Üretim Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Yeraltı üretim yöntemlerinin sınıflandırması pek çok araştırmacı tarafından ele alınmıştır. Tüm sınıflamalarda gözönünde tutulan kriterler; cevher yatağının derinliği, geometrik özellikleri (eğim, kalınlık), tenör dağılımı ve jeomekanik özellikleri olarak sıralanabilir. Bu kriterlere göre yapılan sınıflandırmalar ilk olarak Peele (1941) tarafından oluşturulmuş, ardından Young (1946), Lewis ve Clark (1964) tarafından modifiye edilmiştir. Yeraltı üretim yöntemlerinin sınıflandırılması üzerine yapılan daha sonraki araştırmalar Morrison ve Russell (1973), Boshkov ve Wright (1973), Thomas (1973), Nicholas (1981) ve Hamrin (1998) ekinde sıralanabilir.

Genel olarak kabul gören Amerikan sınıflandırma sistemi ekin 3.1’de verilmiştir (Hartman & Mutmanský, 2002). Thomas (1973) tarafından yeniden modifiye edilen cevher yatağının özelliklerine göre üretim yöntemi seçim tablosu ve sistemi ise Tablo 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1 Yeraltı üretim yöntemlerinin sınıflandırılması (Hartman& Mutmanský, 2002)

Tablo 3.1 Yeraltı üretim yöntemi seçim tablosu (Thomas, 1973)

Geometrik Şekil	Eğim	Kalınlık	Cevher Dayanımı	Yankayaç Dayanımı	Uygulanabilir Yöntemler	
Tabular (Levha)	Yatay	İnce	Sağlam	Sağlam	Oda-Topuk yöntemi	
			Zayıf Sağlam	Zayıf	Uzunayak	
		Kalın	Sağlam	Sağlam	Dolgulu oda yöntemi	
			Zayıf Sağlam	Zayıf	Arakatlı göçertme	
	Dik	İnce	Sağlam	Sağlam	Cevher dolgulu tavan arınlı ayak Arakatlı kazı	
			Sağlam	Zayıf	Dolgulu tavan arınlı ayak Kübik tahkimatlı blok	
			Zayıf	Sağlam	Kübik tahkimatlı blok	
			Zayıf	Zayıf	Kübik tahkimatlı blok	
		Kalın	Sağlam	Sağlam	Cevher dolgulu tavan arınlı ayak Arakatlı kazı	
			Sağlam	Zayıf	Cevher dolgulu tavan arınlı ayak Arakatlı göçertme Kübik tahkimatlı blok	
			Zayıf	Sağlam	Arakatlı göçertme Blok göçertme Kübik tahkimatlı blok	
			Zayıf	Zayıf	Arakatlı göçertme Blok göçertme Kübik tahkimatlı blok	
	Masif			Sağlam	Sağlam	Dolgulu tavan arınlı ayak Arakatlı kazı
				Zayıf	Zayıf Sağlam	Arakatlı göçertme Blok göçertme Kübik tahkimatlı blok

3.3 Yeraltı Üretim Yöntemi Seçimini Etkileyen Faktörler

Üretim yöntemi seçilirken maksimum kar esas amaç olmakla beraber, nihai yöntem seçimini etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Örneğin, yüksek üretim verimliliği, emniyetli ve ekonomik çalışma koşulları yöntem seçiminde göz önünde bulundurulması gereken faktörlerden öne çıkanlarıdır.

Bazı durumlarda cevher kütlesinin geometrik özellikleri ve cevher kütlesi ile çevreleyen yankayaçların jeolojik, hidrojeolojik ve jeomekanik özellikleri spesifik bir üretim yönteminin seçimini zorunlu kılmaktadır. Örneğin cevher ve yantaşın çürük (çok zayıf) olması durumunda kübik tahkimatlı sistemin uygulanması gibi.

Birkaç üretim yöntemi alternatifinin teknik açıdan uygulanabileceği durumlarda ise, nihai seçim ekonomik açıdan en uygun yöntemin belirlenmesini kapsamaktadır. Başlıca üretim yöntemlerinin birbirlerine göre göreceli ve mutlak birim maliyetleri Tablo 3.2’de görülmektedir.

Tablo 3.2 Üretim yöntemlerinin göreceli ve birim maliyetleri (Hartman& Mutmansky, 2002)

Üretim yöntemi	Göreceli maliyet	Birim maliyet (\$/ton)
Oda – Topuk	20	10-25
Ambarlı ayak	45	30-70
Arakatlı kazı	20	12-35
Dolgulu tavan arınlı ayak	55	30-70
Kübik tahkimatlı yöntem	100	50-150
Uzunayak	15	10-20
Arakatlı göçertme	15	10-30
Blok göçertme	10	5-15

Tablo 3.3’de ise, cevher kütlesinin eğiminin üretim yöntemi seçimi üzerine etkisi görülmektedir. Yataklanma tipi yatay, eğimli ve dik damar ise yöntemler değişkenlik göstermekte fakat aynı yöntem hem eğimli hem dik cevherleşmede seçilebilmektedir. Dolayısı ile yöntem seçimi yaparken değişkenlere göre yöntemlerin girişim yapması sebebi ile dikkatli ve detaylı değerlendirmeler yapmak gereklidir.

Tablo 3.3 Cevher kütlesinin eğimi ile üretim yöntemleri arasındaki ilişki (Hamrin, 1998)

Damar eğimi	Üretim yöntemi	Uygulama
Yatay damar	Oda – Topuk	Sağlam yatay cevher kütlesi
Yatay damar	Uzunayak	İnce damar tipi cevher kütlesi
Eğimli damar	Oda – Topuk	Sağlam cevher kütlesi
Eğimli damar	Uzunayak	İnce damar tipi cevher kütlesi
Eğimli damar	Dolgu tavan arınlı ayak	Kompakt cevher kütlesi, seçimli ve mekanize üretim
Eğimli damar	Kübik tahkimatlı yöntem	Yüksek tenörlü cevher, yoğun işçilik
Dik damar	Arakatlı kazı	Sağlam ve sınırları düzenli cevher kütlesi
Dik damar	Ambarlı ayak	Sağlam ve sınırları düzenli cevher kütlesi
Dik damar	Dolgu tavan arınlı ayak	Kompakt cevher kütlesi, seçimli ve mekanize üretim
Dik damar	Arakatlı göçertme	Geniş cevher kütlesi, yoğun hazırlık işlemleri
Dik damar	Blok göçertme	Masif cevher kütlesi, yoğun hazırlık işlemleri
Dik damar	Uzunayak	İnce damar tipi cevher kütlesi
Dik damar	Kübik tahkimatlı yöntem	Yüksek tenörlü cevher, yoğun işçilik

İster tahkimatlı isterse tahkimatsız olsun, kayaç dayanımı açılacak olan üretim boşluklarının boyutlarını doğrudan etkilemektedir. Eğer açılan boşluklar çok büyük olursa çalışma koşulları güvensiz olacak, göçükler oluşabilecektir. Bunu önlemek için açılan boşlukların boyutlarının azaltılması gerekir.

Üretim yöntemi seçimi üzerinde cevher rezervi ve cevher tenörünün de etkisi büyüktür. Tablo 3.4’de dik bir eğime sahip bakır madeninde 3 farklı durum için rezerv ve tenör değerleri verilmiştir.

“A” durumu, yüksek tenörlü ve düşük rezervli bir cevherleşme için söz konusudur. Kübik tahkimatlı yöntem gibi düşük yatırımlı, yüksek işletme giderli, küçük ölçekli bir madencilik faaliyetinin “A” durumu için daha uygun olacağı göze çarpmaktadır.

Tablo 3.4 Bir bakır madeni için örnekleme (Hamrin, 1998)




















Durum	Sınır tenör (%)	Ortalama tenör (%)	Cevher rezervi (ton)
A	4,0	5,5	500.000
B	1,5	2,5	5.000.000
C	0,5	0,9	50.000.000

“B” durumunda, cevher rezervi açısından dolgulu tavan arınlı ayak gibi normal ölçekte bir madencilik faaliyetinin yapılması daha uygun olacaktır.

“C” durumunda ise, blok göçertme ve arakatlı kazı yöntemi gibi oldukça büyük ölçekli, yüksek yatırım maliyetli ve yüksek kapasiteli üretim yöntemlerinin tercih edilmesi beklenmektedir.

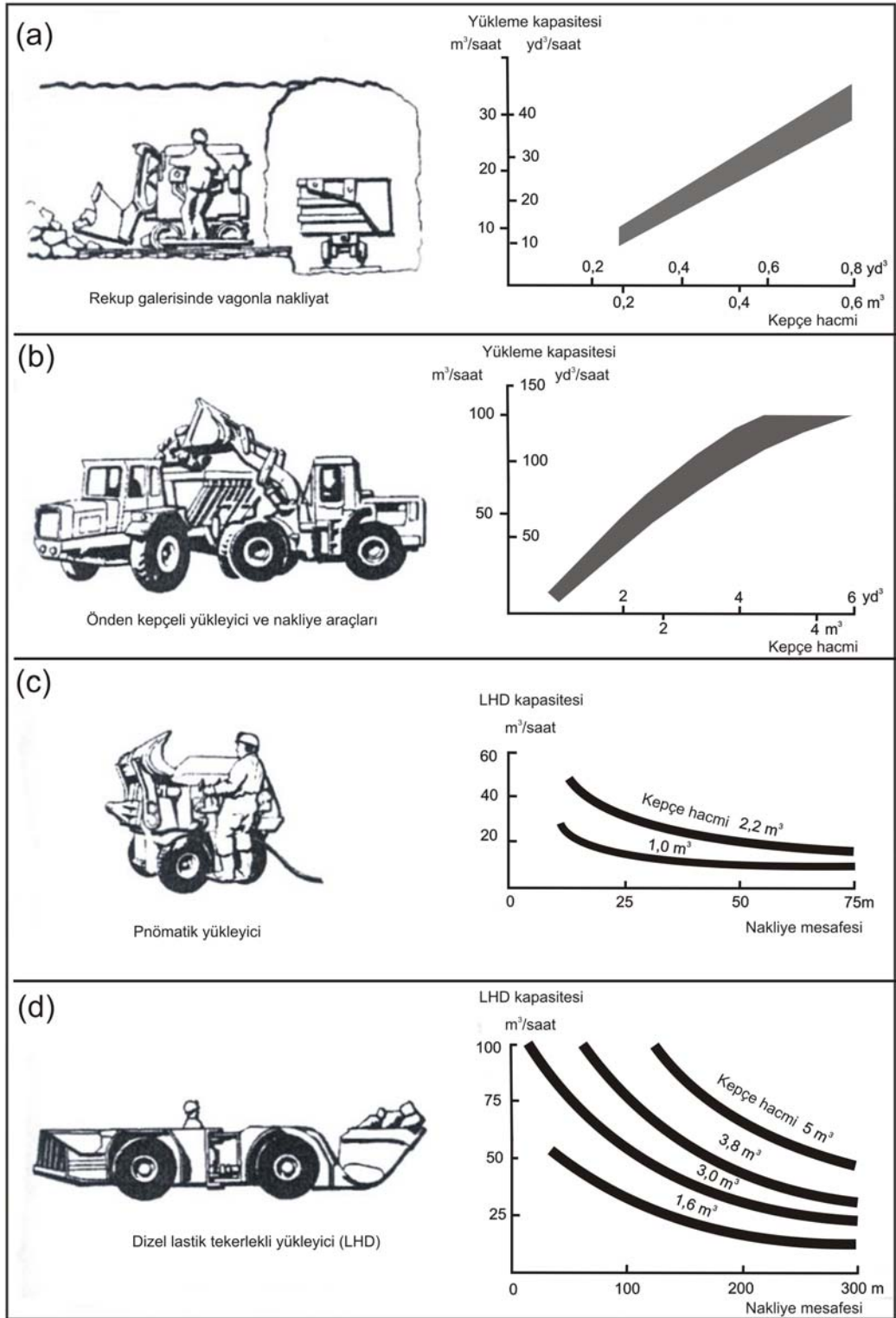
Gelişen teknolojiye paralel olarak mekanizasyonun yeraltı madenciliğine girmesiyle yoğun işçilik yerini yüksek kapasiteli makinelere bırakmış, bunun sonucu yüksek üretim kapasiteleri ve verimlilik elde edilmiştir. Üretim yöntemine uygun makine ve ekipman seçimi planlamanın önemli aşamalarından birini oluşturmaktadır.

Üretimin aşamaları delme, patlatma, yükleme ve nakliye döngüsünden oluşmaktadır. Şekil 3.2’de başlıca üretim yöntemlerinde kullanılan delici makinalar ve performansları, Şekil 3. 3’de ise farklı nakliye araçları ve performans değerleri görülmektedir.

Üretim Yöntemi	Arakatlı kazı		Arakatlı göçertme	Oda - Topuk Yöntemi		Ambarlı Ayak	
Delme ve Patlatma Tekniği	 Paralel delik düzeni		 Yelpaze delik düzeni				
Uygulanabilir Delme Ekipmanı	 Mekanize DTH delici		 Mekanize Fan patern delici	 Mekanize Jumbo	 DTH delici	 Sehpalı havalı delici	 Sehpalı havalı delici
Delik çapı, mm	 105 - 115	 152 - 165	 48 - 51	 38 - 48	 64 - 76	 29 - 33	 29 - 33
Delik boyu, m	50 - 60	50 - 60	12 - 15	3,5 - 5,5	Gerektiği kadar	2,0 - 2,5	2,0 - 2,5
Delme Ekipmanı Performansı							
Pnömatik delme m/h	50	50	200 - 240	60 - 75	15 - 25	8 - 12	10 - 15
Hidrolik delme m/h	Uygulanmaz (N/A)	N/A	240 - 300	90 - 110	25 - 35	N/A	N/A
Delme - patlatma							
Üretim, m ³ /m	8 - 10	14 - 18	1,8 - 2,3	1,5 - 2,0	3,0 - 4,0	0,7 - 0,9	0,7 - 0,9

Şekil 3.2 Başlıca üretim yöntemlerinde kullanılan deliciler ve performansları (Hartman, 2002)

Yöntem seçimlerinde Şekil 3.2’de görülen ekipmanın oldukça etkisi vardır. Mekanize sistem, seçilecek delici makina seçimi, yöntem seçimlerini de doğrudan etkileyecektir. Ayrıca metal madenlerinde yükleme ve boşaltmada oldukça sık kullanılan LHD (Load Haul Dump) makinelerinin seçimi, nakliyat yöntem ve kapasitelerini, dolayısı ile yöntemin verimliliğini etkilemektedir. Şekil 3.3’de a ve b resimlerinde kepçe hacmi ile artan yükleme kapasitesi, c ve d resimlerinde ise nakliyat mesafesinin büyümesiyle azalan LHD kapasiteleri gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Nakliye yöntemleri ve performans değerleri (Hartman&Mutmansky, 2002)

3.4. Yeraltı Üretim Yöntemi Seçiminde Kullanılan Yaklaşımlar

Üretim yöntemi seçimi, bir yeraltı işletmesi planlamasının en önemli adımlarından birini oluşturmaktadır. Bu sebeple zayıf-sağlam kayaç, ince-kalın damar gibi sözel kriterler yerine, kriterlerin sayısal değerlerle ifade edilmesi gerekli hale gelmiş ve bu amaçla araştırmacılarca çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir.

3.4.1 Nicholas Yaklaşımı

Üretim yöntemi seçiminin sayısal veriler ele alınarak değerlendirilmesi ilk olarak Nicholas (1981) tarafından geliştirilen bir yaklaşımla değerlendirilmiştir. Buna göre üretim yöntemi seçimini denetleyen beş ana faktör söz konusudur (Arıoğlu, 1994).

- Yatağın şekli
- Yatağın kalınlığı
- Yatağın eğimi
- Tenör dağılımı
- Cevher, tavan ve taban formasyonlarının jeomekanik özellikleri

Nicholas yaklaşımında tüm bu faktörler belli kriterler çerçevesinde sayısal değerlerle puanlanarak yöntemler arasında uygulanabilirlik açısından karşılaştırma yapılmaktadır. Değerlendirilmeye alınan üretim yöntemleri;

- Blok göçertme
- Arakatlı kazı
- Arakatlı göçertme
- Uzunayak
- Oda-Topuk
- Ambarlı kazı
- Dolgulu tavan arınlı ayak
- Travers ayak
- Kübik tahkimatlı ayak

olarak sıralanabilir. Cevher yatağının geometrik ve jeomekanik özelliklerine göre üretim yöntemlerine rakamsal değerler atanmakta ve toplamda en yüksek değeri elde eden üretim yöntemi belirlenmektedir. Nicholas yaklaşımına göre puanlama değerleri Tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3.5 Kriter puanlama tablosu (Nicholas, 1981)

Üretim yönteminin uygulanabilirliği	Puan
Tercihen uygulanır	3 – 4
Mümkün	1 – 2
Uygulama olasılığı az	0
İmkansız	-49

3.4.2 UBC Yaklaşımı (University of British Columbia)

Miller-Tait ve diğer., (1995) tarafından, Nicholas yaklaşımı modifiye edilerek, UBC üretim yöntemi seçim prosesi geliştirilmiştir. Bu aşamada UBC üretim yöntemi seçiminde kullanılan parametreler üzerinde durmak gerekmektedir (Tablo 3.6). Puanlama sistemi Nicholas yaklaşımına benzer olmakla birlikte Kanada’da yaygın olarak kullanılan dolgulu üretim yöntemlerine göre (oda-topuk ve cevher dolgulu tavan arınlı ayak) puanlamalar yeniden düzenlenmiştir. Uygulanabilirlik puanlamaları bölümüne 5 ve 6 puanlama değerleri ve arakatlı kazı üretim yöntemini kimi durumlarda tamamen elimine etmemek için (-10) değeri ilave edilmiştir.

Tablo 3.6 Yeraltı üretim yöntemi seçim tablosu (UBC metodu)

Üretim yönteminin uygulanabilirliği	Puan
Tercihen uygulanır	3 – 6
Mümkün	1 – 2
Uygulama olasılığı az	0
Uygulama olasılığı oldukça az	-10
İmkansız	-49

Tablo 3.7’deki kriterlere göre her bir üretim yöntemine puan verilmekte ve toplamda en fazla puanı alan üretim yöntemi tespit edilmektedir. Seçim kriterlerine göre üretim yöntemlerinin alabileceği puanlar Tablo 3.8, 3.9 ve 3.10’da verilmiştir.

Tablo 3.7 UBC üretim yöntemi seçim kriterleri (Miller-Tait ve diğer., 1995)

Parametreler	Tanımlama
1) Genel geometrik şekil	
• Eşit boyutlu (masif)	Bütün boyutları yaklaşık olarak aynıdır
• Levha (tabular)	Damar kalınlığı diğer iki boyuta kıyasla oldukça küçüktür
• Düzensiz	Boyutlar çok kısa mesafelerde değişmektedir
2) Kalınlık	
• Çok ince	< 3 m
• İnce	3 – 10 m
• Orta	10 – 30 m
• Kalın	30 – 100 m
• Çok kalın	> 100 m
3) Eğim	
• Yatay	< 20°
• Orta	20° - 55°
• Dik	> 55°
4) Derinlik	
• Sığ	0 – 100 m
• Orta	100 – 600 m
• Derin	> 600 m
5) Tenör dağılımı	
• Düzenli	Tenör yatak içinde belirgin şekilde değişmez
• Geçişli	Tenör değerlerinin zonal karakteristikleri olup, bir zondan diğer zona tedrici şekilde değişim gösterir.
• Düzensiz	Çok kısa mesafeler içinde tenör değişimi çok belirgindir ve bu değişimler belirli bir düzen göstermez.
6) Kaya kütle sınıflaması (RMR)	
• Çok zayıf	0 – 20
• Zayıf	21 – 40
• Orta	41 – 60
• Sağlam	61 – 80
• Çok sağlam	81 – 100
7) Kayaç direnç faktörü (RSS)	
• Çok zayıf	< 5
• Zayıf	5 – 10
• Orta	10 – 15
• Sağlam	> 15

Tablo 3.8 Farklı üretim yöntemlerinin geometri / tenör dağılımına göre puanlandırılması (Miller-Tait ve diğer., 1995)

Üretim yöntemi	Geometrik şekil			Cevher kalınlığı					Cevher eğimi			Tenör dağılımı			Derinlik		
	M	T	D	Çİ	İ	O	K	ÇK	Y	O	D	U	T	E	S	O	D
Açık işletme	4	2	3	1	2	3	4	4	3	3	1	3	3	2	4	0	-49
Blok göçertme	4	2	0	-49	-49	0	3	4	3	2	4	3	2	2	2	3	3
Arakatlı Kazı	3	4	1	-10	1	3	4	3	2	1	4	4	4	3	3	4	2
Arakatlı göçertme	3	4	1	-49	-49	0	4	4	1	1	4	3	2	2	3	2	2
Uzunayak	-49	4	-49	4	3	0	-49	-49	4	0	-49	4	1	0	2	2	3
Oda-Topuk	0	4	2	4	3	1	-49	-49	4	0	-49	4	2	0	3	3	2
Ambarlı Kazı	0	4	2	4	4	0	-49	-49	-49	0	4	3	2	2	3	3	2
Cut and fill	1	4	4	3	4	4	1	0	1	3	4	2	3	4	2	3	4
Travers Ayak	1	2	0	1	1	0	2	1	4	2	0	2	1	1	2	1	1
Kübik tahkimatlı	0	1	4	4	3	2	0	0	2	3	2	0	1	3	1	1	2
	M = Masif T = Tabular D = Düzensiz			Çİ = Çok ince (<3m) İ = İnce (3-10m) O = Orta (10-30m) K = Kalın (30-100m) ÇK = Çok kalın (>100m)					Y= Yatay (<20°) O = Orta (20-55°) D = Dik (>55°)			U = Uniform T = Tedrici E = Erratik			S = Sığ (0-100m) O = Orta (100-600m) D = Derin (>600m)		

Tablo 3.9 Üretim yöntemlerinin kaya kütle sınıflamasına göre puanlandırılması (Miller-Tait ve diğer., 1995)

Üretim yöntemi	Cevher zonu					Tavan taşı					Taban taşı				
	ÇZ	Z	O	S	ÇS	ÇZ	Z	O	S	ÇS	ÇZ	Z	O	S	ÇS
Açık işletme	3	3	3	3	3	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
Blok göçertme	4	3	2	0	-49	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2
Arakatlı Kazı	1	3	4	4	4	-49	0	3	4	4	0	0	2	3	3
Arakatlı göçertme	3	4	3	1	0	4	4	3	2	2	1	2	3	3	3
Uzunayak	6	6	4	2	2	6	5	4	3	3	-	-	-	-	-
Oda-Topuk	-49	0	3	5	6	-49	0	3	5	6	-	-	-	-	-
Ambarlı Kazı	0	1	3	3	3	0	0	2	4	4	0	0	2	3	3
Cut and fill	0	1	2	3	3	3	5	4	3	3	3	3	2	2	2
Travers Ayak	3	2	1	1	0	0	0	2	3	3	0	0	1	2	2
Kübik tahkimatlı	4	4	1	0	0	4	4	1	0	0	3	1	0	0	0

RMR değerleri: çok zayıf (ÇZ) = 0-20, zayıf (Z) = 21-40, orta (O) = 41-60, sağlam (S) = 61-80, çok sağlam (ÇS) = 81-100

Tablo 3.10 Üretim yöntemlerinin kayaç direnç faktörüne göre puanlandırılması (Miller-Tait ve diğer., 1995)

Üretim yöntemi	Cevher zonu				Tavan taşı				Taban taşı			
	ÇZ	Z	O	S	ÇZ	Z	O	S	ÇZ	Z	O	S
Açık işletme	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4
Blok göçertme	4	2	1	0	4	3	2	0	4	3	2	1
Arakatlı Kazı	0	2	4	4	0	1	4	5	0	1	3	3
Arakatlı göçertme	2	3	3	2	4	3	2	1	1	2	2	2
Uzunayak	6	5	2	1	6	5	2	2	-	-	-	-
Oda-Topuk	0	0	3	6	0	0	2	6	-	-	-	-
Ambarlı Kazı	0	1	3	4	0	1	3	4	0	2	3	3
Cut and fill	0	1	3	3	3	5	4	2	1	3	2	2
Travers Ayak	3	2	1	0	3	2	2	2	2	2	1	1
Kübik tahkimatlı	4	3	1	0	4	2	1	0	3	2	0	0

RSS değerleri: çok zayıf (ÇZ) = < 5, zayıf (Z) = 5-10, orta (O) = 10-15, sağlam (S) = > 15

Pek çok altın madeninde damar kalınlığının 10m'nin altında oluşu sebebiyle, UBC yaklaşımında damar kalınlığı sınıflandırmasına “çok ince” (<3 m) alt kategorisi eklenmiştir. Örneğin kalınlığı 3 metrenin altında olan bir damarda delici makina ile delik delme işleminde delik sapmalarının etkisi ve dolayısıyla patlatma sonrası seyrelme oranı çok daha yüksek olacaktır. 10m genişliğinde bir kazı alanında 1m seyrelme %10'luk bir etki yaratırken, 3m genişliğinde kazı alanında 1m seyrelme %33'lük bir etki yaratmaktadır (Miller-Tait ve diğer., 1995).

Nicholas yaklaşımdan farklı olarak, UBC seçim metodu cevher yatağının derinliğini de bir kriter olarak ekleyerek açık işletme yönteminin sınırlandırılmasına ve koşullara göre elimine edilmesine olanak sağlamıştır. Üretim derinliği kriteri dikkate alınmadığında açık işletme yöntemi çoğu zaman en uygun yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu düzenleme sayesinde derin madenlerde açık işletmenin uygulanabilirliği azaltılmıştır (Miller-Tait vd. 1995).

UBC üretim yöntemi seçimi kaya mekaniği verilerini RMR (Rock Mass Rating) ve RSS (Rock substance strength) olarak 2 parametrede incelemektedir. RMR değerleri Bieniawski (1984)'nin kaya kütle sınıflamasından elde edilmiştir. 6 parametreden oluşan bu sınıflama kayaca 0-100 arasında bir puanlama vermekte, 0 en kötü 100 ise en iyi değer olmaktadır. Tablo 3.11'de sınıflandırma sistemi ve değer aralıkları görülmektedir.

Tablo 3.11. Kaya kütle sınıflaması (Bieniawski, 1989)

Sınıflandırma parametreleri	Değer aralığı
Kayaç dayanımı	0 - 15
Kayaç kalite göstergesi (%RQD)	3 - 20
Çatlak aralığı	5 - 20
Çatlak durumu	0 - 30
Yeraltı suyu durumu	0 - 15

Kayaç direnç faktörü (RSS) değeri ise, kayacın tek eksenli basınç dayanımının arazi basıncına oranıyla elde edilmektedir.

$$\text{Kayaç direnç faktörü (RSS)} = \frac{\sigma_c}{0,1 \times \gamma \times H}$$

σ_c = Kayacın tek eksenli basınç dayanımı

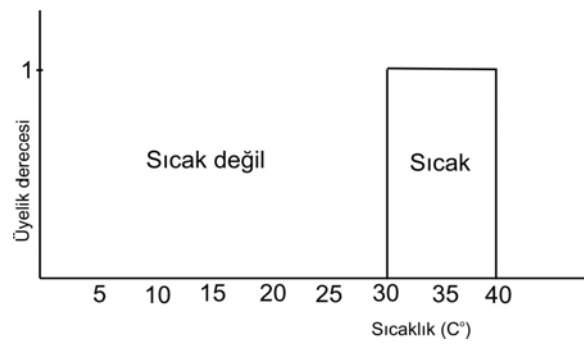
γ = Örtü tabakası ortalama yoğunluğu

H = Derinlik (m)

3.4.3 MMS Yaklaşımı

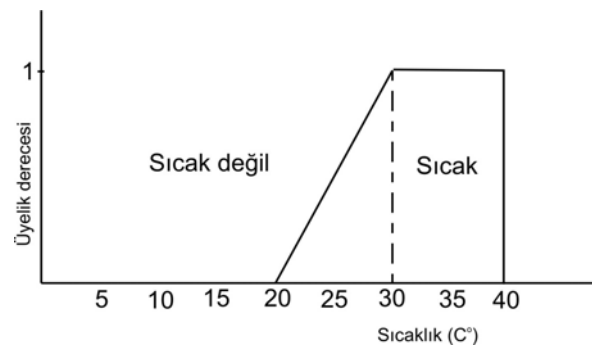
Clayton ve diğer., (2002) tarafından UBC yöntemini bulanık mantık teoremi ile yeniden ele alarak MMS (Mining Method Selection) sistemi geliştirilmiştir. MMS sisteminde bulanık mantık teorisi kullanılarak Nicholas ve UBC yöntemlerinde kriter sınırlarında kalan değerlerdeki belirsizliklerin giderilmesi amaçlanmıştır. Örneğin cevher kalınlığının 30m olması durumunda yatağın orta kalınlıkta mı yoksa kalın bir cevher olarak mı sınıflandırılacağı konusu Nicholas ve UBC yaklaşımında belirsizlik içermektedir.

Zadeh'in "From circuit theory to system theory" başlıklı yazısı bulanık kümeler kuramında bir başlangıç olmuştur. Günümüze kadar büyük ilerlemeler kaydedilerek bulanık (fuzzy) mantığı endüstriyel kontrol, askeriye, ekonomi, mühendislik, tıp, model tanıma ve sınıflandırma gibi pek çok konuda kullanım alanı bulmuştur (Karadoğan vd., 2001). Klasik küme teorisinde bir eleman ya o kümenin elemanıdır ya da değildir, kısmi üyelik olamaz. Bunu bir örnekle açıklamak gerekirse (Şekil 3.4), eğer sıcaklık 30°C 'nin altına düşerse ortam sıcak değildir. Bu durumda klasik mantık teorisine göre $29,5^{\circ}\text{C}$ sıcak değildir. Doğal olarak bu mantığın hiçbir esnekliği yoktur. Gerçek dünyada ise sınırlar bu kadar keskin değildir.



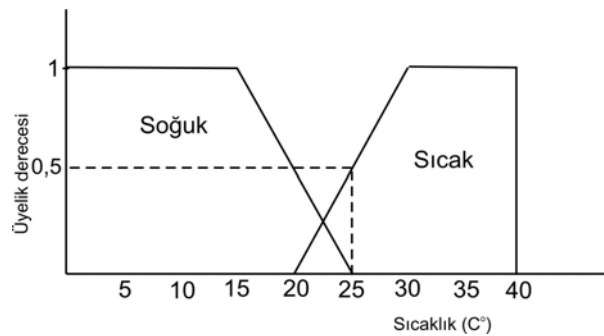
Şekil 3.4 Klasik küme teorisi (Karadoğan vd., 2001)

Tam tersine durumların belli bir esneklikte olması istenir. Bulanık mantık küme teorisine göre sıcak – soğuk ilişkisi Şekil 3.5'deki gibidir. Buna göre 20°C ile 40°C arasındaki değerlerin sıcak bulanık küme derecesi mevcuttur. Şekil 2'ye göre sıcaklık azaldığında daha az sıcak durum ortaya çıkacaktır. Yani 25°C 'lik sıcaklık az sıcak olarak nitelenirken 30°C 'lik sıcaklık çok sıcak olarak nitelenecek ve 20°C 'lik sıcaklık sıcak olarak sayılmayacak ve sıcak bulanık kümenin elemanı olmayacaktır.



Şekil 3.5 Bulanık küme teorisi

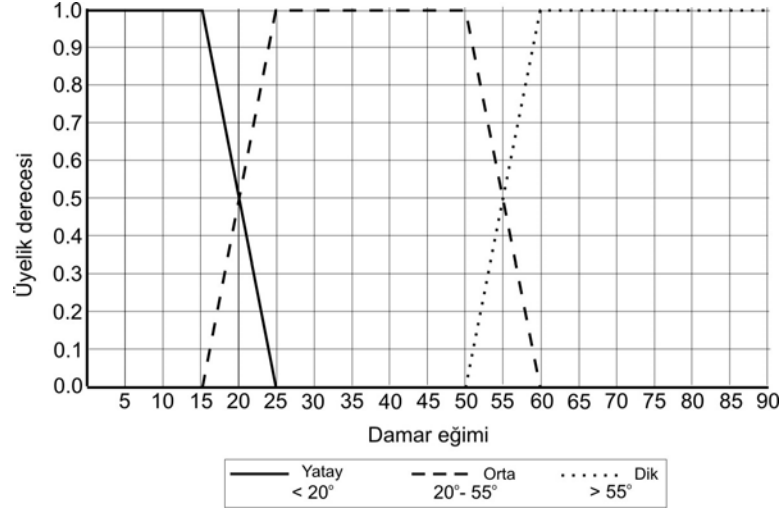
Şekil 3.6’da ise bulanık küme teorisinin bir adım ileri aşaması gösterilmektedir. Buna göre, sıcak bulanık küme üyelik derecesi 0,5’de soğuk bulanık küme üyeliği kimliği kazanır. Soğuk bulanık küme üyeliğinin derecesi sıcaklık azaldığında artar. 0°C’den 15°C’ye kadar olan sıcaklık oldukça soğuk sayılır ve bu bölge soğuk bulanık küme tam üyeliğine sahiptir. 15°C ile 25°C arasında ise soğuk bulanık küme dereceli üyeliği vardır. 20°C ile 25°C arasında ise bulanık kümelerin birbirlerini kestiği durum olan örtüşüm mevcuttur.



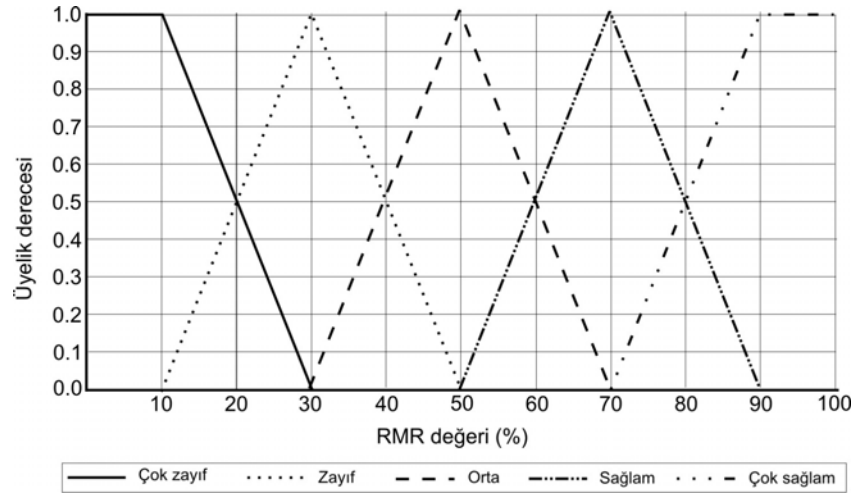
Şekil 3.6 Bulanık kümede örtüşüm

MMS sisteminde (Clayton ve diğer, 2002) kullanılan kriterler ve bu kriterlere göre üretim yöntemlerinin aldıkları puanlar UBC yöntemindeki ile aynıdır. Puanlandırma tablolarında değişiklik yapılmamış ancak sınır değerlerde yukarıda bahsedilen bulanık kümeler yöntemi kullanılarak ara değerlerin elde edilebilmesi sağlanmıştır.

Örneğin damar eğimi kriterinin bulanık kümeler teorisi ile ifade edilişi Şekil 3.7’de gösterilmektedir. Buna göre, damar eğimi 0-15° arasında iken mutlak “yatay” olarak ifade edilirken, 15° ile 25° arasında göreceli bir üyelik derecesi mevcuttur. Aynı şekilde 25° ile 50° arasında mutlak “orta” eğimli damar değerini alırken 15° ile 25° arasında göreceli bir üyelik derecesi mevcuttur. 60°’nin üstünde damar eğimi “dik” olarak kabul edilmektedir. Kaya kütle sınıflaması için aynı şekilde geliştirilen bulanık kümeler Şekil 3.8’de gösterilmektedir. Tüm diğer seçim parametreleri için de aynı şekilde bulanık kümeler oluşturularak üyelik dereceleri belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Damar eğimi için bulanık kümelerin oluşturulması



Şekil 3.8 RMR değerleri için bulanık kümelerin oluşturulması

Bir örnekle yapılan işlemi somutlaştırmak gerekirse, eğimi 17° olan bir cevher damarı klasik yöntemlerle “yatay” olarak sınıflandırılmakta ve UBC puanlama tablosuna göre blok göçertme yöntemi uygulanabilirliğinden 3 puan almaktadır. MMS sistemi ile oluşturulan bulanık kümeler yönteminde ise 17° damar eğiminde blok göçertme yöntemi uygulanabilirliği;

Yatay damar üyelik derecesi = 0,8 (puanı 3)

Orta eğimli damar üyelik derecesi = 0,2 (puanı 2)

Dik damar üyelik derecesi = 0

$3 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,2 = 2,8$ olarak bulunur.

Yeraltı üretim yöntemi seçimi birçok kritere daha bağlı olmakta, dolayısıyla kriterlerin ve üretim yöntemleri alternatiflerinin fazlalığı karar verme işlemini oldukça karmaşık hale getirmektedir.

Bu amaçla çeşitli araştırmacılar tarafından, yeraltı üretim yöntem seçiminde etkin olan sözel kriterlerin yerine kriterlerin sayısal değerlerle ifade edilmesi üzerine kurulu yaklaşımlar geliştirilmiştir. İlk olarak Nicholas (1981) tarafından ortaya konulan yeraltı üretim yöntemi seçim tabloları, diğer araştırmacılarca geliştirilerek günümüze kadar gelmiştir. Doktora tezinin dördüncü bölümünde Küre-Aşıköy yeraltı bakır madeninin (792m-605m kotları arası) II. Etap cevher yatağı üretim yöntemi için, bu üç yaklaşım kullanılarak değerlendirme yapılmıştır.

BÖLÜM DÖRT

KÜRE A İKÖY YERALTI İLETMESİNİN İKİ. ETAP CEVHER YATAĞI İÇİN ÜRETİM YÖNTEMİ SEÇİMİ

4.1 Yeraltı Üretim Yöntemi Seçimi

Tez konusu olan Küre-A iköy yeraltı bakır madeninin (792m - 605m kotları arası) planlaması kapsamında uygulanabilecek üretim yöntemlerinin belirlenmesine yönelik olarak üçüncü bölümde bahsedilen üç yaklaşım ele alınmıştır. Küre-A iköy yeraltı bakır madeninin teknik verileri Tablo 4.1’de, üretim yöntemlerinin 1. durumda Nicholas yaklaşımı, 2. durumda UBC yöntemi ve 3. durumda MMS sisteminden aldığı puanlar ise Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Küre - A iköy bakır yatağının özellikleri

Parametre	Değer
Geometrik eğilim	Tabular
Ortalama cevher kalınlığı	30 m
Cevher eğimi	70°
Tenör dağılımı	Uniform
İletme derinliği	350 m
Cevher yoğunluğu	4.1 gr/cm ³
Yankayaç yoğunluğu	2.7 gr/cm ³
Cevherin tek eksenli basınç dayanımı	55 MPa
Yankayaçın (bazalt) tek eksenli basınç dayanımı	65 MPa
Cevherin RMR derecesi*	61
Yankayaç RMR derecesi*	67
Cevherin RSS derecesi	5.8
Yankayaç RSS derecesi	6.8

* Bieniawski(1989) kaya kütle sınıflaması sisteminden elde edilmiştir.

Tablo 4.2’de görüldüğü gibi, en yüksek derece Nicholas yaklaşımında Açık İletme yöntemi almıştır. Bunun nedeni Nicholas yaklaşımında cevher yatağı derinliğinin bir parametre olarak dikkate alınmamasından kaynaklanmaktadır. Diğer iki yaklaşımda derinlik faktörünün hesaba katılmasıyla açık İletme seçeneğinin üçüncü sıraya düştüğü görülmektedir.

Tablo 4.2. Üretim yöntemlerinin aldığı toplam puanlar

Üretim Yöntemleri	Nicholas (1981)	UBC (Miller, 1995)	MMS (Clayton, 2002)
Arakatlı kazı	33	34	33,6
Dolgulu tavan aranlı ayak	37	34	31,2
Açık işletme	45	29	30,4
Ambarlı kazı	34	28	25,8
Arakatlı göçertme	35	27	23,1
Blok göçertme	31	24	22,4
Travers ayak	28	17	16,7
Kübik tahkimatlı	26	13	13,3
Uzunayak	-20	-24	-22,1
Oda-Topuk	-17	-27	-26,5

Özellikle UBC ve MMS yaklaşımlarında en yüksek değerleri arakatlı kazı ve dolgulu tavan aranlı üretim yönteminin aldığı, diğer irdelenen yöntemlerden belirgin bir şekilde uygulanabilirlik açısından ayrıldığı görülmektedir.

Yeraltı üretim yöntemi seçimi yukarıda bahsedilen kriterler dışında birçok kritere daha bağlı olmakta, dolayısıyla kriterlerin ve üretim yöntemleri alternatiflerinin fazlalığı karar verme işlemi oldukça karmaşık hale getirmektedir. Doktora tezinin bu amaçlarında son yıllarda geliştirilmiş ve endüstrinin pek çok alanında uygulama alanı bulmuş çok kriterli karar verme tekniği olan Bulanık TOPSIS yöntemi A köy yeraltı bakır madeni için uygulanmıştır.

Bulanık TOPSIS (Hwang ve Yoon, 1981) alternatifleri çoklu kriter altında sıralamakta kullanılan ve sıralamayı Pozitif deal ve Negatif deal çözümleri dikkate alınarak yapan çok kriterli karar verme tekniğidir.

Temel olarak, TOPSIS alternatifler arasında geometrik olarak (Euclidean uzaklık) pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak olanı seçer ve diğerlerini de aynı uzaklıklara göre sıralar. Son yıllarda birçok araştırmacı bulanık TOPSIS metodları geliştirmiş ve geliştirilen yöntemler birçok probleme uygulanmıştır (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Bulanık TOPSIS örnekleri

Kriter A ırlıklandırma	Kullanılan Bulanık Sayı Türü	Uygulama/Örnek
Bulanık Sayı	Yamuk	Üretim Alanı Seçimi Problemi
Bulanık Sayı	Üçgen	Personel Seçim Problemi
Bulanık Sayı	Üçgen	Tesis Yeri Seçimi
Bulanık Sayı	Üçgen	Robot Seçimi
Kesin De erler	Üçgen	Atama Planlama
Bulanık Sayı	Üçgen	Makine-Teçhizat Seçim Problemi
Bulanık Sayı	Üçgen	Tedarik Zincirinde Stratejik Partner Seçimi
Kesin De erler	Üçgen	Yer Seçimi
Kesin De erler	Üçgen	Silah Seçimi

Bulanık TOPSIS’de

$A = \{A_1, A_2, \dots, A_J\}$ Alternatiflerin setini,

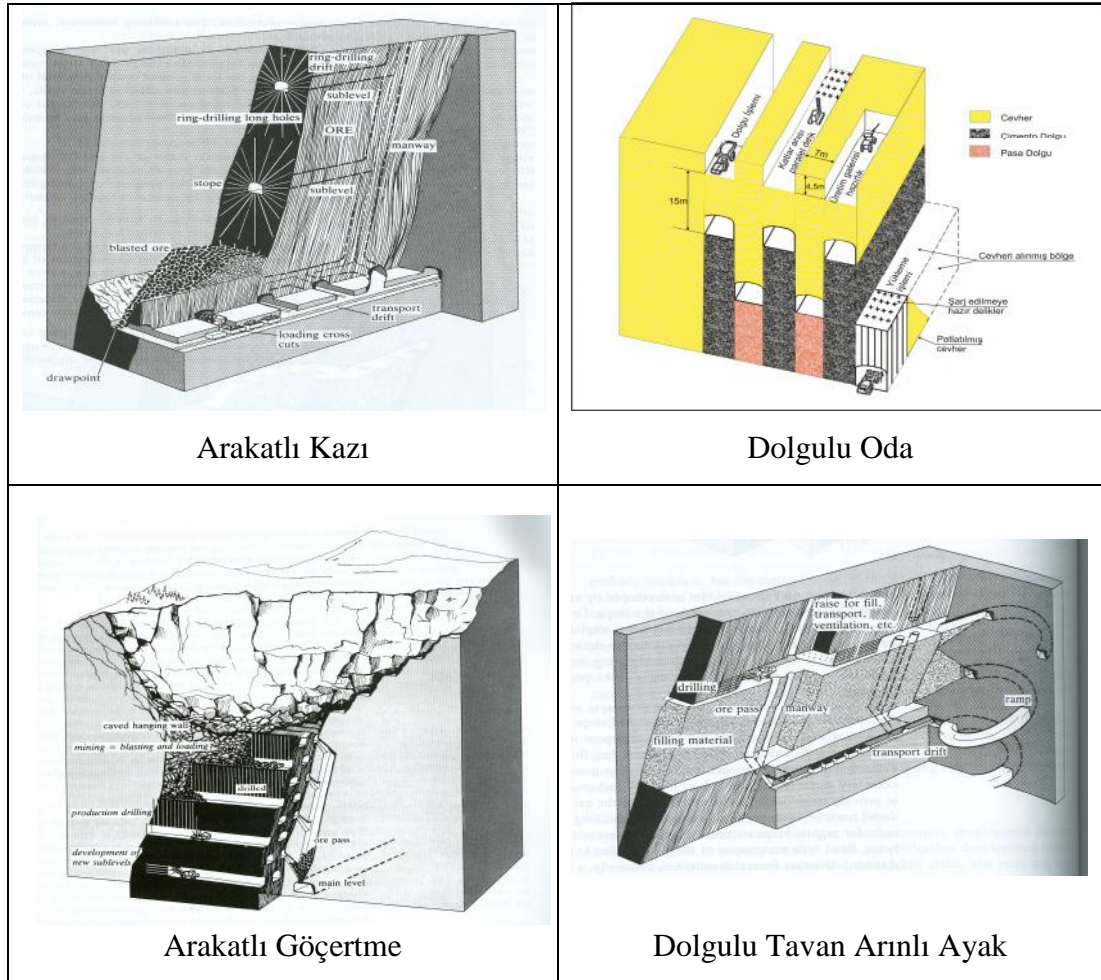
$C = \{C_1, C_2, \dots, C_i\}$ Kriterlerin setini,

$\tilde{X} = \{x_{ij}, i = 1, 2, 3, \dots, n, j = 1, 2, 3, \dots, J\}$ j inci alternatifin i inci kriter altında aldığı değeri, $w_i = \{i = 1, 2, 3, \dots, n\}$ kriter a ırlıklarını, ifade etmektedir.

Küre A ıköy bakır işletmesi üretim yöntemi seçimi için cevher yata ının geometrik özellikleri ile cevher ve yankayaç kaya kütle özelliklerine ba lı olarak değerlendirilmeye uygun görülen yöntemler

- Arakatlı Kazı
- Dolgulu Oda
- Dolgulu Tavan Arınlı Ayak
- Arakatlı Göçertme
- Travers Ayak

olarak seçilmi ve bulanık TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmiştir (ekil 4.1).



ekil 4.1. De erlendirmeye alınan üretim yöntemleri

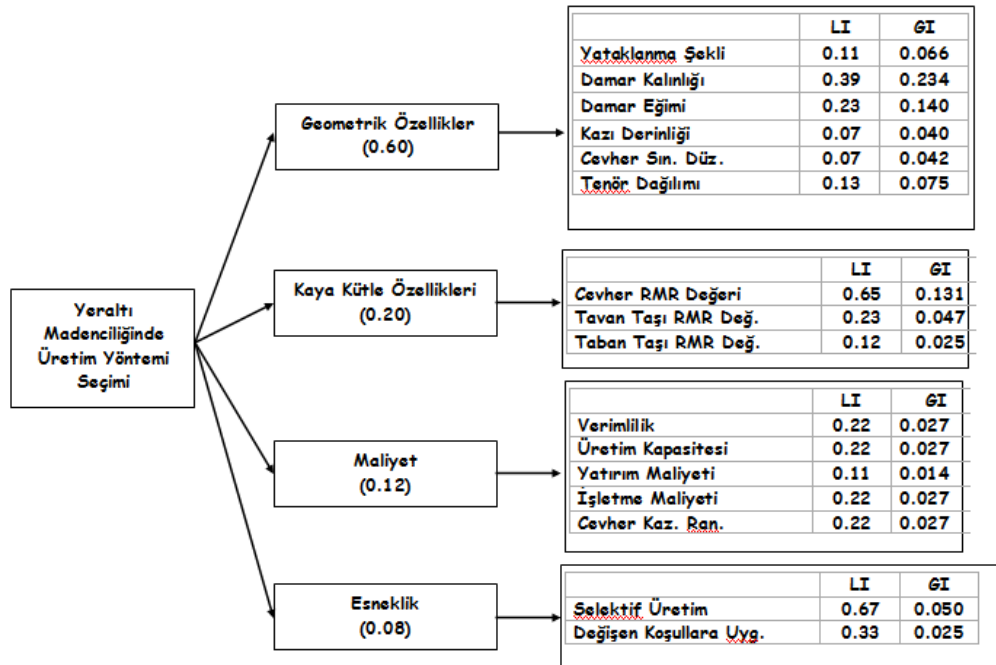
4 ana kriter altında toplam 16 kriter belirlenmiş ve kriterlerin a ırlıkları AHP yöntemi (Analitik Hiyerar i Proses) ile hesaplanmıştır (ekil 4.2). Kriterlerin de erleri belirlenirken Tablo 4.4'deki verilerden faydalanılmıştır. Çalı mada karar vericinin kriterlere göre üretim yöntemlerine verdi i de erler göz önüne alınmıştır.

Tablo 4.5'de gösterildi i gibi geometrik özellikler, kaya kütle özellikleri, ekonomik ve esneklik kriterleri tüm üretim yöntemleri için de erlendirilmiştir.

ekil 4.3'de dilsel de i kenlerin bulanık kümeleri olu turulmuş ve sınıflandırma yapılmıştır.

Tablo 4.4. Belirlenen ana ve alt kriterler (Araz ve di er., 2009)

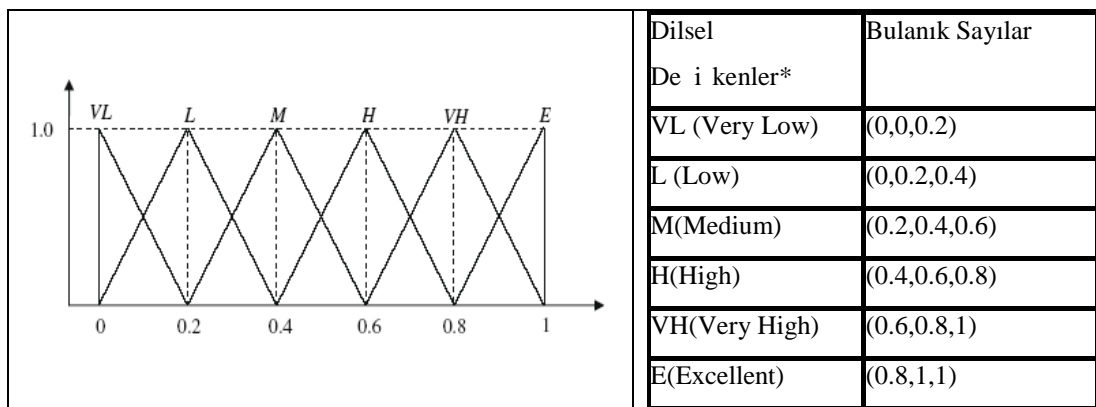
Ana Kriter	Alt Kriter
Geometrik özellikler	Yataklanma şekli
	Damar kalınlığı
	Damar eğimi
	Kazı Derinliği
	Cevher sınırlarının düzenliliği
	Tenör dağılımı
Kaya kütle özellikleri	Cevher RMR değeri
	Tavan taşı RMR değeri
	Taban taşı RMR değeri
Ekonomik	Verimlilik
	Üretim kapasitesi
	Yatırım maliyeti
	İşletme maliyeti
	Cevher kazanma randımanı
Esneklik	Selektif üretim
	Değişen koşullara uygunluk



ekil 4.2. AHP ile bulunan kriter a ırlıkları

Tablo 4.5. Belirlenen kriterler ve alternatif üretim yöntemlerinin aldığı puanlar (Araz ve diğeri, 2009)

Kriterler		Alternatifler				
		Arakatlı Kazı	Dolgulu Oda	Tavan Arınlı Ayak	Arakatlı Göçertme	Travers Ayak
Geometrik Özellikler	Yataklanma ekli	E	E	L	VH	VL
	Damar Kalınlılığı	E	VH	VL	VH	L
	Damar Etilimi	E	E	E	E	L
	Kazı Derinliği	E	VH	M	VL	VL
	Cevher Sınırlarının Düzenliliği	H	E	E	E	M
	Tenör Dağılımı	E	E	E	H	H
Kaya Kütle Özellikleri	Cevher RMR Değeri	E	E	E	E	E
	Tavan Taşı RMR Değeri	E	E	E	VL	H
	Taban Taşı RMR Değeri	H	VH	VH	H	H
Ekonomik	Verimlilik	VH	E	M	VH	VL
	Üretim Kapasitesi	VH	VH	VH	VH	H
	Yatırım Maliyeti	VH	E	H	VH	L
	İletme Maliyeti	VH	E	H	VH	L
	Cevher Kazanma Randımanı	M	H	VH	M	E
Esneklik	Değişken koşullara göre farklı bir üretim yöntemine geçişi	M	H	VH	M	H
	Selektif üretim	M	H	VH	M	E



ekil 4.3. Dilsel değişkenlerin bulanık kümeleri

Tablo 4.6. Bulanık karar matrisinin oluşturulması

	Ara Katlı Kazı			Dolgulu Oda			Tavan Arınlı Ayak			Ara Katlı Göçertme			Travers Ayak		
Yataklanma şekli	0,8	1	1	0,8	1	1	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	0	0	0,2
Damar kalınlığı	0,8	1	1	0,6	0,8	1	0	0	0,2	0,6	0,8	1	0	0,2	0,4
Damar eğimi	0,8	1	1	0,8	1	1	0,8	1	1	0,8	1	1	0	0,2	0,4
Kazı Derinliği	0,8	1	1	0,6	0,8	1	0,2	0,4	0,6	0	0	0,2	0	0	0,2
Cevher sınırlarının düzenliliği	0,4	0,6	0,8	0,8	1	1	0,8	1	1	0,8	1	1	0,2	0,4	0,6
Tenör dağılımı	0,8	1	1	0,8	1	1	0,8	1	1	0,4	0,6	0,8	0,4	0,6	0,8
Cevher RMR değeri	0,8	1	1	0,8	1	1	0,8	1	1	0,8	1	1	0,8	1	1
Tavan taşı RMR değeri	0,8	1	1	0,8	1	1	0,8	1	1	0	0	0,2	0,4	0,6	0,8
Taban taşı RMR değeri	0,4	0,6	0,8	0,6	0,8	1	0,6	0,8	1	0,4	0,6	0,8	0,4	0,6	0,8
Verimlilik	0,6	0,8	1	0,8	1	1	0,2	0,4	0,6	0,6	0,8	1	0	0	0,2
Üretim kapasitesi	0,6	0,8	1	0,6	0,8	1	0,6	0,8	1	0,6	0,8	1	0,4	0,6	0,8
Yatırım maliyeti	0,6	0,8	1	0,8	1	1	0,4	0,6	0,8	0,6	0,8	1	0	0,2	0,4
İşletme maliyeti	0,6	0,8	1	0,8	1	1	0,4	0,6	0,8	0,6	0,8	1	0	0,2	0,4
Selektif üretim	0,2	0,4	0,6	0,4	0,6	0,8	0,6	0,8	1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1
Değişen koşullara göre farklı bir üretim yöntemine geçiş	0,2	0,4	0,6	0,4	0,6	0,8	0,6	0,8	1	0,2	0,4	0,6	0,4	0,6	0,8
Cevher kazanma randımanı	0,2	0,4	0,6	0,4	0,6	0,8	0,6	0,8	1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1

Tablo 4.7 Ağırlıklandırılmış bulanık karar matrisinin oluşturulması

	Ara Katlı Kazı			Dolgu Oda			Tavan Arınlı Ayak			Ara Katlı Göçertme			Travers Ayak		
Yataklanma şekli	0,053	0,066	0,066	0,053	0,066	0,066	0,000	0,013	0,027	0,040	0,053	0,066	0,000	0,000	0,013
Damar kalınlığı	0,187	0,234	0,234	0,140	0,187	0,234	0,000	0,000	0,047	0,140	0,187	0,234	0,000	0,047	0,094
Damar eğimi	0,112	0,140	0,140	0,112	0,140	0,140	0,112	0,140	0,140	0,112	0,140	0,140	0,000	0,028	0,056
Kazı Derinliği	0,032	0,040	0,040	0,024	0,032	0,040	0,008	0,016	0,024	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,008
Cevher sınırlarının düzenliliği	0,017	0,025	0,034	0,034	0,042	0,042	0,034	0,042	0,042	0,034	0,042	0,042	0,008	0,017	0,025
Tenör dağılımı	0,060	0,075	0,075	0,060	0,075	0,075	0,060	0,075	0,075	0,030	0,045	0,060	0,030	0,045	0,060
Cevher RMR değeri	0,105	0,131	0,131	0,105	0,131	0,131	0,105	0,131	0,131	0,105	0,131	0,131	0,105	0,131	0,131
Tavan taşı RMR değeri	0,037	0,047	0,047	0,037	0,047	0,047	0,037	0,047	0,047	0,000	0,000	0,009	0,019	0,028	0,037
Taban taşı RMR değeri	0,010	0,015	0,020	0,015	0,020	0,025	0,015	0,020	0,025	0,010	0,015	0,020	0,010	0,015	0,020
Verimlilik	0,016	0,022	0,027	0,022	0,027	0,027	0,005	0,011	0,016	0,016	0,022	0,027	0,000	0,000	0,005
Üretim kapasitesi	0,016	0,022	0,027	0,016	0,022	0,027	0,016	0,022	0,027	0,016	0,022	0,027	0,011	0,016	0,022
Yatırım maliyeti	0,008	0,011	0,014	0,011	0,014	0,014	0,005	0,008	0,011	0,008	0,011	0,014	0,000	0,003	0,005
İşletme maliyeti	0,016	0,022	0,027	0,022	0,027	0,027	0,011	0,016	0,022	0,016	0,022	0,027	0,000	0,005	0,011
Selektif üretim	0,010	0,020	0,030	0,020	0,030	0,040	0,030	0,040	0,050	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,050
Değişen koşullara göre farklı bir üretim yöntemine geçiş	0,005	0,010	0,015	0,010	0,015	0,020	0,015	0,020	0,025	0,005	0,010	0,015	0,010	0,015	0,020
Cevher kazanma randımanı	0,005	0,011	0,016	0,011	0,016	0,022	0,016	0,022	0,027	0,005	0,011	0,016	0,022	0,027	0,027

Tablo 4.8. Pozitif ideal ve negatif ideal çözümlerin oluşturulması

	Pozitif İdeal Çözüm				Negatif İdeal Çözüm		
Yataklanma şekli	0,066	0,066	0,066		0	0	0
Damar kalınlığı	0,234	0,234	0,234		0	0	0
Damar eğimi	0,140	0,140	0,140		0	0	0
Kazı Derinliği	0,040	0,040	0,040		0	0	0
Cevher sınırlarının düzenliliği	0,042	0,042	0,042		0	0	0
Tenör dağılımı	0,075	0,075	0,075		0	0	0
Cevher RMR değeri	0,131	0,131	0,131		0	0	0
Tavan taşı RMR değeri	0,047	0,047	0,047		0	0	0
Taban taşı RMR değeri	0,025	0,025	0,025		0	0	0
Verimlilik	0,027	0,027	0,027		0	0	0
Üretim kapasitesi	0,027	0,027	0,027		0	0	0
Yatırım maliyeti	0,014	0,014	0,014		0	0	0
İşletme maliyeti	0,027	0,027	0,027		0	0	0
Selektif üretim	0,050	0,050	0,050		0	0	0
Değişen koşullara göre farklı bir üretim yöntemine geçiş	0,025	0,025	0,025		0	0	0
Cevher kazanma randımanı	0,027	0,027	0,027		0	0	0

Tablo 4.9 Bulanık TOPSIS sonuçları (Araz ve di ., 2009)

		Dj*	Dj-	CCj
A1	Arakatlı Kazı	0,203	0,853	0,808
A2	Dolgulu Oda	0,195	0,866	0,816
A3	Tavan Arınlı Ayak	0,424	0,634	0,600
A4	Arakatlı Göçertme	0,327	0,735	0,692
A5	Travers Ayak	0,601	0,461	0,434

Bu duruma göre ; $A2 > A1 > A4 > A3 > A5$ ekinde olu maktada, alternatif üretim yöntemleri içerisinde en uygunu dolgulu oda yöntemi, ikincisi ise arakatlı kazı yöntemi olarak ön plana çıkmaktadır (Tablo 4.9).

Özünde dolgulu oda ile arakatlı kazı yöntemi birbirlerinden çok farklıdır. Dolgulu oda yönteminde cevher tavan ve tabandan açılan iki adet galeriden üretim yapılarak kazanılır. Arakatlı kazı yönteminde ise üç yada daha fazla kat galerisinden üretim yapılmaktadır ve oda boyutları biraz daha büyüktür. Her iki yöntemde dolgu i lemi aynı ya da benzer ekinde yapılmaktadır.

4.2 Alternatif Üretim Yöntemlerinin Pano ç i Üretim Maliyetleri

Doktora tezinin bu a amasında teknik açıdan ayrıntılı bir ekinde incelenmi olan ve ön plana çıkan dolgulu oda ve arakatlı kazı yöntemlerinin kar ıla tırmalı pano iç i üretim maliyetleri çıkarılmı tır. Bu amaçla 770, 755 ve 740 katlarındaki cevher rezervi baz alınarak her iki üretim yöntemi için de üretim parametreleri belirlenmi , delme ve patlatma planları yapılmı tır. Pano geni liklerine ba lı olarak, arakatlı kazı yöntemi uygulanması durumunda yelpaze delik paterni, dolgulu oda yönteminde ise paralel delik paterni öngörölmü tür. Tablo 4.10'da genel planlama ve üretim parametreleri verilmi tır.

Maliyet kar ıla tırmaları yapılırken üç tür maliyet ele alınmı tır. Bunlar pano içerisinde yapılacak olan hazırlıkların maliyeti ile delme ve patlatma maliyetleridir. Her iki yöntem için de kat planları olu turulmu (EK2), açılacak olan pano içerisi

hazırlık galeri uzunlukları hesaplanmı ve hesaplanan bu de erler Tablo 4.11’de verilmi tir. Delme maliyetinin hesaplanmasında her iki yöntemde de aynı tip delici makinanın kullanılaca ı varsayılmı tır. Günlük 1250 ton üretim kapasitesine göre 1 adet delici makinenin yeterli oldu u görülmü tür. Arakatlı kazı yöntemi ve dolgulu oda yönteminde olu acak olan delme maliyetleri Tablo 4.12’de verilmi tir.

Tablo 4.10 Üretim yöntemlerine göre seçilen parametreler

Parametre	Tanım	
	Dolgulu Oda yöntemi Paralel delik düzeni	Arakatlı kazı yöntemi Yelpaze delik düzeni
Delik çapı (mm)	89	51
Delik boyu (m)	10	max. 12,6
Üretim galerisinin kesiti (m ²)	7 x 4,5	4 x 4
Pano genişli i (m)	7	16
Katlar arası mesafe (m)	15	30
Delikler arası mesafe (m)	2,1	2 (delik dibinde)
Dilim kalınlı ı (m)	1,9	1,5
Özgül arj (kg/ton)	0,25	

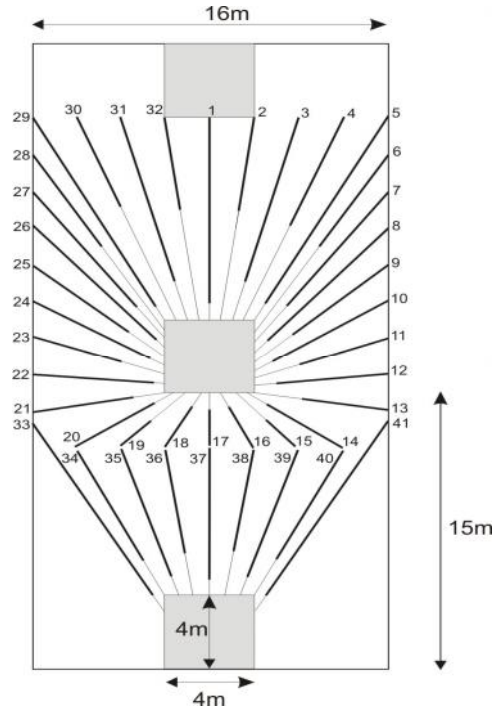
Tablo 4.11 Arakatlı kazı ve dolgulu oda yönteminde pano içi hazırlık galerleri

	Arakatlı kazı	Dolgulu oda
770 katı (m)	220,8	553,2
755 katı (m)	220,2	538,2
740 katı (m)	218,5	554,9
Toplam (m)	659,5	1112,2

Tablo 4.12 Dolgulu oda ve arakatlı kazı yönteminde delme maliyetleri

	Arakatlı kazı yöntemi Yelpaze delik düzeni (TL/ton)	Dolgulu Oda yöntemi Paralel delik düzeni (TL/ton)
Delme Aksesuarları	0,52	0,60
Yedek parça	0,15	0,15
Tamir bakım	0,15	0,15
Elektrik tüketimi	0,14	0,06
çilik	0,32	0,16
Birim delme maliyeti	1,28	1,12

Her iki üretim yöntemi için de patlatma paterni olu turulmu ve delik boyları hesaplanmı tır. Arakatlı kazı yöntemi uygulanması durumunda yelpaze delik paterni ve buna ba lı olu acak delik boyları, delik arj miktarları hesaplanarak ekil 4.3 ve Tablo 4.13’de verilmi tir. Galeri açma, delme ve patlatma maliyetlerinin her iki yöntem için de kıyaslamalı gösterimi Tablo 4.14’de görülmektedir.



ekil 4.3 Arakatlı kazı yönteminde
yelpaze delik düzeni

Tablo 4.13 Yelpaze delik düzeninde delik boyları ve arj miktarları

Delik no (m)	Delik boyu (m)	arj boyu (m)	Toplam delik boyu (m)	Toplam arj boyu (m)
1	11,0	10,1	22,0	20,2
2 ve 32	11,1	5,4	22,2	10,8
3 ve 31	11,4	9,2	22,8	18,4
4 ve 3	11,9	6,3	23,8	12,6
5 ve 29	12,6	11,7	25,2	23,4
6 ve 28	11,4	5,8	22,8	11,6
7 ve 27	10,1	7,9	20,2	15,8
8 ve 26	9,1	8,2	18,2	16,4
9 ve 25	8,0	5,8	16,0	11,6
10 ve 24	7,1	6,2	14,2	12,4
11 ve 23	6,4	4,2	12,8	8,4
12 ve 22	6,0	5,1	12,0	10,2
13 ve 21	6,1	3,9	12,2	7,8
14 ve 2	5,2	4,3	10,4	8,6
15 ve 19	4,1	1,9	8,2	3,8
16 ve 18	3,4	2,5	6,8	5,0
17	2,9	2,0	5,8	4,0
33 ve 41	11,8	10,9	23,6	21,8
34 ve 4	8,8	6,6	17,6	13,2
35 ve 39	8,4	7,5	16,8	15,0
36 ve 38	8,0	5,8	16,0	11,6
37	8,0	7,1	16,0	14,2
			365,6	276,8

Tablo 4.14 770-740 kotları arası arakatlı kazı ve dolgulu oda yönteminin maliyet kıyaslaması

	Arakatlı kazı yöntemi	Dolgulu oda yöntemi
Patlatılacak cevher miktarı (ton/dilim)	2747	1095
Açılacak toplam pano içi galeri boyu (m)	659,5	1112,2
ANFO tüketimi (kg)	480,25	215,6
ANFO fiyatı (TL/kg)	0,90	0,90
Dinamit tüketimi (kg)	72	44
Dinamit fiyatı (TL/kg)	2,50	2,50
Elektriksiz kapsül tüketimi (adet)	49	12
Elektriksiz kapsül fiyatı (TL/adet)	1,10	1,10
Galeri açma maliyeti (TL/ton)	12,65	13,35
Patlatma maliyeti (TL/ton)	0,22	0,24
Delme maliyeti (TL/ton)	1,28	1,12
Toplam maliyet (TL/ton)	14,15	14,71

Buna göre, delme ve patlatma maliyetlerinde her iki yöntemde fazla bir fark olmadığı, arakatlı kazı yönteminde galeri açma maliyetinin dolgulu oda yöntemine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi arakatlı kazı yönteminde pano içi hazırlıklarının daha az olmasıdır. Toplam maliyette ise arakatlı kazı yönteminin daha düşük maliyetli olduğu görülmektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucu arakatlı kazı ve dolgulu oda yöntemleri için pano içi maliyetlerin hemen hemen birbirine yakın olduğu, arakatlı kazı yönteminin ton başına 0,56 TL daha düşük maliyetli gerçekleştiği görülmektedir. Daha önce dolgulu oda yöntemiyle üretim yapılmış olmasından dolayı işletmede elde edilen deneyim ve yeraltında açılacak pano yüksekliklerinin dolayısıyla üretim boyluklarının daha küçük olması sebebiyle, işletme için güvenli bir açıdan, II. Etap cevher yatağının üretimi için dolgulu oda yönteminin uygulanması öngörülmüştür.

4.3 Dolgulu Oda Yönteminde Optimum Katlar arası Mesafenin Tespiti

Katolu olarak çalışılan üretim yöntemlerinde en önemli faktörlerden birisi optimum katlar arası mesafenin belirlenmesidir. Proje aşamasında çalışma emniyeti göz ardı edilmeden katlar tasarlanıp uygun mesafe bulunmalı ve bu mesafeye göre uygun makine ekipman seçilmelidir. Madencilik yüksek yatırım gerektiren ve riskli bir sektör olduğundan dolayı tasarlanan katlar arası mesafe işletmenin ileriki dönemlerde ekonomikliliğini olumsuz etkileyecektir.

Optimum katlar arası mesafe tespit edilirken göz önünde bulundurulması gereken bazı faktörler aşağıda verilmiştir (Arioğlu, 1994).

- ✓ Rezerv miktarı ve cevher boyutları
- ✓ Cevher ve yan kayacın mekanik özellikleri
- ✓ Uygulanacak üretim yöntemi
- ✓ Yeri emniyeti
- ✓ Pano içinde uygulanacak mekanizasyon derecesi ve yatırım miktarı
- ✓ Cevherin pazarlama durumu

Rezerv miktarına bağlı üretim yöntemi ve buna bağlı olan katlar arası mesafenin tespiti yeraltı işletmeciliğinin önemli bir amacıdır. Cevher sınırlarının düzensiz olduğu durumlarda çok büyük boyutlu boşlukların açılması ve katlar arası mesafenin fazla tutulması, cevher seyrelmesi ve güvenlik sorunları oluşabileceğinden bu konuya önem vermek gerekir.

Yeraltında büyük boşlukların açılması durumunda panoda dolgu işlemi yapılan kadar pano yan duvarlarının kendi kendisini tutması gerekmektedir. Katlar arası mesafenin yüksek tutulması durumunda yan kayacın ve cevher dayanımlarının da güvenli açısından yüksek olması istenir. Küre A köy yeraltı işletmesi 792m-605m kotları arasındaki cevher rezervinin dolgu yönteminde üretilmesinde oluşturulacak olan katlar arası mesafenin tespiti için 10m, 15m, 20m katlar arası mesafelerde oluşacak maliyetler irdelenmiştir. Bu amaçla çeşitli madencilik programlarından yararlanılmıştır. Kat planları çıkartılarak her bir kat için açılması gereken hazırlık galerilerinin uzunlukları belirlenmiştir. Hazırlanan kat planları EK2'de verilmiştir.

4.3.1 Makina Ekipman Maliyeti

10m, 15m, 20m katlar arası mesafeler için 1250ton/gün üretim kapasitesini sağlayacak makina ekipman seçimi yapılmıştır. Hesaplamalar sonucu elde edilen gerekli makina-ekipman listesi Tablo 4.15'de, buna bağlı makina-ekipman yatırımı Tablo 4.16'da ve şekil 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.15. Katlar arası mesafelere göre seçilecek makina-ekipmanlar

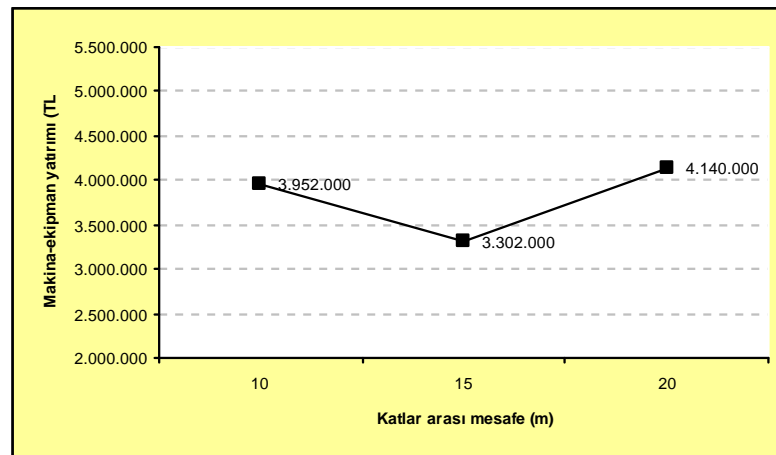
Katlar arası mesafe	Kullanılan makina-ekipmanlar				
	Delik delme makinası (hazırlık)	Delik delme makinası (üretim)	Lastik tekerlekli yükleyici	Delik delme makinası (üretim ve slot açma)	V30 kesici kafa (slot açma)
10m	1 Adet	1 Adet	3 Adet	-----	-----
15m	1 Adet	1 Adet	2 Adet	-----	-----
20m	1 Adet	-----	2 Adet	1 Adet	1 Adet

Tablo 4.16 Katlar arası mesafeye göre makina-ekipman maliyeti

Katlar arası mesafe 10m			
Seçilen makine	Adet	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
Delik delme makinası (üretim)	1	1.162.000	1.162.000
Delik delme makinası (hazırlık)	1	840.000	840.000
Lastik tekerlekli yükleyici	3	650.000	1.950.000
TOPLAM			3.952.000

Katlar arası mesafe 15m			
Seçilen makine	Adet	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
Delik delme makinası (üretim)	1	1.162.000	1.162.000
Delik delme makinası (hazırlık)	1	840.000	840.000
Lastik tekerlekli yükleyici	2	650.000	1.300.000
TOPLAM			3.302.000

Katlar arası mesafe 20m			
Seçilen makine	Adet	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
Delik delme makinası (üretim ve slot)	1	1.800.000	1.800.000
Delik delme makinası (hazırlık)	1	840.000	840.000
Lastik tekerlekli yükleyici	2	650.000	1.300.000
V30 Kesici Kafa	2	100.000	200.000
TOPLAM			4.140.000



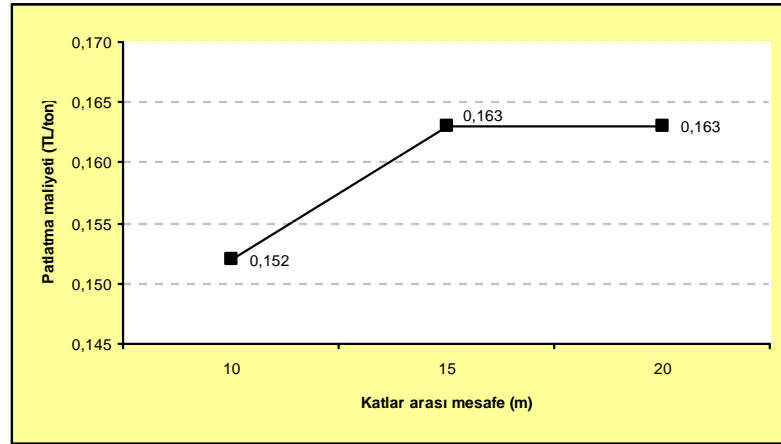
ekil 4.4 Makine-ekipman yatırımı ile katlar arası mesafe ili kisi

4.3.2 Planlanan Katlar Arası Mesafeler için Patlatma Maliyeti

Patlatma maliyeti hesaplanırken daha önceden hesaplanan delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı değerlerine göre gerekli patlayıcı (ANFO) ve yemleme miktarları göz önüne alınmıştır. Ayrıntılı ve sonuç değerleri Tablo 4.17 ve ekil 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.17 Ton başına patlatma maliyeti tablosu

Katlar Arası Mesafe	1 delik maliyeti (TL/delik)	1 Delik’in patlaması sonucu alınacak malzeme (ton)	Toplam Delik Sayısı	Üretimi Karılayan Toplam Patlatma Maliyeti (TL)	Ton Başına patlatma maliyeti (TL/ton)
10m	12,71	83,79	9	114,39	0,152
15m	27,27	167,58	6	163,62	0,163
20m	41,09	251,37	3	123,27	0,163



ekil 4.5 Patlatma maliyetinin katlar arası mesafeyle değişimi

4.3.3 İşletme Dönemi Yıllık Giderleri

Bu bölümde, işletme yerlerindeki makine, donanımların ve işletme dönemindeki işletme çilik, personel, enerji ve malzeme ile ilgili işletme giderleri ile amortismanlar ve faizden oluşan kapital giderleri hesaplanmaktadır. Bu bölümde dolar kuru 1,40 TL üzerinden alınmıştır.

Amortisman giderleri; sabit varlıkların zaman içerisinde fiziksel ve teknolojik nedenlerden dolayı düşen değerleri oldukları değerlendirilerek kayıpları anlamına gelen amortisman, yatırım kararlarını ve işletme karlılıklarını değerlendirmede önemli bir husus olduğu için; bu bölümde, doğrusal amortisman yöntemi kullanılarak makine ve donanımının

i letme dönemi süresince amortisman giderleri hesaplanmıştır. Hesaplanan yıllık i letme giderleri Tablo 4.18’de görülmektedir. Yıllık i letme giderlerinin kalem kalem ayrıntılı dökümü EK1’de, olu turulan kat planları EK2’de verilmiştir.

Tablo 4.18 Yıllık i letme giderleri

Katlar arası 10m

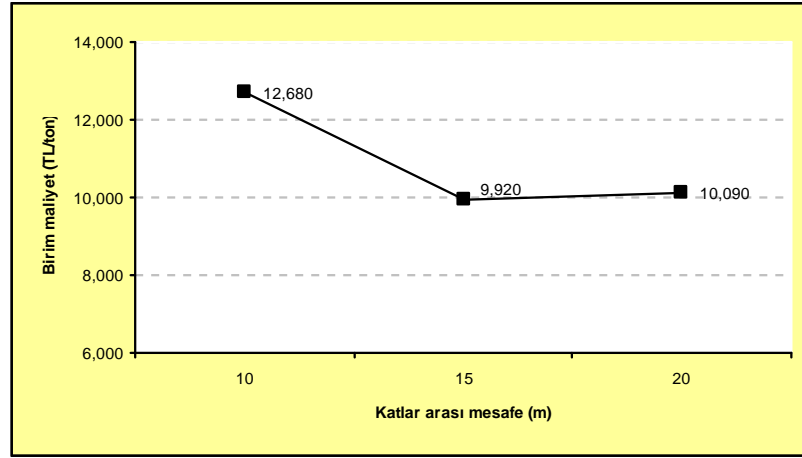
Gider Türleri	Tutarı (TL/yıl)	Birim Maliyet (TL/ton)
Galeri hazırlık giderleri	3.369.381	7,75
Patlayıcı Madde	75.943	0,17
Yedek Parça	197.600	0,45
Yakıt ve Elektrik	558.250	1,28
Ya	20.219	0,05
çilik Giderleri	576.000	1,32
Amortismanlar	494.000	1,14
Faizler	222.300	0,51
TOPLAM	5.513.693	12,68

Katlar arası 15m

Gider Türleri	Tutarı (TL/yıl)	Birim Maliyet (TL/ton)
Galeri hazırlık giderleri	2.987.400	6,87
Patlayıcı Madde	71.722	0,16
Yedek Parça	165.100	0,38
Yakıt ve Elektrik	436.450	1,00
Ya	14.129	0,03
çilik Giderleri	40.500	0,09
Amortismanlar	412.750	0,95
Faizler	185.738	0,43
TOPLAM	4.313.788	9,92

Katlar arası 20m

Gider Türleri	Tutarı (TL/yıl)	Birim Maliyet (TL/ton)
Galeri hazırlık giderleri	2.868.563	6,59
Patlayıcı Madde	70.784	0,16
Yedek Parça	207.000	0,48
Yakıt ve Elektrik	436.450	1,00
Ya	14.129	0,03
çilik Giderleri	40.500	0,09
Amortismanlar	517.500	1,19
Faizler	232.875	0,54
TOPLAM	4.387.800	10,09



ekil 4.6 Ton ba ına i letme maliyetine ba ılı optimum katlar arası mesafe

Doktora tezinin bu bölümünde, bilgisayar destekli programlardan yararlanılarak oluşturulan cevher modeli ve bu modellerden çıkarılan 10m, 15m, 20m'lik kat planlarından elde edilen üretim miktarları ile kullanılacak olan makine ekipmanlar belirlenmiştir. Ayrıca SURPAC ve AutoCAD programlarını kullanarak planlanan büyük ve küçük hazırlıkların toplam maliyetleri hesaplanmıştır. Daha sonra üretim miktarına ve makina ekipmana bağlı olarak yıllık genel giderler hesaplanmıştır, Kastamonu Küre A köy yeraltı işletmesi için dolgulu oda üretim yönteminde optimum katlar arası mesafe bulunmaya çalışılmıştır.

ekil 4.6 incelendiğinde; katlar arası optimum mesafenin 9,92TL/ton maliyetle kat aralıklarının 15m olması durumunda gerçekleştiği görülmektedir. En yüksek ton başına işletme giderleri 12,68 TL/ton ile 10m katlar arası mesafe seviyesinde olmaktadır. Bunun sebebi yapılacak olan büyük ve küçük hazırlıkların yoğunluğundan ve aynı üretim kapasitesini karşılamak için yapılması gereken makine-ekipman yatırımının artmasından kaynaklanmaktadır.

Genel olarak katlar arası mesafenin artması durumunda büyük ve küçük hazırlıkların azalmasına bağlı olarak ton başına işletme maliyetlerinin düşmesi beklenmektedir. Ancak katlar arası mesafenin 20m olması durumunda pano içi delici makina-ekipmanın değişmesinden kaynaklanan yatırım miktarı artışı sonucu maliyetlerim 10,09 TL/ton seviyesine çıktığı görülmektedir.

BÖLÜM BE

KÜRE A İKÖY YERALTI İLETMESİ İİ. ETAP CEVHER YATA İ İ Ç İN İLETME PLANLAMASI

Bu bölümde, bölüm dörtde teknik ve ekonomik açıdan detaylı bir şekilde eleştirilen Dolgulu Oda yönteminin büyük ve küçük hazırlıkları, cevher nakliyesi, dolgu işlemleri, havalandırma ve su atımı gibi konuları incelenmiştir.

792m- 605m kotları arasında yer alan İİ. Etap cevher yatağının üretilmesi amacıyla işletmede yeraltı üretim planlaması yapılırken, benim de ara tırmacı olarak içinde bulunduğum proje grubu, işletme elemanları ile birlikte bu planlama üzerinde çalışmış ve değerlendirilmiştir. İİ. Etap cevher yatağının üretilmesi için önerilen üretim planı, İ. etap cevher yatağı üretimi sırasında işletmede elde edilen olumlu deneyimlerden yararlanılarak hazırlanmıştır.

5.1 İİ. Etap Cevher Yatağı için Öngörülen Hazırlıklar

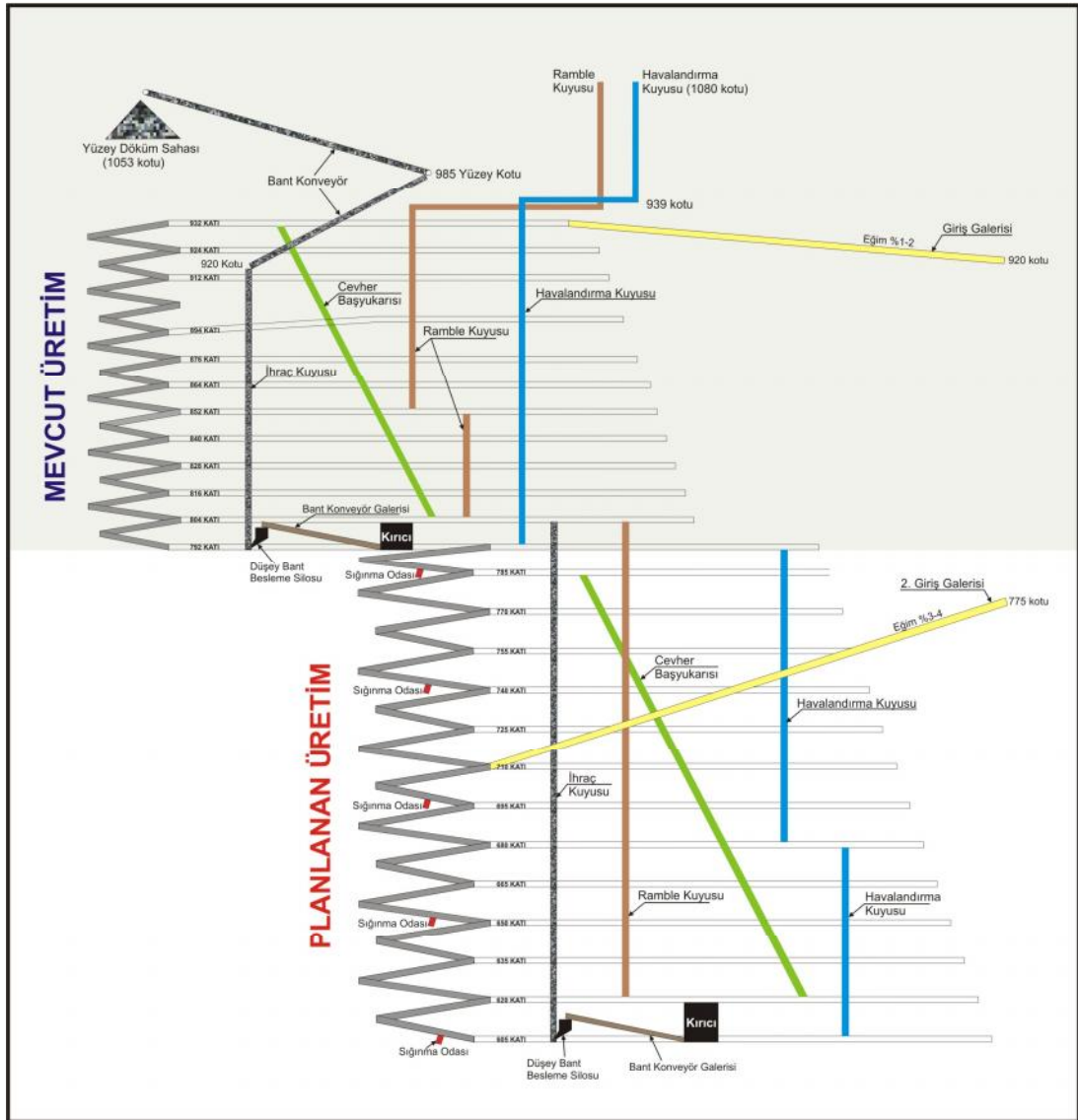
5.1.1. İkinci Giriş Galerisi

İkinci giriş galerisinin 775m kotundan başlayıp 710m kotunda servis rampasına bağlanması, yaklaşık 2,2km uzunluğunda, %3-4 eğime ve B18 kesitinde olması planlanmaktadır. Bu galerinin temiz hava giriş galerisi, personel ulaşım ve malzeme nakliye galerisi olarak kullanılacaktır. Mevcut ve planlanan yeraltı işletmesi içinematik genel ocak planı ekil 5.1’de görülmektedir.

5.1.2. Dahili Havalandırma Kuyuları

Cevher yatağının 65-70° eğimli olmasından dolayı, dahili hava dönüş kuyusunun kademeli olarak açılması gerekmektedir. Havalandırma kuyusunun çapı üst kotlardaki havalandırma kuyularının çapı ile aynı seçilmiş ve 2 adet havalandırma kuyusu açılması öngörülmüştür.

Buna göre, 605m kotundan 680m kotuna kadar 75m derinli inde 3m çapında bir havalandırma kuyusu ve 680m kotundan 792m kotuna kadar 112m derinli inde 3m çapında havalandırma kuyusu açılması planlanmaktadır. Kirli havanın 792m kotundaki bir galeri vasıtasıyla 940m kotu ve 792m kotu arasındaki dahili hava dönü kuyusuna irtibatlanması planlanmıştır. Mevcut ve planlanan yeraltı i letmesinin üç boyutlu görünümü ekil 5.2’de verilmiştir.



ekil 5.1 Mevcut ve planlanan yeraltı i letme planı

5.1.3. Dolgu (Ramble) Malzemesi Kuyusu

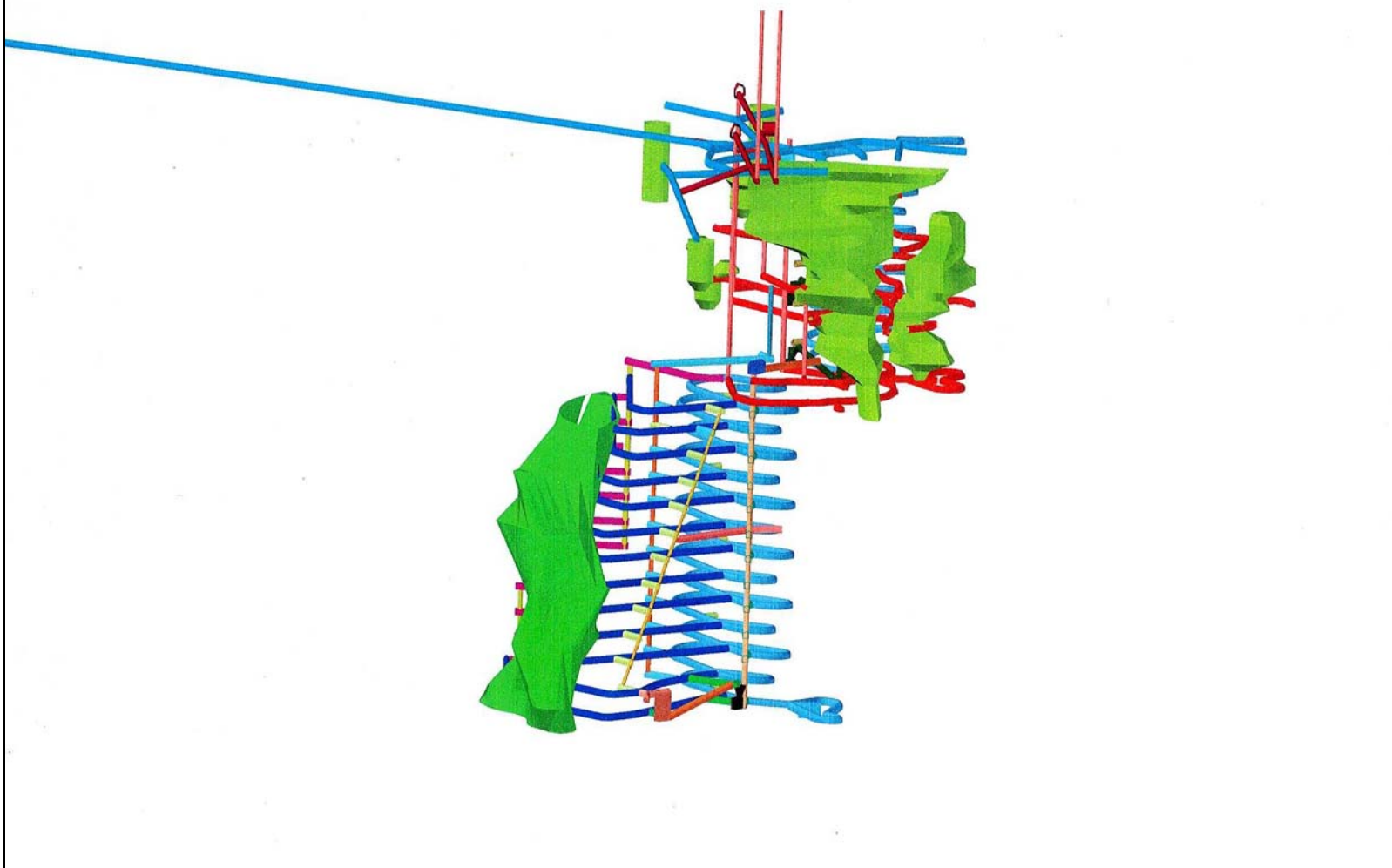
852m-804m kotları arasındaki 48m derinli inde ve 3m çapındaki ikinci ramble kuyusundan gelen dolgu malzemesinin, 804m-620m kotları arasında 184m derinli inde 3m çapında açılacak olan di er bir ramble kuyusuna dökülmesi planlanmıştır. Ramble malzemesi, kuyulardan üretim yapılan katlara, desandrelere yardımı ile iletilecektir.

5.1.4. Servis Rampası

Temiz hava giri galerisi, personel ulaşımı ve malzeme nakliyesi için 792m kotundan 605m kotuna kadar, 2,8 km uzunlu unda %7-8 eğime ve B18 kesitinde bir servis rampası açılması öngörülmektedir. Bu rampadan cevhere, bölüm dördte tespit edildi i gibi, katlar arası mesafe 15m olacak şekilde kat galerileri sürülecektir. Acil durumlar için servis rampasından 785, 740, 695, 650 ve 605 kat girişlerine yakın noktalarda toplam 5 adet sınıma odası oluşturulması öngörülmü tür.

5.1.5. Nakliye Kuyusu

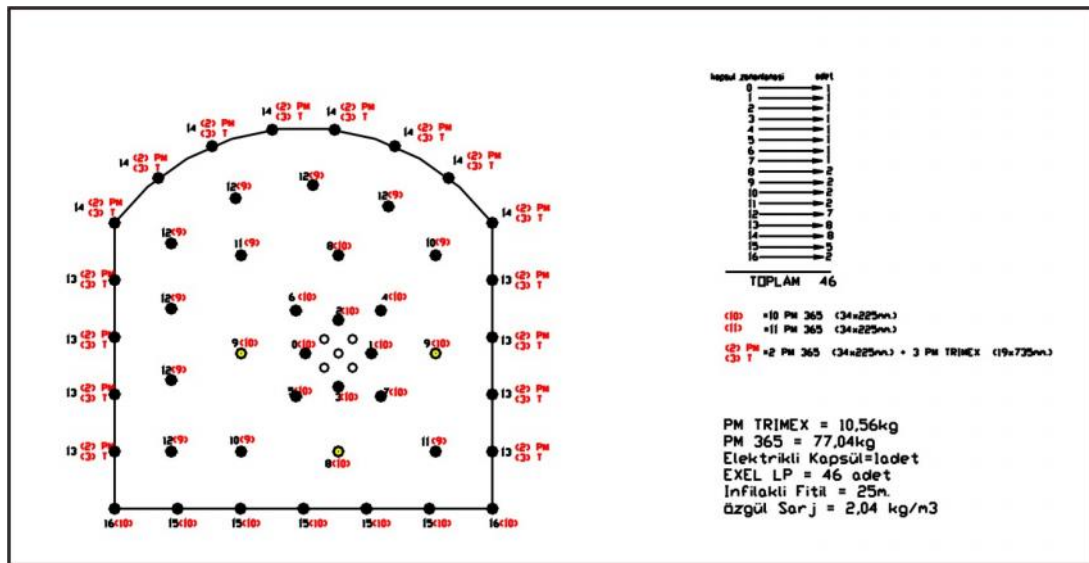
805m kotu ile 605m kotu arasında 200m derinli inde ve 3,80m çapında açılması planlanmaktadır. Her katta üretilen cevher, cevher banyu yukarı kanalı ile 620m kotuna indirilecek, oradan yükleyici ile kırıcı besleme silosuna aktarılacak ve kırıcıdan geçirildikten sonra, kuyu içerisinde bulunan dikey bant konveyöre (flexowell) beslenecektir. 805m kotuna çıkarılacak olan cevherin, 792-920 kotları arasında çalış an di er dikey bant konveyörü besleyen konveyör galerisine bağlanması planlanmaktadır. Acil durumlar için, üst kuyuda olduğu gibi, ihraç kuyusunun genişletilmesiyle 2x2m boyutunda; ihraç kuyusuyla ısı geçirmeyen gaz beton bloklar kullanılarak ayrılmı bir kaç merdiveni yapılması planlanmaktadır. Bu acil kaçışa servis rampasından bağlantılar yapılacak olup, bağlantıların sızdırmazlı ı çift kapı yardımıyla sağlanacaktır. Bu sistemin çıkışı ise 710m kotunda servis rampasına bağlanan ikinci giriş galerisine bağlanacaktır.



Şekil 5.2 Mevcut ve Planlanan Yeraltı İşletmesinin Üç Boyutlu Görünümü

5.1.6. Kat Galerileri

Kat galerilerinin servis rampasından cevher yata na do ru 15'er metre aralıklarla açılması planlanmaktadır. En derinde açılması planlanan kat 605m kotunda olup, 785m kotuna kadar 13 kat galerisi açılacaktır. Tavan ta ı (bazalt) içerisinde, 4,5m x 4,5m kesitinde açılması planlanan kat galerileri (kılavuzları) cevher do rultusuna paralel olacak ekilde cevher sınırına kadar devam edecektir. Kılavuzlardan cevher do rultusuna dik yönde açılacak ba lantı galerileri ile cevhere ula ılacak olup, öngörülen delme ve patlatma paterni ekil 5.3'de verilmi tir.



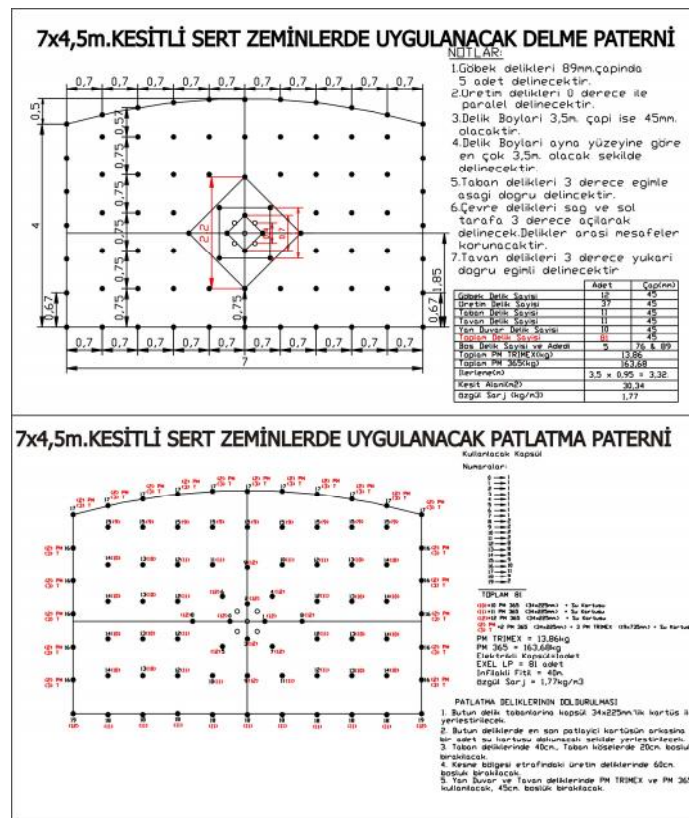
ekil 5.3 Kat galerinde uygulanan delme ve patlatma paterni

5.1.7. Damar İçi Galerileri

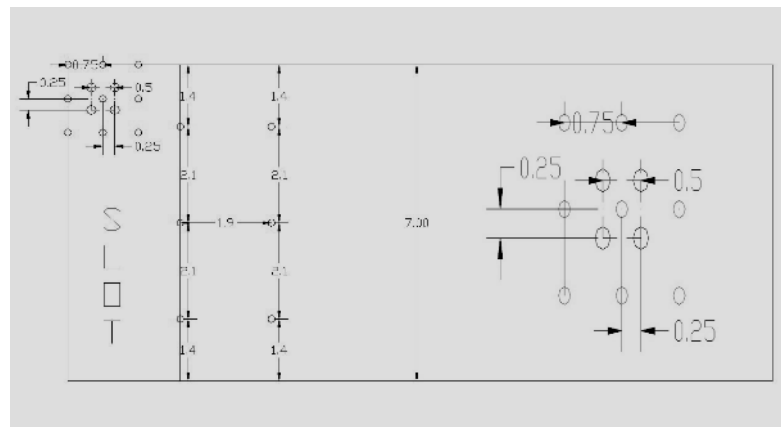
Mevcut yeraltı i letmesinde uygulandı ı gibi, cevher damarı do rultusunca sürülen kat kılavuzlarından, cevher do rultusuna dik yönde açılacak olan 7m geni li inde ve 4,5m yüksekli indeki damar içi galerileri ile (tavan ve taban galerileri ile) panoların olu turulması planlanmaktadır. Tabandan tabana galeriler arasındaki mesafe, yeni planlanan panolarda 15m olarak belirlenmi tir. Böylece panoların da yükseklikleri 15m olacaktır. Damar içi galerileri cevher-arjilit konta na gelindi inde sonlandırılacaktır. Planlanan damar içi galerilerinin delme ve ate leme düzeni ekil 5.4'de görölmektedir.

5.1.8. Pano Ba langıç Bürü (Slot)

Yeni panoda ba langıç bürü açma i lemi, daha önce oldu u ekilde planlanmakta olup, yeni planlanan panolarda bu bürün yüksekli i (taban galerisinin tavanından, tavan galerisinin tabanına kadar) 10,5m olacaktır. Ba langıç bürü delme ve patlatma paterni ekil 5.5’de gösterilmi tir.



ekil 5.4 Damar içi galerilerinin delme ve patlatma paterni



ekil 5.5 Yeni panoda ba langıç bürü delme ve patlatma paterni

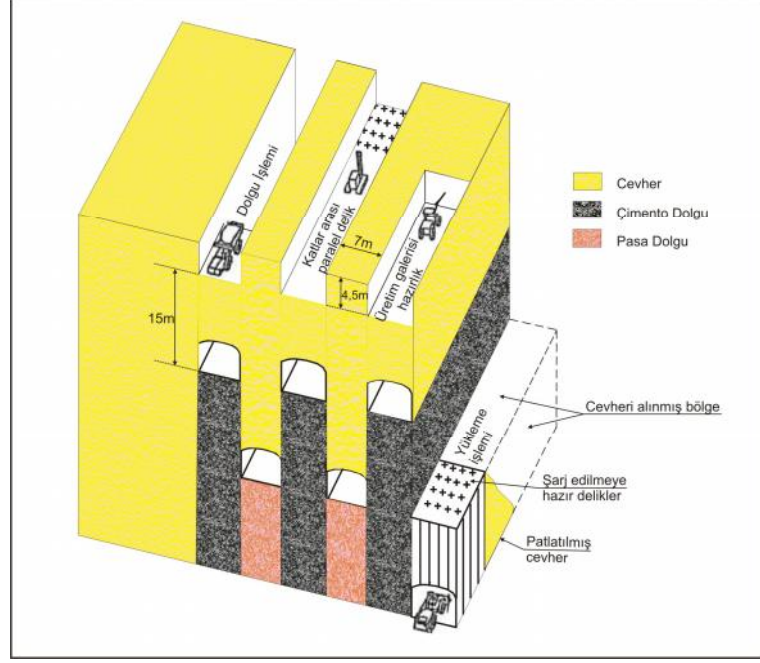
5.2 II. Etap Cevher Yata 1 için Yeraltı Üretim Yöntemi

A köy yeraltı işletmesi, 792m kotu ile 605m kotu arasında yer alan cevher rezervinin kazanılmasında, üst kotlarda olduğu gibi, Dolgulu Oda yönteminin uygulanması planlanmakta olup, yıllık üretim kapasitesi 360.000 ton/yıl olarak öngörülmüştür.

Şu anda uygulanan üretim yönteminde katlar arası mesafe 12-15m arasında değişirken yeni planlanan panolarda kat galerileri arasındaki mesafe 15m dolayısıyla pano yükseklikleri de 15m olarak öngörülmüştür. Katlar arası mesafenin belirlenmesi Bölüm 4.3'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Pano genişlikleri 7 m ile sabit kalmıştır. Bu durumda katlar arası mesafe artmıştır ve dolayısıyla kat sayısı azalmıştır için bazalt içerisinde açılacak olan kat galerileri uzunluğu azalmakta ve hazırlık maliyeti düşmektedir.

Pano tavan galerisinden açılacak üretim deliklerinin uzunluğu 7,5m'den 10,5m yükselecektir (tavan galerisi tabanı ile taban galerisi tavanı arasındaki mesafe). 10,5m uzunluğunda delik açarak patlatmak sorun olmayacaktır ancak pano başında tavan ve taban galerileri arasında açılacak başlantı bürünün açılması da olsa güçlenecektir.

Pano genişliğinin daha önceki panolar gibi 7m olması uygun olacaktır, zira pano genişliği arttırsa da tavan taban galerisi genişliği artacak, bu da stabilite sorunu olmayacaktır, ya da galeri genişliği aynı kalacak, o zaman da a a ıya doğru yelpaze ekinde delik delip patlatma işi zorunlu olacaktır. Yeni açılacak panolarda uygulanması planlanan hazırlık, üretim ve dolgu işlemlerinin ematik görünümü ekil 5.6'da verilmiştir.



ekil 5.6 Hazırlık, Üretim ve Dolgu lemlerinin ematik Görünümü

5.3 Cevher Nakliye Yöntemi

5.3.1 Nakliye Yöntemi Seçimi ve Önemi

Günümüz madencilik sektöründe artan rekabet koşulları ve giderek derinleşen ve azalan rezerv ve kalite parametreleri (tenör, kalori, ppm vb) işletmelerde birim maliyetlerin düşürülmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, işletme operasyonları ve makina-ekipmanların teknik ve ekonomik anlamda optimize edilmesi ekonomik madencilik açısından gereklidir.

Yeraltı maden işletmeleri için giderlerin önemli bölümünü oluşturan cevher nakliyesi kalemi, işletmenin rantabilitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle yeraltı işletmelerinde nakliye yöntemi ve seçilecek makina-ekipmanların teknik ve ekonomik açıdan uygunluğu önem kazanmaktadır.

Yeraltı maden işletmelerinde cevherin taşınmasında ortaya pek çok alternatif nakliye yöntemi çıkmaktadır. Nakliye yöntemi seçimi, uygulanacak üretim yöntemine bağlı olmakla beraber bunun yanında pek çok kritere de bağlıdır. Nakliye yönteminin seçimine etki eden önemli faktörler; cevher rezervi, üretim kapasitesi, üretim

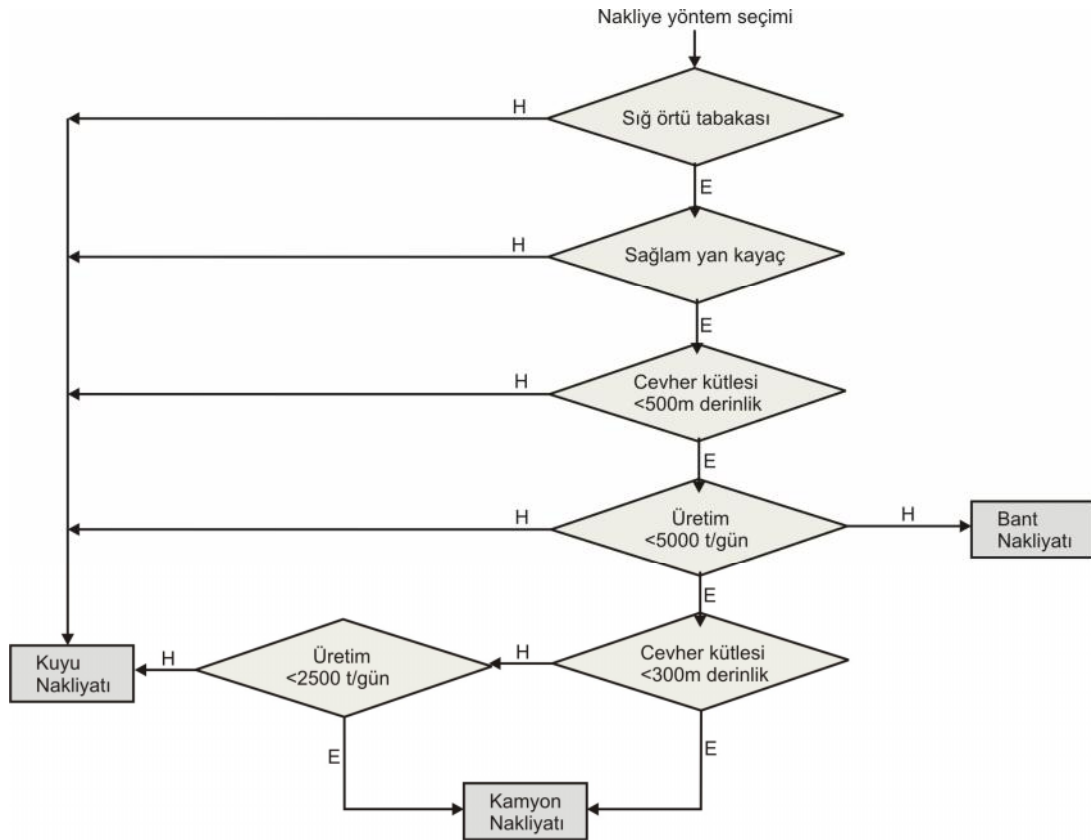
yöntemi, jeoteknik ko ulları, cevher damarının kalınlı ı, derinli i ve e imi, tahmini i letme ömrü, yapılması planlanan büyük hazırlıklar, seçilen makine ekipmanın fiyatı, amortisman ve faiz oranı ekinde sıralanabilir.

Bunların içinde seçimi etkileyen önemli parametreler üretim kapasitesi ve i letme derinli idir. Pek çok küçük ve orta ölçekli madencilik operasyonlarında rampa yardımıyla kamyon nakliyatı dü ük yatırım maliyeti ile ekonomik açıdan en uygun yöntem olarak gözükmektedir. Buna kar ın artan derinlik ve üretim kapasitesi, yüksek ilk yatırımına ra men dü ük i letme maliyetiyle kuyu nakliyatını ön plana çıkarmaktadır. Nakliyat sistemi seçimi üzerine yapılan ara tırmalarda, sa lam zemin ko ullarında 1.000.000 ton/yıl altındaki üretim kapasitesi için kamyon nakliyatı 250m derinli e kadar ekonomik olmaktadır. Aynı ara tırmacının yaptığı bir ba ka çalı mada, rampa vasıtasıyla kamyonla nakliyeden, kuyu nakliyatına geçi için optimum derinli in 350 m olarak belirlendi i vurgulanmaktadır (Nortcote, 1973).

Avustralya'da yapılan bir çalı maya göre ise, 500 m derinlik kamyon ile nakliyattan kuyu nakliyatına geçi noktasıdır (McCarthy& Livingstone, 1993). Sı cevher yataklarında 5000 t/gün'den daha yüksek üretim kapasitelerinde bant konveyörle nakliyat daha ekonomik olmaktadır(McCarthy, 2002).

Son yıllarda özellikle kamyon nakliyatından kuyu nakliyatına geçi te optimum noktayı belirlemek için pek çok ara tırma yapılmı tır. Yapılan ilk çalı malarda sadece maliyetler göz önüne alınmı tır. Daha sonra kamyonla nakliyatta rampada olu acak kamyon trafi i yo unlu unun kapasiteyi sınırlayabilece i fark edilmi ve bunun üzerine bilgisayar destekli simulasyon modellemeleri üzerinde çalı ılmı tır.

Alternatif nakliyat sistemlerinin sayısal verilerle de erlendirildi i bir algoritma a a ıda verilmektedir (ekil 5.7). Yüzeğe yakın cevherlerin nakliyesinde, 300m derinli e kadar olan ve üretim kapasitesi 2500 ton/gün de erinden dü ük yeraltı i letmeleri için kamyon nakliyatı altrenatif olabilmektedir. Ancak daha derin ve yüksek kapasiteli yeraltı i letmeleri için kuyu nakliyatı ve bant konveyör nakliyesi alternatif olarak görünmektedir.



ekil 5.7 Alternatif nakliyat sistemlerinin kar ıla tırılması (De La Vergne, 2003)

5.3.2 II. Etap Cevher Yata ı için Öngörülen Nakliye Yönteminin Teknik ve Ekonomik De erlendirmesi

Küre A İköy Yeraltı Maden letmesinde 792m ve 605m kotları arasında üretilmesi planlanan cevherin nakliyesi için 3 farklı alternatif nakliye sistemi de erlendirilmiştir. Bu üç nakliye yöntemi alternatifinde de cevher I. Etap cevher nakliyesinde kullanılan dikey bant konveyör kuyusunun kırıcı besleme silosuna (805m kotu) beslenecektir.

İlk alternatifte u anda i letmede uygulanmakta olan dikeybant (flexowell) konveyör ile yapılması dü ünülen nakliye yönteminde katlardan alınan cevher, her kattaki cevher bürüne dökülerek 620 katına indirilecektir. 605 katındaki çeneli kırıcıdan geçirilen cevherin, flexowell besleme silosuna oradan da kuyu içerisindeki dikey bant konveyörle (flexowell) ihraç edilmesi dü ünülmektedir.

İkinci alternatif olarak, cevherin servis rampasından kamyonla nakliyesinde, üretim katından alınan cevher %10 eimli helezonik rampa vasıtasıyla 920m-792m kotları arasında bulunan, I. Etap cevher nakliyesinde de kullanılan dikey bant konveyör kuyusunun kırıcı besleme silosuna (805m kotu) beslenecektir.

Üçüncü alternatifde ise, kuyu içerisinde skip sistemi bulunan nakliye yöntemi de erlendirilmeye alınmıştır. Aynı dikeybant nakliyesinde olduğu gibi katlardan alınan cevher, her kattaki cevher bürüne dökülerek 620 katına indirilecektir. 605 katındaki çeneli kırıcıdan geçirilen cevher skip besleme silosuna oradan da kuyu içerisindeki skiple nakledilecektir.

Kamyon kullanarak rampa yoluyla cevher nakliyesinde yatırım maliyetleri, kamyonlar, helezonik rampa, bu rampada açılacak olan cepler ve havalandırma için gerekli olan ilave vantilatör gücünden oluşmaktadır. Kamyon ile nakliyat durumunda helezonik rampanın 5m yükseklik x 6m genişlikte açılması planlanmıştır.

Kuyu içerisinde skip ve flexowell nakliyatında ise yatırım maliyetlerini, nakliye kuyusunun ve cevher bürününün açılması, yeraltı kırıcı ünitesi tesisi ve servis rampasından oluşmaktadır. Skiple olarak, skiple nakliyatta kuyu kulesi ve skip cihazı, flexowell nakliyatında ise dikey bant yatırımları bulunmaktadır. Servis rampasının kuyu ile nakliyat durumunda 4m yükseklik x 5m genişlikte açılması planlanmıştır.

Skip ile nakliyat durumunda kuyu çapı 6m seçilmiştir. İlk yatırım tutarının %5'i kadar yedek parça, %6,5'i oranında tamir-bakım gideri alınmıştır. Faiz oranı %10 kabul edilmiştir. Halat hızı, tambur çapı, toplam gerekli güç, kuyu kule yüksekliği ve kule için çelik konstrüksiyon ağırlığı da erleri ve maliyetleri (SME Mining Engineering Handbook) kullanılarak hesaplanmıştır (Cummins ve diğeri., 1996).

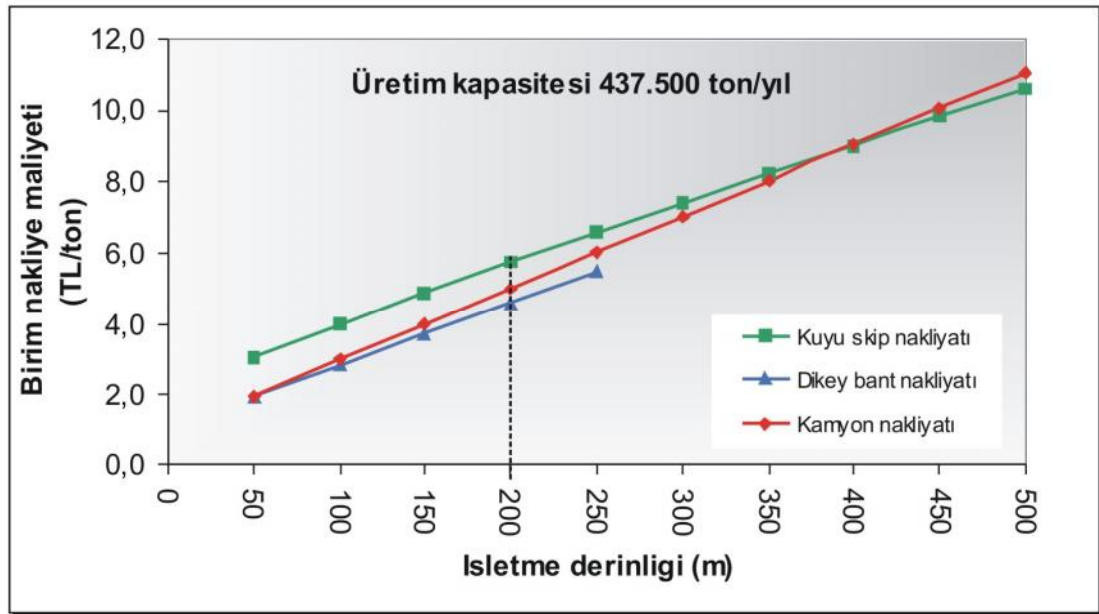
Dikey bant konveyör nakliyesinde kuyu çapı daha düşük seçilerek 3,8m alınmıştır. İlk yatırım tutarının %5'i kadar yedek parça, %6,5'i oranında tamir-bakım gideri alınmıştır. Faiz oranı %10 kabul edilmiştir.

Kamyon kapasitesi 20ton, fiyatı 980.000TL olarak alınmıştır. Helezoni rampa eğimi %10, kamyon saatlik akaryakıt tüketimi 29 lt, kamyon dolu gidi hızı 10 km/saat ve boş dönüş hızı 20 km/saat'dir.

Yıllık 437.500ton tüvenan cevher üretimi, 350 çalışmaya günü üzerinden, 1250 ton/gün kapasiteye göre 50m ile 500m arası işletme derinliklerinde her üç alternatif nakliye yöntemi için elde edilen birim maliyetler Tablo 5.1 ve ekil 5.8'de verilmiştir. Dikey bant nakliyatının dünyadaki diğer uygulama örneklerine ve üretici firma katalog verilerine bakılarak, 250m derinlikten sonra teknolojik olarak uygulanamayacağı varsayılmıştır.

Tablo 5.1 Farklı işletme derinliklerinde oluşan birim maliyetler

İşletme derinliği (m)	Birim nakliye maliyeti (TL/ton)		
	Kuyu Skip Nakliyatı	Dikey Bant Nakliyatı	Kamyon Nakliyatı
50	3,02	1,96	1,96
100	3,99	2,83	2,98
150	4,89	3,71	3,99
200	5,74	4,60	5,00
250	6,58	5,49	6,01
300	7,41		7,01
350	8,22		8,02
400	9,03		9,04
450	9,84		10,05
500	10,64		11,06



ekil 5.8 Nakliye sistemleri birim maliyetlerinin artan işletme derinliğiyle değişimi

ekil 5.8 incelendi inde, flexowell nakliyatının teknolojik sınırı olan 250m derinli e kadar en ekonomik yöntem oldu u görülmektedir. Kamyon nakliyatından kuyu nakliyatına geçi noktası yakla ık 400m derinlikte gerçekleştirilmektedir. Cevherin 605m kotundan 805m kotuna taşınması durumunda, dikey nakliye mesafesi 200m olacaktır. Tablo 5.1 ve ekil 5.8’den görüldü ü gibi 200m i letme derinli inde en dü ük birim nakliye maliyeti 4,60TL/ton ile dikey bant (Flexowell) nakliyesinde gerçekleştirilmektedir. 200m i letme derinli inde olu an nakliye maliyetlerinin ayrıntılı dökümü Tablo 5.2’de verilmiştir. Nakliyat türüne ba lı olarak de i en cevher taşıma maliyetleri incelendi inde;

- İkyatırım tutarları dikkate alındı ında; kamyon nakliyatında yapılacak 2.662,925TL’lik yatırım di er alternatiflerden daha az olmaktadır.
- En yüksek ilkyatırım tutarı 4.685.262TL de eriyle kuyu skip nakliyatındadır.
- Kamyon nakliyatı olması durumunda birim cevher taşıma maliyeti 5,00 TL/ton seviyesinde gerçekleştirilmektedir.
- En yüksek birim cevher taşıma maliyeti 5,74TL/ton ile kuyu skip nakliyesindedir.

Tablo 5.2 Nakliye alternatifleri ve ekonomik analizi

	Nakliye Alternatifi					
	Skip Nakliyatı		Dikey bant Nakliyatı		Kamyon Nakliyatı	
Toplam İkyatırım	4.685.262 TL		3.978.158 TL		2.662.925 TL	
Yatırım Giderleri	Yıllık Gider (TL/Yıl)	Birim Gider (TL/ton)	Yıllık Gider (TL/Yıl)	Birim Gider (TL/ton)	Yıllık Gider (TL/Yıl)	Birim Gider (TL/ton)
Amortisman	819.921	1,87	644.252	1,47	466.012	1,07
Faiz	368.964	0,84	289.914	0,66	209.705	0,48
Sigorta	65.594	0,15	51.540	0,12	74.562	0,17
Beklenmeyen Giderler	228.353	0,52	182.759	0,42	198.710	0,45
Yatırım Giderleri Toplamı	1.482.832	3,39	1.168.465	2,67	948.989	2,17
İletme Giderleri						
Elektrik	219.118	0,50	172.480	0,39	35.280	0,08
Akaryakıt	0	0,00	0	0,00	495.933	1,13
Ya -Hidrolik	7.000	0,02	7.000	0,02	57.004	0,13
Lastik	0	0,00	0	0,00	73.291	0,17
Tamir-Bakım	327.968	0,75	257.701	0,59	242.326	0,55
Yedek-Parça	327.968	0,75	257.701	0,59	186.405	0,43
çilik	147.000	0,34	147.000	0,34	146.581	0,34
İletme Giderleri Toplamı	1.029.055	2,35	841.882	1,92	1.236.820	2,83
Toplam Giderler	2.511.887	5,74	2.010.347	4,60	2.185.809	5,00

Teknik ve ekonomik açıdan bir değerlendirme yapıldığında,

- Servis rampası kullanılarak yapılacak kamyon nakliyatının, hem trafik yoğunluğu hem de havalandırma sorunları oluşması gözönüne alındığında, nakliye kapasitesi ve iş güvenliği koşulları açısından dezavantajlı olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra ekonomik olmadığı belirlenmiştir.
- Diğer bir alternatif olarak düşünülen, kuyu skip nakliyatının ilk yatırımının tutarının yüksek olduğu, işletme giderlerinin ise kamyonla nakliyata oranla nispeten düşük ancak dikey bant nakliyatından yüksek olduğu görülmektedir.
- Cevher nakliyesinin, içine dikey bant konveyör (flexowell) yerleştirilmesi düşünülen kuyudan yapılması ve buradan mevcut sistemin deneyiminden yararlanılması ve sürekli nakliyatı sağlayabilmesi, ekonomik açıdan da uygun olması bu nakliye yöntemini ön plana çıkarmaktadır.

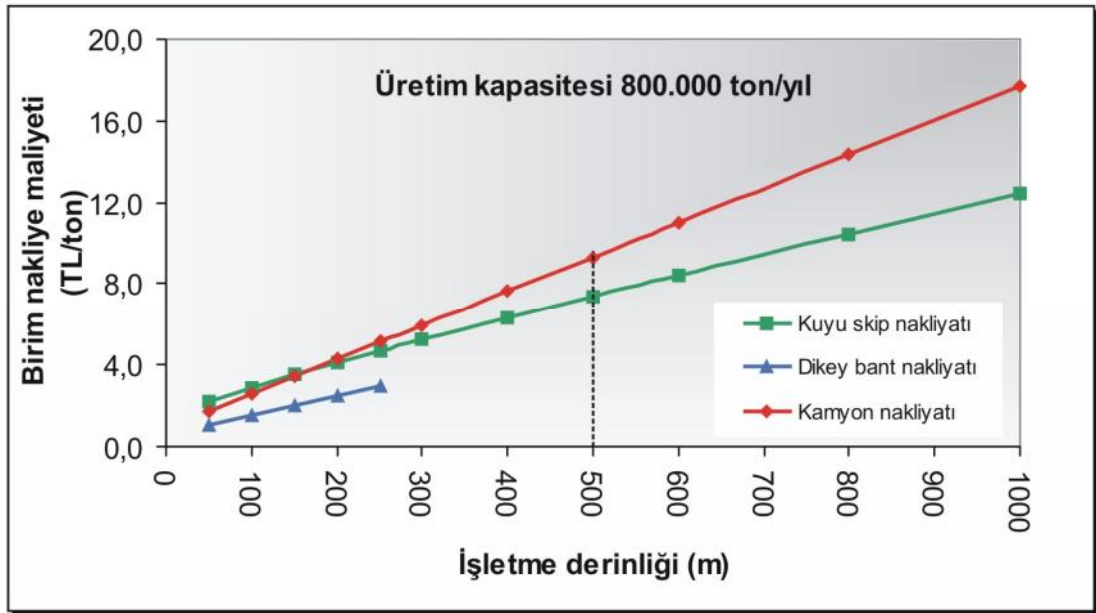
Sonuç olarak, işletmenin kendine özgü koşulları içinde yapılacak teknik değerlendirmeler yanı sıra ekonomik değerlendirme sonuçları optimum nakliye yönteminin seçimini sağlamaktadır. Bu düşünceden hareketle, dikey bant konveyörün (flexowell) üretilmesi planlanan II. Etap cevherinin nakliyesinde de kullanılması işletmede bu konuda daha önce yoğun altyapı ve deneyim elde edilmiş olmasından dolayı, teknik ve ekonomik açıdan uygun olması nedeni ile önerilen alternatiftir.

Tüm cevher yatağının baştan planlanmış olması durumunda toplam 8.000.000 ton tüvenan cevherin nakliyesi için yüzey topoğrafya kotu 1100m'den 605m kotuna kadar bir dikey nakliye mesafesi olacaktır. Böyle bir durumda oluşacak birim maliyetler Tablo 5.3 ve ekil 5.9'da verilmiştir.

Aşağıdaki grafikten de görülebileceği gibi, 10 yıl işletme ömrü, 500m işletme derinliğinde aynı kabuller ve veriler kullanılarak 7,39TL/ton birim maliyet ile kuyu skip nakliyesi en düşük deeri almaktadır. 175m işletme derinliğinde kamyon nakliyatından kuyu skip nakliyatına geçi gerçekleştirilmektedir.

Tablo 5.3 Tüm cevher yata nının nakliyesi durumunda olu an birim maliyetler

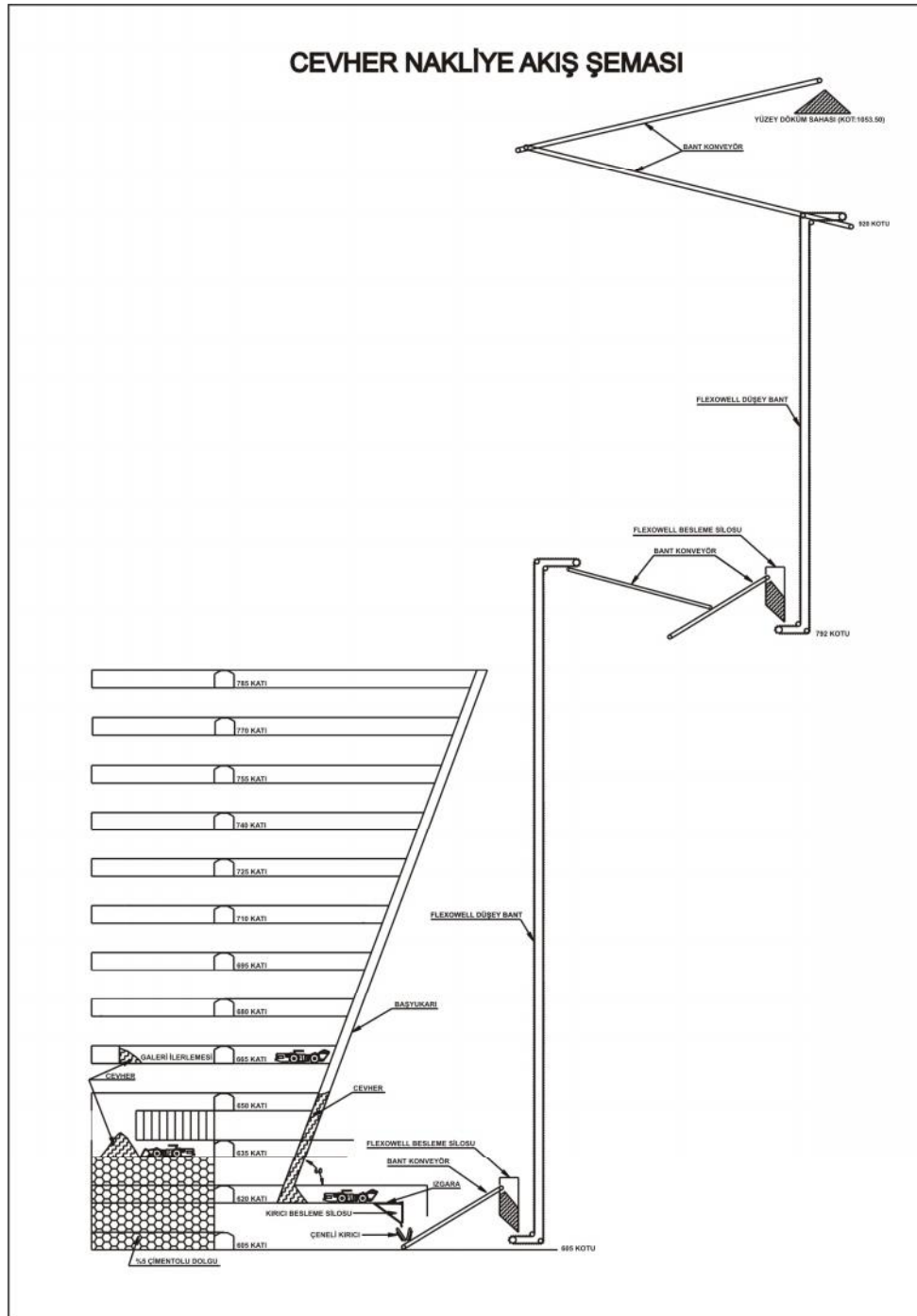
İşletme derinli i (m)	Birim nakliye maliyeti (TL/ton)		
	Kuyu Skip Nakliyatı	Dikey Bant Nakliyatı	Kamyon Nakliyatı
50	2,18	1,04	1,76
100	2,90	1,51	2,60
150	3,53	1,99	3,44
200	4,13	2,48	4,28
250	4,69	2,97	5,12
300	5,25		5,95
400	6,33		7,63
500	7,39		9,31
600	8,41		10,98
800	10,44		14,34
1000	12,43		17,68



ekil 5.9 Nakliye birim maliyetlerinin artan i letme derinli iyle de i mi

792 ve 605 kotları arasında üretilmesi planlanan cevherin dikey bant ile ta nması durumunda, 15m yüksekli inde ve 7m geni li inde planlanan odaların tavan galerilerinden delinerek patlatılan cevher, panoların taban galerilerinden, yükleyicilerle yüklenerek 785m ile 620m kotları arasında 60° e iminde ve 3m çapında açılmı olan cevher ba yukarisına bo altılacaktır. Cevher ba yukarisının altından yükleyici ile alınacak olan cevher halen çalı makta olan sistemde oldu u gibi, çeneli kırıcıda kırıldıktan sonra 805m kotu ile 605m kotu arasında yer alan kuyu içerisindeki 200m uzunlu unda 180t/saat kapasiteli dikey bant konveyöre (flexowell)

beslenecektir. Dikey bantlı konveyör kanalı ile 605 katından yani i letmenin en derin katından 804 m kotuna çıkarılan cevher, aynı kattan bant konveyör yardımı ile u anda çalışmakta olan 140m yüksekli indeki dikey bantlı konveyöre yüklenecek, oradanda 920m kotundan bantlı konveyör vasıtası ile yeryüzündeki döküm sahasına taınacaktır (ekil 5.10).



ekil 5.10 Uygulanması planlanan nakliye sistemi akış şeması

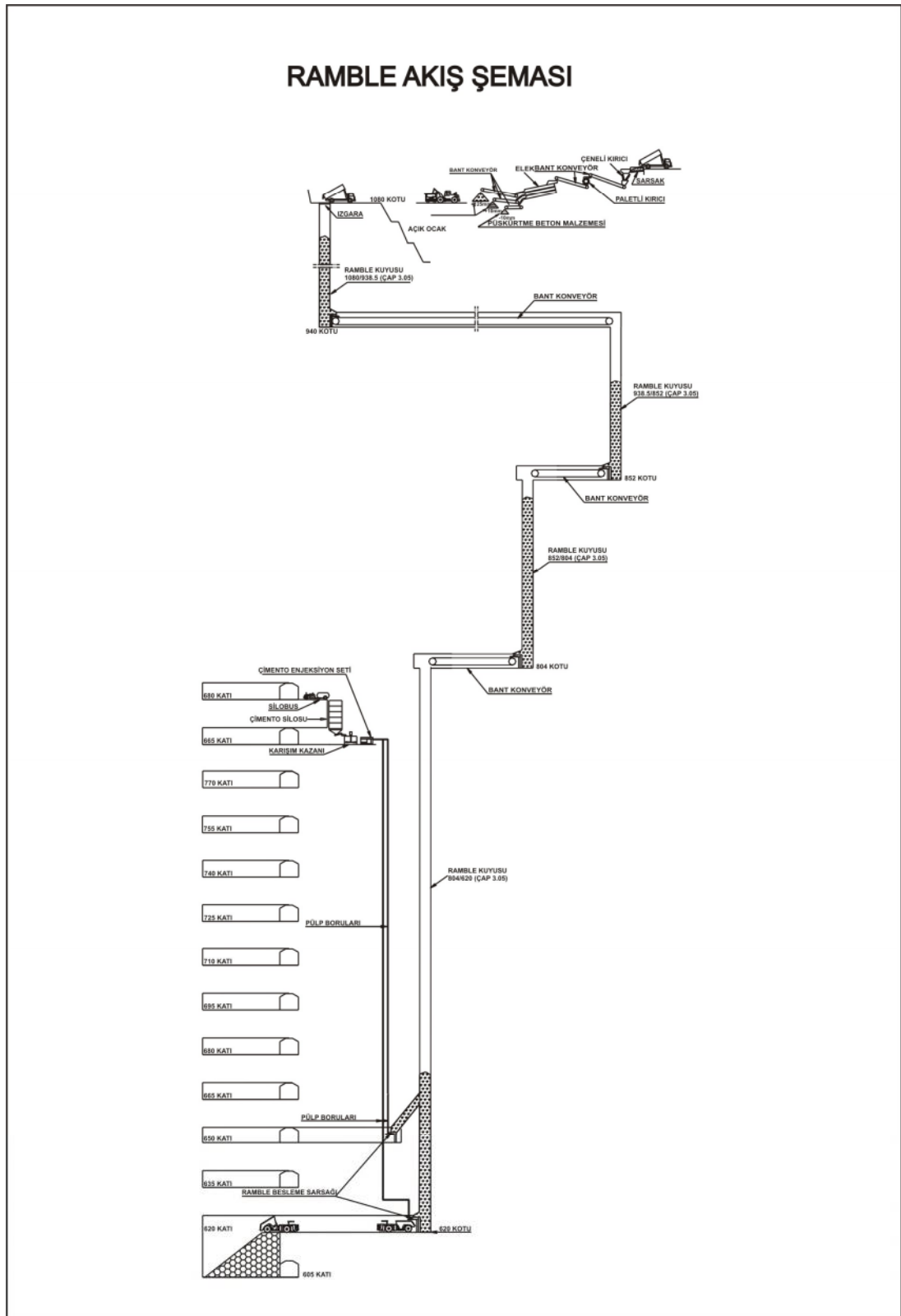
5.4 Dolgu (Ramble) Yöntemi

792m kotu ile 605m kotu arasında yer alan panoların dolgu malzemesi ile doldurulması aynı üst kotlarda olduğu gibi öngörülme tür. Açık işletmeden gelen kırılmı dolgu malzemesi aynı yolu izleyerek 1080m kotu ile 940m kotu arasındaki ana dolgu kuyusundan dahili dolgu kuyularına, oradan açılması planlanan ve ekil 5.9'da görülen kuyudan alt kotlara kadar indirilecek, aynı ekilde desandreler vasıtası ile üretim yapılacak kat galerilerine taşınacaktır. Enjeksiyon seti ve çimento silosu 792m-785m katları arasında yerleştirilecek ve çimento erbeti pülp boruları vasıtasıyla ramble desandrelerine ulaştırılacaktır.

Çimento katkılı dolgu malzemesi arkadan boşaltmalı kamyonlarla tavan galerilerinden panolara doldurulacaktır. Dolgu sistemi şu anda işletmede bulunan bir ekilde uygulanmaktadır. Odaların, geçici olarak bırakılan ve sonradan üretilen topukların ve genel anlamda yeraltı işletmesinin duraylılığı bölüm 6'da detaylı olarak incelendiği gibi sorunsuz olarak sağlanmaktadır. Uygulanması planlanan yeni ramble (dolgu) sistemi aşağıdaki ekil 5.11'de verilmiştir.

5.5 Havalandırma Yöntemi

792-605 katları arasındaki cevherin üretiminde havanın, halen kullanılmakta olan 920m kotundaki galeriden ve yeni açılmakta olan 710m kotundaki galeriden girmesi rampa ve üretim panolarını takip ederek 605 katına inmesi öngörülmektedir. Kirli haldeki hava 605 katındaki galeriyi takip ederek galeri sonunda yer alan hava dönüş kuyusu ile 680m kotuna, daha sonra 680m-792m katları arasında yer alacak olan bir başka hava dönüş kuyusu ile 792 katına ulaşacaktır. 792 katında açılacak olan galeri ile kirli hava, halen kullanılmakta olan 792m-940m katları arasındaki hava dönüş kuyusuna ve daha sonra 1080m kotundan ocağı terk edecektir. 792-605 katları arasındaki cevherin üretiminde havalandırma planı ekil 5.12'de gösterilmiştir.



ekil 5.11 Uygulanması planlanan yeni dolgu sistemi akış şeması

792-605 katları arasındaki cevherin üretimi için gerekli hava miktarı ve gerekli fan basıncı hesaplamalarında mevcut i letme yol uzunlukları ile Tablo 5.4'de yeni panolar için verilen değerler kullanılmıştır.

Tablo 5.4 Yeni yeraltı i letmesi bağlantı yolları uzunlukları

Katlar	hıraç Kuyusu bağlantı Cebi	Ramble Kuyusu bağlantı Cebi	Ba yukarı bağlantı Cebi	Hazırlık Galerisi	Katlar Toplamı	Rampa
804	104,46	121,70			226,16	
792	14,00			90,47	104,47	172,29
785	20,63	20,00	16,18	205,54	262,35	232,51
770	21,10	20,00	16,18	214,00	271,28	195,00
755	20,63	20,00	16,18	219,94	276,75	232,51
740	21,10	20,00	16,18	243,74	301,02	195,00
725	20,63	20,00	16,18	241,38	298,19	232,51
710	21,10	20,00	16,18	271,43	328,71	195,00
695	20,63	20,00	16,18	289,46	346,27	232,51
680	21,10	20,00	16,18	296,50	353,78	195,00
665	20,63	20,00	16,18	302,18	358,99	232,51
650	21,10	20,00	16,18	230,14	287,42	195,00
635	20,63	20,00	16,18	226,74	283,55	232,51
620	21,10	24,93	15,47	356,23	417,73	195,00
605	47,21			606,02	653,23	72,07
Toplam	311,59	244,93	193,45	3793,77	4543,74	2809,42

5.5.1 Gerekli Hava Miktarı Hesabı

792-605 katları arasındaki cevherin üretiminde gerekli hava miktarının belirlenmesi için mevcut i letmedeki çalışma koşullarının ve ekipmanların ayarlarının yeni yeraltı i letmesinde de kullanılacağı varsayılmıştır. Gerekli hava miktarının belirlenmesi farklı kıstaslara göre yapılmaktadır. Bunlar, yeraltı i letmesinde kullanılan dizel olarak güçlendirilmiş makinelerin kw cinsinden gücü, yeraltı i letmesinde aynı anda bulunabilecek insan sayısı, yeraltı i letmesinde aynı anda kullanılacak patlayıcı madde miktarı, olu an toz miktarı eklinde sıralanabilir. Yeraltı i letmesinde üretim sırasında olu an toz miktarının çok düşük olması nedeniyle, toz miktarına göre gerekli hava miktarı hesaplanmasına gerek duyulmamıştır.

5.5.1.1 Diesel Araç Gücüne Göre

Yeraltı işletmesinde mevcut araç parkı a a ıdaki gibidir (Tablo 5.5). ILO standartlarına göre dizel olarak güçlendirilmi araçların her bir kw gücü için gerekli hava miktarı 0,03 – 0,06 m³/sn olarak belirtilmi tir. Bu standarda göre gerekli hava miktarı, ortalama olarak 0,045 m³/sn/kw için 74,75 – 75 m³/sn (4500 m³/dak) olarak bulunmu tur.

Tablo 5.5 Yeraltı işletmesindeki araçların güçleri

Araç	Mevcut Makine	Çalışan Makine	Gücü, Kw	Toplam Güç, Kw
Yeraltı Kepçesi	3	3	172	516
Yeraltı Kamyonu	2	2	224	448
Delik delme makinası (hazırlık)	2	1	55	55
Delik delme makinası (üretim)	1	1	55	55
JCB	2	1	75	75
Cat Kepçe	1	0	75	0
Traktör	3	3	64	192
Bob Cat	2	1	64	64
Diğer Tahtlar	7	4	64	256
			Toplam	1661

5.5.1.2 Yeraltı İşletmesindeki İnsan Sayısına Göre

Yeraltı işletmesinde hazırlık ve üretim çalışmaları büyük oranda mekanize olarak yapılmaktadır. İşletme içinde aynı anda bulunabilecek en fazla insan sayısı 40 kişi olabilmektedir. İnsan başına gerekli hava miktarı en az 6 m³/dak olmalıdır. Buna göre gerekli hava miktarı 240 m³/dak dır.

5.5.1.3 Kullanılan Patlayıcı Madde Miktarına Göre

Patlayıcı madde miktarına göre gerekli hava miktarı, hem galeri açılması hem de cevher üretiminde aynı anda patlayıcı kullanımı varsayımına göre yapılmı tir. 7m x 4,5m kesitli galeride bir atımda 156,24kg, 4,5m x 4,5m kesitli galeride ise 116,58kg patlayıcı madde kullanılmaktadır. Hesaplamalarda daha fazla patlayıcı maddenin kullanıldı ı 7m x 4,5m kesitli galeri dikkate alınmı tir. Cevher üretimi sırasında özgül arj miktarı 0,2kg/ton dur.

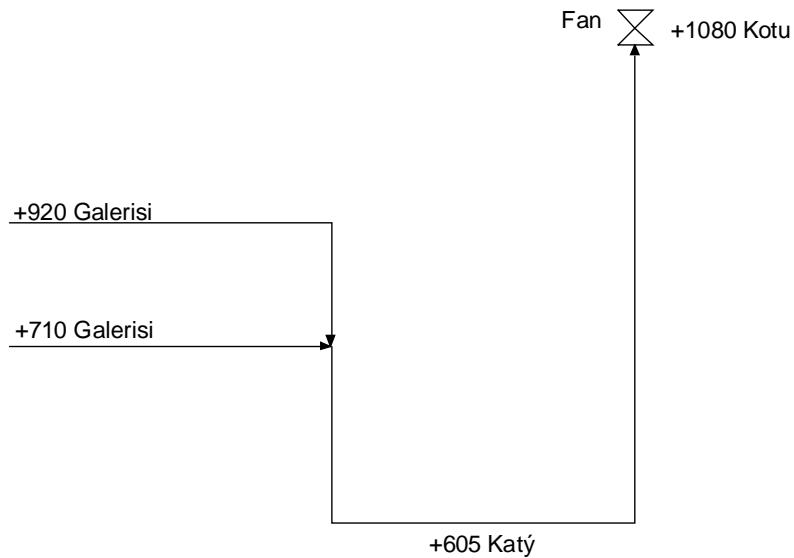
Cevher üretimi sırasında bir atımda kullanılan patlayıcı madde miktarı, %10 yemleme miktarı ile birlikte, 81,5kg (7m x 7m x 1,8m x 4, ton/m³ x 0,2kg/ton x 1,1) dır. Buna göre, 7m x 4,5m kesitli galeride ve cevher üretiminde bir seferde kullanılan patlayıcı madde miktarı toplamı 237,74kg'dır. Patlatma sonrası patlama bölgesinin havalandırılmasının 30dak. içerisinde tamamlanması varsayımı ile gerekli hava miktarı 66,04m³/sn (3962m³/dak) olarak bulunmu tur.

Yukarıda hesaplanan gerekli hava miktarları içerisinde en yüksek de er dizel olarak güçlendirilmi araçlar için hesaplanmı olan 75m³/sn (4500m³/dak) dir. Bu nedenle bu de er, yeraltı i letmesi için gerekli hava miktarı olarak kabul edilmi tir.

5.5.2 Gerekli Vantilatör Basıncı

792-605 katları arasındaki cevherin üretimi için gerekli vantilatör basıncı i letmenin nihai durumu olan +605 katındaki üretime göre yapılmı tur. letmede gerekli olan 75 m³/sn havayı yeraltına gönderebilmek için gerekli vantilatör basıncını bulmak amacıyla öncelikle yeraltı i letmesinin toplam direnci hesaplanmı tur.

letmede 920 ve 710 galerileri birbirine paralel ba lıdır (ekil 5.13). Bu durumda yeraltı i letmesi havayolları toplam direnci 0,424 gaul olarak bulunmu tur. 75 m³/sn hava miktarı için gerekli olan fan basıncı 2385 Paskal, gerekli hava gücü ise 223,6 kw olarak hesaplanmı tur.

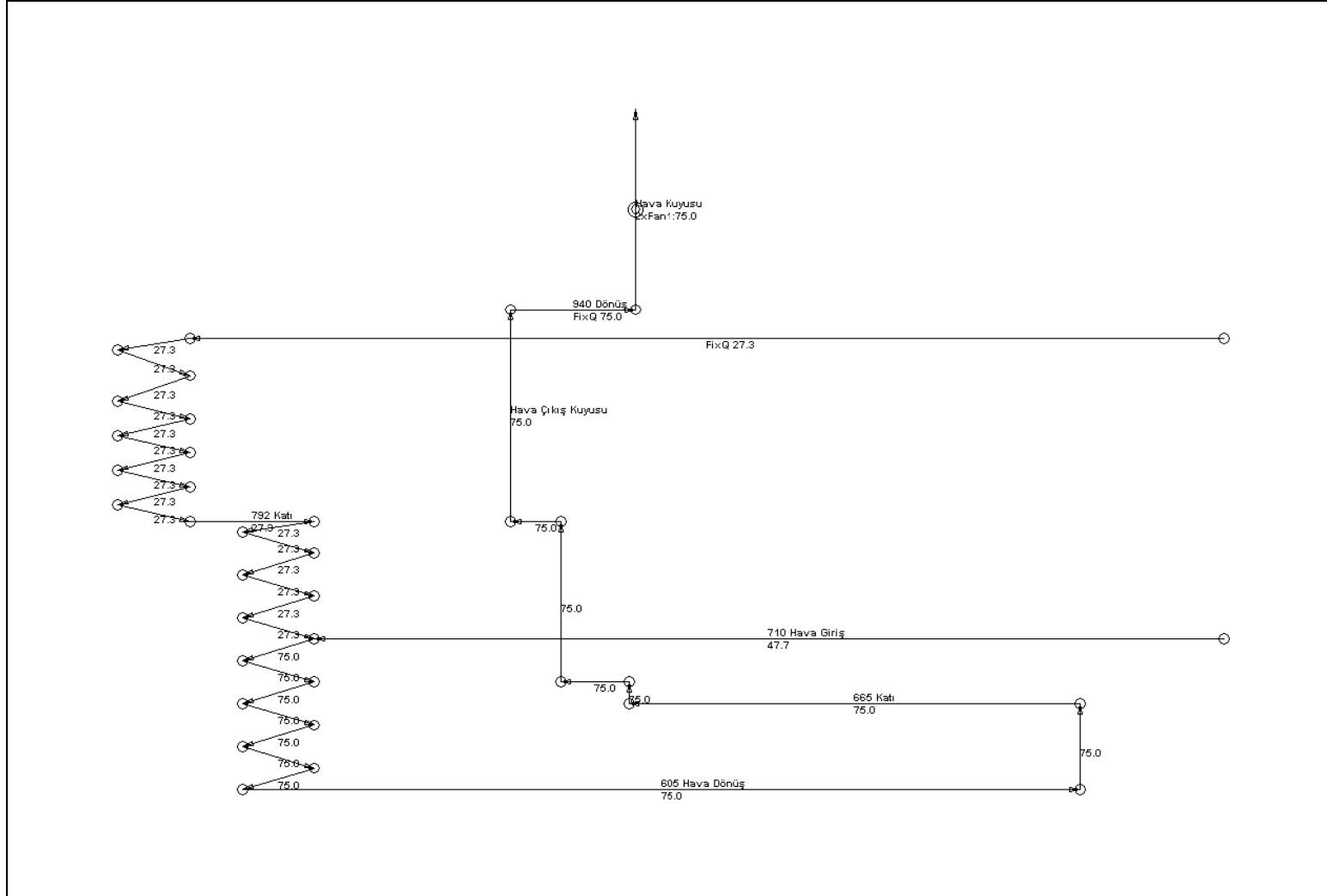


ekil 5.13 Yeraltı i letmesi havayolları özet akım eması

Gerekli hava gücü yeraltı havalandırması için kullanılan 180 kw (2x90 kw) güçten büyüktür. Ancak, üretim katlarını birleştirecek ba yuvarların açılacak olması işletme direncini düşürecek, ba yuvarlarda kullanılacak olan 2 adet 30 Kw'lık yardımcı vantilatörler ve kuyu başındaki vantilatörlerin kanat ayarlarında yapılacak değişiklikler ile havalandırmanın sorunsuz olarak gerçekleştirileceği beklenmektedir. Patlatma yapılan bölgedeki gazlı havanın kısa sürede ortamdan uzaklaştırılabilmesi için emici tip yardımcı havalandırma vantilatörleri kullanılması gerekecektir.

5.6 Su Atımı

792-605 katları arasındaki cevherin üretiminde atık suyun, 605 katında bulunan atık su havuzundan 2 adet 55 kw'lık pompa vasıtasıyla 605-804 ihraç kuyusu içinden 710 katına iletilmesi, oradan da 710-765 galerisi (ikinci ana giriş galerisi) içinden ocak dışına atılması öngörülmektedir.



Şekil 5.12 Ocak havalandırma planı

BÖLÜM ALTI

SEÇİLEN ÜRETİM YÖNTEMİNİN KAYA MEKAN AÇISINDAN İNCELENMESİ

Bu bölümün içeriğini, A köy yeraltı işletmesinde halen 945m ve 792m kotları arasında yer alan doğu ve batı sektörü cevherinin üretiminde uygulanan ve 792m kotu ile 605m kotu arasındaki cevher rezevinin üretilmesi amacıyla planlanan yeraltı işletmesinde de uygulanması öngörülen Dolgulu Oda yönteminde açılacak olan oda ve topukların etrafında oluşacak gerilmelerin incelenmesini kapsamaktadır.

Sayısal gerilme çözümlenmeleri diğer mühendislik dallarında olduğu gibi maden mühendisliğinde de yaygın uygulama alanları bulmaktadır. Yöntemin avantajları arasında, gerilme yöntemlerinin ve olası yenilme bölgelerinin önceden kestirimini sağlamak, çevre açıklıklar veya yapılarla etkileşiminin sonuçları konusunda tasarımcıya ipuçları vermek ve alınacak tahkimat önlemleri kapsamında yapının uygulanan tahkimata olumlu veya olumsuz tepkisini önceden kestirmek sayılabilir.

Bu amaçla, yeraltı açıklıklarının etrafında oluşan gerilme ve deformasyonların hesaplanmasında kullanılan 2 boyutlu bir elasto-plastik sonlu elemanlar programı olan *Phase2* yazılımı kullanılmıştır. Programdaki örneklerde olduğu gibi, bir çok madencilik probleminin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır.

- Yumuşak ve sert kaya zeminlerde yapılan yeraltı kazılarında
- Püskürtme beton ve kaya sapsamalarının tasarımında
- Eklem ve kırık sistemlerinin olduğu yapılarda
- Kaya dev stabilitesi analizlerinde

Sonlu elemanlar yöntemi yeraltı açıklıklarının ve dolgu malzemesinin davranışını incelemek amacıyla pek çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Blake (1971) üçgen elemanlar kullanarak bir topuk etrafında oluşan gerilme dağılımını simüle etmiştir. Kulhawy (1975) homojen kayalık ortamında oluşan gerilme ve yeraltı tirmeleri sonlu elemanlar yöntemi kullanarak incelemiştir. Pariseau (1980)

cevher dolgulu tavan ayak üretim yönteminin analizinde sonlu elemanlar yöntemini kullanmıştır. Sinclair ve diğeri., (1981) kayaç ile dolgu malzemesinin etkileşimini modellemek amacıyla 3 boyutlu sonlu elemanlar programı geliştirmiştir. Baria (1984) Masua madeninde yeraltı açıklıklarının stabilitesini incelemek amacıyla sonlu elemanlar yöntemini kullanmıştır. Wang ve diğeri., (1985) iki ve üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemleri ile oda topuk sistemi üzerine gelen yükler konusunda çalışmışlardır. Srivastava (1988) ikiz dairesel tüneller arasında kalan topukta oluşan gerilmeleri modellemiştir. Zhang ve Mitri (1992) üç boyutlu bir sonlu elemanlar programı geliştirmiş ve yeraltında dolgu odalar üzerine gelen yükler konusunda uygulamışlardır. Mitri ve diğeri., (1995, 1997) arakatlı kazı yönteminde dolgunun modellenmesi üzerinde sonlu elemanlar yöntemini kullanmışlardır. Aubertin ve diğeri., (2003) çimento dolgulu panolar etrafındaki gerilme dağılımını incelemiştir.

6.1 Yapılan Laboratuvar Çalışmaları

Oda ve topukların ve genel anlamda tüm yeraltı işletmesinin duraylılığını analiz etmek amacıyla ile cevher, bazalt ve dolgu malzemesinden alınan karot numuneleri üzerinde bir dizi kaya mekaniği deneyi yapılmış ve numunelerin jeomekanik özellikleri tespit edilmiştir (Tablo 6.1). Yapılan kaya mekaniği deneylerine ait ayrıntılı tablolar EK3'de verilmiştir. *Phase2* programı ile sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan modellerde, laboratuvarda elde edilen bu değerler kullanılmıştır.

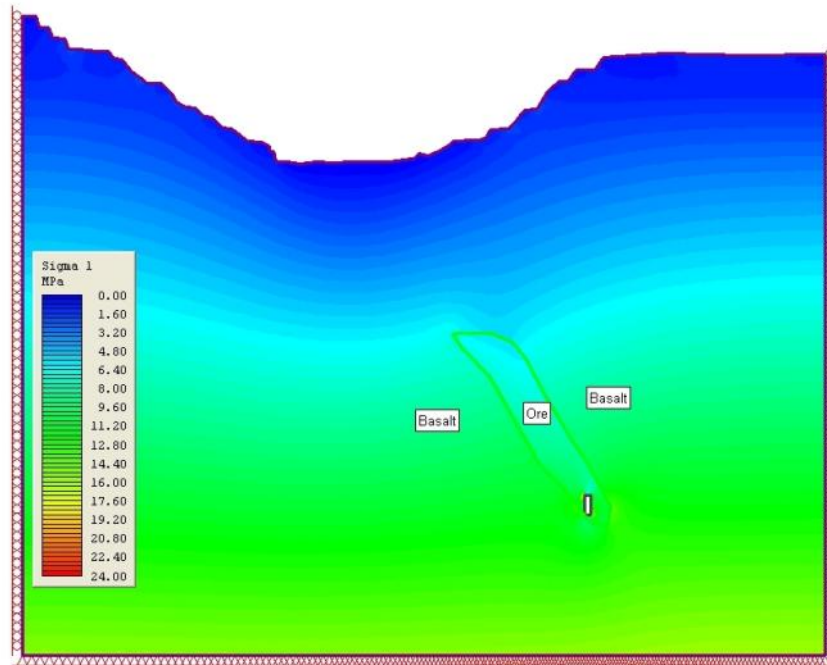
Tablo 6.1 Cevher, yan kayaç ve dolgunun jeomekanik özellikleri

	Cevher	Bazalt (Tavan taşı)	%5 Çimento Katkılı Dolgu
Yoğunluk (gr/cm^3)	4,1	2,7	2,1
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	55	65	6,5
Endirekt Çekme Dayanımı (MPa)	4,9	6,1	0,7
Kohezyon (C) (MPa)	12,3	13,5	1,4
İçsel Sürtünme Açısı ($^\circ$)	43,8	45,5	25,4
Young Modülü (MPa)	33500	47600	2850
Poisson Oranı	0,26	0,25	0,34

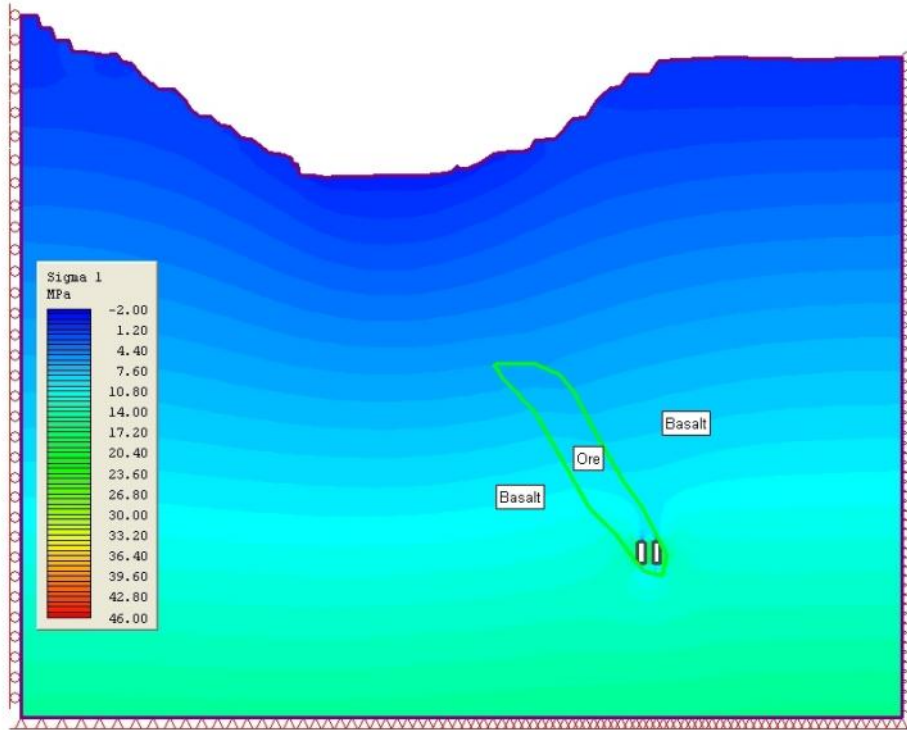
6.2 Olu an Gerilmelerin De erlendirilmesi

Söz konusu programda olu turulan sonlu elemanlar a ında 3 dü üm noktalı üçgen elemanlar seçene i kullanılmı olup, modellerde ortalama 10.000-13.000 arasında de i en üçgen eleman kullanılmı tır. Modellerin dı sınırlarının özellikleri belirlenirken, üst kısımlar serbest bırakılmı , modelin sa ve sol kısmı ise yatayda harekete izin vermeyecek ekilde sabitlenmi tir (Rocscience, 2002). Modellerin dı sınır tabanları ise her iki yönde (yatayda ve dü eyde) harekete izin vermeyecek ekilde sabitlenmi tir. Modelin önemli bölgesi olan açıklıkların yakınlarda daha küçük ve sık elemanlar kullanılırken, açıklıklardan uzakla tıkça eleman yo unlu u dü ürülmü tür (Köse vd., 2007).

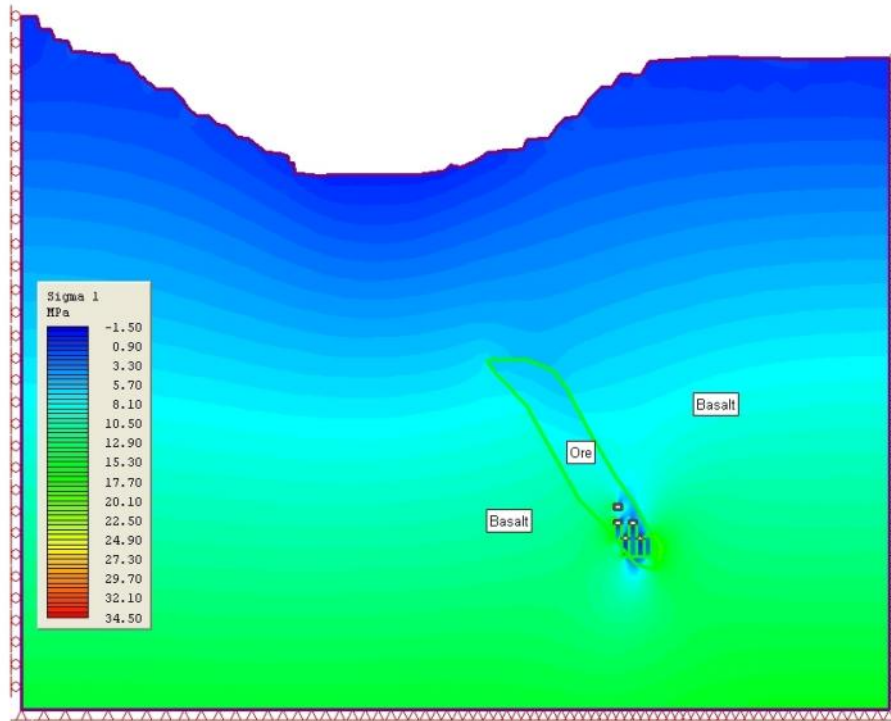
792m kotu ile 605m kotu arasındaki cevher rezevinin kazanılması amacıyla planlanan üretim durumuna göre, önce i letmenin en derin noktası olan 605m kotunda açılacak olan bir adet odanın üretildi i durum etüd edilmi (ekil 6.1), daha sonra iki üretildi oda ve arada bırakılan topuk örne i incelenmi (ekil 6.2) ve son etapta da ekil 6.3'de görüldü ü gibi üretimin belirli bir a amaya geldi i durum incelenmi tir.



ekil 6.1 Sadece bir odanın üretildi i durum



ekil 6.2 Üretilmi iki oda ve arada topuk durumu



ekil 6.3 Üretimin 650m katına ula tı ı durum

6.2.1 Sadece Bir Odanın Üretilmiş Durum

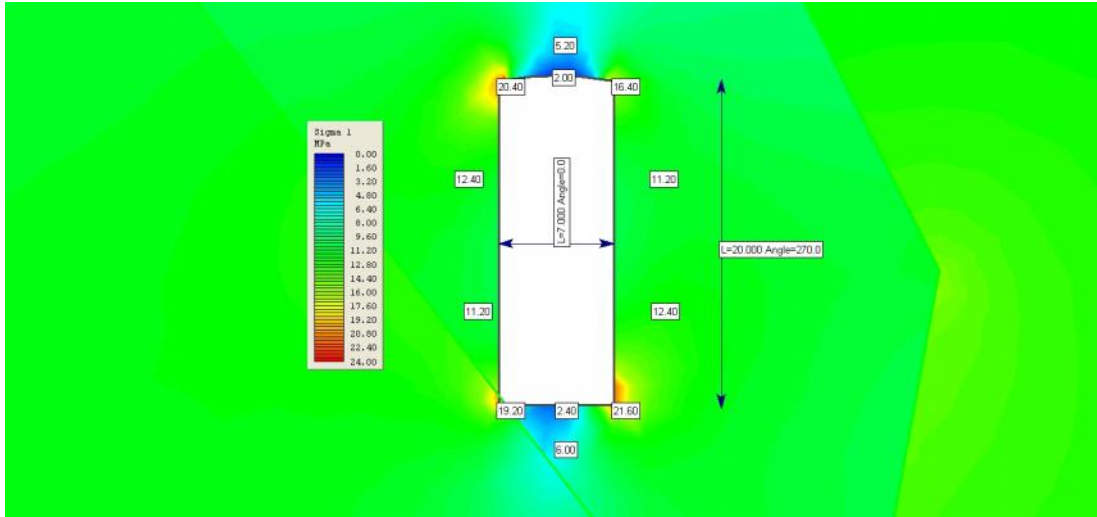
Bir odanın üretilmiş olması durumunda kritik ve önemli olan gerilmeler pano bölümunün tavanında, yan duvarlarında ve köşelerinde oluşan tektisel gerilmelerdir. Aynı zamanda maksimum gerilmeleri oluşturan tektisel gerilmeler pano yan duvarlarında düey yönde, pano tavan ve tabanında yatay yönde oluşurlar. Eğer bu gerilme değerleri pano bölümunu çevreleyen kayaçların dayanımlarından yani tek eksenli basınç ve çekme dayanımlarından küçük ise odalar duraylı olarak değerlendirilebilir. Radyal gerilmeler pano ve topukların duraylılığını etkileyecek büyüklükte olmamaktadır.

Panoların boyutlarına ve kayaçların mekanik parametrelerine göre de imikle beraber genel olarak pano yan taraflarında yüksek miktarda basınç gerilmesi (düey yönde), tavanda ise ya düşük miktarda basınç gerilmesi ya da çekme gerilmesi oluşmaktadır (yatay yönde). Buradaki pano bölümunün tavanına yakın bölgede 1,60MPa, yan tarafında ise 12,40MPa'lık basınç gerilmeleri oluşmaktadır. Pano bölümunün köşelerinde tavanda 20,40MPa, tabanda ise 21,60MPa değerinde gerilmeler gözlenmektedir. Bu değerler panoyu çevreleyen cevherin tek eksenli basınç dayanımı olan 55MPa'dan düşük olduğu için pano emniyetli olarak değerlendirilebilir.

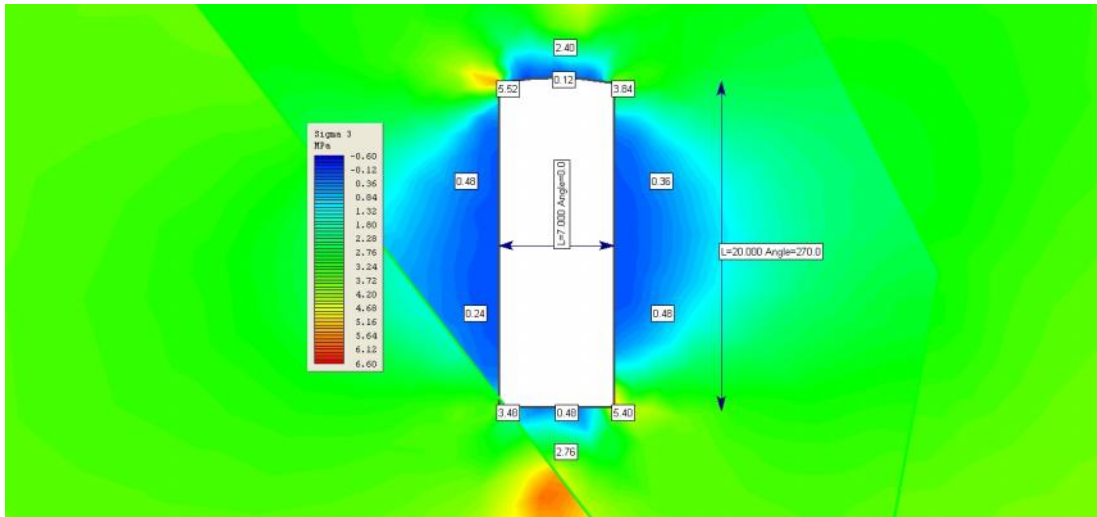
Düey basınçların (gerilmelerin) yatay gerilmelerden büyük olduğu gerilme durumlarında en uygun olan, en kesit düey eksenli yatay eksenden büyük olduğu elips ekindeki yeraltı açıklıklarıdır. Bu nedenle tavandaki tektisel gerilmeler (yatay yöndeki gerilmeler) ve yan duvardaki düey gerilmeler daire ekindeki açıklıklara göre daha az oluşmakta ve daha stabil bir durum ortaya çıkmaktadır.

Modelde ele alınan yeraltı bölümu simetrik ölçülere sahip olmasına rağmen, gerilmeler odanın sağ ve sol tarafında simetrik bir şekilde oluşmamıştır. Bunun nedeni açıklık letme sonrası oluşan yüzey topografyasının ekin 6.1, 6.2 ve 6.3'den görüldüğü gibi odaların konumuna göre simetrik olmamasından ve yerçekimsel gerilmelerin ehit olarak da ılmamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca cevher ve yankayacın yoğunluk farklılıkları da bu duruma etki etmiştir.

ekil 6.4'de pano etrafında olu an dü ey gerilmeler, ekil 6.5'de ise yatay gerilmeler görülmektedir. Yatay gerilmeler incelendi inde, tavanda 0,12Mpa, pano kö elerinde ise 5,52MPa gibi basınç gerilmelerinin olu tu u görülmektedir. Bu de erler cevher mukavemetine göre dü ük de erlerdir. Bu gerilme durumundan da pano dayanımı ile ilgili bir sorun olmadı ı anla ılmaktadır.



ekilde 6.4 Tek odanın üretilmesi durumunda olu an dü ey gerilmeler



ekilde 6.5 Tek odanın üretilmesi durumunda olu an yatay gerilmeler

6.2.2 Üretilmi ki Oda ve Arada Topuk Durumu

605m kotunda iki üretilmi oda ve arada topuk örneğinde oluacak düey gerilme durumu ekil 6.6'da gösterilmiştir. Pano bölüklerinin tavanında 0,40MPa, yan taraflarında ise 14,80-18,00MPa arasında değişen basınç gerilmeleri olmaktadır. Oluşan gerilmeleri simetrik olmamasının nedeni, yukarıda belirtildiği gibi yüzey topoğrafyasının yapısından kaynaklanmaktadır.

Panoların tavanının köşelerinde doğal olarak 18,00-22,80MPa arası gerilme pik değerleri gözlenmektedir. Bu değerler cevherin tek eksenli basınç dayanımı olan 55MPa'dan düşük olduğundan panoların dayanımı ile ilgili bir sorun oluşmamaktadır. ki oda arasında bırakılan ve sonradan üretilecek olan topunun stabilitesi önemlidir. Bu durumda topukta oluşan gerilme 18,00MPa'dır. Topukta oluşan gerilmeler her iki odadan da etkilendiği için panonun diğer yan tarafına göre daha yüksektir. Bu basınç değerleri de emniyet gerilmesinin altındadır ve stabilite sorunu görülmemektedir. ekil 6.7'de iki üretilmi oda ve arada topuk durumunda oluşan yatay gerilmeler görülmektedir. Odaların tavanlarında 1,96-2,52MPa arası çekme gerilmesi olmaktadır. Bu değer cevherin çekme mukavemetinin altındadır. Bu çekme değerleri dairesel açıklıklarda daha büyüktür. Açılan bölüğün düey ekseninin yatay ekseninden büyük olması tavanda oluşan çekme gerilmelerinin daha az olmasına neden olmaktadır.



ekil 6.6 ki üretilmi oda ve arada topuk durumunda oluşan düey gerilmeler

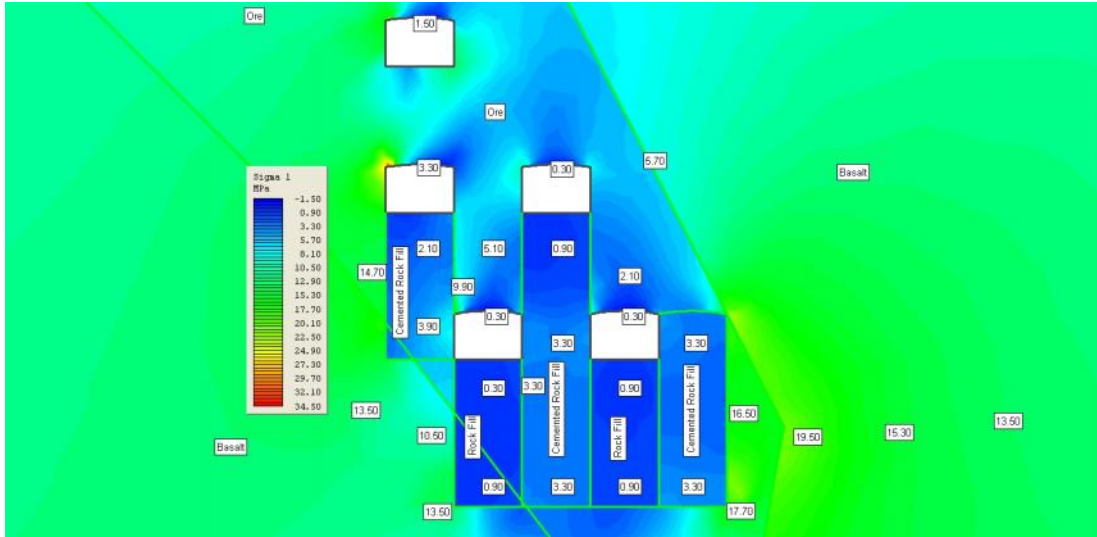


ekil 6.7 ki üretilmi oda ve arada topuk durumunda olu an yatay gerilmeler

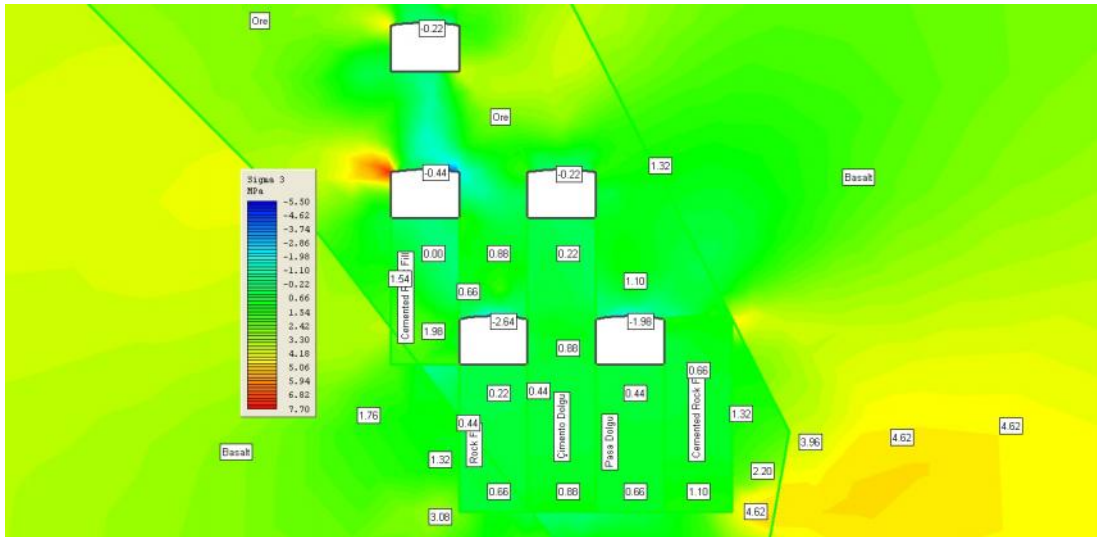
6.2.3 Üretimin 650m Katına Ula tı ı Durum

Üretimin 650 katına ulaşması durumunda olu acak dü ey gerilmeler ekil 6.8'de görülmektedir. Galeri tavanlarına yakın bölgelerde 0,30-2,70MPa, çimento dolgululu panolarda 0,90-3,30MPa, pasa dolgululu panolarda ise 0,30-0,90 MPa arası basınç gerilmeleri olu maktadır. Çimento dolgunun pasa dolgusuna göre E-modülünün daha büyük olmasından dolayı, çimento dolgululu odalarda olu an gerilmeler pasa dolgululu odalara göre daha yüksektir. Dolgusu yapılmı panolar arasındaki bölümde ise maksimum 9,90MPa basınç olu maktadır ki, bu de erler cevherin tek eksenli basınç dayanımı olan 55MPa'dan dü ük oldu undan panoların dayanımı ile ilgili bir sorun olu mamaktadır.

ekil 6.9'da panolarda üretimin 650 katına ulaşması durumunda olu acak yatay gerilmeler görülmektedir. Galerilerin tavanlarında 0,22-2,64MPa arası çekme gerilmeleri olu maktadır. Bu gerilmeler kayacın çekme mukavemetinden (-4,9MPa) dü üktür ve ayrıca tavan civatası ve püskürtme beton ile takviye edilmi tir. Di er olu an basınç gerilmeleri ekil 12'de görüldü ü gibi (1,32MPa) stabilite sorunu olu turacak de erler de ildir.



ekil 6.8 Üretimin 650 katına ulaşması durumunda oluşacak dikey gerilmeler



ekil 6.9 Üretimin 650 katına ulaşması durumunda oluşacak yatay gerilmeler

6.3 Genel Değerlendirme

Bu çalışmanın birinci aşaması cevher yatağının, yan kayacın ve dolgu malzemesinin jeomekanik özelliklerinin laboratuvar çalışmaları ile belirlenmesinden oluşmaktadır. Bu amaç için çok sayıda deney yapılmış ve cevherin, yankayacın ve dolgu malzemesinin yoğunluğu, tek eksenli basınç dayanımı, çekme dayanımı, kohezyonu, içsel sürtünme açısı, young modülü, poisson oranı belirlenmiştir.

kinci a amada ise odalar etrafında ve topuklarda olu an gerilmeler, laboratuarda yapılan deney sonuçlarından elde edilen veriler kullanılarak belirlenmi ve duraylılık analizi yapılmı tır. Yeraltında ilk pano üretildi inde, ba ka bir ifade ile ilk oda bo lu u olu tu unda, kritik gerilmeler (te etsel maksimum gerilmeler) odanın tavanında kö elerinde ve yan duvarlarında olu maktadır. ki oda üretildi inde ise kritik gerilmeler, odaların tavan ve yan duvarlarında ve topuk içerisinde olu maktadır. Panolar üretilmeye devam edildi inden ve bo luklar çimentolu dolgu malzemesi ve/veya yalın dolgu malzemesi ile dolduruldu unda olu an kompleks gerilmeler *Phase2* yazılımı ile hesaplanmı tır.

Yapılan hesaplamalarda tek oda bo lu u etrafında olu an yatay ve dü ey gerilmeler (bo luk kenarındaki te etsel gerilmeler) incelendi inde ve cevherin jeomekanik özellikleri ile kar ıla tırıldı nda odanın duraylı oldu u görülmektedir. ki odanın üretildi i ve arada sonradan üretilmek üzere aynı boyutta bir topuk bırakıldı ı durumda olu an gerilmeler incelendi inde, hem oda bo luklarının hem de topukların duraylı oldu u görülmektedir. Daha sonra sırası ile a a ıdan yukarıya do ru odaların üretilmesi ve bo lukların çimento katkılı dolgu malzemesi ile ya da çimento katkısız dolgu malzemesi doldurulması durumuna göre olu an gerilmeler incelendi inde de herhangi bir stabilite sorunu ile kar ıla ılmayaca ı anla ılmaktadır.

Panoların üretim sıralaması alt katlardan üst katlara do ru olmakla beraber, bir üst kattaki panoların üretimine geçmek için alt kattaki panoların tümü üretilmemektedir. Bunun iki önemli nedeni vardır. Birincisi alt kattaki panonun tavan galerisi üst kattaki panonun taban galerisi olarak tekrar kullanıldı ı için dolgu malzemesi ile doldurulmamaktadır. Yani üst kat panolarının taban galerilerinin tabanı dolgu malzemesinden olu maktadır. Bu durumda tüm galeriler yan yana gelince (galeri geni li i pano geni li i ile aynı oldu undan) henüz üretilmemi panoların altında destek kalmayaca ı için duraylılık sorunu olu acaktır. kincisi ise, aynı katta çok sayıda pano bulundu undan aynı kat galerilerinden çok sayıda panonun üretimi zor olacaktır.

Bu nedenlerle bir kaç kattan aynı anda üretim yapmak hem panoların duraylılı ı ve makina-ekipmanların trafik organizasyonu hem de cevher tenör optimizasyonu açısından uygun olmaktadır. Genelde alt kattan yukarıya do ru pano üretim sıralaması ya üçgen ya da diyagonal ekilde olmaktadır. Bu üretim sıralaması yeraltı i letmesinin stabilitesi açısından önemlidir.

BÖLÜM YED EKONOMİK DEĞERLENDİRME

Doktoranın bu bölümünde, Küre A iköy yeraltı işletmesi II. Etap cevher yatağının üretimi için gerekli olan yatırım giderleri ve işletme giderleri hesaplanmıştır. Ekonomik değerlendirilme aşamasında net bugünkü değer yöntemi kullanılarak projenin karlılığı incelenmiştir.

1500t/gün üretim kapasiteli, 60 teknik ve idari personel ve 240 işçi sayısına göre planlanan yerüstü tesisleri ve yatırım tutarları Tablo 7.1’de verilmiştir.

Tablo 7.1 Yerüstü tesisleri

	Gerekli alan (m ²)	Birim fiyatı (\$/m ²)	Tutar (\$)
İdari Ofis Binası	270	500	135.000
Yemekhane + Sosyal tesis	400	500	200.000
İşçi konutları (içerik) binası	810	500	405.000
Banyolar	850	500	425.000
Lambahane	210	500	105.000
Atölye Binası (mekanik + bakım)	1500	250	375.000
Ambar ve Yedek Parça Deposu	500	250	125.000
Karo Sahası	500	100	50.000
Kompresör Tesisi	200	250	50.000
Analiz Laboratuvarı	100	250	25.000
Kantar	100	250	25.000
İkyardımları (Revir) ve Tahliyesi	120	150	20.000
Vantilatör Tesisi	32	250	8.000
TOPLAM			1.948.000

Bölüm 5’de planlaması yapılan A iköy yeraltı işletmesi II. etap cevher yatağının üretimi için gerekli büyük hazırlıkların yatırım tutarları hesaplanarak Tablo 7.2’de verilmiştir.

Bölüm 4’de detaylı incelendiği gibi dolgu oda üretim yönteminde kullanılacak olan makina-ekipmanlar ve sayıları belirlenmiştir. Buna bağlı olarak gerekli olan hazırlık ve makina-ekipman yatırımı Tablo 7.2’de verilmektedir.

Tablo 7.2 Hazırlık ve makina-ekipman yatırımları

Yeraltı İletmesi Hazırlıkları	Uzunluk (m)	Birim Fiyatı (\$/m)	Tutarı (\$)
Nakliye Kuyusu	192	9.150	1.756.800
Havalandırma Kuyusu	199	3.000	597.000
Ramble Kuyusu	184	3.000	552.000
Ana Giri Galerisi	2.200	2.000	4.400.000
Servis Rampası	1.870	2.000	3.740.000
Cevher Ba yukarısı	330	1.400	462.000
Makine-Ekipman Alımı	Adedi	Birim Fiyatı (\$/adet)	Tutarı (\$)
Lastik Tekerlekli Yükleyici	2	400.000	800.000
Delici Makine (Hazırlıklarda)	1	830.000	830.000
Delici Makine (Üretimde)	1	600.000	600.000
Kamyon	5	600.000	3.000.000
Flexowell (montaj dahil)	1	1.260.000	1.260.000
Yeraltı Kırıcı Tesisi	1	500.000	500.000
Shotcrete Makinası	1	80.000	80.000
Ana Vantilatör (90kw)	2	31.500	63.000
Yardımcı Vantilatör (30kw)	2	21.000	42.000
Yerüstü Tesisleri			974.000
Toplam İlk yatırım			19.576.800

Planlanan yıllık 435.000 ton üretimi sağlayacak yıllık işletme giderleri ve oluşacak birim maliyet dağılımı Tablo 7.3'de verilmiştir. Yatırım giderleri amortisman, faiz ve sigorta gibi sabit giderlerinden oluşmaktadır. Çelik giderlerini makina-ekipmanları kullanan operatörler ve yardımcıları, tahkimat, ramble ve delme-patlatma işlemleri ile diğer operasyonlardaki operatör ve yardımcı elemanları kapsamaktadır. Diğer işletme giderleri, operasyon giderlerinin net olarak görülmesi amacıyla nakliye, yükleme, ramble gibi kalemlere ayrılarak verilmiştir.

Delme-patlatma maliyetini pano içi katlar arası cevher üretiminde oluşan delme ve patlatma işlemleri oluşturmaktadır. Diğer tüm hazırlık galerilerindeki delme-patlatma maliyetleri galeri açma birim maliyetinin içinde yer aldığından hesaplama katılmamıştır.

Yükleme maliyetini, panodan uzaktan kumandalı lastik tekerlekli yükleyici ile alınan cevherin aynı kattaki cevher ba yukarısına dökülmesi işlemi oluşturmaktadır. Nakliye maliyeti cevherin kuyu içerisindeki flexowell bant ile nakledilmesi esnasında oluşan maliyetleri içermektedir.

Tablo 7.3 İletmeye ait olu acak yıllık ve birim maliyetler

Yatırım Giderleri	Yıllık giderler (\$)	Birim gider (\$/t)
Amortisman	2.447.100	5,63
Faiz (%15)	1.654.130	3,80
Sigorta (%1)	70.320	0,16
İletme Giderleri		
çilik	564.400	1,30
Delme-patlatma	390.200	0,90
Yükleme	175.400	0,40
Ramble	261.000	0,60
Nakliye	1.130.200	2,60
Havalandırma	110.650	0,25
Beklenmeyen Giderler (%10)	678.600	1,56
Giderler Toplamı	7.482.000	17,20

Proje karlılı mın incelenmesinde, günümüz ekonomik de erlendirmelerinde yaygın olarak kullanılan paranın zaman de erini ön plana çıkaran net bugünkü de er yönteminden yararlanılmı tır. De erlendirme kapasiteye ba lı yıllık i letme giderleri, i letme sermayesi, makine-ekipman yatırımları, hazırlık giderleri ve hurda de erini kapsamaktadır. Satı fiyatı, kapasite, vergi ve faiz oranı, i letme ömrü gibi parametrelerin de i imine göre projeye ilgili alternatifler türetilmektedir. Projenin de erlendirilmesinde kullanılan de i kenler Tablo 7.4’de verilmi tir.

Tablo 7.4 Projenin de erlendirilmesinde kullanılan parametreler

Parametre	De er
Kapasite (ton/yıl)	435.000
Satı Fiyatı(\$/ton)	40
İletme Sermayesi (\$)	4.350.000
Vergi Oranı (%)	18
Maden Devlet Hakkı (\$/yıl)	348.000
Makina Ekipman Yatırımı (\$)	7.095.000
Hurda De eri (\$)	1.419.000
İletme Ömrü (yıl)	8
Yeraltı İletmesi Hazırlık Giderleri (\$)	12.481.800
Yıllık İletme Gideri (\$)	7.482.000

Yukarıda tanımlanan parametreler kullanılarak yapılan ekonomik de erlendirme sonuçları Tablo 7.5’de görülmektedir. De erlendirmede yatırım giderleri; makine-ekipman, maden hazırlık, arazi, antiye ve yerüstü tesis maliyetleri ile i letme sermayesinden olu maktadır. Hurda de eri olarak makina-ekipman de erinin %20’si alınmı olup, ekonomik i letme ömrü sonunda net gelire dahil edilmektedir.

Amortisman, makina-ekipman ve devlet maden hakkı maliyetlerinden oluşmaktadır. Tahmin edilen zarar, yatırım dönemi giderinin işletme dönemi ilk yılına devredilmesidir. Defter değeri ise işletme sermayesi ve bakiye amortisman değerlerinden oluşmaktadır.

İşletme ekonomik ömrünün 8 yıl, cevher satış fiyatının 40\$/ton olduğu durumda yapılan ekonomik değerlendirme sonucu net bugünkü değer 12.500.403\$ seviyesinde gerçekleşmiştir. Net bugünkü değer pozitif olması projenin karlı olduğunu ortaya koymaktadır. Projenin başabaş analizi yapıldığında ise satış fiyatının 31,3\$/ton seviyesinde olması durumunda net bugünkü değer sıfır (0) çıkmaktadır. Başka bir deyişle proje, indirgemedeki yer alan %15'lik faiz kadar bir gelir elde etmektedir. Tüvenan cevher satış fiyatının 31,3\$/ton üzerinde olması durumunda net bugünkü değer giderek artmakta dolayısıyla projenin karlılığı da artmaktadır.

BÖLÜM SEK Z

SONUÇLAR

Yeraltı metal madencili inde üzerinde dikkatle durulması gereken konulardan biri, belki de en önemlisi üretim yönteminin seçilmesidir. Seçilen üretim yönteminin teknik, ekonomik açıdan uygulanabilir olmasının yanı sıra i güvenli i ve ülke ekonomisine sa ladı ı katkı açısından da incelenmesi gerekir. Doktora tez çalı ması kapsamında bu üç önemli kriter ı ı nda, Küre A ıköy yeraltı i letmesi II. Etap cevher yata ının üretimi teknik, ekonomik ve i güvenli i açısından incelenmi tir. Bu amaçla, üretim yöntemi seçimine yönelik olarak çe itli ara tırmacılar tarafından geli tirilmi olan üç ayrı yakla ım ile, Küre A ıköy yeraltı i letmesi II. Etap cevher yata ı de erlendirmeye alınmı tir. Yapılan ön de erlendirme sonucunda dolgulu oda ve arakatlı kazı yöntemlerinin ön plana çıktıkları görülmü tür. Bunun üzerine dolgulu oda yöntemi ile arakatlı kazı yöntemi teknik ve ekonomik açıdan birbirleriyle kar ıla tırılmı tir. Her iki yöntem için pano içi maliyetlerin birbirine yakın oldu u belirlenmi tir. Daha önce i letmede dolgulu oda yöntemiyle üretim yapılmı olmasından dolayı elde edilen deneyim nedeni ile, II. Etap cevher yata ının üretimi için dolgulu oda yönteminin uygulanması öngörölmü tür. Dolgulu oda yönteminde açılacak pano bo luklarının ve bırakılan geçici topukların sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan duraylılık analizlerinden herhangi bir sorunla kar ıla ılmayaca ı sonucu öngörölmektedir.

Dolgulu oda yönteminde optimum katlar arası mesafeyi tespit edebilmek amacıyla, 10m, 15m, ve 20m kat aralıkları baz alınarak kat planları olu turulmu , toplam gerekli hazırlık galerilerinin uzunlukları hesaplanmı tir. Hazırlık, delme ve patlatma maliyetlerinin hesaplanması ile yapılan de erlendirme sonucunda II. Etap cevher yata ında dolgulu oda yönteminin uygulanması durumunda, optimum katlar arası mesafenin 15m olarak seçilmesi öngörölmü tür.

II. Etap cevher yata ının dolgulu oda yöntemi ile üretilmesine yönelik büyük ve küçük hazırlıklar ile pano içi üretim, cevher nakliyesi, dolgu ve havalandırma planları irdelenmiştir. Cevherin nakliyesi için skip (kuyu nakliyesi), dikeybant ve kamyon nakliyesi olarak 3 seçenek üzerinde durulmuş ve oluşacak maliyet hesaplanmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda, en düşük birim maliyetin cevherin kuyu içerisindeki dikeybant ile nakledilmesi durumunda gerçekleştiği belirlenmiştir. II. Etap cevher yata ının üretilmesi esnasında gerekli olacak olan hava miktarı ve vantilatör gücü ayrıca hesaplanmıştır.

Son bölümde, Küre A İkinci Yarı Yılı Yatırımı II. Etap cevher yata ının üretimi için gerekli büyük hazırlıklar ve gerekli makina-ekipman yatırımı belirlenerek, yıllık 435.000 ton üretimi sağlayacak işletme giderleri ve oluşacak birim maliyet dağılımı belirlenmiştir. Projenin karlılığının değerlendirilmesi amacıyla, günümüzde yaygın olarak kullanılan paranın zaman değerini ön plana çıkaran net bugünkü değer yöntemi kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, ekonomik işletme ömrünün 8 yıl, cevher satış fiyatının 40\$/ton olması halinde, net bugünkü değer 12.500.403\$ seviyesinde gerçekleştiği ve projenin karlı olduğu görülmüştür. Başlangıç noktasında cevherin satış değeri ise 31,3\$/ton olmaktadır.

KAYNAKLAR

- Araz, C., Gönen, A., ve Köse, H. (2009). *AHP ve TOPS S tabanlı bulanık de erlendirme yöntemi ile yeraltı madencili inde uygun üretim yönteminin seçimi*. Yöneyem Ara tırması ve Endüstri Mühendisli i 29. Ulusal Kongresi, 22 - 24 Haziran, stanbul.
- Arıo lu, E. (1994). *Tasarımda ve Uygulamada Madencilik Problemlerinin Çözümleri*. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.
- Aubertin, M., Li, L., Arnoldi, S., Belem, T., Bussière, B., Benzaazoua, M., ve Simon, R. (2003). *Interaction between backfill and rock mass in narrow stopes*. SoilRock2003: 12th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Baria, G. (1984). *Stability studies of underground openings at the Masua mine, Sardinla, Italy*. Design and Performance of Underground Excavations, ISRM Symposium, Sept. 3-6, Cambridge, U.K., pp. 509-518.
- Blake, W. (1971). *Destressing test at Galena mine Wallace, Idaho*. AIME Centinnial Annual Meeting, New York.
- Bieniawski, Z.T. (1989). *Engineering Rock Mass Classification*. John Wiley & Sons, New York, 251 pp.
- Boshkov, S.H., ve Wright, F.D. (1973). *Basic and parametric criteria in the selection, design and development of underground mining systems*. SME Mining Engineering Handbook, SME-AIME, New York.
- Clayton, C., Pakalnis R., ve Meech J. (2002). *Aknowledge-based system for selecting a mining method*. IPPM conference, Canada.

- Cummins, A.B., Given, I.A. ve Hartman H. L. (1996). *SME Mining Engineering Handbook*, 2 Volume Set (Second Edition) Chapter 6.3. pp.405-424.
- De La Vergne, J.N. (2003). *The Hard Rock Miner's Handbook* (3rd. ed.). McIntosh Engineering ,Tempe, Arizona, pp. 42-43.
- Demirbilek S. (1987). Kalın kömür damarlarında yeraltı üretim yöntemi tasarımına genel bir yaklaşım. *Madencilik Dergisi*, Cilt XXVI, Sayı No 4, Ankara.
- Demirci, A. (1982). Yeraltı Maden işletmelerinde Kazı Yöntemlerinin Seçimi. *Madencilik, TMMOB Maden Mühendisleri Yayın Organı* (Mart-Haziran), s.5/19.
- Hamrin, H. (1998). *Choosing an underground mining method. Techniques Underground Mining*, Society of Mining Metallurgy and Exploration Inc., Littleton, CO, USA, pp: 45-85.
- Hartman, H.L., ve Mutmanský, J.M. (2002). *Introductory Mining Engineering*. John Wiley, New Jersey.
- Hustrulid , W. (2001). *Underground Mining Method; Engineering Fundamentals and International Case Studies*. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Littleton, Colorado, USA.
- Hwang, C. L., ve Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making – Methods and Applications, *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Springer-Verlag, pp 40-51.
- Karadogan, A., Bascetin, A., Kahriman, A., ve Gorgun, S. (2001). *A new approach in selection of underground mining method*. Proceeding of the International Conference-Modern Management of Mine Producing, Geology and Environment Protection, pp. 171–183.

- Koç , Unsal A., ve Kadio lu Y. K. (1995). *Küre (Kastamonu) cevherle melerini içeren volkanitlerin jeolojisi, jeokimyası ve jeotektonik konumu*. MTA Dergisi 117, syf. 41-54.
- Köse, H., ve Tatar, Ç. (2003). *Madenlerde yeraltı üretim yöntemleri*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:014, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, zmir.
- Köse, H., Yalçın E., ve Gönen A. (2007). *Etibakır A. . A iköy yeraltı bakır i letmesi ikinci etap (792m-605m kotu arasındaki cevher rezervi için) yeraltı projesinin teknik açıdan de erlendirilmesi*. Proje Raporu, Dokuz Eylül Üniversitesi Vakfı, zmir.
- Köse, H., Yalçın E., ve Gönen A. (2007). *A iköy yeraltı i letmesinde uygulanan dolgulu oda yönteminde oda ve topukların duraylılı ının incelenmesi*. Proje Raporu, Dokuz Eylül Üniversitesi Vakfı, zmir.
- Kulhawy, F. H. (1975). Stress and displacements around openings in homogenous rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, Volume 12, Issue 3, pp. 43-57.
- Ku çu, ., ve Erler, A. (2002). Pyrite Deformation Textures in the Deposits of the Küre Mining District (Kastamonu-Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.)*, Vol. 11, pp. 205-215.
- Lewis, R.S., ve Clark, G.B. (1964). *Elements of Mining* (3th ed). John Wiley & Sons, New York.
- McCarthy, L., ve Livingstone, R. (1993). *Open pit to underground: making the transition*. AIG Bulletin (14), pages 45-56.

- McCarthy, L. (2002). *Proceedings of ACG International Seminar on Deep and High Stress Mining*, Perth, Australia.
- Miller-Tait, L., Panalkis, R., ve Poulin, R. (1995). *UBC mining method selection*. Proceeding of the Mine Planning and Equipment Selection Symposium, pp.163–168.
- Mitri H. S., Zhang, L. ve Fotoohi, K. (1995). *3D finite element modelling of mine-and-fill sequences*. CAMI'95: 3th Canadian Conference on Computer Applications in the Mineral Industry, Montreal, October.
- Mitri H. S., Zhang, L. ve Fotoohi, K. (1997). *Finite element model for three-dimensional analysis of mine openings*. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, INC. Transactions Vol 302, pp.33-37.
- Morrison, R.G., ve Russell, P.L. (1973). *Selecting a mining method: rock mechanics, other factors*, Sec 9 in SME Mining Engineering Handbook, Newyork.
- Nicholas, D.E. (1981). *Method selection—a numerical approach. design and operation of caving and sublevel stoping mines*. SME-AIME, New York.
- Northcote, G.G., ve Barnes, E. (1973) *Comparison of the economics of truck haulage and shaft hoisting of ore from mining operations*, The AusIMM Sydney Branch, Transportation Symposium.
- Peele, R. (1941). *Mining Engineer's Handbook*, 3d ed., 2 vols. John Wiley & Sons, New York.
- Pariseau, W. G. (1980). *Finite element method applied in to cut and fill mining*. Proceedings of International Conference on the Application of Rock Mechanics to Cut and Fill Mining, Sweden June, pp. 197-204.

- RocScience (2002). *Phase2: 2D finite element program for calculating stresses and estimating support around underground excavations*. Toronto, Canada.
- Sinclair, T. J. E., Shillabeer, J. H. ve Herget, G. (1981). *Applications of a computer model to the analysis of rock – backfill interaction in pillar recovery operations*. Application of Rock Mechanics to Cut And Fill Mining, IMM, pp. 339-351.
- Srivastava, R. K., Sharma, K. G., and Varadarajan, A. (1988). *Analysis of stress in the pillar zone of twin circular interacting tunnels*. International Conference on Numerical Methods in Geomechanics, Innsbruck, Austria, April 11-18, 1989, pp. 1597-1600.
- Thomas, L.J. (1973). *A Introduction to mining*. Hicks Smith & Sons, Sydney.
- Wang, S., Galloway, L. M. ve Blandford, G. E. (1985). *2-D And 3-D Finite element analyses of room-pillar mining systems with fiat and rolling coal seams*. Proc.26th U.S. Symposium on Rock Mechanics, A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 231-238.
- Young, G.J. (1946). *Elements of mining*, 4th ed. McGraw-Hill, New York.
- Zadeh, L. A. (1962). *From circuit theory to system theory*. IRE Proceedings 50(5), 856-865.
- Zhang, L., and Mitri H. S. (1992). *3D Modelling of undergorund mine structures with backfill*. 94th CIM Annual General Meeting, April 26-30, Montreal, Canada.

EK1

10m'lik Katlar İçin Yıllık Giderler

Makina-ekipman gideri		Fiyatı (TL)	Tutar (TL)
Delik delme makinası (üretim)	1	1.162.000	1.162.000
Delik delme makinası (hazırlık)	1	840.000	840.000
Lastik tekerlekli yükleyici	3	650.000	1.950.000
Toplam			3.952.000
Amortisman (8 yıl için)	10%		494.000
Faiz	10%		222.300

Patlayıcı Madde Giderleri	Birim Fiyat (TL)	Miktar (kg)	Tutar (TL/yıl)
Anfo (TL/Kg)	0,9	82.790	74.511
Yemleme (TL/Kg)	1,1	440	484
Kapsül (TL/Adet)	2,5	379	948
Toplam			75.943

Yedek Parça Gideri	Fiyat (TL)	Adet		Tutar (TL/yıl)
Delik delme makinası (üretim)	1.162.000	1	5%	58.100
Delik delme makinası (hazırlık)	840.000	1	5%	42.000
Lastik tekerlekli yükleyici	1.950.000	3	5%	97.500
Toplam				197.600

Yağ Gideri	Kapasite kullanım (saat/yıl)	Adet	Yağ tüketimi (litre/saat)	Birim fiyatı (TL/lt)	Tutar (TL/yıl)
Delik delme makinası (üretim)	4.060	1	0,08	3,00	974
Delik delme makinası (hazırlık)	4.060	1	0,08	3,00	974
Lastik tekerlekli yükleyici	4.060	3	0,50	3,00	18.270
Toplam					20.219

Yakıt Gideri	Kapasite kullanım (saat/yıl)	Adet	Elektrik tüketimi (kw/saat)	Yakıt tüketimi (litre/saat)	Birim fiyatı (TL/lt)	Tutar (TL/yıl)
Simba	2.030	1	375	-	0,20	152.250
Jumbo	2.030	1	100	-	0,20	40.600
LHD	2.030	3	-	20,00	3,00	365.400
Toplam						558.250

İşçilik gideri	Yevmiye Operatör(TL/ay)	Adet	Toplam (TL/ay)
Delik delme makinası (üretim ve slot açma)	3.000	4	12.000
Delik delme makinası (hazırlık)	2.750	4	11.000
Lastik tekerlekli yükleyici	2.500	10	25.000
Toplam			48.000

15m'lik Katlar İçin Yıllık Giderler

Makina-ekipman gideri			
Simba	1	1.162.000	1.162.000
Jumbo	1	840.000	840.000
LHD	2	650.000	1.300.000
TOPLAM			3.302.000
Amortisman (8 yıl için)	10%		412.750
Faiz	10%		185.738

Patlayıcı Madde Giderleri	Birim Fiyat (TL)	Miktar (kg)	Tutar (TL/yıl)
Anfo (TL/Kg)	0,9	77.450	69.705
Yemleme (TL/Kg)	1,1	765	842
Kapsül (TL/Adet)	2,5	470	1.175
Toplam			71.722

Yedek Parça Gideri	Fiyat (TL)	Adet		Tutar (TL/yıl)
Simba	1.162.000	1	5%	58.100
Jumbo	840.000	1	5%	42.000
LHD	1.300.000	3	5%	65.000
Toplam				165.100

Yağ Gideri	Kapasite kullanım (saat/yıl)	Adet	Yağ tüketimi (litre/saat)	Birim fiyatı (TL/lt)	Tutar (TL/yıl)
Simba	4.060	1	0,08	3,00	974
Jumbo	4.060	1	0,08	3,00	974
LHD	4.060	2	0,50	3,00	12.180
Toplam					14.129

Yakıt Gideri	Kapasite kullanım (saat/yıl)	Adet	Elektrik tüketimi (kw/saat)	Yakıt tüketimi (litre/saat)	Birim fiyatı (TL/lt)	Tutar (TL/yıl)
Simba	2.030	1	375	-	0,20	152.250
Jumbo	2.030	1	100	-	0,20	40.600
LHD	2.030	2	-	20,00	3,00	243.600
Toplam						436.450

İşçilik gideri	Yevmiye Operatör(TL/ay)	Adet	Toplam (TL/ay)
CUBEX	3.000	4	12.000
Jumbo	2.750	4	11.000
LHD	2.500	7	17.500
Toplam			40.500

20m'lik Katlar İçin Yıllık Giderler

Makina-ekipman gideri			
Cubex	1	1.800.000	1.800.000
Jumbo	1	840.000	840.000
LHD	2	650.000	1.300.000
V30 Kesici Kafa	1	200.000	200.000
TOPLAM			4.140.000
Amortisman (8 yıl için)	10%		517.500
Faiz	10%		232.875

Patlayıcı Madde Giderleri	Birim Fiyat (TL)	Miktar (kg)	Tutar (TL/yıl)
Anfo (TL/Kg)	0,9	75.300	67.770
Yemleme (TL/Kg)	1,1	440	484
Kapsül (TL/Adet)	2,5	1012	2.530
Toplam			70.784

Yedek Parça Gideri	Fiyat (TL)	Adet		Tutar (TL/yıl)
Cubex	1.800.000	1	5%	90.000
Jumbo	840.000	1	5%	42.000
LHD	1.300.000	2	5%	65.000
V30 Kesici Kafa	200.000	1	5%	10.000
Toplam				207.000

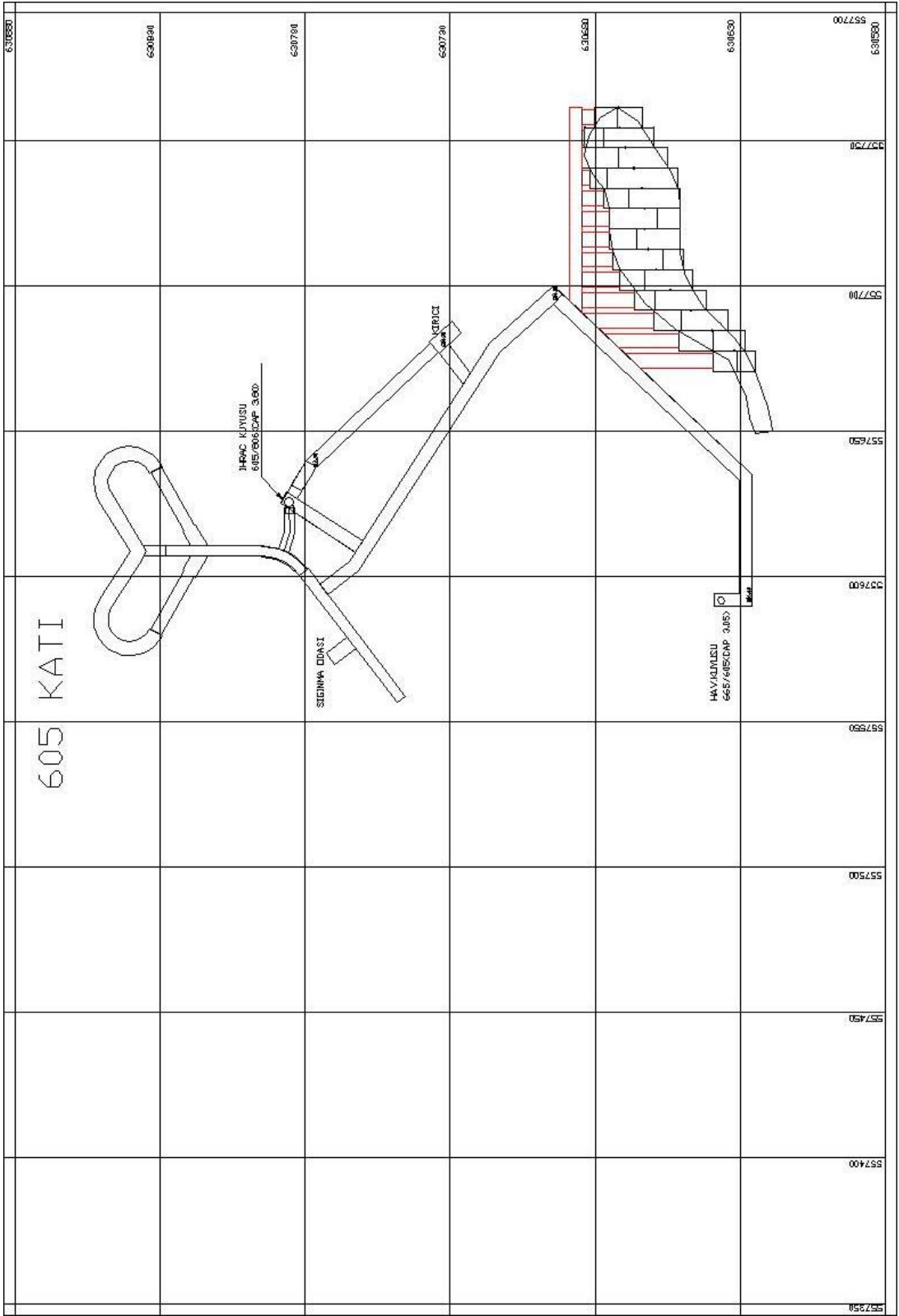
Yağ Gideri	Kapasite kullanım (saat/yıl)	Adet	Yağ tüketimi (litre/saat)	Birim fiyatı (TL/lt)	Tutar (TL/yıl)
Cubex	4.060	1	0,08	3,00	974
Jumbo	4.060	1	0,08	3,00	974
LHD	4.060	2	0,50	3,00	12.180
Toplam					14.129

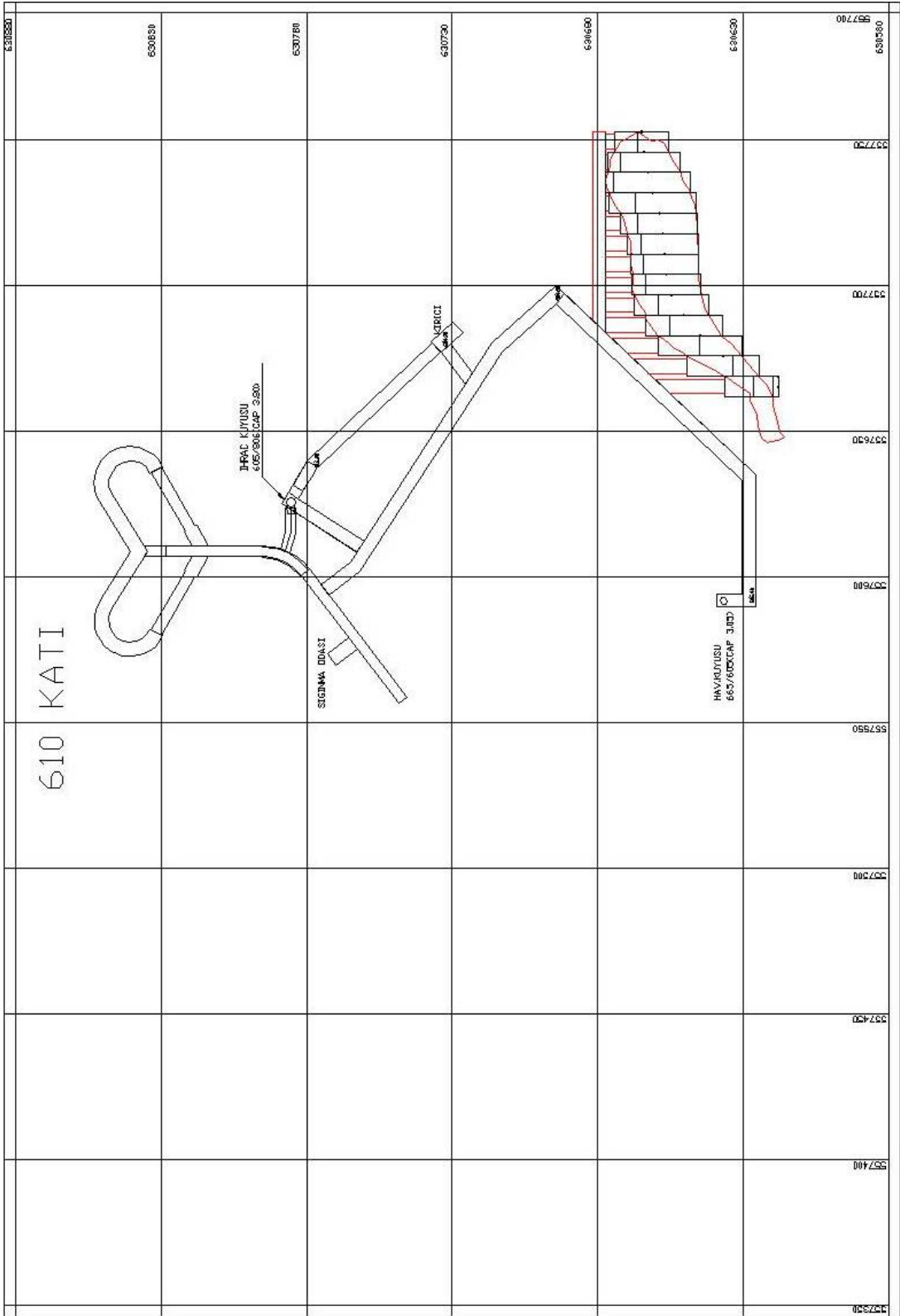
Yakıt Gideri	Kapasite kullanım (saat/yıl)	Adet	Elektrik tüketimi (kw/saat)	Yakıt tüketimi (litre/saat)	Birim fiyatı (TL/lt)	Tutar (TL/yıl)
Simba	2.030	1	375	-	0,20	152.250
Jumbo	2.030	1	100	-	0,20	40.600
LHD	2.030	2	-	20,00	3,00	243.600
Toplam						436.450

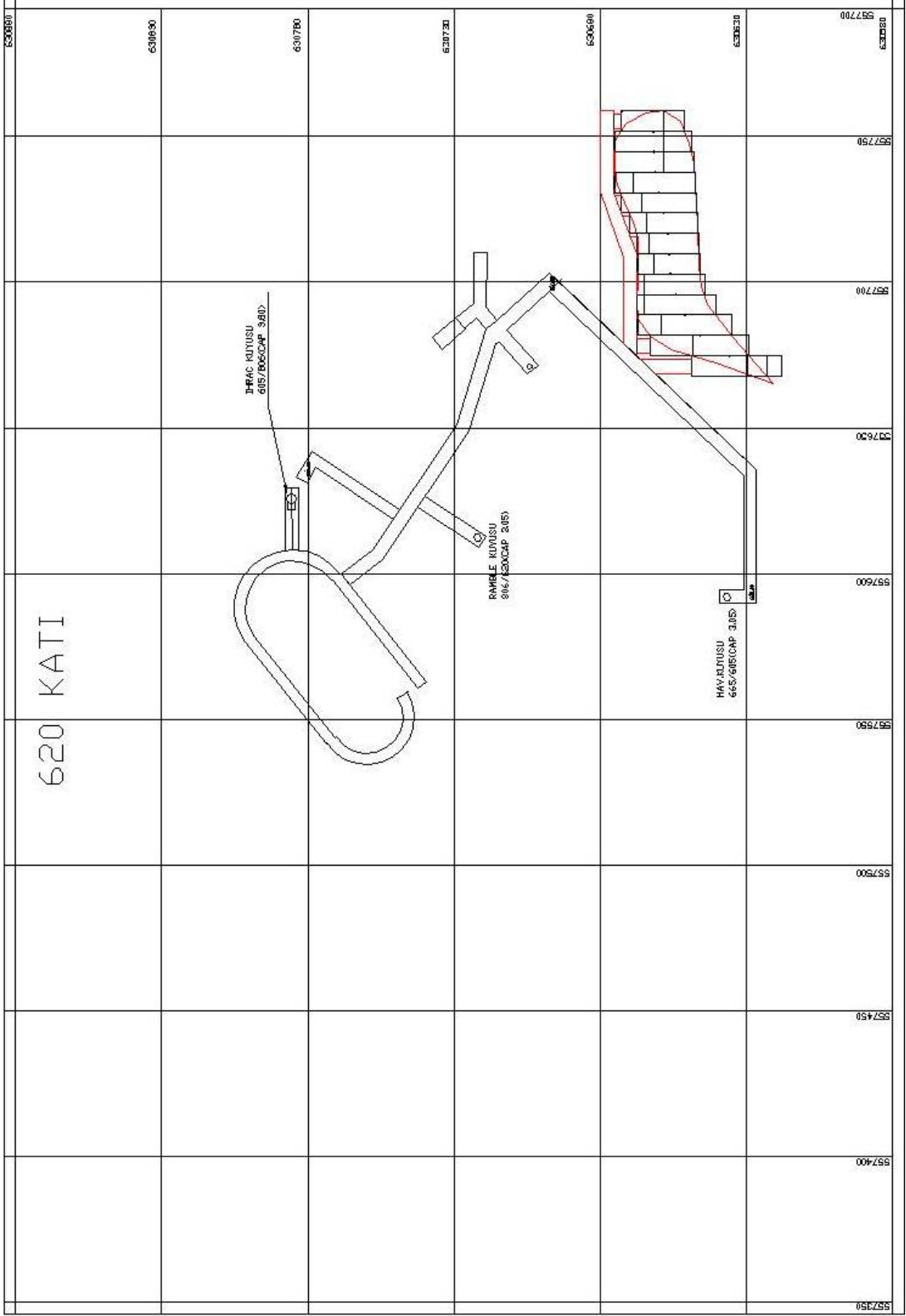
İşçilik gideri	Yevmiye Operatör(TL/ay)	Adet	Toplam (TL/ay)
CUBEX	3.000	4	12.000
Jumbo	2.750	4	11.000
LHD	2.500	7	17.500
Toplam			40.500

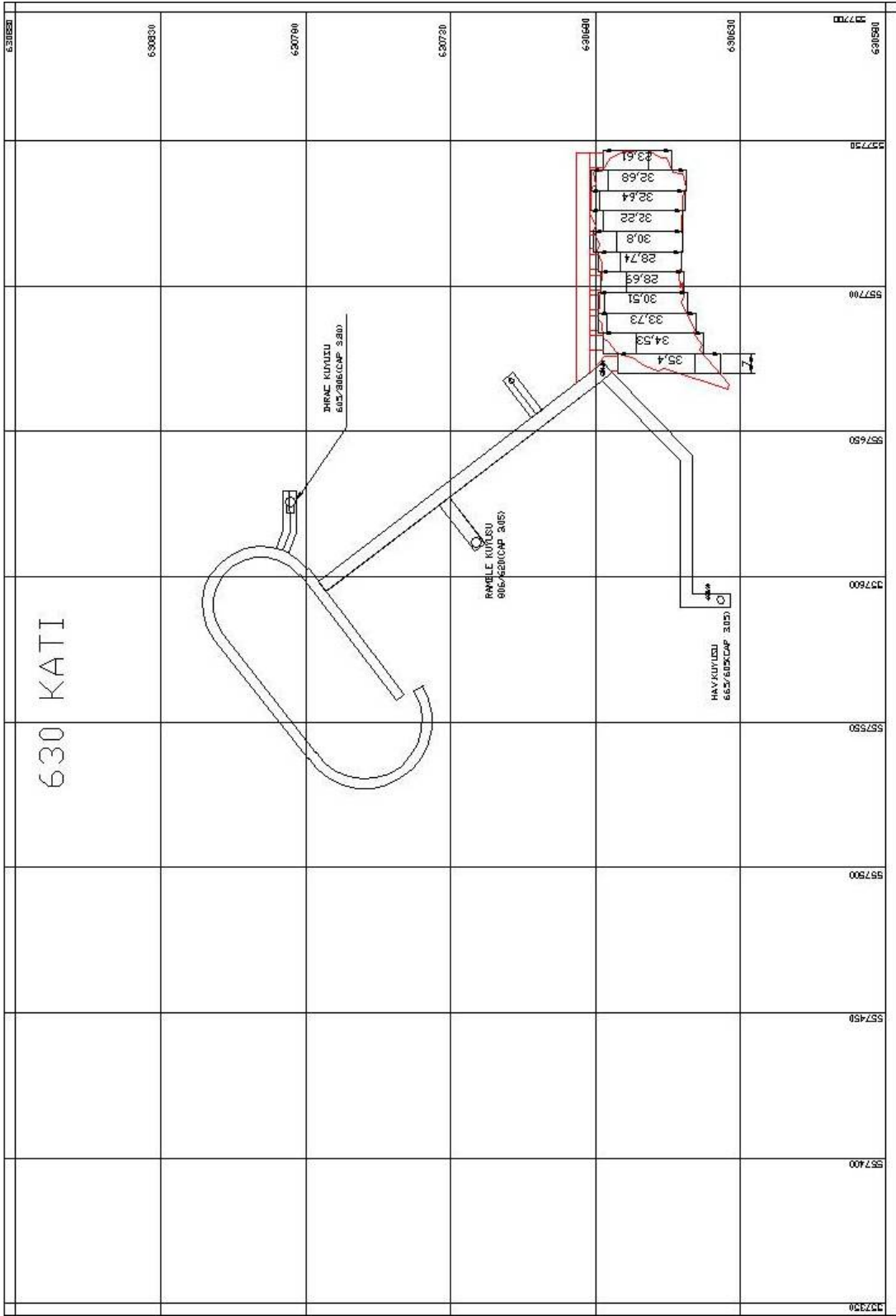
EK2

ÜRETİM KAT PLANLARI









630 KATI

BIRAC KUTUSU
805/800(CAP 3.00)

PANEL KUTUSU
805/800(CAP 2.05)

HAV KUTUSU
563/600(CAP 3.00)

630500 630600 630700 630800

557400 557500 557600 557700 557800 557900

0 10 20

0 10 20

0 10 20

0 10 20

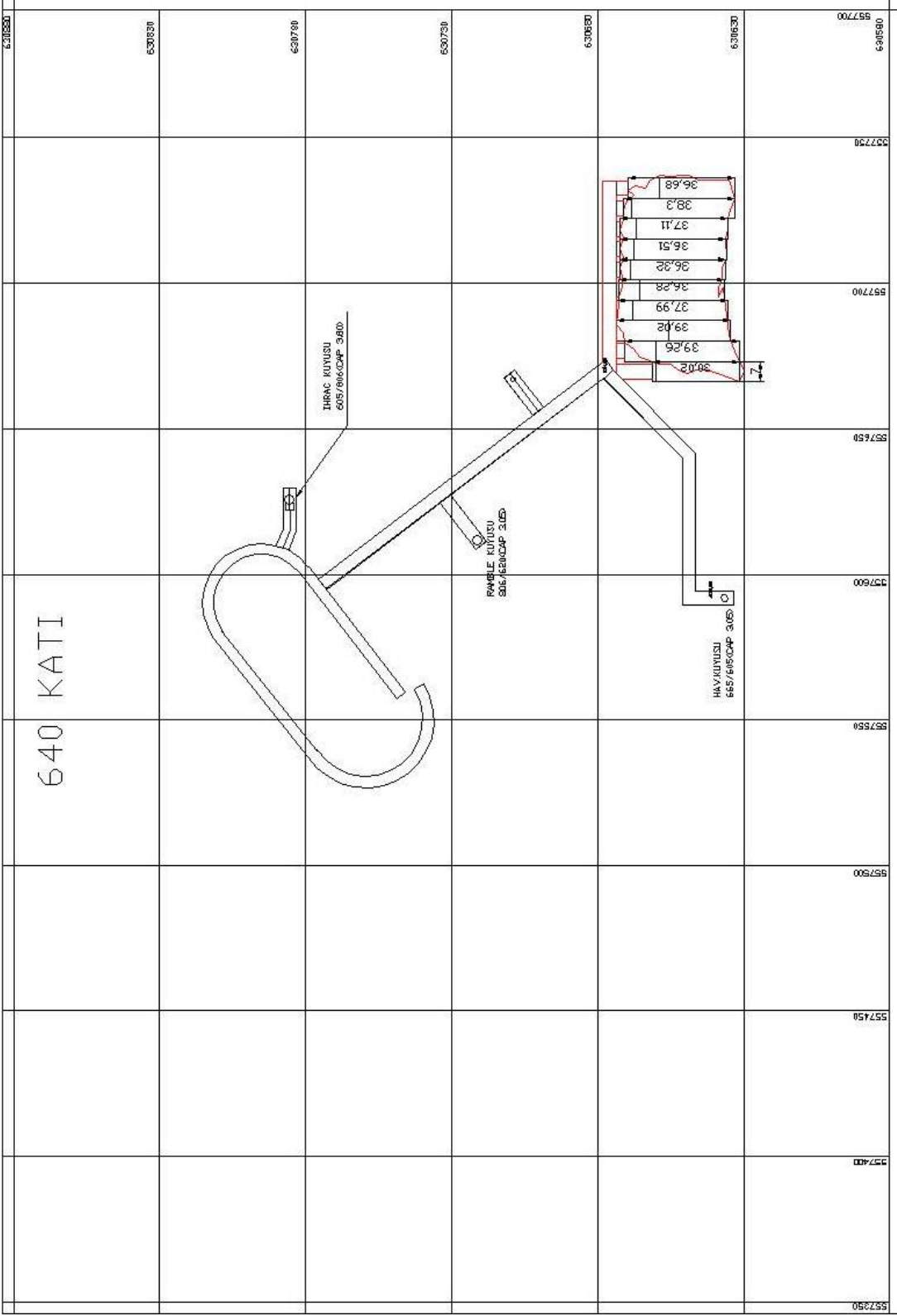
0 10 20

0 10 20

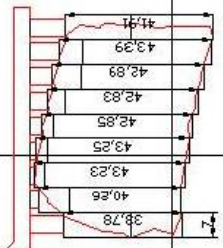
0 10 20

0 10 20

630630 557700	557730	557700	557630	557600	557530	557500	557450	557400	557350
635 KATI									
630630									
630630									
630730									
630730									
630830									
630830									



0521013	557700	557750	557700	557650	557550	557500	557450	557400
0521013	557750	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400
0521013	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400	557350
0521013	557650	557600	557550	557500	557450	557400	557350	557300
0521013	557600	557550	557500	557450	557400	557350	557300	557250
0521013	557550	557500	557450	557400	557350	557300	557250	557200
0521013	557500	557450	557400	557350	557300	557250	557200	557150
0521013	557450	557400	557350	557300	557250	557200	557150	557100
0521013	557400	557350	557300	557250	557200	557150	557100	557050



RAK KUNCI
80x120x120

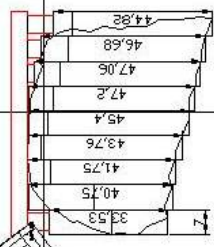
PANEL KUNCI
80x120x120

RAK KUNCI
80x120x120

STANDA DIBAS

650 KATI

630630	557700	557750	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400
630630	557700	557750	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400
630630	557700	557750	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400
630630	557700	557750	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400
630720	557700	557750	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400
630780	557700	557750	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400
630820	557700	557750	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400
630860	557700	557750	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400
630900	557700	557750	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400
630940	557700	557750	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400
630980	557700	557750	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400
631020	557700	557750	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400



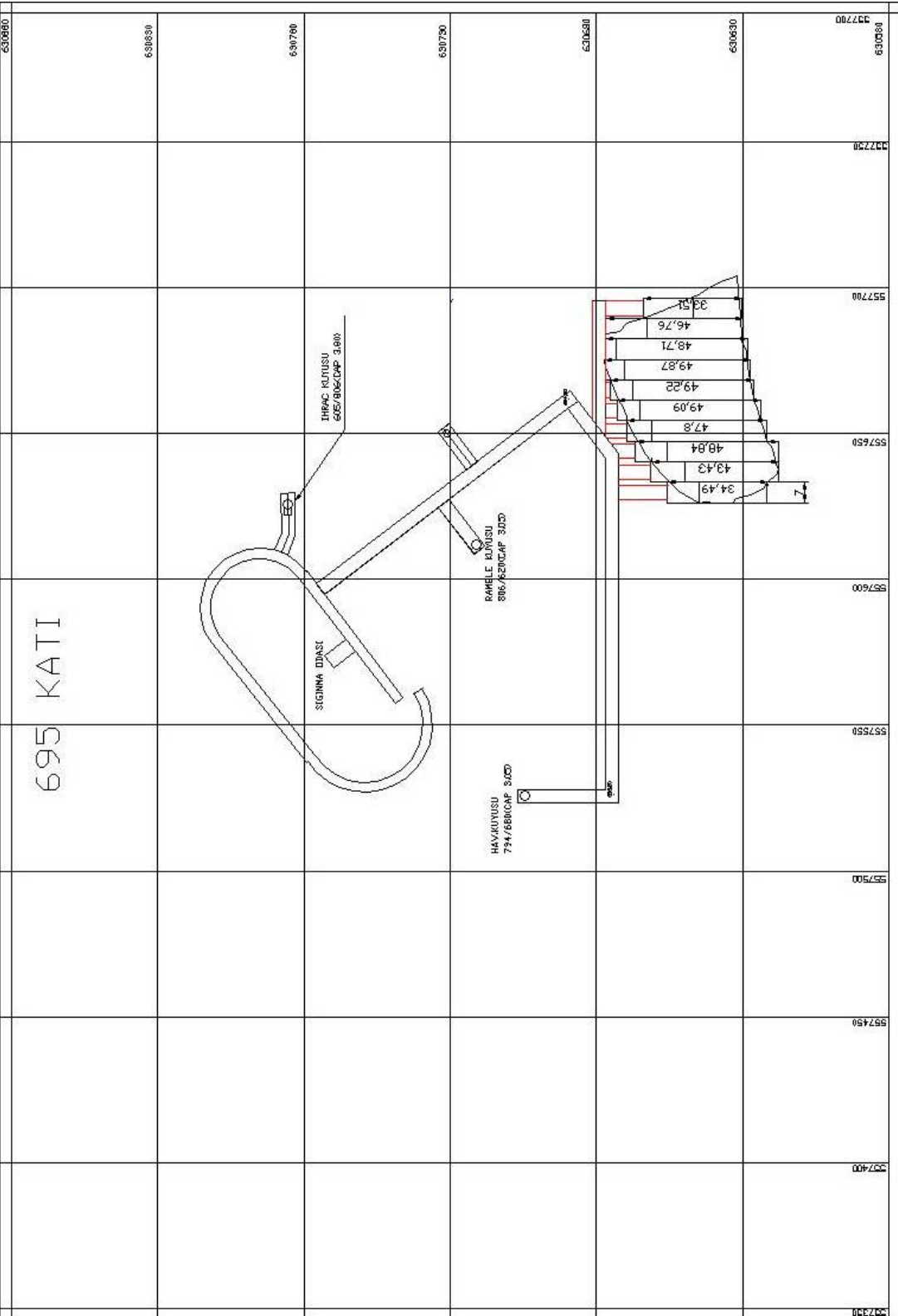
HAYKUTUSU
665/680CAP 3.000

HAYKUTUSU
665/680CAP 3.000

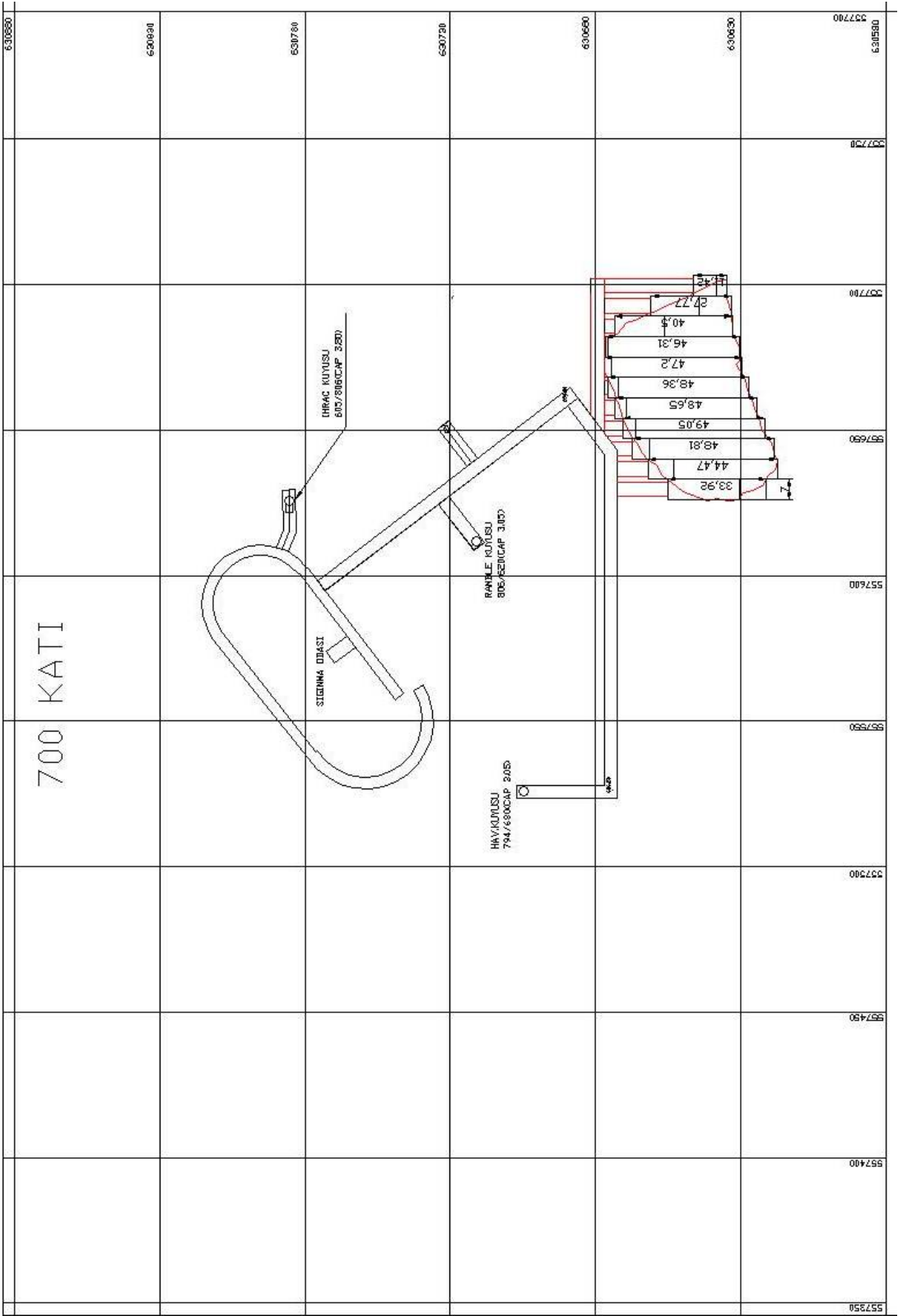
PAKELLE KUVUTUSU
608/620CAP 3.000

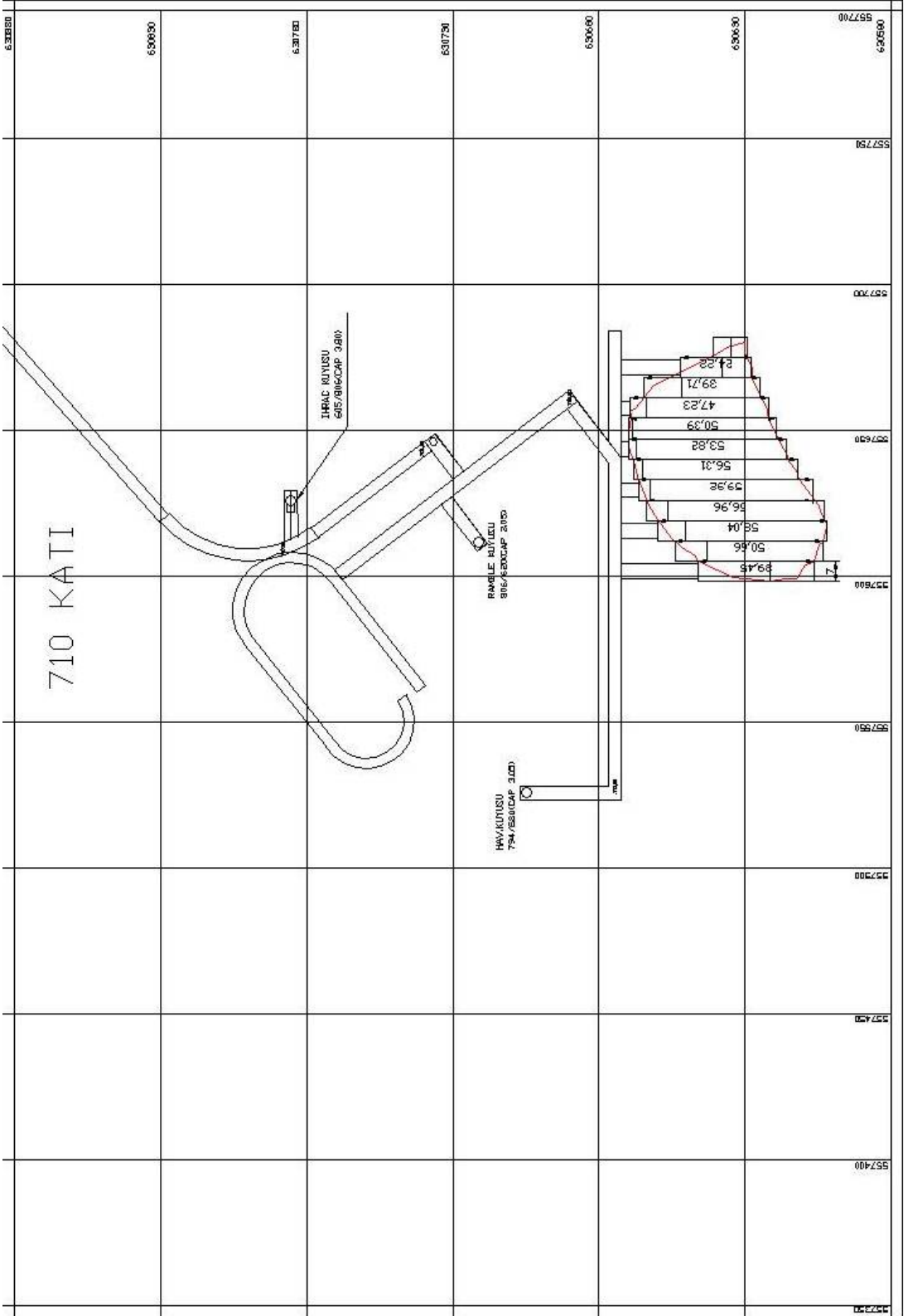
THIRAC KUVUTUSU
605/600CAP 3.000

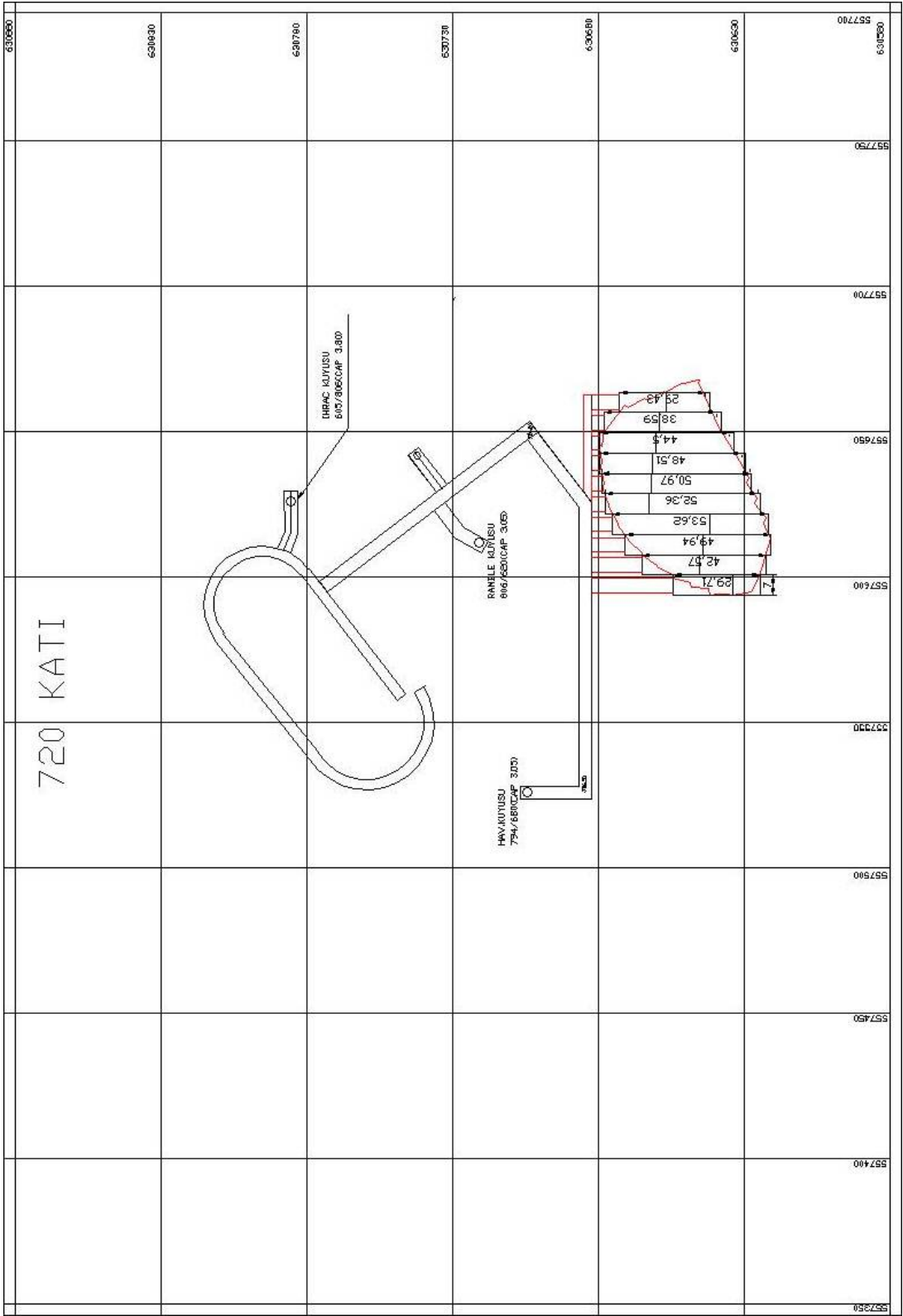
665 KATI



695 KATI





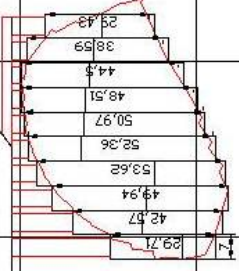


720 KATI

PANEL 13/7/USU
803/6810CAP 300

PANEL 13/7/USU
816/6810CAP 305

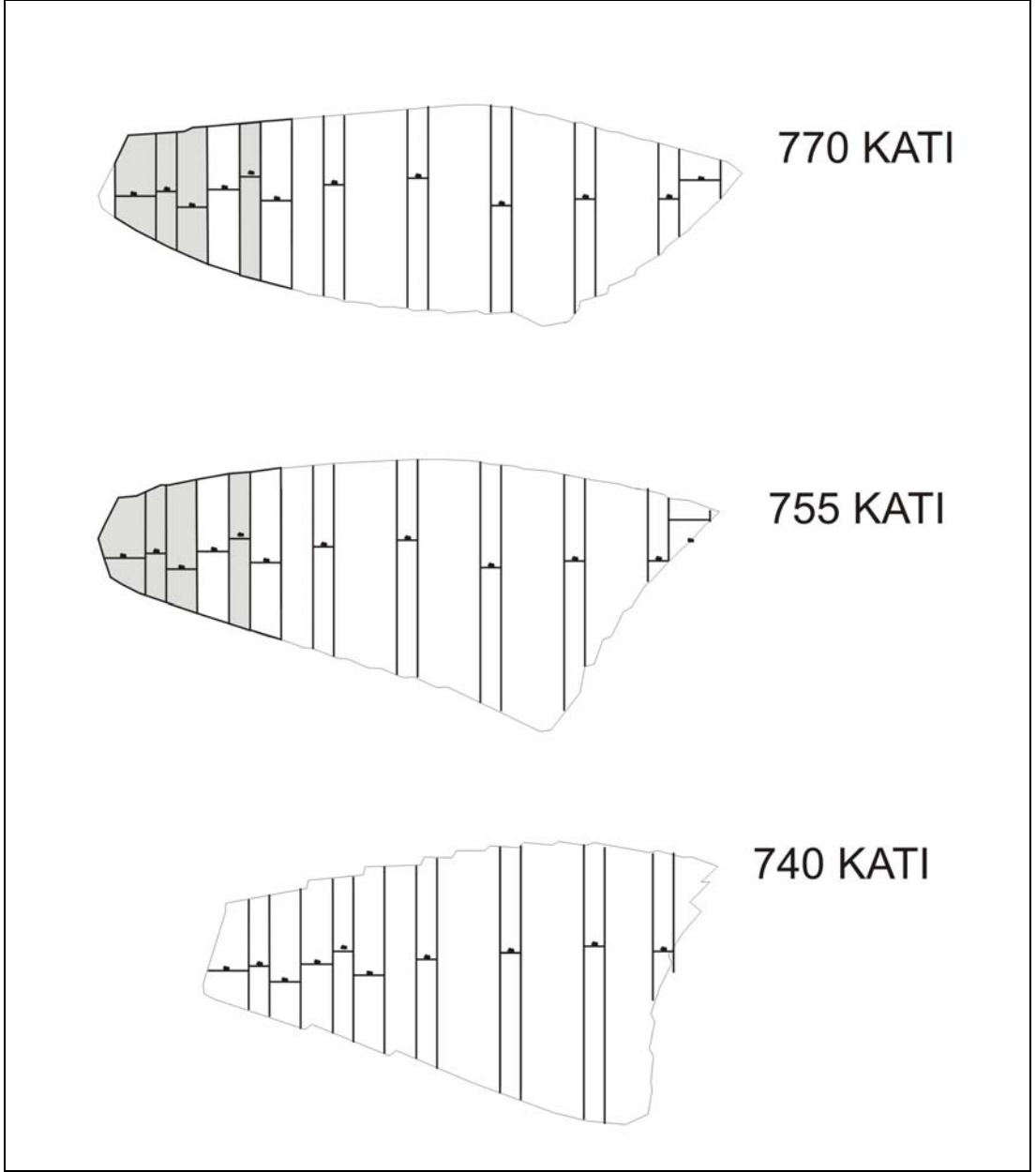
PANEL 13/7/USU
794/6810CAP 305



630639	557700	557700	557650	557600	557550	557500	557450	557400	557350
630630									
630629									
630720									
630710									
630830									

8,53
17,55
28,25
35,99
46,42
48,86
47,78
44,83
44,11
41,46
40,26
38,29
36,13
33,43
30,24
26,79
23,06
18,98

760 KATI



ARAKATLI KAZI YÖNTEMİ UYGULANMASI DURUMUNDA
KAT PLANLARI

EK3

Numune Türü : Cevher

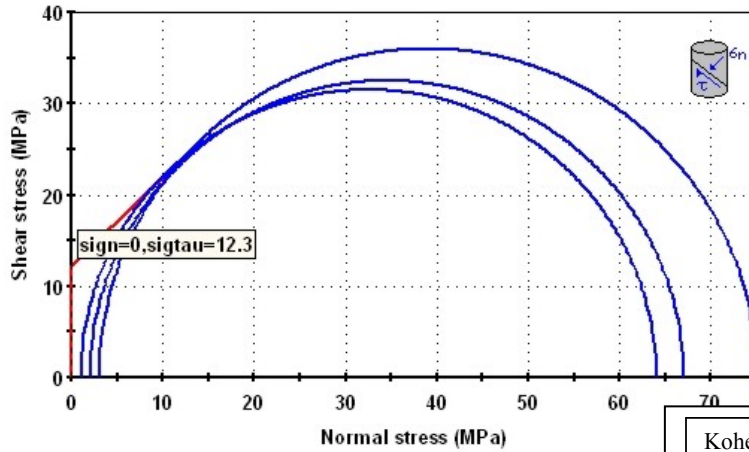
Tek Eksenli Basma Dayanımı (σ_c)

Numune No	Numune Çapı (cm)	Yenilme Yüğü (kgf)	Tek Eksenli Basma Dayanımı (MPa)
1	5,40	12720	55,63
2	5,39	11660	51,13
3	3,96	6060	49,23
4	3,97	7730	62,48
5	3,96	7200	58,49
6	5,39	12120	53,14
7	3,96	7970	64,74
8	5,38	9590	42,21
9	5,39	11940	52,35
10	5,39	13970	61,26
		Ortalama	55,07

Endirekt Çekme Dayanımı (σ_t)

Numune No	Numune Boyu (cm)	Numune Çapı (cm)	Yenilme Yüğü (kgf)	Endirekt Çekme Dayanımı (MPa)
1	2,652	5,381	1020	4,55
2	2,440	5,375	990	4,81
3	2,485	5,372	1105	5,27
4	2,545	5,388	1085	5,04
5	2,62	5,384	1010	4,56
			Ortalama	4,85

Üç Eksenli Basma Dayanımı



Kohezyon (C) : 12,3MPa
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ) : 43,8°

Numune Türü : Bazalt

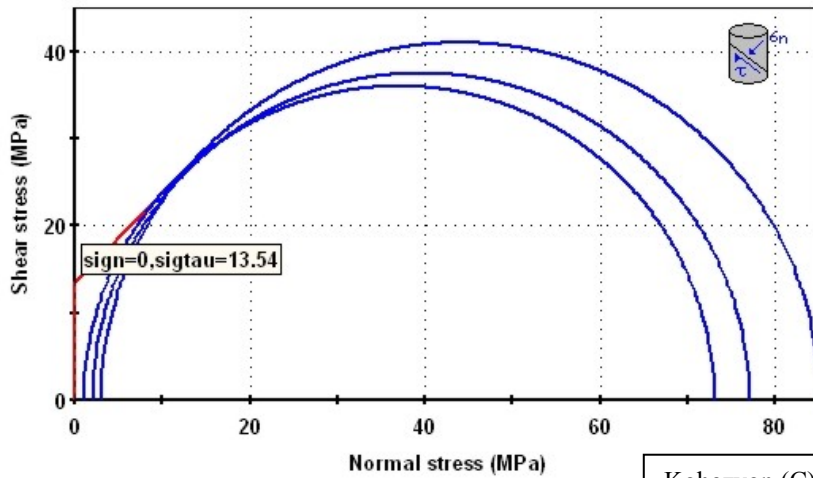
Tek Eksenli Basma Dayanımı (σ_c)

Numune No	Numune Çapı (cm)	Yenilme Yüğü (kgf)	Tek Eksenli Basma Dayanımı (MPa)
1	6,08	17550	60,48
2	6,09	20240	69,52
3	6,09	18130	62,27
4	6,10	19440	66,55
5	6,09	20050	68,87
6	6,08	18070	62,27
7	6,08	19980	68,85
8	6,08	17580	60,58
		Ortalama	64,92

Endirekt Çekme Dayanımı (σ_t)

Numune No	Numune Boyu (cm)	Numune Çapı (cm)	Yenilme Yüğü (kgf)	Endirekt Çekme Dayanımı (MPa)
1	3,054	6,105	1670	5,71
2	3,044	6,094	1775	6,09
3	3,101	6,107	1805	6,07
4	3,075	6,103	1890	6,41
5	3,086	6,091	1850	6,27
			Ortalama	6,11

Üç Eksenli Basma Dayanımı



Numune Türü : %5 Çimento Katkılı Dolgu

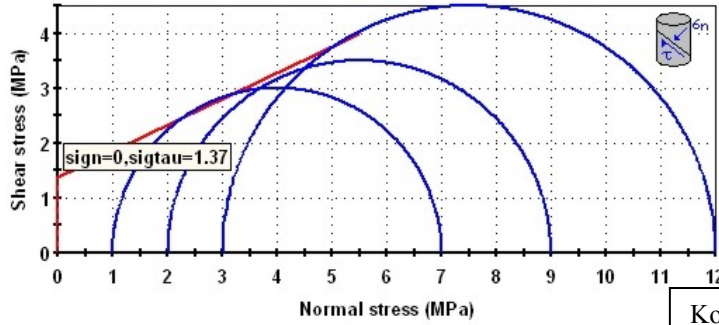
Tek Eksenli Basma Dayanımı (σ_c)

Numune No	Numune Çapı (cm)	Yenilme Yüğü (kgf)	Tek Eksenli Basma Dayanımı (MPa)
1	7,29	2940	7,05
2	7,26	2790	6,74
3	7,29	2570	6,16
4	7,26	2560	6,19
5	7,29	2640	6,33
6	7,27	2870	6,92
7	7,24	2750	6,68
8	7,29	2490	5,97
9	7,24	2480	6,03
10	7,29	2930	7,02
11	7,28	2640	6,35
12	7,24	2370	5,76
13	7,27	2890	6,97
14	7,28	2660	6,39
Ortalama			6,47

Endirekt Çekme Dayanımı (σ_t)

Numune No	Numune Boyu (cm)	Numune Çapı (cm)	Yenilme Yüğü (kgf)	Endirekt Çekme Dayanımı (MPa)
1	3,601	7,295	285	0,69
2	3,635	7,284	335	0,81
3	3,585	7,289	255	0,62
4	3,612	7,277	240	0,58
5	3,673	7,291	305	0,73
			Ortalama	0,69

Üç Eksenli Basma Dayanımı



Kohezyon (C) : 1,37MPa
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ) : 25,4°