



# Zonguldak Havzası ve Üç Boyutlu Yer Altı Maden Üretim Modellemesi

► Gökhan İLÇE

## ÖZ

Dünya'da madencilik endüstrisi en hızlı gelişen sektörlerden biridir. Bu gelişme sürecinde en önemli motivasyon kaynağı verimliliği arttırma isteği olmaktadır. Teknoloji ve bilimsel gelişmelere paralel olarak madencilik sektöründe bilgisayar destekli tasarım ve modelleme araçları kullanılarak, kapalı/açık ocak tasarımlarının yapılması ve 3 boyutlu modelleme ile üretime yönelik zorluklar ortadan kaldırılmakta, verimlilik artışı sağlanmaktadır. Üretilen bir daha yerine konulması mümkün olmayan katı fosil yakıtların yüksek verimlilik beklentisi ve sürdürülebilirlik dengelerini gözeterek çıkarılması ancak gelişmiş teknolojilerin kullanılması ile mümkündür. Bu konu karmaşık bir problem olarak karşımıza çıkar ve bu bildiri bu tür teknolojik ve bilimsel temel ilkeleri kullanarak Zonguldak Havzasında problemleri çözmeye yönelik bir çalışma hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Madencilikte klasik yöntemler, Üç boyutlu rezerv hesaplama, Bloklama, Yeraltı işletmeciliği, Rehabilitasyon, Zonguldak Taşkömürü Havzası

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Ülkemizdeki Kömür Rezervi

Ülkemiz, kömür rezervine göre linyitte, dünya ölçeğinde orta düzeyde, taşkömüründe ise alt düzeyde değerlendirilebilir. Toplam dünya linyit/alt bitümlü kömür rezervinin yaklaşık %3,2'si ülkemizde bulunmaktadır. Ülkemizde yer alan linyitlerimizin büyük kısmının ısı değeri düşük olduğundan kullanım alanı termik santrallere daha uygundur. Ülkemiz linyit rezervinin yaklaşık %46'sı Afşin-Elbistan havzasında bulunmaktadır. Ülkemizin işletilebilir taşkömürü rezervleri ise Zonguldak ve civarındadır. Zonguldak Havzası'ndaki toplam taşkömürü rezervi 1,30 milyar ton, buna karşılık görünür rezerv ise 506 milyon ton düzeyinde bulunmaktadır.

'Linyit/alt bitümlü kömür sahaları ülkemizde bütün bölgelere yayılmış olup bu sahalardaki linyit/alt bitümlü kömürün ısı değerleri 1000-5000 kcal/kg arasında değişmektedir. Ülkemizdeki toplam linyit/alt bitümlü kömür rezervinin yaklaşık %68'i düşük kalorili olup %23,5'i 2000-3000 kcal/kg arasında, %5,1'i 3000-4000 kcal/kg arasında, %3,4'ü 4000 kcal/kg üzerinde ısı değerindedir.'

### 1.2. Zonguldak Havzası

Kömür, oluşum sürecine ve kalitesine göre antrasit, taşkömürü ve linyit olmak üzere 3'e ayrılır. Kömürün ana bileşeni bitki ve karbondur. Ülkemizde taşkömürü rezervi Zonguldak Havzasında yer almaktadır. Zonguldak taşkömürü havzası, Batı Karadeniz kıyı şeridi Ereğli-İnebolu arasında, tahmini 150 km. Batı - Doğu yönünde dağılım göstermektedir. Havza;

- Zonguldak,
- Bartın,
- Karabük,
- Kastamonu

İlleri sınırları içerisinde yer almaktadır. Havzada Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Kozlu, Üzülmöz, Karadon ana işletmeleri yer almaktadır. Zonguldak Havzası kömürlerinin kalorifik değeri 6200-7250 kcal/kg arasında değişmektedir ve -1200 kotuna kadar hesaplanan rezervi yaklaşık 1,3 milyar tondur. Bu rezervler TTK ve rödövanşçı özel firmalar tarafından işletilmektedir. Zonguldak'ta Havzası kömür yataklanması bir hayli de-

rinde bulunmaktadır. Bu nedenle derin yer altı kömür madenciliği ve karmaşık jeolojik yapısı nedeniyle tam mekanizasyon gidilmesini engellemektedir. Günümüzde teknolojinin getirmiş olduğu kolaylıklar olmasına rağmen Zonguldak Havzasında büyük ölçüde insan gücüne dayalı üretim metodu uygulanmaktadır.

Zonguldak Havzası ilk olarak 1829 yılında üretime açılmıştır. 1865 yılından günümüze kadar 400 milyon ton taşkömürü üretimi yapıldığı tahmin edilmektedir. Kayıtlı olan verilere bakıldığında 1941 yılından bugüne kadar 234 milyon ton (2014 yılı sonu) taşkömürü üretimi gerçekleştirilmiştir. Gerek ülke ekonomisi gerek yöre halkı için ciddi bir iş/gelir olmuştur.

### 1.3. Taşkömürü Yataklanması

Zonguldak taşkömürü havzası Alp orojenik kuşağının Alpin kanadında yer almaktadır. Türkiye'deki uzantısı Pontid'lerin batı kesiminde bulunur. Bu nedenle jeolojik açıdan çok karışık bir durum göstermektedir. Zonguldak havzasında bulunan kayalar türlerine göre 3'e ayrılmaktadır. Bunlar;

- Temel birim,
- Paleozoyik'in en alt kesimi, kuvarsit ve mikrokonglomeralardan oluşan, Hamzaakılı formasyonu ile temsil edilir.
- Kömürlü birimler,
- Otokton ve paralık yapıda oluşmuştur
- Örtü birimleri,
- Permiyen, Jura, Kreatese ve Tersiyer uyumsuz bir şekilde dağılmıştır.

Zonguldak havzasında bulunan mevcut rezervin %75'i dik damar yataklanması şeklinde oluşmuştur. Yapısı nedeniyle dik damar yataklanmasında çalışmak bir hayli zordur. Havzada bilinen metotlar;

- Kara,
- Tumba,
- Ramble'dir.

Bu metotlar çok verimli olmadığı için üretimi sınırladığı gibi iş kazalarını da beraberinde getirmektedir. Bu kazaların en başında degaji göçük ve ramble patlamaları gelmektedir. İş kazalarının önüne geçilmesi ve verimin artırılması için, mevcut rezerv üzerinde iyi bir plan ve projeye ihtiyaç duyulmaktadır.

>>>

Teknolojinin gelişmesi ve bilgisayarlı yazılımlar kullanılarak önceden planlanan galeriler ve günlük üretim miktarları ile kara düzen olarak adlandırılan üretimler sona erdirilmelidir. Bilgisayar destekli yazılımların temel çalışma prensipleri sondaj verisi kullanılarak, yeraltında var olan kaynağı tespit etmek, var olan kaynağın yeryüzüne uzaklığına göre günün şartları, ekonomiklik, gibi durumlar da göz önüne alınarak üretim metodu seçilmesine dayanır. Bu üretim metotları;

- Yeraltı madenciligi
- Yerüstü madenciligi

Olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır. Bu çalışmamızda yeraltı madenciligi ve teknolojinin getirdiği bilgisayar destekli tasarım ve modelleme yöntemleri ile rezerv hesaplama, yeraltı üretim metotları ve galeri tasarımlarını ele alacağız. Üç boyutlu yazılım teknolojisi için gerek mevcut kullanım tecrübesi, gerekse kullanım kolaylığı nedeniyle, NETCAD firmasının ürünü olan Netpro/Mine, bu çalışmada kullanılmıştır.

## 2. MADENCİLİKTE BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE PLANLAMA TEKNOLOJİSİ

### 2.1. Netpro/Mine Veri Girişi

3 boyutlu madencilik uygulamalarının verimli ve düz-

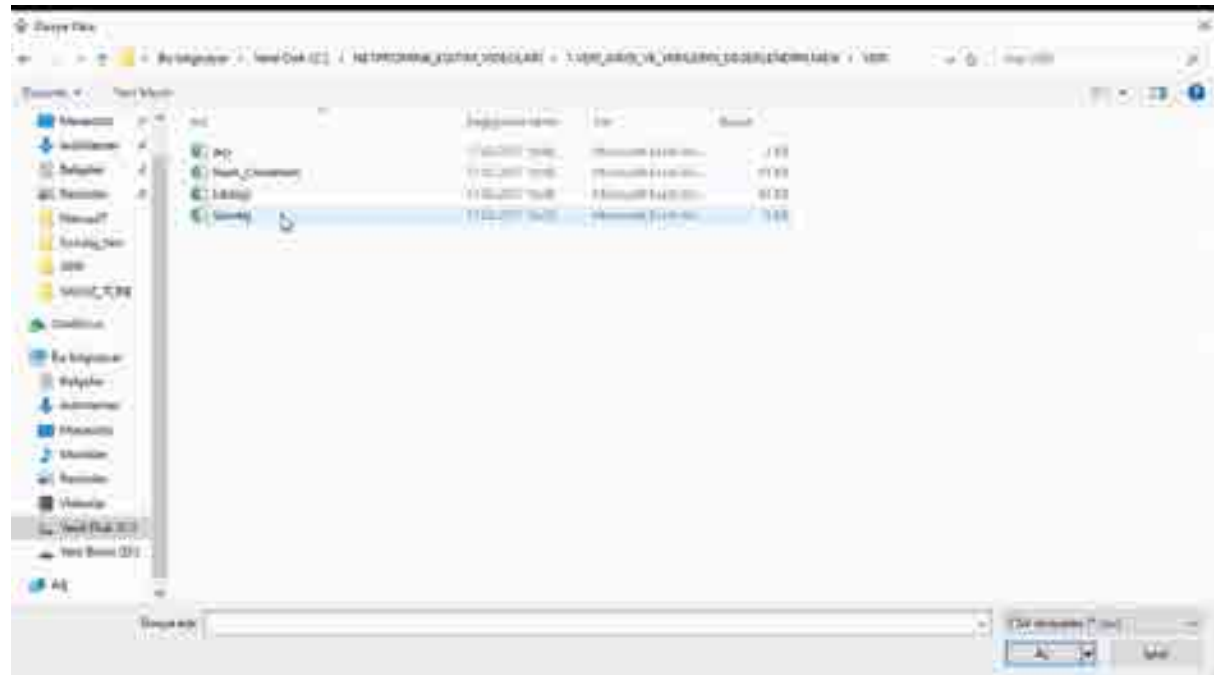
gün çalışabilmesi için birtakım verilerin yazılımın içine aktarılması gerekmektedir. Gerekli veriler girildikten sonra sistem şu şekilde işlemektedir;

- Eşyüksele eğrilerinin çizilmesi ve yeryüzü topografyasının modellenmesi,
- Sondaj verileri yardımıyla var olan kaynağın (cevherin, damarların, fayların vb.) modellenmesi,
- Rezervin hesaplanması (m<sup>3</sup>, ton) ve en uygun işletme yönteminin seçimi için, o günün şartlarına göre (ekonomiklik) pit optimizasyonunun yapılması,
- Açık veya yeraltı işletme yöntemine göre madenin 3-boyutlu tasarımı, tasarlanan madene ait tasarım verilerin güncellenmesi ve geliştirilmesi.
- Günlük üretim miktarının planlanması. Buna göre ocak ömrünün çıkarılması.

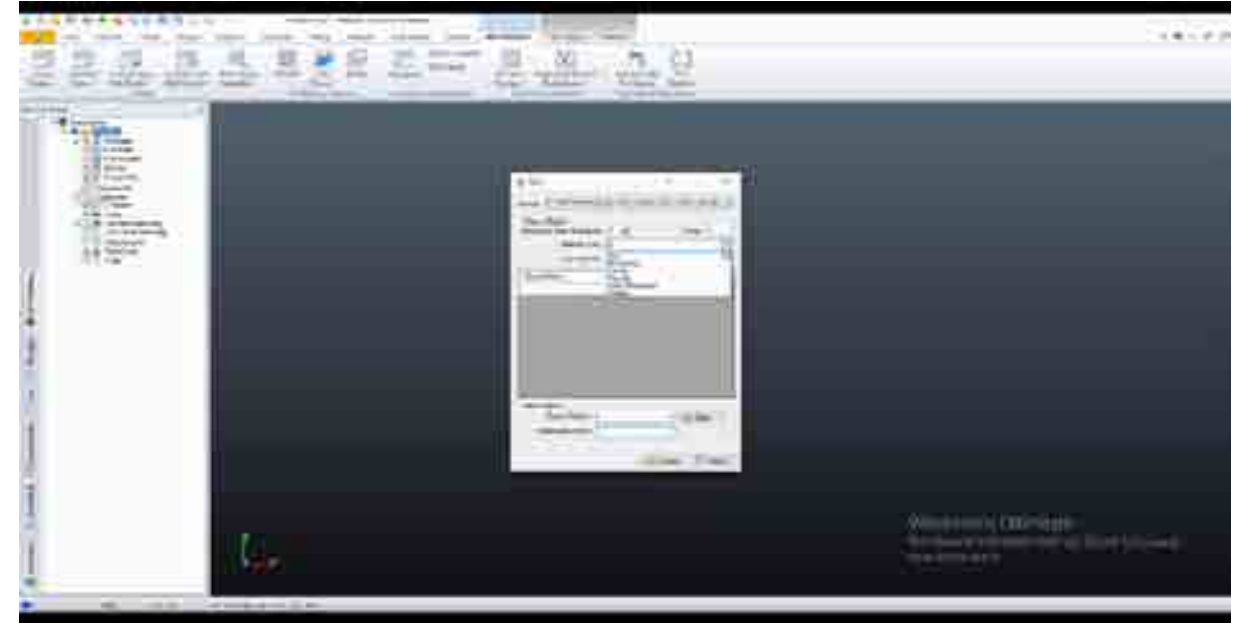
Netpro/Mine sondaj verisi girilirken .csv formatında 4 excel tablosu oluşturulması gerekmektedir. Bu tablolar;

- Sondaj derinlik
- Litoloji
- Sondaj açısı
- Ham örneklem

Gerekli veriler excel'e girildikten sonra Netpro/Mine içine input edilir. (Şekil 2.1.1, Şekil 2.1.2)



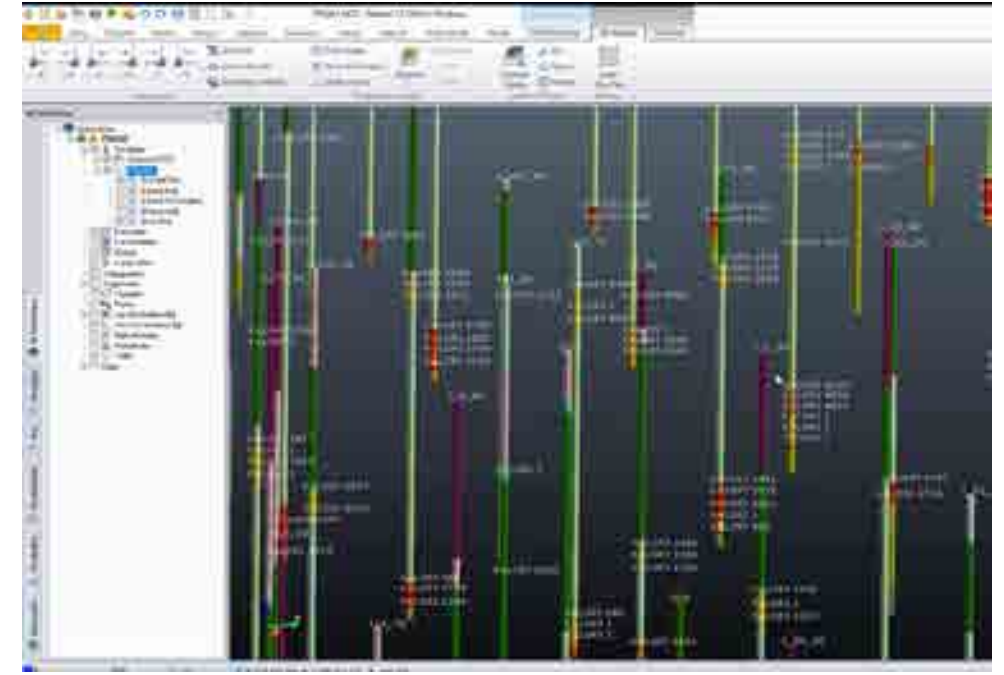
Şekil 2.1.1: (.csv) formatında excel



Şekil 2.1.2: Verilerin sisteme okutulması

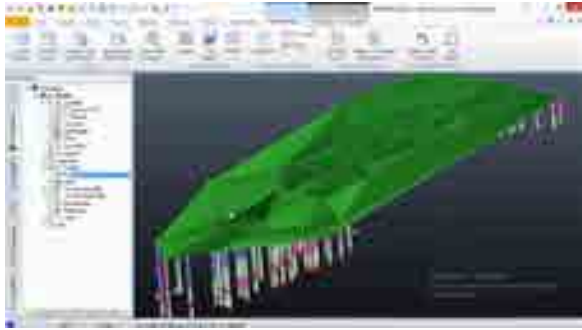
Sondaj verilerinin program içerisine aktarılmasından sonra, Netpro/Mine ile 3D sondaj verileri görünmesi ve bunların kömür yataklanmasına göre tematik olarak görülmesi sağlanır. (Şekil 2.2.1) Sondaj verilerinden elde edilen bilgiler ile ilk önce sondajın en üst metrajındaki kömür damarı kısımlar birleştirilip bir yüzey oluştur-

lur. (Şekil 2.2.2) Sonra aynı işlem sondajın en alt metrajında kömür damarının kestiği kısımlar için uygulanır. (Şekil 2.2.3) Oluşturulan iki yüzey arasında program sayesinde bir katı model oluşturularak rezerv hesaplama işlemi gerçekleştirilir. (Şekil 2.2.4) Bu da bir rapor ile .xml formatında dışarıya aktarılarak kaydedilir.

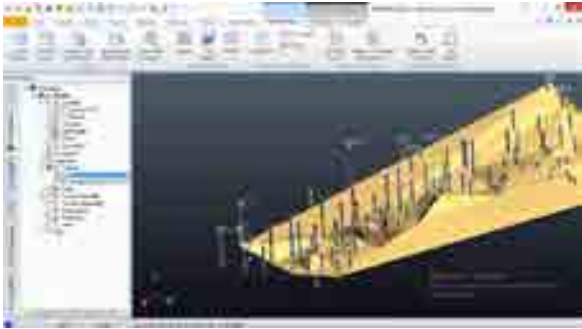


Şekil 2.2.1: Sondaj 3d görünüm





Şekil 2.2.2: Sondaj üst yüzey oluşturma



Şekil 2.2.3: Sondaj alt yüzey oluşturma

### 2.3. Netpro/Mine ile Bloklama

Cevher yeraltında homojen olarak dağılmamaktadır. Bu heterojen dağılımın sağlıklı bir şekilde analiz edilip cevher kalitesinin ortaya çıkarılması için blok modelleme yapılması gerekmektedir. Blok modellemenin amacı, cevher kalitesinin değişimini görmektir. Blok modelleme yapılırken, var olan katı modeli küçük parçalara bölerek hassasiyet artırılır. Bunun içinde iç kestirim ya da benzetim yöntemi kullanılır. Blok boyutlarında standart bir parametre yoktur. Ne kadar küçük parçalanırsa katı model hassasiyet o derece artar. (Şekil 2.3.1)



Şekil 2.3.1 : Bloklama

### 2.4. Netpro/Mine ile Yeraltı Üretim Metodu

Netpro/Mine ile yer altında açılan hazırlık galerileri, spiral galeriler, kuyu tasarımı, cevher yaklaşım galerileri ve cevher içi üretim galerileri tasarımı, pano tasarımı yapılabilmektedir. Açılan galerilerden çıkan malzemenin hacmini hesaplar, üretim katlarında ise cevher içi üretim panolarından üretilen cevher ve tenörleri hesaplayabilmektedir.

Yeraltı maden işletmeciliğinde cevher üretim planına uygun galeri hatları tasarlanmış ve galeri içi tesisat ve taşıma sistemleri projeye entegre edilmiştir.

#### 2.4.1. Galeri Oluşturma ve Görselleştirme

Yeraltı üretim planı dahilinde galeriler profil, tip, durum, tahkimat özellikleri dikkate alınarak ve galeri içi havalandırma hesabı ilişkin gerekli parametreler tanımlanarak tasarlanmıştır. Galeri seçilen profil tipine uygun üç boyutlu düzlemde görselleştirilmesi sağlanmış ve cevher modeline ait üretilecek alan ile ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 2.4.1.1: Galerilerin 3 boyutlu ekranda görselleştirilmesi.



#### 2.4.2. Galerilere Tesisat ve Taşıma Sistemlerinin Eklenmesi

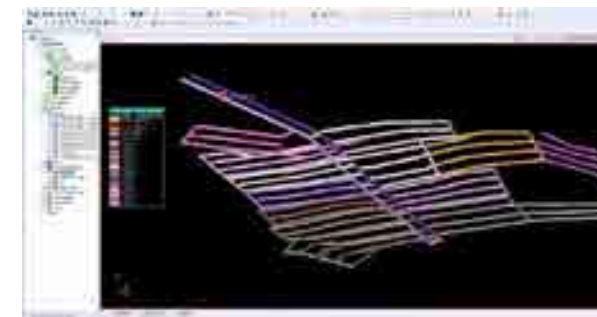
Galeri içi tesisat (su, elektrik, basınçlı hava vb.) ve taşıma sistemleri ait elemanlar ile fan ve hava kapısı eklenmiştir.



Şekil 2.4.2.1: Galerilerin tesisat ve taşıma elemanlarının eklenmesi.

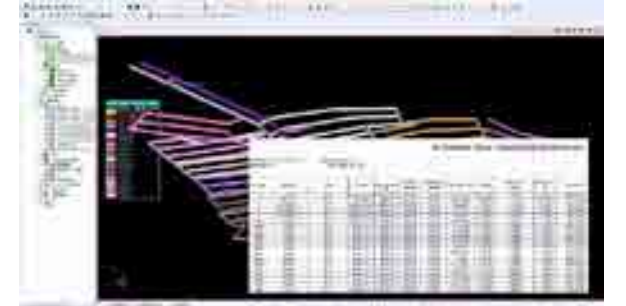
#### 2.4.3. Yeraltı Tasarımı Görselleştirme ve Raporlama

Yeraltı madencilik tasarımı eklenen elemanlardan galeri, tesisat ve taşıma sistemleri, fan ve hava kapısı kafes tipi kareraj içinde görselleştirilmiştir.

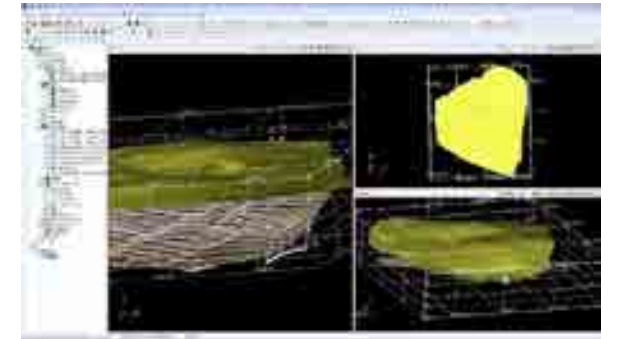


Şekil 2.4.3.1: Galeri özniteliklerine göre tematik hazırlama.

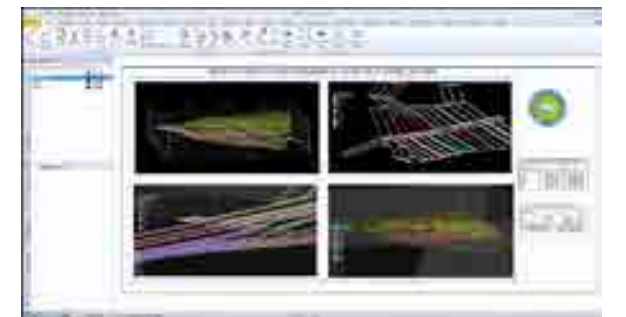
Tasarım elemanlarına ait raporlar hazırlanarak proje metrikleri hesaplanmıştır.



Şekil 2.4.3.2 : Yeraltı galeri ve diğer elemanlara ait rapor.



Şekil 2.4.3.3 : Yer altı galeri, topoğrafya ve cevher ilişkisinin kafes tipi kareraj gösterimi.



Şekil 2.4.3.4 : Yer altı galeri tasarımı proje çıktıları.

### 3. SONUÇ

Karbonifer yapıda olan malzemeler doğada yerine konulamaz olduğu için, üretime geçilmeden önce maden işletme plan ve projelerinin iyi planlanması gerekmektedir. Bu plan ve projeler geçmiş yıllarda klasik yöntem ile el yordamıyla yapılmakta, günler-haftalar sürmekteydi. Günümüzde teknolojinin gelişmesi ve bilgisayar uygulamaları sayesinde birden fazla işletme planı kısa sürede yapabilmekte, tasarlanan projelerde en optimum olan seçilerek gerek ilk yatırım maliyetlerinin düşürülmesi gerekse üretim verimliliği açısından büyük kolaylık sağlamıştır. Ayrıca son yıllarda yaşanan iş kazalarına bakıldığında proje eksikliğinin bir hayli fazla olduğu görülmektedir. İş kazalarını minimize etmek için acil eylem planının önceden hazırlanması ve proje üzerinde uygulanması, bu eylem planlamaları hazırlanırken teknolojiden yararlanılarak hataları en aza indirmek gerekmektedir.

Zonguldak havzasında çalışan firmalar genel olarak klasik yöntemler ile el yordamıyla yazılı plan/proje üzerinden üretim planlamaktadır. Bu da gerek projelerin üretim esnasında güncellenmesi gerekse yeni üretim metodlarının proje üzerinde uygulanmasını bir hayli zorlaştırmaktadır. Bu sorunların ortadan kaldırılması, projenin önceden uygulanarak işletilebilirliğinin görülmesi ve geçmiş yıllarda üretim yapılan yerlerin önceden proje üzerinde işlenerek, burada oluşacak risklerin minimum seviyeye çekilmesi için 3 boyutlu madencilik yazılımından yararlanılması gerekmektedir.

Netpro/Mine yazılımı; bir maden projesinin, harita, jeoloji ve cevher modelleme süreçlerini bir arada gerçekleştirmektedir. Yazılım dilinin Türkçe olması, gerek öğrenme gerekse proje planlanırken oluşan hataların anlaşılır olması, kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Ülkemizdeki ilk yerli maden yazılımı olan Netpro/Mine Arge çalışmasına aralıksız devam etmektedir. ■

### 4.KAYNAKLAR

- [www.taskomuru.gov.tr/index.php?page=sayfagoster&id=8](http://www.taskomuru.gov.tr/index.php?page=sayfagoster&id=8)
- [www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur](http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur)
- <http://portal.netcad.com.tr/display/HELP/NETPRO+MINE>
- <http://portal.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageId=109839224>
- *Türkiye 13 Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 29-31 Mayıs 2002,*
- *Jeostatistikte Global ve Lokal Rezerv Hesaplama MTA 2015, Özel Yayın Serisi 32*
- *Türkiye 14.Madencilik Kongresi /Türkiye 1995*
- *Türkiye Yeraltı Kaynakları (illere göre) MTA 2015*