

Madencilikte Kullanılan Teknik Çalışmalar: Kavramsal, Kapsamsal, Ön-Fizibilite ve Fizibilite Çalışmaları



Dr. Hakan Arden

Kıdemli Jeoloji Mühendisi

DMT İngiltere

hakan.arden@dm-t-group.com

Enes Beşir

Proje Koordinatörü ve Satış Uzmanı

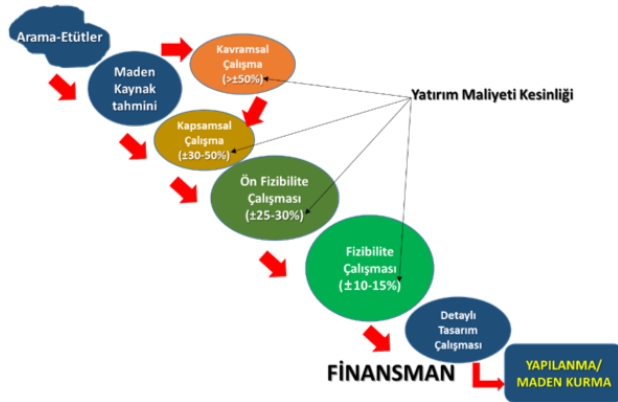
DMT Türkiye

enes.besir@dm-t-group.com

Bir maden projesinde arama ve kaynak tahminin ardından, farklı seviyelerde teknik çalışmaların yapılması projenin karlılığı ya da zararlılığını belirlemesi açısından önemli bir zorunluluktur. Finansman tüm projelerde önemli bir engel olduğu için, bu çalışmalar sonucunda projeye daha fazla

yatırım yapmaya değip değmeyeceğine karar verilmesi de gerekebilir. Ancak herhangi bir aşamada, projenin teknik, ekonomik, sosyal ve resmi nedenlerle durdurulması da her zaman olasıdır.

Teknik çalışmalar projenin bulunduğu aşamaya bağlı olarak basit ya da çok ayrıntılı olabilir. Ancak ilginç olan, bazı teknik çalışmaların kısa bir formatta tanımlandığı CRIRSCO kodları dışında, üzerinde hem fikir olunmuş bu çalışmaların nasıl yapılması gerekliliğine ilişkin ortak standartların bulunmamasıdır. Böylesi ortak tanım eksikliğine ve minimum gerekliliklerin firmadan firmaya değişmesine karşın, bu çalışmaların temelleri hemen hemen her yerde aynıdır. Basitten karmaşık düzeye göre en yaygın olan çalışmalar: 'Kavramsal (Conceptual)', 'Kapsamsal (Scoping)' ya da 'Ön Ekonomik Değerlendirme', 'Ön Fizibilite' ve 'Fizibilite' olarak sıralanır (Şekil 1).



Şekil 1. Teknik çalışmaların mantıksal sıralaması

Kavramsal Çalışma (Conceptual Studies)

Teknik çalışmaların en temel çalışma düzeyi olan kavramsal çalışma, çok ayrıntılı girdiler gerektirmez ve şirket içi bir değerlendirmedir. Mantıklı olsalar da olmasalar da genel madencilik teknik kavramları projeye uygulanır. Kesinlik düzeyi çok düşük olduğu için maliyet tahmini fazla ayrıntıya girmeden çok basit

bir düzeyde bırakılır ve bu ön seviye kapsamsal ya da ön-fizibilite çalışması gibi daha ileri seviyelere geçiş için bir dayanaktır. Genellikle 2 ile 4 ay arasındaki bir süre içinde tamamlanırlar.

Kapsamsal Çalışma (Scoping Studies)

JORC 2012'ye göre bir Kapsam Çalışması, maden kaynaklarının potansiyelinin sıralanmasıyla ilgili teknik ve ekonomik bir çalışmadır. Ön-fizibilite çalışmasına ilerlemek için raporlama zamanında görülmesi gerekli dayanakları sağlayan gerçekçi bir şekilde kabul edilmiş değiştirici etkenleri ve diğer tüm ilgili operasyonel faktörlerle birlikte uygun bir değerlendirmesini de içerir. Bu madencilik projesinin ön değerlendirmesi için erken bir teknik çalışma olarak da kabul edilebilir ve genellikle 4 ile 6 ay arasındaki bir sürede tamamlanır.

Kapsamsal bir çalışma için başlıca parametreler çoğunlukla varsayılır ya da sadece genel kabuller olarak hesaplarda girilir, bu yüzden de yatırım maliyeti kesinliği $\pm\%30-50$ kadar düşüktür. Eğer bir kapsamsal çalışma olası/olabilir (Inferred) Maden Kaynakları ve/ya da bir arama hedefi (Exploration Target) ile desteklenmişse, kamusal rapor, Kapsamsal çalışma içerisinde olası/olabilir maden kaynaklarının ve/veya arama hedefinin hem oranını hem de görsel dizilimini belirtmelidir.

Genellikle doğrudan toplanmış proje verileri ile benzer maden kaynaklarından ya da operasyonlarından uyarlanan veriler tasarlanan proje için birlikte kullanılır. Aynı zamanda firmalar tarafından karşılaştırma ve planlama amaçları doğrultusunda kendi içlerinde de kullanılabilir. Kapsamsal çalışmanın genel sonuçları raporlanırken **maden rezervlerinin** tahmin edildiğine ya da ekonomik gelişmelerin garanti altına alındığına dair herhangi bir **imada bulunmamaya** önem verilmelidir.

Kapsamsal çalışmaya maden kaynak girdilerini ve uygulanan süreci eklemek uygun olabilir, ama seyreltilmiş tonları ve kaliteleri/tenörleri bunlar maden rezervleriymiş gibi raporlamak yatırımcıları yanıltabileceği nedeniyle uygun değildir. İlk maden çıkarma ve işleme süreçleri kapsamsal çalışma sırasında geliştirilmiş olabilir, ancak bu bir maden rezervini geliştirmek için kullanılmamalıdır.

Akış çizelgesi geliştirme, maliyet tahmini ve üretim planlaması genellikle sınırlı verilere, test çalışmasına ve mühendislik ta-

sarımına dayanır. Metalürjik test çalışmaları cevher tiplerine dayanır ve muhtemel akış çizelgesi ve ürün geri kazanımlarını oluşturmak için mineralojik, öğütme ve ayırma özelliklerini inceler.

Kapsamsal çalışma sonuçları genellikle şunları tanımlar:

- Olası madencilik ve işleme şemaları
- Ek inceleme ya da test çalışması gerektiren teknik parametreler
- Önerilen projenin genel özellikleri ve parametreleri
- Sermaye büyüklüğü ve işletme maliyeti tahminleri

Kapsamsal çalışmalar bir sonraki arama etkinliklerinin ve mühendislik çalışmalarının gerekli olup olmadığını belirlemek için yeterlidir; ancak kapsamsal çalışma ekonomik kararlar almak ve rezerv raporlaması yapmak için JORC benzeri standartlarda asla yeterli olamaz.

Ön-Fizibilite Çalışması

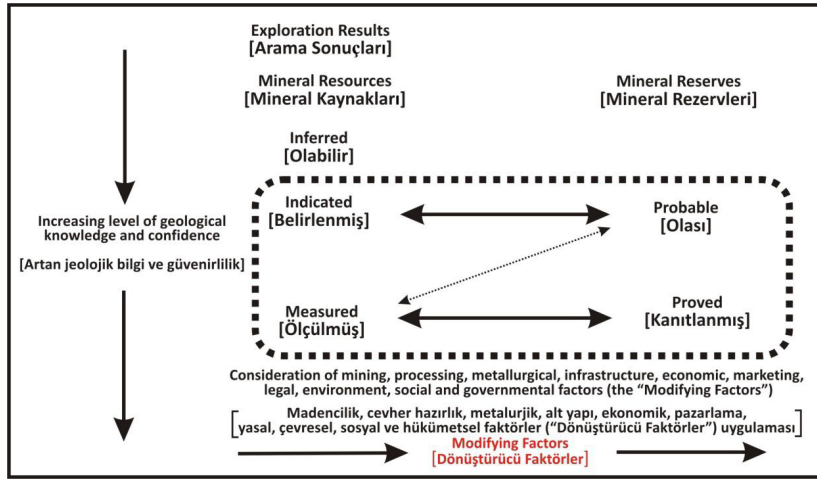
Değiştirici faktörler üzerine mantıklı tahminlere dayanan bir finansal analiz ve Yetkin Kişinin raporlama sırasında maden kaynaklarının, rezerve dönüştürülebileceğine karar verebilmesi için yeterli olduğunu düşündüğü diğer ilgili faktörlerin değerlendirmesini içerir (Şekil 2). Bir ön-fizibilite çalışması, fizibilite çalışmasından daha düşük bir güven düzeyine sahiptir.

altyapı gereksinimlerini ve kapasitelerini tanımlar, ancak bu konular hakkında son karar aşaması değildir. Çevresel ve sosyoekonomik etkilerin ve gerekliliklerin ayrıntılı değerlendirmeleri de ileri derecede olacaktır.

Ön-fizibilite çalışması, jeolojik bir kaynağın rapor edilebilir bir rezerv haline dönüştürülmesi için minimum ön koşulu temsil ettiği için proje ilerleyişinde kritik bir adımdır.

Maliyet bazlı uygulamaların doğruluğu %20-30 arasında değişmektedir ve incelenmesi gereken başlıklar şunlardır:

- Madencilik yöntemi ve üretim oranları
- Seyreltme/kayıplar ve maden kazım tahminleri
- İşleme yöntemi, işleme oranları ve geri kazanım tahmini
- Cevher artığı ve atık biriktirme
- Kaya mekaniği, hidroloji/hidrojeoloji çalışmaları
- Pazarlama gereksinimleri
- Çevresel ve izin gereklilikleri
- Sosyal Lisans
- Devlet ile ilgili resmi izinler
- Yasal konular
- Ayrıntılı finansal analiz ve proje ekonomisindeki duyarlılıklar
- Sermaye maliyeti tahminleri
- İşletme maliyeti tahminleri



Şekil 2. Teknik çalışmalarda kaynakların rezerve dönüştürülmesi için gerekli olan parametreler

Pilot testler de dahil olmak üzere, önemli işleme/metalürjik test çalışmalarının kaya ve cevher karışımlarını temsil eden gerçekçi kompozit örnekler üzerinde yapılmış olması beklenir. Bu örneklerin sahadaki jeolojik değişimlere bağlı olarak, cevherin uygulanacak kazanım programlarındaki anahtar nitelikteki yılların da temsilcisi olmasına dikkat edilir. Bunlara ek olarak, ana cevher türleri ve karışımlar için ham malzeme-tenördeki geri kazanım ilişkisi kurulur. Madencilik ve işleme parametreleri, akış çizelgesi geliştirme, üretim ve geliştirme planlaması ve ana ekipman seçimi için yeterli olmalıdır. Tipik akış şeması modellemesi özellikle parçalara ayırma devresi için gerçekleştirilir.

JORC 2012'ye göre, bir ön-fizibilite çalışması, yer altı ya da açık ocak gibi tercih edilen madencilik yönteminin seçildiği ve maden işleme için etkili bir yöntemin belirlendiği aşamaya ilerlemiş olan bir madencilik projesinin teknik ve ekonomik uygulanabilirliği için bir dizi seçenek hakkında kapsamlı bir çalışmadır.

Bir ön-fizibilite çalışması, ekonomik geçerliliği belirtmek ve bir "Cevher Rezervi Kamu Raporu"nu desteklemek için tüm değiştirici faktörlerin uygulanmasını ve tanımlanmasını dikkate almalıdır, aynı zamanda tercih edilen madencilik, işleme ve

Altyapı ve planlanan etkinlikler ile ilgili olarak; önemli çevresel ve sosyal konulardaki potansiyel sorunlar, kritik habitatlar ve proje için gerekli istemsiz iskân seviyesi gibi projeyi durdurabilecek potansiyel risk unsurlarını belirlemek için değerlendirilmelidir. Büyük ekipmanlar üzerindeki önemli satıcı tekliflerinden sermaye ve işletme maliyeti tahminleri yapılır ve diğer inşaat maliyetleri de genellikle dikkate alınır.

Ön-fizibilite çalışmasının ekonomik analizi, çeşitli geliştirme seçeneklerini ve genel proje uygulanabilirliğini değerlendirmek için yeterli kesinliktedir ancak genelde maliyet tahminleri ve



mühendislik parametreleri, projeyi gerçekleştirmek için gereken kararları ya da **borç finansmanı taahhütleri** için yeterli **kesinliğe sahip değildir**. Tercih edilen geliştirme seçenekleri fizibilite çalışmasına başlamadan önce, ön-fizibilite çalışması aşamasındaki ticari maliyet ve kazanım dengesi çalışmaları yoluyla seçilmiştir.

Ön-fizibilite çalışmaları projenin bulunduğu coğrafyaya, hammadde türüne ve uygulanabilecek seçeneklerin azlığına ya da çokluğuna bağlı olarak genellikle 12 ile 24 ay arasındaki bir sürede tamamlanırlar. Bazen seçenekler bilinçli olarak geniş tutulur ve bu seçenekler teker teker elenerek, tek ya da iki seçeneğe indirilip, bu seçilen tercihlerin ayrıntılı araştırması fizibilite aşamasına bırakılır.

Fizibilite Çalışması

JORC 2012'ye göre bir fizibilite çalışması, raporun yazıldığı dönemde, maden çıkarmanın ekonomik olarak uygun olduğunu göstermek için diğer tüm ilgili operasyonel faktörlerle birlikte uygun değiştirici faktörleri ve ayrıntılı finansal analizleri içeren bir maden projesi için seçilen geliştirme seçeneğinin kapsamlı bir teknik ve ekonomik çalışmasıdır. Çalışmanın sonuçları, projenin geliştirilmesi ya da finanse edilmesi için proje destekçisi bir taraf ya da finans kurumu tarafından nihai bir kararın temeli olacak şekilde kullanılabilir. Çalışmanın güvenilirlik düzeyi, Ön-fizibilite çalışmasından daha yüksektir ve "Bankalara Uygun Fizibilite Çalışması" ve "Tanımsal Fizibilite Çalışması" terimleri ile aynı anlamdadır. Bu aşama; projenin hayata geçirilmesi ve finansman için "**başlangıç/iptal**" kararı aşamasıdır.

Bir yatırım kararının temeli olarak ya da proje finansmanını desteklemek için yeterli ayrıntılara sahip şekilde tamamlanmış madencilik, altyapı ve cevher işlem tasarımları üzerine çalışmalar içeren fizibilite çalışması; sosyal, çevresel ve resmi onaylar, izinler ve anlaşmalar **yürürlükte olacak** ya da belirlenmiş gelişme zaman aralığı içinde yürürlüğe girmesi kesinleşecek çalışmalardır. Fizibilite çalışması, tüm değiştirici faktörlerin uygulanmasını ve ayrıntılarını ön-fizibilite çalışmasına göre çok daha kapsamlı bir şekilde gösterir ve ayrıntılı madencilik programları, inşaatla bağlı üretim artışı ve proje gerçekleştirme planları gibi konuların gerçekleştirilmesine de değinebilir. Maliyet tahmini kesinliği, ön-fizibilite çalışmasından daha yüksektir ve bu oran genel olarak **±%10-15'tir**. Fizibilite çalışması hedefleri, ön-fizibilite çalışması için önceden listelenmiş olanlarla aynıdır, ancak her bir hedef için detay ve kesinlik düzeyi daha fazladır.

Bir kaynak ve rezerv tanımlamak için ayrıntılı jeolojik ve maden mühendisliği çalışmalarının yerinde olması ve tüm madencilik ve işleme parametrelerini geliştirmek için detaylı test çalışmalarının tamamlanması gerekir. Bunlar:

- Ocak şev tasarımı/Maden tasarımı
- Hidroloji ve hidrojeolojik çalışmalar
- Yer altı – yer üstü jeoteknik çalışmalar
- Akış şeması gelişimi
- Ekipman seçimi ve boyutlanması
- Sarf malzemeleri
- Enerji ve su tüketimi
- Malzeme dengesi
- Genel düzenleme çizimleri
- Üretim ve geliştirme programları
- Sermaye ve işletme maliyeti tahminleri

Sermaye ve işletme maliyeti tahminleri, başlangıç ve tam tedarikçi tekliflerinden elde edilir. Düzenleyici kurumlara Çevresel Sosyal Etki Değerlendirmesi (Environmental Social Impact Assessment - ESIA)'nin taslağı sunulmuştur ya da sunulmaya yakındır, madencilik izni alınmıştır ya da makul olarak alınacağı beklenmektedir (rezerv deklare etmek için CRIRSCO kodları tarafından istenen bir durumdur). Hassas ekonomik analizler, maden ömrü için yıllık nakit akışı hesaplamalarına dayanmaktadır.

Fizibilite çalışmaları projenin bulunduğu coğrafyaya, hammadde türüne ve uygulanabilecek seçeneklerin teknik ayrıntılarına bağlı olarak genellikle 12 ile 24 ay arasındaki bir sürede tamamlanırlar.

Sonuç

Yukarıda anlatılan ve DMT'nin uzun yıllar boyunca dünyanın değişik bölgelerinde gerçekleştirdiği çalışmalar sonucunda elde ettiği deneyimlere dayanan bu tür teknik çalışmalar, dışarıdan bakıldığında karmaşık gibi görünse de, projeler yaşamaya geçirilirken finansal karar aşamasında taraflara, projedeki seçeneklerin hem işlevsel hem de işlemsel açıdan başarılı bir şekilde uygulanması amacıyla düzgün, saydam, ciddi ve artıları ve eksileriyle değerlendirildiği önemli bir olanak sağlar. Aynı şekilde bu çalışmaları yapacak olan teknik kadronun seçiminin bu işte uluslararası deneyime sahip firmalar arasından yapılması, hem projeye gerekli olan ciddiyeti verecek hem de uluslararası finans kurumlarından finansman sağlanmasında önemli kolaylıklar sağlayacaktır.

www.dmt-group.com

DMT GmbH & Co.KG İstanbul Merkez Şubesi

Adres: Ayazmadere cad. Pazar Sokak Bareli Plaza

No:2-4 Gayrettepe TR 34349 Beşiktaş, İstanbul

Tel: +90 212 293 29 80

Mobil: +90 535 206 71 75