

39244.

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AÇIK İŞLETMELERDE KAMYON NAKLİYATI İLE İLGİLİ FİZİKSEL

PARAMETRELERİN MALİYETE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mad.Müh. A. Önder GÜNEY

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 21 Haziran 1993

Tezin Savunulduğu Tarih : 5 Temmuz 1993

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Erkin NASUF

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr.Nuh BİLGİN

: Doç.Dr. Tayfun EVERGEN

TEMMUZ 1993

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında danışmanlığımı üstlenen Sayın Prof.Dr.Erkin NASUF'a çok teşekkür ederim. Edirne'deki çalışmalarım esnasında bana kolaylık sağlayan Akman Kömür İşletmeleri Müşaviri Y.Maden Müh.Sayın Erkin KARAÖZBEK'e ve kömür ocağı çalışanlarına teşekkür ederim. Ayrıca literatür araştırmalarında bana yardımcı olan Tübitak yetkililerine ve kendisine başvurduğumda beni hiç geri çevirmeyen ve her türlü desteği sağlayan Rasih ve İhsan Madencilik yöneticilerinden Sayın Yaşar AVCI'ya çok teşekkür ederim. Kamyonların teknik özellikleri konusunda bana yardımcı olan Chryler Kamyon İmalat ve Tic.A.Ş. yetkililerine, Fiat Otomotiv İtalyan Temsilcilik yetkililerine ve M.A.N. Kamyon Fabrikası yetkililerine çok teşekkür ederim. Tez çalışmasında zaman zaman bana yardımcı olan Araş.Gör. Sayın Hanifi ÇOPUR'a ve tezi daktilo eden Sayın Zeynep KILIÇ CERİT'e çok teşekkür ederim.

HAZİRAN 1993

A.Önder GÜNEY

İ Ç İ N D E K İ L E R

ŞEKİL LİSTESİ.....	VI
TABLO LİSTESİ.....	VII
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	IX
BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
BÖLÜM 2. İŞLETME HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Jeolojik Durum.....	3
2.2. Madenin Rezervi Kalınlığı ve Bulunduğu Yer.....	4
2.3. İşletme Sistemi.....	4
2.4. İşletme Durumu.....	5
2.5. Üretim Durumu.....	5
2.6. Satış Durumu.....	6
2.7. Faaliyetler.....	7
BÖLÜM 3. AÇIK MADEN İŞLETMECİLİĞİNE GİRİŞ.....	8
3.1. Madenciliğin Ekonomideki Yeri.....	8
3.2. Açık Maden İşletmeciliğinin Tanımı.....	8
3.3. Açık Maden İşletmeciliğinin Önemi ve Üstün Yönleri.....	8
BÖLÜM 4. AÇIK MADEN İŞLETMELERİNDE KAMYON TAŞIMACILIĞI.....	10
4.1. Genel Tanım.....	10
4.2. Kamyonların Endüstriyel Gelişimi.....	10
4.3. Kamyon Taşımacılığının Özellikleri.....	11
4.4. Kamyon Nakliyat Süresinin Hesaplanması.....	12
BÖLÜM 5. KAMYON VE NAKLİYAT YOLU EKONOMİSİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	15
5.1. Giriş.....	15

5.2. Ana Faktörler.....	15
5.3. Metodoloji.....	16
5.4. Nakliyat Yolu.....	16
5.5. Yuvarlanma Direnci.....	17
5.6. Eğim.....	18
5.7. Zaman.....	19
5.8. Mesafe.....	19
5.9. Meyil Yukarı Zaman.....	19
5.10.Meyil Aşağı Zaman.....	20
5.11.Frenleme Kapasitesi.....	20
BÖLÜM 6. NAKLİYAT YOLU KAPLAMASI.....	22
6.1. Genel.....	22
6.2. Sıkıştırılmış Beton.....	22
6.3. Asfaltik Beton.....	23
6.4. Sıkıştırılmış Çakıl ve Kırılmış Taş...	25
6.5. Stabilize Zemin.....	26
6.6. Yol İnşaatı ve Bakım Maliyetleri.....	28
BÖLÜM 7. EKİPMANLAR VE KORUYUCU BAKIM.....	29
7.1. Lastik Tekerlekler.....	29
7.2. Ekipman Değişiklikleri.....	29
7.2.1. Çekme Kuvveti.....	30
7.2.2. Diğer Ekipmanlar.....	30
7.3. Koruyucu Bakım.....	30
BÖLÜM 8. KAMYON RANDIMANLARININ İNCELENMESİ.....	32
BÖLÜM 9. UZUN MESAFELİ KAMYON NAKLİYATININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ.....	41
9.1. Genel.....	41
9.2. Maliyet Eğrilerinin Hesaplanması.....	41
9.3. Yaklaşım Faktörleri.....	42
9.3.1. Uzun Vadeli Sözleşme.....	42
9.3.2. Tonaj.....	42
BÖLÜM 10. SAHA ÇALIŞMALARI.....	44
10.1. Kamyonların Karakteristik Özellikleri	44
10.1.1. Giriş.....	44

10.1.2. AS 900 Kamyonlarının Teknik Verileri	44
10.1.3. İveco 330 Kamyonlarının Teknik Verileri.....	46
10.1.4. M.A.N. Kamyonlarının Teknik Verileri	48
10.2. Kamyonların Sefer Sayıları.....	50
10.3. Kamyonların Sefer Sürelerinin Ölçülmesi	51
10.4. Eğim Azaltma ve Yüzey Kaplama Hesapları	52
10.4.1. Eğimin Azaltılması ve Tahmini Maliyeti	53
10.4.2. Yüzey Kaplaması ve Tahmini Maliyeti..	54
10.4.3. Tahmini Lastik Sarfiyatı Hesabı.....	57
10.5. Kamyonların Yakıt Sarfiyatlarının Hesaplanması.....	58
10.5.1. M.A.N. Kamyonunun Bir Seferdeki Yakıt Sarfiyatının Hesaplanması.....	59
10.5.2. İveco Marka Kamyonun Bir Seferde Tükettiği Yakıt Miktarının Hesaplanması.....	60
10.5.3. AS 900 Marka Kamyonun Bir Seferde Tükettiği Yakıt Miktarının Hesaplanması.....	61
10.6. Kamyonların, Azaltılmış Eğimdeki Yakıt Sarfiyatlarının Hesaplanması.....	61
10.6.1. M.A.N. Kamyonun Azaltılmış Eğimde Bir Seferdeki Yakıt Sarfiyatının Hesaplanması.....	62
10.6.2. İveco Marka Kamyonun Azaltılmış Eğimde Bir Seferdeki Yakıt Sarfiyatının Hesaplanması.....	63
10.6.3. AS 900 Marka Kamyonun Azaltılmış Eğimde Bir Seferdeki Yakıt Tüketiminin Hesaplanması.....	63
10.7. Yakıt Sarfiyatlarının Karşılaştırılması.	64
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR.....	69
EKLER.(HARİTALAR).....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	72

ŞEKİL LİSTESİ

- ŞEKİL: 4.1. Haulpak 330 M Kamyon Tipinin Model Görünüşü
- ŞEKİL: 4.2. 40 Tonluk Kamyonun Hız-Meyil Karakteristiği
- ŞEKİL: 5.1. 3050 m.Düz Yolda Yuvarlanma Direnci ve Randıman İlişkisi
- ŞEKİL: 5.2. kamyon 789 Modelin Eğim Yukarı Randımanları
- ŞEKİL: 8.1. Kamyon Randımanı-Mesafe İlişkisi
- ŞEKİL: 8.2. Nakliyat Maliyeti-Nakil Mesafesi İlişkisi
- ŞEKİL: 8.3. Kamyon Kapasitesinin Kamyon Değerine Dönüş-türülmesi
- ŞEKİL: 8.4. Durma Mesafesi- Hız İlişkisi
- ŞEKİL: 8.5. Bazı Demir, Bakır ve Asbestoz Madenlerindeki Kamyonların İşletme ve Bakım Maliyetleri
- ŞEKİL: 8.6. Lastik Sarfiyatı-Kamyon Hacmi İlişkisi
- ŞEKİL: 9.1. Uzun Mesafe kamyon Nakliyatı
- ŞEKİL:10.1. AS 900 Kamyon Modelinin Karakteristik Eğrileri
- ŞEKİL:10.2. AS 900 Kamyonun Önden Görünüşü
- ŞEKİL:10.3. İveco 330 Kamyon Modelinin Karakteristik Eğrileri.
- ŞEKİL:10.4. İveco 330 Kamyon Modelinin Önden Görünüşü
- ŞEKİL:10.5. M.A.N. Kamyonunun Karakteristik Eğrileri
- ŞEKİL:10.6. M.A.N. Kamyonun Yandan Görünüşü
- ŞEKİL:10.7. Mevcut ve Azaltılmış Eğimin Kesit Görünüşü

TABLO LİSTESİ

TABLO: 2.1. Aylar İtibarı İle 1992 Yılı Üretim ve Satış Durumu

TABLO: 4.1. Kamyon Nakliyat Süreleri Hesap Formu

TABLO: 4.2. Hesap Formu

TABLO: 5.1. Yol Yüzeyi Tipi İle Yuvarlanma Direnci Ve Sürtünme Katsayısı Arasındaki İlişki

TABLO: 6.1. Çeşitli Yol Kaplama Malzemelerinin Avantaj Ve Dezavantajları

TABLO: 6.2. İstatistiksel Yol Maliyet Verileri

TABLO: 7.1. Çeşitli Kamyon Tiplerinin Servis ve Bakım Maliyetleri

TABLO: 8.1. Kamyon Verimlilik Faktörleri

TABLO: 8.2. Kamyonların Fren Kapasitelerini Etkileyen Ana Faktörler

TABLO:10.1. M.A.N. Kamyonunun Vites Oranları Ve Çeşitli Viteslerdeki Hızları

TABLO:10.2. Kamyonların Nisan 1993 Sefer Sayıları

TABLO:10.3. Kamyonların Ortalama Sefer Süreleri

TABLO:10.4. Kamyon Motorlarının, Nakliyat Esnasındaki Ortalama Devir Sayıları

TABLO:10.5. Azaltılmış Eğim İçin, Tahmini Motor Devir Sayıları

ÖZET

Bu çalışmada, Edirne Bölgesi Akman Kömür İşletmeleri açık maden ocağında kamyon nakliyatı ile ilgili fiziksel parametrelerin maliyete etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, etkili olabilecek faktörler, nakliyat yolu ile kamyonların fiziksel özellikleri şeklinde iki grupta toplanmış ve ayrı ayrı incelenmiştir.

Saha çalışmalarında; nakliyat yolunun uzunluğu ve eğimi, kamyonların çeşitli eğimlerdeki hızları ve motor devir sayıları ile birlikte kamyon sefer süreleri ve günlük sefer sayıları gözlenmiştir. Eğimin, bazı yerlerde yüksek olmasından dolayı, yarma-dolgu yöntemiyle projelendirilerek, eğim, % 9'dan yaklaşık olarak % 5 civarına indirilmiştir. Her iki eğim için yakıt sarfiyatları hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Ayrıca bozuk yol yüzeyinin sebep olduğu lastik sarfiyatı ile aşırı yakıt harcamalarının önüne geçebilmek için, yolun, sıkıştırılmış çakıl ile kaplanması tasarlanmıştır.

Eğimin azaltılması ile her yıl % 40 civarında yakıt tasarrufu yapılabileceği tespit edilmiştir. Yolun sıkıştırılmış çakıl ile kaplanması ise bir yıllık lastik sarfiyatından daha ucuza mal olmuştur. Yapılan tespitler az sayıda kamyon ve oldukça kısa nakliyat yolu için geçerlidir. Kamyon sayısı ve yolun uzunluğu arttığı zaman bu tasarrufların milyarlarca lira ile ifade edileceği unutulmamalıdır.

RESEARCH FOR EFFECTS ON COST OF PHYSICAL PARAMETERS RELATED WITH TRUCK HAULAGE IN OPEN-PIT MINES

SUMMARY

Nowadays, surface mining operations is getting common from day to day because of technological developments affect mining industries as well as other industries. Last years, open pit mines have succeeded to get more deeps than before. In todays, some of open pit mines have reached to 600 meters.

There are a few kinds of hauling system which is using in surface mine sites. These are down:

- Truck Haulage System
- Railway Transportation System
- Band Conveyor System

This study is about truck haulage economics. Therefore physical parameters related with truck haulage and their effects on cost have been studied in this research. Field operations have been completed in Akman coal mine site in Edirne.

Firstly, the parameters that affect cost have been gathered in two parts as truck and road factors. Then, all factors have been studied individually. Furthermore, all of these have been supported with graphs and tables.

During the in-situ operations, the length of haulroad, grade, speeds of trucks and engines according to grade have been studied. Moreover, truck's cycle times and cycle

numbers per day have been measured. Behaviours of trucks on varying grade have been observed.

The physical parameters of haulroad affect fuel costs as well as trucks do. Therefore, the main parameters of haulroad such as grade, length, width, radius of curves and surface of haulroads are important for calculation of fuel cost.

The technical datas and characteristic curves of trucks have been taken from truck manufacturers for the calculation of fuel cost. Using these characteristic curves, fuel costs of trucks have been calculated. It has not been able to compare with real values of fuel costs. Because, they could not have been taken from the department of account for a few special reasons such as tax. But, grade reducing studies have been projected. Truck's fuel costs on the projected grade have been calculated. Using the comparison of fuel costs, it has been demonstrated that how grade affects fuel cost.

Tire cost, repair and maintenance cost are very important in total cost. Also, spare parts of trucks are very expensive. All these costs above directly related with state of haulroad surface. Today's haulage trucks carry more payload faster than ever. Washboards, bumps and potholes in the road cause impact forces to enter tires and suspension. These impact forces are roughly proportional or linear, according to gross vehicle weight, which can be quite large with heavier trucks. Worse, the magnitude of the forces increases exponentially with the speed of the truck. These impact forces cause tire cost to increase.

Roughness and rolling resistance are two critical areas. Rolling resistance also affects wear and tear on the truck, robs the fleet of productivity and increases other costs, such as fuel. Rolling resistance slows a truck and reduce production.

A shorter distance generally provides shorter travel time. The adage says " the shortest distance between two points is a straight line". In a mine, however, it is necessary to work in three dimensions. And there are

different performance parameters on the horizontal plane than there are in the vertical direction.

During uphill travel, distance, truck performance, gross vehicle weight, grade resistance and rolling resistance determine how much time a truck takes to ascend a grade. Some mining operations focus entirely on the uphill-loaded performances of trucks, excluding downhill empty time. But the best overall result comes from combining both operating modes. Downhill travel is governed by the same rules as the uphill analysis: time and distance.

Operating conditions have to be become convenient so that trucks work productively. Thus, it is possible that minimizing total cost. Trucks travel more slowly under arduous conditions. However, fuel cost and wear on the truck increase, and productivity decreases. Furthermore, traction force and life of truck decrease too. Therefore, production decreases as well.

This study demonstrates that surface wearing is an important factor that have to be researched. There are various surface wearing: compacted concrete, asphaltic concrete, compacted gravel and stabilized earth. Compacted concrete and asphaltic concrete are more expensive than the others. But for a long term, they are more economical. Because they have lower maintenance cost. However, they minimize the dust problem and rolling resistance. In this study, project of surface wearing has been designed. By this way, it has been tried to reduce the equipment maintenance and tire costs.

Studies show that, for the same length of haulroad, truck have better performance on the lower grade. Therefore, truck travels faster than on steep slope. In addition truck's cycle number per day and production increase. Truck reaches the same speeds with lower engine speeds. Thus, truck's fuel cost decreases. In this study, the lower grade has been designed and recommended. The lower grade that has been suggested is approximately 5.5 percent. According to calculations, it is possible that to save about 87 million liras per year. In other words, the saving is approximately 25 percent.

Furthermore, it has been determined that the truck AS 900 has been much more economical than the other trucks. According to determinations, the truck AS 900 consume 1.392 liters per cycle. However, the trucks M.A.N. and Iveco, in the same range, consume 2.948 and 2.958 liters per cycle. If all of trucks which have been used in April were AS 900, total fuel consumption in April would be 3372 liters. Price of diesel fuel is 4752 liras per liter. Therefore, fuel consumption in April would be 16 million liras. Whereas, fuel consumption in April have taken 28 million liras. If fuel cost were 16 million liras, then, saving would be 12 million liras. In other words, it is equal to 42 percent.

This saving is only for a quite short haulroad and three trucks. It is remembered that the amount of savings will be much more higher than before when the length of haulroad and the number of trucks increase. For instance, the savings will reach billions of liras for about ten or fifteen number of trucks and two or three kilometers of haulroad.

In this study, project of surface wearing has been designed and suggested. The haulroad surface has covered with compacted gravel in the project. The route of haulroad changes about per two or three years because of excavation goes forward. For the permanent haulroads and much more productions, asphaltic concrete and compacted concrete can be applied because of their costs of investment are very expensive. Therefore, compacted gravel has been used as a surface wearing material. In order to this application, firstly, the earth is irrigated and compacted. Then, compacted gravel is spread on the road and then irrigated and compacted. However, roads subject to freezing or prolonged inclement weather should not contain more than 10 % fines to prevent muddy, slippery conditions when wet or thawing. Those subject to hot, dry weather should at least 5 % fines to minimize dust problems and surface loosening when dry. Granular surfacing should be free from loam, roots, vegetation matter, frozen lumps and other unsuitable material. The particles of the granular material should be clean, sound and durable.

The length of the haulroad is 600 m. and the amplitude of the road is 6 m. The thickness of the compacted gravel layer is 0.2m. This surface wearing has cost 56 million liras. Whereas, tire cost per year is

about 150 million liras. Moreover, fuel cost will decrease and production will increase. Therefore, compacted gravel surfacing has been suggested.

Cosequently, properties of truck and haulroad parameters affect hauling cost and eachother. To minimize the hauling cost, it should be necessary that, a well designed haulroad and good selected trucks. Haulroad conditions affect productivity and as well as tire life. The design must have flexibility of accomadate a range of conditions.

BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte açık maden işletmeciliği gittikçe yaygınlaşmaktadır. Günümüzde, çalışma derinliği 600m. gibi büyük mesafelere ulaşmıştır. Büyük boyutlarda üretim yapabilmenin yanında, satış durumuna göre üretim miktarı ayarlanabilmektedir. Tüm bunlar açık maden işletmeciliğinin önemini vurgulamaktadır.

Açık işletmecilikte başlıca faaliyetler kazı yükleme ve nakliye. Bu işlemlerin hepsi bir biri ile uyum içinde olmalıdır. Faaliyetlerin herhangi birindeki aksama tüm çalışmaları etkileyecektir. Üretim, kazıp yükleme yaparak bitmemekte, iyi bir nakliye sisteminin kurulması gerekmektedir.

Açık işletmelerde nakliyat sistemi olarak, bant nakliyatı, demiryolu nakliyatı veya kamyon nakliyatı uygulanmaktadır. Bant nakliyatı, ilk yatırımı yüksek olduğu için kendini uzun vadede geri ödeyebilmektedir. Nakliyat tek yönlü olup, sistem sabit veya yarı sabittir. Demiryolu nakliyatı, sadece rayın döşeli olduğu yerde yapılabilir. Bu, sınırlayıcı faktördür. Ayrıca, meyil, % 2-3 den fazla olmamalıdır. Bu çalışmanın konusu kamyon nakliyatı ile ilgilidir. Dolayısı ile bundan sonraki bölümlerde sadece kamyon nakliyatı ele alınacaktır.

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte kamyon nakliyatı da yaygınlaşmıştır. Kamyonların taşıma kapasitelerindeki artış ekonomikliği de beraberinde getirmiştir. Bu araçlar, hızlı ve kolay bir şekilde manevra yapabilirler.

Kamyonların üzerinde hareket ettiği yolun ve yüzey özelliklerinin, nakliyata etkisi büyüktür. Örneđin, lastik sarfiyatlarını artırır, aksama zarar verir ve kamyonun ömrünü azaltır.

Bu çalışma, kamyonların fiziksel özellikleri ile yol parametrelerinin birbirleri ile uyumunu sağlayarak, maliyetlerin azaltılmasını hedeflemektedir. Nakliyat maliyetinin büyük bir kısmı lastik sarfiyatı olup, geri kalanı tamir, bakım ve parça değişimlerinden oluşmaktadır. Bu maliyetlerin azaltılabilmesi, taşınacak yükün büyüklüğüne ve kamyonların karakteristik özelliklerine uygun bir nakliyat yolunun tesis edilmesi ile mümkündür. Bu araştırmada, kamyonların ve yolun fiziksel özelliklerinin nakliyat maliyetine etkisi incelenmiştir. Kamyonların çeşitli eğimlerdeki randımanları ve değişik yol kaplamalarının özellikleri araştırılmıştır. Eğim azaltma çalışmaları sonucu elde edilen yeni eğimdeki yakıt sarfiyatları hesaplanmıştır.

Maliyet verilerinin ve haritaların gizli olmasından dolayı yol tasarımı yapılamamış ve hesaplanan yakıt sarfiyatlarının gerçek değerlerle kıyaslanması mümkün olmamıştır. Kamyonların eski olması nedeniyle fabrika verileri bulunamamış ve çeşitli kamyonların kullanılması hesapları zorlaştırmıştır.

BÖLÜM 2. İŞLETME HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1. Jeolojik Durum

Bölgede, 1969 yılında M.T.A tarafından jeolojik etüd ve sondajlar yapılarak, sahanın varlığı tespit edilmiştir. Havzadaki seriler, aşağıda sıralanmıştır:

- 1- Tersierden önceki substratum: Gnayslardan meydana gelmiştir.
- 2- Tersier: Yedi bölümde incelenmiştir.
 - a)- En alttaki Eosen yaşlı kum serisi
 - b)- Eosen ve alt Plioseni temsil eden kalker horizonu
 - c)- Pliosen yaşlı orta kum serisi
 - d)- Pliosen yaşlı linyit içeren marn serisi
 - e)- Pliosen yaşlı çakıl kum serisi
 - f)- Kuvaterner yaşlı alüvyonlar
 - g)- Kuvaterner yaşlı teras çakılları.

Örtü tabakasını sarı renkli ve biraz kumlu olan marnların oluşturduğu tespit edilmiştir. Linyit içeren marnlar yumuşak, tabakasız, mikalı orijinal halde mavi ve gri renkte olup oldukça kalındır.

Sahada linyit basenleri ve eşikleri gözlenmiştir. Kömür damarı paralik özellikte olup, ince ve çok geniş yayılımlar göstermektedir. Devamsız, düzensiz ve kısa mesafede bile şekli ve kalınlığı pek çok değişikliğe uğrayan mercekssel damarlar sahayı kaplamıştır.

Çoğu kez kömür damarları, yatay olarak temiz tabakalara geçmektedir. Yer yer basende çökmeler nedeni ile de damar, kendinden önce pek çok küçük damara ayrılmıştır.

2.2. Madenin Rezervi ve Kalınlığı

Sahada, M.T.A. tarafından sondajlardan 25 tanesi ruhsat sınırları içine rastlamıştır. Bu 25 adet sondajdan 19 adedi kömürü kesmiştir. 0.25m. işletme optimum kalınlık hesaba katıldığında 0.25m. ile 1.90m. arasında kalınlığı olan 1. nolu damarın rezervi görünür olarak 7.350.000 tondur. İşletme projesinde yalnız 4 nolu ocak için firmanın yaptığı 37 adet 819m. sondajın verilerine göre 95.000 ton işletilebilir ve 198.000 ton görünür olmak üzere 293.000 ton toplam rezerv verilmiştir.

Toplam istimlak alanı 318.000m^2 'dir. Bu sahadaki toplam görünür rezerv 500.000 ton olarak hesaplanmıştır.

Sahadaki örtü tabakası 8m. ile 15m. arasında değişmektedir. Ancak, 35m. derinliğe kadar alınan üretim sırasında ara dekapaj yapılmaktadır.

Bu hesaplamaların sonucunda, 1 ton kömürün üretimi için, yaklaşık 15 m^3 toprak hafriyatının yapılması gerekmektedir.

2.3. İşletme Sistemi

Kömür Üretiminin başladığı 1983 tarihinden itibaren, açık işletme metodu uygulanmaktadır. Öncelikle 0.20m. ile 9.50m. arasındaki bir kalınlığa sahip olan tarım toprağı kaldırılmakta ve daha sonra üst ana dekapaj $1,5\text{ m}^3$ kepçe hacmine sahip olan ters kepçe ekskavatörler ile 15 tonluk kamyonlara yüklenmektedir. Bu hafriyat ile

1 ile 2 km. uzaklıktaki toprak harmanına dökülmektedir. Daha sonra, dökülen bu toprak lastik tekerlekli makineler ile düzeltilmektedir.

Kömür ise zaman zaman 2 m³ kepçe hacmine sahip paletli yükleyici ile piyasa kamyonlarına yüklenmektedir.

Ara dekpaj ise, yine 1,5m³ kepçe hacmine sahip ters kepçe ekskavatörler ile yine 10-15 tonluk kamyonlara yüklenerek toprak harmanına nakledilmektedir.

2.4. İşletme Durumu

İşletme projesinde hedeflenen 36.000 ton/yıl üretimine ulaşamamıştır. Bunun en büyük nedeni düşük kalorili ve yüksek nem içeren turba tipi linyit kömürünün çevredeki kömürlerden daha düşük kaloriye sahip oluşu ve bu yörenin bu tip kömüre alışık olmayışdır. Bunun dışında doğalgazdan dolayı maden kömürüne olan talebin düşmesi ile yüksek kalorili kömüre katılan bu tip kömürün satışı da etkilenmiştir.

Bu seneki üretim 3 ve 4 nolu ocaktan 6.650.601 kg. olmuştur. Ayrıca 4.750.000 kg. da stoğa kömür çekilmiştir. Toplam üretim yukarıda satılan ve stoğa çekilen 11.400.061 kg.'lık kaybı ile birlikte 13.110.691. kg. olmuştur. Ocakta açık işletme metodu uygulanmış olup geçen seneden Yağcılı-Hacıumur köy yolu yanında bulunan ocak çukurunun 25.000 m² doldurularak tarıma elverişli hale getirilmiştir.

2.5. Üretim Durumu

1992 yılı üretim ve satış durumu aylar itibarı ile aşağıda verilmiştir.

TABLO: 2.1. Aylar İtibari ile 1992 Yılı Üretim ve Satış Durumu (Karaözbek ve Usta, 1992).

	Üretim (kg.)	Satış (kg.)
Ocak	1.616.778	1.405.894
Şubat	1.529.650	1.330.130
Mart	723.672	629.280
Nisan	154.819	134.625
Mayıs	20.827	18.110
Haziran	88.435	76.900
Temmuz	84.065	73.100
Ağustos	614.207	534.093
Eylül	247.710	215.400
Ekim	1.000.115	869.665
Kasım	870.992	757.384
Aralık	696.923	606.020
TOPLAM	7.648.193	6.650.601

Yukarıdaki üretim dışında tonu 125.850 TL.'ye mal olan 5.462.500 kg. kömür üretilerek 4.750.000 kg. net olarak stok sahasına çekilmiş ve 1993 yılına devretmiştir. 1992 yılındaki toplam üretim 13.110.693 kg. olmuştur.

2.6. Satış Durumu

Yaklaşık 13.111 ton olarak üretilen kömürün 6.651 tonu satılmış ve 4750 tonu da 1993 yılına devredilerek stoğa çekilmiştir. Senenin ilk dört ayında daha çok teslim giden kömürün alıcı çevre köylere dir. Yılbaşından itibaren düşük kalorili ve kül yüzdesi düşük kömürler ile çalışılan akışkan yataklı kazanlarla donatılmış fabrikanın kömür ihtiyacının bir kısmı yıl sonuna kadar karşılanmış tır. Bu tip sanayiye verilen kömürün ocak başı fiyatı 100.000 TL/ton olarak başlamış ve petrol fiyatlarındaki artış gözönüne alınarak sene içindeki kömürün ocak başı fiyatı ayarlanmıştır.

Gelecek yıl Edirne ve çevresindeki mensucat fabrikaları ile yağ fabrikalarına bu tip satışın 20.000 ton civarında olması beklenmektedir. İstanbul kömürünün kendi iline cevap vermemesi ve çevre bakanlığının kömürdeki kükürt oranının % 1'in altında olmasını şart koşması ile ocaktan üretilecek kömürün 7-8 bin tonunun İstanbul'a teslin kömürü olarak pazarlanmasına çalışılacaktır. Bunun dışında 5-6 bin ton kömürün de çevre köy ve ilçelere pazarlanması gerekmektedir.

2.7. Faaliyetler

Bu dönem enflasyonunun beklenen düzeyin altına düşmemesi nedeni ile ocaktan elde edilen satış gelirlerinden pay ayrılarak projede öngörülen yatırımlar yapılamamıştır. Daha önceki senelerde teşvik kapsamı içinde satın alınan makina ve teçhizat ile üretim ve hafriyat gerçekleştirilmiştir. Gerek mazot ve yağ fiyatlarındaki artışlar nedeni ile ve gerekse ücret ve yedek parça fiyatlarındaki artışlardan dolayı cari giderler yükselmiştir. Bunun yanında işçilik maliyetlerinde de artış olmuştur. Bu nedenlerden dolayı ton başına kömür maliyeti tahmin edilenin üzerine çıkmıştır. Buna ilaveten bir ton kömür karşılığında atılan toprak miktarı da geçen seneye nazaran % 10 civarında artmıştır. Kömürün kuzey istikametine doğru % 7 eğimle alınması, üç nolu ocak girişindeki bir fay ile kesilmiştir. Bu nedenle belirli bir kömürsüz alanda, nakliye yollarının tutulması için hafriyat yapılması gerekmiştir.

Gelecek yıl, iyimser bir tahminle, bir ton kömür üretimi maliyetinin 130.000 ₺. olacağı kabul edilmiştir. Ocağın sürekliliğinin korunması için, yaklaşık % 20'lik bir kârla 156.000 ₺/ton satış fiyatı ile 1993 yılında da işletmeye devam edilecektir.

BÖLÜM 3. AÇIK MADEN İŞLETMECİLİĞİNE GİRİŞ

3.1. Madenciliğin Ekonomideki Yeri

Son yıllarda yapılan araştırmalara göre iki binli senelerin başlarında dünya nüfusu yaklaşık olarak iki katına çıkacaktır. Dolayısı ile başta enerji hammadde-leri olmak üzere çeşitli hammaddelere ve inşaat sektörün-de kullanılan temel maddelere olan talep artacaktır. Hammaddelerin maden yataklarından elde edilmesi ve zengin-leştirilmesi ise madenciliğin görevidir.

3.2. Açık Maden İşletmeciliğinin Tanımı

Maden işletmeciliği, yer kabuğunda bulunan maden ya-tağından mineral hammaddesinin gevşetilerek kazılması, yüklenmesi, nakledilmesi ve depolanması demektir. Açık işletmecilikte ise maden yatağının üzerindeki faydalı olmayan örtü tabakası kaldırılır. Bu işleme dekapaj adı verilir. Bazı ocaklarda ise dekapaja gerek olmayabilir.

3.3. Açık Maden İşletmeciliğinin Önemi ve Üstün Yönleri

Teknolojinin son yıllarda kaydettiği büyük ilerle-meler her sektörü olduğu gibi açık maden işletmeciliğini de etkilemiştir. Neticede, açık maden işletmeciliği, evvelden sadece yeraltı işletmeciliği içinöngörülen de-rinliklere ulaşmayı başarmıştır. Günümüzde dünyanın çe-şitli bölgelerinde 600m. derinliğe kadar inebilen açık işletmeler bulunmaktadır. Yeraltı madenciliğinde sınır-lı olmasına karşın, açık işletmecilikte istenildiği kadar kapasite artırımına ve mekanizasyona gidilebilir.

Bununla birlikte yeraltı maden işletmeciliğinde % 50'ye varan kayıplar söz konusu iken açık işletmecilikte bu kayıplar % 5-10 kadardır.

Randımanların yüksek, maliyetlerin düşük olması açık işletmeciliği önemli kılmaktadır. Bu iki faktörün en önemli nedenleri ise büyük kapasiteli makinelerin kullanılabilmesi, nakil araçlarının işyeri şartlarına kolaylıkla uyum sağlayabilmesi ve elektrik enerjisinden sınırsız yararlanılabilesidir.



BÖLÜM 4. AÇIK MADEN İŞLETMELERİNDE KAMYON TAŞIMACILIĞI

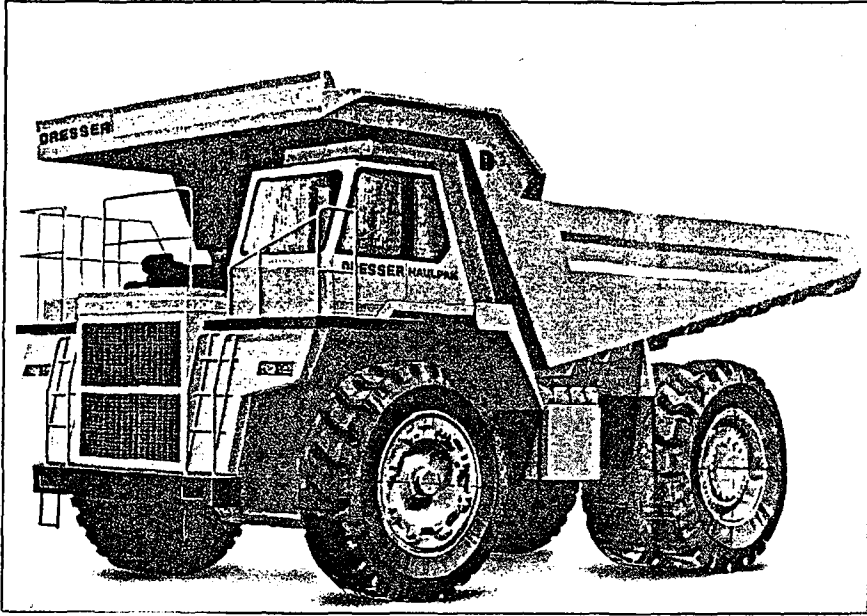
4.1. Genel Tanım

Kamyon, arazinin topoğrafik şartlarına kolaylıkla uyum sağlayabilen bir taşıma aracıdır. Bu tür taşımacılığın önemli bir üstünlüğü, bir veya iki kamyonun arızalanarak devre dışı kalması halinde ekskavatörün yükleme faaliyetlerinin durmaması ve ayrıca sistemin şartlara kolaylıkla uyabilme esnekliğinin bulunmasıdır.

4.2. Kamyonların Endüstriyel Gelişimi

Ekskavatörlerin kepçe hacimlerinin büyümesi, büyük kapasiteli kamyonların yapımını gündeme getirmiştir. Kamyon kapasitelerindeki bu gelişmeler ekonomikliği de beraberinde getirmiştir. Behar metreküp kasa hacmi için yatırım daha azdır. Ayrıca şoför ve personel masrafı da daha azdır. Teknolojideki ilerlemeler sayesinde kamyonların manevra sahaları küçültülebilmektedir. Bu durum kamyonlara daha büyük hareket serbestliği kazandırmakla beraber, onların manevra sürelerini azaltmaktadır. Sonuçta, üretim kapasitesinin önemli ölçüde artacağı unutulmamalıdır.

Arkadaki Şekil 4.1'de görülen yeni model kamyon, eğimlerde yüksek performans gösterecek ve operatörün uyum ve rahatı açısından yüksek bir standart sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.



ŞEKİL: 4.1. Haulpak 330M Kamyon Tipinin Model Görünüşü. (Horton, 1991).

4.3. Kamyon Taşımacılığının Özellikleri

Lastik tekerlekli bu araçlarla nakliyat, dönüş ve manevra hareketleri kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Günümüzde kamyonların kapasiteleri 350 tona kadar yükselmiş bulunmaktadır.

Bütün bu avantajlara karşın kamyon ağırlığı arttıkça yol yüzeylerinin daha büyük basınca mukavemetli olması, virajların daha geniş tutulması gerekir. Bu yüzden kullanılabilecek en ağır kamyon arazi şartlarına göre sınırlıdır, veya nakliyat yolu kamyonların özelliklerine göre tesis edilmelidir.

Açık işletmelerde kullanılan kamyonlar yüklerini boşaltma durumuna göre aşağıdaki sınıflara ayrılır.

- 1- Arkadan boşaltmalı veya damperli kamyon
- 2- Yandan boşaltmalı kamyon
- 3- Alttan boşaltmalı kamyon.

Açık işletmelerde çoğunlukla damperli kamyon tipleri kullanılır. Bunlar toplam yükün % 70-80 kadarı arka akslar üzerindedir. Ön tekerlekleri de tahrik edilen damperli kamyonlar çamurlu zeminlerde de çalışabilirler.

4.4. Kamyon Nakliyat Süresinin Hesaplanması

Hesaplama genellikle aşağıdaki şekilde yapılır.

TABLO: 4.1. Kamyon Nakliyat Süreleri Hesap Formu

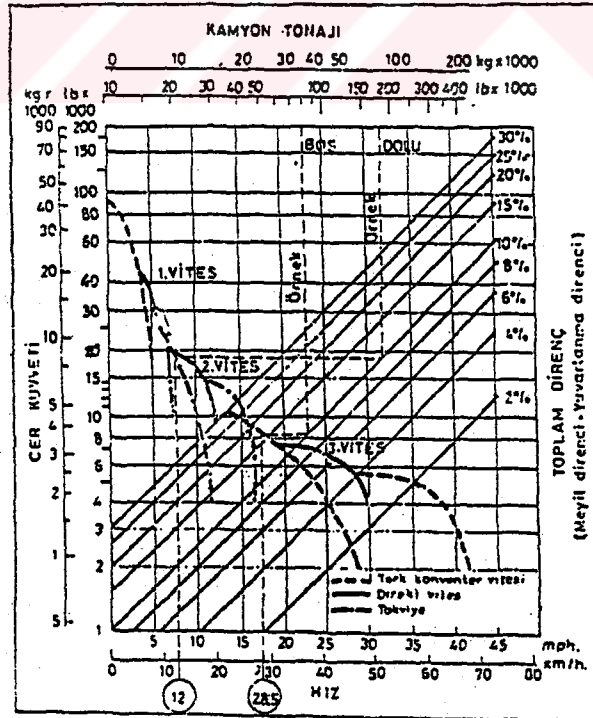
Eleman	Zaman(Dakika)
Manevra	
Yükleme	
Manevra	
Dolu gidiş	
Kısım 1	
Kısım 2	
!	
!	
Kısım N	
Manevra	
Boşaltma	
Manevra	
Boş dönüş	
Kısım 1	
Kısım 2	
!	
!	
!	
Kısım N	
Muhtelif gecikmeler	
Toplam	

Her nakliyat parçasının zaman koşullarını saptamak için diğer form kullanılır.

TABLO: 4.2. Hesap Formu

Kısım No	Eğim %	Uzaklık Km	Dolu		Boş	
			Hız Km/h	Zaman Dk.	Hız Km/h	Zaman Dk.
1						
2						
1						
1						
1						
N						

Her nakliyat parçası için hız ve zaman tahminleri, yapımcı firmadan elde edilen hız-meyil karakteristiği kullanarak saptanabilir. Bu karakteristikler her kamyon için farklıdır. Hız-meyil karakteristiği, söz konusu kamyonun hangi tonajla, hangi eğimde, hangi hızla hareket edebileceğini gösteren bir performans grafiğidir.



ŞEKİL: 4.2. 50 Tonluk Kamyonun Hız-Meyil Karakteristiği (Saltoğlu, 1992).

Yukarıda örnek olarak verilen hız-meyil karakteristiği, her kamyon için farklıdır. Dolayısı ile, kullanılan her farklı tipteki kamyon için bu karakteristikler yapımcı firmalardan temin edilmelidir. Kamyonun çeşitli eğimlerde dolu ve boş olarak hızları ve bu hızlara ait vitesleri görülmektedir.



BÖLÜM 5. KAMYON VE NAKLİYAT YOLU EKONOMİSİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

5.1. Giriş

Öncelikle, maliyete etki eden faktörlerin incelenmesi gerekir. Bir çok madende, taşınan malzemenin ton başına maliyetini esas alan kâr-zarar ölçümleri kullanılır. Bu ölçümler, ton başına kamyonla taşıma ücretinin iki bileşenini esas alır; randıman ve işletme maliyeti.

Özel durumlar için randıman ölçülebilir veya ya saha ölçümleri yada modelleme kullanarak tahmin edilebilir. Uzun dönemde, toplam maden üretiminin tam olarak hesabı için ayrı ayrı işler birleştirilebilir. Gerçek maliyeti yakalamak zordur. Zaman ve iş faktörleri kamyonun ömrünü etkileyen faktörlerden de etkilenebilir.

5.2. Ana Faktörler

Kamyonlar ve nakliyat yolu birbirleri ile ilişkilidir. Bunlar, maliyeti ve randımanı etkileyen faktörlerin izole edilebilmesi için ayrı ayrı incelenmelidir. Ekonomik denklemin önemli bir kısmı maden tasarımıyla etkisindedir. Maden tasarımı eğim, trafik düzeni, virajlar gibi yol parametrelerini tayin eder.

Bazı eğimlerin tasarımı cevher kütlesine ulaşılmasını etkiler. Daha fazla pasa atılmasını gerektirebilir. Ayrıca artık/cevher oranlarını da etkileyebilir. Bazı hallerde ise, kamyon randımanı/maliyet oranı maden tasarımıyla etkileyebilir. Daha başka hallerde ise, maden

tasarımının gereksinimleri nakliyat yolunun inşa edilmesini etkileyebilir.

5.3. Metodoloji

Caterpillar'ın wehsim adlı bir programı bulunmaktadır. Bu program ile teorik modelleme yapılabilir. Teorik modelleme sayesinde en önemli faktörler kesin olarak belirlenebilmekte, düşünülen hedefler için uygun senaryolar oluşturulabilmektedir. Arazi uygulamaları, eğer tüm şartlar doğru olarak belirlenirse, wehsim adlı programın kamyon randımanını doğru bir şekilde modelleyebileceğini göstermiştir.

Kamyon beygirgücü ve ağırlık gibi temel kriterler, eğim ve yuvarlanma direnci ile birlikte değerlendirilir. Böylece kamyonun nakliyat hızı ve zamanı tespit edilir.

Bu program aynı zamanda hareketli ve hareketsiz araçları da dikkate almaktadır.

5.4. Nakliyat Yolu

Nakliyat yolu yüzeyinin, uzun süreli randıman ve maliyet üzerinde doğrudan etkisi olabilir. Pürüzlük ve yuvarlanma direnci iki önemli parametredir. Günümüzdeki nakliyat kamyonları, daha fazla yükü daha hızlı taşımaktadır. Yoldaki çukur ve tümsekler tekerleklerle, süspansiyona ve diğer aksamlara yük gelmesine neden olur. Bu darbe ve vuruntular kamyonun ağırlığı ile de orantılıdır. Bu kuvvetlerin büyüklüğü, kamyonun hızı arttıkça artar. Bu durum lastik masraflarını arttırır.

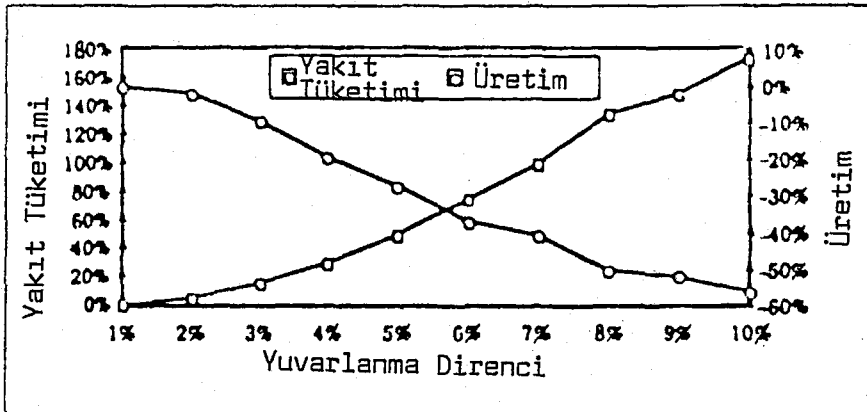
5.5. Yuvarlanma Direnci

Yuvarlanma direnci, kamyonda aşınma ve yurtilmalara sebep olur, aracın seriliğini düşürür ve yakıt gibi diğer maliyetlerin artmasına sebep olur. Yüksek yuvarlanma direnci üretim ve maliyet açısından sorundur. Yuvarlanma direnci kamyonun hızını azaltmakta, üretimi düşürüp, yakıt tüketimini artırmaktadır. Bu ilişki Şekil 5.1'de görülmektedir.

Yapılan testlerde karşılaşılan lastik arızaları istatistik olarak aşağıda verilmiştir:

Kesilme % 45, vuruntu % 29, ayrılma % 11, yıpranma % 7, diğerleri % 8.

Nakliyat yolunun amacı, malzemelerin belli bir yerden başka bir yere mümkün olan en düşük maliyetle ve en kısa zamanda nakledilmesine yardımcı olmaktır. Tasarımcıların çoğu pek önemsemezler fakat kamyonun seriliği diğer faktörlere göre maliyet açısından daha önemlidir. Yetersiz yol tasarımı ve virajlar, kamyonun tur zamanının artmasına neden olur ve nakliyat masrafları günde binlerce dolar artar.



ŞEKİL: 5.1. 3050m. Düz Yolda Yuvarlanma Direnci ve Randıman İlişkisi (Monroe, 1992).

Virajların tasarımı hız, eğim, yuvarlanma direnci, yarıçap, yükseklik gözönüne alınır. Kamyonun muhtemel azami hız, karşılaşılan toplam dirençlere göre belirlenir. Büyük çaplı virajlar, daha yüksek ve güvenli hızlara ulaşılmasına ve trafik sıkışıklığının azalmasına olanak sağlar.

Viraj yarıçapı aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\text{Yarıçap (m)} = \frac{(\text{Hız(km/h)})^2}{127 \times (\text{Kasisler} + \text{Sürtünme})} \quad (5.1)$$

TABLO: 5.1. Yol Yüzeyi Tipi İle Yuvarlanma Direnci ve Sürtünme Katsayısı Arasındaki İlişki (Saltoğlu, 1992).

Yol Yüzeyi Tipi	Yuvarlanma Direnci %	Sürtünme Katsayısı
Beton, Asfalt	2	0.80-1.00
Stabilize(Tekerlek gömülüyor)	2	0.50-0.70
Az sıkıştırılmış (Tekerlek az gömülüyor)	3	0.50-0.70
Sıkıştırılmamış(Tekerlek 5 cm. gömülüyor)	5	0.40-0.50
Yumuşak(Tekerlek 10 cm. gömülüyor)	8	0.40-0.50
Gevşek (kum + çakıl)	10	0.20-0.30

5.6. Eğim

Eğim, kamyon randımanını etkileyen faktörlerden biridir. En iyi eğimin seçimi için, yolun geometrisi ve kamyonun eğim üzerindeki performansı incelenmelidir. Mühendisler daha hızlı gitmek, gidilecek yere daha çabuk varmak ve mesafeleri kısaltmak için yoğun çaba harcamaktadırlar.

5.7. Zaman

Kamyonun tur zamanı, onun performansını gösterir. Tur zamanı, etkili olan bütün faktörleri kapsamaktadır. Bununla birlikte tur zamanı, üretimin doğrudan göstergesidir. Zaman, ayrıca, yakıt tüketimini de doğrudan gösteren bir faktördür.

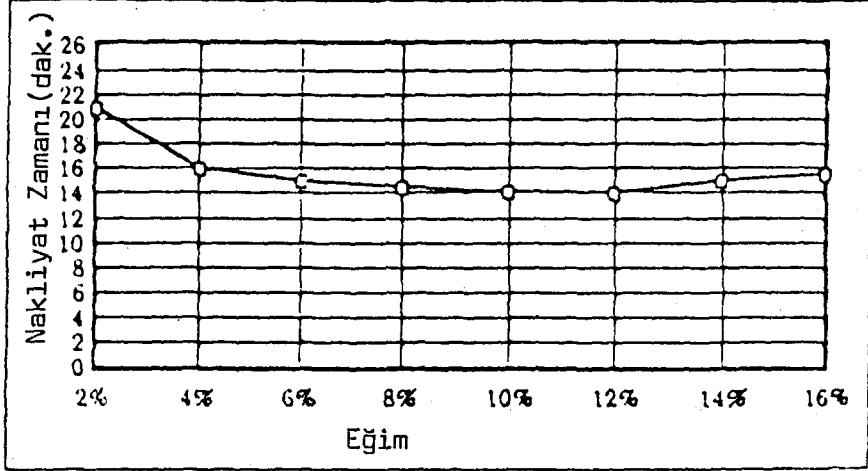
5.8. Mesafe

Mesafenin kısalığı zamandan tasarruf sağlar. Kestirme yol çok önemlidir. Bir madende üç boyutlu çalışmak gerekir. Yatay düzlemdeki randıman parametreleri, düşey durumdakinden farklıdır.

5.9. Meyil Yukarı Zaman

Uzaklık, kamyon randımanı, aracın ağırlığı, meyil ve yuvarlanma direnci, bir kamyonun meyili ne kadar zamanda tırmanacağını tayin eder. Kamyon motorları sabit güç altında beygir güçlerine göre sınıflandırılmıştır. Kamyonlar kolay şartlarda daha hızlı, zor şartlarda ise daha yavaş hareket ederler.

Yüksek eğimli yolun uzunluğu, düşük eğimli yolun uzunluğundan kısadır. Bir kamyon düşük eğimde daha hızlı hareket etmesine rağmen, uzun mesafelerde nakliyat süresinin daha uzun olduğu, yapılan araştırmalarda ortaya çıkmıştır. Bunun nedeni, eğim arttıkça, eğimli yolun uzunluğundaki kısalmanın, hızdaki azalmadan fazla olmasıdır. Optimal eğimin yaklaşık olarak % 12 olduğu, Şekil 5.2'de görülmektedir.



ŞEKİL: 5.2. Kamyon 789 Modelin Eğim Yukarı Randımanları (Mesafe 305 m., Yuvarlanma Direnci % 1) (Monroe, 1992).

5.10. Meyil Aşağı Zaman

Bazı maden işletmeleri, kamyonların meyil yukarı dolu randımanlarını esas alıp, meyil aşağı boş haldeki randımanlarını dikkate almazlar. Kamyonlar meyil yukarı daha uzun zamanda çıkar. Kamyon turunun yukarı çıkış kısmı bir kez optimize edilirse, aşağı inişte daha fazla kazanç sağlanır. En iyi sonuç ise her iki hareket tarzının kombinasyonu ile elde edilir.

5.11. Frenleme Kapasitesi

Aracın frenleme kapasitesini etkileyen faktörler üç ana grupta toplanmıştır:

- 1- Gerekli fren kuvveti: Kamyonun ağırlığı, eğim etkisi, yuvarlanma direnci.
- 2- Enerji atma kapasitesi: Uzaklık, fren kapasitesi (Sıcaklık vs.)
- 3- Net randıman: Vites seçimi, hız.

Gerekli fren kuvvetleri meyil yukarı gidişte de aynı şekilde incelenir. Eğim kamyonun hızını arttırırken yuvarlanma direnci hızı azaltır.

Frenleme sistemleri, kamyonu yavaşlatmak veya meyil aşağı hızını korumak için gerekli olan mekanik enerjinin yutulması esasına dayanır. Bu mekanik enerji ısıya dönüşür ve bir soğutucu vasıtası ile atmosfere verilir.

Bir kamyonun enerji atma kapasitesi çeşitli faktörlere bağlıdır. En dikkate değer olanları: mesafe, çevre sıcaklığı, yükseklik ve kamyonun fiziksel yapısıdır. Mesafe, randımanı, sıcaklık ve yükseklik ise ısı atma kapasitesini etkiler. Isı atma kapasitesi, yükseklik azaldıkça eşdeğer ısıyı çevreye verir.

Bazı hallerde kamyonun fiziksel yapısı, performansı artırmak için değiştirilebilir. Bu işlem, kamyon yapımcılarının alanına girer.

Sonuç olarak, bu anlatılanların ışığında bir model oluşturmak mümkündür. Ancak oluşturulacak model optimal bir modeldir. Fakat madende gerçek değerler biraz farklı olabilir. Küçük bölgelerde eğim, optimal değere oldukça yakın bulunabilir, kamyon ağırlığı da % 5 hata ile bulunabilir.

Nakliyat yolunun durumu, lastiğin ömrü kadar verimliliği de etkiler. Tasarım şartlara uyabilmeli, esnek olmalıdır.

BÖLÜM 6. NAKLİYAT YOLU KAPLAMASI

6.1. Genel

Nakliyat yollarının yapımında kullanılan çeşitli inşaat malzemeleri vardır. Bunların en pratik, en emniyetli, çalışma açısından en verimli olanları aşağıda verilmiştir:

Sıkıştırılmış beton, asfaltik beton, kırılmış taş veya çakıl ve stabilize zemin. Her malzemenin avantaj ve dezavantajları aşağıdaki paragraflarda belirtilmiş ve ayrıca Tablo 6.1'de özetlenmiştir.

6.2. Sıkıştırılmış Beton

Hazırlanmış olan beton karışımı, yol yapılacak yere dökülerek bir dozer veya greyder ile, hep aynı kalınlıkta olacak şekilde yayılır. Yayma işlemi bittikten sonra titreşimli silindir ile sıkıştırılır. Yol yüzeyi uygulamalarında tek kat halindeki döküm 60 cm.'ye kadar olabilirken, kat kat uygulamalarda her bir katın kalınlığı 30 cm.'yi geçmemelidir. Klasik betona kıyasla, sıkıştırılmış betonun maliyeti % 40-60 daha düşük olup tesis edilmesi kolaydır.

Amerikan beton enstitüsüne göre, sıkıştırılmış betonu katlar halinde uygulamak gerekir. Günümüzdeki saha uygulamaları tabaka kalınlığının 20-30 cm. olması gerektiğini göstermiştir. Betonun düşme hızı yüksektir. Betonun sıkıştırılması, titreşimli silindir vasıtası ile yapılır. Silindirin genişliği 1,5 m. olup saatte 3.25 km. hız ile hareket eder.

Sıkıştırılmış beton uygun şekilde düzlendiğinde sert, sıkı, dayanıklı, pürüzsüzlüğünü uzun süre koruyan, yuvarlanma direnci düşük yüzey sağlar.

Sıkıştırılmış betondan yapılan ve üzerinden büyük yükler geçecek olan nakliyat yollarının minimum kalınlığını tespit etmek için, herhangi bir prosedür bulunmamaktadır. Deneme amacı ile çeşitli kalınlıklarda yapılan ve iki yıl boyunca incelenen sıkıştırılmış beton kaplama, bir yaklaşım olarak ele alınabilir. Test yapmak için inşa edilen kaplamanın boyu 400m. , genişliği 25m. ve kalınlığı 0.6m.'dir. Kalınlık keyfi olarak seçilmiş ve yol uzunluğunun % 60 kadarı, eldeki bir dozer vasıtası ile yayılmıştır. Beton yayıldıktan sonra bir vibratör ile sıkıştırılmış ve bir silindir ile yüzey pürüzsüz hale getirilmiştir. Beton karışımı, 1,5 inç (3.81 cm.) nin altına kırılmış ve ağırlıkça % 8 çimento içeren agregadan oluşmuştur. Kalınlığı 0.6 m. olan kaplamanın 1 mil(1605m) için tahmini maliyeti yaklaşık olarak 1 milyon dolardır.

6.3. Asfaltik Beton

Asfaltik beton, sıkıştırılmış beton gibi yüksek adezyon katsayısı gösterir ve toz problemini en aza indirir. Ayrıca bu malzemenin kararlılık karakteristiği, pürüzsüz bir nakliyat yüzeyi sağlar. Yama yaparak düzeltmek çok kolay olduğu için, kamyonların hareketine engel olan çukur ve lastik izlerinin oluşmasından, fazla endişelenmemek gerekir.

Asfaltik beton, yol bakım maliyetlerini azaltmakla birlikte, nakil vasıtalarının daha yüksek hızlarda güvenle seyretmelerini sağlamaktadır. Dolayısı ile üretim artmaktadır. Bu yüzden asfaltik beton, son yıllarda daha fazla kullanılmaya başlanmıştır.

Bu bileşimin mevsime bağlı bir dezavantajı, kar veya donma durumlarında ortaya çıkar. Yolun yüzeyi kaygan hale gelir ve düzeltilinceye kadar aynı şekilde kalır. Bu durum, iş güvenliği için ciddi bir şekilde tehdit oluşturur.

Tanecikli yapıdaki klasik nakliyat yolları ile bitümlü nakliyat yollarının kıyaslanması:

- Bitümlü yollarda beş yılda bir yüzeyin yenilenmesi gerekirden, tanecikli yapıdaki yolların yüzeyi altı ayda bir yenilenmelidir.

- Araçların tanecikli yapıya sahip yol üzerindeki yakıt tüketimi, bitümlü yoldaki sarfiyata göre % 50 daha fazladır.

- Bitümlü yollarda lastiklerin ömrü, tanecikli yapıya sahip yollara göre iki mislidir.

- Bitümlü yollarda araçlar daha az yıpranırlar.

Yukarıdaki varsayımlara dayanarak tahmin edilebilir ki, bitümlü yolların ilk yatırımı yaklaşık olarak % 70 daha fazla olmasına karşın uzun vadede daha ekonomik olmaktadır. Yazarın tahminine göre, bitümlü yolların uzun vadedeki maliyeti, tanecikli yapıdaki yolun eşdeğer maliyetinin % 84'ü kadardır. Bu tahmin yapılırken, 100 adet kamyonun 20 yıllık periyod boyunca işletme maliyetleri gözönüne alınmıştır. Beş yılda bir yenilendiği için, bitümlü yolların bakım masrafları % 6 daha fazladır.

Tahmini tasarruf miktarı yaklaşık olarak 40 milyon dolardır.

Sonuç olarak;

- Yüğü daha az olan anayollar için uygulanan prosedür kullanılarak, tasarım ve inşaat yapılabilir.
- Yuvarlanma direnci ve tozlanma düşüktür.
- Yakıt, lastik ve bakım masrafları düşüktür.

İlk yatırım maliyeti yüksek olduğu için, sağlayacağı faydalar iyice değerlendirilmelidir. Burada, nakliyat yolunun uzunluğu ve ömrü, saptayıcı faktördür. Yolun ömrü kısa ise, asfaltik betona karar vermek zor olabilir. Öte yandan, nakliyat yolunun boyu uzun ise ve yıllarca hizmet vermesi bekleniyorsa asfaltik beton uygundur.

6.4. Sıkıştırılmış Çakıl ve Kırılmış Taş

Bazı maden sahalarında, verimli ve güvenli bir nakliyat yolunu, daha düşük bir maliyetle ve hızlı bir şekilde inşa etmek için tercih edilen bir sistemdir.

İnşa edildiğinde ve iyi bakıldığında, her iki malzeme de, düşük yuvarlanma direnci ve iyi çekiş gösteren sağlam bir yol meydana getirirler. Donmaya ve kötü hava şartlarına maruz kalan yollar, % 10 dan daha fazla ince malzeme içermemelidir. Aksi halde yağmur yağdığında veya karlar erdiğinde çamurlu, kaygan durumlar ortaya çıkar. Sıcak ve kuru havaya maruz kalan yollarda, toz problemi- nin mümkün olduğunca azaltılması için, en azından % 5 ince malzeme içermelidir. Tanecikli yüzey bereketli topraktan, köklerden, bitkilerden, donmuş parçalardan uygun olmayan diğer malzemelerden uzak olmalıdır. Tanecikli malzemeler temiz, sağlam ve dayanıklı olmalıdır. Çakıl kullanıldığında, 3/8 inç (0.95 cm.) den daha büyük boyuta kırılmış olan malzeme % 30 oranında veya daha fazla

olmalıdır. Tanecikli yüzey malzemesi, sıkıştırma öncesi kalınlığı 200 mm. 'yi geçmeyen tabakalar halinde yerleştirilmelidir. Her tabakanın nem içeriği aynı olmalı, parça kopmalarına sebebiyet vermeden yayılmalı ve en azından 15 ton ağırlığında olan titreşimli bir silindir ile sıkıştırılmalıdır.

Çakıl ve kırılmış taşın yerine kullanılabilen diğer uygun malzemeler, ince atılmış taş, curuf, kül, volkanik kül, fabrika artıkları ve ufalanmış granit veya şeyl içermelidir. Tavsiye edilenden daha fazla ince madde içeren malzemelerin, yol bakım masraflarını artırabileceği gözönünde tutulmalıdır. Buna ilaveten, volkanik kül, kötü hava şartlarından etkilenebilir ve bu durumda bentonik oluşabilir. Bentonik, yağmurlu havalarda kaygan durumların oluşmasına sebebiyet verebilir.

6.5. Stabilize Zemin

Stabilize zemin, doğal yapısı özel yöntem ve katkı maddeleri ile değiştirilmiş topraktır. Nakliyat yolunun genel şartları çerçevesinde, toprak mukavemetinin ve yük taşıma kapasitesinin, bağlayıcı çimentolama maddeleri ile artırılması demektir. Burada sözü geçen çimentolama maddeleri: Portland çimentosu, asfalt, uçucu kül, kalsiyum klorid, ligno-sülfatlar ve su ile karıştırılmış ki-reğtir.

Böyle bir uygulama, bu maddelerin yüzey malzemesi olarak kullanılmalarına izin verecek kadar, toprağı ıslah etmez. Fakat tabaka altı, alt tabaka veya esas tabaka malzemeleri kullanıldığı zaman, yüzey sathı altındaki yol dolgusu azalacaktır.

TABLO: 6.1. Çeşitli Yol Kaplama Malzemelerinin Avantaj ve Dezavantajları (Wade, 1989).

Malzeme	Avantajlar	Dezavantajlar
Asfaltik Beton	- Yüksek adezyon katsayısı - En az toz problemi - Pürüzsüz, sağlam yüzey - Düşük yuvarlanma direnci - Düşük bakım maliyetleri - Yüksek araç hızı - Düşük deformasyon	- Buzlanma kolaylığı - İnşaat maliyetlerinin yüksekliği - İnşaatın uzmanlık gerektirmesi
Sıkıştırılmış Çakıl ve Kırılmış Taş	- Pürüzsüz, sağlam yüzey - Nispeten düşük inşaat maliyetleri - Düşük deformasyon - İnşaatın kolaylığı - Düşük yuvarlanma direnci	- Periyodik bakım gerektirmesi - Malzemenin kırma ve elemekten geçirilmesi - Kuru havada toz problemi - Aşınmalar - Donma olasılığı
Stabilize Zemin	- Kalınlığının azaltılabilmesi - Tabaka altının sağlamlaştırılması	- Yüzey sathı olarak uygun değil
Sıkıştırılmış Beton	- Yüksek adezyon katsayısı - Çok düşük yuvarlanma direnci - En az toz problemi - Pürüzsüz, dayanıklı yüzey - Çok düşük bakım maliyetleri - Yüksek araç hızı - Çok az deformasyon	- Yüksek inşaat maliyeti

6.6. Yol İnşaatı ve Bakım Maliyetleri

Nakliyat yollarının inşaat ve bakım masrafları, ekipmanların işletmeye olan maliyetleri kadar önemli olup, madenciler tarafından dikkate alınmalıdır. Çeşitli madenlerden elde edilen bilgiler aşağıda verilmiştir. (Tablo 6.2).

TABLO: 6.2. İstatistiksel Yol Maliyet Verileri (Wade,1989).

Maliyet Türü	Maliyet Aralığı
Yol inşaatı (milyon dolar/ km)	0.1-1.0
Nakliyat maliyeti (% ,toplam maliyete göre)	3-67
Yol bakımı (% , nakliyat maliyetine göre)	3-25
Lastik sarfiyatı (% , nakliyat maliyetine göre)	11
Lastik sarfiyatı (dolar/çalışma saati)	1.33
Yakıt tüketimi (dolar/çalışma saati)	10-19
Yağ maliyeti (dolar/çalışma saati)	0.53-3.00
İşçilik maliyeti (operatör, dolar/saat)	20-27
İşçilik maliyeti (Araç bakımı, dolar/saat)	30

BÖLÜM 7. EKİPMANLAR VE KORUYUCU BAKIM

7.1. Lastik Tekerlekler

Ağır iş makineleri kullanılan yerlerde lastik sarfiyatı, tüm maliyetin içinde en büyük paya sahiptir. Bir iş makinesi lastiğinin görevi, ağır yükleri istenilen yere yüksek bir hızla nakletmektir. Lastikteki kesilmeler ve aşınmalar, aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Yük durumu
- Aracın hızı
- Nakliyat yolunun uzunluğu
- Çalışmanın sürekliliği
- Çevre sıcaklığı
- Enflasyon baskısı
- Yol şartları
- Çevre
- Sürüş tecrübesi

Lastiğe gelen yük, lastiğin ömrünü etkileyen önemli bir faktördür. Aşırı yükleme % 10'dan küçük ise, lastiğin ömrünü etkilemez. Aşırı yükleme % 20 olduğunda, lastiğin ömrü yaklaşık % 30 azalacaktır. Aşırı yükleme % 40 olduğunda ise, lastiğin ömrü % 60 azalacaktır.

7.2. Ekipman Değişiklikleri

Üretilmemiş bir maden şantiyesinde, kamyon filosu, toprak atma çalışması için teçhiz edilir. Filonun çeşitli üniteleri verimi artırmak için değiştirilebilir. Bazı önemli değişiklikler, zemin şartlarından dolayı zorunlu hale gelebilir.

7.2.1. Çekme Kuvveti

Aracın, boşaltma sahası gibi yumuşak bir yüzey üzerindeki hareket kabiliyetini artırmak için, tekerleklere gelen tork, bir an için % 40-% 45 arasında artırılmalıdır. Yüksek tork (dönme momenti) gereken yerlerde hızın düşük tutulması gerekir.

7.2.2. Diğer Ekipmanlar

Bu ekipmanlar aşağıda örnek olarak verilmiştir:

- Hidrolik silindirler
- Akslar
- Boşaltma kasası
- Fren sistemi

7.3. Koruyucu Bakım

Bakım programında en önemli husus, koruyucu bakımdır. Bakım için bir program yapılmalı ve yapılan bakım hizmetleri kaydedilmelidir. Nakil araçlarının yağ, elektrik ve mekanik bakımları 250 saatte bir yapılmalıdır. Motor yağı değişimi 250 saat ara ile yapılırken, hidrolik yağı, 500 saatte bir değiştirilir. Direksiyon sistemi (ön takımlar, dişli kutusu vs.) ise 1000 saat arayla kontrol edilir.

Bütün haldeki bir bakım programı, yaklaşık olarak 20.000 saatlik bir süreyi kapsamalıdır. Buna ilaveten, dingil kutusu, motor, akü, ön ve arka süspansiyonlar gibi ana parçalar bakım programına dahil edilmelidir. Böyle bir bakım programı, çekiş gücünün ve ana motor ömrünün uzun süreli olmasını sağlar.

Açık maden işletmesi koşulları ve taşınan büyük yükler, nakil vasıtalarının ömürlerini kısaltır. Bu yüzden, maliyetleri en aza indirmek için, yeniden yapılanma programı tesis edilmelidir.

Çeşitli tipteki kamyonların servis ve bakım maliyetleri Tablo 7.1'de görülmektedir.

TABLO: 7.1. Çeşitli Kamyon Tiplerinin Servis ve Bakım Maliyetleri (Wade, 1989).

Yapımcı	Model	Bakım Maliyeti (\$/h)		Yakıt ve Yağ Maliyeti(\$/h)
		İşçilik	Parça	
Caterpillar	769	9.00	11.00	7.50
Euclid	R85	19.50	21.50	15.00
Terex	34-11C	15.50	42.00	16.50
Terex	34-15C	28.00	56.00	30.00
Caterpillar	772	13.50	11.50	12.00

BÖLÜM 8. KAMYON RANDIMANLARININ İNCELENMESİ

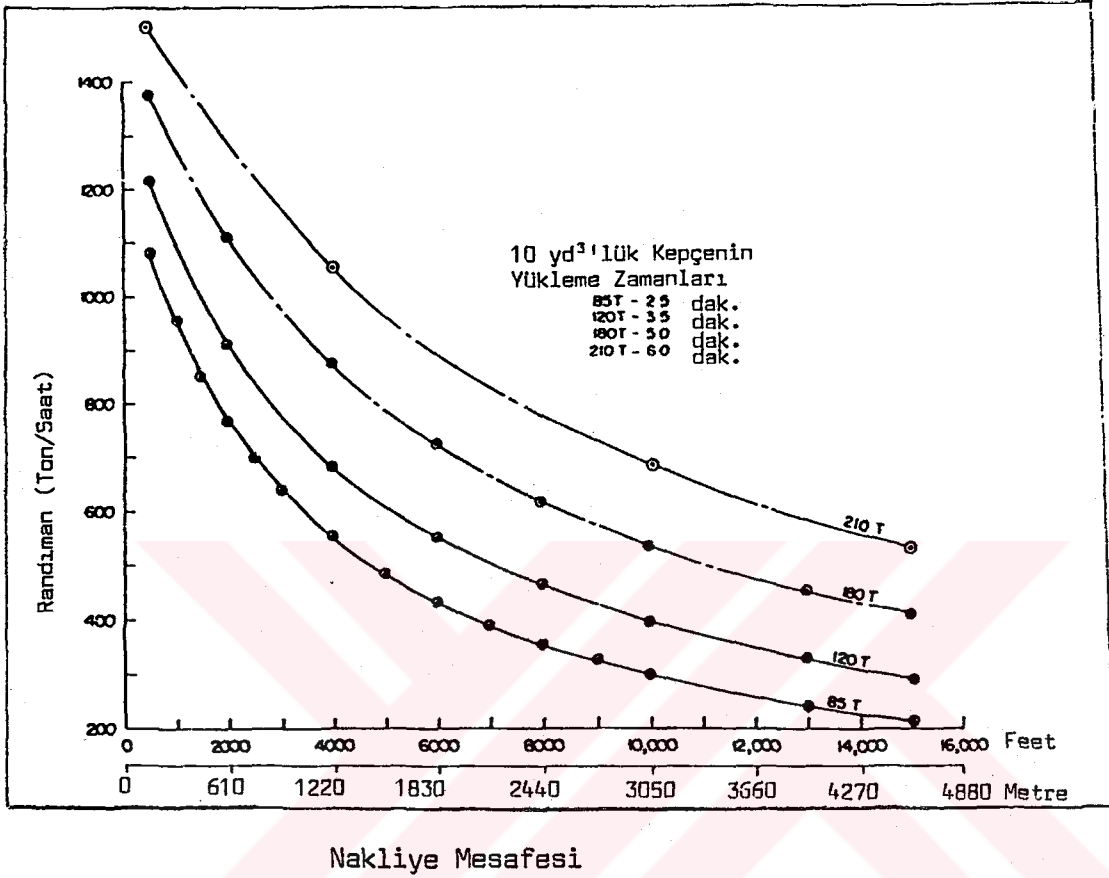
Kamyonların ayrı ayrı verimlilikleri, kamyon sayısından, yolun uzunluğundan, nakliyat süresinden, doldurma ve boşaltma sistemlerinden etkilenir.

Kamyonların verimliliği, yolun uzunluğu veya nakliyat süresi arttıkça düşer. Eğer nakliyat eğim yukarı ise, randıman ve yol uzunluğu ilişkisi yine aynı olacaktır. Bununla birlikte kamyon randımanı, yolun uzunluğu arttıkça daha hızlı bir şekilde azalacaktır.

Kamyon randımanı, nakliyat tur süresi ile doğrudan ilişkilidir. Tur zamanı ise, nakliyat yolunun uzunluğu ile eğimin bir fonksiyonudur.

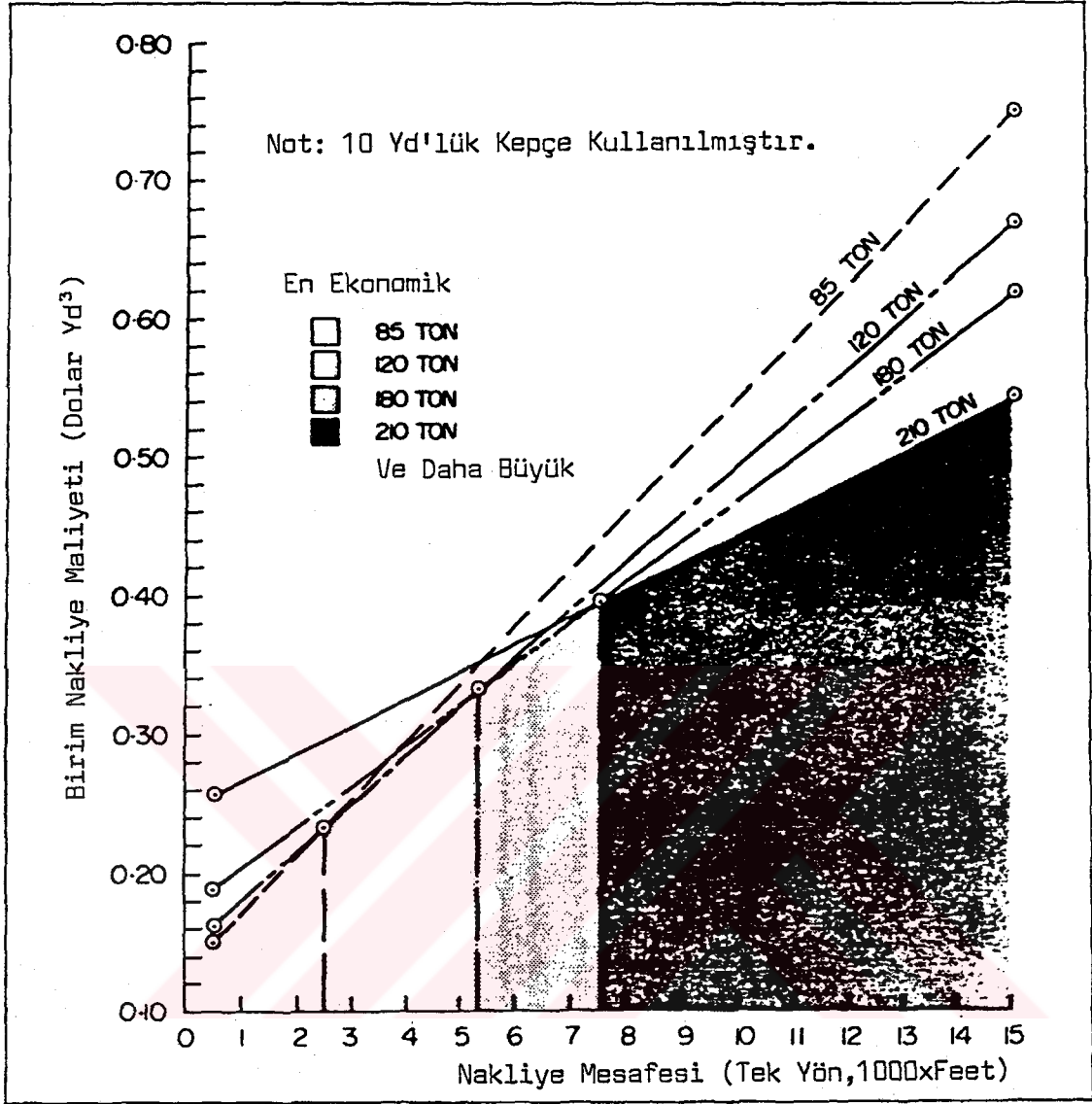
Çeşitli boyutlardaki kamyonların, düz yol üzerinde saatte 20 millik (30 km) bir hızla hareket ederken randımanları incelenmiştir. 85, 120, 180 ve 210 tonluk kamyonların, artan düz mesafeye karşı randıman eğilimleri Şekil 8.1'de görülmektedir.

Nakil araçlarının boyutları randıman üzerinde etkilidir. Uzun mesafelerde büyük boyutlu kamyonlar daha ekonomik iken, kısa mesafelerde küçük boyutlu kamyonlar daha ekonomiktir. Şekil 8.2'ye bakıldığında, 85 tonluk kamyonun 1/2 mil (800 m.) mesafeye kadar en ekonomik nakil aracı olduğu görülmektedir. Eğer nakliyat meyil yukarı olsaydı, eğrilerin kesişme yeri, tur zamanı düz yoldaki tur zamanına eşit olan daha kısa bir mesafede olacaktı.



ŞEKİL: 8.1. Kamyon Randımanı-Mesafe İlişkisi
(Düz yol, 1000 feet = 305 m.)
(Bucyrus-Erie Company, 1979).

Şekil 8.2'de 85,120,180 ve 210 tonluk kamyonlar örnek olarak alınmıştır. 85 tonluk kamyonu 1 değerini ve sırası ile diğer kamyonlara da 1.5, 2.0 ve 2.5 değerlerini kapasite karşılığı olarak atanmış varsayalım. Tekrar Şekil 8.2'ye bakıldığında, atama değeri 1.5(120 ton) olan kamyonun 800m.'ye kadar en ekonomik olduğu görülür. Bununla birlikte, 1-1.5 mil(1600-2400m.) arasında 2.0 (180 ton) ve 1.5 mil veya daha uzun mesafede 2.5 (210 ton) en ekonomik olan kamyonlardır.



ŞEKİL: 8.2. Nakliyat Maliyeti-Nakil Mesafesi İlişkisi
(Sadece gidiş, hız: 30 km/h)
(Bucyrus-Erie company, 1979).

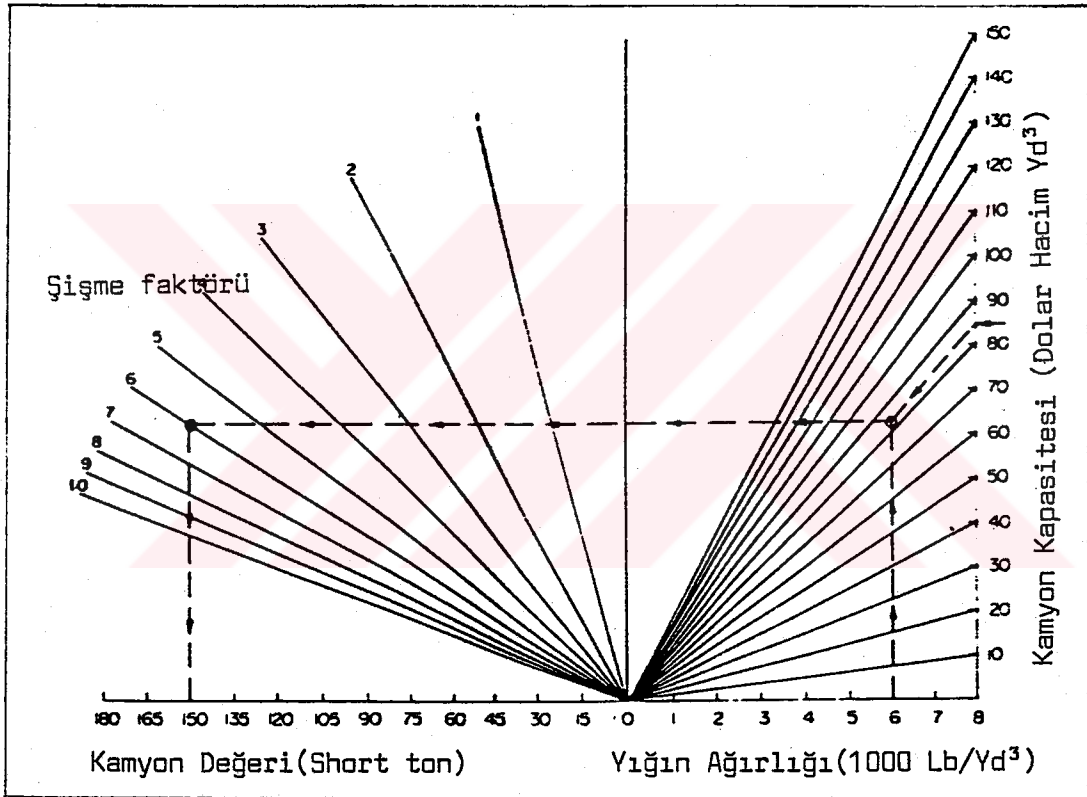
Tüm bu eğrilerin çizimi için, 10 yarda küplük (7.65m³) kepçe hacmine sahip ekskavatör kullanılmıştır.

Gerekli kamyon boyutunu tam olarak tespit etmek için, atanan kamyon değerlerinin short ton olarak hesaplanması gerekir. Bunun için, malzemenin yerindeki yoğunluğu ve şişme faktörü bilinmelidir. Kamyon değerinin hesabı için aşağıdaki formül kullanılır:

$$\text{Kamyon Değeri (ton)} = \frac{\text{Gevşek Hacim} \times \frac{\text{Ağırlık(1b)}}{\text{Yığın Hacmi}} \times \text{Şişme Faktörü}}{2000} \quad (8.1)$$

Formüldeki hacimler yarda küp olarak alınmıştır. Yığın halindeki malzemenin ağırlığı ise libre (1b=453.592) olarak alınmıştır.

Bununla birlikte, kamyon kapasitesini kamyon değerine çevirmek için Şekil 8.3'den faydalanılabilir.



ŞEKİL: 8.3. Kamyon Kapasitesinin Kamyon Değerine Dönüştürülmesi. (Bucyrus-Erie Company, 1979).

Nakliyat kamyonlarının verimliliğine, çok çeşitli değişkenler etki etmektedir. Kamyon randımanı için önemli olan başlıca faktörler Tablo 8.1'de verilmiştir.

TABLO: 8.1. Kamyon Verimlilik Faktörleri
(Bucyrus-Erie Company, 1979).

-
- 1- Kepçe ve kamyonun kapasiteleri
 - 2- Delme ve patlatma sonuçları
 - 3- Nakliyat yolunun uzunluğu
 - 4- Yolun toplam eğimi
 - 5- Yolun yuvarlanma direnci
 - 6- Kamyon filosunun en düşük hızı
 - 7- Sürücünün yeteneği ve tutumu
 - 8- iklim
 - 9- Yol durumu
 - 10- Yol bakımı
 - 11- Kamyon tamir ve bakımı
 - 12- Kamyonun yaşı
 - 13- Denetim
-

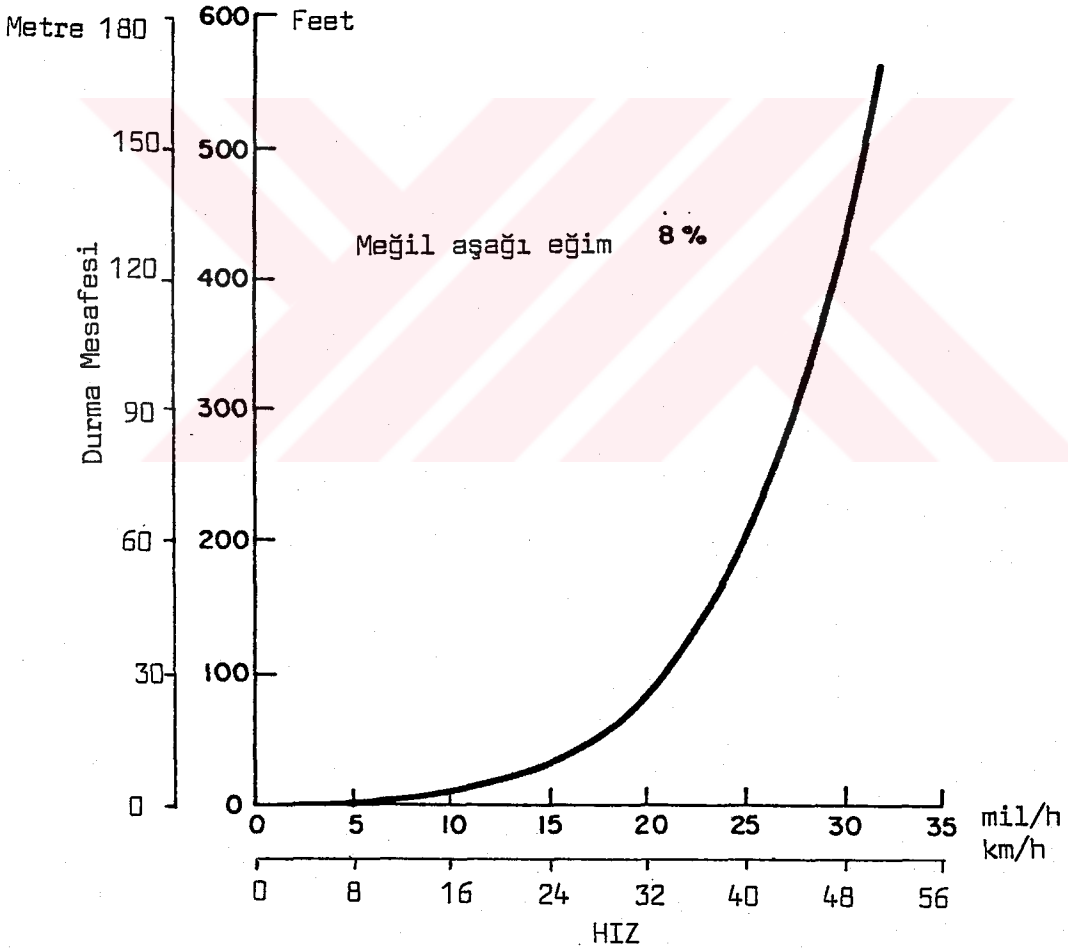
Kamyon randımanlarını incelerken, unutulmaması gereken bir husus da, kamyonun fren kapasitesidir. Etkin fren kuvveti üretebilen bir kamyon, hem daha güvenli seyredecektir hem de manevraları daha çabuk gerçekleştirecektir. Kamyonların fren kapasitelerini etkileyen faktörler çok çeşitlidir. Önemli bazı faktörler Tablo 8.2'de verilmiştir.

TABLO: 8.2. Kamyonların Fren Kapasitelerini Etkileyen
Ana Faktörler (Bucyrus-Erie Company, 1979).

-
- 1- Frenlere gelen enerji değeri
 - 2- Balataların durumu
 - 3- Frenleme yüzeyleri arasındaki kayma oranı
 - 4- Kullanılan kaplamanın cinsi
 - 5- Uygulanan basınç değeri
 - 6- Kompresör governor ayarlarındaki farklılıktan kaynaklanan, uygulama basıncındaki değişiklikler
 - 7- Frenleme yüzeylerinin sıcaklığı
-

Önceleri, özellikle meyil aşağı yönde çeşitli kamyon kazaları yaşanmıştır. Bu kazalar, kamyonlarda kullanılan dinamik fren sistemlerinin kontrolden geçirilmesini zorunlu kılmıştır.

Yapılan denemelerde, dolu haldeki kamyonların, % 8 eğim üzerindeki frenleme kapasiteleri incelenmiştir. Bu incelemelerde kamyon, çeşitli hızlarda sadece fren kullanarak durdurulmuştur. Her test sonrası, fren mesafesi ölçülmüş ve frenler kontrol edilmiştir. Araç durduktan sonra, arka disk frenlerin sıcaklık tahmini mümkün olduğunca yapılmıştır. Çoğu durumda, testten sonra frenlerin soğuması için, yeterince zaman ayrılmıştır. Bununla birlikte, bazen de, frenlerdeki zayıflamayı ve durma mesafesine etkisini gözlemek amacıyla, test hemen tekrarlanmıştır. Durma mesafeleri hızın bir fonksiyonu olarak Şekil 8.4'de görülmektedir.

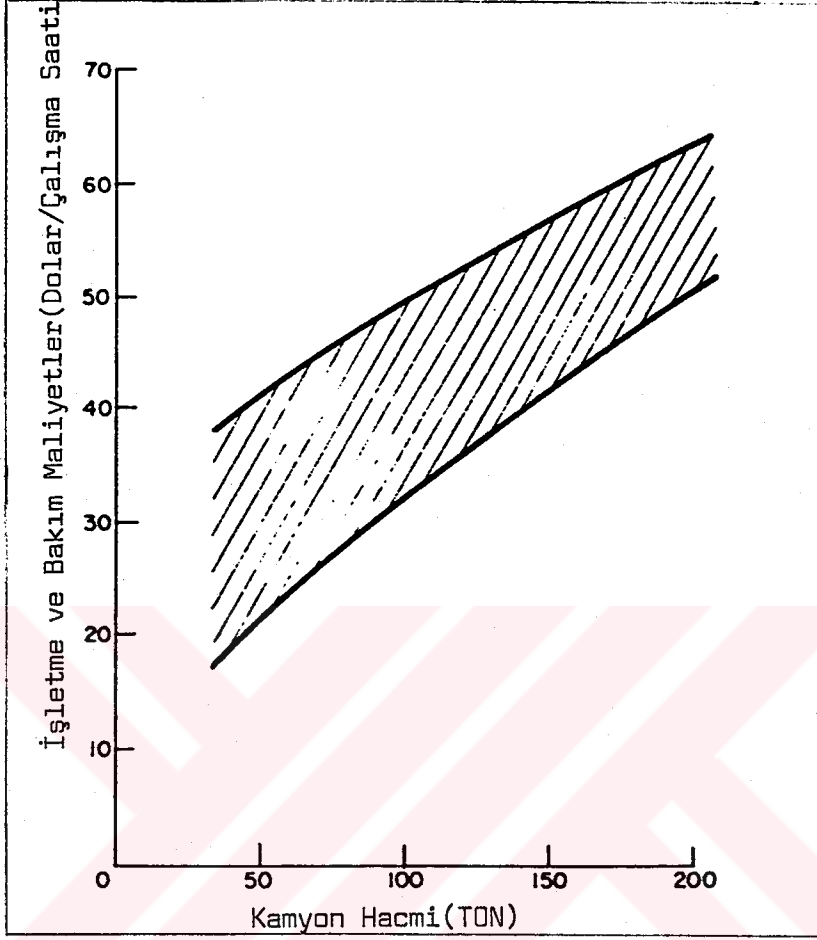


ŞEKİL: 8.4. Durma Mesafesi - Hız İlişkisi
(Bucyrus-Erie Company, 1979).

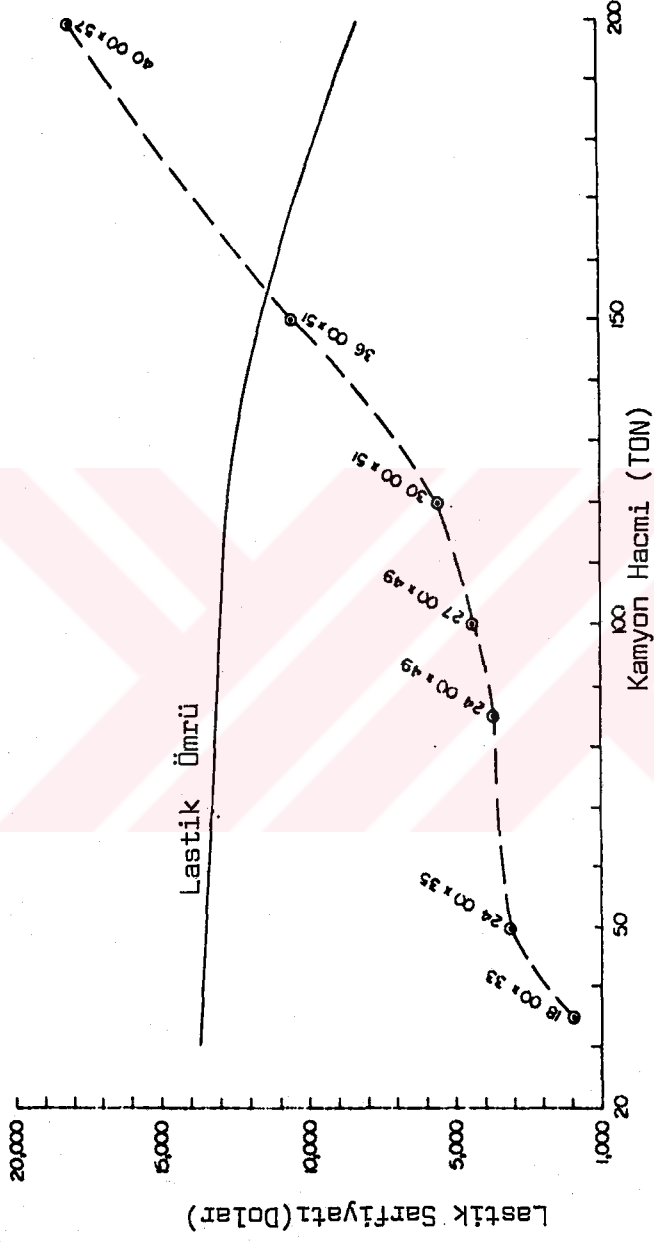
Kamyonların maliyet analizleri hakkında fikir sahibi olmak için, çeşitli madenlerden elde edilen veriler yardımı ile oluşturulan grafikleri, incelemek gerekir. Demir, bakır ve asbestos madenlerinde çalışan kamyonların işletme ve bakım maliyetleri Şekil 8.5'de görülmektedir. Şekil 8.5'de görülen maliyet analizi, tipik bir analiz çalışması olarak irdelenebilir.

Lastik sarfiyatı da, toplam maliyet içinde oldukça büyük bir yer tutmaktadır. Ayrıca, kamyonun boyutu ile de doğrudan ilişkilidir. Kamyonun boyutunun artması, kasa hacminin ve dolayısı ile taşıyabileceği yük miktarının artması demektir. Ağır yük altındaki lastiklerde aşınma ve yıpranmalar daha fazladır. Kamyon hacmine karşı lastik sarfiyatı Şekil 8.6'da görülmektedir.

Sonuç olarak, işletme maliyetinin bir parçası olan lastik sarfiyatları büyük önem taşımaktadır. Bu durum, lastik ömrünün mümkün olduğunca uzatılmasını zorunlu kılmaktadır.



ŞEKİL: 8.5. Bazı Demir, Bakır ve Asbestos Maden-
lerindeki Kamyonların İşletme Ve
Bakım Maliyetleri.
(Bucyrus-Erie Company, 1979).



ŞEKİL: 8.6. Lastik Sarfiyatı-Kamyon Hacmi İlişkisi
(Bucyrus-Erie Company, 1979).

BÖLÜM 9. UZUN MESAFELİ KAMYON NAKLİYATININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

9.1. Genel

Kamyon endüstrisi son yıllarda yoğun değişimler geçirmiştir. Mineral malzemelerinin kamyonla nakliyatı, sınıflandırılmış sistemden, büyük hacimli malzemelerin taşınmasına doğru değişmiştir. Bu da, taşıyıcıların azalması ve rekabetin artması demektir. Taşıyıcılar, şimdi kendi tarifelerini kendileri saptamaktadırlar.

9.2. Maliyet Eğrilerinin Hesabı

Hesap yönteminde nakliyat, sadece gidiş olarak ele alınmıştır. Eğriler, 20 ile 200 km. arasındaki nakliyat mesafeleri için geçerlidir. Bu eğriler vasıtası ile tahmin edilen maliyetler, nakledilen tüm malzemenin maliyetini bulmak için, toplam tonaj ile çarpılmalıdır.

Esas alınan eğri, % 3 veya daha az eğimli devlet yollarındaki nakliyatı kapsar ve metrik ton olarak, her bir mineral malzemesinin taşıma maliyetlerini saptar.

Testler esnasında, mineral malzemelerinin taşınmasını sağlamak için, 23 tonluk damperli kamyonlar kullanılmıştır.

Eğim % 3 veya daha az olduğunda (temel eğri):

$$Y_T = 0.227 \times (X)^{0.715} \quad (9.1)$$

formülü ile hesaplanır. Y_T dolar cinsinden maliyeti, X ise km. cinsinden mesafeyi temsil eder.

Eğim % 3'den büyük ve % 6'dan küçük olduğunda, aşağıdaki formül ile hesaplama yapılır.

$$Y_T = 0.180 \times (X)^{0.909} \quad (9.2)$$

Eğim % 6 veya daha fazla olduğunda ise aşağıdaki formül kullanılır.

$$Y_T = 0.179 \times (X)^{0.963} \quad (9.3)$$

9.3. Yaklaşım Faktörleri

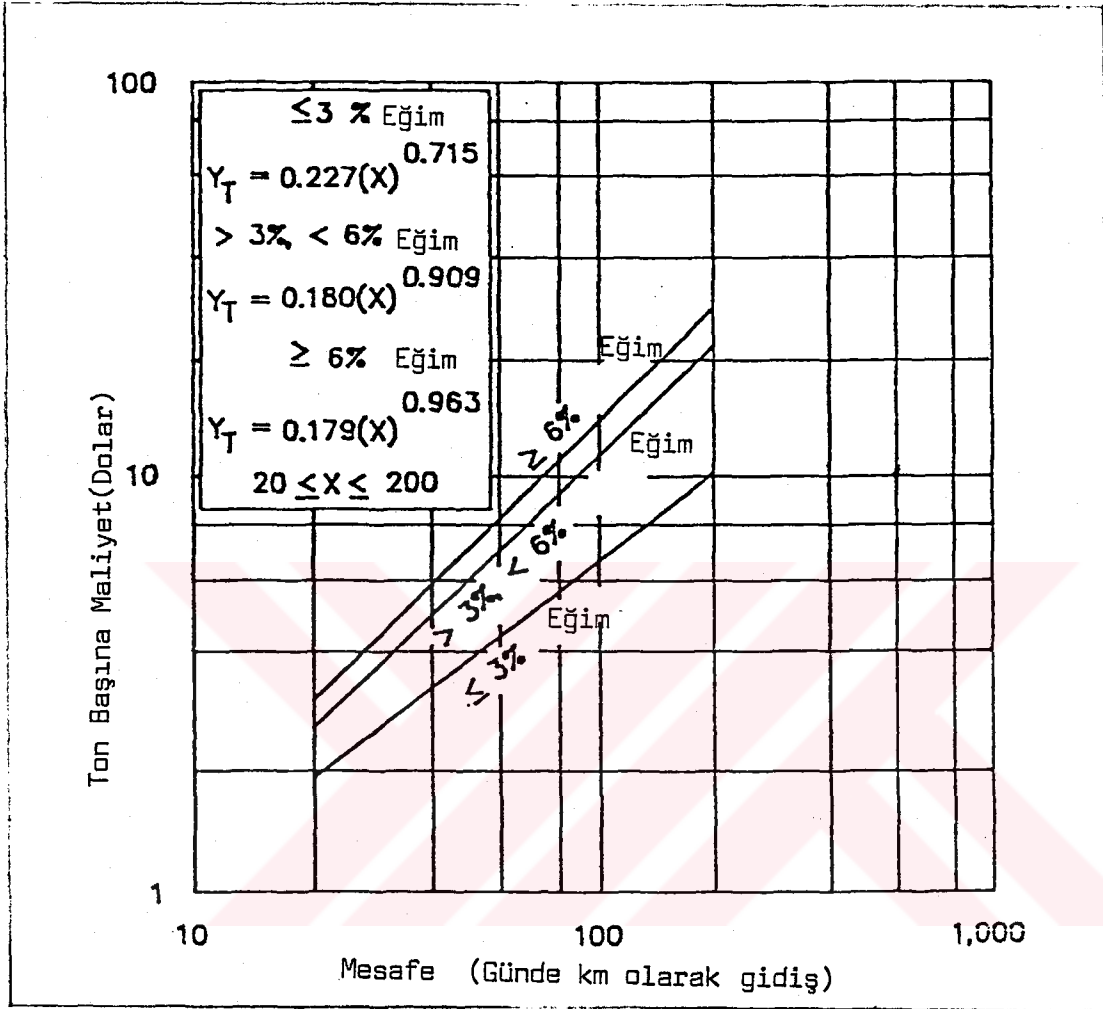
9.3.1. Uzun Vadeli Sözleşme

Uzun vadeli nakliyat sözleşmeleri kullanılıyorsa, tonajla çarpılarak elde edilen nihai değerlerde % 10 ile % 20 arasında bir azaltma yapılabilir.

9.3.2. Tonaj

Eğer, 23 mt (metrik ton) dan daha büyük veya daha küçük taşıma kapasiteli kamyonlar kullanılırsa, metrik ton başına maliyet, buna uygun olarak değiştirilmelidir.

Yapılan çalışmaların neticesinde üç adet eğri oluşturulmuştur. Bu eğriler Şekil 9.1'de görülmektedir.



ŞEKİL: 9.1. Uzun Mesafe Kamyon Nakliyatı
(Bureau of mines).

BÖLÜM 10. SAHA ÇALIŞMALARI

10.1. Kamyonların Karakteristik Özellikleri

10.1.1. Giriş

İşletmede, dört çeşit olmak üzere yedi adet kamyon kullanılmaktadır. Bunların iki adedi M.A.N., üç adedi AS 900 olup diğer ikisi İveco ve Mack kamyonlarıdır. Mack kamyonu oldukça eski olduğundan fabrika yetkilileri yardımcı olamayacaklarını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, diğer üç çeşit kamyonun fabrika yetkilileri ile yapılan görüşmelerde, alıcılar için hazırlanan teknik bilgilerin verilebileceği, çeşitli eğimlerdeki arazilerde yapılan test sonuçlarının verilemeyeceği bildirilmiştir.

Kamyonlar hakkındaki teknik bilgiler aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.

10.1.2. AS 900 Kamyonlarının Teknik Verileri

Terazi tipi üç dingilli kısa şasili olup, azami yüklü ağırlığı 24.500 kg. dir. Taşıyabileceği en fazla yük ise, 18.000 kg. dir. Yakıt deposunun kapasitesi 178 litredir. Diferansiyel oranı; normal: 5.57, takviyeli: 7.60'dır.

Vites Oranları:

1. Vites : 7.36
2. Vites : 4.73

3. Vites : 2.79

4. Vites : 1.66

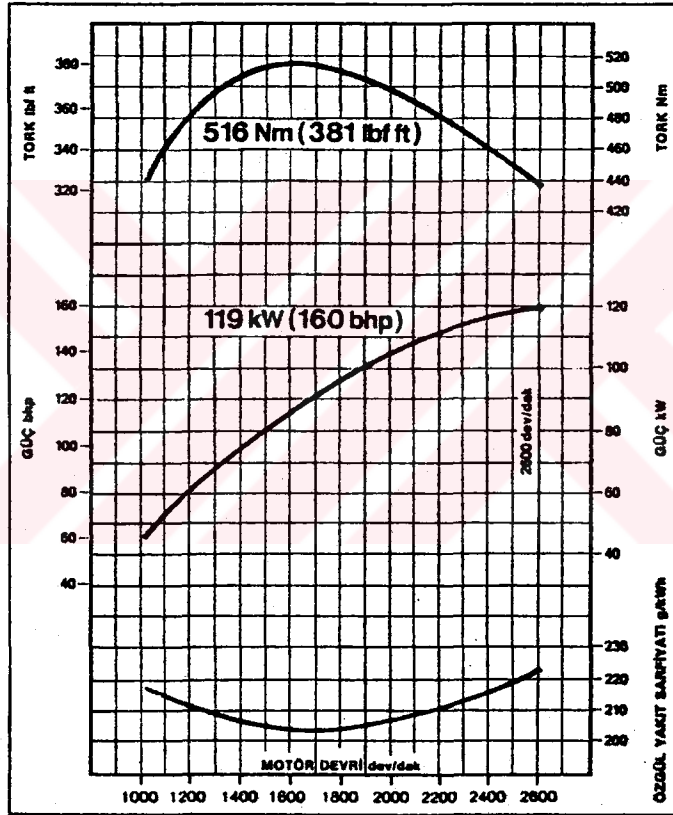
5. Vites : 1.00

Geri Vites : 7.36

Lastik Çapı: 104 cm.(dıştan dışa) jant çapı: 20 inç(51cm)

Güç: 160 B.G. - 2600 d/d

AS 900 kamyon tipinin, fabrikadan elde edilen karakteristik eğrisi Şekil 10.1'de görülmektedir.



ŞEKİL: 10.1. AS 900 Kamyon Modelinin Karakteristik Eğrileri (Chrysler Kamyon Kataloğu)



ŞEKİL: 10.2. AS 900 Kamyonun Önden Görünüşü

10.1.3. İveco 330 Kamyonlarının Teknik Verileri

Altı silindirli, dört zamanlı olup, motoru turboşarjlıdır. Azami yüklü ağırlığı 26.000 kg. ve taşıyabileceği en fazla yük ise 17.000 kg. dır. Diferansiyel oranı 4.82 dir. Vites Oranları.

Rampa Vitesi : 12.56

1. Vites : 8.32

2. Vites : 6.18

3. Vites : 4.54

4. Vites : 3.38

5. Vites : 2.86

6. Vites : 2.46

7. Vites : 2.12

8. Vites : 1.83

9. Vites : 1.56

10.Vites : 1.34

11.Vites : 1.16

12. Vites : 1.00

Geri 1. Vites : 13.13

Geri 2. Vites : 3.89

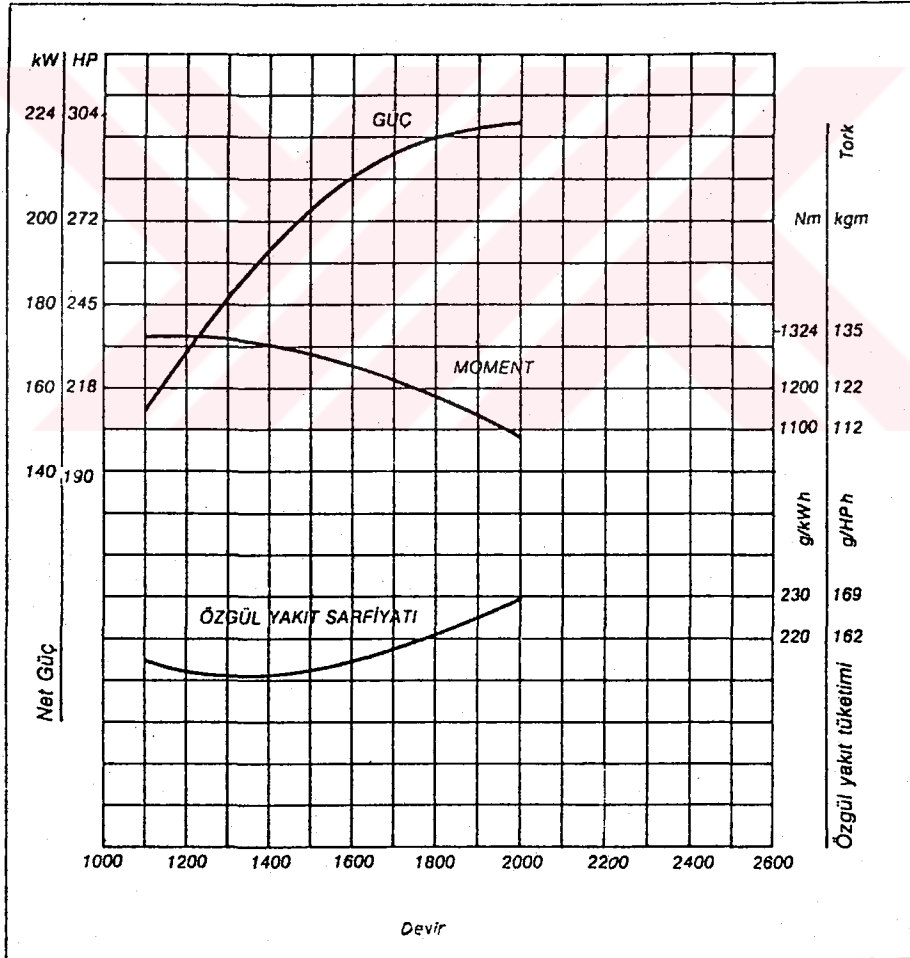
Lastik çapı : 104 cm. (dıştan dışa)

Jant çapı : 20 inç (51 cm.)

Güç : 304 B.G.

Yakıt deposunun kapasitesi 335 litredir.

İveco 330 kamyonlarının karakteristik eğrileri Şekil 10.3'de görülmektedir.



ŞEKİL: 10.3. İveco 330 Kamyon Madelinin Karakteristik Eğrileri (Fiat Kamyon Kataloğu)



ŞEKİL: 10.4. İveco 330 Kamyon Modelinin Önden Görünüşü

10.1.4. M.A.N. Kamyonlarının Teknik Verileri

Motoru turbo şarjlı, 4 zamanlı, 6 silindirlidir. Şanzıman, takviyeli, 16 ileri ve 2 geri hız kademelidir. Azami yüklü ağırlığı 25.500 kg. ve taşıyabileceği en fazla yük ise 17.500 kg.'dır. Yakıt deposunun kapasitesi 300 litredir.

Jant çapı : 20 inç (51 cm.)

Lastik çapı: 104 cm.(dıştan dışa)

Güç : 305 B.G.-22.00 d/d

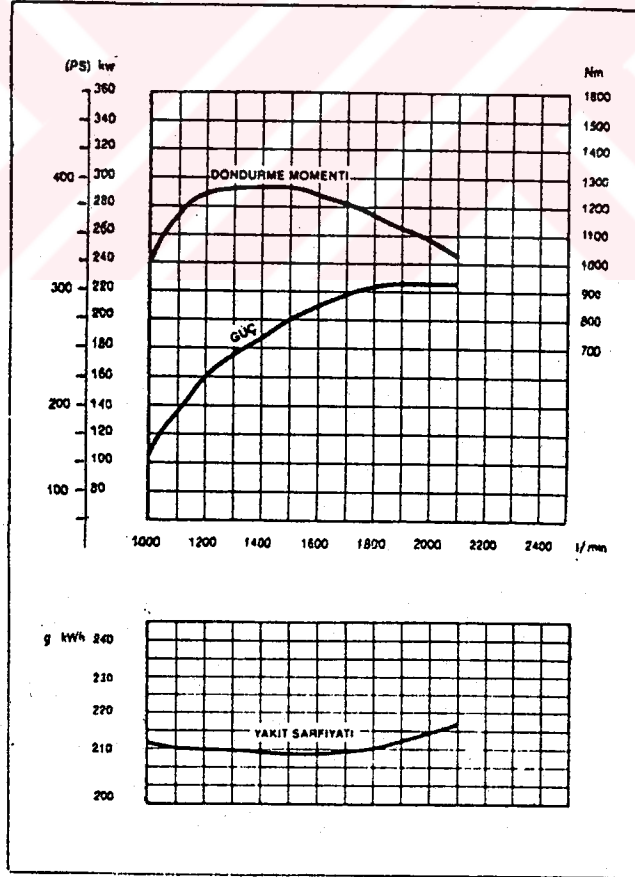
Aracın vites oranları ve viteslerdeki hızları Tablo 10.1'de görülmektedir.

TABLO: 10.1. M.A.N. Kamyonunun Vites Oranları ve Çeşitli Viteslerdeki Hızları (M.A.N. Kamyon Kataloğu)

VİTES KUTUSU POZİSYONLARI	1. Vites	2. Vites	3. Vites	4. Vites	5. Vites	6. Vites	7. Vites	8. Vites	Gerl Vites
HIZLAR (km/h)	Yavaş	6.24	8.98	12.65	19.47	28.60	41.13	57.96	89.25
	Hızlı	7.62	10.96	15.43	23.73	34.86	50.13	70.83	108.00
HIZ ORANLARI	Yavaş	14.29	9.93	7.05	4.58	3.12	2.17	1.54	1.00
	Hızlı	11.71	8.14	5.78	3.76	2.56	1.78	1.26	0.82

Diferansiyel oranı: 5.26'dır.

M.A.N. Kamyonlarının karakteristik eğrileri Şekil 10.5 de görülmektedir.



ŞEKİL: 10.5. M.A.N. Kamyonunun Karakteristik Eğrileri (M.A.N Kamyon Kataloğu)



ŞEKİL: 10.6. M.A.N. Kamyonun Yandan Görünüşü

10.2. Kamyonların Sefer Sayıları

Kamyonlar, hava şartlarından dolayı yaklaşık olarak yılın yarısında çalışabilmektedirler. Nisan ayında üç kamyon çalışmakta idi. Havalar ısındıkça ve günler uzadıkça, çalışan kamyonların ve çalışma saatlerinin sayıları artmaktadır. Kamyonların, Nisan ayındaki günlük sefer sayıları Tablo 10.2'de verilmiştir.

TABLO: 10.2. Kamyonların Nisan 1993 Sefer Sayıları

GÜN	AS 900	İveco	M.A.N
1	37	36	38
2	18	17	18
3	Hava dolayısıyla çalışma yok		
4	Hava dolayısıyla çalışma yok		
5	Hava dolayısıyla çalışma yok		
6	Hava dolayısıyla çalışma yok		
7	39	37	40
8	38	39	41
9	40	40	43
10	39	38	40
11	Hava dolayısıyla çalışma yok		
12	Hava dolayısıyla çalışma yok		
13	Hava dolayısıyla çalışma yok		
14	38	37	33
15	38	38	28
16	44	43	44
17	46	46	45
18	45	43	46
19	Hava dolayısıyla çalışma yok		
20	Hava dolayısıyla çalışma yok		
21	28	30	24
22	49	45	50
23	45	33	45
24	41	40	45
25	36	39	38
26	44	36	42
27	43	42	40
28	40	43	43
29	45	46	48
30	47	50	35
Toplam	840	828	826

10.3. Kamyonların Sefer Sürelerinin Ölçülmesi

Sefer sürelerinin ölçülmesi işlemine kronometraj denir. Bir tur; manevra, yükleme, nakliyat (dolü), manevra, boşaltma, nakliyat (boş) işlemlerinden oluşur. Bir kronometre ile tüm bu süreler ayrı ayrı ölçülür. Ölçme bir kaç defa tekrarlanır. Ölçümler sonunda, ortalama süreler belirlenir.

Kamyonlar, yüksek eğimi (% 7-9) yaklaşık olarak saatte 20 km. lik bir hızla çıkmakta ve düşük eğimde (%1) 30 km/S. lik bir hıza ulaşabilmektedirler. Dönerken, düşük eğimi 35-40 km/S. lik bir hızla ve yüksek eğimi de 25-30 km/S. lik bir hızla inmektedirler. Nakliyat yolunun uzunluğu 610 m.'dir (tek yön).

M.A.N., İveco ve AS 900 kamyonlarının her biri için kronometraj ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler bir kaç defa tekrarlanmış ve sürelerin yoğunlaştığı ortalama değerler dikkate alınarak, bir tablo haline getirilmiştir. Söz konusu kamyonlar için elde edilen ortalama sefer süreleri Tablo 10.3'de görülmektedir.

TABLO: 10.3. Kamyonların Ortalama Sefer Süreleri(Sn.)

Kamyon	Manevra	Yükleme	Dolu Nakliyat	Manevra	Boşaltma	Beş Nakliyat
M.A.N	25	145	104	24	65	76
İveco	27	150	96	22	61	69
AS 900	20	140	93	21	58	65

10.4. Eğim Azaltma ve Yüzey Kaplama Hesapları

Kamyonlar düşük eğimde daha yüksek performans gösterirler. Eğimin bazı yerlerde yüksek olması ve yağışlı havalarda zeminin çamurlu hale gelmesi, kamyonların performansını oldukça düşürmektedir. Bundan dolayı, eğimin azaltılması ve zeminin uygun şekilde kaplanarak kamyon randımanının artırılması ve başta yakıt sarfiyatı olmak üzere nakliyat maliyetlerinin azaltılması hedeflenmiştir.

10.4.1. Eğimin Azaltılması ve Tahmini Maliyeti

Eğimin azaltılması için yapılan çalışmada yarma-dolgu yöntemi kullanılmıştır. Yarma ile elde edilen toprak, dolgu malzemesi olarak kullanılmış ve artan kısım döküm sahasına dökülmüştür. Ocaktan elde edilen malzeme ocakta kullanıldığı için hacimde ve maliyetlerde azalma olmuştur. Mevcut ve azaltılmış eğimlerin kesitleri Şekil 10.7'de görülmektedir. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü 1993 yılı birim fiyatlarına göre (emanet fiatı);

Buldozerle yarmanın alınması ve kullanılması: 2943 TL/m^3
Dolgunun sulanması ve sıkıştırılması : 2428 TL/m^3
Dolgunun makina ile serilme birim fiatı : 1087 TL/m^3
Yarma : 1567 m^3 Dolgu: 1553 m^3
Yarma maliyeti;

$$2567 \times 2943 = 7554681 \text{ TL.}$$

Dolgunun makina ile serilmesi: $1087 \times 1553 = 1688111 \text{ TL.}$

Dolgunun sulanma ve sıkıştırılma maliyeti;

$$1553 \times 2428 = 3768742\text{ TL.}$$

Artan toprağın emanet olarak döküm sahasına atılma maliyeti;

(K) Kamyonun günlük ücreti : 472.000 TL

(M) Mesafe: 600m. F: Ton başına maliyet

(A) Nakliyat katsayısı: 1

$$F = 1.2 \times \frac{3}{4} \times 0.00017 \times K \times M \times A \text{ formülü ile;}$$

$$F = 1.2 \times \frac{3}{4} \times 0.00017 \times 472.000 \times 600 \times 1$$

$$= 1769 \text{ TL./ton}$$

Atılacak toprak miktarı: 1020 m³

Toprağın yoğunluğu : 1.6 t/m³ olduğundan

$$1020 \times 1.6 = 1632 \text{ ton}$$

$$1769 \times 1632 = 2.887.008 \text{ ₺.}$$

Toplam : 15.898.542 ₺

% 12 KDV: 1.907.825 ₺.

Genel Toplam: 17.806.367 ₺.

10.4.2. Yüzey Kaplaması Ve Tahmini Maliyeti

Son yıllarda, Kanada'da yapılan araştırmalarda, açık maden işletmeleri nakliyat yollarında başta asfaltik beton ve sıkıştırılmış beton olmak üzere çeşitli yol kaplamaları denenmiştir. Filosu 100 kamyonadan oluşan uzun ömürlü bir maden işletmesinde, yaz-kış tam kapasite ile çalışılması halinde 20 sene içinde 40 milyon dolar tasarruf edilebileceği belirtilmiştir (Wade, 1989).

Türkiye'de araştırmanın yapıldığı ocakta, filodaki kamyon sayısı 10'u geçmemekle birlikte üretim kapasitesi düşüktür. Ayrıca, ocak ilerledikçe nakliyat yolu da değişmektedir. Nakliyat yolunun uzunluğu 600 m.'dir. Oysa Kanada'daki uygulamada ise nakliyat yolu 3 km.'dir. Bu nedenlerden ötürü beton kaplama, söz konusu ocak için uygun değildir.

Kışın çalışılamaması ve yolların bozuk olması nedeniyle sıkıştırılmış çakıl uygulaması önerilebilir. Yolların bozuk olması, lastik ve yakıt sarfiyatı ile birlikte tamir ve bakım giderlerini artırmaktadır. Nakliyat yolunun, ortalama iki yıl değişmemesi halinde sıkıştırılmış çakıl uygulaması oldukça ekonomiktir. Hesaplanan maliyetler incelendiğinde, sıkıştırılmış çakıl kaplamasının maliyeti, bir yıllık lastik sarfiyatının yaklaşık

olarak 1/3'ü olduğu görülür. Ayrıca, lastik sarfiyatının ortadan kaldırılması yanında yakıt ve tamir giderleri de azalacaktır. Çalışmaların kışın da sürdürülebileceği düşünülürse, bir yıl içinde, yapılan yatırımın karşılığı fazlasıyla alınabilecektir.

Sıkıştırılmış çakıl kaplamadan istenilen verimin elde edilebilmesi için, ince malzeme oranı % 5-10 arasında olmalıdır. Kötü havalarda, donma ve çamurlaşmanın önlenmesi için kaplama, % 10'dan az ince malzeme içermelidir. Bununla birlikte, kuru ve sıcak havalarda toz problemini en aza indirmek için, ince malzeme oranı en azından %5 olmalıdır.

Zemin çakıllı olduğundan, kaplama malzemesi ocaktan temin edilebilir. Yolun genişliği 6m., uzunluğu ise 610m. dir. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü 1993 Yılı Birim Fiyat Listesi esas alınarak yapılan hesap aşağıda verilmiştir.

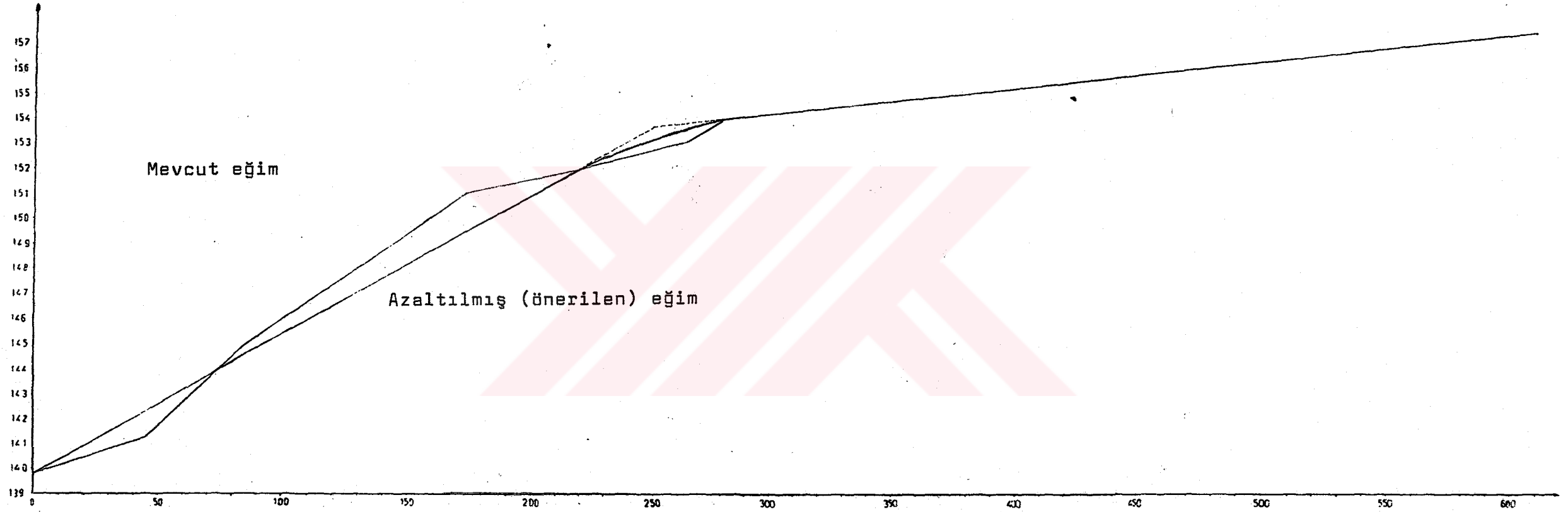
Ocak taşından konkasörler kırılmış ve elenmiş; 2 inç $1 \frac{3}{4}$ inç; $1 \frac{1}{2}$ inç ve $1 \frac{1}{4}$ inçlik agreganın hazırlanma maliyeti için;

Birim maliyet: 64.675 ₺./m³ ve kaplama kalınlığı : 0.20m.

$$610 \times 6 \times 0.20 = 732 \text{ m}^3$$

$$732 \times 64675 = 47.342.100 \text{ ₺.}$$

Malzemenin yol üzerine, makina ile yayılma birim maliyeti: 1666 ₺/m³ ve serilme maliyeti; 732x1666=1.219.512 ₺



ŞEKİL: 10.7. Mevcut ve Azaltılmış Eğiminin Kesit Görünüşü

Malzemenin sulanıp sıkıştırılması için;

Birim maliyet: 2.998 TL./m³

732x2998 = 2.194.536 TL.

Toplam	60.756.148 TL.
% 12 KDV	6.090.738 TL.
Genel Toplam	56.846.886 TL.

10.4.3. Tahmini Lastik Sarfiyatı Hesabı

Lastik sarfiyatları, çalışma şartlarına bağlı olduğu için kesin bir hesaplama yöntemi yoktur. Ancak, bazı istatistik veriler yardımı ile yaklaşık bir tahmin yapmak mümkündür.

Yüksek maden mühendisi sayın Erkin Karaözbek'in deneyimlerine dayanarak;

Nakliyat filosu 10 kamyondan oluşan açık maden ocaklarında, yolların çok bozuk, çukurlu ve kasisli olması halinde, ayda en az 4-5 lastik patlaması ile karşılaşılabileceği tahmin edilmiştir.

Lastik arızalarının % 50-55 nin kesilme ve yarılmalardan oluştuğu gözönüne alınarak (Monroe, 1992), ayda 4-5 lastiğin de parçalanabileceği tahmin edilmiştir.

Delinen lastiğin tamiri 25.000 TL. olup bir lastiğin fiyatı 3.124.000TL. tutmaktadır. Buna göre;

4x3.124.000	= 12.496.000 TL/ay
4 x 25.000	= 100.000 TL/ay
Toplam	: 12.596.000 TL/ay

Ve bir senede;

$12.596.000 \times 12 = 151.152.000 \text{ TL/yıl}$ olabileceği tahmin edilmiştir.

Bununla birlikte, bozuk nakliyat yollarının, kamyonların tamir ve bakım masraflarını büyük ölçüde artıracığı unutulmamalıdır. Bozulan yüzeylerin zaman zaman düzeltilmesi gerekir.

10.5. Kamyonların Yakıt Sarfiyatlarının Hesaplanması

İşletmenin maliyet hesapları vergi nedeni ile gizli tutulmaktadır. Dolayısı ile, bu veriler alınamadığı için teorik yakıt sarfiyatlarını gerçek değerler ile karşılaştırmak mümkün değildir. Bununla birlikte, azaltılmış eğitimdeki yakıt sarfiyatları da hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar arasındaki fark, eğimin yakıt sarfiyatı üzerindeki etkisini göstermektedir.

Kamyonlar farklı olduğu için yakıt sarfiyatları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu işlemler için, her kamyonun kendi karakteristik eğrilerinden faydalanılmıştır. Hesaplamalar için kamyon motorlarının devir sayılarına ihtiyaç vardır. Söz konusu ortalama devir sayıları, kamyonların hareketleri esnasında kaydedilmiş ve bir tablo haline getirilmiştir. Kamyonların iniş devirleri, motor freninden dolayı çıkış devirleri ile aynı kabul edilmiştir. Bu değerler Tablo 10.4'de görülmektedir.

TABLO: 10.4. Kamyon Motorlarının, Nakliyat Esnasındaki Ortalama Devir Sayıları

Kamyon	Devir Sayıları(d/d)	
	(0-175 m.arası)	(175-610m.arası)
M.A.N	2000	1700
İveco	1900	1600
AS 900	2200	1900

Kamyonların, 0-175 m. arasını ortalama olarak 20km/S'lık bir hızla ve 175-610m. arasını da ortalama 30 km/S'lık bir hızla katettikleri gözlenmiştir(Bölüm 10.3). Basit hız-zaman hesabı ile, bu mesafeleri, sırasıyla 35 sn. ve 60 sn.'lik sürelerde kat edebilecekleri bulunmuştur. Bu süreler esas alınarak kamyonların bir seferdeki yakıt sarfiyatları bulunmuştur.

Dönüş süreleri, hesabın kolay olması amacıyla, aynı mesafeler için, çıkış sürelerine eşit kabul edilmiştir.

10.5.1. M.A.N. Kamyonun Bir Seferdeki Yakıt Sarfiyatının Hesaplanması

2000 devire karşılık gelen, kw başına bir saatlik yakıt tüketimi 215 gr.'dır. 2000 devire karşılık gelen güç 226 kw.'dır. 2000 devirde bir saatlik yakıt tüketimi $226 \times 215 = 48590$ gr. olur.

Bir seferde, 2000 devirde geçen süre (gidiş-geliş) 70 sn.'dir. Bu süreyi 1 saate (3600 sn.) oranlayınca 945 gr. elde edilir.

Benzer işlemler, 60 sn. gidiş ve 60 sn. dönüş olmak üzere toplam 2 dakikalık bir süre için 1700 devirede uygulanır.

1700 devire karşılık gelen saatlik yakıt tüketimi:
210 gr/kwh.

1700 devire karşılık gelen güç: 220 kw

Bir saatlik yakıt tüketimi: $220 \times 210 = 46200$ gr.

Bir seferdeki (2 dakikalık) yakıt tüketimi: 1540 gr.

(1 saate oranlayarak bulunur).

M.A.N. kamyonun tek bir seferde tükettiği yakıt miktarı; 2000 ve 1700 devirlerde geçen süre içinde harcanan yakıt miktarlarının toplamıdır:

$945 + 1540 = 2485$ gr. (Bir seferdeki yakıt tüketimi)
Mazotun yoğunluğu 0.84 gr./cm³ olduğuna göre;
 $2485 / 0.84 = 2958$ cm³. Bu da 2.958 litreye eşittir.

10.5.2. İveco Marka Kamyonun Bir Seferde Tükettiği Yakıt Miktarının Hesaplanması

1900 devire karşılık gelen yakıt tüketimi: 225 gr./kwh.

1900 devire karşılık gelen güç : 222 kw.

Bir saatlik yakıt tüketimi : $225 \times 222 = 49950$ gr.

Süre(gidiş-geliş) 70 sn dir. Bu sürede harcanan yakıt,

1 saate oranla 971 gr. olur.

1600 devirde yakıt tüketimi : 215 gr./kwh.

1600 devirde güç : 210 kw.

Bir saatte yakıt tüketimi : $215 \times 210 = 45150$ gr.

Süre(gidiş-dönüş) 2 dakika olduğuna göre bu süre içinde

1 saate oranla 1505 gr. yakıt harcanmaktadır.

Toplam yakıt tüketimi : $971 + 1505 = 2476$ gr.

Mazotun yoğunluğu 0.84 gr/cm³ olduğundan,

$2476 / 0.84 = 2948$ cm³ ve bu da 2,948 litredir.

İveco marka kamyon tek bir seferde 2.948 litre yakıt tüketmektedir.

10.5.3. AS 900 Marka Kamyonun Bir Seferde Tükettiği Yakıt Miktarının Hesaplanması

2200 devirde saatlik yakıt tüketimi : 210 gr./kwh
2200 devire karşılık gelen güç : 111 kw
Bir saatte yakıt tüketimi : $210 \times 111 = 23310$ gr.
Gidiş-geliş süresi olan 70 sn. içindeki yakıt tüketimi
1 saate oranla 453 gr. 'dır.

1900 devirde bir saatlik yakıt tüketimi : 205 gr./kwh
1900 devirde üretilen güç : 100 kw.
Bir saatteki yakıt tüketimi : $205 \times 100 = 20.500$ gr.
1900 devirde geçen süre (gidiş-dönüş) 2 dakika olduğuna
göre bu süre içinde 1 saate oranla 683 gr. yakıt tüketil-
mektedir.
Bir seferde toplam yakıt tüketimi: $453 + 683 = 1136$ gr.bulunur.
Mazotun yoğunluğu 0.84 gr(cm^3 olduğundan;
 $1136 / 0.84 = 1352 \text{ cm}^3$ ve bir seferdeki toplam yakıt tüketi-
mi 1.352 litreye eşittir.

10.6. Kamyonların, Azaltılmış Eğimdeki Yakıt Sarfiyatla- rının Hesaplanması

Bu hesaplamaların yapılabilmesi için, yeni eğimde, kamyonların motor devir sayılarının bilinmesi gerekmektedir. Kamyon yapımcısı firmaların, arazi özel test sonuçlarını gizli tutmalarından dolayı, bu devir sayıları için kabuller yapılmıştır.

Kamyonlar, aynı hızlara, eğim azaldıkça daha düşük devirlerde ulaşırlar. Ayrıca, eğimin daha düşük olmasın-
dan dolayı, kamyonlar, hızlarını biraz daha yükseltip
vites büyültebilirler. Bu durumda, motor rahatlayacak
ve devir sayısı düşecektir. Bu düşünceden hareketle,
azaltılmış eğim için tahmin edilen motor devir sayıları
Tablo 10.5'de görülmektedir.

TABLO: 10.5. Azaltılmış Eğim İçin, Tahmini Motor Devir Sayıları

Kamyon	Devir Sayıları(d/d)	
	(0- 290 m.arası)	(290-610 m. arası)
M.A.N.	1800	1600
İveco	1700	1500
AS 900	2000	1700

Eşit hızlarda karşılaştırma yapıldığına göre, yeni mesafelere karşılık gelen süreler (yol=hız x zaman formülü esas alınarak) hesaplanmıştır. Bu süreler ortalama süreler olup, hızlanma ve durma süreleri dikkate alınmamıştır.

0-290 m. arası : 48 sn.

290-610m. arası: 40 sn.

Hesabın kolay olması için, iniş ve çıkış süreleri, aynı mesafeler için birbirlerine eşit kabul edilmiştir.

İniş halindeki motor devir sayıları, motor freninden dolayı, çıkış halindeki devir sayılarına eşit kabul edilmiştir.

10.6.1. M.A.N. Kamyonun Azaltılmış Eğimde Bir Seferdeki Yakıt Sarfiyatının Hesaplanması

1800 devire karşılık gelen saatlık yakıt tüketimi: 210gr/kwh

1800 devire karşılık gelen güç : 224 kw.

Bir saatlik yakıt tüketimi : 210 x 224=47040 gr.

1800 devirde geçen süre(gidiş-dönüş): 96 sn.

96 sn.deki yakıt tüketimi : 1254 gr.(bir saate oranla)

1600 devirde bir saatlik yakıt tüketimi: 208 gr./kwh.

1600 devire karşılık gelen güç : 210 kw.

Bir saatlik yakıt tüketimi : $208 \times 210 = 43680$ gr.

1600 devirde geçen süre (gidiş-dönüş) : 80 sn.

80 sn. deki yakıt tüketimi : 971 gr.

Bir seferdeki yakıt tüketimi : $1254 + 971 = 2225$ gr.

Dolayısı ile bir seferde 2.225 litre yakıt tüketilmektedir.

10.6.2. İveco Marka Kamyonun Azaltılmış Eğimde Bir Seferdeki Yakıt Sarfiyatının Hesaplanması

1700 devire karşılık gelen bir saatlik yakıt tüketimi:
217 gr./kwh.

1700 devire karşılık gelen güç : 216 kw.

Bir saatlik yakıt tüketimi : $217 \times 216 = 46872$ gr.

1700 devirde geçen toplam süre : 96 sn.

96 sn.deki yakıt tüketimi : 1250 gr.

1500 devire karşılık gelen saatlik yakıt tüketimi: 212gr./kwh

1500 devire karşılık gelen güç : 202 kw

Bir saatlik yakıt tüketimi : $212 \times 202 = 42824$ gr.

1500 devirde geçen toplam süre : 80 sn.

80 sn.deki yakıt tüketimi : 952 gr.

Bir seferde toplam yakıt tüketimi;

$1250 + 952 = 2202$ gr. ve bu da; 2.202 litreye eşittir.

10.6.3. AS 900 Marka Kamyonun Azaltılmış Eğimde Bir Seferdeki Yakıt Tüketiminin Hesaplanması

2000 devire karşılık gelen bir saatlik yakıt tüketimi:
207 gr./kwh.

2000 devire karşılık gelen güç : 105 kw.

Bir saatlik yakıt tüketimi : $207 \times 105 = 21735$ gr.

2000 devirde geçen toplam süre : 96 sn.
96 sn. deki yakıt tüketimi : 580 gr.
1700 devire karşılık gelen bir saatlik yakıt tüketimi:
204 gr./kwh.
1700 devire karşılık gelen güç : 90 kw.
Bir saatlik yakıt tüketimi : $204 \times 90 = 18360$ gr.
1700 devirde geçen toplam süre : 80 sn.
80 sn. deki yakıt tüketimi : 408 gr.

Bir seferdeki toplam yakıt tüketimi;
 $580 + 408 = 988$ gr. Bu da; 0.988 litreye eşittir.

10.7. Yakıt Sarfiyatlarının Karşılaştırılması

Kamyonların sefer başına yakıt sarfiyatları incelendiğinde, düşük eğimde daha az yaktıkları görülmektedir. Ancak bu farkı açık bir şekilde görmek için belirli bir dönemdeki yakıt sarfiyatlarını karşılaştırmak gerekir.

Düşük eğimde daha randımanlı çalışan kamyonun hızı daha yüksektir. Eğimin sabit olmasından dolayı, nakliyat mesafesi az da olsa kısılacaktır. Bu nedenle, belirli bir çalışma zamanı içinde, kamyonların sefer sayılarının artması beklenir. Bu durumda, belirli bir dönem için yakıt sarfiyatları aynı ya da daha fazla olabilir. Ancak üretim de arttığı için ton başına maliyet daha düşük olacaktır.

Eğimin, yakıt tüketimi üzerine etkisini açık bir şekilde görmek için, Tablo 10.2 'de verilen sefer sayıları esas alınarak, Nisan ayı yakıt sarfiyatları hesaplanmıştır. Bu hesaplar aşağıda görülmektedir.

Kamyonların 1993 Nisan ayı içindeki sefer sayıları aşağıdadır:

M.A.N. 826
İveco 828
AS 900 840 sefer yapmışlardır.

* Mevcut eğim için yakıt sarfiyatları

M.A.N. kamyon için,

826 sefer x 2.958 litre/sefer= 2443.3 litre

İveco için;

828 sefer x 2.948 litre/sefer= 2441 litre

AS 900 için,

840 sefer x 1.352 litre/sefer= 1136 litre

Toplam : 6020.3 litre

* Önerilen(azaltılmış) eğim için yakıt sarfiyatları

M.A.N. kamyon için;

826 sefer x 2.225 litre/sefer = 1838 litre

İveco için;

828 sefer x 2.202 litre/sefer = 1823 litre

AS 900 için;

840 sefer x 0.988 litre/sefer = 830 litre

Toplam : 4491 litre

Mazotun maliyeti Haziran 1993 itibarı ile 4752 ₺/litre'dir.

₺ olarak Nisan ayı yakıt sarfiyatları aşağıdadır:

* Mevcut eğitim için;

6020.3 litre x 4752 ₺/litre = 28.608.466 ₺.

* Önerilen eğitim için;

4491 litre x 4752 ₺/litre = 21.341.232 ₺.

Tasarruf : 7.267.234 ₺(bir aylık)

Yaklaşık olarak yıllık tasarruf : 87.206.808 ₺.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ortam koşullarının, kamyonlar için en elverişli hale getirilmesi, maliyetlerin en aza indirilmesi için gereklidir. Kamyonlar, zor şartlarda daha yavaş hareket ederler ve yakıt sarfiyatları daha da artar. Şartlar ağırlaştıkça, kamyonlardaki aşınma ve yıpranmalar da artacaktır. Bununla birlikte, lastik sarfiyatları, yedek parça masrafları, tamir ve bakım giderleri de artış gösterir. Sık sık meydana gelen arızalar üretimi kesintiye uğratar. Ayrıca, kamyonun ömrü, çekiş gücü ve randımanı azalacaktır. Ortam şartlarını elverişli hale getirmenin elbette bir maliyeti vardır. Ancak, bunun yapılmaması halinde, bu masrafların çok daha fazlası, kısa bir süre sonra ek maliyet olarak ortaya çıkacaktır.

Yapılan araştırmalar, nakliyat yolunun uzunluğu aynı olmak üzere, eğim azaldıkça kamyonların daha verimli çalıştığını göstermiştir. Kamyonlar daha hızlı hareket edecekleri için günlük sefer sayıları ve dolayısı ile üretim artacaktır. Kamyonlar, aynı hızlara daha küçük devirlerde ulaşacağı için yakıt sarfiyatları da azalacaktır. Önerilen yeni eğim % 5.5 mertebesinde olup, eğimin düz bir doğrultuda olmasından dolayı nakliyat yolu çok az da olsa kısalmıştır. Eğim değiştirme maliyeti yalnızca 17 milyon ₺ iken sadece üç kamyon için yılda 90 milyon ₺ (% 43) tasarruf edilebileceği tespit edilmiştir. 2-3 km.'lik bir nakliyat yolu ve 10-15 kamyon için bu değer milyarlarca ₺ ile ifade edileceği unutulmamalıdır. Ayrıca yol uzunluğu ve kamyon sayısı arttıkça ve sefer sayısının artmasıyla da daha da artacaktır. Bu çalışmada, kamyon hızlarının ne kadar artacağı bilinemediği için sefer sayısı ve üretim artışları hesaplanamamıştır.

Diğer taraftan AS 900 kamyonlarının yarı yarıya daha ekonomik olduğu tespit edilmiştir. Bir seferde; M.A.N. 2.948 litre ve Iveco:2.958 litre dizel yakıt harcarken, AS 900: 1.352 litre tüketmektedir. Nisan ayında kullanılan kamyonların üçü de AS 900 olsaydı 3372 litre yakıt harcanmış olacaktı. Mazotun litresi 4752 ₺'dir. Bu durumda 16 milyon ₺'lik yakıt sarfedilerek yaklaşık olarak 12.5 milyon ₺. tasarruf edilebilirdi. Bu durumdaki yakıt sarfiyatı, önerilen eğitimdeki yakıt tüketiminden de azdır. Bu şekilde, % 40 civarında tasarruf yapmak mümkündür. Az sayıda kamyon çalıştırılması halinde AS 900'lerin üçünün de kullanılması ve eğer mümkünse filodaki diğer kamyonların da AS 900'lerden oluşturulması gerekir.

Bozuk yüzeyler, yakıt tüketimini, lastik sarfiyatını, tamir -bakım giderlerini artırır. Bu nedenle nakliyat yolu yüzeyi için kaplama hesabı yapılmıştır. Bu tasarımda yüzey kaplama malzemesi olarak sıkıştırılmış çakıl kullanılmıştır. Eni 6m., boyu 610m. olan nakliyat yolunun 0.2m. kalınlıkla 56 milyon ₺. civarındaki bir maliyetle kaplanacağı hesaplanmıştır. Bir yıllık lastik sarfiyatı ise 150 milyon ₺'dir. Ayrıca yakıt tüketimi ve tamir-bakım giderleri de azalacaktır. Ocak ilerledikçe nakliyat yolu da 2-3 yılda bir değişmektedir. Bu durumda bile sıkıştırılmış çakıl oldukça ekonomiktir. Ancak kaplamanın kış mevsiminde de istenilen şekilde kullanılabilmesi için içerdiği ince malzeme oranı % 10'u aşmamalıdır.

Sonuç olarak, maliyetlerin azaltılabilmesi için iyi bir nakliyat yolu tasarımı ile birlikte uygun kamyonların seçilmesi gerekir. İlk başta karşılaşılan maliyetler yüksek olsa bile, madenin ömrü gözönüne alındığında çok daha ekonomik olabilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] KARAÖZBEK, K.E., USTA, S., Akman Kömür işletmeleri Faaliyet Raporu, (1992).
- [2] SALTOĞLU, S., Açık İşletmeler, İ.T.Ü. Yayınevi İstanbul, (1992).
- [3] ÜCAL, M.D., Açık İşletmeciliğin Elkitabı, Cilt 1, ss.534-549, (1978).
- [4] WADE, N.H., Design Manual For Surface Mine Haulroads, Monenco Consultants Limited, Calgary-Alberta, (1989).
- [5] Surface Mining Supervisory Training Program, Bucyrus-Erie Company, Australia, pp.8.10-9.34, (1979).
- [6] MONROE, M.D., Optimizing Truck and Haulroad Economics, Mining Engineering, pp.311-314, April, (1992).
- [7] Cost Estimating System Handbook, Bureau of Mines of United States of The Interior, Vol 1, pp.224-226, (1987).
- [8] HORTON, N., Speed The Haul Spare The Fuel, World Mining Equipment, pp.28-32, July-August (1991).
- [9] CUMMING, L., Mine Haulage Energy Costs, International Mining, pp.18-23, November (1985).
- [10] CUMMINS, A.B., GIVEN, I.A., SME Mining Engineering Handbook, Society of Mining Engineers of The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., New York, Vol.2, pp.18.16-18.30, (1973).
- [11] Chrysler Kamyon Kataloğu, Chrysler Kamyon İmalat ve Ticaret A.Ş., Gebze-Kocaeli.

- [12] Fiat Kamyon Kataloğu, Otoyol Sanayi A.Ş., İstanbul.
- [13] M.A.N. Kamyon Kataloğu, M.A.N., Kamyon ve Otobüs Sanayi A.Ş., İstanbul.
- [14] UMAR, F., YAYLA, N., Yol İnşaatı, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 1363, İstanbul (1988).
- [15] EVREN, G., Toprak İşleri, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 1350, İstanbul, (1987).
- [16] T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü 1993 Yılı Birim Fiat Listesi.
- [17] T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü 1993 Yılı Birim Fiat Analizleri.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ÖZGEÇMİŞ

A.Önder GÜNEY, 1964 yılında İstanbul'da doğmuştur. Lise öğrenimini Konya Atatürk Lisesi'nde tamamladıktan sonra, 1983 yılında girdiği İ.T.Ü. Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'nden 1989 Şubat döneminde Maden Mühendisi olarak mezun olmuştur. Aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nün açmış olduğu Yüksek Lisans sınavını kazanmış ve İ.T.Ü Vakfı'nda 8 aylık İngilizce Dil Eğitimi'ne başlamıştır. Aynı zamanda İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadi Enstitüsü'nde 1 yıl süreli Genel İşletme İhtisas Programı'na katılmıştır. 1990 Ekim ayında İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Programı'nda Yüksek Lisans eğitime başlamıştır. 1991 Nisan ayında Ergen Hafriyat Şirketi'nde Şantiye Şefi olarak çalışmaya başlamıştır ve halen aynı görevde bulunmaktadır.