

**AÇIK İŞLETME KAMYON
TAŞIMACILIĞINDA BİLGİSAYAR İLE
KAPASİTE VE MALİYET
HESAPLAMALARI**

**COMPUTER CALCULATIONS FOR TRUCK
TRANSPORTATION CAPACITY AND COST IN OPEN
PIT MINING**

Ahmet ŞENTÜRKÖ

ÖZET

Açık işletme taşımacılığı için kamyon seçiminde kullanılmak üzere bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Programda, kamyonun motorgucu, kasa hacmi vb. teknik özellikleri; taşıma yapılan yolun eğimi, yuvarlanma direnci, yoldaki hız sınırlamaları gibi güzergah özellikleri; taşınacak malzemenin miktarı, yoğunluğu vb. ile çalışma süresi gibi işletme özellikleri dikkate alınarak kamyonun kapasitesi belirlenmektedir.

Maliyet hesaplamalarında ayrıca yatırım maliyeti, ekonomik kullanma omru, faiz oranı, işçilik ücreti, akaryakıt kullanımı gibi değerleri de dikkate alınmaktadır.

Çalışma yerinin rakımı, yıllık çalışma süresi, taşıma yapılan yolun yuvarlanma direnci ve eğimi parametrelerinin kamyon taşımacılığında kapasite ve maliyet belirlemede en önemli etkenler olduğu saptanmıştır.

ABSTRACT

A computer program to be used in truck selection for open pit haulage has been developed. Program incorporates some selected properties pertinent to the trucks such as engine power, haulage volume, etc; some properties pertinent to the haulage destination such as road inclination, resistance to rolling, speed limitations, etc; in addition to those which are pertinent to the material to be hauled such as the amount, the density, etc; and to the mining of the mine, such as length of the operation period, etc. In cost calculations, those factors such as the cost of investment, interest rate, labor cost, fuel usage and the economic life of trucks are also considered. It is found that the altitude of the working place, the length of working period per year, resistance to rolling of the haulage road and its inclination are the most important parameters determining the cost of haulage and the truck capacity to be selected for open pit haulage.

*

Yrd.Doç.Dr. Hacettepe üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü
Beytepe - ANKARA

1. GİRİŞ

Dünya hammadde ihtiyacının giderek artması sonucu sanayi ülkelerindeki bazı yüksek tenörlü ve kolay işletilebilir maden yataklarının tükenmeye başlaması sonucu olarak daha önce ekonomik olarak değerlendirilemeyen maden yataklarının işletilmesine başlanmıştır.

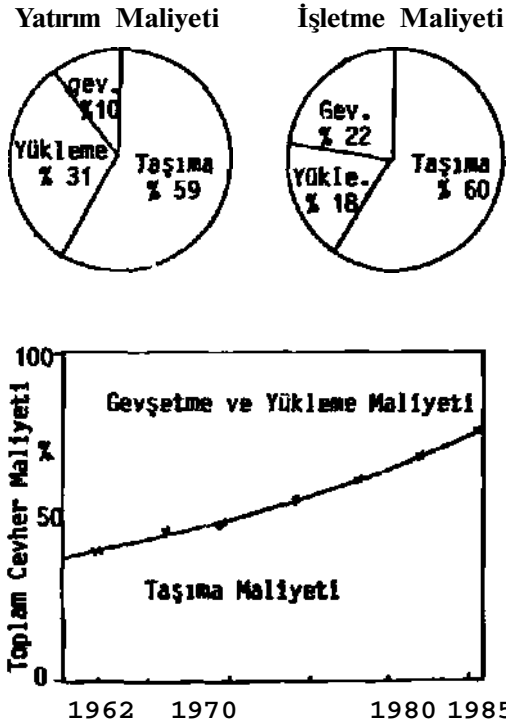
Son zamanlarda Kuzey Amerika'da % 0.7 Cu tenörlü bakır cevheri işletilmekte; Kuzey İsveç'te % 0.5 Cu tenörlü bakır yatağı açık işletme olarak projelendirilmiş bulunmaktadır (Wenzel, 1974). Linyit kömürü işletmeciliğinde ise termik santral yakma teknolojisinde yapılan gelişmeler sonucu alt ısı değeri 1000 kcal/kg değerine kadar olan linyitler değerlendirmeye başlanmıştır. Megalopoliste 4.5x10 t/yıl üretim kapasitesi büyüklüğünde açık işletme üretime devam etmektedir. Afşın-Elbistan linyitleri işletmesinde üretim 18x10 t/yıl ve dekapaj oranının 2.7/1 or/t değerine göre yapılacak örtü kazı miktarı 50x10 m³/yıl olacaktır (Vogl, 1977; Fischer, 1976; Gold, 1972; Georgen, 1971; Georgen, 1973).

Batı Alman Rhein Braun İşletmesinde 1950 yıllarında dekapaj oranı 0,75/1 m /t değerinde iken 1977 yılında işletmeye alınan Hambach linyit ocağında bu değer ortalama 6,82/1 m³/t değerine ulaşmıştır. Açık ocak derinliğide son yıllara kadar Fortuna Garsdorf linyit ocağında 350 m iken Hambach ocağında 527 m olarak projelendirilmiştir (Leuschner, 1972).

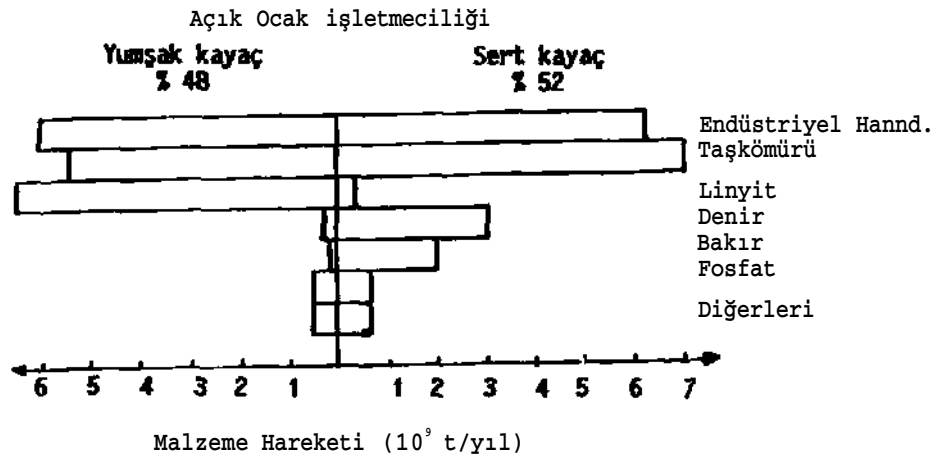
Açık işletmelerde dekapaj oranının yükselmesi sonucu kaldırılması gereken örtü-kazı (dekapaj) miktarına artmaktadır. Taşınan malzeme miktarının artması sonucu yükselen taşıma maliyetinin toplam cevher maliyetindeki payı da giderek artmakta olduğu şekil öde görülmektedir. Taşıma maliyetinin, toplam cevher maliyetindeki oranının yüksek olması toplam cevher maliyetini düşürmede taşımacılığın önemini ortaya çıkarmaktadır (Şentürk, 1982).

2. MADENCİLİKTE KAMYON TAŞIMACILIĞI

Maden işletmelerinden üretilen hammaddeler ister doğrudan tüketim amacıyla, ister teknolojik işlem amacıyla olsun taşıma zorunluluğu bulunmaktadır. Taşınacak malzemenin miktarı ve özellikleri dikkate alınarak uygun



Şekil 1. Taşıma maliyetinin toplam cevher maliyetindeki payı



Şekil 2. Açık Ocakta Cevherlere Göre Taşıma Miktarının Dağılımı

taşıma sistemi seçilmektedir.

Dünya açık ocak madenciliğinde cevher-endüstriyel hammadde üretiminde malzeme hareketinin Şekil 2 de gösterildiği gibi % 48 payı yumuşak kayaç madenciliğinde % 52 payı ise sert kayaç maden işletmeciliğindedir (Korak, 1979).

Sert kayaç maden işletmeciliğinde kamyon taşımacılığı, hakim taşıma sistemi durumunda bulunmaktadır. Son yıllarda kamyon taşımacılığının yanı sıra sert kayaç maden işletmeciliğinde mobil kırıcı + band konveyör taşımacılığı giderek artan oranda uygulama alanı bulmaya çalışmaktadır.

Yumuşak kayaç Açık Ocak madenciliğinde 1955Mere kadar Orta Avrupa da demiryolu taşımacılığı hakim taşıma sistemi durumunda İken bu tarihten itibaren açık ocakların derinleşmesi sonucu band konveyör taşımacılığının ağırlık kazandığı gözlenmiştir.

Son yıllarda açık ocak madenciliğinde taşıma sistemlerinin ve kütle hareketlerinin optimizeasyonu; bunun sonucu olarak taşıma maliyetinin en aza indirilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Sert kayaç maden işletmeciliğinde kullanılan ağır iş kamyonlarının taşıdığı yük miktarı son yıllarda 120-200 t seviyesine yükselmiştir. Hatta Terex R-33-19 protip damperli kamyonunda taşıma miktarı 350 st (318 t) değerine yükselmiştir. Son yıllarda Açık İşletmelerde 50 tondan küçük kamyonlar esas iş makinası olarak kullanılmamaktadır.

Diğer endüstri sektörlerinde olduğu gibi madencilik yatırımlarında 'geleceği ilgilendirmekte; cevher maliyet artışlarını dengelemek için ileri teknolojik uygulamalara gidilmektedir. Bu uygulamalar içinde en fazla üzerinde durulan maliyetler, toplam cevher maliyeti içinde en büyük payı olan taşımacılık olmaktadır. Bu da optimum kamyon seçimi ve iyi bir organizasyon ile sağlanabilmektedir.

3. BİLGİSAYAR PROGRAMI ERDBAU

Kamyon taşımacılığında kullanılmak üzere geliştirilen Bilgisayar Programı ERDBAU ile kamyonların kapasite ve maliyetleri hesaplanmakta ve birbirleriyle karşılaştırılarak optimum seçim yapma imkanı ortaya çıkmaktadır (Şentürk. 1976).

Programda, kullanılmak üzere toplanan verileri sıhhatli ve gerçeği yakın olarak belirlenmekte ve programda değerlendirilmektedir.

Program ERDBAU'da değerlendirilmek üzere toplanan veriler programın çalışabilmesi için uygun şekilde gruplandırılmıştır'.

Birinci data kartında çözümü istenen problem verilmektedir. Yıllık çalışma süresi, taşıma miktarı, araç sayısı vb. gibi» Verilen bu değerler program ERDBAU'da kullanılabilecek şekilde olmaktadır.

Programın ikinci data kartında taşıma yapılan yolun güzergahı hakkında bilgiler verilmektedir. Yolun güzergahı aynı özellikleri olan yol parçalarına bölünmektedir. Bu bölünmüş yol parçalarının her birinin uzunlukları, kot farkları, yal kaplamasının yuvarlanma dirençleri ve adheziyan katsayıları ve diğer direnç katsayıları verilmektedir. Bu data kartında ayrıca bu yol parçalarında hız sınırlamaları, kurve yarı çapları, durma-kalkma noktalarının bulunup bulunmadıkları belirtilmektedir. Ayrıca bu data kartında taşınacak malzeme ile ilgili olarak malzemenin yoğunluğu, kabarma faktörü vb. verilebilmektedir.

Taşıma araçları ile ilgili teknik özelliklerin bir kısmı üçüncü data kartında verilmektedir. Bu data kartında aracın markası, modeli, hareket elemanı (tekerlek/palet), motor gücü, dara ve yüklü ağırlıklar ile bu ağırlıkların akslardaki dağılım yüzdeleri verilmektedir. Ayrıca motorun turba veya normal olduğunu belirtir kod ile diffrensiyal randımanı verilmektedir.

Dördüncü data kartında aracın hız-çekme kuvveti ile ilgili verileri bulunmaktadır. Araçların, hız-çekme kuvveti ile ilgili değerleri çeşitli firma katalog ve prospektüslerinde değişik şekilde verilmektedir. Bu değerler program ERDBAU'da programa uygun hale getirilerek kullanılmaktadır.

Araçların çalışma organları ile ilgili değerler beşinci data kartıyla Program ERDBAU'ya yüklenmektedir. Bu değerler arasında çalışma organının tipi, hacmi, boyutları vb. değerler bulunmaktadır.

Program ERDBAU'nun altıncı data kartına maden makinalarının maliyet hesaplamaları için gerekli olan bilgiler yüklenmektedir. Maden makinalarının ve çok hızlı aşınan organlarının alış fiyatları ile ekonomik kullanma zamanları, faiz yüzdeleri, tamir bakım masrafları değerleri verilmektedir.

Ayrıca aracın motorunun akaryakıt ve yağ kullanım değerleri ile akaryakıt ve yağların fiatları verilmektedir. Bu arada yine altıncı data kartında işçi ücreti ve sigorta oranları da verilmektedir.

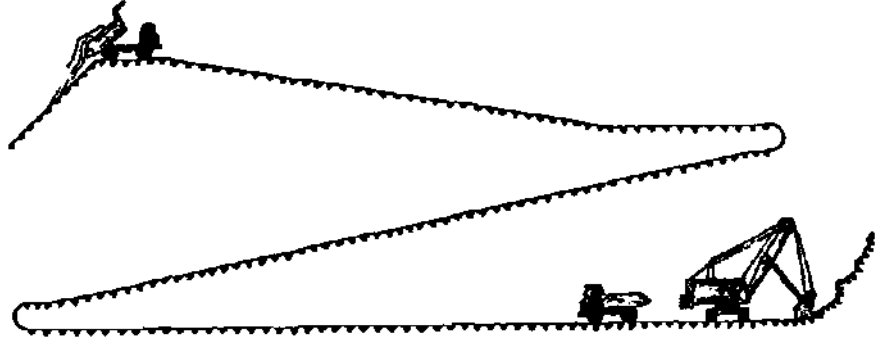
Maden makinalarının maliyet hesaplamaları isteğe bağlı olarak yapılmakta; istenirse sadece kapasite hesaplamaları yapılmaktadır.

Bu geliştirilen program ERDBAU ile kamyon hesaplamaları yanı sıra lader, dozer, scraper vb. gibi diğer iş makinalarının kapasite ve maliyet hesaplamaları da yapılabilmektedir.

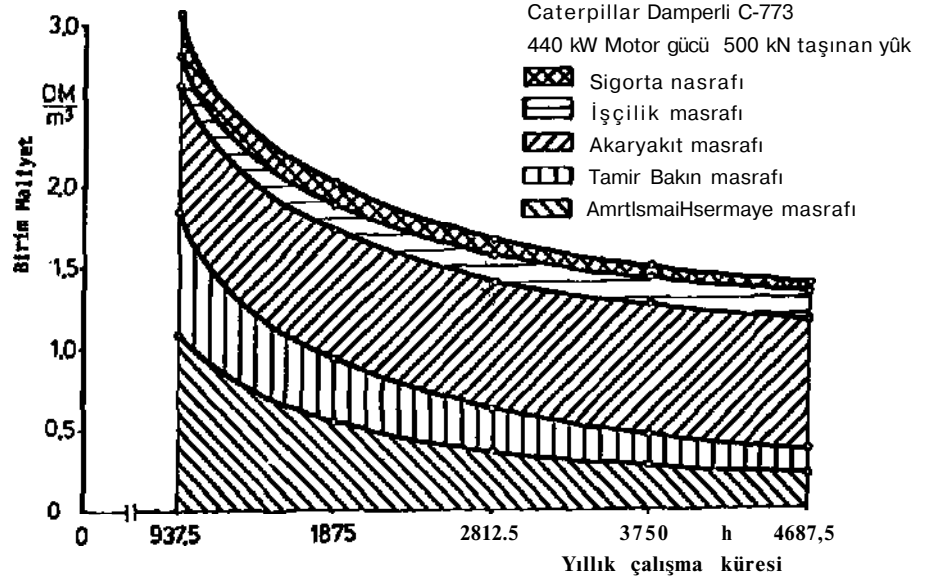
4. AĞIR İŞ KANYONU HESAPLAMALARI

Bir açık işletmede ağır iş kamyonunun kullanma prensibi Şekil 3^v de gösterilmiştir. Kamyonun yüklenmesi kepçeli ekskavatörle yapılmaktadır. Kepçeli ekskavatör yerine hidrolik ekskavatör, loder vb. kullanımı sık sık görülmektedir. Kamyonların hesaplamalarında ağırlık noktası taşıma süresinin belirlenmesini teşkil etmektedir. Program ERDBAU ile taşıma hareketinin mümkün detayları ile hesaplamaları yapılmakta ve Şekil 4'de verilen güzergah ve yol parçası üzerinde verilen kısıtlamalarla hesaplama yapılmaktadır, özellikle yol güzergahı üzerindeki aracın mümkün durma-kalkma noktaları çalışma zamanının hesaplanmasında dikkate alınmaktadır. Eğer güzergahta, programa dönüş yolu verilmemiş ise gidiş yolu, dönüş yolu olarak kabul edilerek işlem yapılmakta; aynı zamanda, güzergahta bulunan durma-kalkma noktaları da yer değiştirmektedir.

Kamyonun gidiş-dönüş sürelerinin hesaplanmasında vites değiştirmeler ile yol üzerindeki hız sınırlamaları dikkate alınmaktadır. Kamyonun motordan sağlanabilecek hız ve çekme kuvveti yolun durumuna, aracın yüküne, çalışma şekline bağlı olmaktadır. Kamyonun yuvarlanma ve eğim dirençlerini yenmede motordan elde edilen çekme kuvveti kullanılmaktadır. Bu dirençlerin hesaplanma şekilleri Kühn 1974'de görülebilir. Yolun yuvarlanma ve eğim dirençlerinin toplamı, o andaki hızın sağladığı çekme kuvvetinden az ise araç hızlanmakta; eğer çekme kuvvetinden fazla ise araç yavaşlamaktadır.



Şekil 3. Açık İşletmede Kanyon Taşımacılığının Şematik Gösterilmesi



Şekil 5. Kanyon Taşımacılığında Yıllık Çalışma Süresinin Taşıma Maliyetine Etkisi

Şekil 4 de kamyonun dolu ve boş durumuna göre çekme kuvvetleri ile hız durumlarının aldığı değerler çizilmiştir. Kamyonun dolu olarak gidiş ve boş olarak dönüş hızlarından ortalama hız VM bulunmuştur. Buradan başka değerlerdeki hızlarla taşımının daha iyi olup olmayacağı ve/veya ortalama hızı yükseltmek için yeni bir güzergahın seçilmesinin gerekip gerekmediği kontrol edilebilmektedir.

Kamyonun verilen değerlere göre hesaplanan gidilş-dönüş süresi ile yükleme ve boşaltma sürelerinin toplamı kamyonun bir periyodunu vermektedir.

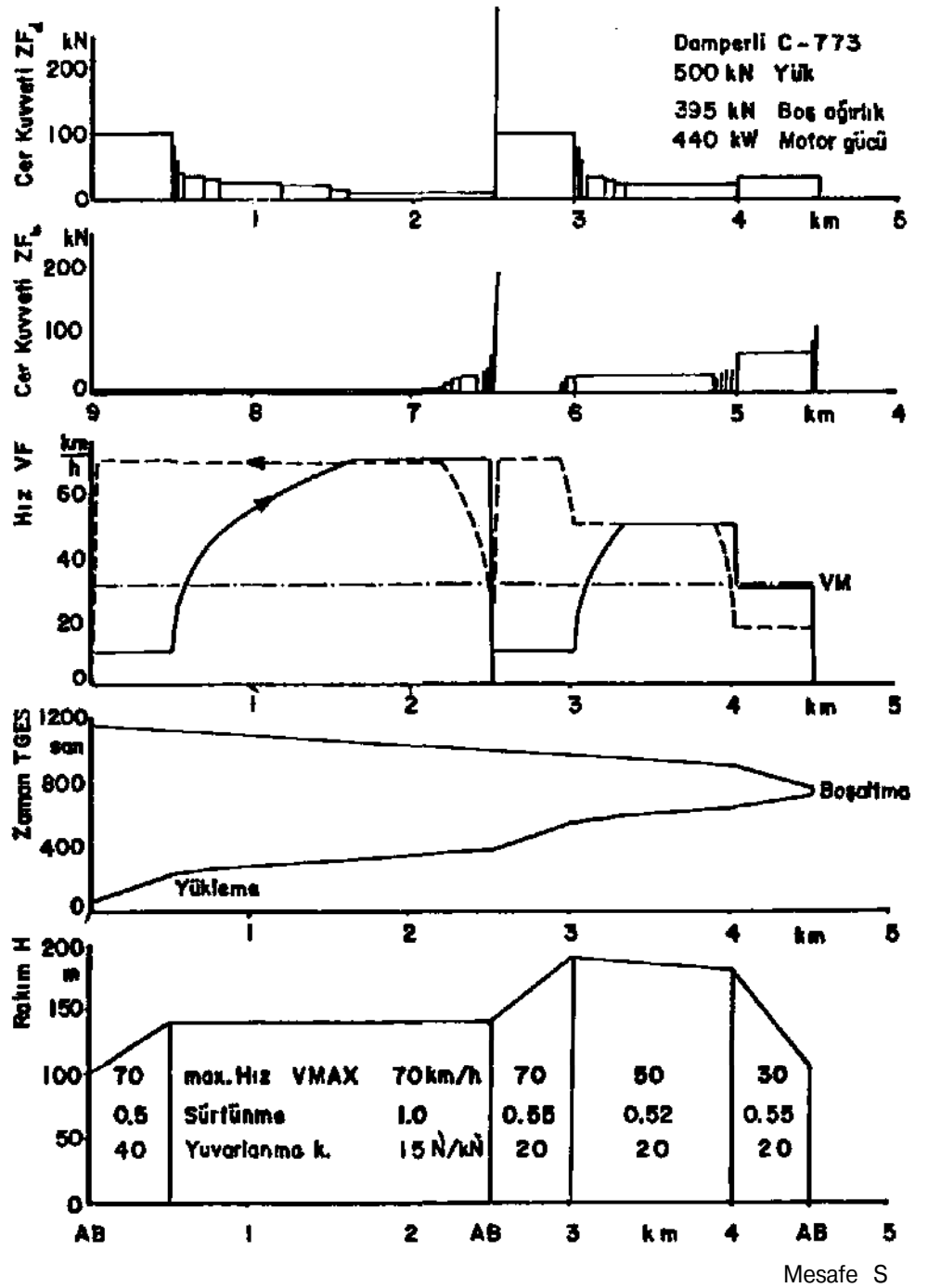
Şekil 5'de yıllık çalışma zamanının taşıma maliyeti ile ilgisi gösterilmektedir. Kamyonun yıllık çalışma zamanının artması ile taşıma maliyetinin düştüğü ve bunun sonucu iş maknâlarının optimum kullanma zamanlarında çalıştırılmaları gerçeği ortaya çıkmaktadır. Taşıma maliyetinin düşmesi ile taşıma maliyeti teşkil eden amortisman-sermaye maliyeti, tamir-bakım maliyeti, ve sigorta maliyeti paylarında da düşme olmasına karşılık işçilik ve akaryakıt maliyet paylarının sabit kaldığı belirlenmektedir.

Taşıma güzergahının hem kesit değişikliği ve hem de rakım değişikliğinde taşıma maliyetinin büyük ölçüde değiştiği Şekil 6 da açık olarak görülmektedir. Burada görülen relatif yüksek taşıma maliyeti, taşınan malzeme yoğunluğunun 1.75 t/m gibi yüksek olması ile Şekil 4 de verilen yol güzergahında verilen hız kısıtlamalarından olduğu sonucu tesbit edilmiştir (Şentürk, 1978).

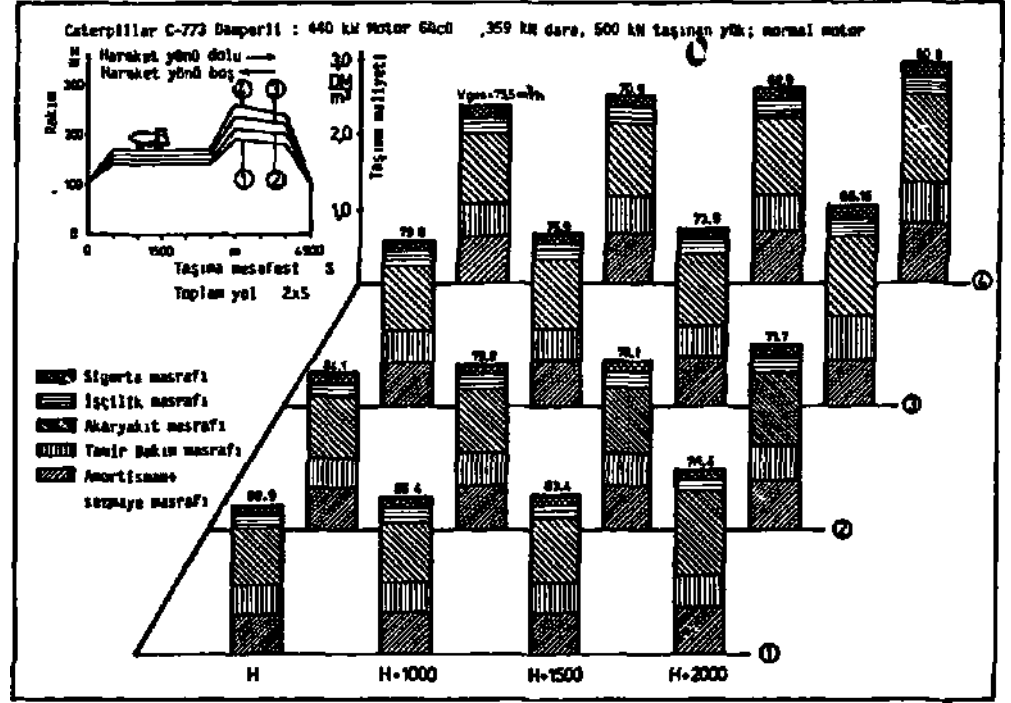
Şekil 7'de değişik tip ve büyüklükteki kamyonların değişik taşıma uzaklıkları için taşıma maliyetlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir. Bu karşılaştırmada kamyonlar kendi teknik kapasitelerinde çalışmakta ve yıllık çalışma zamanı dikkate alınmamıştır. Bu karşılaştırmadan optimum kamyon ve kamyon kombinasyonunun seçimi yapılabilmektedir.

5. SONUÇ

Mühendislik problemlerinin bilgisayarla çözümünde en çok FORTRAN IV dili kullanılmaktadır. Makinadan bağımsız yazılmış her türlü mühendislik problemlerini çözebilen programlar geliştirilmiş ve kullanılmaktadır.

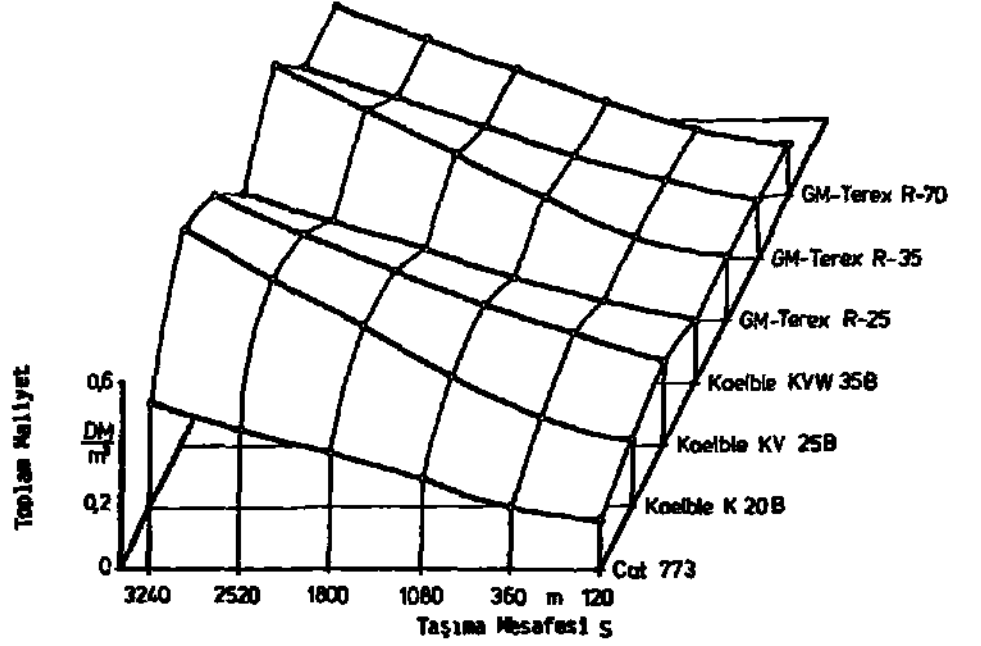


Şekil 4. Kamyon Taşımacılığında Çekme Kuvveti-Hız ve Zaman Diyagramları



Şekil 6. Taşıma Maliyetinin Değişik Güzergah ve Çeşitli Rakımlara Göre Değişmesi "x" +£

Değişik Kamyonlarda Saatlik Taşıma Kapasitesi								
Araç Tipi	GM-Terex R-70	GM-Terex R-35	GM-Terex R-25	Koelble KVW35B	Koelble KV25B	Koelble K 20B	Cot 773	
Motor G. (kW)	480	294	220	320	235	177	440	
Yük (kN)	635	317,5	227	350	270	200	500	
Kasa Hacmi (m ³)	41,2	22	15	24	15	13	34,8	
Mesafe (m)	120	1000 m ³ /h	536 m ³ /h	351 m ³ /h	571 m ³ /h	358 m ³ /h	309 m ³ /h	803 m ³ /h
	360	741 m ³ /h	396 m ³ /h	262 m ³ /h	425 m ³ /h	266 m ³ /h	230 m ³ /h	664 m ³ /h
	1080	536 m ³ /h	305 m ³ /h	182 m ³ /h	334 m ³ /h	215 m ³ /h	159 m ³ /h	460 m ³ /h
	1800	403 m ³ /h	297 m ³ /h	135 m ³ /h	262 m ³ /h	170 m ³ /h	117 m ³ /h	360 m ³ /h
	2520	322 m ³ /h	194 m ³ /h	107 m ³ /h	216 m ³ /h	141 m ³ /h	92 m ³ /h	300 m ³ /h
	3240	268 m ³ /h	165 m ³ /h	89 m ³ /h	184 m ³ /h	120 m ³ /h	75 m ³ /h	254 m ³ /h



Sekil 7. Değişik Tip ve Büyüklükteki Kamyonların Farklı Taşıma Mesafeleri İçin Taşıma Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Maden işletmeciliğinde de geliştirilen ve kullanım alanları her geçen gün artmakta olan bilgisayar programlarına örnek olarak, Havalandırma Programları, Basınçlı Hava Programları, Rezerv Hesaplama Programları, Kayaç Mekaniği ve Şev duraylılığı Programları, Maliyet Prospeksiyon ve Termin Hazırlama Programları, Elektrik Şebeke Programları, Band Konveyör taşıma programları. Demir yolu taşıma Programları vebanzeri programlar sayılabilmektedir.

Madencilik kamyon taşımacılığı için Program ERBAU geliştirilmiştir. Bu bilgisayar programı, ayrıca hareket edebilen diğer iş makinalarının kapasite ve maliyet hesaplamalarında da uygulanabilmektedir. Bu iş makinalarına örnek olarak scraper, loader, dozer sayılabılır.

FORTRAN IV dilinde geliştirilen Bilgisayar Programı ERDBAU ile daha Önceleri çok uzun süre alan hesaplamaların kısa zamanda ve daha detaylı olarak çözümlenmesi mümkün olmaktadır.

Bu bilgisayar programı ile verilen taşımacılık problemlerinin çözümünde değişik etkenler dikkate alınarak optimum kamyon seçimini kolaylaştırmaktadır.

Kamyon taşımacılığında, taşıma kapasitesinin hesabında en önemli etken zaman olmaktadır. Kamyonun gidiş-dönüş sürelerinin hesabında ortalama hız; dolayısı ile taşımanın yapıldığı yolun önemi açıkça ortaya çıkmaktadır; bu sebeple kamyon taşımacılığında yolun seçimine ve bakımına Özen gösterilmiştir.

Taşıma maliyetinde, amortisman + sermaye masrafı, tamir + bakım masrafı, sigorta masrafı ve benzerleri masraflar, kamyonun yıllık çalışma süresinin artması ile taşıma maliyetindeki payları azaltmaktadır. Bunun sonucu olarak taşıma maliyetini düşürmek için yıllık çalışma süresini optimum seviyeye yükseltmek gerekmektedir.

Bilgisayar programında kullanılan verilerin sıhhatli ve gerçeğe yakınlığı oranında sonuçların inanırlılığı artmaktadır.

Belli bir kamyonun ekonomik kullanımının seçimi yanında çeşitli kamyonların yatırım hesaplamalarının birbirleriyle karşılaştırılması da bilgisayar programıyla daha kısa sürede yapılabilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- FISCHER- H., 1976; "Das Braunkohlenprojekt Elbistan", Braunkahle, H-4.
- GEORGEN, H., 1971; "Planüberlegungen für den Abbau grossmaechtiger Torfuorkommen", Braunkohle, K-273.
- GEORGEN, H., 1973; "Planische Überlegungen zu einer Heizwert.und Vorratsuerbesserung in Heizwertarmen Braunkohlen Tagebauen", Braunkohle, H-1.
- GOLD, O., 1972; "Elbistan-Erfolg einer Untersuchung der Türkei auf Braunkohle", Braunkohle, Nr. 8.
- KÜHN, G., 1974; "Die Mechanik des Baubetriebes, Teil 1", Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin.
- KORAK, J., 1979; "Technisch - wirtschaftlich Untersuchung der Transportbetriebsmittel", Diss. Aachen.
- LEUSCHNER, H-J., 1972; "Planungskriterien für den Aufschluss des Braunkohle-Tagebaues Hambach", Braunkohle, S.273.
- ŞENTÜRK, A. ve Wenzel, J-M., 1976; "EDV-Programm als Entscheidungshilfe beim Einsatz van Erdbaugeraten in Tagebaubetrieben", fördern u. heben,26.
- ŞENTÜRK, A., 1978; "Einsatz der EDV zur Berechnung des Hiifsgerateeeinsatzes im Tagebau", Diss. Aachen.
- ŞENTÜRK, A., 1982; "Maden işletmeciliğinde band konveyörlerin kapasite ve maliyet hesaplamalarının bilgisayarlardan yararlanılması", 'yayınlanmamış).
- VOLG, W., 1977; "Das Braunkohlenprojekt Elbistan", Braunkohle, H.4.
- WENZEL, J-M., 1974; "Technische u. wirtschaftliche Untersuchungen zur kapazitiven Ausnutzung von Tagebau - Grossabsetzern", Diss. Aachen.

