



BELİRLİ BİR DEKAPAJ İÇİN DEĞİŞİK EKSKAVATÖR-KAMYON KOMBİNASYONLARININ MALİYET ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

(EVALUATION OF DIFFERENT EXCAVATOR-TRUCK COMBINATIONS WITH
COST ANALYSIS FOR A DEFINITE STRIPPING)

Yalçın ÇEBİ*, M. Murat AKSOY**

ÖZET/ABSTRACT

Açık işletmelerde yaygın olarak ekskavatör-kamyon yöntemi kullanılmaktadır. Birlikte çalışabilecek en uygun ekskavatör-kamyon kombinasyonunun belirlenmesi için ekonomik ve teknik analizler yapılmaktadır. Bu değerlendirmelerde teknik olarak uygulanabilecek olası tüm kombinasyonların ele alınıp maliyet analizlerinin yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, farklı firmalara ait değişik kapasitelere sahip ekskavatör ve kamyon kombinasyonları için maliyet analizleri yapılmış ve birim maliyet açısından, bir kamyonu doldurmak için en uygun döngü sayısının ne olması gerektiği araştırılmıştır.

Excavator-truck method is the commonly used method in open pits. Economical and technical analysis has been carried out in order to determine the most suitable excavator-truck combination. In these evaluations, all technically possible combinations should be analysed and their cost analysis should have been carried out.

In this study, cost calculations of combinations formed with different types of excavator and trucks from different companies have been carried out, and number of cycles required to fill a truck has been investigated from the economical point of view.

ANAHTAR KELİMELEK/KEYWORDS

Açık işletme, Ekskavatör, Kamyon, Periyod sayısı, Birim maliyet
Open-pit, Excavator, Truck, Number of cycle, Unit cost

* Dokuz Eylül Üniversitesi, Bilgisayar Müh. Böl., Bornova, İZMİR

**Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulu, Buca, İZMİR

1.GİRİŞ

Günümüzde açık işletmelerde en yaygın olarak kullanılan kazı-nakliye yöntemi ekskavatör-kamyon yöntemidir (Köse vd., 1996). Diğer kazı-nakliye yöntemleri ile karşılaştırıldığında özellikle yedek parça, bakım-onarım ve yakıt gibi maliyet kalemlerinde ekonomik olarak daha dezavantajlı olmasına karşın, çok esnek ve her türlü parametrelerde uygulanabilme yeteneği gibi faktörler bu yöntemi en çok kullanılan yöntem konumuna getirmiştir (Köse, 1996).

Ekskavatör-kamyon yönteminde birlikte çalışması öngörülen ekskavatör ve kamyonun seçiminde, teknolojik olarak kullanılabilir tüm alternatiflerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu alternatiflerin tümünün değerlendirilebilmesi ancak bilgisayar yardımı ile olabilmektedir. Bu amaca yönelik olarak gerek makina-ekipman üreten firmalar, gerekse de çeşitli kurumlar tarafından çeşitli bilgisayar programları hazırlanmıştır (Aksoy, 1999; Çebi vd., 1994).

Bu çalışmada, bir ekskavatörün bir kamyonu doldurabilmesi için gerekli kepçe sayısı ile birim maliyet arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla farklı firmalara ait ekskavatör ve kamyon kombinasyonları için maliyet analizleri yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

2.HESAPLAMALARDA TEMEL ALINAN VERİLER

2.1.Malzeme Özellikleri ve Çalışma Koşulları

Hesaplamlarda üretim kapasitesi 10000000 m³(yerinde)/yıl olarak seçilmiştir. Malzeme yerinde yoğunluğu 2.5 t/m³, kabarma faktörü ise 1.3 olarak kabul edilmiştir. Malzemenin iyi patlatılmış olduğu, zeminde su sorunu olmadığı varsayılmış, genel işyeri verimi 0.75, kepçe dolm faktörü ise 0.9 olarak alınmıştır.

Nakliye yolu 1500 m gidiş, 1500 m geliş olmak üzere toplam 3000 m olarak seçilmiş olup, yol ile ilgili bilgiler Çizelge 1’de verilmektedir.

Çizelge 1. Yol bilgileri

Dolu Gidiş				Boş Dönüş			
Yol Bölümü	Uzunluk [m]	Eğim [%]	Yuvarlanma Direnci	Yol Bölümü	Uzunluk [m]	Eğim [%]	Yuvarlanma Direnci
1	250	0	5	5	900	0	4
2	100	6	5	4	150	-6	5
3	100	0	5	3	100	0	5
4	150	6	5	2	100	-6	5
5	900	0	4	1	250	0	5

2.2.Yakıt, Yağ ve İşçilik Fiyatları

Hesaplamlar sırasında kullanılan ekskavatörlerin tümü hidrolik-paletli ve dizel ekskavatör olduğundan, kazı ve nakliye aşamasında elektrik kullanımının olmadığı varsayılmıştır. Yakıt, yağ ve işçilik birim fiyatları Çizelge2’de verilmektedir.

Çizelge 2. Birim enerji, yağ ve işçilik fiyatları

Mazot:	Yağ :	İşçilik :
0.5USD/L	2 USD/L	20 USD/gün

2.3. Kullanılan Ekipman

Maliyet hesaplamaları, 3 ayrı firmaya ait 16 ekskavatör ve 2 ayrı firmaya ait 12 değişik kapasitede kamyon kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan kodlama sistemi Çizelge3'de verilmektedir.

Çizelge 3. Kodlama sistemi

Kod	Açıklamalar		
Exx-yy.y	E: Ekskavatör	xx : sıra no	yy.y : Kepçe Kapasitesi (m ³)
Kxx-yyy.y	K: Kamyon	xx : sıra no	yyy.y : Kasa Kapasitesi (m ³)

Hesaplamalarda kullanılan ekskavatörlere ait bilgiler Ek-1'de, kamyonlara ait bilgiler ise Ek-2'de verilmektedir (Caterpillar, 1998; Komatsu, 1997; Liebherr, 1993).

Ekskavatör kepçe kapasiteleri 4.40 m³ ile 24.00 m³ arasında değişmekte olup, E03-05.2, E06-06.5, E08-09.0, E10-10.5, E11-12.0, E13-17.0 ve E15-18.0 kodlu ekskavatörler önden yükleyici, diğerleri ise ters kepçe yükleyicidir.

Kullanılan kamyonların tümü arkadan boşaltmalı (rear-dump) kamyon olup, kamyon kapasiteleri 24.0 m³'ten 147.50 m³'e kadar değişmektedir.

2.4. Teknik Kabuller

Ekskavatör-kamyon kombinasyonlarının birim maliyetlerinin hesaplanması sırasında, bir kamyonu doldurmak için gerekli döngü sayısının teknik olarak kabul edilebilir sınırlar içinde olması gerekmektedir. Bunun için de öncelikle bir ekskavatörün bir kamyonu doldurması için gerekli döngü sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Bu değerlerden yola çıkarak hangi kombinasyonların uygulanabilir olduğu belirlenmelidir.

Ekskavatör kepçe kapasitesinin artması ile, aynı kapasitede kamyonu doldurmak için daha az sayıda döngü gerekmekte, bir seferde bırakılan büyük yükler kamyon altyapısını zorlamakta, gerek kamyon şasisine, gerekse de diğer donanımlarına zarar verebilmektedir.

Örneğin, K01-024.0 kamyonu için kullanılan ekskavatörler incelendiğinde, E01-04.4 ekskavatörü kullanıldığında 7 olan döngü sayısının, ekskavatör kepçe kapasitesinin artmasına paralel olarak düştüğü, E16-24.0 da ise bu kamyonun dolması için yalnızca 2 kepçenin yeteceği görülmektedir (Ek 4).

Kamyon kapasitesinin artması ile de, bir ekskavatör bir kamyonu doldurmak için çok sayıda döngüye ihtiyaç duymakta, bu sayı işletme organizasyonu ve teknik düzenlemeleri bozacak boyutlara erişebilmektedir.

Örneğin, E01-04.4 ekskavatörünün K01-024.0 ile yaptığı kombinasyonda, bu kamyonu doldurmak için gerekli kepçe sayısı 6.1 (7) iken, bu değer kamyon kapasitesinin artmasına bağlı olarak artmakta ve K12-147.5 kamyonu ile yapılan kombinasyonda maksimum değeri olan 37.2 (38) değerine ulaşmaktadır (Ek 4).

Bu nedenle, kullanılan tüm ekskavatör ve kamyon kombinasyonları için birim maliyet analizi yapılmasına rağmen, bir kamyonu doldurmak için gerekli döngü sayısının 3'den küçük ve 7'den büyük olduğu alternatifler değerlendirmeye dahil edilmemiş, belirtilen sınırlar içinde kalan kombinasyonlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

3. KOMBİNASYONLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Ekskavatör Sayıları

Üç ayrı firmaya ait toplam 16 ekskavatör için değerlendirme yapılmış ve kabul edilen 10000000 m³(yerinde)/yıl kazı miktarını gerçekleştirebilecek ekskavatör saatlik kapasiteleri (yerinde) ve sayıları Çizelge 4’de verilmiştir.

En düşük kepçe kapasitesine sahip olan E01-04.4 ekskavatörünün saatlik kapasitesi, daha büyük kepçe kapasitesine sahip olan E02-05.0 ekskavatöründen daha yüksek olduğundan, aynı kazı miktarı için E01-04.4’den 6 adet gerekirken, E02-05.0 ekskavatöründen ise 5 adet gerekmektedir. Kepçe kapasiteleri farklı olmasına karşın, E06-06.5’in döngü süresinin E03-05.2’ye göre %30 daha fazla olması sonucunda, E03-05.2 ve E06-06.5’in saatlik kapasitelerinin birbirlerine yakın değerlerde oluşmaktadır.

Çizelge 4. Ekskavatör saatlik kapasite ve sayıları

Ekskavatör	Kodlar								
	E01-04.4	E02-05.0	E03-05.2	E04-05.7	E05-06.0	E06-06.5	E07-08.0	E08-09.0	
Kapasite (m³/saat)	403.2	333.8	437.8	409.8	400.5	433.9	534.1	600.8	
Sayı	Hesaplanan Değer	5.1	6.2	4.7	5.1	5.1	4.7	3.9	3.4
	Tamsayı Değer	6	7	5	6	6	5	4	4

Ekskavatör	Kodlar								
	E09-09.5	E10-10.5	E11-12.0	E12-13.6	E13-17.0	E14-18.0	E15-18.0	E16-24.0	
Kapasite (m³/saat)	634.2	726.9	801.1	1008.8	1080.8	1201.6	1201.6	1699.3	
Sayı	Hesaplanan Değer	3.2	2.8	2.6	2.1	1.9	1.7	1.7	1.2
	Tamsayı Değer	4	3	3	3	2	2	2	2

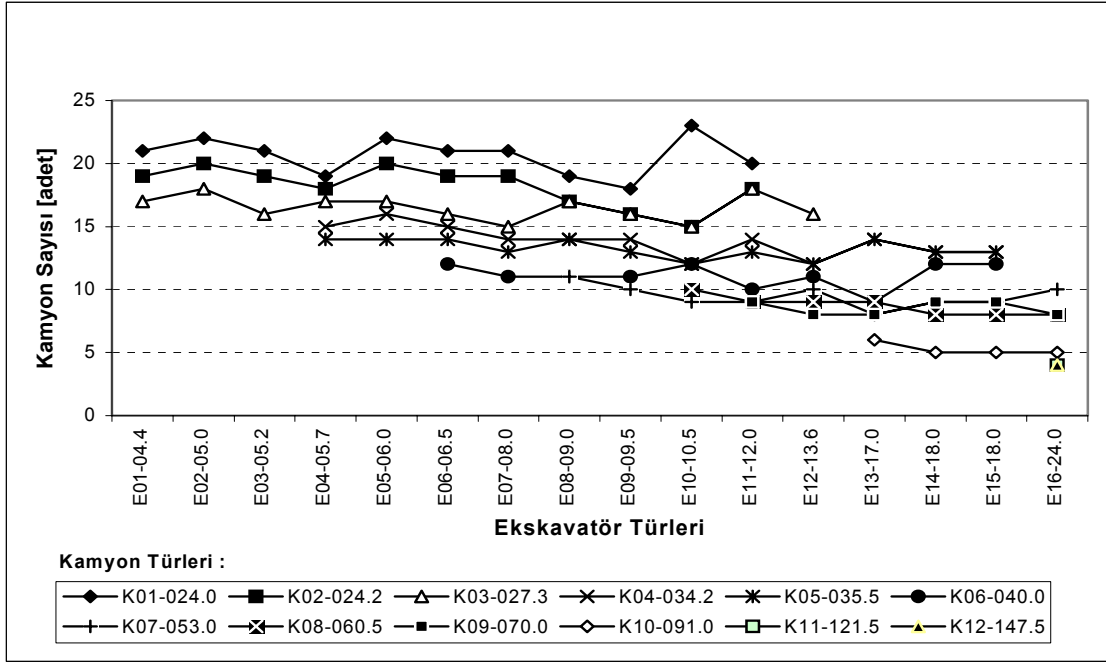
3.2. Kamyon Saatlik Kapasiteleri ve Sayıları

Tüm kombinasyonlar için gerekli kamyon sayıları ve saatlik kapasiteleri Ek 3’de, değerlendirmeye dahil edilen kombinasyonlar için kamyon sayıları ise Şekil 1’de verilmektedir.

Kamyon saatlik kapasiteleri ile gerekli kamyon sayıları arasındaki ilişkiye bakıldığında, birbirleri ile uyum içinde oldukları, aynı kamyon için maksimum saatlik kapasitenin elde edildiği ekskavatör türünde minimum sayıda kamyonu, minimum saatlik kapasitenin elde edildiği ekskavatör türünde de maksimum sayıda kamyonu gereksinim duyulduğu görülmektedir.

Örneğin, K01-024.0 kamyonu ele alındığında en düşük saatlik kapasitenin 90.5 m³/saat ile E10-10.5 ekskavatörü ile oluşturulan kombinasyonda elde edildiği ve bu kombinasyon için gerekli kamyon sayısının 23 olduğu görülmektedir. En yüksek saatlik kapasitenin elde edildiği E09-09.5 kombinasyonunda ise 116.6 m³/saat saatlik kapasite elde edilmekte ve kamyon sayısı ise 18’e düşmektedir.

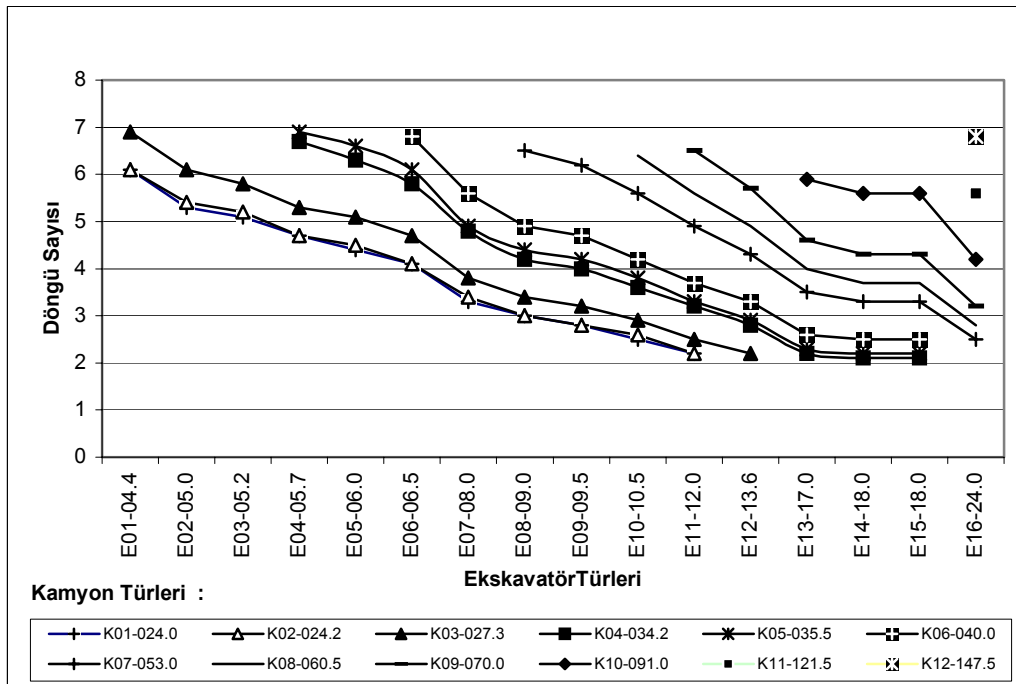
Aynı durumla diğer kamyon türlerinin incelenmesi sonucunda da karşılaşılmaktadır. Kamyon sayısının minimum olduğu kombinasyonlarda, kamyon saatlik kapasitesi maksimum değere ulaşmaktadır.



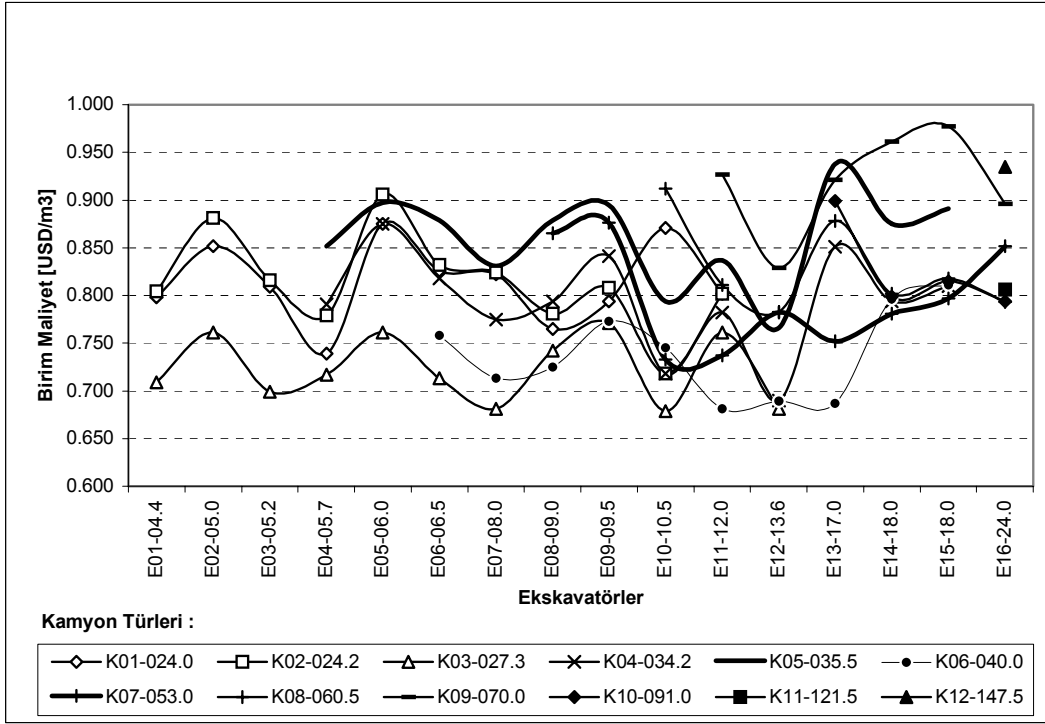
Şekil 1. Kombinasyonlardaki kamyon sayıları

3.3. Döngü Sayıları ve Birim Maliyetler

Tüm kombinasyonlar için, bir kamyonu doldurmak için gerekli döngü sayıları ve birim maliyetler Ek-4 ve Ek-5'te verilmektedir. Değerlendirmeye dahil edilen kombinasyonlardaki bir kamyonu doldurmak için gerekli döngü sayıları Şekil 2'de, birim maliyetler ise Şekil 3'te verilmektedir. Bir kamyonu doldurmak için gerekli döngü sayısı ekskavatör kepçe kapasitesinin artmasına bağlı olarak azalmakta, kamyon kapasitesinin artmasına paralel olarak artmaktadır.



Şekil 2. Kombinasyonlardaki döngü sayıları



Şekil 3. Kombinasyonlardaki birim maliyet

Birim maliyetler kullanılan ekskavatör ve kamyon türlerine göre değişkenlik göstermekte olup, birim maliyet ile ekskavatör kepçe kapasitesi arasında doğrusal bir ilişki bulunmamaktadır. Birim maliyetlerde ekskavatör kepçe kapasitesinin artması ile birlikte bir değişim söz konusu olsa da, farklı ekskavatör türlerindeki kapasite ve amortisman süresi farklılıkları nedeniyle belirli bir bant içinde dalgalanmalar görülmüştür.

Tüm kombinasyonlar için oluşan birim maliyetler iki açıdan incelenmiştir:

- Seçilen kamyonun en düşük birim maliyetle çalışabileceği ekskavatörün bulunması,
- Seçilen ekskavatörün en düşük birim maliyetle çalışabileceği kamyonun bulunması.

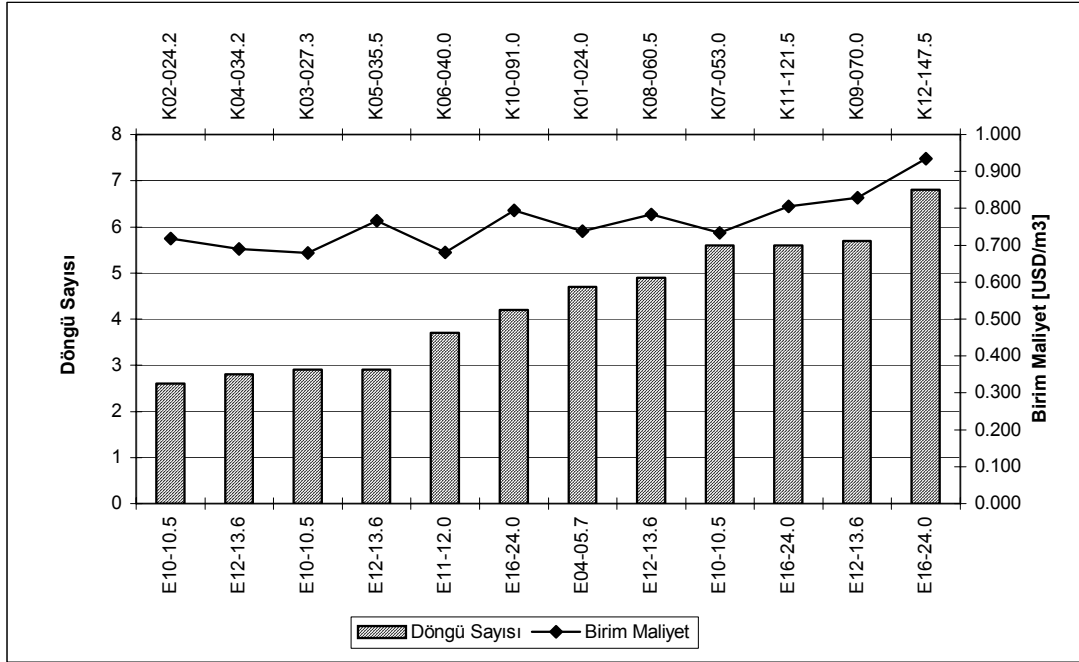
Kamyon türleri açısından ele alındığında, K01-024.0'ın birlikte çalıştığı ekskavatörler arasında en düşük birim maliyetin, 4.7 (~5) döngü sayısı ve 0.739 USD/m³ ile E04-05.7 kombinasyonunda olduğu görülmüştür. K02-024.2 için en uygun ekskavatör 2.6 (~3) döngü sayısı ve 0.718 USD/m³ ile E10-10.5 olmuştur (Ek-5). K11-121.5 ve K12-147.5 kamyonları ise döngü sayısı yönünden yalnızca E16-24.0 ekskavatörü ile çalışabildiklerinden, her iki kamyon için de bu ekskavatör en uygun olarak belirlenmiştir.

Kamyon türlerine göre elde edilen en düşük birim maliyete sahip olan kombinasyonlar Çizelge 5 ve Şekil 4'de verilmektedir.

Kamyon türlerine göre birim maliyeti en düşük olan kombinasyonlar incelendiğinde, en az sayıda kepçe ile yüklemenin söz konusu olduğu E10-10.5-K02-024.2 kombinasyonunda 2.6 (~3) kepçe ile bir kamyonun dolmakta olduğu, bu kombinasyonun birim maliyetinin ise 0.718 USD/m³ olduğu görülmektedir. Kepçe sayısının tamsayı değere yaklaşmasıyla birim maliyet azalmakta ve E10-10.5-K03-027.0 kombinasyonunda 2.9 (~3) kepçe sayısı ile 0.679 USD/m³ birim maliyet elde edilmiştir. E12-13.6'nın ekonomik ömrünün düşük, dolayısıyla amortisman giderlerinin yüksek olması nedeniyle, döngü sayısı aynı olmasına rağmen E12-13.6-K05-035.5 kombinasyonunun birim maliyeti bu kombinasyondan daha yüksek (0.766 USD/m³) sonuçlanmıştır.

Çizelge 5. Seçilen kamyonun birlikte çalışabileceği en uygun ekskavatörler

Ekskavatör Türü	Kamyon Türü	Birim Maliyet [t/m ³]	Döngü Sayısı	Döngü Sayısı (Tam)	Ekskavatör Sayısı	Kamyon Sayısı
E10-10.5	K02-024.2	0.718	2.6	3	3	15
E12-13.6	K04-034.2	0.690	2.8	3	3	12
E10-10.5	K03-027.3	0.679	2.9	3	3	15
E12-13.6	K05-035.5	0.766	2.9	3	3	12
E11-12.0	K06-040.0	0.681	3.7	4	3	10
E16-24.0	K10-091.0	0.794	4.2	5	2	5
E04-05.7	K01-024.0	0.739	4.7	5	6	19
E12-13.6	K08-060.5	0.783	4.9	5	3	9
E10-10.5	K07-053.0	0.733	5.6	6	3	9
E16-24.0	K11-121.5	0.806	5.6	6	2	4
E12-13.6	K09-070.0	0.829	5.7	6	3	8
E16-24.0	K12-147.5	0.935	6.8	7	2	4



Şekil 4. Kamyon türlerine göre birim maliyeti en düşük olan kombinasyonlar

Bir sonraki en düşük birim maliyet, 0.681 USD/m³ ve 3.7 döngü sayısı ile E11-12.0-K06-040.0 kombinasyonunda ortaya çıkmıştır. E11-12.0 ve K06-020.0'in ekonomik ömürleri düşük olmasına rağmen, yakıt tüketimlerinin az olması bu yöntemi ikinci en avantajlı yöntem haline getirmiştir.

Ekskavatör türlerine göre elde edilen en düşük birim maliyete sahip olan kombinasyonlar Çizelge 6 ve Şekil 5'te verilmektedir.

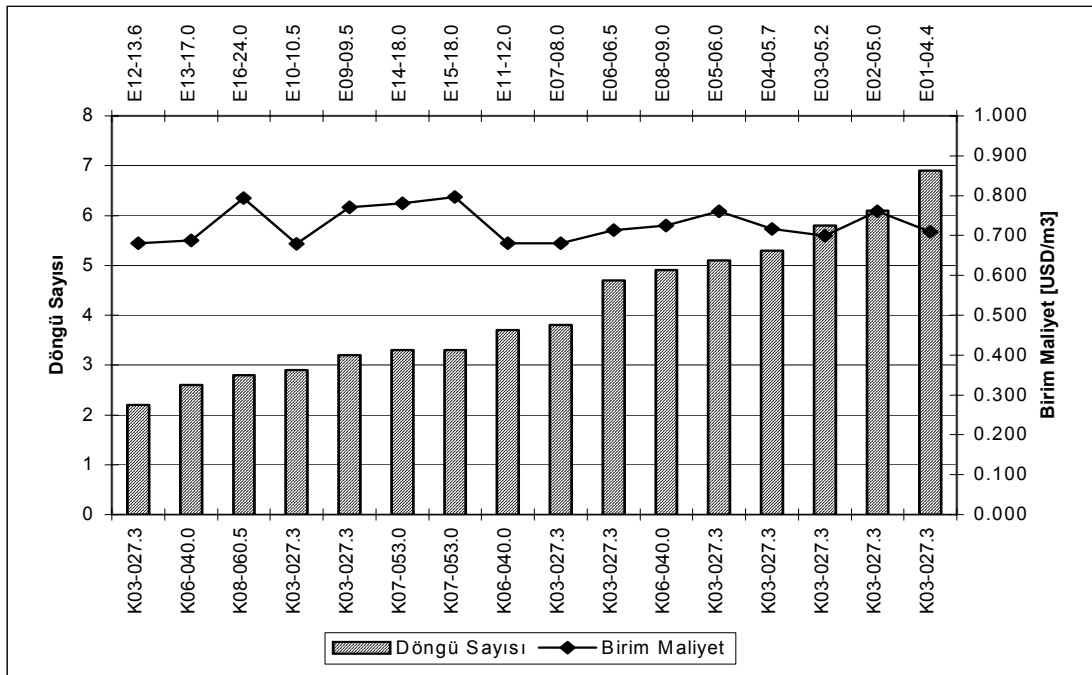
En az sayıda döngü ile yüklemenin söz konusu olduğu E12-13.6-K03-027.3 kombinasyonunda 2.2 (3) döngü ile bir kamyon dolmakta olup, bu kombinasyonun birim maliyeti 0.681 USD/m³ olmuştur. Döngü sayısının tamsayı değere yaklaşmasıyla birim maliyet düşmüş ve E10-10.5-K03-027.0 kombinasyonunda 2.9 (3) döngü sayısı ile 0.679 USD/m³ birim maliyet elde edilmiştir. Döngü sayısının artması ile birim maliyet

0.797 USD/m³ değerine kadar yükselmiş (3.3→4 döngü), daha sonra ise yeniden 0.681 USD/m³ seviyesine düşmüştür (3.7→4 döngü).

Döngü sayısının daha da artması ile birlikte yeniden artan birim maliyet, 5.1→6 döngü düzeyinde ve E05-6.0-K03-027.0 kombinasyonunda 0.761 USD/m³ seviyesine yükselmiş, döngü sayısının maksimum (6.9→7 döngü) olduğu E01-04.4-K03-027.3 kombinasyonunda ise 0.709 USD/m³ seviyesine düşmüştür.

Çizelge 6. Seçilen ekskavatörün birlikte çalışabileceği en uygun kamyonlar

Ekskavatör Türü	Kamyon Türü	Birim Maliyet [t/m ³]	Döngü Sayısı	Döngü Sayısı (Tam)	Ekskavatör Sayısı	Kamyon Sayısı
E12-13.6	K03-027.3	0.681	2.2	(3)	3	16
E13-17.0	K06-040.0	0.687	2.6	(3)	2	9
E16-24.0	K08-060.5	0.793	2.8	(3)	2	8
E10-10.5	K03-027.3	0.679	2.9	(3)	3	15
E09-09.5	K03-027.3	0.771	3.2	(4)	4	16
E14-18.0	K07-053.0	0.781	3.3	(4)	2	9
E15-18.0	K07-053.0	0.797	3.3	(4)	2	9
E11-12.0	K06-040.0	0.681	3.7	(4)	3	10
E07-08.0	K03-027.3	0.681	3.8	(4)	4	15
E06-06.5	K03-027.3	0.713	4.7	(5)	5	16
E08-09.0	K06-040.0	0.725	4.9	(5)	4	11
E05-06.0	K03-027.3	0.761	5.1	(6)	6	17
E04-05.7	K03-027.3	0.717	5.3	(6)	6	17
E03-05.2	K03-027.3	0.699	5.8	(6)	5	16
E02-05.0	K03-027.3	0.761	6.1	(7)	7	18
E01-04.4	K03-027.3	0.709	6.9	(7)	6	17



Şekil 5. Ekskavatör türlerine göre birim maliyeti en düşük olan kombinasyonlar

K03-027.3 kamyonu, gerek birim fiyatı, gerekse birim yakıt tüketiminin düşüklüğü nedeniyle, 16 ekskavatörün 10 tanesinde en uygun kamyon olma özelliğini korumuştur.

3.4. Kamyon Saatlik Kapasitesi-Birim Maliyet İlişkisi

Değerlendirmelere dahil edilen kombinasyonlarda oluşan birim maliyetlerle kamyon saatlik kapasiteleri incelendiğinde, en düşük birim maliyetin maksimum kamyon saatlik kapasitesine sahip kombinasyonlarda oluşmadığı görülmüştür.

K01-024.0'ın birlikte çalıştığı ekskavatörlere bakıldığında, en düşük birim maliyetin 4.7 kepçe sayısı ve 0.739 USD/m^3 ile E04-05.7 kombinasyonunda olduğu görülmüştür. Bu kombinasyondaki kamyon saatlik kapasitesi $108.9 \text{ m}^3/\text{saat}$ olup gerekli kamyon sayısı ise 19 olmuştur. Aynı kamyon için diğer ekskavatör türlerine bakıldığında, en yüksek kamyon kapasitesinin ($116.6 \text{ m}^3/\text{saat}$) ve en az kamyon sayısının (18 adet) E09-09.5 ekskavatörü ile sağlandığı görülmüştür.

Tüm kombinasyonlar içinde birim maliyeti en düşük olan E10-10.5-K03-27.3 kombinasyonunda kullanılan K03-027.3'ün birlikte çalıştığı ekskavatörlere bakıldığında en yüksek kamyon kapasitesinin $146.6 \text{ m}^3/\text{saat}$ ile E10-10.5 ile yapılan kombinasyonda elde edildiği görülmektedir.

E10-10.5-K02-024.2, E12-13.6-K04-034.2, E12-13.6-K05-035.5 kombinasyonlarında kamyon saatlik kapasitesinin en yüksek olduğu noktalarda en düşük birim maliyetlerin elde edilmesine rağmen, kamyon kapasitesi büyüdükçe bu yaklaşım değişmekte, en düşük birim maliyetle en yüksek kamyon verimi arasında herhangi bir bağlantı kalmamaktadır.

Buna göre, kamyon saatlik kapasitesi ile birim maliyet arasında düşük kamyon kapasitelerinde genel olarak bir bağlantı olduğu, kamyon kapasitesinin artmasına bağlı olarak bu bağlantının ortadan kalktığı görülmektedir.

4. SONUÇ

Ekskavatör-kamyon kombinasyonlarında en uygun ikilinin seçilmesi ancak tüm alternatiflerin detaylı analizi ile mümkün olmaktadır. Bir kamyonu doldurmak için gerekli döngü sayısının toplam maliyet üzerinde oldukça büyük etkisi bulunmaktadır.

Kamyon saatlik kapasitesi, kamyon kapasitesinin küçük olduğu durumlarda genel maliyetlerde etkili olmakta, kamyon kapasitesinin büyümesi ile etkisini azaltmaktadır.

Birim maliyetin, bir kamyonu doldurmak için gerekli döngü sayısının tamsayıya yaklaşmasıyla düşmesi, ekskavatör kepçe kapasitesi ile kamyon kapasitesinin birbirleri ile uyum içinde olması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

16 ekskavatör ve 12 kamyonun oluşturduğu kombinasyonların tümü için yapılan birim maliyet analizleri sonucunda en düşük birim maliyetin, ekskavatörün kamyonu 3 döngü ile doldurduğu kombinasyonda (E10-10.5-K03-027.0) olduğu görülmüştür.

Açık işletmelerde yaygın olarak kullanılan ekskavatör-kamyon yönteminde, önceden iyi bir maliyet analizinin yapılması, ekskavatörün ve kamyonun ayrı firmalardan alınması alternatifini de getirecektir.

KAYNAKLAR

- Aksoy, M.M., (1999): "Computer Aided Comparison of Open-Pit Operating Systems", Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Caterpillar, (1998): "Performance Handbook Edition 29", Illinois, USA.
- Çebi, Y., Köse H., Yalçın E., (1994): "A Computer Program for the Selection of Open-Pit Mining Equipment and Economical Evaluation of Open-Pit Mining Methods", Proceedings of the Third International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, İstanbul, TURKEY.
- Komatsu, (1997): "Specifications and Applications Handbook Edition 18", Tokyo, Japonya.
- Köse H., Yalçın E., Şimşir F., Konak G., Onargan T., Kızıl M.S., (1996): "Açık İşletme Tekniği", Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:256, İzmir.
- Liebherr, (1993): "Performance Handbook".

Ek 1. Ekskavatörlere ait veriler (Caterpillar, 1998; Komatsu, 1997; Liebherr, 1993)

Ekskavatör Kodu	Kepçe Kapasitesi [m ³]	Maks.Boşaltma Yüksekliği [m]	Yakıt Tüketimi [l/saat]	Yağ Tüketimi [l/saat]	Döngü Süresi [sn]	Birim Fiyatı(*) [USD]	Ekonomik Ömür [saat]
E01-04.4	4.40	10.30	48.00	0.808	20.40	550000	18000
E02-05.0	5.00	8.00	38.00	0.503	28.00	450000	12000
E03-05.2	5.20	7.34	70.00	0.808	22.20	600000	18000
E04-05.7	5.70	8.48	60.00	0.840	26.00	620000	35000
E05-06.0	6.00	9.80	46.00	0.642	28.00	800000	18000
E06-06.5	6.50	8.10	46.00	0.642	28.00	900000	18000
E07-08.0	8.00	9.80	55.00	0.747	28.00	1100000	18000
E08-09.0	9.00	8.50	55.00	0.747	28.00	1250000	18000
E09-09.5	9.50	9.90	75.00	1.451	28.00	1450000	18000
E10-10.5	10.50	8.35	114.00	1.002	27.00	1900000	50000
E11-12.0	12.00	10.00	75.00	1.451	28.00	1615000	50000
E12-13.6	13.60	9.70	114.00	1.002	25.20	1700000	18000
E13-17.0	17.00	10.30	204.00	1.911	29.40	3900000	50000
E14-18.0	18.00	10.80	110.00	1.827	28.00	3100000	18000
E15-18.0	18.00	11.20	110.00	1.827	28.00	3315000	18000
E16-24.0	24.00	9.80	204.00	1.911	26.40	3700000	50000

* : Mayıs 2000 Liste Fiyatları

Ek 2. Kamyonlara ait veriler (Caterpillar, 1998; Komatsu, 1997; Liebherr, 1993)

Kamyon Kodu	Kapasite [m ³]	Max. Boşaltma Yüksekliği [m]	Yakıt Tüketimi [l/saat]	Yağ Tüketimi [l/saat]	Birim Fiyatı(*) [USD]	Ekonomik Ömür [saat]	Lastik Birim Fiyatı (*) [USD]	Gidiş-Dönüş- Manevra Süresi t2+t3+t4 [d]
K01-024.0	24.00	3.15	24.00	0.370	324000	20000	3120	7.01
K02-024.2	24.20	3.22	40.00	0.624	355000	40000	3120	5.96
K03-027.3	27.30	3.43	26.00	0.370	343000	20000	3120	5.93
K04-034.2	34.20	3.55	37.00	0.550	439000	20000	4464	6.55
K05-035.5	35.50	3.78	53.00	0.787	580000	40000	5340	6.32
K06-040.0	40.00	3.86	41.00	0.550	458000	20000	5340	5.91
K07-053.0	53.00	3.99	48.00	0.750	687000	20000	8000	6.69
K08-060.5	60.50	4.17	74.00	1.211	900000	40000	8000	7.39
K09-070.0	70.00	4.45	65.00	1.110	1250000	40000	20000	8.15
K10-091.0	91.00	4.98	110.00	1.236	1530000	50000	12000	6.24
K11-121.5	121.50	5.21	141.90	1.778	1760000	50000	18000	6.96
K12-147.5	147.50	5.86	172.00	1.685	2500000	50000	20000	6.85

* :Mayıs 2000 Liste Fiyatları

Ek 3. Kamyon Saatlik Kapasiteleri ve Gerekli Kamyon Sayıları

		KAMYON TÜRLERİ																							
		K01-024.0		K02-024.2		K03-027.3		K04-034.2		K05-035.5		K06-040.0		K07-053.0		K08-060.5		K09-070.0		K10-091.0		K11-121.5		K12-147.5	
		V	#	V	#	V	#	V	#	V	#	V	#	V	#	V	#	V	#	V	#	V	#	V	#
EK SKA VAT ÖRT ÜRL ERİ	E01-04.4	101.8	21	113.7	19	127.3	17	144.5	15	148.5	14	165.0	13	183.9	12	192.3	11	204.3	11	264.4	8	292.3	8	315.5	7
	E02-05.0	93.7	22	104.4	20	119.1	18	138.5	15	140.9	15	157.1	14	177.4	12	176.7	12	189.5	11	238.2	9	260.4	8	282.0	8
	E03-05.2	102.2	21	113.2	19	131.6	16	139.1	15	157.5	14	163.6	13	189.9	11	201.3	11	207.8	10	272.2	8	304.2	7	335.3	7
	E04-05.7	108.9	19	120.2	18	121.5	17	146.9	15	149.6	14	171.0	13	184.7	12	197.9	11	205.9	10	268.1	8	294.7	7	320.3	7
	E05-06.0	94.4	22	104.5	20	125.3	17	135.0	16	154.6	14	160.5	13	189.8	11	190.9	11	201.2	11	264.8	8	285.9	8	313.9	7
	E06-06.5	102.2	21	113.2	19	135.7	16	146.2	15	149.0	14	173.8	12	192.6	11	195.0	11	207.8	10	277.1	8	303.7	7	329.1	7
	E07-08.0	98.2	21	110.5	19	140.9	15	157.3	14	160.4	13	190.6	11	198.9	11	205.7	11	226.6	10	305.2	7	337.9	7	368.2	6
	E08-09.0	110.5	19	124.3	17	124.3	17	147.3	14	151.9	14	187.9	11	200.6	11	231.4	9	237.7	9	313.2	7	355.0	6	392.9	6
	E09-09.5	116.6	18	131.2	16	131.2	16	155.5	14	160.3	13	198.3	11	211.8	10	222.6	10	231.4	9	330.6	7	361.5	6	403.7	6
	E10-10.5	90.5	23	145.0	15	146.6	15	173.6	12	177.2	12	184.9	12	236.2	9	221.9	10	232.6	9	348.6	6	386.6	6	439.0	5
	E11-12.0	103.4	20	117.1	18	117.1	18	155.1	14	158.5	13	211.3	10	231.4	9	251.4	9	235.2	9	341.1	7	396.0	6	459.7	5
	E12-13.6	118.5	18	134.3	16	134.3	16	177.7	12	183.6	12	192.1	11	224.8	10	252.7	9	273.1	8	363.7	6	437.1	5	497.0	5
	E13-17.0	146.5	15	163.9	13	163.9	13	153.0	14	156.5	14	234.7	9	272.7	8	255.0	9	284.5	8	389.7	6	447.8	5	521.6	4
	E14-18.0	155.1	14	175.7	12	175.7	12	163.8	13	167.6	13	175.7	12	230.2	9	272.5	8	253.6	9	416.6	5	482.0	5	524.9	4
	E15-18.0	155.1	14	175.7	12	175.7	12	163.8	13	167.6	13	175.7	12	230.2	9	272.5	8	253.6	9	416.6	5	482.0	5	524.9	4
	E16-24.0	109.2	19	124.6	17	124.6	17	218.4	10	226.0	10	237.1	9	216.0	10	285.9	8	267.5	8	413.6	5	525.4	4	596.8	4


:Değerlendirmeye dahil edilmeyen kombinasyonlar

:En yüksek saatlik kapasite

V:Kamyon Saatlik Kapasitesi [m³(yerinde)/saat]; # :Gerekli Kamyon Sayısı (yedek hariç)

Ek 4. Bir Kamyonu Doldurmak İçin Gerekli Döngü Sayıları

		KAMYON TÜRLERİ																							
		K01-024.0		K02-024.2		K03-027.3		K04-034.2		K05-035.5		K06-040.0		K07-053.0		K08-060.5		K09-070.0		K10-091.0		K11-121.5		K12-147.5	
		H	T	H	T	H	T	H	T	H	T	H	T	H	T	H	T	H	T	H	T	H	T	H	T
EKSKAVATÖRLERİNİN	E01-04.4	6.1	7	6.1	7	6.9	7	8.6	9	9.0	9	10.1	11	13.4	14	15.3	16	17.7	18	23.0	23	30.7	31	37.2	38
	E02-05.0	5.3	6	5.4	6	6.1	7	7.6	8	7.9	8	8.9	9	11.8	12	13.4	14	15.6	16	20.2	21	27.0	27	32.8	33
	E03-05.2	5.1	6	5.2	6	5.8	6	7.3	8	7.6	8	8.5	9	11.3	12	12.9	13	15.0	15	19.4	20	26.0	26	31.5	32
	E04-05.7	4.7	5	4.7	5	5.3	6	6.7	7	6.9	7	7.8	8	10.3	11	11.8	12	13.6	14	17.7	18	23.7	24	28.8	29
	E05-06.0	4.4	5	4.5	5	5.1	6	6.3	7	6.6	7	7.4	8	9.8	10	11.2	12	13.0	13	16.9	17	22.5	23	27.3	28
	E06-06.5	4.1	5	4.1	5	4.7	5	5.8	6	6.1	7	6.8	7	9.1	10	10.3	11	12.0	12	15.6	16	20.8	21	25.2	26
	E07-08.0	3.3	4	3.4	4	3.8	4	4.8	5	4.9	5	5.6	6	7.4	8	8.4	9	9.7	10	12.6	13	16.9	17	20.5	21
	E08-09.0	3.0	3	3.0	3	3.4	4	4.2	5	4.4	5	4.9	5	6.5	7	7.5	8	8.6	9	11.2	12	15.0	15	18.2	19
	E09-09.5	2.8	3	2.8	3	3.2	4	4.0	4	4.2	5	4.7	5	6.2	7	7.1	8	8.2	9	10.6	11	14.2	15	17.3	18
	E10-10.5	2.5	3	2.6	3	2.9	3	3.6	4	3.8	4	4.2	5	5.6	6	6.4	7	7.4	8	9.6	10	12.9	13	15.6	16
	E11-12.0	2.2	3	2.2	3	2.5	3	3.2	4	3.3	4	3.7	4	4.9	5	5.6	6	6.5	7	8.4	9	11.2	12	13.7	14
	E12-13.6	2.0	2	2.0	2	2.2	3	2.8	3	2.9	3	3.3	4	4.3	5	4.9	5	5.7	6	7.4	8	9.9	10	12.1	13
	E13-17.0	1.6	2	1.6	2	1.8	2	2.2	3	2.3	3	2.6	3	3.5	4	4.0	4	4.6	5	5.9	6	7.9	8	9.6	10
	E14-18.0	1.5	2	1.5	2	1.7	2	2.1	3	2.2	3	2.5	3	3.3	4	3.7	4	4.3	5	5.6	6	7.5	8	9.1	10
	E15-18.0	1.5	2	1.5	2	1.7	2	2.1	3	2.2	3	2.5	3	3.3	4	3.7	4	4.3	5	5.6	6	7.5	8	9.1	10
	E16-24.0	1.1	2	1.1	2	1.3	2	1.6	2	1.6	2	1.9	2	2.5	3	2.8	3	3.2	4	4.2	5	5.6	6	6.8	7

 :Değerlendirmeye dahil edilmeyen kombinasyonlar

H:Hesaplanan; T:Tamsayıya çevrilmiş

Ek 5. Döngü Sayıları ve Birim Maliyetler

		KAMYON TÜRLERİ																							
		K01-024.0		K02-024.2		K03-027.3		K04-034.2		K05-035.5		K06-040.0		K07-053.0		K08-060.5		K09-070.0		K10-091.0		K11-121.5		K12-147.5	
		#	G	#	G	#	G	#	G	#	G	#	G	#	G	#	G	#	G	#	G	#	G	#	G
E K S K A V A T Ö R T Ü R L E R İ	E01-04.4	6.1	0.798	6.1	0.804	6.9	0.709	8.6	0.791	9.0	0.851	10.1	0.762	13.4	0.883	15.3	0.950	17.7	1.083	23.0	0.980	30.7	1.143	37.2	1.270
	E02-05.0	5.3	0.852	5.4	0.881	6.1	0.761	7.6	0.822	7.9	0.913	8.9	0.820	11.8	0.914	13.4	1.030	15.6	1.118	20.2	1.086	27.0	1.181	32.8	1.422
	E03-05.2	5.1	0.809	5.2	0.816	5.8	0.699	7.3	0.808	7.6	0.858	8.5	0.775	11.3	0.855	12.9	0.958	15.0	1.038	19.4	0.989	26.0	1.063	31.5	1.274
	E04-05.7	4.7	0.739	4.7	0.779	5.3	0.717	6.7	0.791	6.9	0.852	7.8	0.760	10.3	0.884	11.8	0.949	13.6	1.030	17.7	0.980	23.7	1.056	28.8	1.270
	E05-06.0	4.4	0.875	4.5	0.906	5.1	0.761	6.3	0.875	6.6	0.897	7.4	0.816	9.8	0.893	11.2	1.001	13.0	1.135	16.9	1.029	22.5	1.195	27.3	1.321
	E06-06.5	4.1	0.826	4.1	0.832	4.7	0.713	5.8	0.818	6.1	0.879	6.8	0.758	9.1	0.870	10.3	0.977	12.0	1.055	15.6	1.004	20.8	1.080	25.2	1.293
	E07-08.0	3.3	0.822	3.4	0.824	3.8	0.681	4.8	0.775	4.9	0.831	5.6	0.713	7.4	0.855	8.4	0.962	9.7	1.035	12.6	0.915	16.9	1.060	20.5	1.159
	E08-09.0	3.0	0.765	3.0	0.781	3.4	0.742	4.2	0.794	4.4	0.879	4.9	0.725	6.5	0.865	7.5	0.824	8.6	0.932	11.2	0.924	15.0	0.979	18.2	1.163
	E09-09.5	2.8	0.794	2.8	0.808	3.2	0.771	4.0	0.841	4.2	0.895	4.7	0.773	6.2	0.876	7.1	0.973	8.2	0.988	10.6	0.972	14.2	1.030	17.3	1.213
	E10-10.5	2.5	0.871	2.6	0.718	2.9	0.679	3.6	0.718	3.8	0.794	4.2	0.745	5.6	0.733	6.4	0.912	7.4	0.926	9.6	0.837	12.9	0.964	15.6	1.032
	E11-12.0	2.2	0.802	2.2	0.802	2.5	0.761	3.2	0.782	3.3	0.837	3.7	0.681	4.9	0.737	5.6	0.811	6.5	0.927	8.4	0.911	11.2	0.964	13.7	1.030
	E12-13.6	2.0	0.706	2.0	0.720	2.2	0.681	2.8	0.690	2.9	0.766	3.3	0.689	4.3	0.782	4.9	0.783	5.7	0.829	7.4	0.808	9.9	0.841	12.1	0.995
	E13-17.0	1.6	0.727	1.6	0.735	1.8	0.702	2.2	0.851	2.3	0.938	2.6	0.687	3.5	0.752	4.0	0.878	4.6	0.921	5.9	0.899	7.9	0.935	9.6	0.976
	E14-18.0	1.5	0.680	1.5	0.684	1.7	0.653	2.1	0.794	2.2	0.875	2.5	0.796	3.3	0.781	3.7	0.802	4.3	0.961	5.6	0.799	7.5	0.905	9.1	0.950
	E15-18.0	1.5	0.695	1.5	0.699	1.7	0.669	2.1	0.810	2.2	0.891	2.5	0.811	3.3	0.797	3.7	0.818	4.3	0.977	5.6	0.815	7.5	0.921	9.1	0.966
	E16-24.0	1.1	0.798	1.1	0.812	1.3	0.773	1.6	0.687	1.6	0.753	1.9	0.655	2.5	0.852	2.8	0.793	3.2	0.896	4.2	0.794	5.6	0.806	6.8	0.935

:Değerlendirmeye dahil edilmeyen kombinasyonlar

:En düşük birim maliyet (Seçilen kamyon için)

: Gerekli Döngü Sayısı ; G : Birim Maliyet [USD/m³(yerinde)]