

---

SERİ **B**

CİLT **34**

SAYI **3**

**1984**

---

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

**ORMAN FAKÜLTESİ**

**DERGİSİ**



## ORMAN YOLLARI VE TAŞITLARIN HAREKETİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Doç. Dr. Ö. Bülend SEÇKİN<sup>1)</sup>

### K İ s a Ö z e t

Bu makalede, nakliyatta faydalanılan tesis ve taşıtlar, bu taşıtların hareket esnasında karşılaştığı dirençler, çekme kuvveti, yük miktarı vb. hususlar üzerinde durulmuştur.

### G İ R İ Ş

İyi bir karayolu şebekesi, bir ülkenin çok yönlü kalkınması bakımından büyük bir itici güç oluşturur. Bu şebekenin demir, deniz ve havayolu gibi ulaştırma sistemleri ile ülke koşullarına uygun bir bütünlük göstermesi gerekir.

İyi bir orman yol şebekesi de, rasyonel ve sürekli ormancılığın vazgeçilmez bir ögesi olup, ülke karayolu şebekesi ile bağlantılıdır. Bu şebeke, ormancılığın amaç ve istekleri doğrultusunda ve esas itibarıyla:

- ormanın her tarafını eşit ve yeterli ölçüde işletmeye açacak,
- ormanın içtaksimat şebekesi ile uyum sağlayacak,
- üretim yeri ile depo arasında en uygun ve en kısa bağlantıyı kuracak,
- uzunca kolları aynı tip tesisden oluşacak

bir şekilde planlanır.

Bu yapıyla orman yol şebekesi :

- ormandan elde edilen her türlü ürünün kolaylıkla, hızla ve zamanında taşınmasına,
- ormanın idare ve işletilmesi ile ilgili diğer bütün işlerin yapılmasına,
- bu arada orman işçilerinin iş yerlerine gidip gelmelerine,
- ormanın korunmasına, özellikle orman yangınlarının ve böcek afetlerinin kontrol altına alınmasına

hizmet eder.

Öte yandan bu şebekeler sayesinde :

- dağ ve orman köyleri yola kavuşur,
- dağ ve orman köylüleri ürettikleri ürünleri daha çabuk ve daha uygun bir fiyatla pazarlama olanağı bulur,
- bu köylerde yaşayan halkın çevredeki, hatta daha uzak bölgelerdeki büyük yerleşme merkezleri ile bağı artar, dolayısıyla bu durum sözkonusu köylerde bir canlılığa, yeni iş olanaklarına, sosyal gelişmeye ve kültür birliğine yolaçar,

<sup>1)</sup> I. Ü. Orman Fakültesi Transport Bilim Dalı, Büyükdere - İstanbul.

- ° Bu köyler devletin eğitim, sağlık ve haberleşme gibi hizmetlerinden daha kolay ve daha etkin bir şekilde yararlanma şansını elde eder,
- ° Ülkenin eşsiz doğal güzelliklerine sahip bu yörelerinde turizm faaliyetleri etkinlik kazanır.

Taşıma anlamına gelen transportun insan yaşamında önemi büyüktür. İlk insanlar yaşamak ve korunmak için yer değiştirmiş ve yollardan yararlanmıştır. Dolayısıyla yolun tarihi, hemen hemen insanlığın tarihi kadar eskidir. İlk insanlar, başlangıçta izlerden oluşan patikaları kullanmışlardır. Daha sonra, en eski taşıt olan kızak'ın geliştirilmesiyle çekim zorluğunu yenmek için iz genişliğinin artırılması ve eğimin düzeleştirilmesi bir ihtiyaç olmuş ve böylece ilk yollar oluşturulmuştur.

Eski çağlarda görülen esir ticareti ile Roma İmparatorluğu'nun yayılma çabaları yol ve yol inşaatı teknolojisinde önemli gelişmelere yol açmıştır.

Ancak 19. yüzyılın başlarında lokomotifin icadı ile yol inşaatı faaliyetleri duraklamış, zira demiryolu taşıması o devirdeki hayvan gücüne dayanan karayolu taşımasına göre daha kolay, daha hızlı ve konforlu olduğundan hemen bütün ülkelerde demiryolu inşaatı ön plana geçmiştir.

Fakat 20. yüzyılın başlarında keşfedilen motorlu taşıtın I. Dünya, özellikle II. Dünya Savaşı'ndan sonra ulaştırma hizmetlerinde büyük ölçüde kullanılmaya başlanmasıyla karayolu inşaatı canlanmış olup, taşıt teknolojisindeki yeniliklere paralel olarak inşaat tekniği de hızla gelişmiştir.

Türkiye'de gerçek anlamda planlı ve modern karayolu inşaatına 1950 yılında başlanmış, keza orman yolu inşaatı da 1950'li yıllarda hız kazanmıştır. Ancak planlı ve bugünkü anlayışa uygun orman yolu çalışmalarına 1960'lı yılların başında geçilebilmiştir.

Modern anlamda bir orman yol şebekesi genellikle karayollarından oluşmaktadır. Bununla birlikte, dağlık arazide yol inşaatının çok zor ve çok masraflı olduğu kayalık ve sarp yamaçlarda şebekenin bazı kollarını uzun mesafeli vinçli hava hatları meydana getirir.

Rasyonel ormancılığın esasını süreklilik oluşturur. Bu sürekliliğin sağlanması; ekim, dikim, bakım ve üretimle ilgili bütün teknik çalışmalar için gereken paranın her an elde hazır bulundurulmasına bağlıdır. Bu da transport tesislerinden özellikle yollardan yararlanarak orman ürünlerini sürekli olarak pazarlara ve tüketim merkezlerine ulaştırıp satabilmekle mümkündür.

Orman yol şebekesinin planlanması ve inşaatının gerçekleştirilmesi, orman işletmesinin ekonomik, teknik ve idari bütün özelliklerinin bilinmesini, özellikle üretim, taşıma ve değerlendirme (satma ve kullanma) ilişkileri üzerinde esaslı bir bilgi sahibi olunmasını gerektirir. Ancak bu takdirde, ormanın doğal koşullarına, ormancılık tekniğine ve işletmeclik esaslarına uygun, taşıma masraflarını minimum kılan sistematik orman yol şebekelerinin planlanıp inşaatı mümkün olur.

## 1. ORMAN YOLU TIPLERİ VE TAŞIMA ŞEKİLLERİ

### 1.1. Orman Yolu Tipleri

Orman yolları kapsamına giren yol tipleri aşağıda değişik bakımlardan sınıflandırılmıştır :

- a) Konuma göre :
- ° ana dere yolları
  - ° yan dere yolları
  - ° yamaç yolları
  - ° bağlantı yolları (mail yollar)
  - ° sırt yolları
- b) Yapıya göre :
- ° toprak yollar
  - ° çakıllı yollar (mekanik stabilizasyon)
  - ° stabilize yollar (kimyasal stabilizasyon)
  - ° bitumlu ya da yüzeyi yağlandırılmış yollar
- c) Kullanıma göre :
- ° kamyon yolları
  - ° traktör yolları
  - ° sürütme yolları
  - ° giriş yolları (irtibat yolları)
  - ° çok amaçlı faydalanma yolları
- d) Öneme göre :
- ° ana yollar (sürekli ve bütün yıl trafiğe açık yollar)
  - ° yan yollar (mevsimlik yollar)

## 1.2. Taşıma Şekilleri

Ormancılıkta çeşitli taşıma şekilleri sözkonusu (Tablo 1.1.) olup, amaç; taşıma işlerinin uygun, güvenli ve ekonomik olarak gerçekleştirilmesidir. O halde rasyonel bir taşıma şekli :

- |                     |  |
|---------------------|--|
| (1) uygun olmalı    | (koşullara uygunluk, işletme planına uygunluk, piyasa isteklerine uygunluk, gerektiği zaman gerektiği yere uygunluk) |
| (2) güvenli olmalı  | (taşınan ürüne, işçiye, çevreye zararlı ve tehlikeli olmamalı, ormanı ve orman toprağını tahrip etmemeli)            |
| (3) ekonomik olmalı | (mümkün olduğu kadar taşıma işleri ucuza mal olmalı)   |

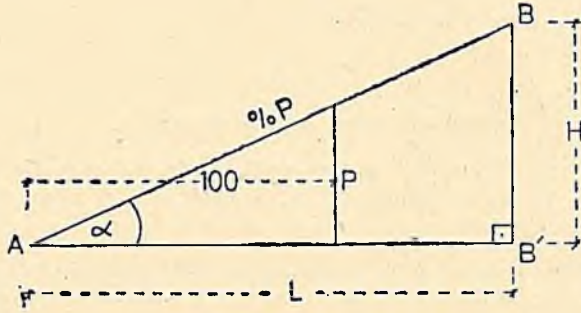
dır. Bu koşullar ve mevcut olanaklar çerçevesinde nerede hangi taşıma şeklinin ve bu taşıma şekli ile hangi araçların kullanılacağına belirlenmesi çok önemli olup buna göre uygun, güvenli ve ekonomik hizmet veren taşıma planları yapılmalıdır.

## 2. EĞİM KAVRAMI

### 2.1. Ortalama Eğim

Eğim, harita ya da arazi üzerinde bulunan iki nokta arasındaki yükseklik farkının ( $H=B-B'$ ) yatay mesafeye ( $L$ ) oranı olup, *yatay mesafenin yüzdesi* (%), ya da *eğim açısı* ile belirtilir<sup>1)</sup> (Resim 2.1.).

<sup>1</sup> Demiryollarında, dolayısıyla orman dekolvi hatlarında eğim binde (% 0) olarak kullanılır.



Resim 2.1. Eğim üçgeni.

$$\frac{H}{L} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{P}{100} = 0,0 P$$

Tablo 1.1. Ormancılıktaki Taşıma Şekilleri ve Araçları

Taşıma şekilleri	Etkili güç	Tesis ve araçlar
Primitif taşıma*	İnsan, hayvan	Patika; insan ya da hayvan
Atma	İnsan, yerçekimi	Sarp ve keskin yamaçlar, uçurumlar; insan
Kaydırma	İnsan, yerçekimi	Toprak oluk, ahşap oluk ve kablo kaydırak; insan
Sürütme	İnsan, hayvan ve benzinli ya da diesel motor	Sürütme yolu; kızak, kemerli tomruk arabası, hayvan, traktör, skidder, forwader, vinçler
Karayolu ile taşıma	Hayvan, benzinli ya da diesel motor	Toprak yol, kaplamalı yol; araba, traktör, treyler, kamyon
Havayolu ile taşıma	Yerçekimi, benzinli ya da diesel motor	Vinçli hava hatları, balon, helikopter
Suyolu ile taşıma	Su enerjisi (yerçekimi), insan, benzin ya da diesel motor	Dere, kanal ve nehirler; sal, tekne, gemi
Demiryolu ile taşıma	Buharlı ya da diesel motor	Dekovil (dar), normal ya da geniş demiryolu hattı; lokomotif ve yük vagonu

\* Odunun, insanın sırtında, omuzunda, kucağında, koltuk altında, ya da hayvan sırtında taşınması kısaca primitif taşıma olarak isimlendirilmiştir.

Burada :

$\alpha$  = eğim açısı, derece ya da grad

P = yüzde eğim oranı

H = yükseklik farkı (B-B'); m

L = A ile B (B') arasındaki yatay mesafe, m

Sözgelimi, bir yol % 7 eğimle çıkıyor denildiğinde, bu yolun 100 m yatay mesafede 7 m yükseldiği ya da 4° eğimle çıkıyor denildiğinde bu yolun yatayla 4° lik bir açı yaparak gittiği anlaşılır.

Örnek 1 : Harita ya da arazi üzerindeki A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkı H=35 m ve yatay mesafe L=500 m olduğuna göre bu iki nokta arasındaki % eğim (Resim 2.1.) :

$$\frac{P}{100} = \frac{H}{L}$$

$$P = \frac{H}{L} \cdot 100$$

$$P = \frac{35}{500} \cdot 100$$

$$P = \% 7$$

olarak bulunur.

Örnek 2 : A ve B noktaları arasındaki yolun eğiminin 4° olması halinde % eğim (Resim 2.1.) :

$$\text{tg } \alpha = \frac{P}{100}$$

$$P = \text{tg } \alpha \cdot 100$$

$$P = 0.06993 \cdot 100$$

$$P = \% 7$$

$\alpha = 4^\circ$  nin trigonometrik tablolarındaki değeri

$\text{tg } 4 = 0,06993$  olduğuna göre (Tablo 2.1.)

olarak elde edilir.

## 2.2. Ters Eğim

Bir yolda ya da yol kısmında iniş ve çıkışlar birbirini izliyorsa, o yolda ters eğim (aksi meyil) var demektir. Bu eğimin etkisi, aynı mesafe içinde bir kez ters eğimli, bir kez de ters eğimsiz olarak yapılan taşımadaki işlerin farkuna eşittir. Q yükünün yokuş yukarı çekilmesinde görülen iş, bu yük ile çıkılan yüksekliğin (h) çarpımına eşit olacağına göre, örneğin ters eğimli A, B, C ve D yolu (Resim 2.2.) gözönüne alındığında yapılan iş :

$$A_1 = Q (h_1 + h_2) + f Q h_1 + Q (h_2 + h_3)$$

olup, bu eşitliğin sağ tarafındaki ikinci terimi oluşturan  $f \cdot Qh_1$  değeri yolun BC kısmındaki frenleme işini gösterir. Burada f, frenleme katsayısıdır. Değeri 1'e yakın

olduğundan hesaplamalarda  $f=1$  kabul edilebilir. Bu durumda yukarıdaki eşitlik şöyle olur :

$$A_1 = Q (h_1 + 3 h_2 + h_3)$$

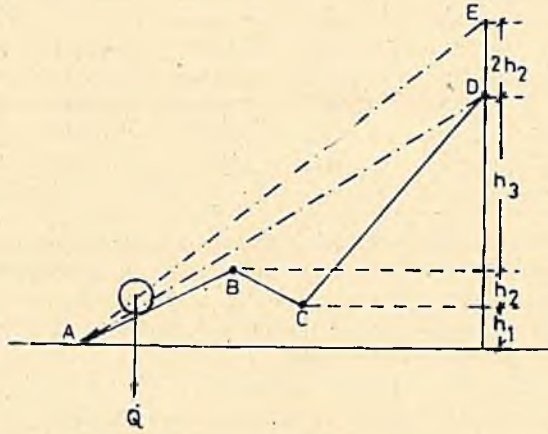
Öte yandan A - D noktaları arasındaki yolun ters eğimsiz olduğu düşünülürse, aynı yükün taşınması için gereken iş :

$$A_2 = Q (h_1 + h_2 + h_3)$$

olur. Ters eğimin etkisi ise;

$$A_1 - A_2 = 2 Q h_2$$

olarak elde edilir.



Resim 2.2. Ters eğimin etkisi.

Demek oluyor ki, yol boyunca belli bir mesafe içindeki ters eğim, yükün bu mesafeyi geçmesi için yapılması gerekli işin iki katı kadar iş kaybına neden olmaktadır.

O halde, yeni inşa edilecek yollarda ters eğimlerden mümkün olduğu kadar kaçınmak, keza mevcut yollardaki ters eğimli kısımları normal koşullarda düzeltmek gerekir.

### 2.3. Yol Eğimleri

Yollarda enine ve boyuna olmak üzere iki tip eğim sözkonusudur. *Enine eğim*, yol yüzeyine düşen yağış sularının yol platformundan bir an önce uzaklaştırılması için yol enkesitine eksenden banket ya da kaplama dış kenarına doğru genellikle her iki taraflı olarak verilen eğime (bombeye) denir. Bu eğimin miktarı üzerinde etkili olan faktör kaplama cinsidir. Yağış sularının kolayca ve kısa sürede akabileceği ince dokulu asfalt kaplamalar için % 1 ile % 2 arasında bir eğim uygun kabul edilebilir. Beton kaplamalı yollarda bu eğim % 1,5 ile % 2; çakıl kaplamalı yollarda % 3 ile % 4; toprak yollarda ise % 4 ile % 6 düzeyinde olur. Yine drenaj amacıyla banket eğimi de çoğu kez kaplama eğiminden farklı tutulur. Örneğin, kaplanmış banketler için % 4, çakıl ve kırmataşla örtülü banketler için % 6 ve toprak banketler için % 8 oranı tavsiye edilmektedir.

Tablo 2.1. Trigonometrik Değerler Tablosu.

$\alpha$ açısı	T a n g e n t						
	Derece	0'	10'	20'	30'	40'	50'
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01455	0,01746
1	0,01746	0,02036	0,02328	0,02619	0,02910	0,03201	0,03492
2	0,03492	0,03783	0,04075	0,04366	0,04658	0,04949	0,05241
3	0,05241	0,05533	0,05824	0,06116	0,06408	0,06700	0,06993
4	0,06993	0,07285	0,07578	0,07870	0,08163	0,08456	0,08749
5	0,08749	0,09042	0,09335	0,09629	0,09923	0,10216	0,10510
6	0,10510	0,10805	0,11099	0,11394	0,11688	0,11983	0,12278
7	0,12278	0,12574	0,12869	0,13165	0,13461	0,13758	0,14054
8	0,14054	0,14351	0,14648	0,14945	0,15243	0,15540	0,15838
9	0,15838	0,16137	0,16435	0,16734	0,17033	0,17333	0,17633
10	0,17633	0,17933	0,18233	0,18534	0,18835	0,19136	0,19438
11	0,19438	0,19740	0,20042	0,20345	0,20648	0,20952	0,21256

Öte yandan yol eksenini doğrultusunda uygulanan eğime *boyuna eğim* denir. Bu eğimin sınırını belirleyen başlıca faktörler yolun sınıfı ile geçtiği arazinin topoğrafik yapısıdır. Yüksek standardlı yollarda, keza düz arazilerde boyuna eğim oranı küçük olur. Türkiye'de uygulanmakta olan maksimum ve minimum karayolu boyuna eğimleri, gruplarına göre şöyledir (Tablo 2.2.) :

Tablo 2.2. Türkiye'de Uygulanan Karayolu Eğimleri.

Karayolu Grupları	Maksimum Eğim	Minimum Eğim
	%	%
<b>Devlet yolları</b>		
Birinci sınıf	4 - 7	0,35
İkinci sınıf	5 - 8	0,35
Üçüncü sınıf	6 - 9	0,35
İl yolları	5 - 8	0,35
<b>Köy yolları</b>		
Birinci sınıf	15	
İkinci sınıf	15	
<b>Orman yolları</b>		
Ana orman yolu	8	1,5
A Tipi Tali orman yolu	10	1,5
B Tipi Tali orman yolu	12	2,0

Orman yolları genellikle ham toprak yollardır. Bu yollarda yeterli drenaj için minimum eğim değerinin %3 düzeyinde tutulması uygun olur. Keza, orman yolları boyun-



ca eğimsiz (%0) mesafelerden mümkün olduğu kadar kaçınılmalı, büyük bir zorunluk olmadıkça taşıma yönünde ters eğimlere meydan verilmemeli, kamyon yollarında eğim oranı %12'yi hiçbir yerde aşmamalı, sürütme yollarında uygulanacak en uygun eğim oranları, sürütmenin kolaylıkla ve ekonomik olarak yapılabilmesi için, iniş aşağı %10 dan daha az olmamalı, kızak yollarında eğim oranı mümkün olduğu kadar değişmemeli ve iniş aşağı %4 ün altına düşmemeli, toprak oluklarda ortalama eğim oranı yazın taşıma için % 15 - 20 ve kışın taşıma için % 10 - 15 olmalıdır.

Devlet yolları önemli bölge ve il merkezleri ile, demiryolu, karayolu, denizyolu ulaşımına ilişkin istasyon, iskele, liman ve alanları birbirine bağlayan birinci derecede ana yollar olup bunlar standartlarına göre I. II. ve III. sınıfa ayrılır.

İl yolları, esas olarak devlet yolları sınıfına girmeyen ve il sınırı içinde kalan ikinci derecede önemli olan yollardır. Bu yollar ilin, ilçe ve bucak merkezlerini birbirine, il merkezine ve komşu ildeki ilçelere, ayrıca önemli turistik ve sanayi merkezlerine, liman, istasyon gibi yerlere bağlayan yollardan oluşur.

Devlet ve il yolları, keza orman yolu şebekesi dışında kalan yollar köy yollarını, ülke ormanlarının işletilmesi amacıyla orman içinde sözkonusu olan yollar da orman yollarını oluşturur.

Devlet ve il yolları ile ilgili her türlü planlama, yapım ve bakım işleri Karayolları Genel Müdürlüğü, köy yolları ile ilgili her türlü iş Yol, Su, Elektrik Genel Müdürlüğü ve orman yolları ile ilgili her türlü planlama, yapım ve bakım işleri de Orman Genel Müdürlüğü<sup>1)</sup> tarafından yürütülmektedir.

### 3. ZEMİNİN TAŞIMA DİRENCİ

Bir zeminin taşıma direnci (gücü), o zeminin, deforme olmadan herbir santimetre karesinin kg olarak dayanabileceği basınç miktarını belirtir. Bu değerlin pratik bakımdan önemi büyüktür. Çünkü bir zeminin taşıma direnci bu zeminde hangi tip araç kullanılabileceğini, keza yol yapımına uygun olup olmadığını gösterir.

Yollar üzerinde ve orman arazisinde bugün genellikle motorlu taşıt olarak lastik tekerlekli ve paletli araçlar sözkonusudur. Bu araçların zemine yaptığı basınca zeminin dayanıp dayanamayacağı örneğin Proctor penetromesi gibi özel aletlerle belirlenebileceği gibi, bu amaçla pratikte bir atın ve tek ayağı üzerinde duran bir insanın zemine yaptığı basınçlar da ölçü olarak alınabilir. Şöyleki, bir at zeminin her bir santimetre karesine 1.4 kg ve tek ayağı üzerinde duran bir insan da 0.3 kg lık bir basınç yapar. Ve bu değerler sırasıyla bir lastik tekerlekli ve bir paletli traktörünkine eşit kabul edilir.

Çeşitli zemin cinslerinin taşıma dirençleri Tablo 3.1 de gösterilmiştir.

### 4. MOTOR GÜCÜ VE ÇEKME KUVVETİ

Bir motorlu taşıtın gücü :

$$G_m = Z_{tr} v$$

bağıntısı ile gösterilebilir.

<sup>1</sup> Bu makale yayınlanırken 235 ve 236 sayılı Kanun Hükmündeki Kararnameler ile ilgili gelişme ve düzenlemeler henüz açıklık ve kesinlik kazanmamıştır.

Tablo 3.1. Çeşitli Zeminlerin Taşıma Dirençleri.

Zemin cinsi	Zeminin taşıma gücü kg/cm <sup>2</sup>	Zeminin cinsi	Zeminin taşıma gücü kg/cm <sup>2</sup>
Bataklık veya turf Aluviyal toprak veya gevgek kum	0,2	Kireçtaşı	1-4
Kuru kum	0,5	Yumuşak kil	1
Islak kum	2	Yarı kuru kil	2
İnce kum	4	Kuru kil	4
Kaba çakıl	5	Solid kaya	25
Sıkıştırılmış çakıl	2-6	Kırılmış kaya	5
	8	Sıkıştırılmış kar	9

Burada :

$$G_m = \text{taşıtın motor gücü,} \quad \text{kgm/sn}$$

$$Z_{tr} = \text{Motris tekerleklere gelen çekme kuvveti,} \quad \text{kg}$$

$$v = \text{taşıtın hızı,} \quad \text{m/sn}$$

Güç, buhar beygiri ve hız da km/saat olarak alındığında bağıntı şu şekilde yazılır :

$$G_m^B = \frac{Z_{tr} v}{270}$$

Dolayısıyla, motris tekerleklere gelen çekme kuvveti :

$$Z_{tr} = \frac{G_m^B 270}{v}$$

olarak elde edilir. Aşında motorda hasıl olan güç motris tekerleklere aktarma organlarındaki iç sürtünmeler nedeniyle aynen geçemez, bir kayıp sözkonusu olur. Bu güç aktarımındaki (intikal) verim  $\eta < 1,0$  ile gösterildiğinde *gerçek çekme kuvveti* :

$$Z_{tr} = \eta \frac{G_m^B 270}{v}$$

olur.

## 5. HAREKETE KARŞI DİRENÇLER

Her taşıt harekete geçerken ve hareket halinde iken bir takım dirençlerle karşılaşır. Bu dirençlerin belli başlıları şunlardır :

### 5.1. Yuvarlanma Direnci

Bir taşıtın karşılaştığı yuvarlanma direnci; yol yüzeyinin özelliklerme, lastiklerin tipine ve durumuna ve tekerlek yataklarındaki sürtünmeye bağlıdır. Başka bir de-

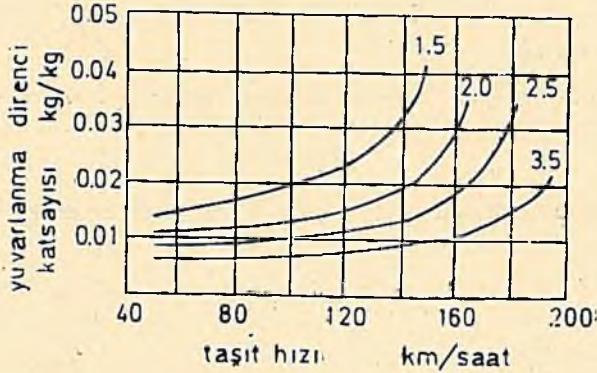
yişle sözkonusu direnc, taşıt lastiklerinin yol yüzeyine değdikleri (temas ettikleri) noktalardaki şekil değışmesi (deformasyon) ile taşıtın yol yüzeyindeki çukurlukları, kasısları, kum - çakıl parçalarını ve gevşek bir kısmı geçerken, ayrıca taşıtın aktarma organlarındaki dişliler dönerken meydana gelen sürtünme sonucu oluşur. Yuvarlanma direnci şu bağıntı ile ifade edilir :

$$D_v = \mu_r Q$$

Burada :

$D_v$	= Yuvarlanma direnci,	kg
$Q$	= Taşıtın ağırlığı,	kg
$\mu_r$	= Yuvarlanma direnci katsayısı,	kg/kg
	veya	kg/ton

Yuvarlanma direnci katsayısı, taşıt hızı ve lastik iç basıncı ile artar (Resim 5.1), fakat yol yüzeyinin düzgünlüğü ile azalır (Tablo 5.1 ve 5.2).



Resim 5.1. Farklı iç lastik basınçlarına göre hız - yuvarlanma direnci katsayısı ilişkisi.

Tablo 5.1. 50 km/saat'ten Düşük Taşıt Hızları İçin Çeşitli Kaplama Tiplerine Göre Yuvarlanma Direnci Katsayıları.

Kaplama tipi	$\mu_r$ katsayısı
Beton yollar	0,010 - 0,020
İnce dokulu asfalt kaplamalar	0,010 - 0,020
Asfalt makadam kaplamalar	0,020 - 0,025
Kırmataş ve çakıl kaplamalar	0,030 - 0,040
Parke kaplamalar	0,040 - 0,050
Kuru ve sıkı toprak yollar	0,030 - 0,060
Gevşek toprak, kumlu, çamurlu yüzeyler	0,015 - 0,060

Tablo 5.2. Çeşitli Zemin Tiplerine Göre Yuvarlanma Direnci Katsayıları.

Zemin cinsi	Durumu	Paletli kemerli tomruk arabası	13.00×24 ebadında lâstik	Paletli treylar
Kil	Islak veya kuru	0,082	0,100	0,059
Kil	Su ile doymuş	0,110	0,132	0,086
Kumlu kil	Islak veya kuru	0,087	0,110	0,064
Kumlu kil	Su ile doymuş	0,105	0,140	0,082
Siyah humus	Islak veya kuru	0,082	0,105	0,059
Siyah humus	Su ile doymuş	0,123	0,145	0,100
Kumlu siyah humus	Islak veya kuru	0,082	0,100	0,059
Kumlu siyah humus	Su ile doymuş	0,118	0,150	0,105
Kum	Kuru	0,091	0,127	0,064
Kum	Islak veya su ile doymuş	0,091	0,131	0,064
Sıkıştırılmış kar		0,038 - 0,050		
Buz		0,015 - 0,025		

### 5.2. Eğim Direnci

Taşıtın eğimli bir yolda hareketi sırasında eğimden dolayı karşılaştığı direnç olup,

$$D_e = Q \operatorname{tg} \alpha$$

bağıntısı ile gösterilir. Yolun yatayla yaptığı açı yüzde cinsinden yazıldığında söz-konusu bağıntı :

$$D_e = Q \frac{P}{100}$$

şeklinde olur.

Burada :

- $D_e$  = Eğim direnci, kg
- $Q$  = Taşıtın ağırlığı, kg
- $\alpha$  = Yolun yatayla yaptığı açı, derece ya da grad
- $P$  = Eğim oranı

Bu direnç çıkış halinde pozitif, iniş halinde negatif değer alır. Başka bir deyişle eğim direncinin taşıtın hareketi üzerindeki etkisi yokuşta hareketi zorlaştırıcı, inişte kolaylaştırıcı yönde olur.

### 5.3. Hava Direnci

Taşıt hareket halinde iken hava direnci, taşıtın hızını kesme etkisi yapar. Bu direnç, taşıtın hızı ve hareket doğrultusuna dik olan ön yüzü ile ilgili olup, örneğin hayvanla çekilen araçlarda olduğu gibi düşük hızlarda ihmal edilebilir.

Hareket halindeki bir taşıtın karşılaştığı hava direncinin üç bileşeni :

- ° taşıtın hareket doğrultusuna dik enkesit alanı üzerine doğrudan doğruya ve harekete karşı yönden gelen basınç,
- ° taşıt yüzeyinde oluşan hava basıncı,
- ° taşıtın altı ile tekerlekleri etrafında ve arka tarafta oluşan hava anaforundan ileri gelen basınçtır.

Hava direnci şu bağıntı ile gösterilir :

$$D_h = K F \frac{V}{13}$$

Burada :

$D_h$  = Taşıtın karşılaştığı hava direnci, kg

$K$  = Hava direnci katsayısı,  $\text{kgsn}^2/\text{m}^4$

$F$  = Taşıtın hareket doğrultusuna dik düzlem üzerindeki izdüşüm alanı,  $\text{m}^2$

$V$  = Taşıtın hızı,  $\text{km/saat}$

Hava fazla rüzgarlı ise, rüzgarın taşıtın hareketi yönünde esmesi halinde,  $V=(V_t-V_r)$ ; karşı yönde esmesi halinde,  $V=(V_t+V_r)$  alınmalıdır. Taşıtın izdüşüm alanı için :

$$F=0,8 b h$$

ilişkisi kullanılabilir.

Burada :

$b$  = Taşıtın genişliği, m

$h$  = Taşıtın yüksekliği, m

Çeşitli tip taşıtlar için  $K$  ve  $F$  değerleri Tablo 5.3 de verilmiştir.

Tablo 5.3. Taşıt Tiplerine Göre  $K$  ve  $F$  Değerleri.

Taşıt tipi	$K$ ( $\text{kgsn}^2/\text{m}^4$ )	$F$ $\text{m}^2$
Yarış otomobili	0,010 - 0,015	1,5 - 2,0
Yolcu otomobili	0,015 - 0,030	1,5 - 2,6
Otobüs	0,025 - 0,050	4,0 - 6,5
Kamyon	0,050 - 0,070	3,0 - 6,0

#### 5.4. Kurb Direnci

Yatay kurlarda hareket halindeki bir taşıtın ön tekerleklerinin istenilen doğrultuya çevrilmesi sırasında tekerleklerin yol yüzeyine değdiği noktada oluşan dirençtir. Bu direnç, kurlardaki eğrilik ve hız arttıkça fazlalaşır.

#### 5.5. Atalet Direnci

Hareket halindeki bir taşıtın hız değişimi sırasında karşılaşılan dirençtir. Bu di-

rencin miktarı taşıtın ağırlığı ile hızlanma ivmesine bağlı olup, şu bağıntı ile hesaplanır :

$$D_a = \frac{Q \gamma}{10}$$

Burada :

$D_a$  = Atalet direnci, kg

$Q$  = Taşıtın ağırlığı, kg

$\gamma$  = Hızlanma ivmesi, m/sn<sup>2</sup>

Yavaşlama halinde ivme değeri negatif olacağından atalet (eylemsizlik) direnci de negatif olur.

### 5.6. Taşıt Hareketi

Gerçek çekme kuvveti, taşıtı harekete geçirmek üzere motris tekerlekleri çeviren kuvvet olup, bu kuvvetin motris tekerleklere geçmesi sonucu, normal koşullarda yol yüzeyi ile tekerlek lastikleri arasındaki sürtünme nedeniyle kayma olmayacağından dönme ve böylece hareket sağlanmış olur. O halde bir motorlu taşıtın harekete geçebilmesi için ilk koşul, gerçek çekme kuvvetinin harekete karşı dirençleri yenmesidir.

Yani,

$$Z_{tr} \geq D$$

$\Sigma D$  nin açık şekli;

$$\Sigma D = D_a + D_h + D_c + D_l + D_r$$

olarak gösterilir.

Öte yandan,  $Q$  toplam ağırlığındaki bir taşıtın duruş halinde iken motris tekerleklerine isabet eden ağırlığı  $Q_1$  ve bu halde tekerlek lastiği ile yol yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısı  $f$  ise,  $Q_1 f$  değeri sürtünme (aderans) kuvveti olur. Dolayısıyla, bir motorlu taşıtın harekete geçebilmesi için ikinci koşul,

$$Q_1 f \geq D$$

olmasıdır.

Bu duruma göre, taşıtların hareketi ile ilgili olarak şu haller sözkonusu olur :

- (1)  $Z_{tr} < Q_{\mu_r} < Q_1 f$  ise hiç hareket yoktur.
- (2)  $Q_1 \mu_r < Z_{tr} < Q_1 f$  ise normal ilerleme
- (3)  $Q_{\mu_r} < Q_1 f < Z_{tr}$  ise patinajla ilerleme
- (4)  $Q_1 f < Q_{\mu_r} < Z_{tr}$  ise yerinde patinaj.

Bilindiği gibi patinaj, taşıt tekerleklerinin ekseni etrafında dönüp ilerleme yapmadan kaymasıdır. Patinaj halinde motris tekerleklere gelen  $Q_1$  yükü arttırılarak ya da patinaj yapan motris tekerleklerin önüne kum, cüruf vb. malzeme atılarak  $f$  sürtünme katsayısı büyütülür. Yani

$$Q_1 f \geq Z_{tr}$$

durumu sağlanır.

Eğer taşıt sabit bir hızla ve alinyimanda gidiyorsa kurb direnci ile atalet direnci konusu değildir. Keza eğimsiz, düze yakın bir yolda eğim direnci sıfırdır.

## 6. SÜRTÜNME DİRENCİ

Tekerlekli taşıtlarla taşımada bilinmesi gerekli olan yuvarlanma direncine karşı, tomrukların gerek doğrudan doğruya boylu boyuna zemin üzerinde ve gerekse bir yarı yerden yükseltilmiş, öbür başı yerde sürütülmesi sırasında sürtünme direnci sözkonusu olup bu direncin pratik bakımdan önemi büyüktür. Bu direnç, tomruğun ağırlığı, zeminin durumu, özellikle zeminin rutubeti ve tomruğun çapı ile ilgili olup, çap; tomruğun zemine değme yüzeyinin belirlenmesi bakımından önemlidir.

Tablo 6.1. de, değişik çaplardaki tomrukların doğrudan doğruya zemin üzerinde sürütülmesi ya da bir başının kemerli tomruk arabası üzerine bindirilmiş olarak çekilmesi halinde sözkonusu olacak sürtünme katsayıları (sürtünme direnci katsayıları); Tablo 6.2. de de, değişik durumdaki yollarda sürtünme katsayıları verilmektedir.

### 6.1. Hayvanla Sürütme

Tomruğun, doğrudan doğruya ve boylu boyuna zemin üzerinde sürütülmesinde sadece tomrukla zemin arasında sürtünme meydana gelirken bu tomruğun kalın başına kızığa bindirilmiş olarak sürütülmesi halinde;

- kızak tabanları ile yol yüzeyi arasındaki sürtünme
- kızığa bağlanmış gövdenin sürütülen kısmı ile yol arasındaki sürtünme sözkonusu olmaktadır (Resim 6.1. a).

Tomruğun doğrudan doğruya ve boylu boyuna zeminde sürütülmesinde  $Q$  ile tomruğun ağırlığı,  $\alpha$  ile sürütme izi ya da yolunun eğim açısı,  $\mu$  ile sürtünme katsayısı terilirse (Resim 6.1. b) tomruğun kolaylıkla sürütülebilmesi için :

$$\mu Q \cos \alpha = Q \sin \alpha$$

olunun sağlanması gerekir. Buradan,

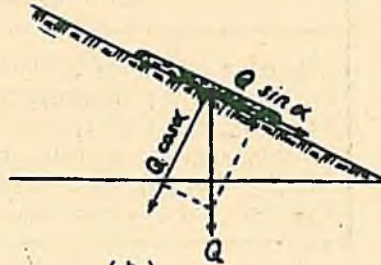
$$\mu = \frac{Q \sin \alpha}{Q \cos \alpha}$$

$$\therefore \mu = \operatorname{tg} \alpha$$

sonucu elde edilir.



(a)



(b)

Resim 6.1. a — kızakla sürütme, b — doğrudan doğruya boylu boyuna zemin üzerinde sürütme.

sür-  
jan-

okus  
dik-

olup  
dir.

Ö. BÜLEND SEÇKİN

Örnek : Q ağırlığı 300 kg olan bir tomruk yükü orta cüsseli bir atla (G=375 kg) eğimli düzgün olmayan kuru toprak bir yolda ( $\mu=0,10$ ) doğrudan doğruya ve lu boyuna sürütülmektedir. Buna göre gerekli çekme kuvveti :

*Yokuş yukarı*

$$Z=Q_L+tg\alpha(Q+G)$$

$$Z=300 \cdot 0,10+0,06(300+375)$$

$$Z=30+40,5=70,5 \text{ kg}$$

*İniş aşağı*

$$Z=Q_L-tg\alpha(Q+G)$$

$$Z=300 \cdot 0,10-0,06(300+375)$$

$$Z=30-22,5=7,5 \text{ kg}$$

*Düz yolda*

$$Z=Q_L$$

$$Z=300 \cdot 0,10$$

$$Z=30 \text{ kg}$$

Hayvanların Z çekme kuvveti, günde 8 saat çalışacağı ve en fazla 30 km katedeceği prensibine göre ağırlığının 1/5 i olarak hesaplanır. Bu kabulde kaplama üzerin-  
alların kaymaması gerekir. Çeşitli hayvanların ağırlık, çekme kuvveti ve ortalama  
arı Tablo 6.3 de verilmiştir.

Tablo 6.3. Çeşitli Hayvanların Ağırlık, Çekme Kuvveti ve Ortalama Hızları.

Hayvan cinsi	Hayvanın ağırlığı kg	Çekme kuvveti kg	Ortalama hız m/sn
Hafif cüsseli at	250	50	1,25
Orta cüsseli at	375	75	1,10
Ağır cüsseli at	450	90	0,80
Öküç	300-500	60-100	0,80
Katır	250-350	50- 70	1,00
Eşek	150-300	30- 40	0,80

Bir koşum ekibindeki hayvan adedi arttıkça çekme kuvveti düşer (Tablo 6.3).

Tablo 6.3. Hayvan Sayısı - Çekme Kuvveti İlişkisi.

Hayvan sayısı (m)	Çekme kuvveti (kg)	Çekme kuvveti artış katsayısı (n)
1	1,00 Z	1,00
2	0,98 Z	1,96
4	0,80 Z	3,20
6	0,64 Z	3,48
8	0,49 Z	3,92

n  
1-  
t-



*Yükün Ağırlığı :*

Bir hayvanın çekebileceği yükün ağırlığı :

$$Z = Q (\mu \pm \operatorname{tg} \alpha) \pm G \operatorname{tg} \alpha$$

ilişkisinden,

*Çıkışta*

$$Q = \frac{Z - G \operatorname{tg} \alpha}{\mu + \operatorname{tg} \alpha}$$

*İnişte*

$$Q = \frac{Z + G \operatorname{tg} \alpha}{\mu - \operatorname{tg} \alpha}$$

olarak bulunur.

## 6.2. Buğimsız Bir Vinç ya da Traktör Vinci İle Sürütme

Bu araçlarla sürütme genellikle yokuş yukarı gerçekleştirilir. Vinç bölmenin üst kısmında orman yolu kenarında çekim için konumlandırılır (Resim 6.3). Cer halatı bir işçi tarafından çekilip yüke bağlanır, sonra halatın vinç tamburuna sarılması suretiyle tomruk yol kenarına sürütülür.

*Çekme kuvveti*

$Q$  ağırlığında bir tomruk, eğim açısı  $\alpha$  olan bir yamaç üzerinde bir sürütme vinçle yukarı doğru çekildiğinde ve tomrukla zemin arasındaki sürtünme katsayısı  $\mu$  olarak alındığında çekme kuvveti (Resim 6.3) :

$$Z = \mu Q \cos \alpha + Q \sin \alpha$$

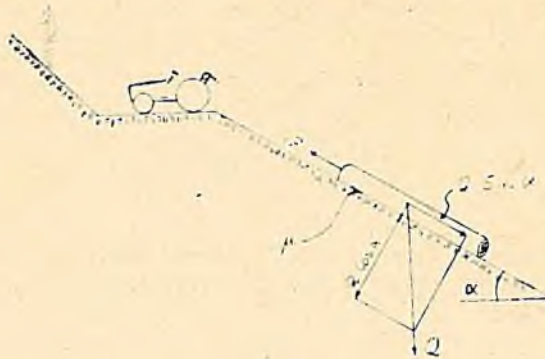
$$Z = Q (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

*Çekilebilecek yükün ağırlığı ise,*

$$Z = \mu Q \cos \alpha + Q \sin \alpha$$

$$Q = \frac{Z}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha}$$

olarak elde edilir.



Resim 6.3. Vinçle çekme.

Örnek : 40 cm çapında ve 850 kg ağırlığındaki bir kayın tomruğu % 35 eğimli ( $\alpha=19^\circ 20'$ ) ve kumlu toprak bir zeminde ( $\mu=0,66$ ) yokuş yukarı doğru vinçle çekilecektir. Gerekli çekme kuvveti ne kadar olmalıdır?  
( $\text{Sin}\alpha=0,33106$  ve  $\text{Cos}\alpha=0,94361$ )

$$Z=Q (\mu \cos\alpha + \sin\alpha)$$

$$Z=850 (0,66 \cdot 0,94361 + 0,33106)$$

$$Z=810,76 \text{ kg}$$

### 6.3. At Arabasıyla Taşıma

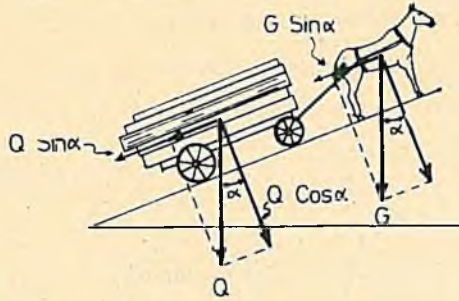
Q ağırlığındaki bir yük, eğim açısı  $\alpha$  olan bir yol üzerinde hayvanla çekilen çember tekerlekli arabalarla taşınmaktadır (Resim 6.4). Çember tekerlekle yol yüzeyi arasındaki yuvarlanma direnci katsayısı  $\mu_r$  olarak alındığı takdirde (Tablo 6.4) çekme kuvveti :

$$Z=\mu_r Q \cos\alpha + Q \sin\alpha + G \sin\alpha$$

olup, daha önce görüldüğü üzere %20 eğime kadar,  $\cos\alpha \cong 1$  ve  $\sin\alpha \cong \text{tg}\alpha$  durumundan yararlanarak sözkonusu ilişki;

$$Z=\mu_r Q + Q \text{tg}\alpha + G \text{tg}\alpha$$

olarak yazılır.



Resim 6.4. At arabasıyla taşıma.

Buradan, yine daha önce görüldüğü gibi, tek bir hayvanın çekeceği yükün ağırlığı :

$$Q = \frac{Z - G \text{tg}\alpha}{\mu_r + \text{tg}\alpha}$$

olarak elde edilir.

At arabasıyla taşımada gereken hallerde hayvan sayısı (m) arttırılabilir. Ancak bu takdirde çekme kuvveti, bilindiği gibi, (m) katında artmayıp sadece bir (n) katında artar (Tablo 6.3).

Tablo 6.4. Değişik Kaplamalı Yollarda Çember Tekerlekli At Arabaları İçin Yuvarlanma Katsayıları.

Yol durumu	Yuvarlanma Katsayısı ( $\mu_r$ )
İyi asfalt kaplamalı yollarda	0,006
Çok iyi kaldırımlanmış yollarda	0,010
Adı kırmataş ile kaplanmış iyi durumdaki şoselerde	0,016
Ahşap kaldırımıla kaplanmış iyi durumdaki yollarda	0,018
Taş kaldırımıla kaplanmış iyi durumdaki yollarda	0,020
İyi durumdaki şoselerde	0,023
Tozlu durumdaki şoselerde	0,028
Zayıf durumdaki kaldırım yollarda	0,033
Bozulmuş ve çamurlu şoselerde	0,035
Çok iyi durumdaki toprak yollarda	0,045
Çok kötü durumdaki şoselerde	0,050
İyi ve kötü durumdaki toprak yollarda	0,080-0,160
Gevşek kumlu zeminlerde	0,150-0,300

O halde aynı anda arabayı çeken at sayısının ( $m$ ) katına çıkarılması halinde, bu ( $m$ ) sayıdaki atın *çekebileceği yükün ağırlığı* :

$$Q_m = \frac{nZ - m G \operatorname{tg} \alpha}{\mu_r + \operatorname{tg} \alpha}$$

olur.

Bir hayvanın çekme kuvveti kendi ağırlığının yaklaşık olarak 1/5 i kadardır. Buna göre  $G=5Z$  olup yukarıdaki ilişki;

$$\mu_r Q_m + Q_m \operatorname{tg} \alpha = nZ - 5 mZ \operatorname{tg} \alpha$$

şeklinde yazıldığında,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{nZ - \mu_r Q_m}{Q_m + 5 mZ}$$

olarak elde edilir.

Kısa mesafeler içinde hayvanların normal çekme kuvvetini iki katına çıkarmak mümkün olup, bu takdirde *maksimal çıkış açısı* :

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \frac{2nZ - \mu_r Q_m}{Q_m + 5 mZ}$$

olur.

*Örnek* : 700 kg ağırlığındaki bir yük arabası ile 3 m<sup>3</sup> tımcuk (1 m<sup>3</sup>=650 kg) taşı-  
nacaktır. Bu arabaya ağır cüssede iki at kogulacağına ve hayvanlar;

• bir kez sürekli olarak normal zorlanma (normal çekme kuvveti) ile,

- . bir kez de kısa mesafelerde iki katlı zorlanma (maksimal çekme kuvveti) ile çalıştırılacaklarına göre çıkış eğim oranları ne olmalıdır? (Yol orta halli taş kaplamalı bir yol olup  $\mu_r=0,033$  dür).
- . Normal zorlanma için;

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{nZ - \mu_r Q_m}{Q_m + 5 mZ}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1.96 \cdot 90 - 0.033 \cdot 2650}{2650 + 5 \cdot 2 \cdot 90}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,0250 = 1^\circ 28' \text{ ya da } P = \% 2,5$$

- . İki katlı zorlanma için;

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \frac{2nZ - \mu_r Q_m}{Q_m + 5 mZ}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \frac{2 \cdot 1.96 \cdot 90 - 0.033 \cdot 2650}{2650 + 5 \cdot 2 \cdot 90}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = 0,075 = 4^\circ 20' \text{ ya da } P = \% 7,5$$

olarak elde edilir.

Öte yandan, yatay bir yolda ( $\alpha=0$ ) normal çekme kuvveti :

$$Z = \mu_r \cdot Q$$

dür.

Kısa mesafelerde iki katlı zorlanma halinde çekme kuvveti :

$$Z_{\max} = 2 \mu_r Q$$

olup, bu takdirde tek bir atın yokuş yukarı çekebileceği yükün ağırlığı;

$$Q = \frac{2 \mu_r Q - G \operatorname{tg} \alpha}{\mu_r + \operatorname{tg} \alpha}$$

olur. Buradan,

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \frac{2 \mu_r Q - \mu_r Q}{Q + G}$$

elde edilir. Ve hayvanın kendi ağırlığı G ihmal edilirse;

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \mu_r$$

olur.

O halde, yokuşlarda çıkış açısı tanjantının, yuvarlanma katsayısına eşit olması gerekir. Buradan, bir yol ne kadar iyi yapılmışsa,  $\mu_r$  katsayısı ve bununla birlikte  $\operatorname{tg} \alpha_{\max}$ 'ın da o kadar küçük olacağı anlaşılır.

## L İ T E R A T Ü R

BYRNE, J., NELSON, R.J. and GOOGINS, P.H., 1960. *Logging Road Handbook The Effect of Road Design on Hauling Costs*. U.S.D.A. Agriculture Handbook No. 183.

GÜNŞOY, O., 1960. *Yol ve Yol İnşaatı*. Kutulmuş Matbaası, İstanbul.

HEINRICH, R. and SEDLAK, O., 1979. *Manual On Forest Roads in Bhutan Part I*. FAO, Forestry Department, Rome.

SONUÇ, T., 1975. *Karayolu Tekniği*. Cilt 1, Sermet Matbaası, İstanbul.

TAVŞANOĞLU, F., 1978. *Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını No. 1744/182, İstanbul.

ÜMAR, F. ve YAYLA, N., 1981. *Yol İnşaatı*. İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, Sayı 1204, İstanbul.