

KAYMA MUKAVEMETİ VE ORMAN NAKLİYATINDAKİ DEĞERLERİ

Yazan :

Prof. Dr. Orhan UZUNSOY

Kayma mukavemeti gerek harekete karşı koyan bir kuvvet olarak, gerekse cer işlerinde çalışan insan ve hayvanların ayaklarının kaymamasını, motörlü taşıtların muharrik tekerleklerinin patinaj yapmamasını ve dolayısıyla dengeleri bozulmadan yükü çekebilmelerini veya taşıyabilmelerini sağlayan bir direnç olarak nakliyat işlerinde Orman Mühendislerinin yakından ilgilendiği konudur ve nitekim ötedenberi ormancılık inceleme ve araştırmalarındaki özel yerini ve önemini daima muhafaza etmiştir.

Bu yazımızda kayma mukavemeti önce harekete karşı koyan bir kuvvet olarak incelenecek ve bu yönde gerekli bazı açıklamaları müteakip bu konuda verilen bir kısım genel ölçüler, daha sonra bazı orman nakliyat şekilleri için tesbit olunan değerler ve nihayet hareketi mümkün kılan bir direnç olarak kayma mukavemeti üzerinde durulacaktır.

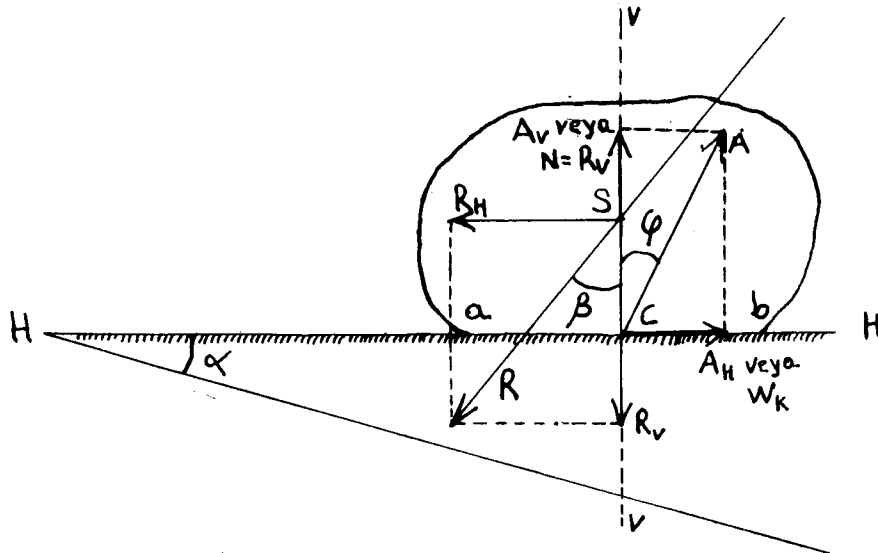
I. Harekete Karşı Koyan Bir Kuvvet Olarak Kayma Mukavemeti

Harekete karşı koyan bir kuvvet olarak kayma mukavemeti, bilhassa odunun kızaklarla veya doğrudan doğruya zemin üzerinde sürütülmesi suretiyle yahut oluklarda kendi ağırlığı ile meyil aşağı kaydırılması suretiyle yapılan ve orman nakliyatında özel ve önemli bir yeri olan nakliyat şekillerini ilgilendirmektedir. Hernekadar rasyonel yol şebekelerinin tanzimi ve gerçekleştirilmesi ile bu nakliyat şekilleri genellikle belli şartlara ve sınırlara bağlı olarak sınırlandırılmakta ve son zamanlarda vinçli havaî hatlar özellikle bu nakliyat şekillerinin uygulandığı bölmeden çıkarma işlerinde geniş hizmetler görmekte ise de bunlar duruma ve şartlara göre ancak belli sınırlar içinde mümkün ve iktisadi olabildiğinden bahsedilen nakliyat şekillerinin bilhassa memleketimiz ormancılığındaki özel ve önemli yerini muhafazaya devam edeceği söylenebilir.

A) Kayma Mukavemeti İle İlgili Genel Bilgiler ve Genel Ölçüler

Bilindiği üzere bir cismi etkileyen ve onun hareketi ve durumu ezcümle dengesi ile ilgili olan kuvvetlere dış kuvvetler denir ve bunlar cismi etkileyen aktif ve pasif kuvvetleri temsil etmek üzere sırasıyla hamule ve reaksiyonlar deyimi ile ifade olunan iki grupta mütalea edilir. Kayma sürtünmesi mukavemeti yahut kısaca kayma mukavemeti denen kuvvet, bu ikinci gruba yani cismi etkileyen reaksiyonlara dahildir.

α kadar eğimli herhangi bir zemin üzerinde bulunan herhangi bir cisim (Şekil : 1) gözönüne alındığı ve kendi ağırlığı da dahil olmak üzere buna gelen hamule herhangi bir R bileşkesi ile temsil olunduğu takdirde hamulenin cisim üzerindeki çabası biri cismin zeminle olan ab temas yüzeyine dik (V-V) değeri bu yüzeye paralel (H-H) iki doğrultuda mütalea edebilir ve bunları R nin sırasıyla R_v ve R_H gibi iki bileşeni ile gösterebiliriz. Böylece hamule, R_v kadar bir kuvvetle cismi bu yüzeye dik olarak zemine gömmeye, R_H kadar bir kuvvetle de bu yüzey boyunca kaydırmağa çalışır. Cismin ab temas yüzeyinin normali doğrultusunda olduğundan R_v ye normal hamule ve keza cismi bu yüzeye teget doğrultuda kaydırma çabasından dolayı R_H ya da teget hamule diyebiliriz.



Şekil : 1

Zeminde meydana gelen ve keza cismi etkileyen reaksiyon ise A ile gösterildikte bunun da cisim üzerindeki çabası ab temas yüzeyine dik ve paralel olmak üzere iki doğrultuda mütalea edebilir ve bunları sırasıyla A_v ve A_H gibi iki bileşen ile göstererek A_v bileşenine normal reaksiyon A_H ya da teget reaksiyon diyebiliriz. Burada A_v normal reaksiyonu cismin zemine gömülmesine karşı koyma çabasıdır ve cismin ab yüzeyi boyunca zemine bastırılması A_v nin büyüklüğü kadardır. Bu itibarla A_v normal reaksiyonu cismi zemine bastıran kuvvet olarak mütalea olunabilir ve tatbikatta genellikle N ile gösterilir; cismin zemine gömülmemesi halinde normal reaksiyon, normal hamuleye eşit yani $A_v = N = R_v$ dir. Kayma mukavemetini incelerken cismin zemine gömülmediği durum gözönünde tutularak daima $N = R_v$ teget hamulesi ile ab yüzeyi boyunca kaymasına karşı koyma çabasında bir kuvvet olarak kayma mukavemetini temsil eder ve genellikle W_k ile gösterilir.

Görüldüğü üzere kayma mukavemeti A reaksiyonunun temas yüzeyi ab üzerindeki izdüşümü ve cismi bu yüzey içinde hareket doğrultusunda ve hareketin aksi yönde etkileyen teget bir kuvvet olup büyüklüğü

$$W_k = A_H = N \cdot \tan \varphi \quad \text{dir.}$$

Burada φ açısı A reaksiyonunun normal reaksiyon (N) ile teşkil ettiği açı olup «sürtünme açısı» deyimi ile, $\tan \varphi$ de μ ile gösterilerek «kayma sürtünmesi katsayısı» veya kısaca «sürtünme katsayısı» deyimi ile ifade olunur.

φ açısının veya $\tan \varphi = \mu$ katsayısının değeri,

- Temas yüzeyi (ab) boyunca cismin ve üzerinde bulunduğu zeminin cisinsine (yapı malzemesine),
- Temas yüzeylerinin durumuna (cilalı, pürüzlü, kuru, ıslak temiz, kirli, sabunlu, yağlı ilh.),
- Lifli bir yapıya malik cisimler bahis konusu olduğu takdirde kaymanın liflere paralel veya dik doğrultuda olmasına,
- Kaymanın sükûnetten harekete (veya hareketten sükûnete) geçiş yahut sabit bir hızla kaymanın devamı mahiyetinde bir kayma olmasına ve bu ikinci halde kaymanın hızına göre değişir ve deneme ve ölçmelerle tesbit olunur. Buna göre a, b ve c paragraflarında yazılı şartlar aynı kalmak üzere φ ve μ için bir sükûnetten kaymaya-veya kaymadan sükûnete - geçme anına, diğeri ise ha-

$$\mu_s \cdot N = \mu_s \cdot Q \cdot \cos \alpha \geq R_H = Q \cdot \sin \alpha \quad (I b)$$

ve buradan grafik çözümdeki ifadesi

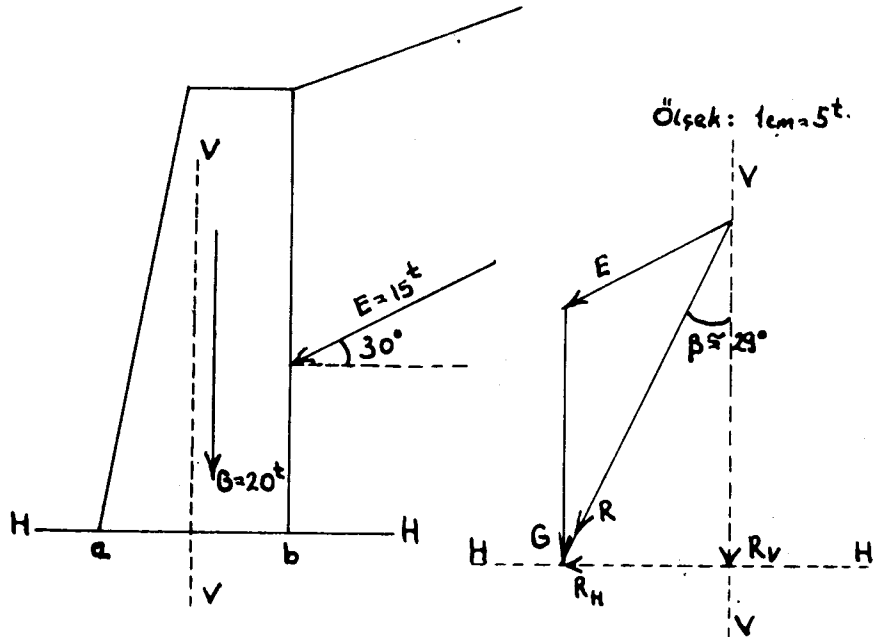
$$\mu_s = \tan \varphi_s \geq \tan \alpha$$

$$\varphi_s \geq \alpha \quad (II a)$$

olur.

Misal: 1 - Şekil: 3 deki istinat duvarının arka yüzü düşey, tabanı (zeminle olan temas yüzeyi ab) yatay, duvar kârgir, zemin kuru topraktır. Duvar ağırlığı $G = 20$ ton, arka yüzüne gelen toprak yükü $E = 15$ ton olup bu yüzün normali ile (dolayısıyla ab temas yüzeyi ile) 30° lik, ab nin normali ile 60° lik bir açı teşkil etmektedir. Bu duvarın kayma tehlikesine karşı emniyet durumu nedir? gösteriniz.

Analitik çözüm: Duvarı etkileyen hamule G ile E den ibaret olup bunların ab yüzeyine paralel doğrultudaki izdüşümleri



Şekil: 3

$$G_H = 0 \text{ ton}, E_H = E \cdot 30^\circ = 15.0,86603 \cong 13 \text{ ton}$$

bu yüzeye dik doğrultudaki izdüşümleri

$$G_V = G = 18 \text{ ton}, E_V = E \cdot \sin 30^\circ = 15.0,5 = 7,5 \text{ ton}$$

ve buna göre hamuleyi temsil etmek üzere G ile E nin bileşkesi R nin ab yüzeyine paralel ve dik doğrultulardaki bileşenleri

$$R_H = G_H + E_H = 13 \text{ ton}, R_V = G_V + E_V = 18 + 7,5 = 25,5 \text{ ton}$$

metnin sonundaki tablodan kuru toprak üzerinde kârgir için $\mu_s = 0,65$ almak suretiyle kayma mukavemeti

$$W_k = \mu_s \cdot R_V = 0,65 \cdot 25,5 \cong 16,6 \text{ ton}$$

ve

$W_k = 16,6 \text{ ton} > R_H = 13 \text{ ton}$ olduğundan duvar kayma tehlikesine maruz değildir. (Ancak, eğer temel zeminine su sızması muhtemelse tabloda $\mu_s = 0,30$ ve dolayısıyla

$$W_k = 0,30 \cdot 25,5 \cong 7,7 \text{ ton ve } W_k < R_H$$

olacağından duvar kayabilir).

Grafik çözüm: Kuvvet poligonunda G ile E nin bileşkesi R ve bunun ab nin normali $V-V$ ile teşkil ettiği $\beta = 29^\circ$ olarak, diğer cihetten trigonometrik tablodan tanjani $\mu_s = 0,65$ olan açı $\varphi_s \cong 33^\circ$ olarak bulunduğu ve böylece $\varphi_s = 33^\circ > \beta = 29^\circ$ olduğundan duvar, kaymaya karşı emniyettedir. (Ancak, eğer temele su sızması muhtemelse $\mu_s = 0,30$, tanjani μ_s olan açı $\varphi_s = 16^\circ 40'$ ve dolayısıyla $\varphi_s = 16^\circ 40' < \beta = 29^\circ$ olacağından duvar kayabilir).

Misal: 2 - $\alpha = 20^\circ$ meyilli killi ıslak bir yamaç üzerinde bulunan bir kaya kitlesinin denge durumu nedir?

Tabloda ıslak kil üzerinde pürüzlü kârgir için $\mu_s 0,30 = \tan \varphi_s$ olup trigonometrik tablodan $\varphi_s = 16^\circ 40'$ bulunduğu ve

$\varphi_s = 16^\circ 40' < \alpha = 20^\circ$ olduğuna göre bahis konusu kaya kitlesi yamaç üzerinde kayar.

II. Kayma Mukavemetinin Orman Nakliyatındaki Değerleri

Orman nakliyatında bu mukavemet esas itibariyle doğrudan doğruya toprak, kar ve buz zemin üzerinde, toprak ve ağaç oluklarda kaydırma, sürütme suretiyle veya kızakla yapılan nakliyat şekillerinde büyük bir önemi haiz olup olukların, sürütme ve kızak yollarının meyil ve boyuna profillerini dikte eder¹⁾.

Orman nakliyatında özellikle bu nakliyat şekillerinde nakliyat iniş aşağı yapılır ve aksi meyillerden kaçınılır. Ancak oluklarda kaydırma suretiyle nakliyat aşağı tarafta odunu durdurabilmek suretiyle olgun bu taraftaki uç kısmının yatay veya aksi meyilli yapılması gerekir.

A) Sürütme Suretiyle veya Kızakla Yapılan Nakliyat

Bu nakliyat şekillerinde sürütme veya kızak yolunun meyli, sürütülen odunun ve zeminin durumuna bağlı olarak değişen kinetik kayma sürtünmesi katsayısına imkân nisbetinde eşit ($\tan \alpha \cong \mu_k = \tan \varphi_k$) olmalıdır. Bu takdirde tomruğun veya yüklü kızığın meyil aşağı hareketi sırasında meydana gelen kinetik kayma mukavemeti (Şekil: 2 de $W_k^k = \mu_k \cdot Q_v$) teget hamule Q_H tarafından ortadan kaldırılacağından cer aracı kayma mukavemeti olarak sadece tomruğu veya kızığı hareket ettirirken $Q_v \cdot (\mu_s - \mu_k)$ kadar bir mukavemeti yendikten sonra yol boyunca meyil ve şartlar aynı kaldıkça başkaca bir kayma mukavemeti ile karşılaşmayacaktır. Buna mukabil $\tan \alpha < \mu_k$ olması halinde bir kısım kayma mukavemetinin yenilmesi, $\tan \alpha > \mu_k$ olması halinde ise bir frenleme bahis konusu olur.

Yuvarlak odun olarak uzun ve kısa gövde odunlarının doğrudan doğruya toprak zemin üzerinde sürütülerek çekilmesi suretiyle yapılan nakliyat μ_k için örster, HFafner ve Loycke'nin verdikleri değerler²⁾ Tablo: 1 de gösterilmiştir.

Bu tablodaki değerler tomrukların bir zincir veya halatla zemin üzerinde çekilerek sürütülmesine aittir. Bu tabloda sert kar ve toprak zeminlerdekinin aksine olarak yumuşak karda baş tarafları yontulmuş tomrukların sürütülmesindeki μ_s değerlerinin baş tarafları yontulmamış tomruklardakinden biraz büyük olduğu görülüyor. Enlil bunu, yontulan kısmın altında kalan kar kitlesinin ters yöndeki moment

Tablo: I ³⁾

Zeminin cinsi ve durumu	μ_k			
	Zeminin kuru olması halinde		Zeminin ıslak olması halinde	
	Kabuksuz odun	Kabuklu odun	Kabuksuz odun	Kabuklu odun
<i>Förster'e göre gerek uzun gerekse kısa ladin ve göknar gövde odunlarının:</i>				
Sert, sıkı, tozlu fakat taşsız toprak zemin üzerinde sürütülmesinde	0,486	0,548	0,403	0,483
Kaba ve gevşek materyal (yassı, yuvarlak taşlar) ile örtülü sert ve sıkı toprak zemin üzerinde sürütülmesinde	0,413	0,495	0,251	0,347
Keskin köşeli taşlarla örtülü sert ve sıkı toprak zemin üzerinde sürütülmesinde	0,441	0,523	0,389	0,469
4-5 sm kalınlığında gevşek bir kırmataş tabakası ile örtülü sert ve sıkı toprak zemin üzerinde sürütülmesinde	0,479	0,562	0,347	0,449
4-5 sm kalınlığında bir mıcır tabakası ile örtülü sert ve sıkı toprak zemin üzerinde sürütülmesinde	0,491	0,534	0,400	0,472
Vejetasyonsuz, taşsız sert balçık toprağı üzerinde sürütülmesinde	0,478	0,571	0,161	0,269
Cılız bir çayır tabakası ile örtülü taşsız sert balçık toprağı üzerinde sürütülmesinde	0,513	0,536	0,426	0,486
Gevşek çayır zemin (yeni biçilmiş çayır) üzerinde sürütülmesinde	0,505	0,586	0,425	0,478
<i>Hafner'e göre ⁴⁾ kabuksuz ladin kısa gövde odunlarının:</i>				
Küçük taşlı rutubetli balçık zemin üzerinde sürütülmesinde	—	—	0,49 ($\mu_s=0,74$)	—
Kabuklu ladin kısa gövde odunlarının aynı zemin üzerinde sürütülmesinde	—	—	—	0,68 ($\mu_s=0,88$)
Kabuklu kayın kısa gövde odunlarının aynı zemin üzerinde sürütülmesinde	—	—	—	0,49 ($\mu_s=0,72$)
<i>Loycke'ye göre ⁵⁾ kabuklu kayın kısa gövde odunlarının:</i>				
Gevşemiş ve çamurlu bir üst tabaka toprağı üzerindeki bir yapraklı orman ölü örtüsü üzerinde sürütülmesinde ³⁾	—	—	—	0,50

3) Bak.: HAFNER (11, S. 54). HAUSKA (12, S. 109).

4) Bak.: HAFNER (11, S. 54). Keza bak.: Tablo VII nin sonundaki üç grup değer.

5) Bak.: Tablo : III, 1 ci Bölüm, b sütunundaki ilk değer.

1) Bak.: TAVŞANOĞLU (17) ve (18, S. 111).

2) Bak.: HAUSKA (12, S. 109), HAFNER (11, S. 54).

Enlil de tomrukların sürütülmesi konusunda yaptığı ölçmelerin sonucunu şöyle özetlemektedir ⁶⁾.

Tablo: II

Platform yapısı	Sürütülen ağaç	Kayma Sürtünmesi Katsayısı ⁷⁾		
		μ_k	μ'_k	μ_s
Yumuşak kar (Basınca karşı mukavemeti 1 - 2 kg/sm ² ; Hava suhneti -4° ilâ -5°C)	1. Bölüm			
	Kabuklu göknar tomruğu	0,35	0,38	0,70
	Baş tarafı yontulmuş kabuklu göknar tomruğu	0,27	0,36	0,76
	Kabuksuz göknar tomruğu	0,16	0,16	0,58
	Baş tarafı yontulmuş kabuksuz göknar tomruğu	0,15	0,15	0,60
	Kabuklu meşe tomruğu	0,22	0,23	0,42
Lem (balçık) toprak (kuru, yumuşak, kumsal, biraz da çakıllı)	2. Bölüm			
	Kabuklu meşe tomruğu	0,51	0,57	0,75
Bir kısmı çok taşlı kumlu sert lem (balçık) toprak (yaş)	3. Bölüm			
	Kabuklu meşe tomruğu	0,49	0,55	0,58
Sert kar (Basınca karşı mukavemeti 5-6 kg/sm ² , hava suhneti -14 ilâ -15 C)	4. Bölüm			
	Kabuklu kayın tomruğu	0,13	0,13	0,69
	Baş tarafı yontulmuş kabuklu kayın tomruğu	0,13	0,13	0,27

6) Bak.: ENLİL (5, S. 12-29). Platform yapısı tavsiflerinde parantez içindeki bilgiler eserin metninden istihraç olunmak suretiyle yazılmıştır.

Bu denemelerde kullanılan göknar tomrukları kabuklu, yaş ve 4 m. uzunluğunda, kabuksuz, kuru ve 4 m. uzunluğunda düzgün, kalın uçları sırasıyla 27 ve 26, ince uçları 23 sm, ağırlıkları 150 ve 115 kg, meşe tomrukları ise kabuklu, kuru, eğri gövdeli 2, 77 ve 2, 19 m. uzunluğunda kalın uçları sırasıyla 26 ve 31, ince uçları 23 ve 25 sm, ağırlıkları 135 ve 128 kg olup her iki cinsten de yontmalar her iki uçtan 6 sm, kayında ise 8 sm. dir. Kabuklu kayın tomruğu ise yaş olup boyu 6 m, orta çapı 31 sm. ağırlığı 377,4 kg. dir.

7) Tablodaki μ'_k değerleri birbirlerine zincirle bağlı birkaç tomruğun sürütülmesi halindeki μ_k katsayısı olsa gerektir.

etkisine atfetmektedir. Diğer cihetten kabuklu meşe tomruklarında kabuk göknar tomruğundakinden daha pürüzlü olduğu halde bu denemelerde μ değerleri kabuklu göknar tomruğundakinden daha düşük bulunmuştur. Bunu da Enlil, denemede kullanılan göknar tomruklarının yaş olup kar üzerinde donması ile ve daha ziyade meşe tomruklarının birkaç defa sürütüldükten sonra kabuklarındaki pürüzlerin karla dolması ve kabukların kuru olduğundan kısa bir zamanda soyulması yüzünden sürtünmenin azalması ile izah etmektedir. Halbuki bir defa, denemede ilk sürütme için verilen μ değeri dahi kabuklu meşe tomruğunda kabuklu kayın tomruğundan daha düşük olduğu gibi zemin kar olmasa dahi benzer toprak zemin (vegetasyonsuz, taşsız, sert, kuru balçık toprağı) üzerinde kabuklu ladin ve göknar uzun ve kısa gövde odunları için Tablo : I de verilen μ_k değeri (0,57), kabuklu meşe için Tablo: II de verilen değerden (0,51) yine de yüksek, keza küçük taşlı ıslak balçık zemin üzerinde kabuklu ladin kısa gövde odunları için Tablo: I de verilen değer (0,68) kabuklu meşe için Tablo: II de verilen değerden (0,49) hayli yüksek, ancak kabuklu kayın kısa gövde odunu için Tablo: I de verilen değer (0,49), Tablo II de kabuklu meşe için verilen değere eşit, μ_s değerleri ise yine hayli yüksektir (0,58 e mukabil sırasıyla 0,88 ve 0,72). Bu itibarla kanaatimize göre kabuğu daha pürüzlü olduğu halde meşede μ değerlerinin daha düşük bulunması sürtünme münasebetlerinden ziyade gövde üzerinde boyuna doğrultuda seyreden derin pürüzlerin sürütmede gövdenin yanal hareketlerini önlenmesinden ileri gelmiş olabilir.

Orman nakliyatındaki bahis konusu bazı nakliyat şekillerinde sürtünme katsayılarının yuvarlatılmış yaklaşık değerleri Loycke'ye göre şöyledir ⁸⁾:

Tablo: III

Zemin özellikleri:

- Hafif sertleşmiş takriben 30 sm kalınlıkta kar örtüsü.
- Donmuş alt zemin üzerinde yapraklı ölü örtü ve hafif gevşemiş çamurlu toprak örtüsü ile karsız yüzeyler.
- Donsuz havada bitkilerle örtülü toprak zemin, vasat derecede ağır toprak şartları.

8) Bak.: HAFNER (11, S. 64).

- d) Güç şartlar; yumuşak topraklar, bitkilerle iyice örtülü topraklar ilh...

Sürtünme Katsayısı %	Zincirle çekme suretiyle sürütmede (Basit sürütme)				2 Tekerlekli arabalarla sürütmede (Araba ile sürütme)				Tek akslı tomruk arabaları ile odunu sürütmeden yapılan nakliyat				Çift akslı araçlarla odunu sürütmeden yapılan nakliyat			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
	1. Bölüm				2. Bölüm				3. Bölüm				4. Bölüm			
<i>Statik kayma sürtünmesi</i>																
Yapraklı ağaç odunu	60	50	—	—	60	40	—	—	—	22	—	—	—	—	—	—
İbrelili ağaç odunu																
Kabuklu odun																
Kalın uç önde	—	—	70	90	—	—	55	60	—	—	—	—	—	—	—	—
İnce uç önde	—	—	60	70	—	—	55	60	—	—	—	70	—	—	25	36
Kabuksuz odun																
Kalın uç önde	—	—	—	80	—	32	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
İnce uç önde	—	—	—	65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Kinetik kayma sürtünmesi</i>																
Hepsi için	45	44	55-60	70	30	24	35	45	—	16	—	—	—	12	18	24

Diğer cihetten Hafner, Kojima tarafından yapılan araştırmaların nisbeten kısa gövde odunlarında sürtünme değerlerinin uzunca gövde odunlarındakinden biraz yüksek olduğunu gösterdiğini, odunun kalın ucu yerine ince ucu ile nakli halinde sürtünme mukavemetinin biraz daha az olduğunu kaydetmekte, bununla beraber yamaç üzerindeki sürütme işlerinde kalın ucun daima öne alınması gerektiğine, düzlüklerde ise ince uçtan sürütme yapıldığına işaret etmektedir⁹⁾. Filhakika Tablo: I, Tablo: III ve Tablo: VIII deki bir kısım değerlerin mukayesesi bu kanaati azçok doğrulamaktadır.

Esas itibariyle kar ve buz yollar üzerindeki sürütme ve kızak nak-

9) Bak.: HAFNER (11, S. 49-55).

liyatı ile ilgili olarak bazı şartlar ve bazı ağaç neveleri için verilen μ_k değerleri de Lünzmann'a göre şöyle özetlenebilir ¹⁰⁾.

Tablo: IV

Ağaç cinsi	Yolun cinsi ve durumu	Kabuklu odun μ_k		Kabuksuz odun μ_k		Kaynak
		Kar	Buz	Kar	Buz	
Kayın	Sıkı kar	—	—	0,17	—	Enlil ¹¹⁾
Gök nar	Sıkı alt zemin	0,18	—	—	—	Steinlin,
Lâdin	Donmuş orman toprağı ve az bir kar tabakası	—	—	0,29	—	Zehntner
Ağaç kızak	Kar veya buz	—	—	0,035	—	Hauska-Mark

Bu tabloda kar veya buz yollarda tabanlarına demir veya çelik geçirilmemiş ağaç kızak için verilen değer genellikle literatürde verilen değerlere uygundur. Nitekim kızaklar için bu değerler genellikle şöyledir ¹²⁾.

Tablo : V

Kızak taban yapısı ve durumu		Yol	μ_k
Tabanlarına demir geçirilmemiş	Herhangi bir şey sürülmemiş ağaç kızak	Düzgün ahşap veya taş kaplamalı yol	0,38
»	»	Kar veya buz	0,035
»	»	Yalnız kuru sabun sürülmüş ağaç kızak	0,15
»	»	Talk sürülmüş ağaç kızak	0,07
Tabanlarına demir geçirilmiş	Birşey sürülmemiş ağaç kızak	Kar veya buz	0,02

10) Bak.: HAFNER (11, S. 55).

11) Enlil'in verdiği tabloda (Tablo : II) kabuklu kayın için bu değer 0,13 olarak görünmektedir.

12) Bak.: TAVŞANOĞLU (17, S. 312) ve (68, S. 7), HAUSKA (12, S. 110), GRAF (8, S. 11).

Yalnız Hauska, tabanlarına demir geçirilmemiş ve hiç bir şey sürülmemiş ağaç kızaklar için kar veya buz üzerinde $\mu_k = 0,02$ değerini vermekte¹³⁾, Tavşanoğlu'nda özel bir şekilde hazırlanan kar şoselerinde kızakla nakliyatta sürtünme değerinin 0,02-0,05 arasında olduğunu kaydetmektedir¹⁴⁾.

Diğer cihetten Koroleff buzlu kızak yollarında kızaklar için sürtünme katsayısını 0,01 - 0,0225 arasında değişmek üzere ortalama 0,0175 olarak, karlı kızak yollarında ise 0,025 - 0,04 arasında değişmek üzere ortalama 0,0325 olarak¹⁵⁾ vermekte ve yaptığı bazı mukayeselere göre¹⁶⁾ bu değerler kinetik kaymaya yani μ_k ya tekabül etmekte, fakat kızak tabanlarının durumu hakkında bir açıklamada bulunmamaktadır. Gerçi Koroleff'in eserinde bahsettiği kızaklar¹⁷⁾ genellikle tabanlarına çelik geçirilmiş kızaklardır ve verdiği değerlerden ilki (0,0175) metnin sonundaki ek tabloda buz üzerinde çelik için, Tablo: V de de kar veya buz üzerinde tabanlarına demir geçirilmiş¹⁸⁾ kızaklar için verilen değerlere uygundur, fakat ikincisi de (0,0325) bu tablolarda tabanlarına demir geçirilmemiş ve birşey sürülmemiş kızaklar için verilen değerlere uymaktadır. Keza Koroleff, Amerika ve Kanada'da kullanılan kızaklarla, demiryollarında açık vagonlarda her zaman taşınabilen yüklerin ağırlığı kadar yük taşınabildiğini¹⁹⁾, ağır iş gören bir kızakta buz yol üzerinde nakliyat sırasında hasıl olan kayma mukavemetinin bir orman demiryolunda hareket halinde aynı yüke karşı meydana gelen yuvarlanma mukavemetine (katsayı yine 0,01 - 0,0225 arasında değişmek üzere ortalama 0,0175) takriben eşit olduğunu, aynı ağırlıktaki bir yükü kızakla bir kar yol üzerinde çekmek için buz yoldakinin 2 misli ve toprak yol üzerinde araba ile çekmek için 4 misli kuvvete ihtiyaç bulunduğunu²⁰⁾ kaydetmektedir.

Kızaklar için buraya kadar bahsedilen sürtünme katsayıları yü-

13) Bak.: HAUSKA (18, S. 110).

14) Bak.: TAVŞANOĞLU (17, S. 311).

15) Bak.: KOROLEFF (13, S. 105).

16) Bak.: KOROLEFF (13, S. 98).

17) Bak.: KOROLEFF (13, S. 49-57).

18) Koroleff, tomruk nakline mahsus kızak tabanlarına genellikle çelik çarıklar geçirildiğini, dökme demir çarıkların daha kolay kırıldığını ve buz veya kar zemin üzerinde çelikten daha büyük bir mukavemet meydana getirdiğini, ancak üzerinde az çok kum yahut hayvan pisliği bulunan yollarda çeliğe nazaran daha kolay kaydığını kaydetmektedir (Bak.: aynı eser, 13, S. 51).

19) Koroleff, hatta bundan birkaç defa daha fazla yüklendiğinin de kayıtlarda mevcut olduğunu, Amerika'da 4 atlı bir kızığa bir defada yükletilen en fazla tomruk miktarının 140 tona yakın olduğunu ilâve etmektedir.

20) Bak.: Aynı eser, 13, S. 98.

kün tamamının (yahut tomrukların her iki ucunun) kızak üzerinde bulunduğu ve arka ucunun zeminde sürütülmediği nakliyat şekillerine yani sadece kızak tabanları ile zemin arasındaki sürtünmeye aittir. Nakliyatta sürütme kızakları kullanıldığı yani tomruğun bir ucunun kızak üzerinde bulunduğu ve diğer ucunun zemin üzerinde sürütüldüğü hallerde kızakla zemin arasındaki sürtünmeden başka, tomruğun arka ucu ile zemin arasındaki sürtünmenin de hesaba katılması icap eder ve bunun için de Tablo: I, II ve IV deki değerlerle, Tablo: III ün ilgili sütunlarındaki değerlerden fikir edinilebilir.

Bu konuda Enlil, sert bir kar zemin üzerinde kayın tomruğu yüklü tek kızakla yani (sürütme kızakları ile) ve çift kızakla (yani tomruğun her iki ucu kızak üzerinde) yaptığı denemelerle, biraz taşlı, kumlu sert lem (balçık) zemin üzerinde zeminin kuru ve yaş durumlarında çift kızakla yaptığı denemelerden elde ettiği sonuçları şöyle özetlemektedir²¹⁾.

Tablo: VI

Platform Yapısı		Nakliyat Tarzı	Sürtünme katsayısı	
			μ_k	μ_s
Sert kar		Çift kızak	0,06	0,07
		Tek kızak	0,08	0,11
Biraz taşlı, kumlu sert lem (balçık) toprak	kuru	Çift kızak	0,37	0,40
	yaş	Çift kızak	0,29	0,37

Bu denemelerde kullanılan kızakların tabanlarına demir veya çelik çarık geçirilip geçirilmediği net bir şekilde açıklanmamıştır; eserdeki bazı ifadeler kullanılan kızakların demirsiz, bazı resimler ise de-

21) Bak.: ENLİL (5, S. 12-29). Tek kızaklı (sürütme kızığı ile) yapılan denemede orta çapı 38 sm, boyu 6 m olan bir kayın tomruğu kalın ucu ile kızığa yüklenmiş, çift kızakla yapılan denemede ise yine 6 şar m boyunda orta çapları 33 ve 38 sm olan iki kayın tomruğu kullanılmıştır. Eserde ayrıca 4 m boyunda ve 32 sm orta çapında bir kayın tomruğundan da bahsedilmekte ise de, bunun hangi denemede kullanıldığı belirtilmemiştir (S. 17).

kavemete nazaran bir buz yol üzerinde % 20 ve bir kar yol üzerinde % 30 kadar daha fazla olduğunu kaydetmektedir²⁷⁾.

B) Odunu Kendi Ağırlığı İle Bir Oluk İçinde Kaydırma Suretiyle Yapılan Nakliyat

Bilindiği üzere bu nakliyat şeklinde odun, tüm gövdeler veya gövde odunu halinde bir oluk içinde kendi ağırlığı ile meyil aşağı kaydırılarak nakledilir.

Oluklar umumiyetle gövdelerin zemin üzerinde meyil aşağı kaydırılmasıyla teşekkül eden toprak oluklar²⁸⁾ (Şekil: 4 a), yahut yuvarlak veya yarım yuvarlak odunlarla kalaslardan yapılan çeşitli tip ahşap oluklardır (meselâ Şekil: 4 b, 5 a, b); bu arada mahdut ölçüde metal oluklar, seyrek hallerde ahşap traversler üzerine oturtulan raylardan ibaret oluklar, yanları yuvarlak odunlardan, tabanı enine konmuş yuvarlak odunlara örülen örme çitlerden meydana getirilen oluklar, daha seyrek hallerde tel kablolar üzerine tesbit edilen yuvarlak odun veya kalaslardan ibaret asma oluklar da bahis konusudur²⁹⁾.

Odunun toprak oluklarda kaydırılmasında μ katsayıları için duruma göre aşağıdaki tablonun sonunda veya geçen bölümde belirtilen değerlerden, metal oluklarda kaydırılmasında ise metnin sonundaki tabloda verilen genel mahiyetteki değerlerden faydalanılabilir.

Büyükçe meyillerde ve pek elverişli olmayan arazide 10-15 sm. çapında yuvarlak odunlardan veya 15-25 sm kalınlığında oluk boyunca yarma odunlarından traversleri oluk boyunca aşağı yukarı 1 m. veya daha aralıklı ve oluk eksenine dik yahut ekseriya eğik (60°-70° meyilli) bir şekilde koymak, uçlarını iki taraflı olarak kenar ağaçları ile bastırıp aralarını kohezyonlu toprakla doldurup dövmek veya taşla sıkı bir şekilde kaplamak suretiyle meydana getirilen ahşap ve toprak (veya taş) karışımı «traversli oluk» larda ve balçık zemin üzerindeki toprak oluklarda (Şekil: 4 a, b) kaydırma suretiyle yapılan nakliyat Hafner, yaptığı dinamometrik ölçmeler sonunda μ katsayıları için aşağıdaki değerleri tesbit etmiştir³⁰⁾.

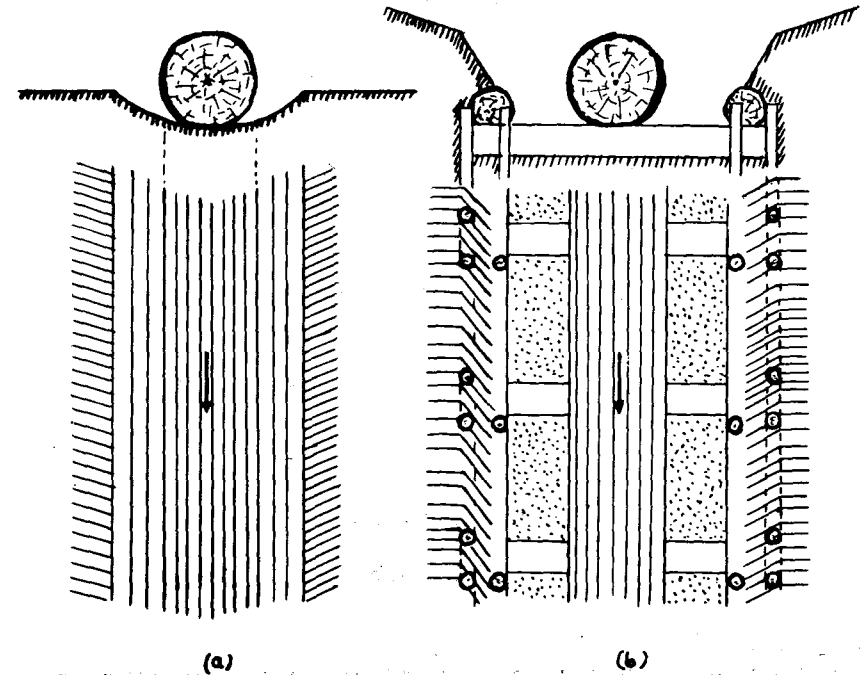
28) Bak.: TAVŞANOĞLU (17, S. 111, 243-244).

29) Bak.: Hafner (11, S. 184-224). Keza bu arada kendi eksenleri etrafında dönebilen yuvarlak traverslerden ve kenar ağaçlarından meydana gelen oluklar da bahis konusu olabilir de bunlar hem nadir ve külfetlidir, hem de kayma sürtünmesi konusunun dışındadır.

30) Bak.: Hafner (11, S. 189), Hauska (12, S. 110).

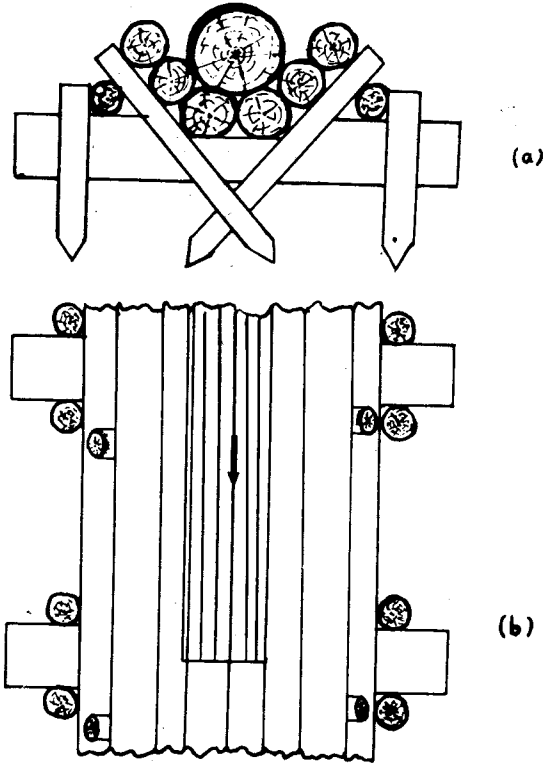
Tablo: VII

Travers cinsi ve durum	Kaydırılan odun	μ Katsayıları	
		μ_k	μ_s
Kayın, kabuklu, yaş	Kayın, kabuklu, yaş	0,27	0,56
» » »	Lâdin, » »	0,39	0,65
» » »	Lâdin, kabuksuz, yaş	0,27	0,59
Kayın, kabuklu, kuru	Kayın, kabuklu, kuru	0,38	0,61
» » »	Lâdin, » »	0,56	0,75
» » »	Lâdin, kabuksuz, »	0,41	0,63
Lâdin, kabuklu, kuru	Kayın, kabuklu, kuru	0,38	0,65
» » »	Lâdin, » »	0,58	0,82
» » »	Lâdin, kabuksuz, kuru	0,43	0,68
Lâdin, kabuksuz, kuru	Kayın, kabuklu, kuru	0,31	0,81
» » »	Lâdin, » »	0,45	0,73
» » »	Lâdin, kabuksuz, kuru	0,35	0,60
Lâdin, kabuksuz, yaş	Kayın, kabuklu, yaş	0,23	0,49
» » »	Lâdin, » »	0,33	0,61
» » »	Lâdin, kabuksuz, yaş	0,23	0,50
Çayır örtüsü bulunmayan ve küçük taşlar ihtiva eden biraz yaş balçık toprağı	Kayın, kabuklu, yaş	0,49	0,72
	Lâdin, kabuklu, yaş	0,68	0,88
	Lâdin, kabuksuz, yaş	0,49	0,74



Şekil: 4 a, b

Gerek doğrudan doğruya zemin üzerinde gerekse yukarıda bahsedildiği şekilde traversli oluk olarak tesis olunan toprak oluklar, oluk başı, oluk ortası ve oluk sonu olarak meyilleri ve yerine göre seyirleri birbirinden farklı üç kısım arzeder. Bu oluklar kullanıldıkları nakliyat mevsimine göre de yaz olukları ve kış olukları olarak isimlendirilir ve yaz oluklarında kuru ve yaş zemin üzerinde, kış oluklarında da kar ve donmuş zemin üzerinde nakliyat yapılır ve buna göre prensip itibarıyla yaz olukları yamaçların güneşli, kış olukları da gölgeli taraflarında tesis olunur. Oluğun en meyilli kısmı oluk başının alt kısımları olup oluk orta kısmında meyil biraz daha az tutulur ve buraların meyilleri yaz ve kış olukları için ve zeminin kuru, ıslak, karlı ve buzlu durumlarına göre değişir. Oluk sonunda ise meyil en az olup icabında aksi meyil uygulanır ³¹⁾.



Şekil: 5 a, b

31) Bu konular için Bak.: TAVŞANOĞLU (18, S. 111), HAFNER (11, S. 185-189).

Ahşap oluklar ise (Şekil: 5 a, b) esas itibarıyla serenlik odunlardan, gövde odunlarından veya kalaslardan yapılan çeşitli tipler arzeder. Bunlar da nakliyat mevsimindeki durumlarına göre kuru oluklar, ıslak oluklar, kar olukları ve buz olukları olarak ve hizmet sürelerine göre daima oluklar, muvakkat oluklar ve transportabl oluklar olarak isimlendirilir. Kuru ve ıslak oluk, kar ve buz olukları olarak serenlik odunlardan yapılan ahşap oluklarda çeşitli odunların kendi ağırlıkları ile ile kaydırılması konusunda Petraschek'in araştırmalarında μ_k için elde edilen sonuçlar şöyledir³²⁾.

Tablo: VIII

Kaydırılan Odun	μ_k			
	Kuru oluk	Islak oluk	Kar oluğu	Buz oluğu
Gövdeler	0,35	0,15	0,12	0,04
6 m. den kısa gövde odunları	0,38	0,18	0,14	0,08
Yumuşak istif odunu (yuvarlak)	0,40	0,21	0,15	0,10
Sert yakacak odun ³³⁾	0,40	0,25	0,15	0,12
Yumuşak yakacak odun ³⁴⁾	0,44	0,31	0,22	0,16

Keza ahşap oluklar da oluk başı, oluk ortası ve oluk sonu olarak üç kısım arzeder ve bunlar bazen odunun motörlü kablo makaraları ile yarlardan yukarıya çekilmesinde de kullanılır.

II — Hareketi Mümkün Kılan Bir Direnç Olarak Kayma Mukavemeti; Aderans Mukavemeti

Bir yükün çekilmesinde veya taşınmasında ³⁵⁾ insan, hayvan veya makine olarak kullanılan aracın cer kuvveti Z ile ve aracın bu işte

32) Bak.: HAFNER (11, S. 194).

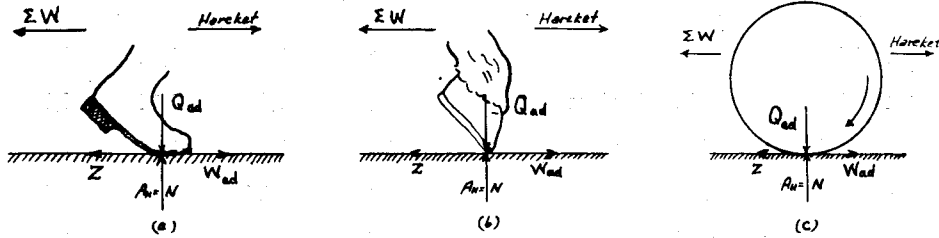
33) Kabuklu, ince uç çapı 14 sm. den yukarı, yarılmış veya yarılmamış yuvarlak odun olarak.

34) Kabuklu, ince uç çapı 14 sm. den yukarı, yarılmış veya yarılmamış yuvarlak odun olarak.

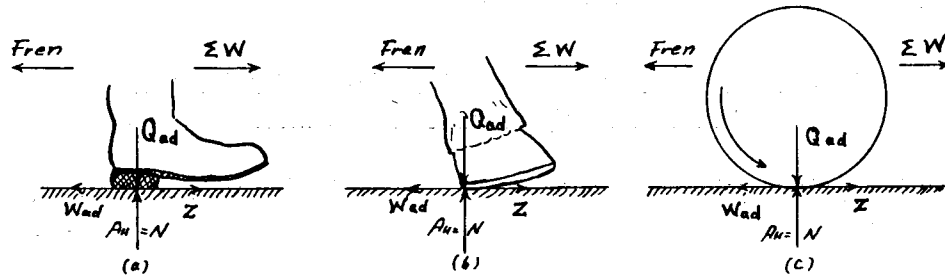
35) Yahut hareket halindeki yükün hızının artırılmasında veya azaltılmasında, frenlenmesinde.

karşılaştığı çeşitli mukavemetlerin toplam değeri ΣW ile gösterildikte, bilindiği üzere yükün çekilebilmesi veya taşınabilmesi için $Z \geq \Sigma W$ olduktan başka, aynı zamanda cer aracı olarak kullanılan insan veya hayvanların ayaklarının yahut aracın muharrik tekerleklerinin zemin üzerinde kaymaması, patinaj yapmaması da şarttır.

Cer kuvveti (Z) insan ve hayvanların ayakları ile yahut aracın muharrik tekerlekleri ile zemin arasındaki temas yüzeyine teğet, hareket doğrultusunda ve hareket yönünün aksi yönde bir kuvvet olarak zemine intikal ettiğine göre (Şekil: 6 a, b, c) ayakların veya muharrik tekerleğin harekete geçiş veya hareket sırasında zemin üzerinde kaymaması veya patinaj yapmaması için yine bu temas yüzeyinde, bu yüzeye teğet ve hareket doğrultusunda fakat Z nin aksi yönde, keza



Şekil: 6 a, b, c



Şekil: 7 a, b, c

frenleme sırasında da Z nin aksi yönde (Şekil: 7 a, b, c) ve en az Z ye eşit ve daha büyük, dolayısıyla en az ΣW ye eşit ve daha büyük bir kay-

ma sürtünmesi mukavemetinin bulunması gerekir³⁶⁾. Bunun gerçekleştiği durumda temas yüzeyi üzerinde ayaklar veya muharrik tekerleklerle zeminin birbirine temas eden noktaları gözönünde tutulan anda birbirini üzerinde sabit kaldığına, birbirini üzerinde kaymadığına göre bu kayma mukavemeti esas itibariyle bir statik kayma sürtünmesi mukavemetidir. Ancak bu mukavemet hareketi mümkün kılan bir mukavemet olduğundan, harekete engel olan kayma mukavemetinden ayırmak üzere bunu «aderans mukavemeti» deyimi ile ifade ediyor ve W_{ad} ile gösteriyoruz.

Buna göre yükün çekilebilmesi veya taşınabilmesi için yukarıda bahsedilen iki şart $W_{ad} \geq Z \geq \Sigma W$ şeklinde özetlendiği takdirde bu iş için aracın cer kuvvetinden ancak bu mukavemet yani W_{ad} ölçüsünde faydalanılabileceği anlaşılır.

Aderans mukavemeti bir kayma sürtünmesi mukavemeti olarak $W_{ad} = \mu \cdot Q_{ad}$ şeklinde hesaplanır. Burada μ , aracın ayakları veya muharrik tekerlekleri ile zemin arasındaki kayma sürtünmesi katsayısı, Q_{ad} ise aracın ayaklarına veya muharrik tekerleklerine isabet eden ağırlıktır. Yukarıdaki izahata göre μ için esas itibariyle kayma sürtünmesinin statik kaymaya tekabül eden değeri yani μ_s kullanılır³⁷⁾, Q_{ad} ye de aracın aderans ağırlığı denir.

Duran bir aracın Q ağırlığının³⁸⁾ ayaklara veya muharrik tekerleklerle isabet eden kısmı olarak Q_{ad} , muhtelif araçlara ve gözönünde tutulan aracın yapısına göre değişmektedir. Q_{ad}/Q oranı n_{ad} gibi bir sayı ile ifade olunursa, cer aracı olarak kullanılan insan ve hayvanlar, paletli traktörler ve bütün tekerlekleri veya bütün dingilleri muharrik olan araçlar için bu sayı 1, diğerleri için 1 den küçük olup, genellikle arka tekerlekleri muharrik olan araçlar için 2/3 (yani 0,66), yolcu arabalarında 0,5 - 0,62, yük arabalarında ise 0,6 - 0,68 olarak kabul edilebilir³⁹⁾.

Özellikle yüksek bir cer kuvvetini gerektiren nakliyatta çalışan araçların aderans ağırlığını arttırmak üzere ağırlığın muharrik teker-

36) Burada $Z \geq \Sigma W$ olduğu yani cer kuvvetinin hareketi engelleyen kuvvetlere karşı hareketi sağlamaya yeterli olduğu, dolayısıyla pasif bir kuvvet olan sürtünmenin ΣW ye karşı değil Z ye karşı meydana geldiği durum göz önünde tutulmuştur.

37) Bak.: UMAR (20, S. 55) ve (19, S. 43). Ancak demiryollarında normal hatlardaki sür'atli seyirlerde μ için onun kinetik kaymaya tekabül eden değerleri (μ_k) gözönünde tutulur (Bak.: BERKMEN, 3, S. 64-65).

38) Gözönünde tutulan duruma göre aracın yüklü veya boş haldeki ağırlığının.

39) Bak.: UMAR (19, S. 55) ve (20, S. 61).

leklere veya muharrik dingillere tevzii imkânı bu rakamlardan da anlaşıldığı veçhile, hayli sınırlı olduğundan bu maksat için daha ziyade böyle işlerde çalışan araçlardaki muharrik tekerleklerin veya muharrik dingillerin sayısını arttırmak cihetine gidilmektedir. Nitekim halen orman nakliyatında kullanılan traktörlerin ekserisi ve orman dekovil hatlarında çalışan lokomotiflerin hemen hepsi bütün tekerlekleri veya bütün dingilleri muharrik olan araçlardır. Keza normal hat lokomotiflerinde de buna gayret olunmakta ise de kavislerin kolaylıkla dönülebilmesi bakımından bu imkân bunlarda daha sınırlıdır ve nitekim bunlarda muharrik dingillerin sayısı genellikle beşi geçmez.

μ ve ΣW (dolayısıyla Z) bilindiği takdirde mevcut veya gözönünde tutulan şartlar dahilinde bahis konusu yükün çekilebilmesi, taşınabilmesi veya frenlenebilmesi için gerekli aderans ağırlığı

$$W_{ad} = \mu \cdot Q_{ad} \geq Z \geq \Sigma W \text{ ifadesinden } Q_{ad} \geq \frac{Z}{\mu} \text{ veya } Q_{ad} \geq \frac{\Sigma W}{\mu}$$

olarak ve n_{ad} bilindiği takdirde bu ifadelerde $Q_{ad} = n_{ad} \cdot Q$ konulmak suretiyle aynı maksat için aracın ağırlığı

$$Q \geq \frac{Z}{\mu \cdot n_{ad}} \text{ veya } Q \geq \frac{\Sigma W}{\mu \cdot n_{ad}}$$

olarak hesaplanabilir.

Esas itibariyle statik kayma sürtünmesine tekabül eden μ_s değerleri olarak yukarıdaki ifadelerde μ için Umar'ın eserinde tekerlekli taşıtlarda tekerlek bandajlarına ve yol kaplamasının cinslerine göre verilen değerler ⁴⁰⁾ aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo: IX

Bandaj Cinsi	Yol Kaplaması					
	μ					
	Asfalt	Klinker	Küçük taş	Katranlı kırma taş	Büyük parke	Ahşap
Dolu lâstik bandaj	0,40	—	0,60	0,60	0,60	0,5-0,8
Havalı bandaj	0,35	0,60	0,50	0,45	0,50	
İri havalı bandaj	0,40	0,70	0,60	0,50	0,60	
Demir bandaj	0,30	—	—	—	0,30	0,4-0,5

40) Bak.: UMAR (19, S. 44).

Tabiatıyla burada yol yüzeyinin cinsinden başka durumu da önemli bir faktördür. Nitekim meselâ lâstik bandajlar için kuru bir asfalt platform üzerinde 0,4, taş yollarda 0,6 civarında olan bu katsayı, yol döşemesinin rutubetli veya ince bir yağ tabakası ile kaplı bulunduğu yahut buz tuttuğu hallerde en fazla 0,1 olarak alınabilir ⁴¹⁾.

Havalı lâstik tekerlekli taşıtlar için yol kaplaması ve yüzey durumlarına göre Hafner'in eserinde görülen μ değerleri de şunlardır ⁴²⁾.

Tablo: X

Yolun Cinsi	μ	
	Yolun durumu	
	Kuru	Yağ
İyi durumda toprak yol	0,5 - 0,7	0,2 - 0,4
Kırma taş yol	0,5 - 0,7	0,3 - 0,4
Sıkı temel üzerinde otlanmış (çayırlanmış) toprak yol	0,5	0,2 - 0,3
Sıkıştırılmış kar yolu (Sıkıştırılmış kar tabakası 10-20 sm.)	0,2 - 0,3	0,03 - 0,05
Buz	0,12	—

Güç şartlar arzeden meselâ karlı veya buz tutmuş yollarda sürtünme, muharrik tekerleklerle zincir takmak, tekerleğin seyredeceği şeritlere taş, çuval, cüruf, kum v.s. sermek suretiyle arttırılabilir.

Diğer cihetten yine Hafner'e göre paletli traktörlerde çeşitli yol durumlarına göre μ için aşağıdaki değerler kullanılabilir ⁴³⁾.

Tablo: XI

Yolun cinsi ve durumu	μ
Temeli balçık olan kuru, düzgün (bastırılmış) yol	1,0
Temeli kum » » » » »	1,1
Temeli kara toprak » » » » »	0,9
Islak kum	0,5
Kuru kum	0,4
Bataklık arazi	0,3
Düzgün (bastırılmış) kar yolu	0,6

41) Bak.: UMAR (19, S. 56) ve (70, S. 61) ve Tablo: X

42) Bak.: HAFNER (11, S. 343.)

43) Bak.: HAFNER (11, S. 343.)

Bu değerler aynı şartlar altında paletli traktörlerin bütün tekerlekleri muharrik ve kendisiyle aynı ağırlıkta lâstik tekerlekli traktörlerin ve keza aderans ağırlığı aynı olan diğer lâstik tekerlekli cer araçlarının aşağı yukarı 2 misli bir aderans mukavemetine ve dolayısıyla 2 misli bir cer imkânına malik olduklarını göstermektedir. Diğer cihetten Koroleff orta bir yol sathı üzerine tekerlekli traktörlerin beher inç kare alana 50 - 100, atların 20-25, insanların 6,8 pound, halbuki standard genişlikte paletleri olan 5-10 tonluk tam crawler traktörlerin sadece 4-9 pound kadar bir basınç intikal ettirdiğini belirtmekte ve bu itibarla bunlar tekerlekli traktörlerin ve hayvanların kullanılamayacağı kadar gevşek zeminlerde dahi batmadan çalışabilmektedirler⁴⁴⁾.

Buna mukabil demiryollarında statik kayma sürtünmesi katsayısı olarak bu katsayı hayli düşük olup, Berkmen'in eserinde bu konuda verdiği değerler şunlardır⁴⁵⁾:

Kuru havada ve temiz ray üzerinde	1/ 4,5 - 1/ 5
Kuru havada fakat kirli ray üzerinde	1/ 5,5 - 1/ 6
Nemli havada	1/10 - 1/11
Don zamanlarında	1/20

Demiryolu nakliyatında donlu zamanlarda, hattın fazlaca meyilli kısımlarında ve fazlaca cer kuvvetini gerektiren diğer hallerde muharrik tekerleklerin önü sıra raylar üzerine kuru kum (donlu havalarda ısıtılmış kum) veya bol su dökmek suretiyle aderans mukavemetini ve dolayısıyla cer imkânını arttırmak cihetine gidilir. Filhakika rayın nemli olması μ katsayısını düşürmekte isede, raylar üzerine bol su dökülmesi bu katsayıyı 1/4 e kadar yükseltebilmektedir⁴⁶⁾. Ancak bunlar mahdut hallerde ve mahdut yerlerde bahis konusu olabilen çarelerdir. Çünkü bir defa kum, gerek rayın gerekse tekerlek bandajlarının çok çabuk aşınmasına sebep olmaktadır. Su dökülmesi ise donlu havalarda raylarda buz teşekkülüne sebep olabilir ve devamlı olarak sulanan kısımlarda drenaj tedbirlerine ihtiyaç gösterir.

Kaplamasız orman yollarında (toprak yollarda) ve kırmataş yollarında aderans mukavemetinin demiryollarında ve asfalt yollarda olduğun-

dan daha büyük olması, bu yollarda kullanılan araçların cer kuvvetinden daha büyük ölçüde faydalanmayı ve dolayısıyla bu yollar için daha meyilli, daha kısa güzergâhlar ve işletme sahasına daha fazla nüfuz edebilen şebekeler teşkilini mümkün kılmaktadır. Nitekim meselâ kuru havada ve temiz ray üzerinde bütün dingilleri muharrik 7,5 tonluk bir lokomotiften sağlanabilecek cer imkânı $\mu = 1/5$ almak suretiyle $W_{ad} = 1/5.7,5 = 1,5$ ton ve asfalt bir yolda aynı ağırlıkta, havalı lâstik tekerlekli ve sadece arka tekerlekleri muharrik bir kamyonun sağlanabilecek cer imkânı $n_{ad} = 2/3$ ve $\mu = 0,4$ almak suretile $W_{ad} = 0,4. \frac{2}{3}. 7,5 = 2$ ton, bütün tekerlekleri muharrik tekerlekli bir traktörden sağlanabilecek cer imkânı $n_{ad} = 1$ almak suretile $W_{ad} = 0,4.1.7,5 = 3$ ton olduğu halde iyi durumda kuru ve düzgün bir toprak yol üzerinde aynı kamyonun sağlanabilecek cer imkânı, $n_{ad} = 2/3$ ve $\mu = 0,6$ alındıkta $W_{ad} = 0,6. \frac{2}{3}. 7,5 = 3$ ton, aynı traktörden sağlanabilecek cer imkânı $n_{ad} = 1$ ve $\mu = 0,6$ almak suretiyle $W_{ad} = 0,6.1.7,5 = 4,5$ ton, aynı yolda paletli traktörden sağlanabilecek cer imkânı $n_{ad} = 1$ ve $\mu = 1,0$ alınarak $W_{ad} = 1,0.1.7,5 = 7,5$ ton dur.

Ancak, Tablo: X, XI, XII nin tetkikinden de anlaşıldığı üzere toprak yolların kuru hava şartlarında sağladığı bu avantaj ıslak hava şartlarında azalmakta (bu şartlarda μ katsayısı toprak yollarda ortalama 0,3, asfalt yollarda 0,1, demiryollarında 0,1 hattâ rayların çok ıslandığı hallerde 0,25) yol yüzeyinin buz tuttuğu hallerde ise hemen hemen ortadan kalkmaktadır. (Bu şartlarda μ katsayısı toprak ve asfalt yollarda hemen hemen aynı olmak üzere 0,1, demir yollarında ise 0,05 tir). Üstelik özellikle balçık ve kil zeminlerde ıslak havalarda gevşeyen ve üzerinde çığırılar açılan, toprak yollarda yuvarlanma mukavemetinin artmasına paralel olarak cer kuvvetinin arttırılması, azalan aderans direnci muvacehesinde patinaja sebep olmakta ve bu arada yol daha fazla bozulmaktadır. Bu itibarla toprak yollar kuru hava ve zemin şartlarına bağlı olarak ancak fasılalı bir nakliyat için bahis konusu olup, üzerinde devamlı nakliyat yapılacak orman yollarının stabilize yol olarak inşası ve zamanla asfalta tahvili ve meyillerinin tesbitinde μ nün düşük ve sene içindeki minimum değerlerinin göz önünde tutulması yerinde olur.

Bir yol üzerinde belli bir yükün nakli için yenilmesi gereken toplam mukavemet ΣW ve dolayısıyla gerekli cer kuvveti Z bilindiği veya tesbit edildiği zaman bu yükün nakli için yol ile cer aracı arasında gerekli aderans direnci ile ilgili olarak μ katsayısının gerekli asgari değeri yine

44) Bak.: KOROLEFF (13, S. 88); 1 pound = 0,45359 kg dir.

45) Bak.: BERKMEN (3, S. 64-65). Kinetik kayma halinde μ_k için μ nün yukarıdaki değerlerini kullanmak üzere $\mu_k = \mu - 0,0012 (V/10)^2$ formülü verilmektedir. Burada V = hız (km/saat) dir. Ancak orman dekovil hatlarında seyir hızı fazla olmadığından, μ_k yerine μ_s olarak μ alınabilir.

46) Bak.: CANDOĞAN (4, S. 3-4).

Sürtünme Katsayısı μ	Sürtünme Katsayısı μ			Kinetik		
	Kuru	Statik Islak	Yağlı	Kuru	Islak	Yağlı
Dökme demir veya bronz üzerinde dövme demir	0,19	—	—	0,18-0,17	—	0,08-0,07
Kum taşı üzerine dövme demir	—	—	—	0,46-0,41	—	—
Sedefli kalker üzerine dövme demir	0,49-0,42	—	—	0,29-0,24	—	—
Taş ve çakıl üzerine dövme demir	0,49-0,42	—	—	—	—	—
Meşe üzerinde dökme demir	—	0,65	—	0,5-0,3	0,22	0,19
Yumuşak odun üzerinde dökme demir	—	—	—	0,5-0,4	—	—
Çelik üzerinde dökme demir	0,33	—	—	0,27	v = 2,2 m/san. halinde v = 20 m/san. halinde	—
Dökme demir üzerinde dökme demir	—	—	0,16	0,13		—
Bronz üzerinde dökme demir	—	—	—	—	0,31	0,10-0,08
Kaba kum taşı üzerinde dökme demir	—	—	—	0,20-0,15	—	—
Meşe üzerinde bronz	0,62	—	—	0,24-0,21	—	0,08-0,07
Bronz üzerinde dökme demir	—	—	0,11	0,30	—	—
Sedefli kalker üzerinde tuğla	0,67	—	—	0,20	0,10	0,06
Sedefli kalker veya taze harçlı sedefli kalker üzerinde kaba kalker	0,75	—	—	0,65-0,60	—	—
Sedefli kalker üzerinde sedefli kalker	0,70	—	—	0,67	—	—
Beton üzerinde kârgir	0,76	—	—	0,38	—	—
Tabii toprak zemin üzerinde kârgir	0,65	0,30	—	—	—	—
Meşe üzerinde sığır köselesi	0,6-0,5	—	—	0,5-0,3	—	—
Dökme demir üzerinde sığır köselesi	0,5-0,3	0,6-0,4	0,12	0,56	0,36	0,15
Kaba odun üzerinde kendir halat	0,8-0,5	—	—	0,5	—	—
Perdahlı odun üzerinde kendir halat	0,33	—	—	—	—	—

1955 tarihli Hütte'nin I. Cildinde kayma sürtünmesi katsayısı için verilen değerler:

Sürtünen Cisimler	μ_s		μ_k	
	Kuru	Yağlı	Kuru	Yağlı
Metal üzerinde metal:				
Çelik üzerinde çelik	0,15 ¹⁾ 0,33 ³⁾	0,1	0,15	0,01
Dökme demir veya bronz üzerinde çelik	0,19 ¹⁾	0,1	0,18	0,1
Dökme demir üzerinde dökme demir	—	0,16	—	0,1-0,15
Diğer materyal:				
Buz üzerinde çelik	0,027	—	0,014	—
Buz üzerinde odun	—	—	0,035	—
Taş » »	0,7	0,4	0,3	—
Odun » »	0,4-0,6	0,16	0,2-0,4	0,08
Metal üzerinde odun	0,6-0,7	0,11	0,4-0,5	0,1
Dökme demir üzerinde deri kayış	—	0,22 ³⁾	—	0,2-0,7 ⁴⁾
Dökme demir üzerinde tekstil kayış	—	0,33 ³⁾	—	0,3-1,1 ⁵⁾
Çelik » » fren takozu	—	—	0,3-0,5	—
Metal üzerinde deri tıkaçlar	0,6	0,2	0,5-0,6	0,3-0,5
Dökme demir üzerinde lastik kayış	—	—	0,2	0,12
	—	—	0,4-0,5	—

- 1) Buharlı lokomotif muharrir tekerlekleri için
- 2) Aşınma meyli
- 3) Elektrikli lokomotiflerde
- 4) Deri tarafı
- 5) Sirt tarafı

μ katsayıları için diğer bazı yayınlardan¹⁾ alınan ortalama değerler de şunlardır :

Maden üzerinde maden	μ	ε
kuru	0,2-0,3	11°-17°
az yağlı	0,10	6°
iyice yağlı	0,05	3°
Tahta üzerinde tahta	kuru	0,2-0,5
» » kayış	»	0,3-0,5
Taş » tahta	»	0,6
Taş » taş	»	0,7
Taş » maden	»	0,5
Dökme kasnak üzerinde kayış	»	0,3-0,5
Deri üzerinde metal	»	0,3-0,6
Deri » odun	»	0,25-0,50
Toprak » toprak	»	0,25-1,00
Maden üz » kenevir ip	»	0,25
Dökme demir	»	0,20
veya bronz üzerinde	»	0,15
dökme demir	»	0,15
Dövme demir üzerinde dövme demir	kuru	0,44
» » »	az yağlı	0,14
Meşe üzerinde meşe //	kuru	0,5
» » »	sabunlu	0,15
Kumtaşı (gre) üzerinde kumtaşı (gre)	»	0,7
Tuğla üzerinde tuğla	»	0,5-0,7
Odun üzerinde taş çakıl	»	0,45-0,6
Çamur üzerinde mücellâ kârgir	»	0,10
Islak kil üzerinde mücellâ kârgir	»	0,20
Kum ve çakıl üzerinde mücellâ kârgir	»	0,30
Çamur üzerinde pürüzlü kârgir	»	0,20
Islak kil » » »	»	0,30
kum ve çakıl » » »	»	0,60
Kil üzerinde beton	»	0,35
Kuru kum üzerinde beton	»	0,56
Islak kum üzerinde beton	»	0,56
	Statik	Kinetik
Ahşap üzerinde ahşap	0,50	0,40
Ahşap üzerinde taş	0,60	0,50
Ahşap üzerinde çelik (az paslı)	0,50	0,35
Çelik üzerinde çelik (azpaslı)	0,40	0,30
Çelik üzerinde taş	0,45	0,30

1) Bak. : STIEGLER (16, Kısım III, S. 37). HABERLAND (10, S. 64), SAYMAN (14, S. 82), ERASLAN (6, 242-243), ARISOY (2, S. 175), SEELY - ENSIGN (15, S. 123).

L İ T E R A T Ü R

1. Akademischer Verein Hütte : Hütte des Ingenierus Taschenbuch. Verlag Von Wilhelm Ernst und Sohn Berlin; 1955.
2. Arısoy, Zihni : Mekanik formülleri ve Misalleri. Teknik Ok. Ya. No. 7, İstanbul - 1955
3. Berkmen, Enver : Demiryolları. Cilt: I İ. T. Ü. Ya. No. 325, İstanbul 1955
4. Candoğan, Hıfzı : Demiryolu İnşaatı. D. D. Y. ve Limanları İşletme G. Md. Ya. Alsancak - 1946
5. Enlil, Reşat Talât : Ağacın Kızakla ve Sürütme Suretiyle Naklinde Sürütme Katsayılarının Tayini. Tarım Bak. Orman U. Md. Ya. No. 95, Ankara - 1949
6. Eraslan, Necdet : Teknik - Mekanik. Kinematik - Dinamik - Hidrolik. Teknik Ok. Ya. No. 40, İstanbul - 1952
7. Foerster, Max : Taschenbuch für Bauingenieure. Verlag von Julius Springer Berlin - 1911
8. Graf, Emerich : Technische Berechnungen für die Praxis des Maschinen-U. Bautechnikers. Verlag von Johann Ambrosius Borth Leipzig-1923.
9. Gray, Robert Cohran : Elementary Dynamics. Mac Millan and Co. Ltb. London - 1945.
10. Haberland, G : Mekanik. Katı Cisimlerin ve sıvıların Statik ve Dinamiği. (Bak: Zihni Arısoy) Teknik Ok. Ya. No. 26, İstanbul - 1948.
11. Hafner, Franz : Der Holztransport. Österreichischer Agrarverlag Wien 1964.
12. Hauska, Leo : Der Strassenbau, die Fahrzeuge und der Verkehr auf Spurfreien Bahnen. I. Abschnitt. Wien und Leipzig, 1938.
13. Koroleff : Kızaklarla Tomruk Nakliyatı. (Bak: Orhan Yamanlar) İ. Ü. Ya. No. 431, Orman Fak. No. 12, İstanbul 1949.
14. Sayman, Demir : İnşaat Mühendisleri için Yardımcı Cetveller. Kâğıt ve Basım İşleri A. Ş., İstanbul - 1948.
15. Seely, Fred B. - Newton E. Ensign : Analitical Mechanics for Engineers. London: Chapman and Hall Ltd. New York.: John Wiley and Sons, Inc. 1941.

16. Stiegler-Zillich : Statik. Kısım III. Bayındırlık Bak. Ya. Seri No. 6, Sayı: 21, Ankara - 1947.
 17. Tavşanoğlu, Faik : Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları. İ. Ü. Ya. No. 1069, Orman Fak. No. 95, İstanbul - 1964.
 18. Umar, Faruk : Yol İnşaatı. I. Alt Yapı İ. T. Ü. Ya. No. 264, İstanbul 1951.
 19. Umar, Faruk : Yol İnşaatı Dersleri. İ. T. Ü. Teknik Ok. Ya. No. 6, İstanbul - 1958.
-