

RI  
RIES  
RIE  
RIE

B

CILT  
VOLUME  
BAND  
TOME

31



SAYI  
NUMBER  
HEFT  
FASCICULE

2

1981

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

# ORMAN FAKÜLTESİ

## DERGİSİ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,  
UNIVERSITY OF ISTANBUL  
ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE  
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



## TOPOĞRAFİK HARİTALARDAN YARARLANILARAK EĞİM ANALİZLERİNİN YAPILMASI

Doç. Dr. Ertuğrul GÖRCELİOĞLU<sup>1</sup>

### G İ R İ Ş

Bilindiği gibi dünya üzerinde arazi yüzeyleri, bazı alluvial ovalar ve taşkın düzlükleri dışında, çoğunlukla değişik eğimlere sahip yüzey parçalarının oluşturduğu bir kompozisyon niteliğindedir. Nitekim yerkabuğunun % 75 inden fazlası eğimli yüzeylerden oluşmaktadır. Yurdumuzda yapılan bir inceleme de, düz ve hafif (% 0 - 5) eğimli arazilerin Türkiye yüzölçümünün ancak % 8.5 ini kapladığını, buna karşılık ülkenin % 51,5 ini ise orta eğimli, çok eğimli ve dik eğimli arazi yüzeylerinden oluştuğunu ortaya çıkarmıştır; bu arada eğimli % 15 in üzerinde olan yüzeylerin ülke yüzölçümüne oranı % 62,5 i bulmaktadır (TUNÇDİLEK 1969, s. 17).

Belli bir arazi kesiminde topoğrafyanın eğim koşulları, birçok bakımdan önem taşımaktadır. Örneğin yerel (lokal) iklim ve özellikle mikroklima özelliklerinin belirlenmesinde, yamaç balasının yamaç eğimleri de gözönünde tutulur ve bu sayede bir yerin güneşlenme süresi ve radyasyonla ısınması, hatta aldığı yağış miktarı bulunmağa çalışır (ERİNÇ 1969, s. 31 - 32).

Arazi kullanımında, tarım alanlarının ve geçitlerinin belirlenmesinde de yamaç eğimleri başlıbaşına bir kriter durumundadır. Jeomorfolojik etütlere gelince, topoğrafyada farklı devrelere ait aşınım yüzeylerinin aydınlanmasında, epirojenik çarpılmaların ortaya konmasında, toprak incelemelerinde ve bir alanın morfolojik karakteristiklerinin belirtilmesinde eğimin ayrı bir yer ve önemi vardır (BİLGİN 1971, s. 266).

Bu arada, Türkiye gibi özelliklerde engebelli bir arazi yapısına sahip ülkelerde arazi eğimi, her türlü ormancılık çalışmalarını da yakından ilgilendiren ve kuvvetle etkileyen önemli bir faktördür. Örneğin orman yol şebekelerinin planlanmasında, ormanların üretime açılmasında, orman ürünlerinin taşınmasında, her türlü gençleştirme ve ağaçlandırma çalışmalarında, havza ıslahında, arazi kabiliyet sınıflarının saptanmasında ve daha birçok işlerde, eğim koşulları ve genel olarak arazi ortalama eğimi büyük rol oynamaktadır.

Buraya kadar kısa kısa değinilen hususlardan da anlaşılacağı üzere, birçok bilim dallarında ve değişik uygulama alanlarında sık sık arazi eğiminin bilinmesine, dolayısıyla eğim ölçmelerine gereksinme duyulmaktadır.

Çeşitli amaçlarla eğimin ölçülmesi doğrudan doğruya arazide yapılabildiği gibi, aynı işin daha kısa sürede ve yeterli bir duyarlılıkla topoğrafik haritalar üzerinde,

<sup>1</sup> I.O. Orman Fakültesi, Orman İşletme İnşaatı Kürsüsü, Bahçeköy - İstanbul.



ya da - çok zor olmakla birlikte - hava fotoğrafları yardımıyla yapılması olanağı da vardır. Pratikte en çok uygulanan yöntem, eğimin topoğrafik haritalardan yararlanılarak ölçülmesidir. Daha spesifik çalışmalar ve belirli bazı amaçlar için hava fotoğraflarından, ya da doğrudan doğruya arazide yapılan ölçmelerden yararlanılmaktadır.

Bu yazıda, özellikle topoğrafik haritalardan yararlanılarak eğim ölçmelerinin yapılması, arazi ortalama eğiminin bulunması ve yamaç eğimlerinin analizi ele alınacak, konuya ilişkin başlıca yöntem ve uygulamalar üzerinde durulacaktır.

## 1. EĞİM HESABI VE EĞİM ÖLÇEKLERİ

### 1.1. Eğim Kavramı ve Eğimin Belirtilmesi Şekilleri

Röliyeğin eşyükseleli eğrileri ile gösterildiği bir topoğrafik harita üzerinde belli iki nokta arasındaki eğim kolaylıkla bulunabilir. Ancak, eğim hesapları ve analizleri için kaynak olarak kullanılacak haritaların yeterince büyük ölçekli olması gerekir.

Bilindiği gibi eğim, iki noktayı birleştiren doğrunun yatayla yaptığı açının tangentidir; başka bir deyişle, bu iki nokta arasındaki düşey aralığın (kot farkının) bu noktalar arasındaki yatay mesafeye oranı, eğimi vermektedir.

Harita üzerinde belli iki nokta arasındaki yatay mesafe, - harita üzerindeki mesafeler yatay mesafe olduğundan - doğrudan doğruya haritadan ölçülmek ve haritanın ölçeğine göre bu değer arazideki yatay mesafeye dönüştürülmek suretiyle bulunur. Bu noktalar arasındaki düşey aralık (kot farkı) ise, eşyükseleli eğrilerinin kotlarından yararlanılarak belirlenir.

Elde edilen bu iki değer kullanılarak, sözkonusu iki nokta arasındaki eğim hesaplanır (Şekil 1).

Eğim haritalarında, diyagramlarda ve çeşitli eğim grafiklerinde, eğimin değişik şekillerde ifade edildiği görülmektedir. Örneğin :

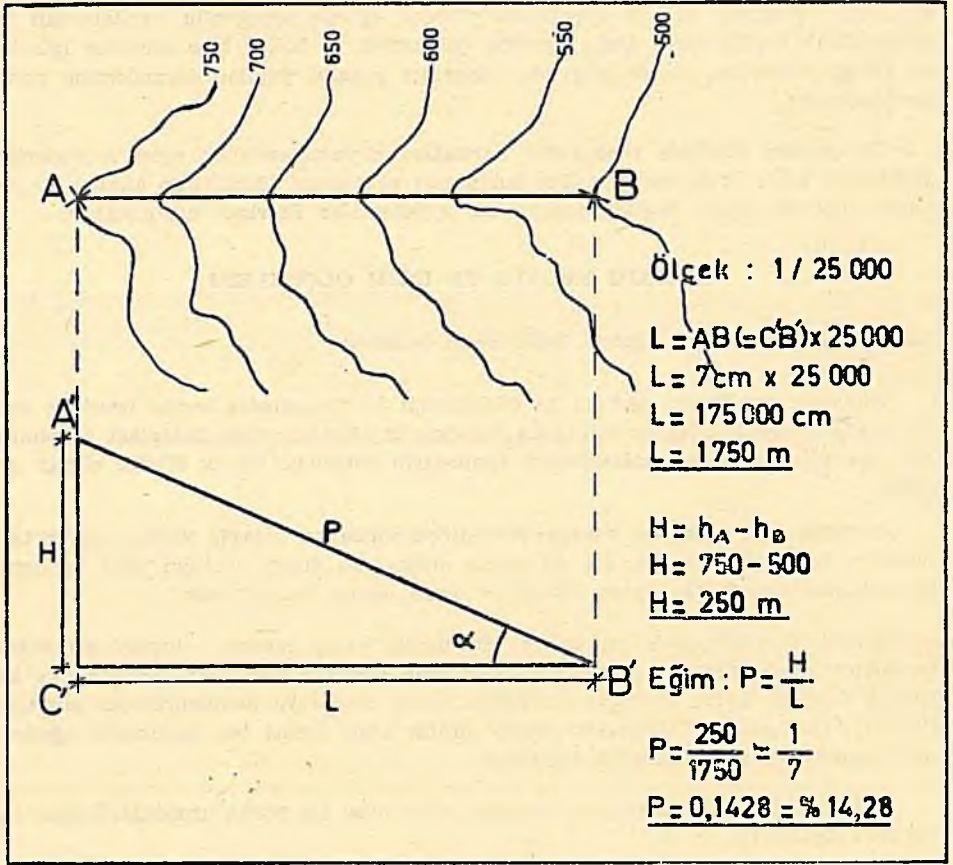
— Bazı akarsu profillerinin etüdünde ve benzeri morfolojik çalışmalarda eğim *kilometrede metre* (m/km), ya da - özellikle Anglo - Amerikan literatüründe - *milde ayak* (ft/mile) olarak ifade edilmektedir.

— Birçok hesaplar ve belirli kullanma amaçları için eğim bir bayağı ya da ondalık kesirle ifade edilir ki buna genellikle *gradient* denilmektedir.

— Eğim, çoğu kez doğrudan doğruya *eğim açısı* olarak da verilmekte, bu takdirde yatay düzlem ile eğik düzlem - ya da yatayla eğim çizgisi - arasında kalan açının - genellikle derece cinsinden - belirtilmesiyle yetinilmektedir.

— Mühendislikte çoğunlukla eğimin *yüzde (%)* cinsinden ifadesi tercih edilmekte, bu arada Orman Mühendisliğinde de eğim genellikle bu şekilde ifade edilmektedir.

Bu değişik eğim ifadelerinden herbiri, gerektiğinde bir diğerine kolayca dönüştürülebilir. Örneğin, *kilometrede metre* (m/km) şeklinde verilmiş bir eğim 240 m/km olsun. Bu eğim ;



Şekil 1. Haritada iki nokta arasındaki eğimin hesaplanması.

— gradient olarak,

$$240 \text{ m/km} = \frac{240}{1000} = \frac{1}{4,16} ;$$

-- eğim açısı olarak<sup>1</sup>,

$$\text{tg } \alpha = 0,24$$

$$\alpha = 13^\circ 30' ;$$

— yüzde (%) olarak,

$$\frac{240}{1000} = \frac{24}{100} = 0,24$$

$$p = \% 24$$

şeklinde de ifade edilebilir.

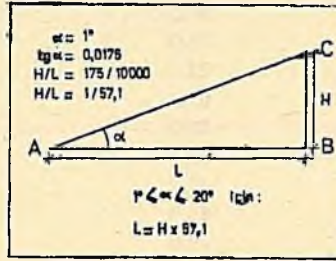
<sup>1</sup> Bu amaçla, önceden hazırlanmış tanjant tablolarından yararlanılabilir.



## 1.2. Eğim Ölçekleri

Büyük ölçekli topoğrafya haritaları üzerinde yapılacak eğim ölçmelerini ve yamaç analizlerini kolaylaştırmak amacıyla, grafik yöntemden yararlanılarak eğim ölçekleri hazırlanabilir. Böylelikle, bir yamaç boyunca iki eşyüksele eğrisi arasındaki yatay mesafe bir kâğıtla, ya da bir ölçü pergeli (iki ucu da sıvri bir pergel) ile saptanarak, önceden hazırlanmış bir eğim ölçeğine uygulanır ve buradaki eğim, doğrudan doğruya derece, kesir (gradient), ya da yüzde (%) olarak okunabilir.

Hazırlanacak eğim ölçekleri, doğal olarak, kullanılacak topoğrafik haritaların ölçeklerine bağlı olarak değişecektir. Bir eğim ölçeğinin hazırlanmasında, iki nokta arasındaki kot farkının yatay mesafeye oranı esas alınabilir. (Şekil 2) de görül-



Şekil 2. Eğim ölçeklerinin hazırlanmasında kullanılan esas.

düğü gibi,  $\alpha=1^\circ$  için bu oran,  $H/L=1/57,1$  dir. Gerçekten de eğim açısı  $\alpha=1^\circ$  olan bir yamaçta eğim  $\text{tg } \alpha=0,0175$  olduğuna göre, 10 000 m yatay mesafeye tekabül eden kot farkı 175 m demektir ve dolayısıyla kot farkının yatay mesafeye oranı (gradient),  $175/10\ 000=1/57,1$  olarak bulunur. Yatay mesafeyi L, dikey aralığı (kot farkını) H ile gösterirsek,  $1^\circ$  lik eğim açısı ( $\alpha=1^\circ$ ) için  $H/L=1/57,1$  olduğundan,  $L=H \times 57,1$  dir.

Bundan yararlanılarak,  $\alpha=20^\circ$  ye kadar<sup>1</sup> olan yamaçlar için, değişik eğim açısına sahip kısımlarda eşyüksele eğrileri arasındaki yatay mesafenin arazide ve harita üzerinde ne kadar olacağı,

$$l = (h_e \times 57,1) / \alpha$$

eşitliğiyle hesaplanabilir. Bu eşitlikte :

$l$  = değişen eğim açısı değerlerine göre ne olacağı hesaplanacak yatay mesafe (yatay ekulvalan) (m)

$h_e$  = haritada eşyüksele eğrileri dikey aralığı (ekuidistans) (m)

$\alpha$  = eğim açısı (derece)

dir.

1/25 000 ölçekli paftalarda eşyüksele aralığı  $h_e=10$  m olduğuna göre, farklı eğimler için eşyüksele eğrileri arasındaki yatay mesafeler bu eşitliğe göre hesaplanmış ve Tablo I de gösterilmiştir.

<sup>1</sup>  $\alpha=20^\circ$  den daha büyük açılar için bu yoldan elde edilecek değerlerde hata oranı grafik hata sınırı olarak kabul edilen % 5 in üzerine çıkmakta, nitekim hata oranı  $\alpha=20^\circ$  için % 3,9 iken,  $\alpha=25^\circ$  için % 6,5,  $\alpha=30^\circ$  için % 9,9 olmaktadır.

TABLO 1. 1/25 000 ÖLÇEKLİ HARİTADA DEĞİŞİK EĞİM AÇILARINA GÖRE İKİ EŞYÜKSELTİ EĞRİSİ ( $h_c=10$  m) ARASINDAKİ YATAY MESAFELER

| Eğim açısı | Eşyüksekti eğrileri arasındaki yatay mesafe (arazide) (m) | Eşyüksekti eğrileri arasındaki yatay mesafe (haritada) (mm) |
|------------|---|---|
| 1°         | 521,0   | 23,0  |
| 2°         | 286,0   | 11,5  |
| 3°         | 190,6   | 7,7   |
| 4°         | 142,0   | 5,7   |
| 5°         | 114,0   | 4,6   |
| 6°         | 95,1  | 3,8   |
| 7°         | 81,0  | 3,2   |
| 8°         | 71,0  | 2,8   |
| 9°         | 63,0  | 2,5   |
| 10°        | 57,0  | 2,3   |
| 11°        | 51,0  | 2,1   |
| 12°        | 47,0  | 1,9   |
| 13°        | 44,0  | 1,8   |
| 14°        | 40,0  | 1,6   |
| 15°        | 38,0  | 1,5   |
| 20°        | 28,6  | 1,1   |

Bu şekilde bulunan  $n$  m değerleri düzgün bir gerit halinde kesilmiş bir kâğıt üzerine çentikler yapılarak sırasıyla işaretlenir ve altlarına, tekbül ettikleri eğim açıları yazılarak, bir eğim ölçeği (grafik ölçek) elde edilmiş olur (Şekil 3a).

Aynı şekilde, fakat daha rahat bir çalışma olanağı verecek bir eğim ölçeği, yine 1/25 000 ölçekli paftalar için, 10 m de bir geçirilmiş eşyüksekti eğrileri ihmal edilerek, sadece 50 m de bir geçirilen kalın eşyüksekti eğrilerine göre düzenlenebilir. Bu takdirde,  $l=(h_c \times 57,1)/\alpha$  eşitliğindeki  $h_c$ , 50 m olarak alınacak ve kalın çizilmiş eşyüksekti eğrileri için belirli eğim açalarına göre bulunacak  $l$  değerleri, bir öncekinden farklı olacaktır<sup>1</sup>.

Değişik eğim açalarına göre eşyüksekti eğrileri arasındaki yatay mesafenin ne olacağını bulunmasında ve buna bağlı olarak eğim ölçeklerinin hazırlanmasında, doğrudan doğruya

$$l=1000 \cdot h_c \cdot \cotg \alpha / M$$

eşitliğinden de yararlanılabilir. Bu eşitlikte ;

$l$  = eşyüksekti eğrileri arasındaki yatay mesafe (mm)

$h_c$  = eşyüksekti aralığı (ekvidistans) (m)

$\alpha$  = eğim açısı (derece)

$M$  = haritanın ölçeği

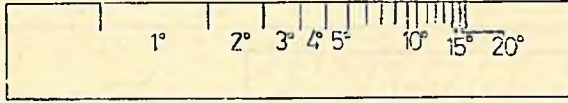
<sup>1</sup> 20° den daha büyük eğim açıları için bu eşitliğin kullanılması gerektiğini daha önce belirtmiştik. Dolayısıyla hesapların,  $l=h_c/\text{tg } \alpha$  eşitliğinden yararlanarak bulunacak arazideki uzunluğun (m); harita ölçeğine bölünmesi şeklinde yapılması gerekir. Bu eşitlikte  $h_c$ , eşyüksekti aralığı (50 m) dir. Tablo II de  $\alpha > 20^\circ$  için verilen yatay mesafeler böyle hesaplanmıştır.



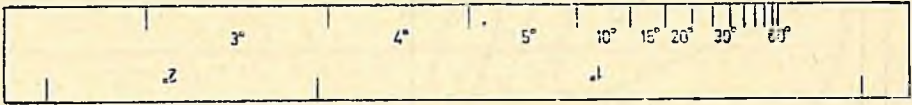
dir (YOUNG 1972, s. 183). Örneğin eşyükseleli aralığı  $h_c=10$  m olan 1/25 000 ölçekli haritada  $\alpha=5^\circ$  lik eğim açısına tekabül eden eşyükseleli eğrileri arası yatay mesafe ;

$$l=1000 \times 10 \times 11,43/25\ 000=4,6 \text{ mm}$$

dir.



( a )



( b )

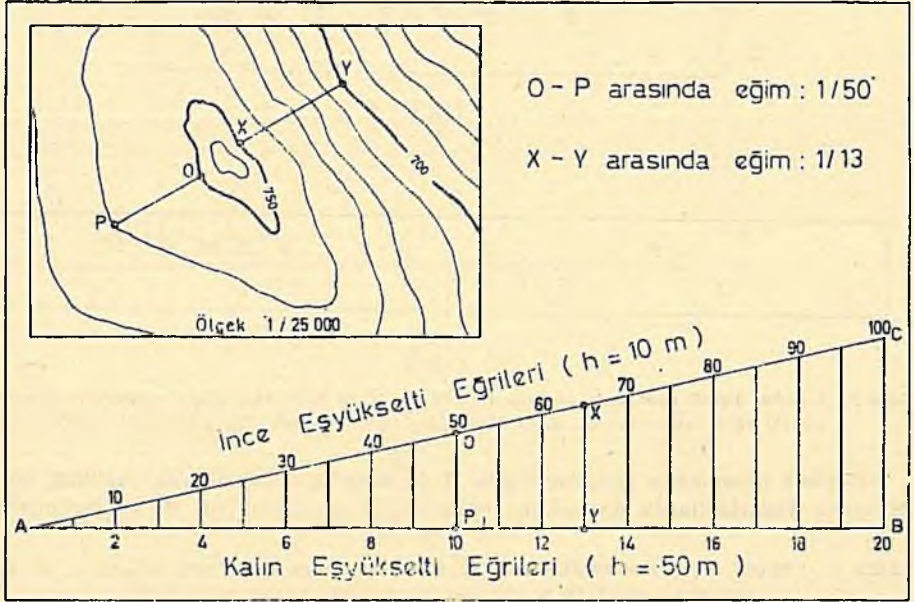
Şekil 3. 1/25 000 ölçekli haritalarda a) ince ( $h_c=10$  m) ve b) kalın ( $h_c=50$  m) eşyükseleli eğrileri arasındaki eğim açısını bulmak üzere hazırlanmış eğim ölçekleri. (19/12 oranında küçültülmüştür.)

Böylece hesaplanan değerler Tablo II de karşılaştırmalı olarak verilmiş, bu değerlerden yararlanılarak düzenlenen eğim ölçeği de (Şekil 3b) de gösterilmiştir.

TABLO II. 1/25 000 ÖLÇEKLİ HARITADA DEĞİŞİK EĞİM AÇILARINA GÖRE İNCE ( $h_c=10$  m) VE KALIN ( $h_c=50$  m) EŞYÜKSELTİ EĞRİLERİ ARASINDAKİ YATAY MESAFELER

| Eşyükseleli eğrileri arasındaki yatay mesafe (haritada) (mm) |                 | Eğim açısı (a) | Eğim açısı tanjantı (tg a) | Eğim oranı (gradient) |
|--|-----------------|----------------|----------------------------|-----------------------|
| $h_c=10$ m için  | $h_c=50$ m için |                |                            |                       |
| 23,0   | 114             | 1°             | 0,0175                     | 1/57,1                |
| 11,5   | 57              | 2°             | 0,0349                     | 1/28,65               |
| 7,7  | 38              | 3°             | 0,0524                     | 1/19,08               |
| 5,7  | 28,6            | 4°             | 0,0699                     | 1/14,20               |
| 4,6  | 22,8            | 5°             | 0,0875                     | 1/11,42               |
| 2,3  | 11,3            | 10°            | 0,1763                     | 1/ 5,67               |
| 1,5  | 7,4             | 15°            | 0,2679                     | 1/ 3,73               |
| 1,1  | 5,5             | 20°            | 0,3640                     | 1/ 2,75               |
| 0,9  | 4,3             | 25°            | 0,4663                     | 1/ 2,14               |
| 0,7  | 3,5             | 30°            | 0,5775                     | 1/ 1,73               |
| 0,6  | 2,8             | 35°            | 0,7002                     | 1/ 1,42               |
| 0,5  | 2,4             | 40°            | 0,8391                     | 1/ 1,19               |
| 0,4  | 2,0             | 45°            | 1,0000                     | 1/1                   |
| 0,3  | 1,7             | 50°            | 1,1918                     | 1,19/1                |
| 0,2  | 1,2             | 60°            | 1,7310                     | 1,73/1                |

Yamaç eğimlerinin doğrudan doğruya kesir ifadesi (gradient) olarak bulunabilmesine yarayacak bir eğim ölçeği (grafik ölçek) de kolayca düzenlenebilir. Eğim ölçmelerinin 1/25 000 ölçekli haritalar üzerinde yapılacağını düşünürsek, düzenlenecek eğim ölçeği hem 10 m de bir geçirilmiş (ince) eşyüksekti eğrilerine, hem de 50 m de bir geçirilmiş (kalın) eşyüksekti eğrilerine uygulanabilir. Böyle bir eğim ölçeğinin (Şekil 4) yapılmasında izlenecek yol şudur :



Şekil 4. 1/25 000 ölçekli haritalarda yamaç eğimlerinin gradient olarak bulunmasına yarayan bir grafik ölçek. (19/12 oranında küçültülmüştür.)

a) Uygun uzunlukta bir doğru (AB) çizilir ve bu doğru 20 eşit parçaya bölünerek işaretlenir. 1/20 oranında bir eğim için, eşyüksekti aralığı 50 m (kalın eşyüksekti eğrileri aralığı) olduğuna göre, bu eşyüksekti eğrileri arasındaki yatay mesafe 1 000 m olacaktır ( $50/1\,000=1/20$ ). 1/25 000 ölçekli bir haritada 1 000 m=4 cm olarak gösterildiğinden, çizilen AB doğrusunun B ucundan 4 cm ilk BC dikmesi çıkarılır. A ile C noktaları birleştirilir. AB doğrusunu eşit parçalara bölen noktalardan AC ye kadar dikmeler çıkarılır.

b) A dan başlanarak, dikmelerin üstteki AC doğrusunu kestiği noktalara 5, 10, 15, ..., ya da birer atlanarak 10, 20, 30, ... rakamları yazılır; C noktasında 100 e ulaşılır. Altaki AB doğrusu üzerindeki noktalara ise, yine A dan başlanarak ve birer çizgi atlanarak 2, 4, 6, 8, ..., 20 rakamları konur. Böylece eğim ölçeği tamamlanmış olur.

(Şekil 4) de görüldüğü gibi, 1/25 000 ölçekli haritalarda, eğimin fazla olduğu kısımlarda yapılacak eğim ölçmelerinde kalın eşyüksekti eğrilerinin dikkate alınması uygundur. Bu takdirde ilki kalın eşyüksekti eğrisi arasındaki mesafe ölçü pergel ile ölçülür ve eğim ölçeğinde buna uyan dikmenin alt kenarındaki rakamdan, eğim oranı okunur. (Şekil 4) deki örnekte bu oran (XY için) 1/13 tür. Hafif eğimli

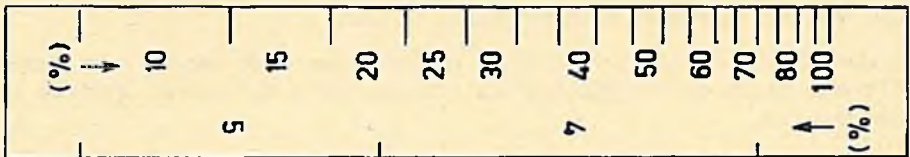


kısımlarda ise ince eşyükselti eğrileri arasındaki yatay mesafe ölçülür ve eğim ölçeğinde buna uyan dikmenin bu kez üst kenarındaki rakamdan eğim oranı okunur. Örneğin (Şekil 4) de OP, ölçeğe uygulanmış ve bu iki eşyükselti eğrisi arasındaki eğim oranı 1/50 olarak bulunmuştur.

TABLO III. 1/25 000 ÖLÇEKLİ HARITADA DEĞİŞİK EĞİMLERE (%) GÖRE İNCE VE KALIN EŞYÜKSELTİ EĞRİLERİ ARASINDAKİ YATAY MESAFELER

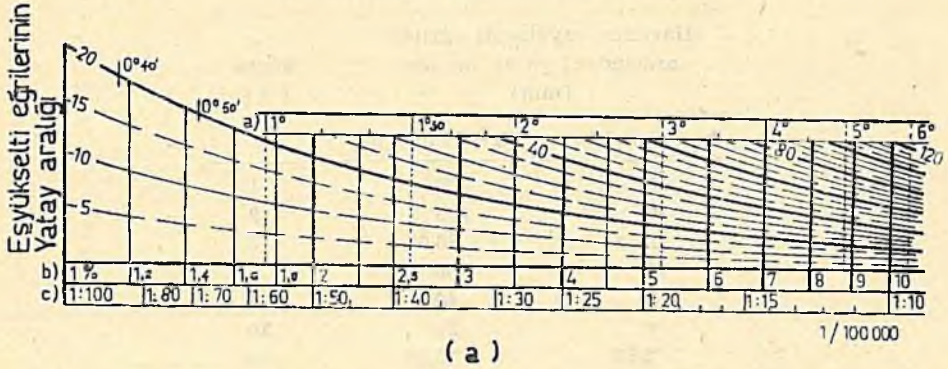
| Haritada eşyükselti eğrileri arasındaki yatay mesafe (mm) |                 | Eğim (%) |
|---|-----------------|----------|
| $h_c=10$ m için   | $h_c=50$ m için |          |
| 40  | 200             | 1        |
| 20  | 100             | 2        |
| 13,33   | 66,67           | 3        |
| 10  | 50              | 4        |
| 8   | 40              | 5        |
| 4   | 20              | 10       |
| 2,67  | 13,33           | 15       |
| 2   | 10              | 20       |
| 1,6   | 8               | 25       |
| 1,33  | 6,67            | 30       |
| 1,14  | 5,71            | 35       |
| 1   | 5               | 40       |
| 0,89  | 4,44            | 45       |
| 0,8   | 4               | 50       |
| 0,73  | 3,64            | 55       |
| 0,67  | 3,33            | 60       |
| 0,62  | 3,08            | 65       |
| 0,57  | 2,86            | 70       |
| 0,53  | 2,67            | 75       |
| 0,5   | 2,5             | 80       |
| 0,44  | 2,22            | 30       |
| 0,4   | 2               | 100      |

Çeşitli ormancılık çalışmalarında genellikle 1/25 000 ölçekli haritalar kullanılmakta, arazi eğimleri ise, - diğer mühendislik çalışmalarında olduğu gibi - daha çok yüzde (%) cinsinden ifade edilmektedir. Harita üzerinde eğimlerin doğrudan doğruya yüzde (%) olarak okunabilmesini sağlayacak bir eğim ölçeği için gerekli veriler Tablo III de verilmiş ve yalnız kalın eşyükselti eğrileri için düzenlenen eğim ölçeği de (Şekil 5) de örnek olarak gösterilmiştir.

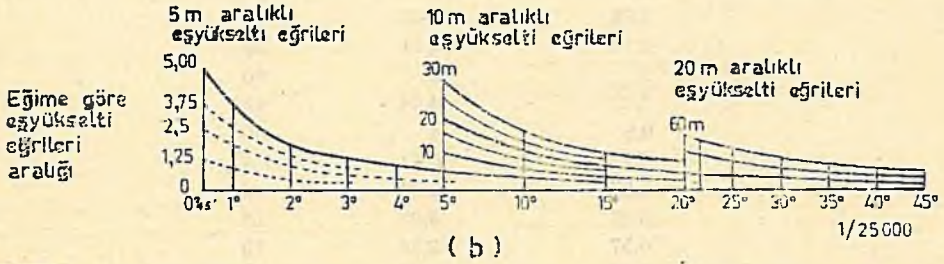


Şekil 5. 1/25 000 ölçekli haritalarda kalın eşyükselti eğrileri arasındaki eğimlerin % cinsinden bulunmasında kullanılacak eğim ölçeği.

Eğimi hem eğim açısı (derece), hem yüzde (%), hem de eğim oranı (gradient) olarak doğrudan doğruya ölçmeğe yarayan ve 1/100 000 ölçekli topoğrafik haritalar için hazırlanan bir eğim ölçeği (Şekil 6a) da, eğimi eğim açısı (derece) olarak veren ve 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritalar için hazırlanan başka bir eğim ölçeği de (Şekil 6b) de görülmektedir.



( a )



( b )

Şekil 6. Eğimi, a) 1/100 000 ölçekli haritalarda eğim açısı, % ve eğim oranı (gradient) cinsinden, b) 1/25 000 ölçekli haritalarda eğim açısı cinsinden bulmağa yarayan eğim ölçekleri.

## 2. ORTALAMA EĞİMİN HESAPLANMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

### 2.1. Ortalama Eğim Kavramı

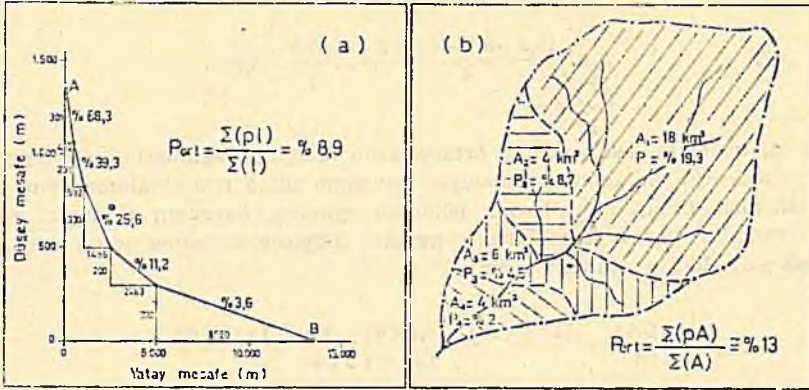
Genel olarak bir arazi parçasının ya da bir yamaçın eğiminden söz edilince, arazi yüzeyindeki iki noktayı birbirinden doğrudan eğimi anlaşılır ve bu da, daha önce belirtildiği gibi eğim şekillerinde ifade edilir. Bu doğru, eşyükseleli eğimleri olanlar ölçülürken de keserek geçilmez ve dolayısıyla eğimin, bu iki nokta arasındaki en büyük eğimi temsil etmesi sağlanır. Bu eğim doğru arazi yüzeyine uyduğu takdirde, doğrudan eğim arazinin eğimi olur.

Ancak, engebeli bir arazi üzerinde ve birbirinden uzak olan iki nokta arasında, pratik olarak tek bir eğimden söz edilemez. Böyle durumlarda *ortalama eğim* söz konusu olur.

Arazi ortalama eğiminin bulunmasında yararlanılan yöntemlere geçmeden önce, bir profilde (eksende) ya da büyük bir arazi kesiminde ortalama eğim denilince ne anlaşılması gerektiğini biraz açıklayalım :



(Şekil 7a) da değişik eğimlere sahip parçalardan oluşan bir profil, (Şekil 7b) de farklı eğimlere sahip kesimlerden oluşan büyük bir arazi yüzeyi (havza) görülmektedir.



Şekil 7. a) Bir profilin ve b) bir arazi yüzeyinin ağırlıklı ortalama eğiminin bulunması.

(Şekil 7a) daki profilin A ve B noktalarının kotlarından ve bu iki nokta arasındaki yatay mesafeden yararlanılarak bulunacak eğim ;

$$P = \frac{h_A - h_B}{\Sigma (l)} = \frac{1362}{13493} = 0,101$$

$$P = \% 10,1$$

olacaktır. Ancak bu eğim, profilin hiçbir yerine uymayan, iki noktayı en kısa yoldan birleştiren bir doğrunun eğimidir ve profilin eğimini temsil edemez.

Öte yandan, sözkonusu profildeki üniform eğim parçalarının eğimlerinin aritmetik ortalaması alınırsa, eğim ;

$$P = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

$$P = \frac{68,3 + 39,3 + 25,6 + 11,2 + 3,6}{5} = \frac{148}{5} = 29,6$$

$$P = \% 29,6$$

bulunur. Fakat bu değeri de profilin ortalama eğimi olarak kabul edemeyiz. Çünkü profili oluşturan değişik eğimlere sahip doğru parçalarının uzunlukları birbirinden farklıdır.

Bu nedenle böyle durumlarda yapılması gereken işlem, genellikle profili oluşturan değişik eğimlere, profilin tümünün eğimine katkıları oranında ağırlık kazandırmak suretiyle ortalama eğimi hesaplamaktır. Nitekim biraz sonra da açıklanacağı üzere, bu şekilde elde edilecek ortalama eğim ;

$$P_{ort} = \frac{\Sigma (P_i \cdot l_i)}{\Sigma (l_i)} = \frac{119988,12}{13493} = 8,93$$

$$P_{ort} = \% 8,9$$

olacaktır.

Geniş arazi yüzeylerinin ortalama eğimleri bakımından da durum buna benzer. Örneğin (Şekil 7b) deki havza, değişik ortalama eğimlere sahip bölümlere ayrılmıştır. Bu havzanın tümü için geçerli olabilecek bir ortalama eğim elde etmek amacıyla, bölümlere ait eğimlerin aritmetik ortalamasını alırsak,

$$P = \frac{19,3 + 8,7 + 4,5 + 2}{4} = \frac{34,5}{4} = 8,63$$

$$P_{ort} \cong 8,6$$

bulunur ki, bu eğim, basit yoldan ortalamasını aldığımız eğimlerin kapsadığı alanların birbirine eşit olmamaları nedeniyle, havzanın tümü için ortalama eğim olarak kabul edilemez. Dolayısıyla, her bir bölümün eğimine, havzanın tümünün eğimine katkısı oranında ağırlık kazandırmak gerekir. Böylece havzanın tümü için geçerli olabilecek - ağırlıklı - ortalama eğim ;

$$P_{ort} = \frac{\sum pA}{\sum A} = \frac{(19,3 \times 18) + (8,7 \times 4) + (4,5 \times 6) + (2 \times 4)}{18 + 4 + 6 + 4}$$

$$P_{ort} = \frac{347,4 + 34,8 + 27 + 8}{32} = \frac{417,2}{32} = 13,04$$

$$P_{ort} \cong \% 13$$

olarak elde edilir.

Buraya kadarki açıklamalardan görüldüğü üzere, bir profilin (eksenin) ya da geniş bir arazi yüzeyinin ortalama eğiminin bulunması önemli bir konudur ve bu amaçla geliştirilmiş çeşitli yöntemler vardır. Bunların başlıcalarını burada ana çizgileriyle vermeğe çalışacağız.

## 2.2. Bileşik Profillerde Ortalama Eğimin Bulunması

Daha önce de belirtildiği üzere, bir arazi kesiti, örneğin bir yamaç ya da akarsu profili, farklı eğimlere sahip çok sayıda doğru parçalarından oluşan bileşik bir profil niteliği taşır. Böyle bir profilin - baştan sona - tümünün eğimini temsil edebilecek bir ortalama eğimin bulunmasında yararlanılabilecek yöntemler aşağıda özetlenmiştir.

### 2.2.1. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Profil, üniform eğim parçalarına ayrılır (Şekil 7a). Her bir parçanın eğimi ayrı ayrı hesaplanır. Eğimler elde edildikten sonra, her bir parçanın eğimine, o parçanın - yatay izdüşümünün - uzunluğuna göre ağırlık kazandırılır. Böylece profilin ağırlıklı ortalama eğimi ;

$$P_{ort} = \frac{P_1 \cdot l_1}{\sum l} + \frac{P_2 \cdot l_2}{\sum l} + \dots + \frac{P_n \cdot l_n}{\sum l}$$

$$P_{ort} = \frac{\sum (P \cdot l)}{\sum l}$$

olarak bulunur.

(Şekil 7a) da gösterilen değerleri bu eşitlikte yerine koyduğumuzda, AB profilinin ağırlıklı ortalama eğimi ;



$$P_{ort} = \frac{(68,3 \times 462) + (39,3 \times 592) + (25,6 \times 1456) + (11,2 \times 2463) + (3,6 \times 8520)}{462 + 592 + 1456 + 2463 + 8520}$$

$$P_{ort} = \frac{119986,12}{15493} = 8,39$$

$$P_{ort} \cong \% 8,9$$

olarak elde edilir.

### 2.2.2. Eşit Uzunluklar Yöntemi

Profil, üniform eğim parçalarını temsil edebilecek (N) sayıda ve -yatay izdüşümleri itibariyle - birbirine eşit uzunluklarda parçalara ayrılır. Bu parçaların eğimleri, ayrı ayrı hesaplanır. Sonra, her bir parça için hesaplanan  $P_1, P_2, \dots, P_n$  eğimleri

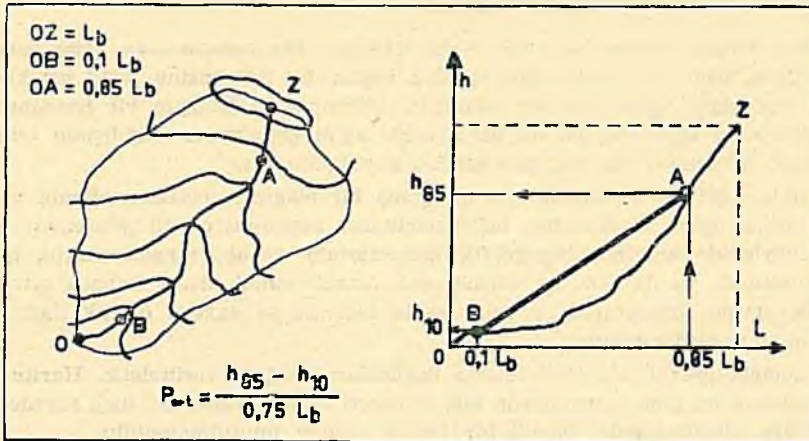
$$P_{ort} = \left( \frac{N}{1/\sqrt{P_1} + 1/\sqrt{P_2} + \dots + 1/\sqrt{P_n}} \right)^2$$

eşitliğinde yerine konarak, profilin tümünü temsil eden ortalama eğim elde edilir.

Doğal olarak profil ne kadar çok sayıda parçaya ayrılırsa sonuç da o ölçüde duyarlı olacaktır. Ancak, daha çok hidrolojik çalışmalarda kullanılan bu yöntemde profilin daha az sayıda ve dolayısıyla daha uzun parçalara ayrılması, zamandan önemli oranda kazanç sağlamaktadır (WILLIAMS ve BERNDT 1972, s. 2087 - 2098).

### 2.2.3. Eğim Faktörü Yöntemi

Hidrolojik çalışmalarda, bir akarsuyun ana kanalının ortalama eğimini bulmağa yarayan çeşitli yöntemlerin en yaygınlarından biridir. Bu spesifik yöntem, ana kanala başlıca su katılımının, esas itibariyle drenaj alanının % 10 u ile % 85 i arasındaki kesiminde yer almasına dayanmakta ve bu nedenle «85 - 10 eğim faktörü yöntemi» olarak bilinmektedir.

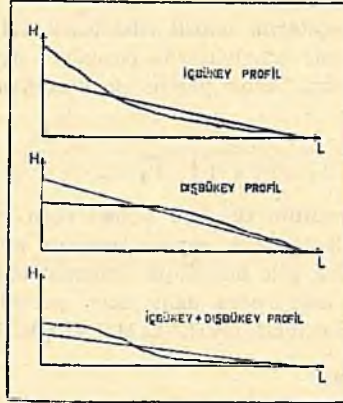


Şekil 8. Ana kanalın ortalama eğiminin «85 - 10 eğim faktörü yöntemi» ile hesaplanması.

Bu yöntemde, Şekil 8 de gösterildiği üzere ana kanal profilinin, yatay izdüşümünde başlangıç noktasından itibaren uzunluğun % 10 u ile % 85 i arasında kalan kısmının eğimi hesaplanır. «85 - 10 eğim faktörü» nün hesaplanması için, ana kanalın toplam uzunluğu ( $L_c$ ) nin dışında yalnız A ve B noktalarının (Şekil 8) kotlarının bilinmesi yeterlidir (SEYHAN 1976, s. 42 - 44).

### 2.2.4. Ortalama Sabit Eğim Yöntemi

Daha çok hidrolojik çalışmalarda ve yine ana kanalın ortalama eğiminin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerdendir. Bu yöntemde ortalama eğimin bulunması için önce ana kanalın tümünün boyuna profili elde edilir (Şekil 9). Sonra bu profilin alt ucundan başlamak üzere öyle bir doğru çizilir ki, boyuna profille bu doğru arasında kalan alanların doğrunun altında ve üstünde kalan miktarları birbirine eşit olur.



Şekil 9. «Ortalama sabit eğim» in belirlenmesi.

Bu doğrunun eğimi hesaplanarak, ana kanalın ortalama eğimi elde edilir (SEYHAN 1976, s. 42 - 45).

### 2.3. Arazi Ortalama Eğiminin Bulunması

Buraya kadar, sadece belli iki nokta arasında söz konusu olan eğim üzerinde durduk. Oysa, belli profillerin eğimlerinden başka, bir de arazinin belli bir kesiminin tüm yüzeyinin eğiminden söz edildiğini belirtmiştik. Örneğin bir havzanın tümünün ortalama eğiminin, ya da bir arazide eğim gruplarının dağılısının bilinmesine, birçok amaçlarla sık sık gereksinme duyulmaktadır.

Arazinin belli bir kesiminde ya da geniş bir bölgede ortalama eğimin ve yamaçlarla ilgili eğim koşullarının belirlenebilmesi amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiş, böylelikle arazinin topoğrafik karakterinin ovalık, tepelik, dağlık olarak tanımlanmasının, ya da düz, az arızalı, çok arızalı olmak üzere kabaca nitelendirilmesinin yerine, topoğrafyanın daha kesin biçimde ve sayısal olarak ifade edilmesi olanakları sağlanmıştır.

Bu amaçla geliştirilen yöntemlerin başlıcaları aşağıda verilmiştir. Harita üzerinde yapılacak bu gibi çalışmalarda kişisel beceri ve deneyimin de, kısa sürede doğru sonuçlara ulaşılmasında önemli bir faktör olduğu unutulmamalıdır.

#### 2.3.1. Eşyüksekti Eğrileri Uzunluğu Yöntemi

Alvord<sup>1</sup> tarafından önerilen ve ilk kez Horton<sup>2</sup> tarafından havza ortalama eği-

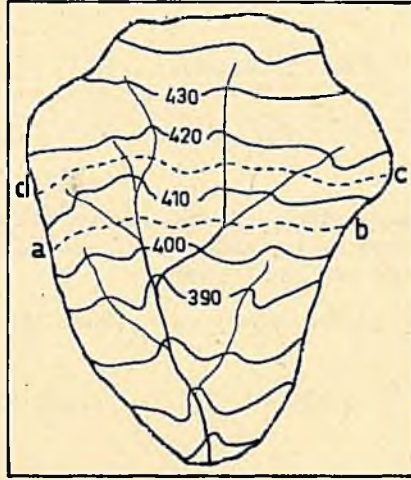
<sup>1</sup> Alvord, J.W., et al. 1899: Tables of Excessive Precipitations of Rain at Chicago, Ill. J. Western Sec. Engrs., April 1899.

<sup>2</sup> Horton, R.E. 1914: Derivation of Runoff from Rainfall Data, Discussion. Trans. Am. Soc. Civil Engrs., Vol. 77, 1914.



minin bulunmasında kullanılan bu yöntem, arazi ortalama eğiminin bulunması amacıyla geliştirilmiş en eski yöntemdir. Bu yöntemle göre önce ardışık (birbirini izleyen) eşyüksele eğrileri arasında kalan arazi şeritlerinin ortalama eğimleri hesaplanmakta, sonra da havzanın tümü için ortalama eğim, ağırlıklı ortalama olarak bulunmaktadır.

Havza etütlerinde ve hidrolojik çalışmalarda çok kullanılan bu yöntemin esası şudur (WISLER ve BRATER 1959, s. 46 - 47) :



Şekil 10. Eşyüksele eğrileri uzunluğu yöntemi.

(Şekil 10) da, 10 m de bir çizilmiş birçok eşyüksele eğrisinin geçtiği bir akarsu havzası görülmektedir. 400-410 ve 410-420 m eşyüksele eğrileri arasında ab ve cd çizgileri çizilmiştir.

- $a_1$  = abcd şeridinin alanı ( $\text{km}^2$ )
- $g_1$  = abcd şeridinin ortalama genişliği (km)
- $l_1$  = 410 m eşyüksele eğrisinin uzunluğu (km)
- $P_1$  = abcd şeridinin ortalama eğimi (boyutsuz)
- $P_{ort}$  = havzanın ortalama eğimi (boyutsuz)
- $h_e$  = eşyüksele aralığı (eküidistans) (km)
- $A$  = havzanın alanı ( $\text{km}^2$ )
- $L$  = eşyüksele eğrilerinin toplam uzunluğu (km)

olsun. Bu takdirde abcd şeridinin ortalama eğimi,

$$P_1 = \frac{h_e}{g_1}$$

dir. Öte yandan, abcd şeridinin ortalama genişliği

$$g_1 = \frac{a_1}{l_1}$$

olduğuna göre, şeridin ortalama eğimi,

$$P_1 = \frac{h_e}{g_1} = \frac{h_e \times l_1}{a_1}$$

şeklinde yazılabilir.

Bu yolla hesaplanacak herbir şeridin eğimine, o şeridin alanına göre ağırlık kazandırılırsa, havzanın - ağırlıklı - ortalama eğimi ;

$$P_{ort} = \left( \frac{h_e \times l_1}{a_1} \times \frac{a_1}{A} \right) + \left( \frac{h_e \times l_2}{a_2} \times \frac{a_2}{A} \right) + \dots + \left( \frac{h_e \times l_n}{a_n} \times \frac{a_n}{A} \right)$$

olur. Buradan da ;

$$P_{ort} = \frac{h_e}{A} \times (l_1 + l_2 + \dots + l_n)$$

ve sonuç olarak,

$$P_{ort} = (h_e \times L) / A$$

elde edilir.

Yani havzanın ortalama eğimi, o havza sınırları içindeki bütün eşyükselti eğrilerinin uzunlukları toplamı ile eşyükselti eğrileri arasındaki kot farkı çarpımının, havza alanına bölünmesiyle elde edilebilmektedir.

Bu yöntemin biraz farklı bir varyasyonu özellikle Doğu Avrupa ülkelerinde kullanılmakta olup,

$$P_{ort} = \frac{h_e}{A} \times (0,5 l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_{n-1} + 0,5 l_n)$$

şeklinde dir. Burada :

$P_{ort}$  = havzanın ortalama eğimi (boyutsuz)

$h_e$  = eşyükselti eğrileri arasındaki kot farkı (eşyükselti aralığı) (km)

$l_1$  ve  $l_n$  = havzadaki en alçak ve en yüksek eşyükselti eğrilerinin uzunlukları (km)

$l_2 - l_{n-1}$  = havzadaki diğer eşyükselti eğrilerinin uzunlukları (km)

$A$  = havzanın yüzölçümü (km<sup>2</sup>)

dir (NEMEC 1972, s. 172).

### 2.3.2. Maksimum Kot Farkı Yöntemi

Havza ortalama eğimini, yaklaşık bir değer olarak kolaylıkla elde etmeğe yarayan bir yöntemdir. Bu yöntemde havzanın ortalama eğimi,

$$P_{ort} = \frac{h_{max} - h_{min}}{\sqrt{A}}$$

eşitliğiyle bulunur. Burada ;

$P_{ort}$  = havzanın ortalama eğimi (boyutsuz)

$h_{max}$  = havzadaki en yüksek noktanın kotu (km)

$h_{min}$  = havzadaki en alçak noktanın kotu (km)

$A$  = havzanın yüzölçümü (km<sup>2</sup>)

dir (NEMEC 1972, s. 172 - 173).



Büyük alana ve arızalı topoğrafik yapıya sahip olan havzalarda bütün eşyükselti eğrilerinin uzunluklarının ölçülmesi zaman alıcı ve yorucu olmakla birlikte, küçük ve nisbeten az engebeli havzalarda 20 m de, geniş ve dik eğimli havzalarda ise 50, 100, hatta 150 m de bir geçirilmiş eşyükselti eğrilerinin uzunluklarının bir eğriölçer (kürvimetre) yardımıyla ölçülmesi, genellikle tatmin edici sonuçlar vermektedir.

### 2.3.3. Eşyükselti Eğrileri Sayısı Yöntemi

Eşyükselti eğrileri uzunluğu yöntemine benzeyen bu yöntemde havzanın ortalama eğimi,

$$P_{ort} = (h_e \times N) / L$$

şeklinde bulunur. Bu eşitlikte :

- $P_{ort}$  = havzanın ortalama eğimi (boyutsuz)  
 $h_e$  = eşyükselti aralığı (ekuidistans) (km)  
 $N$  = havza sınırını kesen eşyükselti eğrisi sayısı  
 $L$  = eşyükselti eğrilerinin toplam uzunluğu (km)

dir.

### 2.3.4. Kare Şebekesi (Grid Kareleri) Yöntemi

Çeşitli varyasyonları olan bir yöntemdir. Esas itibarıyla, haritada havza alanı üzerine yaklaşık 50 - 100 kareli bir şeffaf şablon (grid) konur, ya da böyle bir kare şebekesi doğrudan doğruya harita üzerine çizilir (Şekil 15b). Karelerin köşelerinden, ya da orta noktalarından, maksimum eğim doğrultusunda - yani eşyükselti eğrilerine dik doğrultuda - eğim örnekleme yapılır. Böylelikle, havza içerisinde eğimlerin frekans dağılımı ve havza ortalama eğimi hesaplanabilir.

Bu yöntemin değişik varyasyonlarını, ileride eğim haritalarının yapılması yöntemlerini anlatırken ayrıntılarıyla göreceğiz.

Buraya kadar değinilen yöntemler üzerinde yapılan çalışmaların ;

a) «grid kareleri» yönteminde 50 den fazla örnekleme noktası kullanmanın bir avantaj sağlamadığını,

b) «eşyükselti eğrileri uzunluğu» ve «eşyükselti eğrileri sayısı» yöntemlerinin, havzada çok az sayıda eşyükselti eğrisi bulunduğu durumlarda bile iyi sonuçlar verdiğini, bu nedenle bu iki yöntemin, özellikle grid kareleri yönteminin pratik olmayacağı yayvan araziler için iyi yöntemler olduğunu,

c) bu üç yöntemle elde edilen sonuçların birbiriyle büyük bir uyum gösterdiğini ortaya koyduğunu (SEYHAN 1976, s. 36) belirtilmektedir.

### 2.3.5. Tesadüfi Koordinatlar Yöntemi

Bu yöntem, «grid kareleri» yöntemine benzemektedir. Ortalama eğimi hesaplanacak alan harita üzerinde bir kare içine alınır ve bu karenin her kenarı 100 eşit parçaya bölünür. Bir tesadüfi sayılar tablosu kullanılarak, örnekleme noktalarının koordinatları belirlenir (Şekil 15a). Bundan sonra havza - ya da arazi - ortalama eğimi, grid kareleri yöntemindeki gibi hesaplanır.

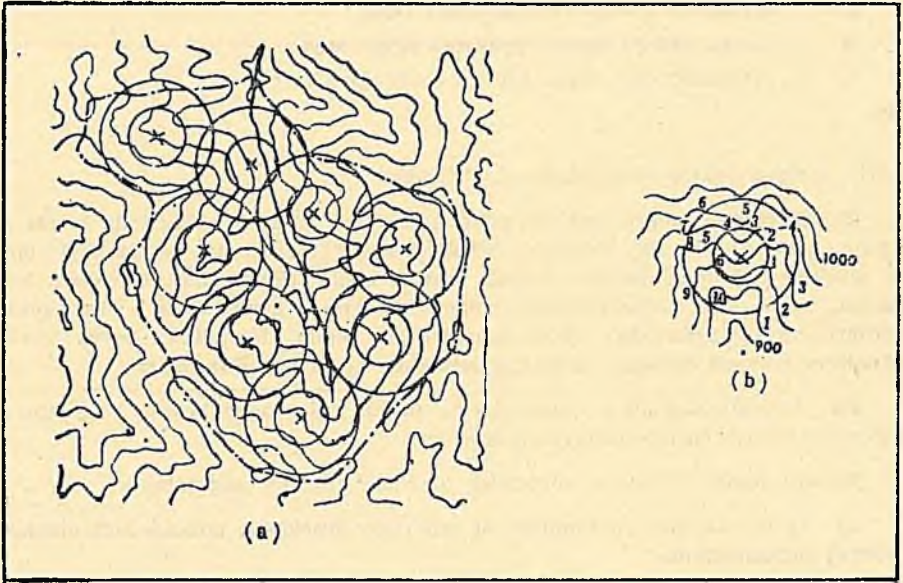
### 2.3.6. Eğim İndeksi Yöntemi

Orman yol sisteminin planlanması amacıyla Japonya'da kullanılan, Hori<sup>1</sup> tarafından geliştirildiği bildirilen (KATO 1967, s. 224 - 225)<sup>2</sup> ve bir arazi kesiminin «eğim indeksi» ni, yani arazinin % cinsinden ortalama eğimini bulmağa yarayan bir yöntemdir.

Bu yöntemde :

a) Eşyükselti eğrileri 20 m de bir geçirilmiş bulunan 1/50 000 ölçekli topoğrafik harita üzerinde, ortalama eğimi bulunacak olan arazi kesiminin sınırları belirtilir.

b) Bu sınırlar içine, herbirinin çapı 500 m olmak üzere, alanın tümünü kaplamağa yetecek sayıda daireler çizilir. Başka bir deyişle, herbirinin çapı 500 m olan daireler, ortalama eğimi bulunacak alana dengeli biçimde dağıtılır (Şekil 11a).



Şekil 11. Eğim indeksi yöntemi.

c) Bu dairelerden herbirinin içine, merkez aynı olmak üzere, bu kez çapı 250 m olan birer daire daha çizilir. Böylece, haritanın eşyükselti eğrilerinin, merkezleri aynı, fakat çapları değişik olan bu dairelerle kesismeleri sağlanmış olur (Şekil 11b).

d) Herbir dairenin eşyükselti eğrileri ile kesiştiği noktalar sayılır ve

$n_1$  = büyük bir daire (çap 500 m) üzerindeki kesişme noktalarının sayısı,

<sup>1</sup> Hori, T. 1965 : Judgement of topography on the map for road - net planning. Journal of the Japanese Forestry Society, Vol. 47, No. 4, 1965.

<sup>2</sup> Kato, S. (Çev. Ö.B. Seçkin): Orman Yol Sistemi Üzerine Etüdler. I.O. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt XXII, Sayı 2, 1972.



$n_1$  = küçük bir daire (çap 250 m) üzerindeki kesişme noktalarının sayısı,

$N_1$  = büyük dairelerin herbiri üzerindeki kesişme noktaları için hesaplanan ortalama  $n_1$  değeri,

$N_2$  = küçük dairelerin herbiri üzerindeki kesişme noktaları için hesaplanan ortalama  $n_2$  değeri

bulunur.

e) Bulunan  $N_1$  ve  $N_2$  değerleri

$$I_1 = \frac{2}{3} (N_1 + N_2)$$

çiziminde yerine konularak, söz konusu arazi kesiminin (%) cinsinden ortalama eğimi elde edilir.

### 3. EĞİM HARİTALARININ YAPILMASI

Haritalar, hazırlanış ve kullanılış esaslarına göre 1) genel haritalar ve 2) özel haritalar olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir (BİLGİN 1971, s. 118). Genel haritalara topoğrafya haritaları, özel haritalara da morfoloji haritaları örnek olarak gösterilebilir. Eğim haritaları, morfoloji haritaları arasında yer almaktadır.

Arazinin bazı topoğrafik özelliklerinin belirtilmesi ve özellikle eğim durumunun gösterilmesi amacıyla geliştirilmiş bulunan belli başlı yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

#### 3.1. Wentworth Yöntemi

Oldukça yorucu, fakat kişisel etkilere uzak bir yöntemdir. Eşyükselti eğrili bir harita üzerine, eğim koşulları ortaya çıkarılmak istenen alanı kapsayacak ve kenarları kuzey-güney ve doğu-batı doğrultularında olacak şekilde bir kare taksimatı çizilir. Türkiye haritalarında karelerin kenarlarını, 1/200 000 ölçekli haritalarda 0,8 cm, 1/100 000 ölçeklielerde 1,6 cm, 1/25 000 lik paftalarda ise - arızalı alanlarda - 2 cm, ya da - hafif dalgalı ve düzlük kesimlerde - 4 cm almak uygundur.

Kare taksimatının kuzey-güney doğrultusunda uzanan kenarları soldan sağa doğru harflerle (A, B, C, ...), doğu-batı doğrultusunda uzanan kenarları da aşağıdan yukarıya rakamlarla (1, 2, 3, ...) belirtilir. Bundan sonra şu sıra izlenir :

a) Sırasıyla A, B, C, ... ve 1, 2, 3, ... doğrularını kesen eşyükselti eğrileri sayılır ve liste halinde bir tabloya yazılır. Bu iş tamamlandıktan sonra, kare taksimatının bütün doğrularını kesen eşyükselti eğrilerinin toplam sayısı bulunur.

b) Sıra ile A, B, C, ... ve 1, 2, 3, ... doğrularının boyları ölçülür, hepsi toplanarak toplam uzunluk bulunur. Bu uzunluk, ölçekten yararlanılarak arazideki toplam uzunluğa (m) dönüştürülür.

c) Bütün doğruların bu şekilde hesaplanan metre cinsinden toplam uzunluğu 1609 a bölünerek, kaç mil'e tekabül ettiği bulunur.

d) Bundan sonra, doğruları kesen eşyükselti eğrilerinin toplam sayısı, doğruların mil cinsinden toplam uzunluğuna bölünerek, 1 mil'lik uzunluğu kesen ortalama eşyükselti eğrisi sayısı ( $\bar{N}$ ) elde edilir.

e) Sözkonusu arazi kesiminin ortalama eğimini bulmak için, elde edilen bu değer,

$$\operatorname{tg} \alpha = (h_e \times \bar{N}) / 3361$$

eşitliğinde yerine konur. Bu eşitlikte ;

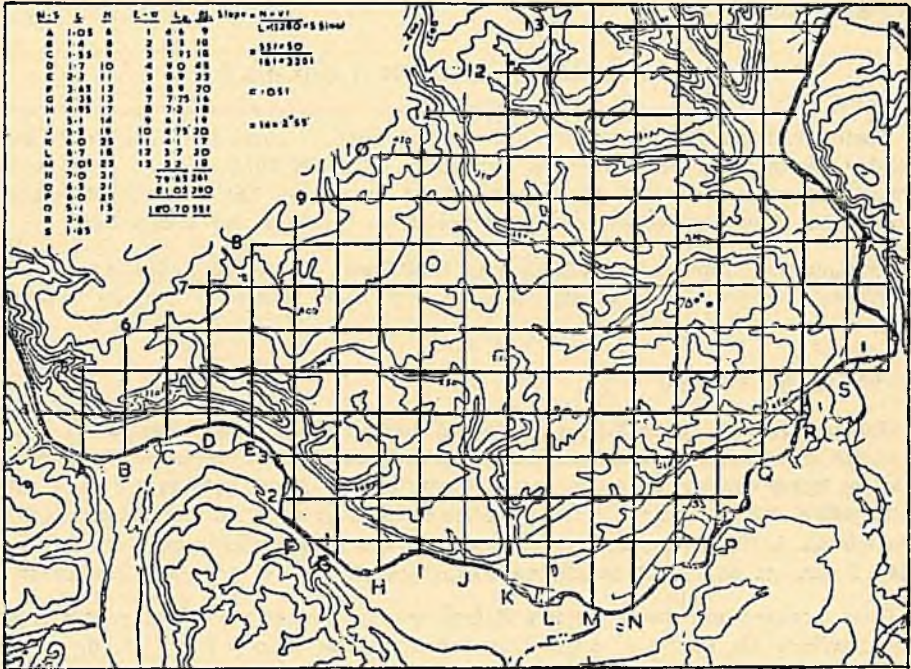
$\operatorname{tg} \alpha$  = ortalama eğim açısının tanjantı

$h_e$  = eşyüksekti aralığı (ekuidistans)

$\bar{N}$  = 1 mil uzunluğundaki doğruyu kateden ortalama eşyüksekti eğrisi sayısı.

3361 = deneme ile bulunmuş bir sabit sayı<sup>1</sup>

dır (BİLGİN 1971, s. 275).



Şekil 12. Wentworth yöntemi ile arazi ortalama eğiminin bulunması.

Bu yöntemin doğrudan doğruya metrik sisteme göre uygulanması olanağı da vardır. Daha kolay olan bu uygulamada, yukarıdaki uygulamadaki gibi çizilen kare şebekesinin kenar uzunlukları toplamının mil'e dönüştürülmesine gerek yoktur. Ortalama eğimin hesaplanmasında kullanılacak formül,

$$\operatorname{tg} \alpha = (h_e \times \bar{N}) / 636,6$$

olup, burada ;

<sup>1</sup> Wentworth, kare taksimatından sonra ayrıca paralel kenarlardan oluşan bir taksimatı da aynı alana uygulamış, böylece elde ettiği sonuçla kare taksimatından elde ettiği sonucun ortalamasını almış ve her türlü durum için kullanılmak üzere bu sabit sayıyı bulmuştur. (WENTWORTH, C.K. 1930: A Simplified Method of Determining the Average Slope of Land Surfaces. Amer. Jour. of Science, Series 5, Vol. 20).



$tg \alpha$  = ortalama eğim açısının tanjantı

$h_e$  = eşyüksekti aralığı (ekuidistans) (m)

$\bar{N}$  = 1 km uzunluğundaki doğruyu kesen eşyüksekti eğrisi sayısı (ortalama)

dir (YOUNG 1972, s. 183 - 184). Örneğin,  $h_e=10$  m,  $\bar{N}=23$  ise, arazinin ortalama eğimi ;

$$tg \alpha = 230/636,6$$

$$tg \alpha = 0,362$$

$$P_{ort} = \% 36,2$$

olarak bulunur.

Bir harita üzerinde Wentworth yöntemine göre arazi ortalama eğiminin bulunması (Şekil 12) de görülmektedir. Bu yöntemin her bir havza için ayrı ayrı uygulanmasıyla geniş bir bölgenin ortalama eğimler itibariyle durumunu gösteren bir eğim haritası elde edilebilir.

### 3.2. Raisz ve Henry Yöntemi

Bu yöntemin esası, eşyüksekti eğrilerinin az çok aynı sıklığı koruduğu kesimleri ayırdetmeğe dayanır. Bu bakımdan, yöntemi uygulayanın deneyimi ve görüş yeteneği, ortaya çıkacak haritayı etkileyebilir. Bununla birlikte, aşağıdaki sıra ile yapılacak dikkatli bir uygulama başarılı sonuçlar verir.

Bu yöntem ancak büyük ölçekli haritalar üzerinde iyi sonuç verdiğinden, Türkiye için 1/25 000 ve 1/100 000 ölçekli paftalar kullanılabilir. Uygulama şöyledir :

a) Önce eğim analizi yapılacak alanın rölyef özellikleri haritada iyice incelenir ve genel bir ön bilgi kazanılır. Sonra harita üzerine bir aydınlar konularak tesbit edilir. Eşyüksekti eğrilerinin sıklaştığı ve seyrekleştiği alanlarda, aynı eşyüksekti eğrileri sıklığını (yoğunluğu) gösteren kesimler, kurşun kalemle sınırlandırılarak ayırtdedilir.

TABLO IV. EŞYÜKSELTİ EGRISI SIKLIĞINA GÖRE EĞİM SINIFLARI

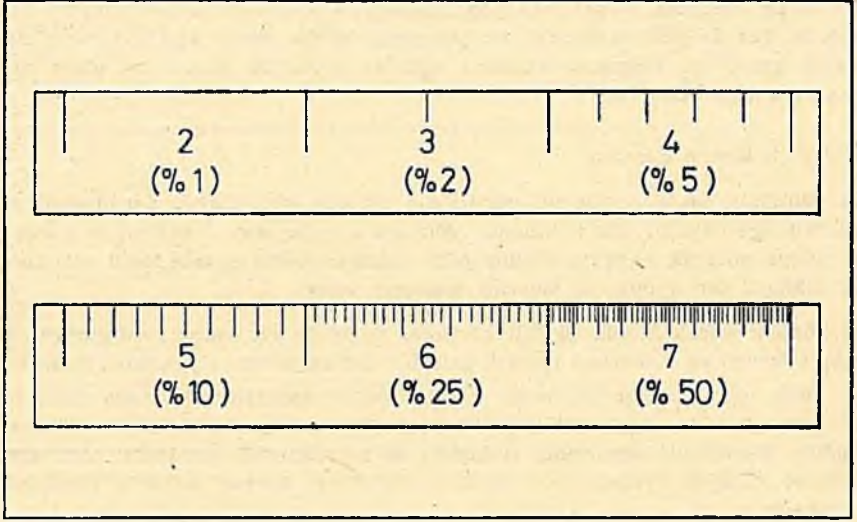
| Eğim Sınıfı No. | Kot farkı (km'de) | Eğim      |      | Eşyüksekti eğrisi sayısı (km'de) |
|-----------------|-------------------|-----------|------|----------------------------------|
|                 |                   | Oran      | %    |                                  |
| 1               | < 10 m            | < 1 : 100 | < 1  | 0                                |
| 2               | 10 m              | 1 : 100   | 1    | 1                                |
| 3               | 20 m              | 1 : 50    | 2    | 2                                |
| 4               | 50 m              | 1 : 20    | 5    | 5                                |
| 5               | 100 m             | 1 : 10    | 10   | 10                               |
| 6               | 250 m             | 1 : 4     | 25   | 25                               |
| 7               | 500 m             | 1 : 2     | 50   | 50                               |
| 8               | > 500 m           | > 1 : 2   | > 50 | > 50                             |

b) Sınırlandırılan kesimlerdeki eğim kategorisini eşyüksekti eğrilerinin sıklığına göre belirlemek üzere bir «eşyüksekti eğrili eğim ölçeği» hazırlanır. Örneğin 1/25 000 lik paftalar için Tablo IV de belirlenen eğim sınıflarına ve değerlerine göre hazırlanmış böyle bir eğim ölçeği, (Şekil 13) de gösterilmiştir.

c) Bu eğim ölçeği bir aydıngere çizilir. Harita üzerinde ayırddilen kesimler deki eşyükselti eğrileri sıklığının, eğim ölçeği üzerindeki farklı eğim sınıflarından hangisinin sıklığına uyduğunu anlamak üzere, eşyükselti eğrilerine dik olarak tutulan eğim ölçeği sağa ya da sola kaydırılır. Böylece harita üzerinde nisbeten üniform eğim koşullarına sahip olan her kesimin hangi eğim grubuna girdiği bulunarak, üzerine yazılır.

d) Çeşitli eğim gruplarına giren alanlar, fazla eğimli olanlar daha koyu olmak üzere, tarama ya da boyama ile belli edilir.

Bu yöntemle Raisz ve Henry tarafından yapılmış bir eğim haritası (Şekil 14) de görülmektedir.



Şekil 13. 1/25 000 ölçekli haritalar için eğim sınıflarına göre hazırlanmış «eşyükselti eğrili eğim ölçeği».

### 3.3. Robinson Yöntemi

Bu yöntemin esası, sözkonusu alanın topoğrafya haritasını karelere bölerek herbir karenin ortalama eğimini bulmak ve her eğim derecesi için bir nokta koymak suretiyle karelerin içini noktalamaktır.

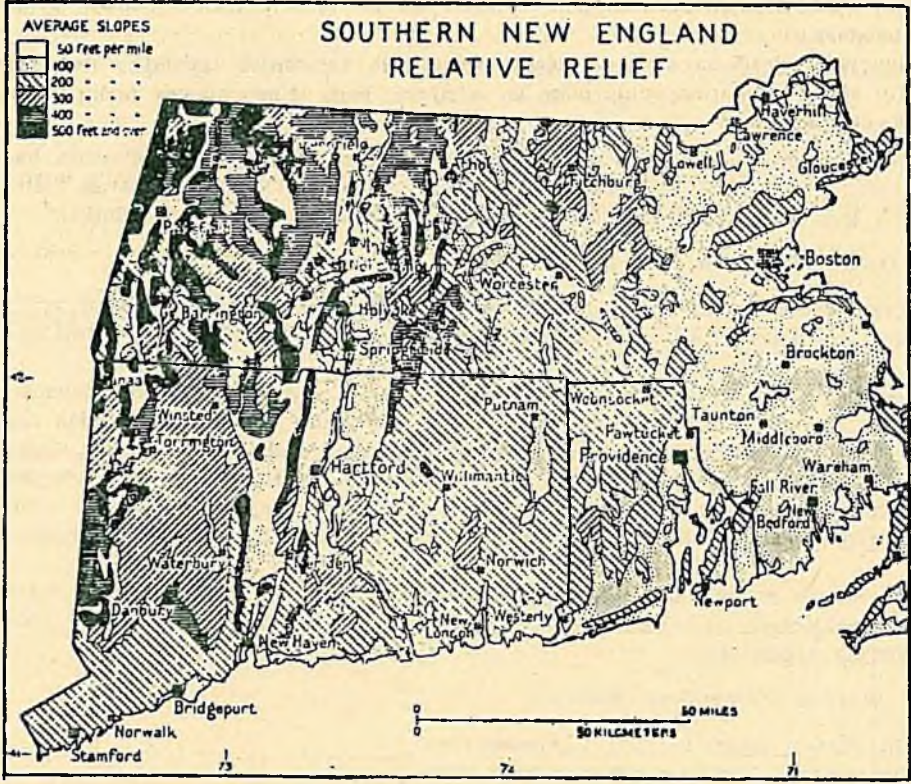
Böyle bir eğim analizinde şu sıra izlenir :

a) Harita üzerine - eşyükselti eğrilerinin kolayca görülebileceği incelikte - bir aydınger konur ve ilgilenilen alan küçük karelere bölünerek taksimatlandırılır. Bu karelerin kenarlarını 1/25 000 ölçekli paftalarda 1 cm, 1/100 000 ve 1/200 000 ölçekli haritalarda 5 mm olarak almak uygundur.

b) Sıra ile herbir kare içinden geçen eşyükselti eğrileri sayılır. Kullanılan haritanın ölçeğine göre önceden hazırlanacak bir tabloya bakılarak, bu sayıda eşyükselti eğrisine tekabül eden eğim bulunur ve bu eğim, ait olduğu karenin içine yazılır.

c) Bu iş tamamlanınca, her kare içine, herbir eğim derecesini bir nokta ile gösterecek şekilde noktalar konur.





Şekil 14. Ralsz ve Henry yöntemiyle yapılmış eğim haritası.

### 3.4. Karma Yöntemler

Eğim haritaları yapımında, bilinen yöntemlerin belli amaçlar doğrultusunda değiştirilip geliştirilmesi, bilinen yöntemlerin belli amaçlara en uygun yönlerinin bir araya getirilmesi suretiyle genelde «karma yöntem» diyebileceğimiz yöntemler oluşturulması, ya da tüümüyle yeni yöntemler ortaya konulması olanağı her zaman söz-konusudur. Bu konuda bir örnek olmak üzere, 1/200 000 ölçekli Türkiye Eğim Haritalarının<sup>1</sup> hazırlanmasında uygulanan yöntem (TUNÇDİLEK 1969, s. 11 - 13) gösterilebilir.

Bu haritaların hazırlanması için, herbir pafta üzerine konan aydingerler, kenarları 1 er cm olan karelere bölünmüş ve herbir santimetrekare de yeniden dörde bölünerek, 0,25 er cm<sup>2</sup> lik dikdörtgenler kanevası meydana getirilmiştir. Herbir 1/4 cm<sup>2</sup> ye tekabül eden 1 km<sup>2</sup> lik alan içinden kaç eşyükselti eğrisi geçtiği sayılarak, bu miktar, aydinger üzerinde o karenin içine yazılmıştır. Örneğin bir kare içinde hiç eşyükselti eğrisi yoksa, o kare 0 (sıfır), iki eşyükselti eğrisi geçiyorsa 2 sayısı ile gösterilmiştir. Böylece, 0 (sıfır) ile gösterilen yerler düz ve düze yakın alan-

<sup>1</sup> 1/200 000 ölçekli bu eğim haritaları, 1/1 500 000 ölçeğine küçültülerek bir duvar haritası halinde basılmıştır.



lara tekabül ederken, 1 sayılı kareler (1 km yatay mesafede 50 m kot farkı olduğundan) % 5, 2 sayılı kareler % 10, 3 sayılı kareler % 15 ... eğimli alanlara tekabül etmişlerdir.

Karelere bölünmüş ve eğim değerleri böylece belirlenmiş aydinger üzerinde % 0-5, % 5-10, % 10-15, % 15-20 ve % 20 den fazla eğimli alanlar farklı renklerle gösterilmiştir.

İkinci aşamada, 1 km<sup>2</sup> lik birimlerin kare olması ve dolayısıyla eğimlerin harita üzerinde kübik şekiller halinde görülmesi, yöntemin bir kusuru olarak belirlenmiş, bu kusur da, rölyef şekilleri ve koşulları gözönüne alınarak giderilmiştir.

### 3.5. Örnekleme Esasına Dayanan Yöntemler

Dikkat edilirse, buraya kadar sözü edilen eğim haritası yapım yöntemleri, eğim koşulları belirlenecek arazi kesiminde yapılan tam alan ölçmelerine dayanmaktadır.

Geniş arazi yüzeylerini kapsayan çalışmalarda tam alan ölçmelerine dayanan bu yöntemlerle eğim haritalarının hazırlanması ve bunlar üzerinde ayırıldıkları değişik eğim gruplarının alanlarının ölçülmesi, fazlasıyla zaman alıcı işlerdir. Oysa tam alan yerine yeterli sayıda örnekleme noktasında yapılacak eğim ölçmelerine dayanılmak suretiyle hem eğim haritalarının yapım kolaylaşmakta, hem de eğim gruplarının kapladığı alanların kısa sürede hesaplanabilmesi olanağı sağlanmaktadır.

Örnekleme esasına dayanan ve çeşitli varyasyonları olan yöntemleri, 1) sistematik örnekleme, 2) tesadüfi örnekleme dayalı yöntemler olmak üzere iki gruba ayırmak uygun olur.

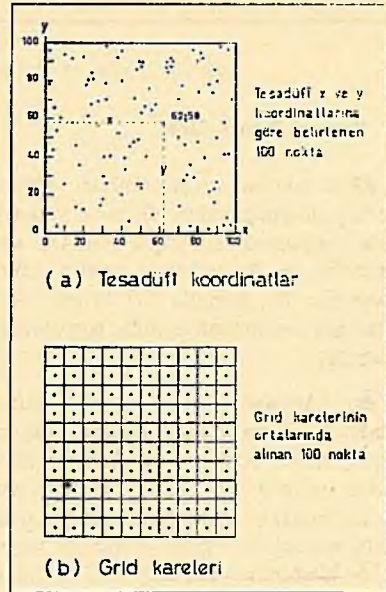
#### 3.5.1. Sistematik Örnekleme Yöntemi

Bu yöntem, eğim haritası yapılacak alan - harita üzerinde - bir kare şebekesi içine almağa ve karelerin köşelerinden ya da orta noktalarından eşyükselti eğrilerine dik olarak çizilen kısa doğru parçalarının eğimlerini hesaplamağa dayanır.

«Grid kareleri» yöntemi denilen sistematik örneklemede (STRAHLER 1952, s. 591), sözkonusu eğim ölçmeleri, bir kenarının uzunluğu 100 birim olan bir gridin her bir karesinin orta noktalarında (Şekil 15b) yapılır.

Bu yöntemin başka bir uygulama biçimi, eğim ölçmelerinin kare ortaları yerine kare köşelerinde yapılmasıdır ki bu, pratik bakımdan daha kolaydır.

Sistematik örnekleme yönteminde, eğim ölçmelerinin yapılacağı örnek eğimlerin belirlenmesi bakımından da ayrıntıda farklılıklar gösteren değişik uygulama biçimleri sözkonusu olabilmektedir. Ancak bunların hepsinde de ana prensip, harita üzerindeki belli bir noktadan başlanarak maksimum eğim yönünde kısa bir doğru par-



Şekil 15. (a, b) Örnekleme yöntemleri.



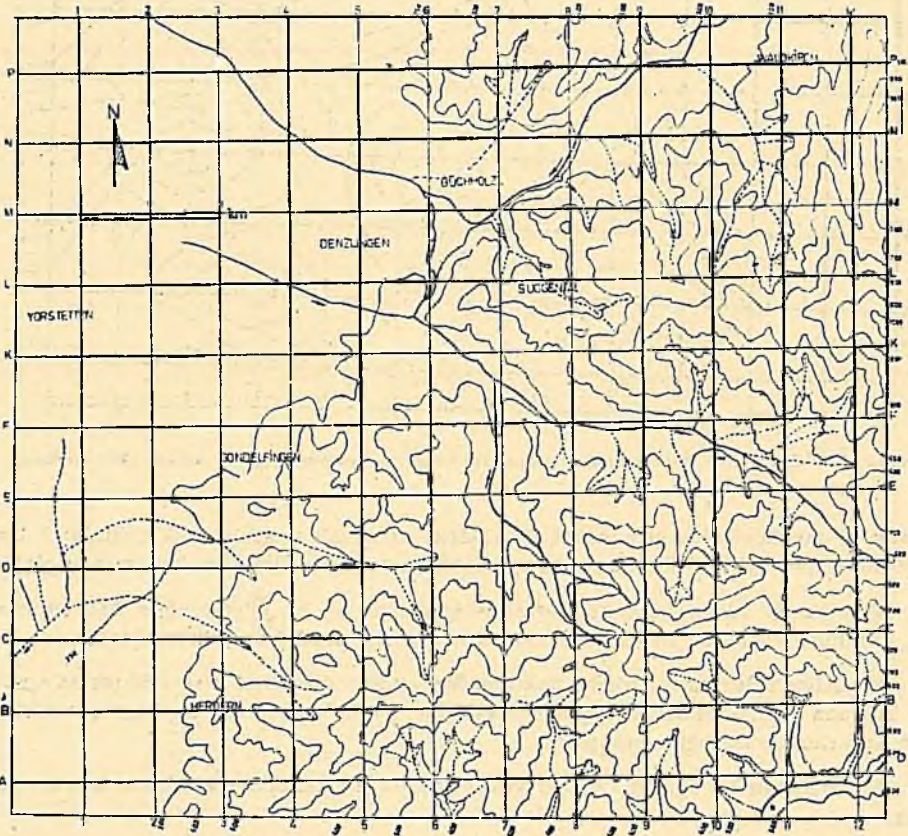
çası çizmek, bunun eğimini bulmak ve bu eğimi, başlangıç noktasının temsil ettiği arazi kesiminin (kare alanının) eğimi olarak kabul etmektir.

Sistemantik örnekleme yönteminin uygulanmasına bir örnek olmak üzere, 1/25 000 ölçekli haritalar üzerinde yapılan bir çalışmada (TOKMANOĞLU 1975) güdülen yol şöyledir :

1) Harita üzerine konan ince bir aydıngezer üzerine, kenarları 4 er cm olan bir kare şebekesi çizilir. Haritanın sol alt köşesinden başlanarak karelerin kenarları yukarıya doğru A, B, ..., P harfleriyle gösterilmek, sağa doğru da 1, 2, ..., 12, şeklinde numaralanmak suretiyle, her kare köşesi isimlendirilmiş olur (Şekil 16a).

2) Eşyüksekti eğrilerinden yararlanılarak kare köşelerinin kotları hesaplanır.

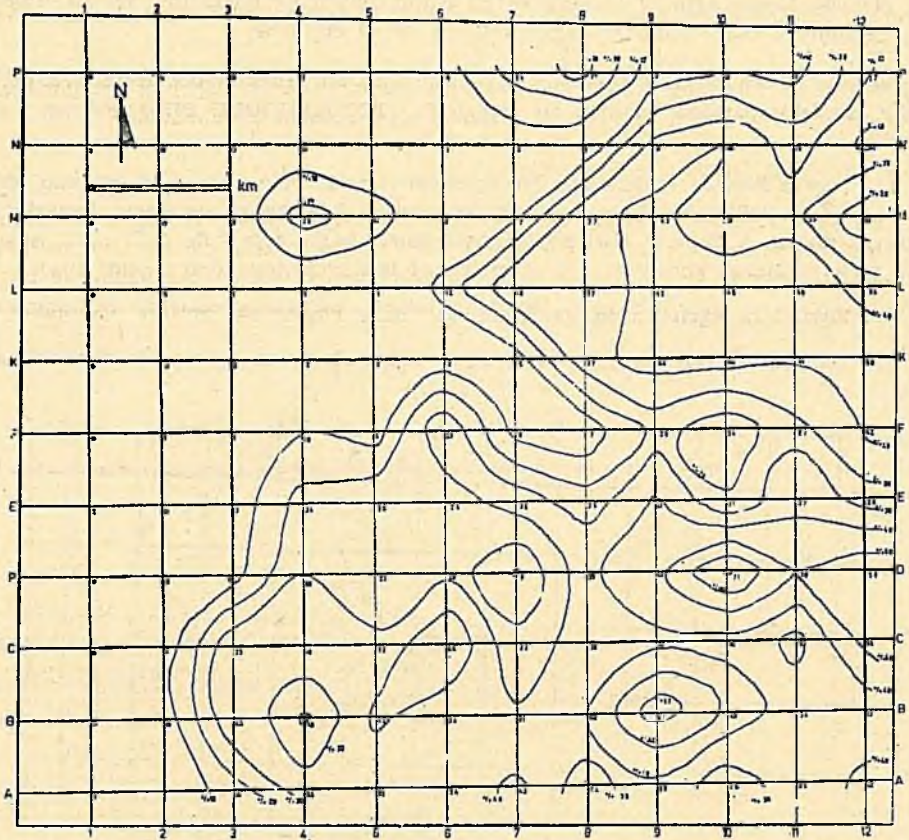
3) Kare köşelerine pergelin sivri ucu konularak 2 mm yarıçaplı birer daire



Şekil 16 a. Sistemantik örnekleme yöntemiyle eğim koşulları araştırılan arazinin eşyüksekti eğri haritası.

<sup>1</sup> Bu yöntem, temiz ve dikkatli çalışmak kaydıyla doğrudan doğruya paftalar üzerinde uygulanabilir. Kare şebekesi olarak, 1/25 000 ölçekli haritaların üzerine çizilmiş bulunan 4 cm ilk kare taksimatından yararlanılır ve böylece, harita üzerine yeni bir şebekesi çizmeğe gerek kalmaz.





Şekil 16 b. Şekil 16 a daki arazinin sistematik örnekleme yöntemiyle elde edilen eğim haritası.

çizilir ve bu dairelerin çemberleri üzerindeki en alçak noktalar (D noktaları) işaretlenir. Yine eşyüksekti eğrilerinden yararlanılarak bu noktaların kotları hesaplanır.

Yapılan bu işlem, kare köşelerinden başlamak ve en büyük eğim doğrultusunda uzanmak üzere 50 m uzunluğunda arazi kesiti alındığını belirtmektedir.

4) Köşe noktalarının ve bu noktalardan -yatay mesafe olarak- 50 şer m uzakta bulunan D noktalarının kotları bilindiğine göre, kotlardan ve yatay mesafelerden yararlanılarak, eğim hesaplanır.

5) Bulunan bu eğimler % 1 e yuvarlanarak alt oldukları köşelerin üzerine yazılır.

6) Eğim haritasında esas alınacak eğim kademelerini sınırlayan eğim değerlerine sahip noktalar (kare köşeleri) birleştirilmek suretiyle eş - eğim eğrileri (izopletler) çizilerek, eğim haritası elde edilir. Bu çalışmada arazi % 10 luk eğim kademelerine ayrılmış ve elde edilen eğim haritası (Şekil 16b) de gösterilmiştir.

7) Karelerin kenarları 4 er cm olduğuna göre, bir kare köşesi 1 km<sup>2</sup> büyük-

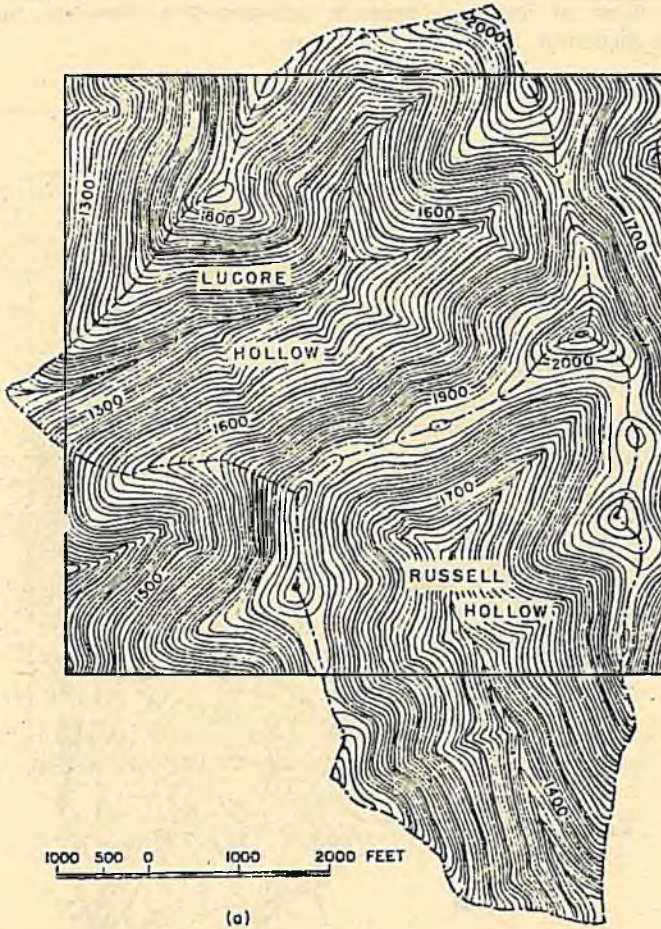


lüğünde araziyi temsil etmektedir. Buna dayanılarak, oluşturulacak eğim kademelerinin herbirine giren köşe adedi, o eğim kademelerinin km<sup>2</sup> cinsinden alanını verecektir.

Ayrıca, herбір kare köşesinin eğiminden yararlanmak ve ağırlıklı ortalama almak suretiyle, arazinin tümü için ortalama eğim kolaylıkla bulunabilir<sup>2</sup>.

### 3.5.2. Tesadüfi Örneklemeye Yöntemi

Bu yöntem, esas itibarıyla iki ayrı biçimde uygulanabilir. Bunların birincisinde, örnek eğimlerin ölçüleceği noktaların yeri ve sayısı araştıracının isteğine göre alınmakta, ikincisinde ise noktaların sayısı yine arzuya ya da gereksinmeye bağlı olmakla birlikte, bu noktaların yerleri «tesadüfi koordinatlar» göre belirlenmektedir.



Şekil 17 a. Tesadüfi örneklemeye yöntemiyle eğim koşulları araştırılan iki komşu havzanın eşyüksekti eğimli haritası.

<sup>2</sup> Bu yöntemle ilgili ayrıntılar için, kaynak olarak verilen (TOKMANOĞLU 1975) den, yöntemin güzel bir uygulama örneği için de (SEÇKİN 1978) den yararlanılabilir.



Birinci tipteki bir uygulama ile bir eğim haritasının hazırlanmasında izlenen yol şudur (STRAHLER 1964, s. 4/62) :

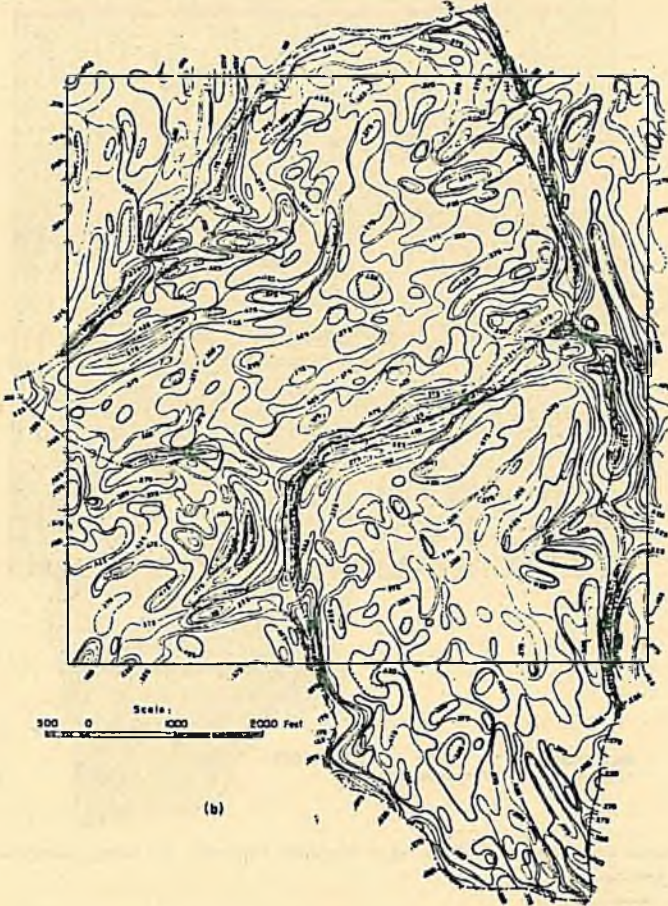
a) Eşyükseleli eğrili bir topoğrafik harita üzerindeki - araştırmacının uygun göreceği - birçok noktada eşyükseleli eğrilere dik olarak çizilen kısa doğru parçalarının eğimleri hesaplanır.

b) Bu kısa doğru parçalarının başlangıç noktaları bir aydınlatıcı üzerine işaretlenir ve her noktanın yanına, o noktanın temsil ettiği doğru parçasının eğimi yazılır.

c) Aynı değere sahip noktalar birleştirilerek «eş - eğim eğrileri» çizilir.

d) Birbirini izleyen eş - eğim çizgileri arasındaki alanlar planimetre ile ölçülür ve bu alanlar, amaç doğrultusunda önceden belirlenen eğim sınıflarına göre toplanır. Elde edilen bu rakamlardan ortalama eğim, varyans ve standart sapma hesaplanabilir.

Dikkat edilirse bu yöntem, sistematik örnekleme andırmakta, fakat alanların planimetre ile ölçülmesi, işi zorlaştırmaktadır.



Şekil 17 b. Şekil 17 a daki havzaların tesadüfî örnekleme yöntemiyle elde edilen eğim haritası.



Komşu iki havzanın eşyüksekti eğrili haritası ile, aynı havzaların bu yoldan elde edilmiş eğim haritası, (Şekil 17a, b) de görülmektedir.

Tesadüfî örneklemenin ikinci tipine «tesadüfî koordinat yöntemi» denilmektedir. Bu yöntemde, grid kareleri yönteminde olduğu gibi, bir kenarı 100 birim olan bir örnekleme karesi kullanılır. Arzu edilen, ya da gerekli görülen örnek sayısı kadar noktanın koordinatları, bir tesadüfî sayılar tablosundan yararlanılarak bulunur (Şekil 15a) ve noktalar harita üzerinde işaretlenir. Bu noktaların temsil ettiği eğimler, tesadüfî örneklemenin birinci tipindeki benzer yolla bulunur ve aynı değere sahip noktalar birleştirilerek, eş-eğim eğrilerinden oluşan bir eğim haritası elde edilir.

Bu tip uygulama ile elde edilen haritada da, birinci tipte olduğu gibi, alanların planimetre ile ölçülmesi sözkonusudur.

Tesadüfî örnekleme yöntemi, sistematik örnekleme yöntemiyle elde edilene yakın sonuçlar vermekte, fakat örnek sayısı bakımından sistematik örneklemeyle oranla bir esneklik sağlamaktadır. Bu da, bazı durumlarda işi kolaylaştırmaktadır.

#### 4. ORMANCILIKTA EĞİM ANALİZLERİ

##### 4.1. Orman Nakliyatı Planlamasında Eğim Analizleri

Bilindiği üzere, ormanlardaki üretim çalışmalarında ve özellikle orman nakliyatında, arazinin sınıflandırılması sözkonusudur. Orman nakliyatının planlanmasında gerekli olan arazi sınıflaması için iki husus üzerinde durulmakta ve bunlar 1) topoğrafya, 2) zemin koşulları olmaktadır.

Topoğrafyanın orman nakliyatı (bölmeden çıkarma ve taşıma) bakımından önem taşıyan iki özelliği, a) yükselti, b) eğim ve eğim değişiklikleridir.

*Yükselti*, hava basıncının yükseklik arttıkça düşmesi nedeniyle, motorların verimini etkiler ve randımanı azaltır. Yaklaşık olarak, yükseltinin her 1 000 m artışıyla motor randımanının -deniz düzeyine oranla- % 10 düştüğü kabul edilebilir. Dolayısıyla orman nakliyatı planlaması bakımından arazinin 0-1 000 m, 1 000-2 000 m, 2 000-3 000 m, 3 000-4 000 m ve 4 000 m den yüksek kısımlar olmak üzere yükselti sınıflarına ayrılması uygun olur (ASTHANA 1964, s. 327-328).

Bu yükselti sınıflarına ayırma işi, planlama yapılacak bölgeye ait topoğrafik haritalar üzerinde doğrudan doğruya eşyüksekti eğrilerinden yararlanılarak yapılabilir.

*Eğim ve eğim değişiklikleri* ise, orman nakliyatının planlanmasında ve orman yolları yapımında, yol normlarını ve planlamayı etkileyen önemli bir topoğrafik özelliktir. Yol normları, her doğrultuda uygulanabilecek maksimum eğimleri de kapsamaktadır. Bu nedenle arazinin eğim ve eğim değişiklikleri bakımından durumu, bir orman yolunun yapılıp yapılamayacağını, eğer yapılacaksa nerelerde kurb ve lāseler uygulanacağını, kazı ve dolduru miktarlarının ne olabileceğini belirleyebilir (PUTKISKO 1964, s. 104-108).

Bölmeden çıkarma ve nakliyat çalışmalarının planlanması bakımından eğimler itibarıyla arazi sınıflaması için çeşitli öneriler vardır. Örneğin Hindistan için önerilen eğim sınıfları Tablo V de gösterilmiştir (ASTHANA 1964, s. 327-329).

TABLO V. HINDİSTAN İÇİN ÖNERİLEN EĞİM SINIFLARI VE UYGUN BÖLME DEN ÇIKARMA YÖNTEMLERİ

| Tanımlama      | Eğim (%) | Uygun görülen bölmeden çıkarma biçimi |
|----------------|----------|---------------------------------------|
| Hafif eğim     | 0- 12    | At; traktör ve vinç                   |
| Orta eğim      | 12- 25   | Traktör ve vinç                       |
| Dik eğim       | 25- 50   | Kablo hat                             |
| Çok dik eğim   | 50-100   | Kablo hat                             |
| Aşırı dik eğim | ≥100     | Traktör ve vinç                       |

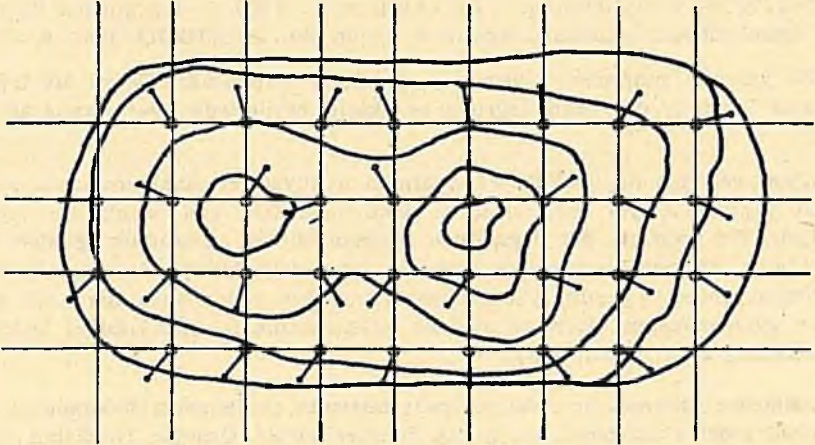
Öte yandan İsveç ormancılığı için belirlenen ve bizde de benimsenen arazi sınıflamasında ise eğim sınıfları Tablo VI da gösterildiği gibidir.

TABLO VI. İSVEÇ'TE UYGULANAN EĞİM SINIFLARI

| Eğim Sınıfı | Eğimler          |                |
|-------------|------------------|----------------|
|             | Eğim yüzdesi (%) | Eğim açısı (°) |
| 1           | 0-10             | 0- 6           |
| 2           | 10-20            | 6-11           |
| 3           | 20-33            | 11-18          |
| 4           | 33-50            | 18-27          |
| 5           | > 50             | > 27           |

Böyle bir eğim sınıflaması İsveç'te doğrudan doğruya arazide yapılan ölçmelere dayandırılmakta ve bu ölçmeler, aralarında 25 m yatay mesafe bulunan noktalar arasında yapılmaktadır.

Bu sınıflamanın çok duyarlı olması istendiği takdirde, şu yöntemin uygulanması tavsiye edilmektedir (Şekil 18) :



Şekil 18. Arazide sistematik örnekleme ile eğim sınıflaması.



Çok sayıda ölçme noktaları (örneğin, bir kare şebekesinin köşeleri ölçme noktaları olacak şekilde) araziye sistematik olarak dağıtılır. Her noktadan başlanarak yamaç aşağısına doğru (maksimum eğim doğrultusunda) ve 25 m yatay mesafede başka bir nokta belirlenir (Bu ikinci nokta lokal bir çukura rastlıyorsa, ölçme yamaç yukarısına doğru yapılır). İki nokta arasındaki eğim ölçülerek, eğim sınıfı not edilir. Her sınıftaki ölçme sayıları toplanarak, bütün alan için bir eğim indeksi elde edilir. Ölçmenin yapıldığı arazi kesiminde en çok hangi eğim sınıfına rastlanmışsa, o kesimin eğim sınıfı o olur.

Örneğin, ölçme sonuçları ;

| Eğim Sınıfı  | 1 | 2  | 3 | 4 | 5 |             |
|--------------|---|----|---|---|---|-------------|
| Nokta Sayısı | 5 | 16 | 6 | 4 | 2 | Toplam : 33 |

şeklinde ise, eğim sınıfı 2 dir (GOMBRICH 1969, s. 8 - 9).

Bu arada, alanın % 10 undan fazlasını kapsamak kaydıyla ekstrem sınıf ya da sınıflar da parantez içinde belirtilebilir. Yukarıdaki örnekte bu takdirde eğim sınıfları 2 (1,4) şeklinde gösterilecektir. 5. sınıf, alandaki noktaların % 10 undan daha azında yer almaktadır ve gösterilmez.

Dikkat edilirse bu yöntem, daha önce sözü edilen ve sistematik örneklemeye dayanan iki yöntemle benzerlikler göstermektedir. Arazide uygulanan bu yöntemin, eğim ölçmelerini birbirinden 25 m yatay mesafedeki noktalar arasında yapmak yerine, örneğin 50 m yatay mesafedeki noktalar arasında yapmak suretiyle, 1/25 000 ölçekli haritalar üzerinde uygulanması da sözkonusudur.

#### 4.2. Toprak Etütlerinde ve Havza Islahı Çalışmalarında Eğim Analizleri

Toprak etütlerinde ve havza ıslahı çalışmalarında eğim analizleri büyük önem taşır.

Genel olarak bir vadinin iki yakasında yer alan yamaçlar fizik yapıları bakımından birbirine benzemedikleri gibi, ayrıca her bir yamacın alt, orta ve üst kısımlarının da birbirine uymadığı ve her bir ünitenin röliye, toprak, bitki örtüsü bakımından ayrı olduğu görülür. Karşılıklı vadi yamaçları arasındaki fark her ne kadar «baki» faktörünün eseri olarak değerlendirilebilirse de, aynı yamacın değişik yerlerindeki farkları daha başka faktörlere bağlamak gerekir ki bu faktör «eğim değerleri» olarak belirtilebilir (TUNÇDİLEK 1969, s. 4 - 5).

Nitekim düz ve düze yakın yerlerdeki toprak özellikleriyle eğimli arazideki toprak özellikleri arasında, eğim derecesine bağlı olarak hızla değişen büyük farklar vardır.

Ayrıca arazi kabiliyet sınıflaması ve toprakların ne çeşit bir kullanmaya tahsis edilmesi gerektiği konusunda da arazi eğimi, önemli bir kriter olmaktadır.

Eğimlerin değişik amaçlara göre gruplandırılmasında grup sayısı ve grupların limitleri, amaca göre farklı şekillerde belirlenmektedir. Bu konuda burada ayrıntılara girmeye gerek görülmemiştir. Ancak, belirtilmesi gereken husus, yurdumuz-

da genellikle havza çalışmalarında ve toprak etütlerinde ortalama eğim haritalarının yapıldığı ve eğim gruplarının arazide dağılışı üzerinde durulduğudur. Eğ - eğim haritaları bazı spesifik çalışmalarda ortalama eğim haritalarından daha yararlı olabileceği halde, bu tip haritaların yapımı ve kullanılması pek yaygın değildir.

### ÖZET VE SONUÇ

Birçok bilim dallarında ve çeşitli uygulama alanlarında, arazi eğiminin bilinmesine, dolayısıyla da eğim ölçmelerine sık sık gereksinme duyulmaktadır.

Eğim ölçmelerinin doğrudan doğruya arazide yapılması çok zaman alıcı ve masraflı olmakta, aynı işin topoğrafik haritalardan yararlanılarak yapılması ise büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Eşyükselti eğrili topoğrafik harita üzerinde belli iki nokta arasındaki eğim, bu iki nokta arasındaki yatay mesafe ve sözkonusu noktaların kotları haritadan elde edilerek hesaplanır.

Bir doğrunun eğiminin elde edilebilmesinin yanısıra, belli bir arazi kesiminin ortalama eğiminin bulunması, ya da belli amaçlarla bir arazi kesiminin eğim gruplarına ayrılması da topoğrafik haritalar üzerinde rahatlıkla yapılabilmektedir.

Bu konuda geliştirilmiş birçok yöntem vardır. Amaca göre bunlardan biri seçilip kullanılabilir gibi, bu yöntemlerin bazıları amaç doğrultusunda daha da geliştirilebilir, hattâ yeni yöntemler de ortaya konulabilir.

Esas itibarıyla iki çeşit eğim haritası sözkonusu olup, bunlar *ortalama eğim haritaları* ve *eğ - eğim haritaları* (izoklinal haritalar) dır<sup>1</sup>. Ortalama eğim haritalarında gösterilen eğimler, arazide yapılacak eğim ölçmelerinin ortalaması alınarak bulunacak değerler olmayıp, sun'î parametrelerdir. Eğ - eğim haritaları ise, herhangi bir noktadaki gerçek eğimi gösterirler.

Yöntemlerin bir kısmı tam alan ölçmelerine, bir kısmı ise sistematik ve tesadüfi örneklemeyle dayanmaktadır. Ancak, hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, gerçek durumu yeterli bir doğrulukla yansıtılabilen sonuçların kısa sürede alınabilmesi, dikkatli bir çalışmaya ve deneyime bağlı bulunmaktadır.

### KAYNAKLAR

- ASTHANA, M. N., 1964. *Terrain Classification in Logging. Proceedings of the Meeting of the IUFRO, Section 32, in Montreal and Port Arthur, Sept. 1964. (p. 327 - 332).*
- BİLGİN, T., 1971. *Genel Kartoğrafya. İ.Ü. Yayın No. 1676, Coğrafya Enst. Yayın No. 64, İstanbul.*
- GOMBRICH, L., 1969. *Terrain Classification for Swedish Forestry. Report No. 9, 1969, Forestry Commission, U.K.*
- KATO, S., 1967. *Studies on the Forest Road System. Bull. of the Tokyo University (Forestry), No. 63, June 1967.*
- NEMEC, J., 1972. *Engineering Hydrology. McGraw - Hill, London.*

<sup>1</sup> Bu yazıda, böyle bir sınıflama esas alınmaksızın her iki çeşit eğim haritaları da gözden geçirilmiştir.



- OZGEN, G., 1974. *Kartografyaya Giriş*. I.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 1003, İstanbul.
- PUTKISKO, K., 1964. *Principles of Terrain Classification for Logging. Proceedings of the Meeting of the IUFRO, Section 32, in Montreal and Port Arthur, Sept. 1964. (p. 97 - 109).*
- SEÇKİN, O. B., 1978. *Demirköy - Karamanbayırı Devlet Orman İşletmesi Çakmak-tepe Bölgesi Yol Şebekesinin Planlama Tekniği Bakımından Araştırılması. Orman Gnl. Müd. Yayınları Sıra No. 622, Seri No. 132, Ankara.*
- SEYHAN, E., 1976. *Calculation of Runoff from Basin Physiography. Geografisch Instituut Rijksuniversiteit Utrecht.*
- STRAHLER, A. N., 1952. *Quantitative Slope Analysis. Bulletin of Geol. Soc. of America, Vol. 67, 1952.*
- STRAHLER, A. N., 1964. *Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks. Handbook of Applied Hydrology (V.T. Chow). Sect. 4 - 11. Mc Graw - Hill Book Company, New York.*
- TOKMANOĞLU, T., 1975. *1/25 000 Ölçekli Haritalar ve Hava Fotoğrafları Yardımı ile Arazi Ortalama Eğiminin Bulunması. I.Ü. Yayın No. 2074, Or. Fak. Yayın No. 213, İstanbul.*
- TUNÇDİLEK, N., 1969. *Türkiye Eğim Haritası. I.Ü. Yayın No. 1457, Coğrafya Enst. No. 56, İstanbul.*
- WILLIAMS, J. R., BERNDT, H. D., 1972. *Sediment Yield Computed With Universal Equation. Jour. of Hydraulics Div., Vol. 98, HY 12, Dec. 72.*
- WISLER, C. O., BRATER, E. F., 1959. *Hydrology. 2 nd Edt. John Wiley and Sons, Inc., New York.*
- YOUNG, A., 1972. *Slopes. Oliver and Boyd, Edinburgh.*