İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ

SERİ B. CİLT VI. SAYI II. 1956

ENİNE KESİT ALANLARININ TAYİNİNDE KULLANILAN BAŞLICA METODLAR

Yazan : Selçuk B a y o ğ lu

Enine kesitlerin alanlarının tayininde kullanılan metodlar çok ve çeşitlidir. Biz bu metodlardan, bilhassa tatbikatta avan ve kati projelerin tanziminde çok kullanılan, bazılarını incelemekle iktifa edeceğiz. [1]

Bu metodları şöylece sıralayabiliriz : 1 — Planimetre; 2 — Tartı; 3 — Kareleri sayma; 4 — Koordinat; 5 — Hesap; 6 — Cedveller; 7 — Grafik; 8 — Çizimle; 9 — Paralellerle bölerek; 10 — Takribi formüllerden faydalanarak.

Kati projelerin tanziminde en doğru neticeyi veren metodların, avan projede ise de daha ziyade süratli fakat daha az sıhhatli netice veren metodların kullanılacağı aşikârdır. Bu bakımdan yukarıda sıralanan metodlardan ancak bazılarının kati projelerin tanziminde tatbiki kabildir. Kati projelerde enine kesit alanlarının tayini hesap yolu ile veya ayni mahiyette olan koordinat metodundan faydalanarak yapılabilmektedir. Diğer bütün metodlar daha çok avan projelerin tanziminde kullanılırlar.

Çeşitli sebeplerden dolayı, enine kesit alanlarının, sağ ve sol yarı için ayrı ayrı hesaplanması daha iyidir. Nitekim Orman Genel Müdürlüğünce 1956 senesinde yayınlanan inşaat işleri El kitabında ana orman yolları ile A tipi tali yollarına ait projelerde enine kesit alanlarının sağ ve sol için ayrı ayrı hesabedileceği, B tipi tali yollarla koruma yollarında ise tek kesit halinde hesap yapılacağı belirtmektedir. Sağ ve soldaki yarı enine kesitlerde hem kazı ve hemde dolduru mevcutsa, bunların her yarı için ayrı ayrı hesabedilmesi lâzımdır.

Enine kesitler genel olarak 1/100 ölçeğinde çizilmekle beraber bazan 1/50 veya 1/200 ölçeğinde de çizilmektedirler.

Şimdi sırası ile yukarıda söylediğimiz metodları inceleyelim :

---

1) Bak: Dr. Orhan Uzunsoy: Kazı ve dolduruların hesabında kullanılan bazı metodlar.

Orman Fakültesi Dergisi Seri B Cilt V, Sayı I, 1955.

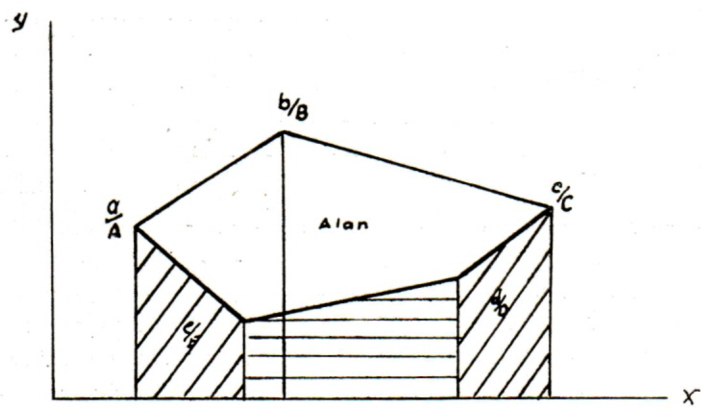
1 — Planimetre ile enine kesit alanlarının tayini :

Sahalar, planimetrenin itinalı bir şekilde kullanılması ile sıhhatli olarak tayin edilebilir. Planimetre ile enine kesit alanlarının tayini, elde edilecek sıhhatin planimetreyi kullanacak kimsenin maharetine bağlı olduğu için, kati hesaplarda kullanılmaz. Bununla beraber diğer işlerde tahmine dayanan metodlardan daha iyi netice vermektedir. İnşaat İşleri El kitabında da emanet inşaatlar için kullanılması kabul edilmekte ancak iki okuma arasındaki tecvizi hatanın 0,04 m² yi geçmemesi gerektiğine işaret edilmektedir.

2 — Tartı metodu : Birim alanının ağırlığı belli olan bir kâğıt üzerine çizilen enine kesitler kesilip tartılırlar. Bulunan ağırlığın birim sahasının ağırlığına bölünmesi ile enine kesitin alanı elde edilmiş olur. Fakat bu metodun hem çizilmiş olan enine kesitleri harabolması ve hem de fazla zaman alması gibi mahzurları vardır.

3 — Kareleri Sayma Metodu : Milimetrik kâğıt üzerine çizilmiş olan enine kesitlerin alanı, bu alan içine isabet eden kareler sayılarak tayin edilebilir. Fakat elde edilecek sıhhat ancak avan projeler için şayanı kabuldür.

4 — Koordinat metodu :



Şekil 1

Koordinatlardan istifade ederek enine kesit alanlarının tayinini incelemeden önce genel olarak koordinatlar yardımile bir alanın ne şekilde hesabedildiğini görelim. Farzedelim ki (Şekil - 1) de koyu çizgilerle belirtilmiş olan alanı hesabetmek istiyoruz. Şeklin her köşesine yazılmış olan kesirlerin payı, çizilmiş herhangi bir X, Y koordinat sistemine göre, ordinatı, paydası da absisi göstermektedir. Poligona ait köşe noktalarından inilen diklerle şekilde görüldüğü gibi bir takım yamuklar elde edilecektir. Hesabedilmesi istenen poligon alanı, iki büyük yamuk alanın toplamı ile taranmış yamuk alanları toplamının farkına eşittir. Yamuk alanını veren formülden faydalanılarak bu alan şöylece hesbedilir :

$$S = \frac{a+b}{2}(B-A) + \frac{b+c}{2}(C-B)$$

$$-\left[\frac{c+d}{2}(C-D) + \frac{d+e}{2}(D-E) + \frac{e+a}{2}(E-A)\right]$$

Parantezi açar kısaltmayı yaparsak,

$2S = aB + bC + cD + dE + eA - bA - cB - dC - eD - aE$ (1) bulunur. Şekilde köşelere yazılı olan kesirleri, aşağıda görüldüğü gibi bir noktadan başlamak ve ilk kesirle nihayete ermek üzere sıra ile yazalım. Her kesrin payını müteakip kesrin paydası ile çarparsak (1) formülündeki pozitif değerleri elde etmiş oluruz.

$$\frac{a}{A} \searrow \frac{b}{B} \searrow \frac{c}{C} \searrow \frac{d}{D} \searrow \frac{e}{E} \searrow \frac{a}{A}$$

Aynı şekilde her kesrin paydasını müteakip kesrin payı ile çarparsak bu defa da (1) formülündeki negatif kıymetleri elde etmiş oluruz.

Bu metodun enine kesitlere tatbik şekli şöyledir: Y ekseni olarak enine kesitin ekseni kabul edilir. Böylece noktaların mesafeleri doğrudan doğruya absisler olarak kullanılabilir. X ekseni mevcut duruma göre seçilir. Noktaların eksene göre kotları verildiği takdirde X ekseni yuvarlak kotlu olarak seçilir. Bu suretle ordinatlar basit çıkarma ameliyesi ile elde edilebilir. Arazide enine profil alınırken mirada okunmuş olan değerler verildiği takdirde, rasat hattının X ekseni olarak kabulü ile, doğrudan doğruya mirada okunan rakamlardan istifade etmek imkân dahiline girer.

Muhtelif noktaların Y ekseninden uzaklıkları bilindiğine göre işaret hatalarından kaçınmak için ekseriyetle sağ ve solundaki alanları ayrı ayrı hesap etmek daha doğrudur.

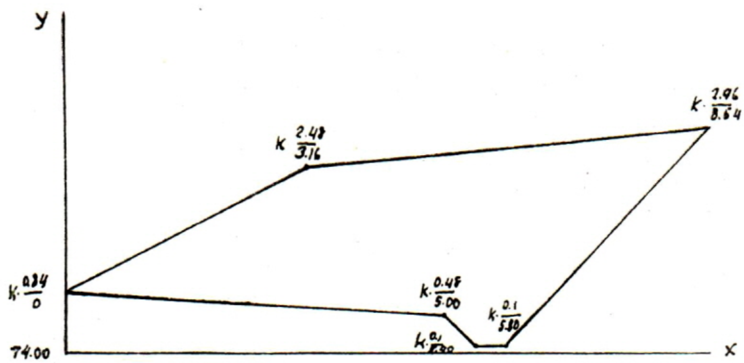
Kıymetlerin kaydediliş istikametlerinin neticesi olarak alan negatif çıkabilir, bunu daima pozitif olarak kabul etmelidir.

Arazi ve proje hattına ait noktaların absis ve ordinatları, kabul edilen eksenlere göre, tayin edilip yukardaki şekilde olduğu gibi ait oldukları noktalara kesirler halinde yazılırlar. Alan hesabı için bu kesirler yan yana yazılır, ve yukarıda bahsedilen ameliye yapılır. Misal olarak, arazi ve proje kotları verilmiş ve enine kesit alanını koordinat metodu ile hesap etmeye çalışalım. Eksen noktasının kotu 71,84 m. olduğu için X ekseni olarak 71,00 den geçen eksen kabul edilmiş ve diğer noktaların kotları 71,00 den çıkarılmak suretile ordinatlar elde edilmiştir. Absisler, enine kesit ekseninin Y ekseni olarak seçilmesi sebebile, noktaların eksenden mesafeleridir. (Şekil : 2)

Yukardaki esaslara göre :

$$\frac{0.84}{0.00} \diagdown \frac{2.48}{3.16} \diagdown \frac{2.96}{8.54} \diagdown \frac{0.1}{5.80} \diagdown \frac{0.1}{5.40} \; ; \quad 2S = 41.541 - 10.78 = 30.753 \text{ m}^2$$

S = 15.387 m² olarak bulunur.



Şekil 2

5. Enine Kesit Alanlarının Hesap Yoluyle Bulunması :

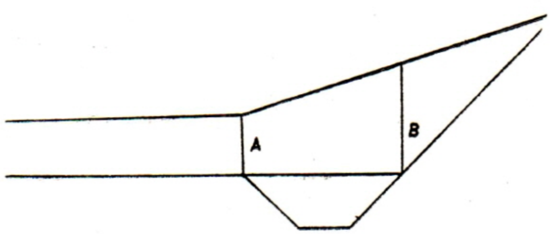
Genel olarak enine kesit alanlarının en doğru olarak tayini hesap yolu ile kabil olmaktadır. Bu bakımdan yol idareleri, bilhassa müteahitler vasıtasiyle yaptırdıkları inşaatların projelerinin tanziminde, enine kesit alanlarının hesap yolu ile bulunmasını şart koşmaktadırlar. Nitekim Orman Genel Müdürlüğü de 1956 senesinde neşrettiği «İnşaat İşleri el Kitabı»nda prensip olarak Orman yol Projeleri için ayni metodu kabul etmiş bulunmaktadır. Geniş ölçüde kullanılan bu metodun esaslarını burada misâllerle birlikte izaha çalışacağız.

Mevzuumuzun dışında kaldığı için Enine Kesitlerin yol ekseninin hangi noktalarında ve ne şekilde alındıkları üzerinde durmuyacağız. Ancak metodun tatbikatı itibariyle lüzumlu olması hesabiyle kısaca Enine Kesitlerin hazırlanmasını tetkik edelim.

Genel olarak yol eksenine dik olarak alınan enine kesitlerin uzunlukları, projenin durumunu tam manasiyle belirtmeye kâfi gelecek kadar olmalıdır. Bu uzunluk eksenin iki tarafına doğru 10 veya 20 şer m. olarak mütaleâ edilir. Uzunluk profilinde kırmızı hatla siyah hat arasındaki kot farkı bu mesafeyi dikte eder.

Enine profillerin çizimi için ebadları keyfi olarak alınan bir kâğıt üzerine, ekseni belirtmek üzere, düşey bir çizgi çizilir. Yukarıda münasip miktarda bir boşluk bıraktıktan sonra takriben 1 er cm. aralıklı olmak üzere 4 yatay çizgi çizilir. Bu suretle elde edilen 3 sütundan en alttakine arazi hattına ait kırık noktaların ekseni kazığına olan mesafeleri ortadaki sütuna da bu noktaların kotları yazılacaktır. Bu iki sütun doldurulduktan sonra artık arazi hattı çizilebilir ve böylece zeminin her eğim değiştirdiği noktadaki kot ordinat ve bu noktanın eksen kazığına olan tulü de absis olarak bilinmiş olacaktır. En üstteki sütun, kırmızı kotlara ayrılmış bulunmakta olup, buraya ilk önce uzunluk profilinden alınan yol eksenine ait kırmızı kot yazılır. Bilâhare bu kot enine kesit ekseni üzerinde de işaretlenerek kabul edilen tip enine kesit, ekseni bu noktaya gelecek şekilde, tatbik edilir. Genel olarak süratli çalışmayı temin maksadile dolduru ve kazı halleri için kartondan kesilen birer şablondan istifade edilmektedir. Şablonun ortasından çizilmiş olan ekseni enine kesit ekseni ile çakıştırıp çevresini kalemle çizmekle mesele halledilmektedir.

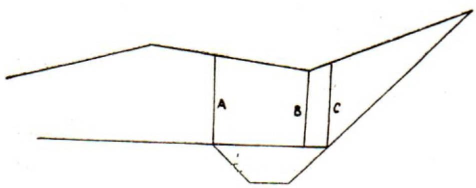
Enine kesit alanlarının hesabında daima düşey çizgilerden faydalanarak bütün alan küçük parçalara ayrılır. Bunlar yamuklar ve üçgenlerden ibarettir. Ayırmada, hendekler hariç, hiç bir surette yatay ve eğik doğrulardan faydalanılamaz.



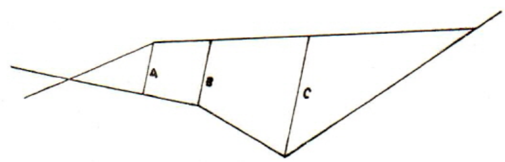
Şekil 3

Enine kesitlerin böylece çizilip elemanter alanlara taksiminden sonra, lüzumlu diğer bilgiler tamamlanır. Şüphesiz bu sırada yapılacak ilk iş arazi hattının kırık noktalarında kırmızı hatta ait; ve kırmızı hattın kırık noktalarından da arazi hattına ait kotların, kendi sütunlarına yazılmasıdır. Diğer taraftan gerek yamukların kenar uzunluklarının hesabında ve gerekse şev ve plâtformdaki geçit noktalarının hesabında kullanılmak üzere arazi hattının her kırık parçasının eğimi hesabedilerek üzerine yazılır. Kazı ve doldurulara ait şev meyilleri ile diğer lüzumlu noktalara ait kırmızı ve siyah kotlar da şekil üzerine yazılır. Trapez kesitli hendekler her profilde ayni kesite sahip oldukları için bu hesaplarda nazarı itibare alınmazlar, sadece bir defa hesabedilerek bulunan alanlara ilâve edilirler.

Meselâ (şekil 3) de olduğu gibi arazi hattı tek kırıklı ise, yalnız A ve B ordinatlarının yani kot farklarının tayini kâfi gelecektir. Arazi hattı birden fazla kırıklılık gösterdiği hallerde arada üçüncü bir ordinat tayin edilir ve hendek alanı gene hesaba katılmaz. (şekil 4) Üçgen kesitli hendeklerde ise böyle bir tefrike lüzum yoktur. Hendek alanı da diğer alan parçaları gibi ve onlarla birlikte hesabedilir. (Şekil : 5)

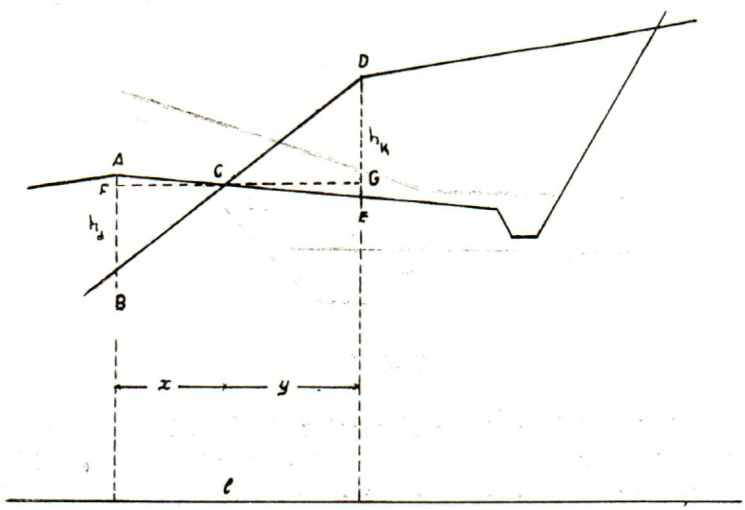


Şekil 5



Şekil 4

Enine kesitlerin şakuli çizgilerle parçalara ayrılması ile tepeleri geçit noktaları olmak üzere üçgenler teşekkül etmektedir. Kotlardan istifade edilerek taban uzunluklarının tayini kabil olan bu üçgenlerin yükseklikleri-nin hesapla bulunması icabeder. (Şekil 6)



Şekil 6

Genel olarak enine kesit alanlarının hesabında plâtformun ufki olduğu kabul edilir. (Şekil : 6). Daha umumi bir hali incelenmiş olmak için biz plâtformun eksenden itibaren sağa ve sola doğru meyilli olduğunu farzedelim. Bu taktirde A B C ve C D E üçgenlerinin alanlarını hesabetmek için F C = x ve C G = y geçit mesafelerini tayin etmekliğimiz icabeder. M ve N noktaları arasındaki ufki mesafe ile bu noktalardaki siyah ve kırmızı kotlar belli olsun. $\overline{AB}$ ve $\overline{DE}$ ordinatları bu kotların farkları olarak hesabedilebilir. $\overline{AB}$ ve $\overline{DE}$ düşey oldukları için A B C ve C D E üçgenlerine ait F C ve C G yükseklikleri yataydır ve aynı doğru üzerindedir. Bu iki üçgen benzer olduğu için :

$$\frac{FC}{AB} = \frac{CG}{DE} = \frac{FG + CG}{AB + DE}$$

yahut

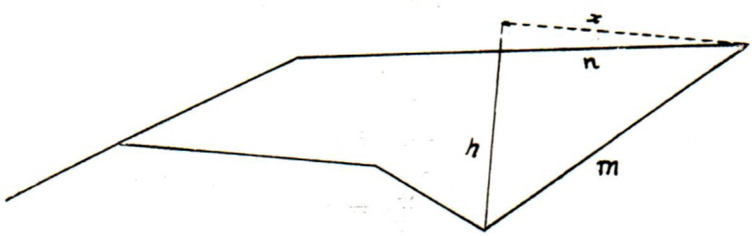
$$\frac{x}{h_d} = \frac{y}{h_k} = \frac{x + y}{h_d + h_k} = \frac{l}{h_d + h_k}$$

yazılabilir. ve buradan,

$$x = \frac{l \cdot h_d}{h_d + h_k}$$

$$y = \frac{l \cdot h_k}{h_d + h_k} \qquad \text{olur.}$$

Böylece A B C ve C D E üçgenlerinin hem yükseklikleri ve hem de tabanları malum olduğu için artık alanları hesabedilebilir.



Şekil 7

Şevlerin sırt ve etek noktalarında teşekkül eden üçgenler için de ayni formülün tatbiki kırmızı hattın bir miktar uzatılmasını icabettirmektedir. Bu ameliyeden kaçınmak maksadiyle kırmızı hatla arazi hattının eğimlerinden istifade ederek üçgenlerin yüksekliklerinin tayini cihetine gidilmektedir. Daha kolay olan bu metodla üçgenin yüksekliğini hesabederken arazi ve proje kotları arasındaki h farkı ile m şev meyli ve n arazi meylinin (Şekil 7) bilindiğini farzediyoruz. Arazi hattının durumuna göre m ve n meyilleri üçgenin yüksekliğine nazaran ayni yönde yahut aksi yönde olabilirler ve eğimler tg veya cotg. cinsinden verilebilirler. Şimdi sırası ile bütün bu haller için x mesafesinin hesabını görelim.

a) m ve n meyilli ayni yönde ise (Şekil 8) :

Eğimler tg. cisinden verildiği takdirde,

$$\frac{y}{x} = n \qquad (1)$$

$$\frac{y + a}{x} = m \qquad (2)$$

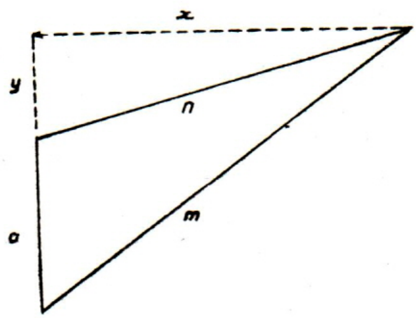
demektir. (1) de $y = n \cdot x$ (2) de yerine konursa

$$\frac{x \cdot n + a}{x} = m$$

$$x \cdot n + a = m \cdot x$$

$$x = \frac{a}{m - n}$$

Eğimler Cotg. cinsinden verilmiş iseler;



Şekil 8

$$\frac{x}{y} = n \qquad (1)$$

$$\frac{x}{y + a} = m \qquad (2)$$

dir. (1) den $y = \frac{x}{n}$ değeri (2) denkleminde yerine konursa

$$\frac{x}{\frac{x}{n} + a} = m$$ olur ve buradan

$$x = \frac{m}{n} \cdot x + m \cdot a \quad , \qquad n \cdot x = m \cdot x + m \cdot n \cdot a$$

$$x = \frac{m \cdot n \cdot a}{n - m}$$ olur.

burada a ordinatlar farkı ile m ve n eğimleri belli olduğu için üçgenin x yüksekliği kolayca hesabedilebilir.

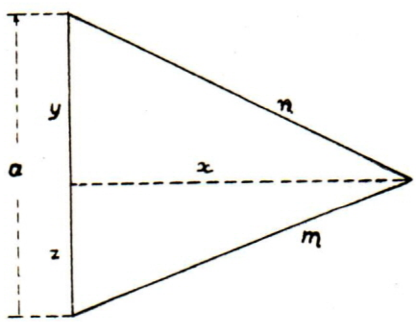
Misâl : Eğimler tangent olarak n = 1/3 m = 1/1 ve a = 3.00 olarak biliniyorsa,

$$x = \frac{3.00}{\frac{1}{1} - \frac{1}{3}} = \frac{3.00}{\frac{2}{3}} = \frac{9.00}{2} = 4.50 \text{ m}$$

ayni eğimler cotg. olarak verilmişse;

$$\frac{3.00 \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{3}{1}}{\frac{3}{1} - \frac{1}{1}} = \frac{9.00}{2} = 4.50 \text{ m.}$$

b) m ve n meyilleri aksi yönlerde ise (Şekil 9) : Eğimler tangent cinsinden verildiği taktirde,



Şekil 9

$$\frac{y}{x} = n \qquad (1)$$

$$\frac{z}{x} = m \qquad (2)$$

dir. $y + z = a$ ve $y = a - z$ olduğundan

(1) denklemi $\frac{a - z}{x} = n$ şeklinde yazılabilir. (3)

(2) denkleminden $\frac{z}{x} = m$ $z = m \cdot x$ dir.

bu değer (3) de yerine konunca

$$\frac{a - m \cdot x}{x} = n \,, \qquad a - m \cdot x = n \,.\, x \,, \qquad x = \frac{a}{m + n} \quad \text{olur.}$$

eğimler Cotangent cinsinden verilmiş ise,

$$\frac{x}{y} = n \qquad (1)$$

$$\frac{x}{z} = m \qquad (2)$$

dir. $y + z = a$ ve $y = a - z$

(1) de yerine konursa

$$\frac{x}{a - z} = n \qquad \text{olur.}$$

$$z = \frac{x}{m} \qquad \text{yi}$$

$$\frac{x}{a - z} = n$$

de yerine koyarsak

$$\frac{x}{a - \frac{x}{m}} = n \ , \qquad x = a \, . \, n - \frac{n}{m} \, . \, x \ , \qquad mx = a \, . \, n \, . \, m - nx$$

$$x = \frac{a \, . \, n \, . \, m}{m + n} \qquad \text{olur.}$$

Misâl : Eğimler tangent olarak $m = 3/2$, $n = 1/4$ ve $a = 3.00$ m. ise,

$$x = \frac{3.00}{\frac{3}{4} + \frac{1}{4}} = \frac{3.00}{\frac{14}{3}} = \frac{12.00}{7} = 1.71 \text{ m.}$$

Ayni problemi, eğimler Cotangent olarak verildiğine göre halledersek;

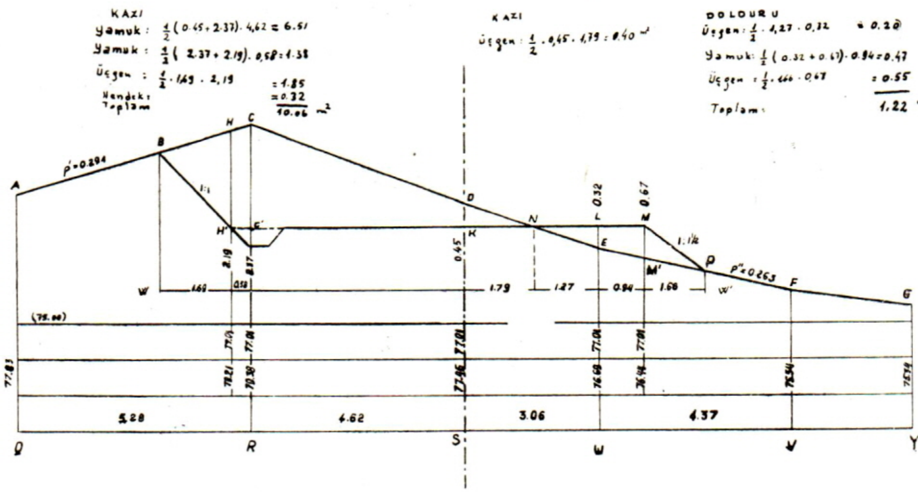
$$x = \frac{3.00 \cdot \frac{4}{1} \cdot \frac{2}{3}}{\frac{4}{1} + \frac{2}{3}} = \frac{8.00}{\frac{14}{3}} = \frac{12}{7} = 1.71 \text{ m.} \qquad \text{dir.}$$

Enine kesitlerin alanları, yukarıda bahsedilen hazırlıkların tamamlanmasından sonra, bir takım yamuk ve üçgenlerin alanları toplamı olarak hesabedilir. Bu şekillerin tabanları enine kesitin ordinatlarıdır.

Trapez kesitli hendeklerin alanı bir defaya mahsus olmak üzere hesaplanır. Enine kesitlerin sağ ve sol taraflarındaki alanlar ait oldukları tarafa ve eksenden uzaklıklarına göre sıra ile alt alta yazılır ve en alta hendek alanı ilâve edilir.

Misâl olarak bir yamaç yoluna ait, hendeklerdeki trapez kesitli olan bir enine kesite ait alan hesabını görelim. Yukarıda da işaret ettiğimiz gibi hendekleri üçgen kesitli olan enine kesitlerin alan hesapları da ayni esaslara göre yürütülmektedir.

Misâlimizde plâtform genişliğini 4.00 m. , dolduru şevinin meylini 1 : 1.5 , yarma şevinin meylini 1 : 1 , hendek üst genişliğini 1.20 , derinliğini 0.40 m. ve şevlerini 1 : 1 kabul edelim.



Şekil 10

İlk olarak enine kesit ekseni olarak kabul edilen düşeye dik olarak 4 yatay çizilir. Birinci sütuna arazi hattının kırık noktaları arasındaki yatay mesafeler ve ikinci sütuna da bu noktaların kotları yazılır. Bu suretle elde edilen Q, R, S, W, V, X noktalarından dikler çıkılarak en üstteki yatay, mukayese düzlemi olarak kabul edilir (Şekilde 75.00 m.) ve bu noktalara ait kotlar ordinat olarak taşınırlar. Arazi hattına ait noktalar böylece elde edildikten sonra bunların birleştirilmeleri ile arazi hattı ABCDEFG belirmiş olur.

Misâlimizde, enine kesit (Şekil 10) alınan noktanın kırmızı kotunun arazi kotundan 0.45 m. daha alçak olduğunu kabul ediyoruz.

Eksen üzerinde mukayese düzleminden itibaren (77.46 + 0.45 = 77.01) i veya doğrudan doğruya D den itibaren 0.45 m. yi almak suretiyle yol eksenine ait K noktası elde edilir. K noktasından geçen yatay, yolun platformunu göstermektedir. Bu yatayın iki nihayeti tip profildeki şekline göre sınırlanır, yani kesit kazı veya dolduruda olduğuna göre, tip enine kesitteki farklı durumlar burada da nazarı itibare alınarak şev etekleri teşkil edilir.

Şeklin tetkikinden de anlaşılacağı üzere sol tarafta BCDKH' kazı alanı sağ tarafında ise NKD kazı ve NMPE dolduru alanı bulunmaktadır. Gayri muntazaman şekillerden ibaret olan bu alanlar eksene paralel doğrular yardımiyle basit geometrik şekillere tahvil edilirler. H ve C den geçen düşeyler BCDKH′ alanını BHH′ üçgeni ile HH′CC′ ve CC′ DK yamuklarına bölerler. Ayni şekilde LE ve MM′ düşeyleri ile sağdaki dolduru alanı NLE üçgeni, LEMM′ yamuğu ve MM′P üçgenlerine ayrılır. Gayrimuntazam olan alanları bu suretle basit geometrik şekillere böldükten sonra, bu şekillerin alanlarının hesabedilmesi için gerekli unsurların tayini icabetmektedir.

Çizilen düşey doğru parçalarının her biri bir üçgen veya yamuğun tabanıdır. O halde bu noktalara ait arazi ve proje kotlarının tayin edilmesi lâzımdır. Zira bu iki nokta arasındaki fark doğrudan doğruya düşey kenarların uzunluklarını verecektir.

Arazi hattında bulunan ve H ve M′ noktalarının proje kotları ile BHH′ ve PMM′ üçgenlerinin yüksekliklerinin hesabı için AC ve EF doğrularına ait p ile p″ eğimlerinin bilinmesine lüzum vardır.

Bunlar sırası ile :

$$p' = \frac{79.38 - 77.83}{5.28} = 0.294$$

$$p'' = \frac{76.69 - 75.54}{4.37} = 0.263 \qquad \text{dir.}$$

Bu kıymetlerden istifade ederek H noktasının kotu,

$$79.38 - (0.58 \times 0.294) = 79.21 \text{ m.}$$

ve M′ noktasının kotu da

$$76.69 - (0.94 \times 0.263) = 76.44 \text{ m.}$$

olarak bulunur.

Bu kotlar da arazi hattının kotları için ayrılmış olan sütundaki yerlerine yazılır.

Arazi hattına ait kotların hesabından sonra proje hattına ait kotlar tayin edilecektir. Burada H′, C′, N, L, M noktalarının kotları uzunluk profilinde eksen kotu olarak verilmiş kıymete, yani 77.01 e, eşittir. Misalimizde kırmızı hattın hiç bir noktasının kotunun hesabedilmesine lüzum yoktur. Böylece bütün noktaların arazi ve proje kotları hesabedilerek tamamlandıktan sonra, bu kotlar arasındaki farklar kazılarla proje çizgisinin altına doldurularda ise üstüne gelecek şekilde yazılır.

Alanların hesabı için BHH′, DKN, NLE, ve MM′P üçgenlerinin yüksekliklerinin tayini şu şekilde yapılır :

DKN ve NLE üçgenlerinin yükseklikleri N geçit noktasının hesabı ile tayin edilir.

$$KN = \frac{0.45 \times 3.06}{0.45 + 0.32} = 1.79 \text{ m.}$$

$$NL = \frac{0.32 \times 3.06}{0.45 + 0.32} = 1.27 = 3.06 - 1.79 \qquad \text{dir.}$$

formülü ile hesabedilir.

BHH' ve PMM' üçgenlerinin yükseklikleri :

$$x = \frac{a}{m \mp n}$$

Bu yükseklikler sırası ile,

$$x_1 = \frac{2.19}{1 + 0.294} = 1.69 \text{ m.}$$

ve

$$x_2 = \frac{0.67}{0.667 - 0.263} = 1.66 \text{ m.}$$

olarak bulunur.

Bulunan bütün bu kısmî mesafeler WW' ekseni üzerinde gösterilir.

Artık bütün unsurlar elde edildiği için şeklin her iki tarafına ait kazı ve dolduru alanları ayrı ayrı hesabedilecektir. Bunun için eksenden başlıyarak her iki tarafa doğru alanlar hesabedilir ve kısaca ait olduğu tarafa yazılır. Yapılmış olan hesaplar (Şekil 10) da gösterilmiştir.

Umumiyetle kotlar ve mesafeler santimetreye kadar hesaplandığı için alanları da 1 Dm^2 ye kadar sıhhatli olarak tayin edebiliriz. Uzunluk profilinde olduğu gibi burada da, arazi hattı ve bu hatta ait bütün unsurlar siyah, proje hattı ve proje hattına ait bütün unsurları kırmızı ile gösterilmelidir.

Bu metodla enine kesit alanları tayin edilirken tersimatta yapılan bazı ufak hatalar, netice üzerinde müessir olmaz.

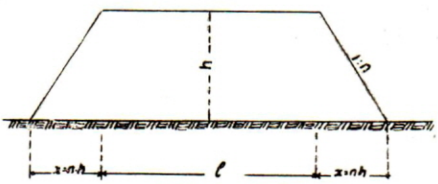
6 Enine Profil alanlarının cedveller yardımiyle bulunması :

Enine kesit alanlarının bulunması için yapılacak hesaplardan kaçınmak maksadiyle bir takım cedveller hazırlanmıştır. Bu cedvellerin hazırlanmasında istinad edilen esaslar aşağıda incelenecektir.

Yatay bir arazi üzerindeki dolduru ve kazıyı nazarı itibare alalım ve bu profillerin alanlarının hesabını yapalım.

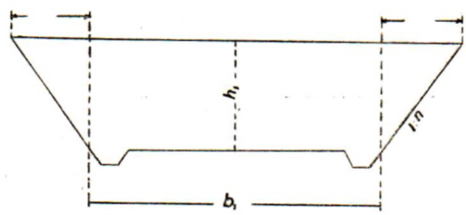
a) Dolduruda : Yol platform genişliği l ile gösterildiğine ve şevler birbirine eşit olduğuna göre enine kesit 2 eşit üçgenle bir diktörtgene ayrılabilir (Şekil 11). Üçgenlerin yükseklikleri h olup tabanları $\frac{l}{n} = \frac{h}{x}$ ifadesi yardımiyle $x = n \cdot h$ olarak bulunur. Bu suretle Profilin alanının hesabı için lüzumlu unsurlar elde edilmiş oluyor. Parçalar halinde mütalea edersek, dikdörtgenin alanı $s_1 = h \cdot l$ ve kenardaki bir üçgenin alanı $s_2 = \frac{n \cdot h \cdot h}{2} = \frac{nh^2}{2}$ ve toplam alan da $S_d = S_1 + 2S_2 = h \cdot l + n \cdot h^2$ olur. (1)

Dolduru



Şekil 11

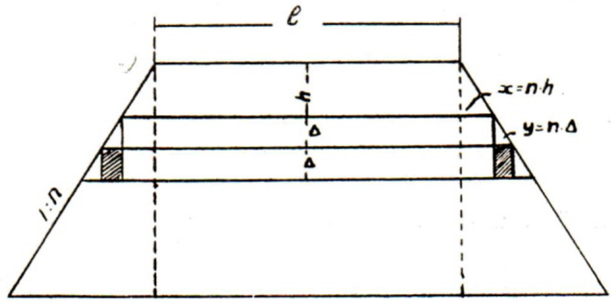
Kazı



Şekil 12

b) Kazıda : Genel olarak kazılarda hendek kesitleri sabit olduğu için kazı alanlarının hesabında bu kısımlar nazarı itibare alınmadan ameliye yürütülür ve bilâhare sabit olan bu kıymet ilâve edilir (Şekil 12). Bu taktirde proje genişliği l_1 ile gösterilirse toplam alan $s_k = l_1 \cdot h_1 + n\,h_1^2 + 2f$ olur. (2) Bu formüldeki f bir hendeğin kesitini ifade etmektedir.

Yatay bir sathı üzerindeki enine kesitlerin alanlarının hesabını bu suretle inceledikten sonra cedvellerin tanzimine ait esasları inceliyelim :



Şekil 13

Bir enine profilde (Şekil 13) h dolduru yüksekliğinin sabit bir Δ kadar büyüdüğünü farzedelim, yani dolduru $h + \Delta$ yüksekliğini kazanmış olsun. Şekilden görüldüğü gibi Δ yüksekliğindeki dilim üç dikdörtgen ve 2 diküçgen ayrılabilir. Ortadaki dikdörtgenin alanı $s_1 = l \cdot \Delta$ dir. Kenardaki iki dikdörtgenin tabanları, $\frac{1}{n} = \frac{h}{x}$ münasebetinden, $x = n \cdot h$ dır, ve dolayısiyle her ikisinin alanı da $s_2 = 2 . n . h . \Delta$ olacaktır. Uçlardaki iki üçgenin tabanları, gene $\frac{1}{n} = \frac{\Delta}{y}$ münasebetinden, $y = n . \Delta$ dir ve her iki üçgenin alanı $s_3 = \Delta^2 . n$ olur. Husule gelen top yekün satıh artışı $s_d = s_1 + s_2 + s_3 = l . \Delta + 2 . n . h . \Delta + \Delta^2 n$ dir. (3) ve aynı artış kazı profili için $S_k = l_1 . \Delta + 2 \; n \; h_1 \Delta + \Delta^2 . n$ (4) olur.

Yukarıdaki profilde dolduru yüksekliği tekrar Δ kadar arttırıldığı takdirde bu iki müteakip artış arasındaki farkı da bulmaya çalışalım. Şekilden de görüleceği üzere bu iki dilimin alanı arasında tabanı $\Delta . n$ ve yüksekliği Δ olan iki dikdörtgen kadar fark vardır. Şu hale göre ikinci dilimin alanı :

$$S_{d_2} = l . \Delta + 2 n . h . \Delta + n \Delta^2 + 2 n \Delta^2 \qquad (5)$$

olur.

$$S_{d_2} = S_{d_1} + 2 n \Delta^2 \qquad (6)$$

dir.

Alınacak müteakip ve ayni yükseklikteki dilimler için bu $2n \Delta^2$ farkı sabittir. İşte dolduru veya kazı yüksekliği ve platform genişliğine göre tabloların hazırlanması, bu farkın sabit olması esasına dayanmaktadır. Genişlik Profillerinin alanlarını veren tabloların hazırlanmasında, belli platform genişliği, dolduru veya kazı yüksekliği ve şev meyli nazarı itibare alınarak sabit bir h yüksekliği için (meselâ 20 veya 30 cm.) enine kesit alanı hesap edilir. Bu yükseklik cedvelde bulunan asgari enine kesit yüksekliğidir. Sonra bu yüksekliğe küçük bir artış verilerek (Meselâ 2 cm.) bu yükseklik artışına tekabül eden alan hesabedilir. Ayni ameliye gene aynı küçük artış vererek tekrarlanır ve bu iki yükseklik artış arasındaki alan farkı bulununca artık müteakip yükseklik artışları için hesap yapmaya lüzum kalmadan enine kesit alanını bulmak mümkün olur. Zira bu artış arasındaki fark sabittir.

Bir misâl ile bunu izah edelim :

Bir dolduruda platform genişliği $l = 8.0$ m. şev meyli $1 : 1\frac{1}{2}$ cetvelde bulunacak asgari enine kesit yüksekliği 20 cm. ve cetvel 2 şer cm. aralıklı olarak tanzim edileceğine göre, 20 cm. yükseklikteki profilin alanı (1) formülü ile $s_d = 8.0 \times 0.2 + 1{,}5 \times 0.20 \times 0.20$; $s_d = 1{,}60 + 0.060 \quad 1{,}66000$ m², profilin 2 cm. yükseltilmesi ile husule gelen alan artışı (3). *formülden*

$$s_{d_1} = 0.02 \times 8.0 + 2 \times 1{,}5 \times 0.20 \times 0.02 + 0.02 \times 0.02 \times 1{,}5 = 0.17260 \text{ m}^2$$

Ayni şekilde tekrar profilin 2 cm. yükseltilmesi ile husule gelen alan artışı (5) formülden :

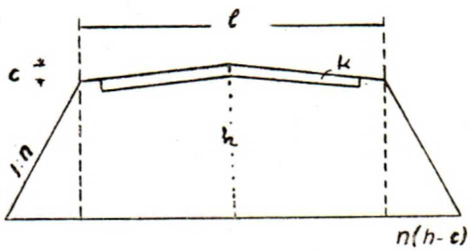
$$s_{d_2} = 8.0 \times 0.02 + 2 \times 1{,}5 \times 0.20 \times 0.02 + 1{,}5 \times 0.0.2^2 + 2 \times 1{,}5 \times 0.02^2 = 0.1738 \text{m}^2$$

Son iki dilim arasındaki fark 0.0012 m^2 olup bu miktar müteakip her 2 cm. lik profil yüksekliği artışı için sabittir. Buna göre aşağıdaki cetvel şöylece tertiplenir :
0.20 m. Yüksekliğindeki profil alanı 1.6600 m^2 dir. Profil yüksekliği 2 cm. artırılırsa alan, 1.6600 + 0.1726 = 1.8326 m^2 ; h = 24 cm. için 1.8326 + 0.1726 + 0.0012 = 2.0064 ; 26 cm. için 2.0064 + 0.1726 + 0.0012 = 2.1802 olur ve tablo böylece devam edilerek tamamlanır. Bulunan bu değrelerle tablo aşağıda görüldüğü gibi tanzim edilir.

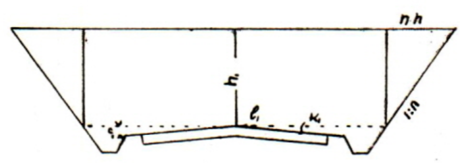
$1 : n = 1 : 1\,{}^1/_2 \qquad l = 8.0$ m

hm.	Fm^2
0.20	1.6600
0.22	1.8326
0.24	2.0064
0.26	2.1802

Bu cetvelden platform genişliği, şev meyli ve profil yüksekliğine göre doğrudan doğruya kazı veya dolduru alanı bulmak kabildir. Eğer unsurlardan birisi cetvelde mevcut değilse yakın iki değer arasında enterpolasyon yapılır. Meselâ, l = 1,75 1 : n = 1 : 1,5 ve h = 1.20 m. için enine kesit alanını aradığımızı ve fakat cetvelde 1,75 m platform genişliği bulunmadığını farzedelim. Bu taktirde 1.75 m ye en yakın 1.50 için F = 3.96 m^2 bulunur. Ve aranan alan S = 3.96 + 1.20 (1.75 — 1.50) = 4.26 olarak kolaylıkla hesap edilerek bulunur.



Şekil 14



Şekil 15

Şimdiye kadar üzerinde durulan şekillerde Platformun ufki olduğunu kabul etmiş bulunuyoruz. Yol üst sathına her iki tarafa doğru bir eğim verildiği ve kaplama için sandık açılması bahis konusu olduğu takdirde enine profil alanlarını doğrudan doğruya veren tabloların hazırlanması gene aynı şekilde yapılmaktadır.

Bu takdirde dolduruda :

$$S_d = l \, . \, h - \frac{l \, . \, c}{2} + n \, (h - c)^2 - K \qquad (5)$$

ve kazıda

$$S_k = l_1 . h_1 + \frac{l_1 . c_1}{2} + 2f + n \, . \, h_1^2 + K_1 \qquad \text{olur.} \quad (6)$$

ve bu formüllerden istifade ederek ayni tablolar tanzim edilir.

7 — Grafik Metodlar :

Enine kesit alanlarının tayininde kullanılan bu metod da tabloların hazırlanmasındaki esaslardan faydalanılarak elde edilmektedir. Biz, burada Prof. Goering tarafından ortaya atılmış olan grafik metodu inceliyeceğiz.

Evvelki metoddan enine kesit alanlarını veren formüllerin kazı ve dolduru için :

$$S_d = l \, . \, h + n \, h^2 \qquad \text{ve} \qquad S_k = l \, . \, h + n \, h^2 + 2f$$

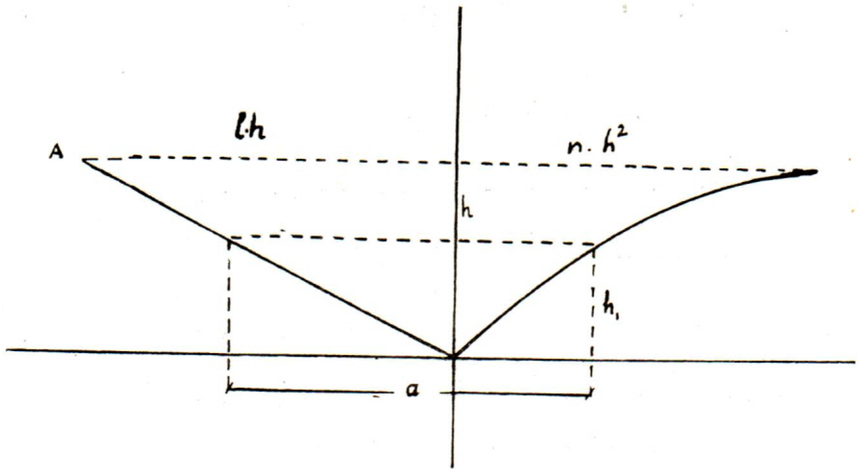
olduğunu görmüştük.

İşte Goering metodu, bu denklemlerden istifade ederek çizilen grafikler yardımiyle enine kesit alanlarının bulunmasını mümkün kılmaktadır. Dolduru alanını veren formülde $l \, . \, h$ ve nh^2 gibi iki terim mevcut olup l platform genişliği ile n şev meyli sabit kabul edildiği taktirde, birinci terim bir doğru, ikinci terim de bir parabol denklemi olmaktadır. Profil yüksekliği (h) a sıfır kıymeti verildiğinde dolduru alanı da sıfır olacağı için gerek doğru ve gerekse parabol orijinden geçmektedir.

Bunların çizimi şu şekilde yapılmaktadır : Önce yatay bir eksen alınır, ortasından bir dik çıkılır ve bu düşey eksen üzerinde pratikte rastlanabilecek en büyük dolduru yüksekliği işaret edilir. Bu yüksekliğe tekabül eden $l \, . \, h$ kıymetini sola doğru olmak üzere yatay eksen üzerinde alıp, absisi $l \, . \, h$ ve ordinatı h olan A noktasını bulalım. Bulunan A noktası ile orijinin tanımladığı doğru $l \, . \, h$ denkleminin doğrusu olur. Ayni şekilde $n \, . \, h^2$ parabolü de (h) ın sıfır ve sonsuz kıymetleri için sağ tarafa doğru tersim edilir.

Bu suretle grafiğin çizimi bittikten sonra herhangi (h_1) yüksekliğindeki dolduru alanını bulmak için, ordinat üzerinde alınan (h_1) yüksekliğinden geçen yatay çizilir. Bu yatayın solda doğruyu sağda parabolü kestiği noktaların absis üzerindeki izdüşümleri arasında kalan a mesafesi, şekil mikyasına göre, doğrudan doğruya dolduru alanını verecektir. (Şekil 16)

Pratikte, h_1 dolduru yüksekliği uzunluk profilinden pergelle ölçülerek, pergelle Y ekseni üzerinde başlangıçtan itibaren işaretlenir. Bu noktadan geçen yatayın doğru ve parabolü kestiği noktalar arasındaki mesafe de gene pergelle ölçülerek, şeklin mikyasına göre doğrudan doğruya enine kesit alanı tayin edilmiş olur.

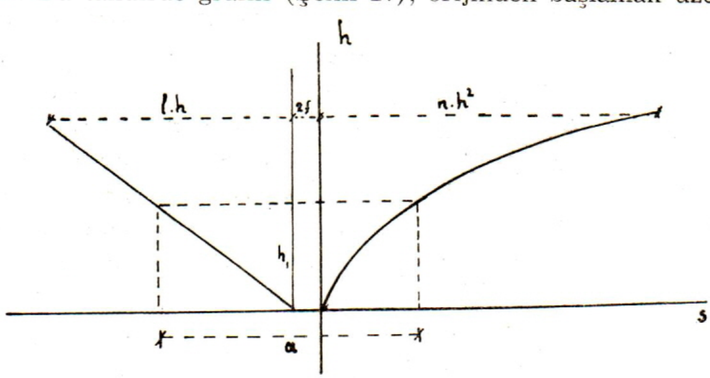


(Şekil 16)

Kazılardan enine kesit alanlarını veren formüle hendekleri de ilâve etmek icabetmektedir. Burada,

$$s_k = l \, . \, h + 2f + nh^2$$

formülünde n h² gene bir parabolün denklemidir. $l \, . \, h + 2f$ ise $x = ay + b$ denkleminde olduğu gibi, orijinden 2f kadar uzaktan geçen bir doğrunun denklemidir. Bu takdirde grafik (Şekil 17), orijinden başlamak üzere sağ tarafa doğru nh² parabolünün ve orijinden 2f kadar soldan başlamak üzere ve sol tarafa doğru $l \, . \, h + 2f$ doğrusunun çizimi ile elde edilmiş olur. Herhangi bir kazı derinliğinindeki enine kesit alanının tayini aynen dolduru için bahsedilen şekilde olacaktır.



Şekil 17

Platformun yatay olmadığını, yani yol sathını sulara karşı muhafaza etmek için, iki tarafa doğru meyilli olarak inşa edildiğini ve kaplama için sandık açıldığını kabul edersek, dolduru ve kazı alanları :

$$S_d = l \,.\, h - \frac{l \,.\, c}{2} - K + n\,(h - c)^2$$

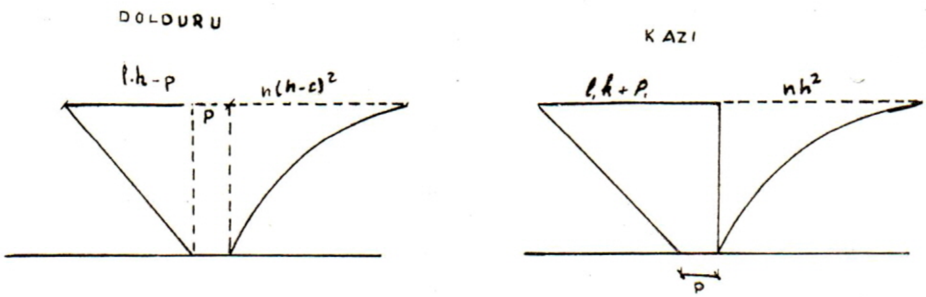
$$S_k = l_1\, h_1 + \frac{l_1 \,.\, c_1}{2} + 2f + K + n\, h_1^2$$

için de ayni grafikler çizilebilir.

Dolduruda $\frac{l \,.\, c}{2} + K = P$ ile gösterilirse formül, $s_d = l \,.\, h - P + n(h - c)^2$

ve kazıda da $\frac{l_1 \,.\, c_1}{2} + 2f + K = P_1$ ile gösterilirse $S_k = l \,.\, h + P_1 + nh^2$

olarak kısalmış olur. Bu iki formül de evvelki şekillerde olduğu gibi bir doğru ve bir parabol olmak üzere tersim edilebilirler. (Şekil 18)



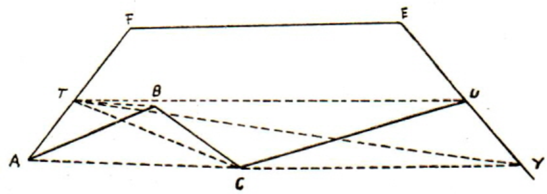
Şekil 18

Görüldüğü gibi bu grafiklerle evvelkilerin farkı, P ve K kıymetlerinin nazarı itibare alınmasından ibarettir.

İki parçadan müteşekkil olan bu garfiklerle enine kesit alanlarının tayini yerine formüllerle bulunacak kıymetlere istinaden birer grafik çizmek te kabildir.

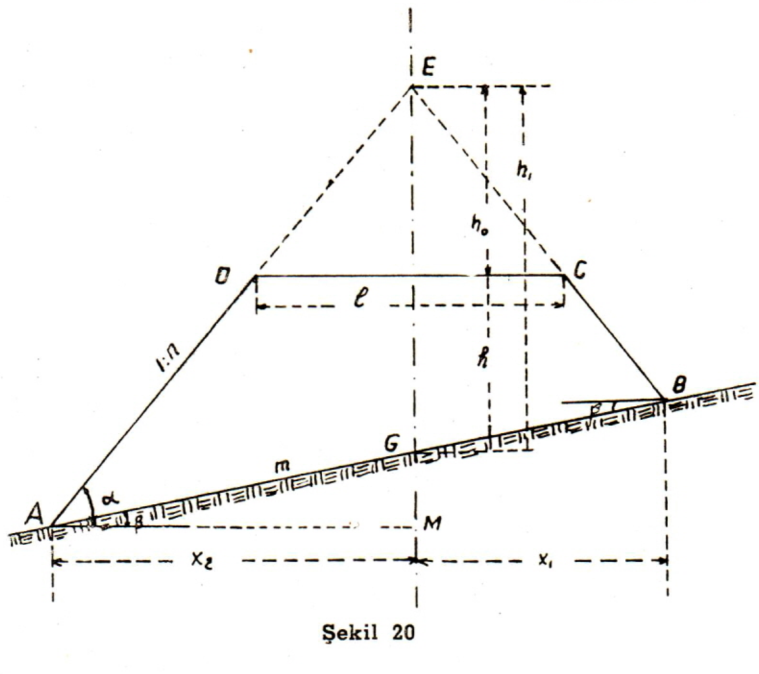
Enine kesit alanlarının grafik yolu ile tayinini incelerken arazi hattının ufki olduğunu kabul etmiş bulunuyoruz. Halbuki tabiatta böyle bir durumla karşılaşmak pek mümkün olmadığı gibi bilhassa orman yollarında hemen imkânsızdır denilebilir. Bu şekilde müteaddit kırıklardan oluşan arazi hattının tek meyilli bir doğru haline tahvili icabeder, zira meyilli arazide enine kesit alanlarının grafik olarak incelenmesini temin eden metodlar tek meyilli arazi hattını esas almaktadırlar. Müteaddit kırıklıklar gösteren bir arazi hattı, şu şekilde tek meyilli bir doğruya tahvil edilir (Şekil 19). Evvelâ A ve C bir doğru ile birleştirilir ve B den bu doğruya bir paralel çizilir

Yükseklikleri eşit olduğundan ABT üçgeni BTC üçgenine eşittir. Şu halde arazi hattı olarak TCD alınabilir. Aynı şekilde T ile D yi birleştirip TD ye C den paralel çizersek TCD ve TDY üçgenlerinin tabanları ortak yükseklikleri eşit olduğundan TY arazi hattı olarak seçilebilir ve dolayısiyle ABCDEF alanı yerine TYEF alanı ikame edilebilir. Böylece elde edilen tek meyilli



Şekil 19

zemin üzerindeki enine kesit alanı çeşitli yollardan hesabedilerek muhtelif eğimler ve platform genişlikleri için formüller elde edilebilir. Bu formüller de grafikle ifade edilebilir. Biz burada Prof. Goering tarafından ortaya atılan metodla enine kesit alanlarının grafik yolla ne şekilde elde edildiğini



Şekil 20

görmekle iktifa edeceğiz. Bu metodla enine kesit alanlarını veren formüller, şevlerin uzantılarının kesiştirilmesi ile elde edilen üçgenlerden faydalanılarak istihraç edilmektedir (Şekil 20). Arazi hattının meyli, ya tesviye eğrili haritadan yahutta arazide alınmış olan enine profilden istifade edilerek bulunur. Şekilde şevmeyli tg $\alpha = n$ ve arazi meyli tg $\beta = m$ olduğunu, dolduru yüksekliğinin h platform genişliğinin l ve alanın F olduğunu farzedelim. CED üçgninin yüksekliği h_0 ve alanı F_0 olsun. Bu duruma göre ABE üçgeninin yüksekliği $h_1 = h + h_0$ alanı da $F_1 = F + F_0$ olacaktır. ABE üçgenini AGE ve BGE olmak üzere iki parça halinde mütalea edersek bu üçgenlerin alanları :

$$\text{alan AGE} = \frac{h_1 \cdot x_2}{2} \quad \text{ve} \quad \text{alan BGE} = \frac{h_1 \cdot x_1}{2} \quad \text{olur,}$$

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{ME}{x_2} \quad \text{den} \quad ME = x_2 \cdot \text{tg}\,\alpha$$

$$\text{tg}\,\beta = \frac{MG}{x_2} \quad \text{den} \quad MG = x_2 \cdot \text{tg}\,\beta \quad \text{dir.}$$

$$h_1 = EM - MG \quad \text{dir.}$$

değerlerini yerine koyarsak;

$$h_1 = x_2\,(\text{tg}\,\alpha - \text{tg}\,\beta) = x_2 \left(\frac{1}{n} - m\right) \quad \text{olur.}$$

ve buradan $x_2 = \dfrac{h_1 \cdot n}{1 - n \cdot m}$ elde edilir.

Ayni şekilde BGE üçgeninden;

$$x_1 = \frac{h_1 \cdot n}{1 + n \cdot m} \quad \text{bulunur.}$$

$$F_1 = \text{alan AGE} + \text{alan BGE} = \frac{h_1}{2} \cdot x_2 + \frac{h_1}{2} \cdot x_1 = \frac{h_1}{2}\,(x_1 + x_2) \quad \text{olur.}$$

x_1 ve x_2 nin yukardaki değerleri verine konunca,

$$F_1 = \frac{h_1}{2} \cdot \left(\frac{h_1 \cdot n}{1 - m\,n} + \frac{h_1 \cdot n}{1 + m\,n}\right) = \frac{n}{1 - m^2 n^2} \cdot h_1^2 \qquad (1)$$

bulunur.

Burada $\dfrac{n}{1 - m^2 n^2} = k$ dersek $F_1 = k \cdot h_1^2$ elde edilir.

Değişik arazi ve şev meyilleri için K nın kıymetini veren tablolar hazırlanmıştır. F_1 alanı hesabedilirken K doğrudan doğruya cetvelden alınır.

Buraya kadar ki hesaplarla ABE üçgeninin alanının hesabını görmüş bulunuyoruz. Bizim aradığımız alan ise ABE - DEC = ABCD dir. Şu halde DEC üçgeninin de alanını bulmamız icabediyor.

$$\frac{1}{n} = \frac{h_0}{l/2} \quad \text{münasebetinden} \quad h_0 = \frac{l}{2\,n} \quad \text{dir.}$$

dolayısiyle DEC üçgeninin alanı,

$$F_0 = \frac{l}{2\,n} \cdot \frac{l}{2} = \frac{l^2}{4\,n}$$

dir. buradan

$$F = F_1 - F_0 = \frac{n}{1 - m^2 \cdot n^2} \cdot h_1^2 - \frac{l^2}{4\,n} \quad \text{olur} \qquad (2)$$

$$h_1 = h + h_0 = h + \frac{l}{2\,n}$$

(2) de yerine konursa dolduruda,

$$F = \frac{n}{1 - m^2 n^2} \cdot \left(h + \frac{l}{2\,n}\right)^2 - \frac{l^2}{4\,n} \qquad (3)$$

Kazılarda l yerine l_1 alınır, iki yan hendek için 2f ilâve edilirse; kazıda

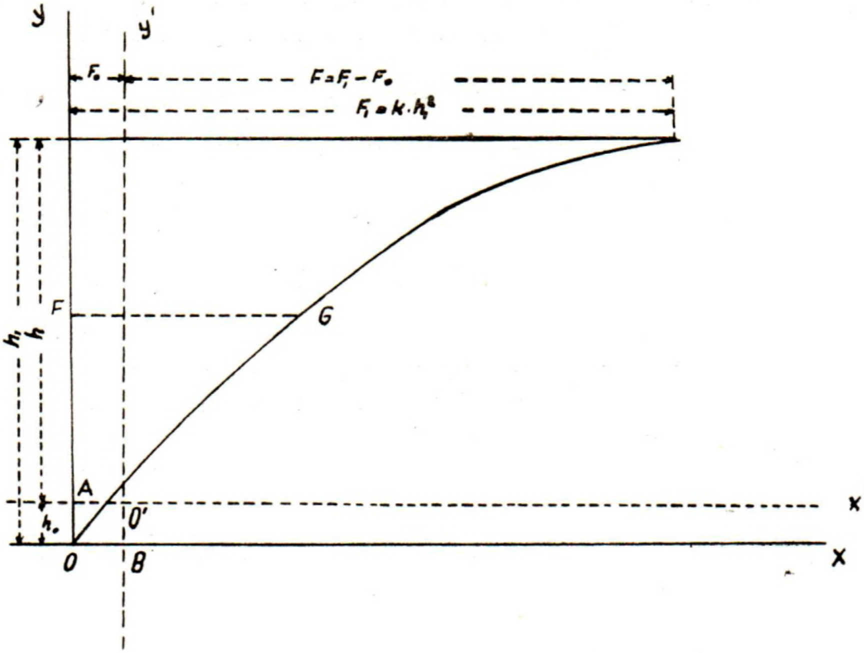
$$F = \frac{n}{1 - m^2 n^2} \cdot \left(h + \frac{l}{2\,n}\right)^2 - \frac{l^2}{4\,n} + 2\,f \qquad (4)$$

elde edilir.

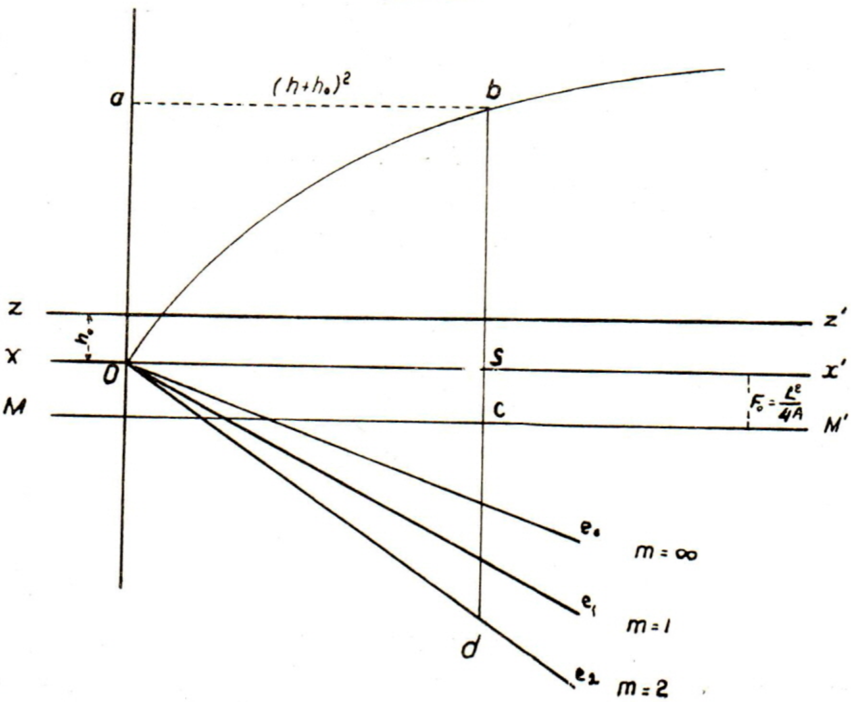
Bu formülden istifade ederek alanı tayine yarıyan grafikler şöyle hazırlanır : Önce belli m ve n meyilleri için (1) formülündeki $F_1 = k \cdot h_1^2$ ifadesinin temsil ettiği parabol çizilir. Parabolün çiziminde K nın değeri hazır cedvellerden alınır. Enine kesit alanı $F = F_1 - F_0$ olduğundan $F_0 = \frac{l^2}{4\,n}$ sabit kıymeti hesaplanır ve absis üzerinde sağa doğru alanlar mikyasiyle işaret edilir. Ayni şekilde ordinat üzerinde sabit $h_0 = \frac{l}{2\,n}$ kıymeti işaretlenir. Bulunan bu A noktasından geçen yatay ile B den geçen düşey, eksen olarak kabul edilirse enine kesit alanlarını doğrudan doğruya bulmak imkân dahiline girer. Zira yeni y' ekseninin o^1 başlangıç noktasından enine kesit yüksekliği h alanınca elde edilen nokta ile bu noktadan geçen yatayın parabolü kestiği nokta arasındaki mesafe, ölçeğe göre aradığımız alanı verecektir. Pratikte, uzunluk profilinden enine kesitin h yüksekliği pergelle alınır ve bu açıklık sonradan elde edilen eksenlerin başlangıç noktasından itibaren O' y' üzerine işaret edilir. Bulunan F noktası ile bu noktadan geçen yatayın parabolü kestiği nokta arasındaki uzunluk enine kesit alanı verir (Şekil 21).

Görülüyorki enine kesit alanlarının bu metodla tayini için K'nin muhtelif değerleri için ayrı ayrı paraboller çizmek icabetmektedir. Bu ise çok zor ve zaman istediği için metodun esasına uymamaktadır. Bu sebeple (K) nın muhtelif değerleri için şu şekilde hareket edilmektedir.

Bu maksat için evvelâ $y^2 = (h + ho)^2$ denklemine ait parabol çizilir. (Şekil 22) Başlangıç O olmak üzere eğimi K olan muhtelif (e) doğruları çi-



Şekil 21



Şekil 22

zilir ve bu doğruların üzerine m in hangi değerine tekabül ettikleri yazılır. Bundan sonra da O başlangıç noktasından itibaren düşey eksen üzerinde O dan yukarı doğru $h_0 = \frac{l}{2n}$ ve aşağı doğru da $F_0 = \frac{l^2}{4n}$ kıymetleri işaret edilerek bu noktalardan geçen yataylar çizilir. Herhangi bir enine kesit alanını bulmak için ZZ′ ekseninden itibaren yukarı doğru ve şeklin mikyasına göre h yüksekliği alınır. Bulunan a noktasından XX′ eksenine çizilen paralelin eğriyi kestiği b noktasından y eksenine de bir paralel çizilir ve bu paralel mevcut arazi meyline tekabül eden e doğrusuna kadar uzatılır. Bu suretle meyil hattı e ile MM′ eksenleri arasında kalan $\overline{e\,d}$ uzunluğu aradığımız alanı verecektir. Bunu şöylece isbat edebiliriz. Osd dik üçgeninde,

$$\operatorname{tg} \alpha = k \quad \text{ve} \quad \overline{Os} = (h + h_0)^2 = h_1^2 \quad \text{dir.}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\overline{ds}}{\overline{Os}} \quad \text{den} \quad ds = Os \,.\, \operatorname{tg} \alpha \quad \text{olduğundan}$$

$$ds = k\, h_1^2 \quad \text{olur, bundan} \quad Fo = \frac{l^2}{4n} \quad \text{çıkarırsak}$$

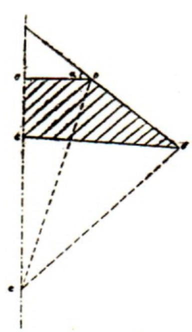
$$F = cd = k\, h_1^2 - \frac{l^2}{4n}$$

olarak aranan saha çıkar.

Bu metod enine kesit alanlarının süratle tayini bakımından çok iyi neticeler verir. Bu metodlar sayesinde bilhassa avan projeler yapılırken, kırmızı hattın çeşitli durumları için tahrik edilecek toprak miktarındaki tahavvülatı süratle tayin etmek kabil olmaktadır.

8 — Enine kesit alanlarının Çizim yolu ile bulunması:

a — Garceau Metodu : Bu metod karışık olmayan şekillerin enine kesit alanlarının üçgenlere tahvil edilerek tayinini mümkün kılar. Kesitin



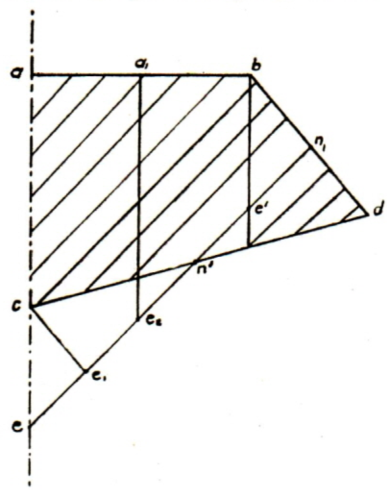
Şekil 23

eksene göre sağ ve soldaki yarısı için ameliye ayrı ayrı yapılır (Şekil 23). Alanı bulunacak enine kesitin bir yarısı a b c d olsun. Önce b ile c birleştirilir ve d den c b ye ekseni kesinceye kadar uzatılmak üzere bir paralel çizilir. Elde edilen e noktası ile b birleştirilirse teşekkül eden e a b üçgeninin alanı aradığımız a b c d alanına eşittir. Çünkü b e c üçgeni ile c d b üçgenin tabanları (b c) ortak ve yükseklikleri birbirine eşittir.

Bu duruma göre yarım enin kesit alanı : $ab.\dfrac{ae}{2}$ olur.

Her proje için a b hemen daima sabit olduğu için şekil ölçeğine göre $\overline{ae}$ yi ölçmekle alanı tayin etmiş oluruz.

b — Colignon Metodu : Bu metodun esası yarı enine kesit yüzeyini eşdeğer bir yamuğa tahvil etmekten ibarettir. (Şekil 24) a b c d, yarı enine kesitin aranan sahası olsun. Önce $\overline{ab}$, $\overline{bd}$ ve $\overline{de}$ nin orta noktaları a_1, n ve n′ yü işaretliyelim ve n_1 ile n^1 yü birleştirelim. Bu doğruyu, ekseni e de



Şekil 24

kesinceye kadar uzatalım. b den geçen düşey $\overline{en_1}$ doğrusunu e′ de kesecektir. İşte bu suretle elde edilen a b e′ e yamuğu aranan a b c d yarı enine kesit alanına denktir. Zira c den $\overline{bd}$ ye bir paralel çizersek c e_1 n′ üçgeni n_1 n′ d üçgenine ve b e′ n_1 üçgeni de c e e_1 üçgenine denk olmaktadır.

Yarı enine kesit alanını tayin etmek için bu alana denk a e e′ b yamuğunun alanını hesabedelim. Şekilde görüldüğü gibi bu da :

$$S = \overline{ab} \,.\, \overline{a_1 e_2} \quad \text{dir.}$$

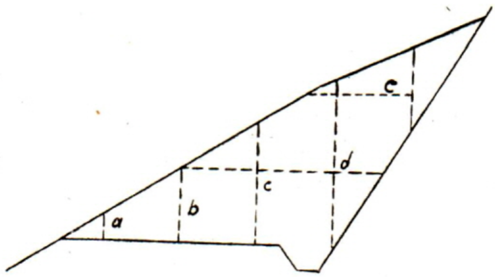
$\overline{ab}$ sabit olduğuna göre bu yarı enine kesitin alanı $\overline{a_1 e_2}$ ile orantılıdır.

Bu metod Garceau metodundan daha iyi neticeler vermektedir. Çünkü hem, e enine kesite yakın bir nokta olarak çıkmaktadır, hem de e yi veren doğrular daha büyük açı altında kesişmektedir.

Bu her iki metod da büyük kesitlerin hesabında kontrol mahiyetinde olmak ve yaklaşık değerler elde etmek için kullanılabilirler.

9 — Eşit aralıklı paralellerle bölerek enine kesit alanlarının bulunması:

Milimetrik kâğıt üzerine çizilmiş olan bir enine kesitte, arazi ve proje hatlarının çevrelediği alanlar, kâğıt üzerindeki düşey çizgiler tarafından yamuk ve üçgenlere ayrılmaktadır (Şekil 25). Dolayısiyle bu üçgen ve yamukların yükseklikleri enine profillerin çizildikleri mikyasa göre belli de-



Şekil 25

mektir. Yani enine kesitler 1/100 ölçğinde çizilmişlerse bu uzunluklar 1m. ; 1/200 ölçeğinde çizilmişlerse 2m. ye tekabül etmektedir. 1/100 ölçekli bir enine kesitin alanı :

$$S = a \cdot \frac{1}{2} + \frac{a+b}{2} \cdot 1 + \frac{b+c}{2} \cdot 1 + \frac{c+d}{2} \cdot 1 + \frac{d+e}{2} \cdot 1 + e \frac{1}{2}$$

$$S = \frac{1}{2} (2a + 2b + 2c + 2d + 2e)$$

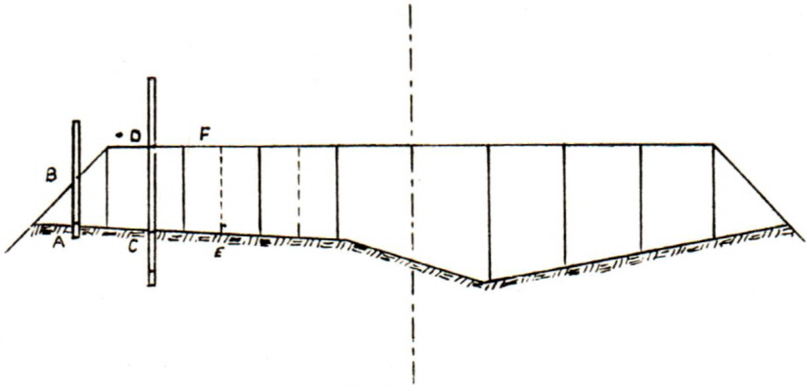
$$S = a + b + c + d + e \qquad \text{olur.}$$

Şu halde 1/100 ölçekli enine kesitlerin alanları, doğrudan doğruya bu üçgen ve Trapezlerin tabanları toplamı olarak elde edilmektedir.

Ölçek 1/200 olduğu taktirde aynı usulle, $S = 2\ (a+b+c+d+e)$ olarak bulunur.

Ayni metod, bilhassa geniş fakat derinliği az olan enine kesitlerin alanlarının tayininde şu şekilde tatbik edilmektedir : (Şekil 26) Enine kesit alanı eşit aralıklı parallerle (1 veya 2 m) üçgen ve yamuklara bölünür. Her parçanın ortasından geçen eksenin yüksekliği ölçülür. Bu ölçülen yüseklikler toplamı, 2 paralel arasındaki sabit mesafe ile çarpılarak toplam alan elde edilir.

Daha kolay olarak, pratikte takriben 1 cm. genişlikte bir kâğıt şeritten faydalanarak eksenlerin toplam uzunluğu tayin edilir. Bunun için kâğıt şeridin başlangıç noktası kısa bir çizgi ile belirtilir. Sonra şeridin başlangıç noktası, birinci parçanın eksenin arazi hattını kestiği noktası ile çakıştırılır, ve B noktası hizasında bu şeride 2. bir kısa çizgi çizilir. Bu suretle AB mesafesi şerit üzerine taşınmış olur. Müteakip CD uzunluğu da ayni şekilde bir evvelki uzunluğa ilâve edilmek üzere şerit üzerine taşınır. Ameliyeye bu şekilde devam edilirse bütün şekillerin orta tabanları toplamı şerit üzerine taşınmış olur. Bu uzunluk, şeklin mikyasına göre, bize doğrudan doğruya enine kesit alanını verecektir. Bunun isbatı da yukarda görülen şekilde yapılabilir.



Şekil 26

10 — Takribi Formüller yardımı ile Enine Kesit Alanların tayini:

Arazinin enine meylinin tek veya çok kırıklı yahut tamamen ufki olduğuna göre kazı ve dolduru alanlarının tayini için bazı takribi formüller de tavsiye edilmektedir. Bu formüller bilhassa tali orman yollarının avan projelerinin tanziminde sürat bakımından büyük kolaylıklar sağlayabilirler.

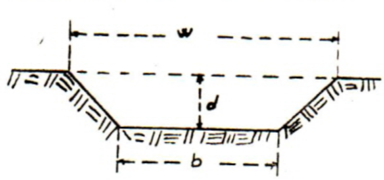
J. L. Harrison muhtelif durumdaki araziler için aşağıdaki formülleri tavsiye etmektedir.

(Şekil : 27) için $$S = \frac{d}{z}(w + b)$$

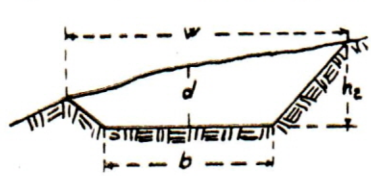
(Şekil : 28) için $$S = \frac{w\,d}{2} + \frac{b}{2}\,\frac{(h_1 + h_2)}{2}$$

(Şekil : 29) için $$S = \frac{w\,d}{2} + \frac{b}{2}\,\frac{(h_1 - h_2)}{2}$$

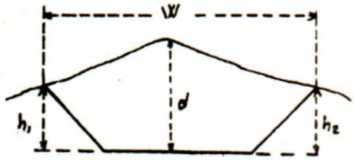
Gene ayni müellif, kazı şevi dik tam kazı enine kesit için (Şekil 30)



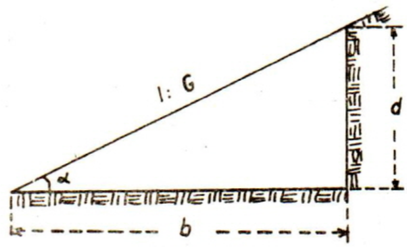
Şekil 27



Şekil 28



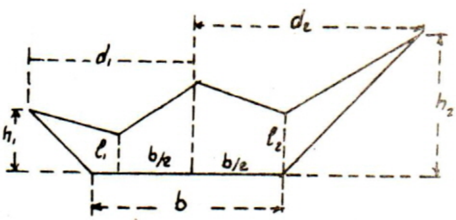
Şekil 29



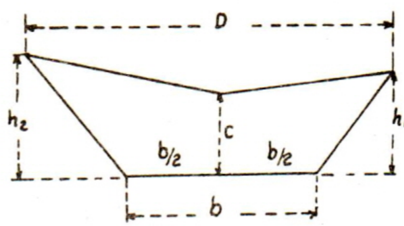
Şekil 30

$$S = \frac{b\ .\ d}{2} = \frac{b^2}{2}\ .\ \mathrm{tg}\ \alpha \quad \text{dan} \quad S = \frac{b^2}{2\,G}$$

ve ayni durumda kazı şevi eğik olduğu taktirde (Şekil 31)



Şekil 31

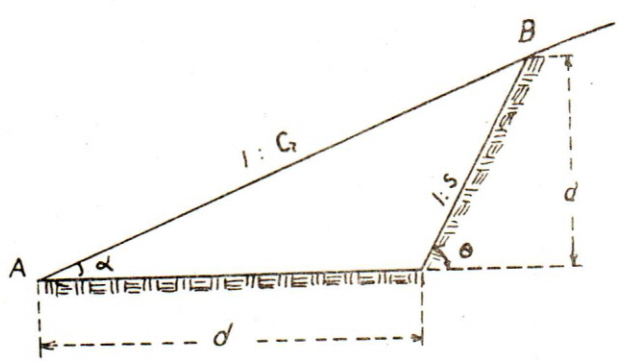


Şekil 32

$$S = \frac{1}{2}\left(\frac{b^2}{\mathrm{cotg}\ \alpha - \mathrm{cotg}\ \theta}\right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{b^2}{G - S}$$

formüllerini tavsiye etmektedir.

Arazi hattı tek kırıklı olan enine kesitler için (Şekil 32),



Şekil 33

$$S = \frac{1/2\ b(h_1 + h_2) + cD}{2}$$

ve üç kırıklı olan enine kesitler (Şekil 33) için de

$$S = \frac{c \,.\, b + e_1 \,.\, d_1 + e_2 \,.\, d_2}{2}$$

formülleri literatürde tavsiye edilmektedir.

Literatür

1 — Allegret M. R. : Geçgi ve Toprak İşleri Çeviren : Faruk Umar, İstanbul 1946

2 — Forestry Handbook Society of American Forester Newyork 1955

3 — Harrison J. L. : Forest Engineering Edinburgh 1951

4 — İnşaat İşleri El Kitabı : Orman Genel Müdürlüğü Yayınlarından Ankara 1956

5 — Kissam P. : Highway Curves Newyork 1952

6 — Müller Wilhelm : Toprak İşleri Hacim ve Malolma Hesapları Çeviren : Prof. Dr. Mukbil Gökdoğan İstanbul 1946

7 — Rıfkı : Yollar ve Demiryolları ders notları (Roto) Ankara 1933

8 — Strochschneider Otto : Lehre und Taschenbuch der Kleinvermessung Leipzig und Wien 1926

9 — Schützeck H. : Querschinittsinhalte und Böschungsbreite Berlin 1942

10 — Tavşanoğlu Faik : Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları İstanbul 1955

11 — Tavşanoğlu Faik : Belgrad Orman, Yol Şebekesi ve bu Ormanda Rasyonel Nakliyat Şekilleri. İstanbul 1944

12 — Umar Faruk : Yol İnşaatı (Alt Yapı) İstanbul 1951

13 — Yüksek Mühendis Mektebi Yol İnşaatı ders notları 1942 (Basılmamıştır.)