

# Muskingum Metodunun Kapalı Mecralara Tatbiki

Lütfi SALTABAŞ<sup>1)</sup>

## GİRİŞ :

Nehirlerde sel geçirim hesaplarında kullanılan Muskingum metodu «Nehirde depo edilen su hacimlerinin tesirinin göz önüne alınması» esasına dayanır.

Bir nehir parçasındaki depolama hacmi ile giriş ve çıkış debileri arasında (1) formülü ile verilen bağıntı mevcuttur.

$$V_D = K[xG + (1-x)Q] \quad (1)$$

$V_D$  : Depolama hacmi

$K$  : Depolama katsayısı

$Q$  : Çıkış debisi

$G$  : Giriş debisi

$x$  : Giriş debisininmi yoksa çıkış debisininmi hakim olduğunu belirli eden, mühendisin seçeceği bir parametredir.

Bir nehir parçasında  $t$  anında depo edilen  $V_D$  hacmi, giren ve çıkan akımların farkına eşittir.

$$G - Q = \frac{V_D}{t} \quad (2)$$

$G$  : Giren akım

$Q$  : Çıkan akım

Eğer giren ve çıkan akımlar için, kısa bir zaman aralığının başında ve sonundaki değerlerin ortalaması alınırsa, 2 denklemini aşağıdaki şekilde yazabiliriz.

$$\frac{G_1 + G_2}{2} t - \frac{Q_1 + Q_2}{2} t = V_D \quad (3)$$

1) Y. Müh. Sakarya D.M.M.A.

1 ve 3 denklemleri eşitlenir gerekli düzeltmeler yapılırsa;

$$\frac{Kx - 0,5 \cdot t}{K - Kx + 0,5 \cdot t} G_2 + \frac{Kx + 0,5 \cdot t}{K - Kx + 0,5 \cdot t} G_1 + \frac{K - Kx - 0,5 \cdot t}{K - Kx + 0,5 \cdot t} Q_1 = Q_2 \quad (4)$$

Genel denklemleri bulunmuş olur. Burada;

$$-\frac{Kx - 0,5 \cdot t_R}{K - Kx + 0,5 \cdot t} = c_0$$

$$\frac{Kx + 0,5 \cdot t}{K - Kx + 0,5 \cdot t} = c_1$$

$$\frac{K - Kx - 0,5 \cdot t}{K - Kx + 0,5 \cdot t} = c_2$$

ile gösterilirse denklem;

$$c_0 \cdot G_2 + c_1 \cdot G_1 + c_2 \cdot Q_1 = Q_2 \quad (5)$$

şeklinde kısaltılmış olur. Bu denklemde;

$$c_0 + c_1 + c_2 = 1 \quad \text{dir.}$$

Şimdi Muskingum metodu hakkında bu genel esasları verdikten sonra metodun kapalı mecralara tatbiki konusunu inceleyelim.

Bir mecrada akış hızınının bir kesit dahilinde değişimini, nazarı itibare almaz (Rasyonel teori) ve konsantrasyon süresini yağmur sırasında sabit kabul edersek;

$$t = \frac{L}{v}$$

$$t = \frac{L \cdot \Omega}{v \cdot \Omega} = \frac{V_D}{Q_C}$$

$\Omega$  : Kesit alanı,

$V_D$  : Depolama hacmi,

$Q_C$  : Çıkış debisi,

$$V_D = t \cdot Q_C \quad (6)$$

olur.

(t) sabit kabul edildiğinden, ( $V_D$ ) ile ( $Q_C$ ) arasındaki bağıntı lineerdir. Bu taktirde;

$$V_D = K[xG(1-x)Q] \quad (7)$$

$x=0$  alınırsa

$$V_D = K \cdot Q \quad (8)$$

olur.

$x=0$  olması halinde, bulunan  $(c_0)$ ,  $(c_1)$  ve  $(c_2)$  ifadeleri aşağıdaki hali alırlar;

$$c_0 = \frac{0,5 t}{K 0,5 t} \quad (9)$$

$$c_1 = \frac{0,5 t}{K 0,5 t} \quad (10)$$

$$c_2 = \frac{K - 0,5 t}{K 0,5 t} \quad (11)$$

Burada önemli diğer bir husus,  $(t)$  periyodunun seçimidir.  $(t)$  periyodu hiç bir zaman, akım dalgasının gözönüne alınan mecra uzunluğundan geçmesi için gerekli seyahat müddetinden uzun seçilmez. Genel olarak, sözü geçen seyahat müddetinin  $(1/3)$  veya yarısı kadar seçilir. Çok kısa da seçilirse hesaplar fazla uzar.

$K$  nın Tayini : Muskingum metodunun mecralara tatbikinde  $(K)$  nın tayini şu şekilde olur.

Bir yağmur suyu kanalı için süre - şiddet bağıntısı;

$$i = \frac{508}{t^{0,5}} \quad (12)$$

$[i]$  : mm/saat

$[t_r]$  : dakika

şeklinde verilmiştir. Küçük arazi parçalarından gelen ve laminer bir tabaka halinde araziye kapladığı düşünülen akım için, İzard  $(t_c)$  toplanma (Konsantrasyon) süresini,

$$t_c = \frac{525 \cdot b \cdot L_0^{1/3}}{(k \cdot i)^{2/3}} \quad (13)$$

$L_0$  : m. (arazi üzerindeki akış uzunluğu),

$i$  : mm/saat (Yağış şiddeti),

$t_c$  : dakika (Konsantrasyon süresi),

$k$  : Akış katsayısı,

$b$  : Bir katsayı,

ifadesi ile vermiştir.  $(b)$  katsayısı ise, şu ifade ile verilmiştir.

$$b = \frac{2,75 \cdot 10^{-5} \cdot i + c_r}{S_0^{1/3}} \quad (14)$$

$S_0$  : Yüzeyin eğimi,

$c_r$  : Gecikme katsayısı.

(13) ve (14) denklemleri,  $i \cdot L_0 < 500$  olduğu zaman kullanılabilir.

( $c_r$ ) gecikme katsayısı zemin durumuna göre değişir. (Tablo: 1) de verilmiştir.

Tablo: 1

Zemin durumu	$c_r$
Düz asfalt yüzeyler	0,007
Beton kaplama	0,012
Çakıl kaplama	0,017
Kesilmiş için	0,046
Çayır	0,06

(14) denkleminde( $i$ ) yi ihmal edersek;

$$b = \frac{c_r}{S_0^{1/2}}$$

olarak kabul edilmiştir. Böylece ( $t_c$ ) (13) denkleminde bulunur.

$t_c = t_r$  kabul edilerek, ( $i$ ) (12) formülünde tayin edilir.

$Q = k \cdot i \cdot A$  dan ( $Q$ ) bulunur. Çap ve eğim belli olduğuna göre ( $Q_d$ ) ve ( $v_d$ ) dolu akışa ait değerler Colebrook tablolarından alınır.

$Q / Q_d$  tayin edilir, buna bağlı olarak mevcut tablolardan ( $d/D$ ) ve dolayısıyla ( $v/v_d$ ) bulunur. Buradan kısmi akışa ait ( $v$ ) hızı tayin edilir.

$$K = \frac{L}{60 v} \quad (15)$$

formülünden ( $K$ ) tayin edilmiş olur. Böylece ( $Q_c$ ) debileri bulunur.

MİSAL :

$D=50$  cm çaplı, 609 m uzunluğunda ve  $J=0.002$  eğimli bir kanal göz-önüne alalım. 4.05 ha lık bir alanın sularının bu kanala girdiğini düşü-

nelim. Kanal girişine doğur arazi eğimi 0.02 olsun. Bu arazinin uzunluğunu  $L_0=61$  m kabul edelim. Bütün debi kanala üst ucundan girmektedir. Akış katsayısı  $k=0.2$ , arazi kısa gesilmiş çim ( $c_r=0.046$ ) ve  $t_r=t_c$  dir.

Buna göre, akım dalgasının mecradan çıktıktan sonraki değerlerini bulmağa çalışalım.

Çözüm :

$$t_c = \frac{525 \cdot b \cdot L_0^{1/3}}{(k \cdot i)^{2/3}}, \quad b = \frac{c_r}{S_0^{1/3}}, \quad i = \frac{508}{t_r^{0.5}}$$

$$t_c = \frac{525 \cdot c_r \cdot L_0^{1/3}}{S_0^{1/3} \left( k \cdot \frac{508}{t_r^{0.5}} \right)^{2/3}}$$

$t_c = t_r$  (yağmur süresi = konsantrasyon süresi)

$$t_c = \frac{1}{(t_c^{0.5})^{2/3}} = \frac{525 \cdot c_r \cdot L^{1/3}}{S_0^{1/3} (k \cdot 508)^{2/3}}$$

$$\frac{t_c}{t_c^{1/3}} = \frac{525 \cdot c_r \cdot L_0^{1/3}}{S_0^{1/3} (k \cdot 508)^{2/3}}$$

$$t_c^{2/3} = \frac{c_r \cdot L_0^{1/3}}{S_0^{1/3} (508 \cdot k)^{2/3}}$$

$$t_c = \left[ \frac{525 \cdot c_r \cdot L_0^{1/3}}{S_0^{1/3} (k \cdot 508)^{2/3}} \right]^{3/2} = \frac{23,5 \cdot L_0^{1/2} \cdot c_r^{3/2}}{k \cdot S_0^{1/2}}$$

$c_r = 0,0046$ ,  $S = 0,02$ ,  $k = 0,2$ ,  $L_0 = 61$  m verilmiştir

$$t_c = \frac{23,5 \cdot 61^{1/2} \cdot 0,046^{3/2}}{0,2 \cdot 0,02^{1/2}} = 65$$

$t_c = 65$  dakika bulunur

$$i = \frac{508}{t_r^{0.5}} = \frac{508}{65^{0.5}} = \frac{508}{8,05}$$

$i = 65$  mm/saat

$$Q = i \cdot A_0 \cdot k$$

$$Q = \frac{k \cdot i \cdot A_0 \cdot 10^{-3} \cdot 10^4}{3600}$$

$$Q = \frac{k \cdot i \cdot A_0}{360}$$

$$Q : \text{m}^3/\text{sn},$$

$$A_0 : \text{Ha.}$$

$$i : \text{mm/saat.}$$

$$Q = \frac{0,2 \cdot 65 \cdot 4,05}{360} = 0,1417 \text{ m}^3/\text{Sn}$$

$$Q = 141,7 \text{ Lt/Sn}$$

(Çapı)  $D=50$  cm ve  $J=0,002$  için Colebrook tablolarından;

$Q_d=169$  Lt/sn  $V=0,86$  m/Sn bulunur.

$$\frac{Q}{Q_d} = \frac{141,7}{169} = 0,838 \xrightarrow{\text{(tablo : 6.2)}} \frac{d}{D} = 0,72$$

$$\frac{v}{V} = 1,08 \quad v = 1,08 \cdot 0,86$$

$$v = 0,929 \text{ m/Sn}$$

$$K = \frac{L}{60 v} = \frac{609}{60 \cdot 0,929}$$

$K=10,9$  dakika bulunur.

(Periyod)  $t=5$  dakika

$$c_0 = \frac{0,5 t}{K + 0,5 t} = c_0 = 0,187$$

$$c_2 = \frac{K - 0,5 t}{K + 0,5 t} = \frac{10,9 - 0,5 \cdot 5}{10,9 + 0,5 \cdot 5} = 0,627$$

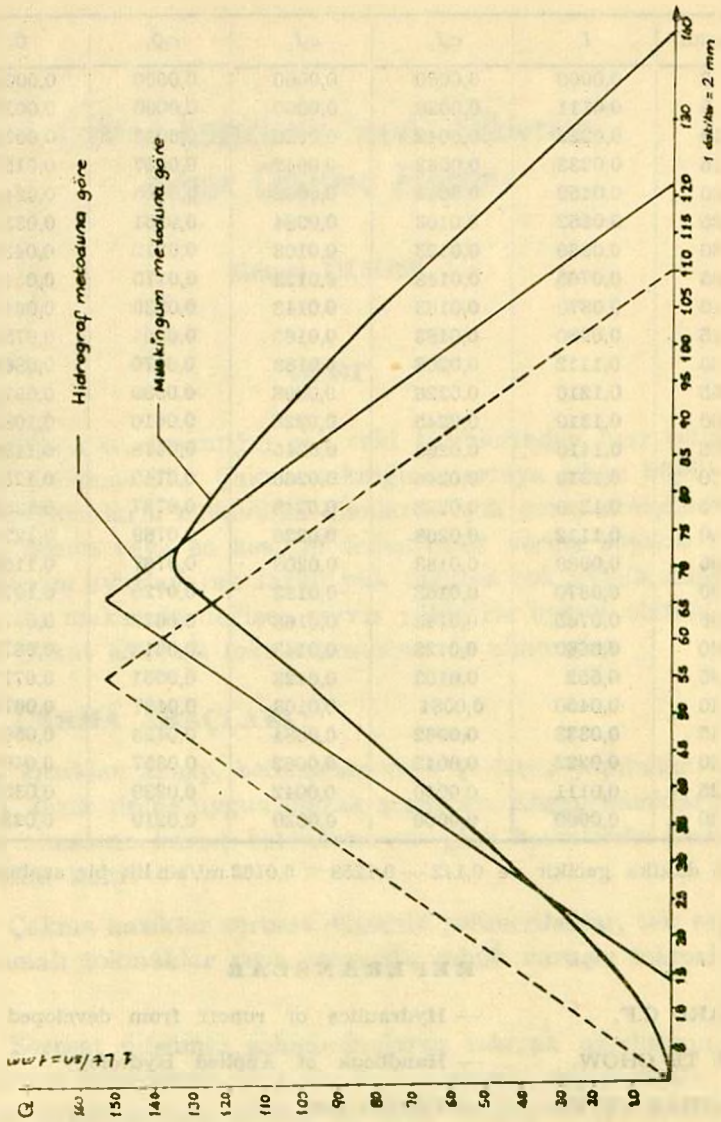
$$Q_{c_2} = c_0 I_2 + c_1 I_1 + c_2 Q_{c_1}$$

$I$  : Giren debi,

$Q_c$  : Çıkan debi.

(16) denkleminde faydalanılarak ( $Q_{c_2}$ ) değerleri bulunur. Bulunan bu değerler tablo: 2) de verilmiştir.

Birim Hidrograf metodu ve Muskingum metodu ile bulunan grafikler (Şekil: 1) de gösterilmiştir.



Tablo: 2

Zaman	$I$	$c_0 I_2$	$c_1 I_1$	$c_2 O_1$	$O_2$
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,0111	0,0020	0,0000	0,0000	0,0020
10	0,0222	0,0042	0,0020	0,0013	0,0075
15	0,0333	0,0062	0,0042	0,0047	0,0151
20	0,0450	0,0084	0,0062	0,0095	0,0241
25	0,0552	0,0103	0,0084	0,0151	0,0338
30	0,0660	0,0123	0,0103	0,0212	0,0438
35	0,0765	0,0143	0,0123	0,0275	0,0541
40	0,0870	0,0163	0,0143	0,0339	0,0645
45	0,0980	0,0183	0,0163	0,0404	0,0750
50	0,1112	0,0208	0,0183	0,0470	0,0860
55	0,1210	0,0226	0,0208	0,0539	0,0973
60	0,1310	0,0245	0,0226	0,0610	0,1081
65	0,1410	0,0266	0,0245	0,0678	0,1188
70	0,1310	0,0245	0,0266	0,0745	0,1258
75	0,1210	0,0226	0,0245	0,0787	0,1256
80	0,1112	0,0208	0,0226	0,0789	0,1223
85	0,0980	0,0183	0,0208	0,0767	0,1158
90	0,0870	0,0163	0,0183	0,0725	0,1072
95	0,0765	0,0143	0,0163	0,0672	0,0978
100	0,0660	0,0123	0,0143	0,0613	0,0879
105	0,552	0,0103	0,0123	0,0551	0,0777
110	0,0450	0,0084	0,0103	0,0487	0,0674
115	0,0333	0,0062	0,0084	0,0423	0,0569
120	0,0222	0,0042	0,0062	0,0357	0,0460
125	0,0111	0,0020	0,0042	0,0289	0,0350
130	0,0000	0,0000	0,0020	0,0219	0,0239

Pik 5 dakika gecikir ve  $0,142 - 0,1258 = 0,0162 \text{ m}^3/\text{sin}$  lik bir azalma gösterir.

#### REFERANSLAR

- (2) IZZARD C.F. — Hydraulics of runoff from developed surfaces
- (3) VEN TE CHOW — Handbook of Applied Hydrology
- (4) SALTBAŞ LÜTFÜ — Yeterlik Tezi
- (5) LİNSEY FRANZİNİ — Water Resources Engineering
- (6) ÖZÇELİK, ÖMER — M.M.L.S. Tezi
- (7) MUSLU, Y. — Meskûr Bölge Hidrolojisinde Akım Dalgasının ve Hesap Yağmurunun Tespiti Üzerine Bir Araştırma, 1966