

YIL: 2019

CİLT: 4

SAYI: 2

ISSN: 1308-3228

E-ISSN: 2651-4745

# SU KAYNAKLARI



SU VAKFI

**Yayın sahibi**

Previlage owner

**: Su Vakfı**

: Turkish Water Foundation



**SU VAKFI**

**Kurucu Editör/Foundation Editor**  
**Zekai ŞEN**

**Baş Editör/Editor-in-Chief**  
**İsmail DABANLI**

**Editörler/Editors**

Adem AKPINAR

Ahmet DOĞAN

Ali UYUMAZ

Barış SEVİM

Bülent SELEK

Dilek Eren AKYÜZ

Eyüp ŞİŞMAN

Gökmen TAYFUR

Hatim ELHATİP

İsmail YÜCEL

Kasım YENİGÜN

Mehmet Ali YURDUSEV

Meral BÜYÜKYILDIZ

Mesut ÇİMEN

Muhammet Emin EMİROĞLU

Serdar KORKMAZ

Veysel GÜLDAL

Yavuz Selim GÜÇLÜ

Zekai ŞEN

Zeynel Fuat TOPRAK

**Dizgi/Tasarım Editörü/Designing Editor**

Muhiddin YENİGÜN

**Yazışma Adresi**

Adres

: Su Kaynakları Dergisi, Cumhuriyet Mahallesi Libadiye Caddesi Doğanay Sokak No:6  
Çolak Plaza Kat:4, 34697 Üsküdar/İstanbul

Telefon

: +90-216 412 33 83

Faks

: +90-216-412 33 90

Elektronik posta

: [bilgi@suvakfi.org.tr](mailto:bilgi@suvakfi.org.tr)

Web

: <http://dergipark.gov.tr/su>

ISSN

: 1308-3228

E-ISSN

: 2651-4745

Dergide yayınlanan yazılar izinsiz başka bir yerde yayınlanamaz veya bildiri olarak sunulamaz.

YIL : 2019  
CİLT : 4  
SAYI : 2

## İÇİNDEKİLER

### No Makaleler

1	İstanbul Yağış Şiddetinin Alansal Tahmini <b>Caner Karakaş ve Zekai Şen</b>	1
2	Denizli İli Buldan İlçesi Büyük Menderes Havzası'nda Taşkın Ötelenmesi Yöntemlerinin Performanslarının Karşılaştırılması <b>Metin Sarıgöl</b>	9
3	İçme Suyu Şebekelerinde Hesap Debilerinin Ölü Noktalar Yöntemi İle Şematik Çözümü <b>Sadık ALASHAN</b>	15

Caner Karakaş<sup>1</sup> ve Zekai Şen<sup>2</sup>

Yazışma yazarı:

Caner Karakaş,

canerkarakas@hotmail.com

Referans:

Karakaş, C., Şen, Z., (2019), İstanbul Yağış Şiddetinin Alansal Tahmini, Su Kaynakları, 4, (2), 1-8

Makale Gönderimi : 5 EKİM 2019

Online Kabul : 9 EKİM 2019

Online Basım : 25 EKİM 2019

<sup>1</sup>Çorlu Meydan Meteoroloji Müdürlüğü, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Çorlu Atatürk Hava Limanı, e-posta:

canerkarakas@hotmail.com

<sup>2</sup>İstanbul Medipol Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Beykoz 34181. E-

posta: zsen@medipol.edu.tr

**Özet** Meteorolojik değişkenlerin tahmini genelde istasyon noktaları için yapılır. Halbuki bizim için, istasyon noktaları dışında kalan yerleşim alanları, yollar, iş yerleri vb. gibi noktalar daha da önemlidir. Öyle ise istasyon noktalarına göre yapılan tahminlerin en doğru bir şekilde herhangi bir noktaya taşınması gereklidir. Bunun için araştırmacılar günümüze kadar birçok yöntem geliştirmiştir. Bunlardan en yenisi olan noktasal toplam yarı-variogram yöntemi bu çalışmada kullanılmıştır. Yöntemin esası, tesir yarıçaplarının daha önce ölçülmüş verilerden bulunmasıdır. Halbuki meteorolojide kullanılmakta olan Cressman yöntemi, sabit tesir yarıçapları kabulü ile ölçülmüş verilere dayanmadığından gerçeklikten uzaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Alan, tahmin, şiddet, yağış, meteoroloji, nokta, yarı-variogram

## Title

**Abstract** In general, the meteorological variable estimations are made for station locations. In practice, apart from the station locations settlement areas, business centers and like points are more important. Accordingly, the station location estimations must be transferred to any desired points. For this purpose, many researchers have developed various methodologies. One of these new methods is used in this study as the point semi-variogram approach. The basis of the methodology is to benefit from the influence radius of previously obtained data. In the meteorology literature classically Cressman method is used but it depends on selective constant radius of influences.

**Keywords:** Area, estimation, intensity, meteorology, point, rainfall, semi-variogram

## 1. Giriş

Meteorolojik değişkenler sabit bir konumda zamansal değişim gösterdikleri gibi, sabit bir zamanda da alansal değişim de gösterirler. Zamansal değişimi belirleyebilmek için, istasyonlarda düzenli ve belirli zaman aralıkları ile ölçümler yapılır. Yersel değişimi saptayabilmek için ise belirli fakat düzensiz mesafelerde ölçüm istasyonları kurulmuştur. Mantığı olarak iki istasyon arasındaki mesafe ne kadar küçültülürse meteorolojik değişkenin alansal süreksizliği o kadar azalır ve bağımlılığı artar. Burada karşımıza çıkan sorun istasyonlar arasındaki mesafe ne kadar olmalıdır ki en ekonomik ve en iyi olarak meteorolojik değişkenlerin bir bölgedeki ölçümleri temin edilebilsin. Genel bir düşünüş, çok sayıda istasyon kurulmasını arzu eder. Ancak bu, ekonomik ve pratik olarak mümkün değildir. Bu problemi çözmek için günümüze kadar, el ile eş değer haritalarının çizilmesi yöntemi kullanılmıştır. Çizilen bu eş değer haritaları, değerler aynı olsa bile çizen kişiye göre farklılık göstermektedir. Bu nesnellığı (sübjektifliği) gidermek için araştırmacılar kişiden kişiye değişmeyen ve belirli kurallara sahip objektif yöntemleri geliştirmeye çalışmışlardır. 1955 yılında başlayan ilk çalışmalar ile matematik esaslı bir yöntem olan objektif analizin temelleri atılmış ve böylece günümüze kadar gelişim göstermiştir. Cressman (1959) tarafından ortaya atılan ve sabit tesir yarıçapları kabulü ile nesnellik içeren yöntem ülkemizde hala kullanılmaktadır. Bu yöntemin en tenkide açık yönü, bir bölgedeki meteorolojik değişkenlerin ölçülmüş değerlerini göz önünde tutmadan sadece istasyonların konumlarını esas alarak çözümler önermesidir. Hangi yöntem olursa olsun ölçülmüş veri değerleri esas alınmıyorsa o sadece veri değerlerinin üniform olması kabulüne göre işlemlerin yapılmasına yarar. Böyle bir durum ise pratikte ve özellikle meteoroloji çalışmalarında asla mümkün değildir.

Meteoroloji biliminde, alansal tahminlerin yapılması çok önemli araştırma konuları arasında gelmektedir. Bu amaçla nesnel ve öznel (objektif) yöntemler geliştirilmiştir. Objektif yöntemler, belirli kurallara bağlı ve kişisellikten uzak olması nedeniyle tercih edilirler. Bu doğrultuda yapılan en son

çalışmalar Şen (1989) tarafından bulunan toplam semivariogram (TSV) yöntemi ve Habib (1993) tarafından geliştirilen noktasal toplam variogram (NTV) yöntemidir.

NTV yöntemini diğer yöntemlerden ayıran en önemli husus, tesir yarıçaplarının, bilinen noktalardaki ölçülmüş verilerden elde edilmesidir. Hâlbuki ülkemizde de hala kullanılmakta olan ve Cressman (1959) tarafından ortaya atılan yöntem sabit tesir yarıçapları içermekte ve gözlenmiş verilere dayanmamaktadır. Karakaş (1996) tarafından noktasal toplam variogram yöntemi İstanbul'un değişik meteoroloji istasyonlarındaki yağış şiddetleri için kullanılmıştır.

Bu çalışmada, NTV yöntemi kullanılarak istasyonlar arası mesafe ile yine bu istasyonlarda ölçülen yağış şiddeti değerlerinin farkının karesi arasındaki ilişki üstel bir modelle belirtilmiştir. Bu modeldeki eğri, birincisi küçük mesafeler boyunca eğrisel, ikincisi ise büyük mesafeler boyunca olan doğrusal kısımları ihtiva eder.

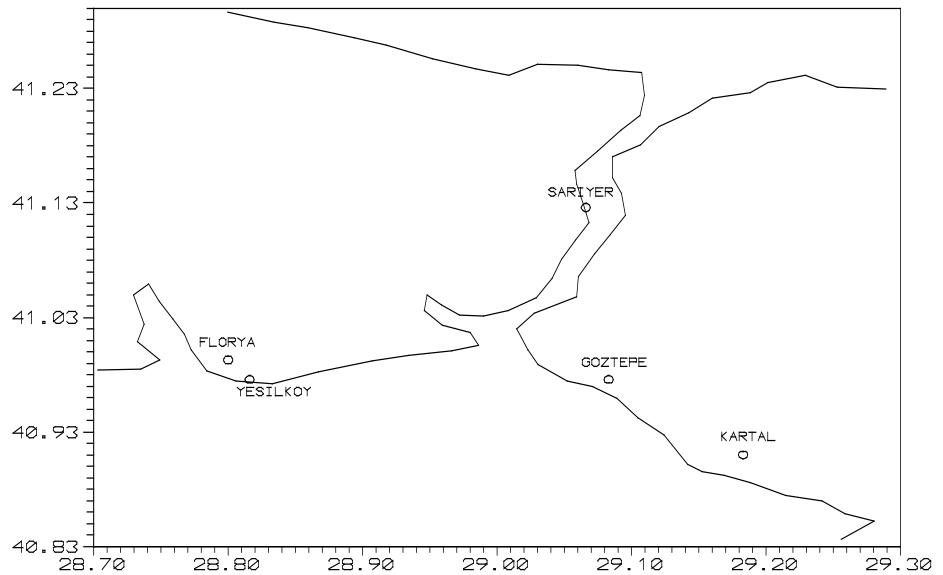
Tesir yarıçapı, eğrisel kısmın bitip doğrusal kısmın başladığı yere kadar olan mesafe olarak tanımlanmıştır. Böylece İstanbul meteoroloji istasyonlarında ölçülmüş ve hesaplanmış olan 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık yağış şiddetlerinin alansal değişimini temsil eden TSV ve bunlardan yararlanarak da çeşitli yağış şiddeti haritaları elde edilmiştir. Yağış şiddeti bilinmeyen herhangi bir noktadaki yağışın şiddetini İstanbul ili için bulmak mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada, TSV yönteminin gerçeğe yakınlığı ve uygulanma kolaylığını gözler önüne sermek için İstanbul bölgesinde Florya, Göztepe, Kartal, Sarıyer ve Yeşilköy istasyonlarındaki yağış şiddetleri kullanılmıştır.

Objektif analizin amacı, meteorolojik değişkenlerin ölçüldüğü istasyon noktaları yardımıyla hiç ölçüm yapılmayan noktalardaki değerleri tahmin etmektir. Ölçüm yapılmamış bir noktada hava alanı, yol, baraj vb. inşaatlar; ziraat faaliyetleri, yerleşim alanı, spor tesisi gibi çalışmaların yapılması önemli olabilir. Buralarda yapılacak olan her türlü mühendislik yapıları için meteorolojik verilerin tahmin edilmesi mutlaka gereklidir. Cressman (1959) tarafından ortaya atılan yöntem ile alansal tahmin meteorolojide uzun yıllar kullanılmıştır. Fakat yöntemin sabit tesir yarıçapları kullanması, araştırmacıların zihnini daima meşgul etmiştir. Habib(1993) tarafından ortaya atılan TV yöntemi ise değişik istasyonlarda ölçülmüş verilerin mesafe ile ilişkisini saptayarak tesir yarıçapının hesaplanmasını sağlamaktadır.

## 2. Yağış şiddeti verileri

Bu çalışmada İstanbul sınırları içinde olan beş tane istasyon kullanılmıştır. Bunlar Şekil 1'deki haritada konum olarak gösterilmiş olan Florya, Göztepe, Kartal, Sarıyer ve Yeşilköy istasyonlarıdır.



Şekil 1 İstasyon konumları

Bu istasyonların, birbirlerine olan mesafelerini hesaplayabilmek için gerekli olan enlem ve boylamları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 Enlem ve boylamlar.

Istasyon	Enlem	Boylam
Florya	40° 59' K	28° 48' D
Göztepe	40° 58' K	29° 05' D
Kartal	40° 54' K	29° 11' D
Sarıyer	41° 07' K	29° 04' D
Yeşilköy	40° 58' K	28° 49' D

Karakaş (1996) tarafından geliştirilerek verilen ve Fortran dilinde yazılmış bilgisayar programı ile hesaplanmış istasyonlar arası mesafeler Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2 İstasyon arası mesafeler (km).

	Florya	Göztepe	Kartal	Sarıyer	Yeşilköy
Florya	0	23.49	33.14	27.56	2.20
Göztepe		0	10.55	17.73	21.89
Kartal			0	26.12	31.19
Sarıyer				0	26.76
Yeşilköy					0

En uzak iki istasyonun arasındaki mesafe 33.14 km ile Florya-Kartal arası, en yakın olanlar ise 2.2 km ile Florya-Yeşilköy arasıdır.

Yağış şiddeti ile süre arasında ters orantı vardır. Eğer yağış miktarını sabit tutarsak, yağış süresi kısaldığında yağış şiddeti artar; yağış süresi artarsa yağış şiddeti azalır. Bu çalışmada süre olarak tekerrür süresi kullanılmıştır. Bunlar 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekerrür süreleridir. Her bir tekerrür süresinin bir yağış şiddeti değeri vardır.

Çizelge 3'de çalışmada kullanılan tekerrür sürelerine ait yağış şiddeti değerleri verilmiştir. Buradaki yağış şiddetleri İstanbul Havza Planı (1995) kaynağından alınmıştır.

Çizelge 3 Yağış şiddeti-tekerrür süresi (mm/dak)

İstasyon	Tekerrür Süresi					
	2 yıl	5 yıl	10 yıl	25 yıl	50 yıl	100 yıl
Florya	6.08	8.71	10.30	12.19	13.52	14.80
Göztepe	6.00	9.43	11.72	14.58	16.68	18.72
Kartal	6.80	11.44	15.36	21.42	26.82	33.06
Sarıyer	6.11	8.52	10.00	11.77	13.04	14.26
Yeşilköy	5.94	8.68	10.59	13.11	15.05	17.05

Bu çizelgeden görüleceği üzere yağış şiddeti en yüksek Kartal daha sonra da Göztepe istasyonlarındadır. Bunun anlamı ise İstanbul'un Asya yakası istasyonlarında kayıt edilen yağış şiddetlerinin her tekerrür süresi için Avrupa yakası istasyonlarından daha fazla olduğudur.

### 3. Kullanılan yöntem

Alansal olarak ölçüm yapılmamış bir noktadaki meteorolojik değişkenin tahmini için etrafındaki komşu istasyonlarda yapılmış kayıtlardan yararlanılır. Böylece bir tahmin işleminde şimdiye kadar en basitten başlayarak gittikçe karmaşıklaşan çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında en basit olarak en yakındaki üç istasyonun aritmetik ortalamasının o istasyon için tahmin değeri kabul edilmesidir. Daha sonra, tahmin yapılacak noktadan birbirine dik geçirilen iki eksen ile dört kısma bölünen civarın her bir kısmındaki en yakın istasyonlar göz önünde tutularak aritmetik ortalama alınır ve tahmin böylece gerçekleştirilir.

Cressman tarafından ağırlıklı ortalama esasına dayanan ve günümüzde hala kullanılan yöntemde ağırlık katsayıları w olarak

$$w = \left( \frac{R^2 - d^2}{R^2 + d^2} \right)^\alpha \quad (1)$$

şeklinde belirtilen formülde R tesir yarıçapı, d tesir alanı içindeki herhangi bir istasyonun hesaplanan noktaya uzaklığı ve  $\alpha$  ise yumuşatma katsayısıdır. Bu yöntemde  $\alpha$  ve R'nin

belirlenmesinde o bölgenin fiziksel özellikleri göz önüne alınmamaktadır. Maalesef, ülkemizde yıllarca A.B.D. için geçerli olan katsayılar kullanılmıştır.

Ağırlık katsayıları bulunduğundan sonra ağırlıklı ortalama formülü

$$x_1 = \frac{w_1 \cdot y_1 + w_2 \cdot y_2 + \dots + w_{n-1} \cdot y_{n-1} + w_n \cdot y_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_{n-1} + w_n} \quad (2)$$

olarak yazılabilir. Burada  $y_i$ 'ler etki alanı içindeki istasyonlarda ölçülen değerler,  $w_i$ 'ler ise o istasyonların ağırlık katsayıları ve  $x_1$  ise değeri istenilen noktanın tahmin değeridir.

Toplam semivariogram yönteminin en önemli özelliği, tesir yarıçaplarının o bölgedeki ölçülmüş olan verilerden yola çıkılarak bulunmasıdır. Bu özelliği ile diğer yöntemlere karşı önemli bir avantaja sahip olan TV yöntemi ana hatları ile aşağıda verilmiştir.

1) Yöntemin uygulanacağı alan üzerindeki tüm istasyonların birbirleri arasındaki mesafeler hesap edilerek bulunur. Böylece  $n$  tane istasyon için  $n(n-1)/2$  tane mesafe elde edilmiş olur.

2) İstasyonlarda ölçülmüş değerlerin diğer istasyonlarda ölçülen değerlerle farkları alınarak bu farkların kareleri bulunur. Böylece her bir mesafeye karşılık gelen bir fark karesi değeri bulunur.

3) Mesafe değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanırken aynı zamanda bu mesafelere karşı gelen fark kareleri de birlikte hareket ettirilir. Böylece iki tane dizi elde etmiş oluruz.

4) Fark kareleri dizisi ardışık olarak toplanarak yeni bir dizi elde edilir. Bu işlem yöntemin toplam sıfatını kazanmasına sebep olur.

5) Yatay eksen mesafe, dikey eksen fark kareleri toplamı (FKT) olacak şekilde saçılma diyagramı çizilir.

6) Bu noktalara üstel bir eğri uydurulur. Elde edilen sonuç grafik, toplam variogram (TV) olarak adlandırılır.

7) Elde edilen eğrinin mesafeye göre türevi alınarak variogram grafiği bulunur. Bu grafik dikkatlice incelendiğinde modelin iki kısımdan oluştuğu görülür. Birinci kısım eğimi değişen, ikinci kısım ise doğrusal olandır. Eğriliğin bitip doğrusallaşmaya başladığı noktadan mesafe eksenine inilen bir dikme ile tesir yarıçapı bulunur.

Çizelge 2'de verilen mesafeler küçükten büyüğe dizildiğinde aşağıdaki gibi bir durum ortaya çıkar (Çizelge 4).

Çizelge 4. Küçükten büyüğe dizilmiş mesafeler

İstasyon Çifti	Mesafe [km]
Florya - Yeşilköy	2.20
Göztepe - Kartal	10.55
Göztepe - Sarıyer	17.73
Göztepe - Yeşilköy	21.89
Florya - Göztepe	23.49
Kartal - Sarıyer	26.12
Sarıyer - Yeşilköy	26.76
Florya - Sarıyer	27.56
Kartal - Yeşilköy	31.19
Florya - Kartal	33.14

Şimdi, değişik tekerrür süreleri için hesaplanmış fark karelerini Çizelge 5'de gösterelim.

Çizelge 5 Fark kareleri

FARK KARELERİ (Yağış şiddeti)		[mm <sup>2</sup> / sa <sup>2</sup> ]			
2 yıllık	5 yıllık	10 yıllık	25 yıllık	50 yıllık	100 yıllık
0.020	0.001	0.084	0.846	2.341	5.063
0.640	4.040	13.250	46.786	102.820	205.636
0.012	0.828	2.958	7.896	13.250	19.892
0.004	0.562	1.277	2.161	2.657	2.789
0.006	0.518	2.016	5.712	9.986	15.366
0.476	8.526	28.730	93.123	189.888	353.440
0.029	0.026	0.348	1.796	4.040	7.784

0.001	0.036	0.090	0.176	0.230	0.292
0.740	7.618	22.753	69.056	138.533	256.320
0.518	7.453	25.604	21.420	176.890	333.428

Değişik tekerrür süreleri için bu çizelgede verilen fark karelerini ardışık olarak topladığımızda oluşan yeni diziler aşağıda Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6 Fark kareleri ardışık toplamı

FARK KARELERİ TOPLAMI (Yağış şiddeti) [mm2 / sa2]					
2 yıllık	5 yıllık	10 yıllık	25 yıllık	50 yıllık	100 yıllık
0.020	0.001	0.084	0.846	2.341	5.063
0.660	4.041	13.334	47.632	105.161	210.699
0.672	4.869	16.292	55.528	118.411	230.591
0.676	5.431	17.569	57.689	121.068	233.380
0.682	5.949	19.585	63.401	131.054	248.746
1.158	14.475	48.315	156.524	320.942	602.186
1.187	14.501	48.663	158.320	324.982	609.970
1.188	14.537	48.753	158.496	325.212	610.262
1.928	22.155	71.506	227.552	463.745	866.582
2.446	29.608	97.110	248.972	640.635	1200.010

Şimdiye kadar yapılan işlemleri formüllerle ifade ettiğimizde : İstasyon sayısı  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  ve buradan toplam istasyon sayısı  $n$  olur. İstasyonlar arasındaki birbirinden farklı mesafeler  $m_i$  tane ise,

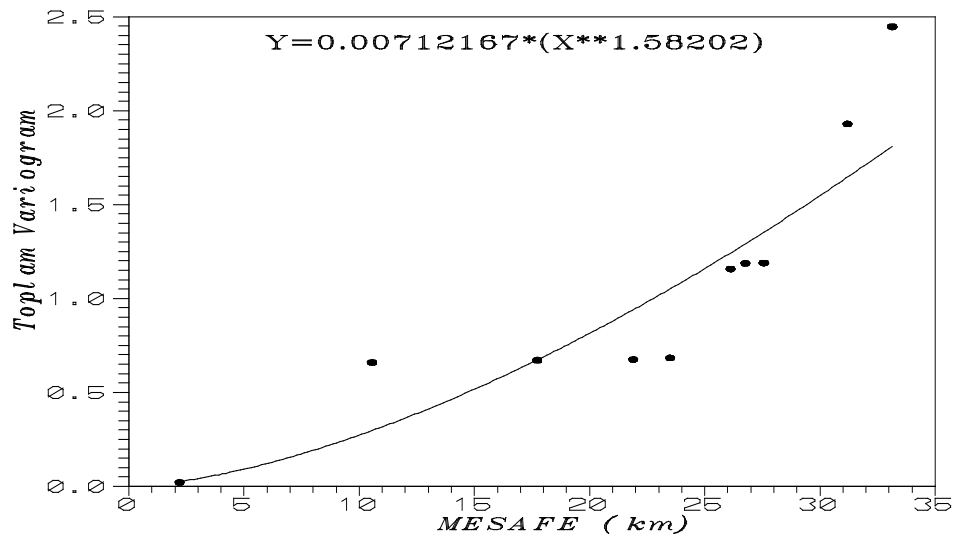
$$m_i = \frac{n(n-1)}{2}$$

Bu çalışmada  $n = 5$  tane istasyon kullanıldığı için  $m_5 = 10$  tane farklı mesafe değeri bulunur. İstasyonlardaki yağış şiddeti değerlerini  $D$  ile gösterirsek, bu takdirde  $x$  ve  $y$  istasyonları yağış şiddetleri arasındaki farkların kareleri ( $F_m$ ),

$$F_m = (D_x - D_y)^2$$

olur.

2 yıllık tekerrür süresi için, mesafe ile toplam fark karelerinin saçılma diyagramı ve üstel olarak en iyi model Şekil 2'deki gibi olur.



Şekil 2 Üstel Eğri Uydurulmuş Saçılma Diyagramı (Toplam variogram grafiği)

Bu eğrinin denklemini, en küçük kareler metodunu uygulayarak bulan "Grapher" adlı paket program vasıtası ile gerekli işlemlerin yapılması sonucunda

$$y = 0.00712167 \cdot x^{1.58202}$$

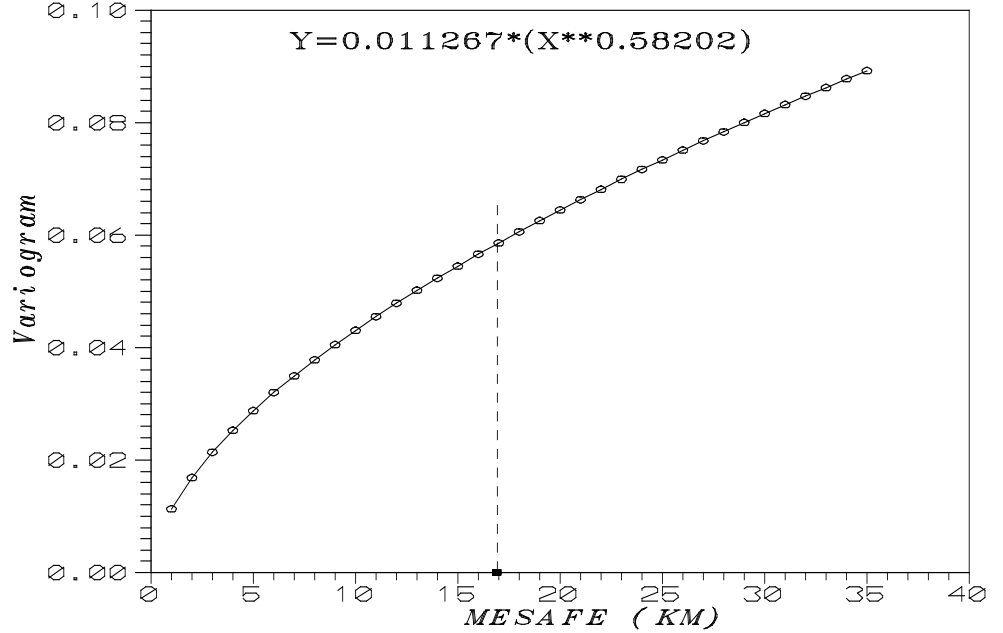


denklemini elde edilir.

Bu denklemin mesafeye göre türevini aldığımızda,

$$y' = 0.011267 \cdot x^{0.58202}$$

bulunur. Denkleminde hesaplanmış olduğumuz mesafe değerlerini yerine koyarak yeniden çizdiğimizde Şekil 3 elde edilir.



Şekil 3 Türevi Alınmış Model Eğrisi (Variogram grafiği)

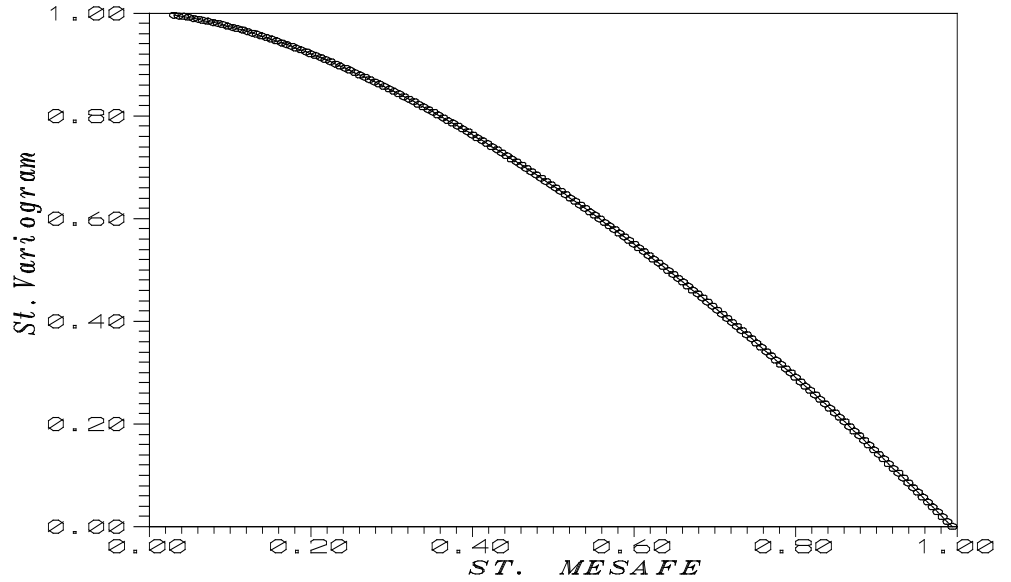
Bu eğri incelendiğinde, eğrinin iki kısımdan oluştuğu görülmektedir. Küçük mesafelere denk gelen birinci kısmın eğimi değişkendir. Büyük mesafelere karşı gelen ikinci kısmın eğimi ise sabit olup doğrusaldır. Bu doğrusallık bize farklar karesi toplamının (FKT) mesafeye ilişkisinin bittiğini ifade eder. Dolayısıyla model eğrisinin doğrusallaştığı noktadan mesafe eksenine inilen dikme ile bulunan değer "tesir yarıçapıdır".

Bu çalışmada, eğrinin doğrusallaştığı noktayı tespit etmek için Fortran dilinde yazılan bilgisayar programının esası, çok küçük aralıklar alınarak ardışık aralıklardaki eğiminin çok küçük hata oranı ile değişmediği noktanın belirlenmesi ve o anda eğrinin x yani mesafe eksenindeki değerinin bulunmasıdır. Çizelge 7'de tesir yarıçapları verilmiştir.

Çizelge 7 Tekerrür Sürelerine Ait Tesir Yarıçapları [km]

2 yıllık	5 yıllık	10 yıllık	25 yıllık	50 yıllık	100 yıllık
16.9	27.1	21.5	6.6	8.9	7.8

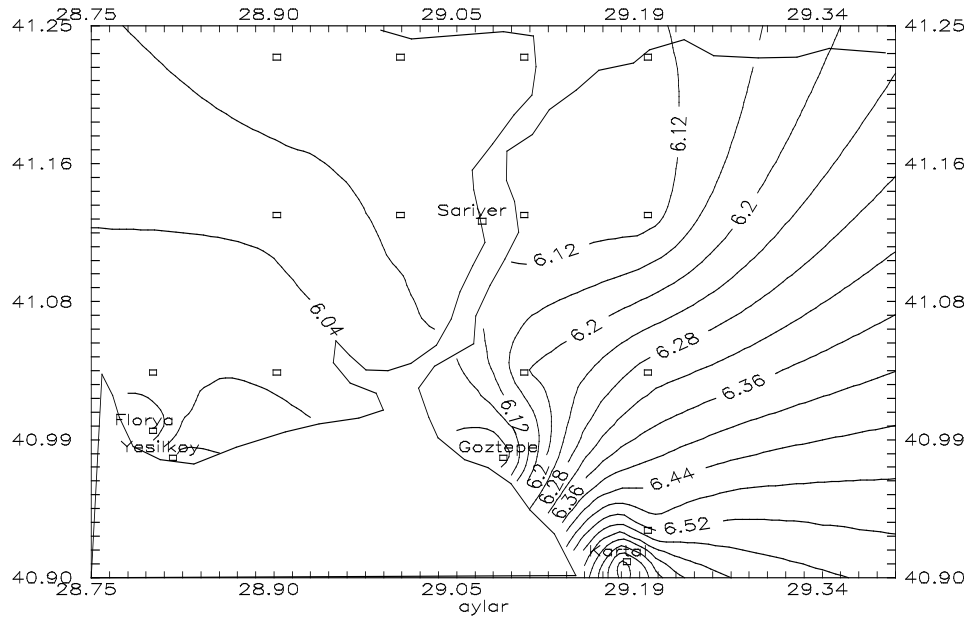
Tesir alanı bulunduktan sonra değeri bilinmeyen noktanın hesabı için, bu alan içinde kalan istasyonlardaki yağış şiddeti değerleri ağırlıklı ortalama ile hesaba katılır. Ağırlık katsayıları için ise, 2 yıllık tekerrür süresi için Şekil 4'de gösterilen eğrinin ordinatlarının 1'den çıkarılarak y eksenine göre simetriği elde edilir. Daha sonra x ve y eksenleri standartlaştırılır. Yani eksenlerdeki her değer o eksenlerdeki en büyük değere bölünür. Tüm bu işlemlerden sonra elde edilen eğri Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Ağırlık katsayısı eğrisi

Böylece ağırlık katsayıları, değeri bilinmeyen noktanın tesir alanı içindeki herhangi bir istasyona olan mesafesinin standartlaştırılması ve Şekil 4'de yerine konması ile eğrinin düşey eksendeki okunan değeridir.

Bu çalışmanın amacı İstanbul ilinin TV yöntemi kullanılarak yağış şiddeti haritasını çıkarmak olduğundan harita üzerinde keyfi noktalar alınarak yukarıda anlatılan işlemler her bir tekerrür süresi için yapılarak yağış şiddeti haritaları elde edilir. Burada 2 yıllık tekerrür süresi için çıkarılan yağış şiddeti haritası Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. İstanbul'un 2 yıllık tekerrür süresi için yağış şiddeti haritası

#### 4. Sonuç ve tavsiyeler

Bir bölgede ölçüm yapılmamış noktalarda meteoroloji verilerine ihtiyaç vardır. İşte ölçüm noktalarından ölçüm yapılmamış olan noktaya bilgi taşınarak tahmin yapılması için bu çalışmada basit fakat etkin bir objektif yöntem geliştirilmiştir. Yöntemin esasları aşağıdaki adımlardır.

- 1) Çalışma bölgesinde mevcut olan ölçüm noktalarının (meteoroloji istasyonları) enlem, boylam dereceleri ile meteorolojik değişkenleri tespit edilir.

- 2) Enlem ve boylam derecelerinden yararlanarak istasyonlar arası mesafe matrisi teşkil edilir.
- 3) İstasyonlar arası verilerin farklarının kareleri bulunur.
- 4) Bu farklar en küçük mesafeden başlayarak büyüğüne doğru sıraya konur.
- 5) Dizili bu fark karelerinin ardışık toplamları alınır.
- 6) Mesafeler ile bu ardışık toplamların saçılma diyagramı çizilir.
- 7) Bu saçılma diyagramına en uygun olan eğri geçirilir.
- 8) Bu eğri standartlaştırılarak ağırlıklar mesafeye göre bulunur.
- 9) İstasyon ağırlıkları ve ölçüm değerleri nazarı itibara alınarak ölçüm yapılmamış bir noktadaki tahmin ağırlıklı ortalamaya göre bulunur.

Ağırlık katsayısı eğrisine dikkatle bakıldığında Cressman'ın elde ettiği eğrilere benzediği görülebilir. Yani TSV yöntemi ile Cressman'ın yöntemindeki  $\alpha$  katsayısı objektif olarak bulunmuş olur.

Yukarıdaki yöntemin İstanbul'daki Florya, Yeşilköy, Kartal, Sarıyer ve Göztepe istasyonlarında ölçülen yağış şiddetlerine uygulanması sonucu bu çalışmada, İstanbul ili için yağış şiddeti haritaları elde edilmiştir.

### 5. Kaynaklar

- Cressman, G.P., 1959. The correlation between wind and height on an isobaric surface II: summer data, *Journal of Meteorology*, 15, 12, 502 - 512
- Habib, Z. Z., 1993. Meteorolojide Nokta Semi-variogram ile Objektif Analiz. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Meteoroloji Müh. Böl., İstanbul, 87 s
- Karakaş, C., 1996. İstanbul yağış şiddeti haritalarının toplam variogram yöntemiyle elde edilmesi, İTÜ, Bitirme ödevi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 43 sayfa.
- Şen, Z., 1989. Cumulative semivariogram models of regionalized variables, *Mathematical Geology*, 21, 8, 891-903



# İçme Suyu Şebekelerinde Hesap Debilerinin Ölü Noktalar Yöntemi İle Şematik Çözümü

Yazışma yazarı:  
Sadık ALASHAN,  
sadikalashan@bingol.edu.tr

Sadık ALASHAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bingöl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl,

## Referans:

Alashan S., (2019), İçme Suyu Şebekelerinde Hesap Debilerinin Ölü Noktalar Yöntemi İle Şematik Çözümü, Su Kaynakları, 4, (2), 15-21

Makale Gönderimi : 22 EKİM 2019  
Online Kabul : 23 EKİM 2019  
Online Basım : 25 EKİM 2019

**Özet** Su insanoğlu için vazgeçilmez doğal kaynakların başında gelmektedir. Suyun doğal yollardan elde edilmesi ve yapay olarak pratikte üretilmemesi suyun önemini daha fazla artırmaktadır. Laboratuvar koşullarında suyun üretilmesi mümkün olmasına rağmen, hem çok yüksek sıcaklıklar altında oksijen ve hidrojenin birleşmesi sonucu maliyetinin yüksek olması, hem de elde edilecek saf suyun besleyici minerallerden yoksun olması suyun çok dikkatli kullanılmasını gerektirmektedir. Şehrin ana su deposuna gelen suyun dağıtımında içme suyu şebekeleri kullanılmaktadır. İçme suyu şebekelerinin hesap debilerinin belirlenmesinde Hardy-Cross, Eşdeğer borular ve İller Bankası yönetmeliğinde belirtilen Ölü Nokta yöntemi kullanılmaktadır. Ölü noktalar yönteminin kullanımı ülkemizde yaygın olmasına rağmen, söz konusu yöntemin çözümü hususunda özellikle yeni uygulayıcıların hata yapma olasılığı yüksektir. Bu hataları en az düzeye indirmek amacıyla söz konusu yöntem için şematik bir çözüm yolu geliştirilmiştir. Şematik çözüm yolunda suyun akış yolu ve miktarı görsel olarak sunulduğundan hata yapma oranının en alt seviyelere düşmesi beklenmektedir. Yöntemin uygulanmasında ana prensip boru bağlantılarının yatay ve su borularının dikey gösterilmesidir. Boru hatları boyunca hesap debileri hesaplandıktan sonra, enerji kaybını elde etmek için ise borularda eş hız değerleri kullanılmaya çalışılmıştır. Söz konusu yöntem bir uygulama problemi üzerinde denenmiş ve başarılı sonuç elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İçme suyu şebekeleri, Ölü Nokta yöntemi, Hardy-Cross.

## Title

**Abstract** Water is an indispensable source for human beings. The importance of water increases every day, because it is a natural resource and cannot be produced on quantity needed by artificial means. Water should be used with extreme caution, because it can only be produced by a combination of oxygen and hydrogen at high temperature and laboratory conditions, also this process is very costly and the pure water obtained is not nutritious. Drinking water networks are used to distribute the inlet flow of a city main tank. In order to determine flows in drinking water networks, the Hardy-Cross, equivalent pipe and Dead Point method recommended by regulation of İller Bank are used. Although the use of the Dead Point method is common, it is high probability that this method is incorrectly used by beginner users. The schematic approach is developed to minimize misuses of the method. It is expected that schematic approach minimizes misuse of Dead Point method as water flow paths are visually represented. The main point in application of this approach is to show pipes (pipe fittings) as horizontal (vertical) lines. After calculating the design flows along the pipelines, equivalent velocity lines are used to calculate the energy losses. This approach is tested on a sample problem and achieves successful results.

**Keywords:** Drinking water networks, Dead Point Method, Hardy-Cross.

## 1. Giriş

Yapım ve işletme maliyetlerini minimuma düşürmek için içme suyu şebekelerini en uygun şekilde tasarlamak gereklidir. Yapım maliyetini düşürmek için uygun boru çapı ve işletme maliyetini düşürmek minimum enerji kaybı ile içme suyu şebeke sistemini işletmek gerekir. Boru çapı ve enerji kaybı arasında ters orantılı bir ilişki vardır. Yani boru çapı düşüncü hız artar ve sonucunda enerji kayıpları yükselir ya da tam tersi durum geçerlidir. Bu durumda maliyeti en iyiye (optimuma) indirmek için en uygun yol boru maliyeti ve enerji kaybı için uygun bir çözüm bulmaktır.

Farklı araştırmacılar tarafından şebekelerin en iyi tasarımı hesaplanmaya çalışılmıştır. Bu yöntemler arasında Hardy-Cross, Eşdeğer Boru ve Ölü Nokta yöntemlerini gösterebiliriz (Cross, 1936; Tung ve diğ., 1961; İller Bankası Yönetmeliği; Topacık ve San, 1985)

Bu makalede genellikle Ölü Nokta (ÖN) yöntemi üzerinde durulacaktır. ÖN yöntemi ile alakalı literatürde çeşitli çalışmalar mevcuttur. Günel ve diğ., ÖN yöntemine göre tasarımı yapılan içme suyu

şebekesini Hardy-Cross (HC) yöntemine göre tekrar tasarlayıp iki yöntemi kıyaslamıştır. Söz konusu çalışmada aynı boru çapları kullanılmasına rağmen Hardy-Cross yönteminin ÖN yöntemine göre %12 daha az enerji kaybı oluşturduğu belirtilmiştir. Ancak borularda hesaplanan debilerin ÖN yöntemine göre farklılık gösterdiğini belirtmiştir. Bu durumun esas nedeni HC yönteminde hesap debisi sadece düğüm noktalarında çekilirken ÖN yönteminde ise hesap debisi tüm boru boyunca çekilmekte ve borular değişken debilere göre tasarlanmaktadır. Selçuk (2014), Ankara'nın Çubuk ilçesine ait içme suyu şebekesinin bir bölümünü ÖN (isuCAD) ve HC (WATERCAD, msSU, EPANET) yöntemine göre bilgisayar programları kullanarak tasarlamıştır. Boru çapları değişken alınan söz konusu çalışmada ÖN ve HC yöntemlerinin kullanımının tasarımı etkilemediği belirtilmiştir. Sarıcaoğlu ve Büyükgüngör (1998), ÖN yöntemini esas alarak açıklanmalı bir bilgisayar programı geliştirdi. Programın çözüm aşamalarında ÖN yöntemini detaylı anlatarak, programın öğrenilmesinde öğrencilere faydalı olacağını ifade etmiştir. Şirin ve Demir (2007), Çarşamba Ovası sol sahilinde bulunan köylerin içme suyu şebekelerinin yeterliliğini ÖN yöntemini kullanarak incelemiştir. Köylerin %76'sında içme suyu şebekelerinin yetersiz olduğunu belirtmiştir.

## 2. Yöntem

ÖN yönteminde kullanılan esas mantık, su şebekesinin durumuna göre şebekede debinin sıfır olacağı bir veya daha fazla düğüm noktası veya noktalarına göre hesap debisinin belirlenmesine dayanır. İhtiyaç debisi diğer yöntemlerin aksine sadece düğüm noktalarında değil şebeke borusu boyunca da temin edilir. Bu nedenle şebeke boruları içinde ihtiyaç debisi değişkendir.

Su şebekesinin hesap debisini ÖN yöntemine göre belirlemek için aşağıdaki adımlar izlenir.

- Şebeke borularının durumuna göre bir veya daha fazla ölü düğüm noktası seçilir.
- Şebeke toplam dağıtım debisi,  $Q_D$ , hesaplanır.
- Nüfus yoğunluğuna göre her bir boruya yoğunluk katsayısı,  $k$ , verilir.
- Şebekedeki her bir boru için gerçek boru boyu,  $L$ , ve yoğunluk katsayısı,  $k$ , çarpılarak itibari boru boyu,  $L_i$  bulunur.

$$L_i = Lk \quad (1)$$

- Birim boyda dağıtılan debi,  $q$ , hesaplanır.

$$q = \frac{Q_D}{\sum L_i} \quad (2)$$

- Her bir boruda dağıtılan debi,  $Q_d$ , bulunur.

$$Q_d = qL_i \quad (3)$$

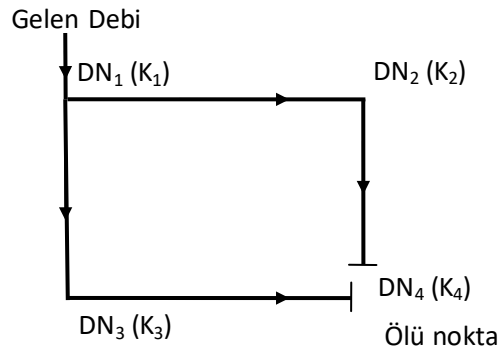
- Borunun içindeki debinin üçgen ( $k_d=0.577$ ) veya yamuk (trapez) ( $k_d=0.55$ ) olma durumuna göre iletim debisi,  $Q_i$ , hesaplanır. Burada  $k_d$ , dağıtım katsayısını gösterir.

$$Q_i = k_d Q_d \quad (4)$$

- İletilen debi,  $Q_i$ , varsa yangın debisi,  $Q_y$ , özel debi,  $Q_o$  ve uç debisi,  $Q_u$  ile toplanarak boru hesap debisi hesaplanır.

$$Q_h = Q_i + Q_u + Q_y + Q_o \quad (5)$$

- Her bir boru için hesap debisine göre boru çapları ve takiben enerji kayıpları hesaplanır.
- Şebeke üzerinde ölü düğüm noktasına olası geliş durumuna göre (sağdan veya soldan) enerji kayıpları arasındaki fark 1 m'den az ise boru tasarımı kabul edilebilir.

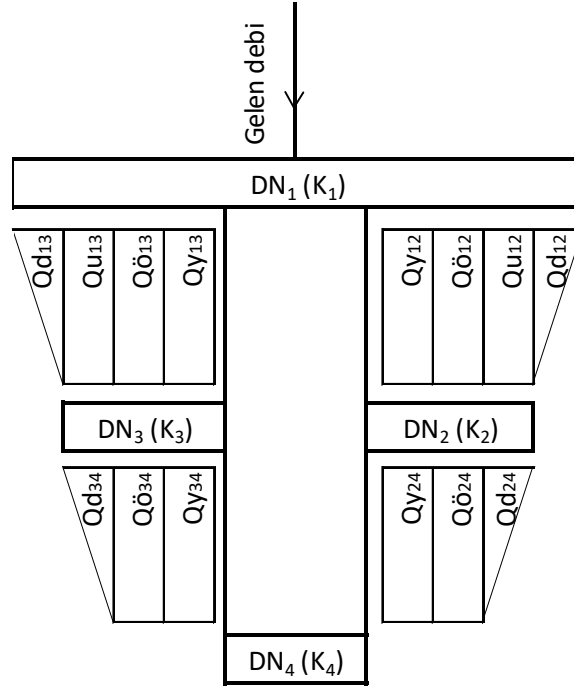


Şekil 1. Tipik şebeke gözü çizimi.

Olası geliş durumunu açıklayacak olursak, Şekil 1'den görüleceği üzere gelen debinin bir kısmı düğüm noktaları olan DN<sub>1</sub>-DN<sub>2</sub>-DN<sub>3</sub>-DN<sub>4</sub> yolunu diğer kalan kısmı ise DN<sub>1</sub>-DN<sub>3</sub>-DN<sub>4</sub> yolunu takip edecektir. Parantez içindeki K harfi söz konusu düğüm noktasının kotunu belirtmektedir.

Bu makalede ÖN yönteminin şematik çözümü üzerinde çalışılmıştır (Şekil 2). Söz konusu yöntemde düğüm noktaları yatay, borular ve içerisinden geçen debiler düşey olarak çizilmiştir. Boru içerisinden geçen debiler seçilen ölü noktadan (DN<sub>4</sub>) başlamak üzere birbirine eklenerek sonunda gelen debi miktarına ulaşılır. DN<sub>4</sub> düğüm noktası ölü nokta olduğu için burada debi sıfırdır. Düğüm noktalarında hesap debilerini hesaplamak için, düğüm noktalarının altındaki tüm debi değerleri toplanır. Uç debi,

düğüm noktasının altındaki borunun baş debisi olarak alınır. Dağıtım debisi, nüfus yoğunluğuna göre hesaplanır. Yangın ve özel debi projede verilir. Eğer verilmezse sıfır olarak alınır.



Şekil 2. Şematik ÖN yöntemi tipik şebeke gözü çizimi.

Düğüm noktalarındaki hesap debilerini denklemlerle ifade edecek olursak;

$$Q_h(DN_4 K_4) = 0 \rightarrow \text{ölü nokta} \quad (5)$$

$$Q_h(DN_3 K_3) = Q_{d34} + Q_{ö34} + Q_{y34} \quad (6)$$

$$Q_h(DN_2 K_2) = Q_{u13} \quad (7)$$

Borular için hesap debisi hesaplanırken aynı mantıkla, özel, yangın ve iletim debisi toplanarak hesap debisi elde edilir. Daha önceden de değinildiği üzere, boru içerisinde dağıtım debisi değişik olduğu için hesap debisi hesaplanırken iki durum söz konusudur. Boru içerisinde özel debi mevcut değil ve dolayısıyla boru içerisindeki debi değişimi üçgen şeklinde ise dağıtım katsayısı  $k_d=0.577$  olarak, trapez şeklinde ise  $k_d=0.55$  olarak alınır ve dağıtım debisi ile çarpılır. Mesela boru içerisindeki hesap debisinin denklemini 3 ve 4 numaralı düğüm noktasını bağlayan 34 borusu (B34) için yazarsak;

$$Q_h(B_{34}) = k_d Q_{d34} + Q_{y34} + Q_{ö34} \quad (8)$$

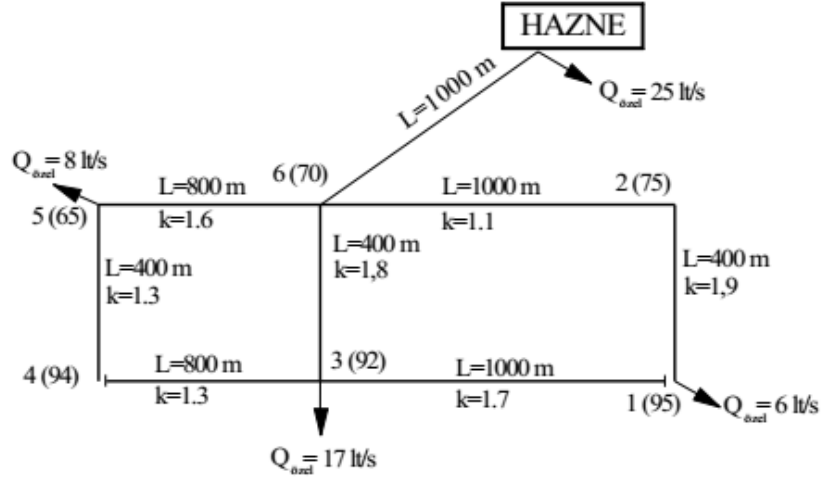
Her bir düğüm noktası, tek bir enerji değerine sahip olacağından, farklı geliş yollarına sahip olan düğüm noktalarında (DN<sub>4</sub>) olası geliş hatlarında enerji kaybı eşit olmalıdır. Yani DN<sub>1</sub>-DN<sub>2</sub>-DN<sub>4</sub> hattında meydana gelen enerji kaybı DN<sub>1</sub>-DN<sub>2</sub>-DN<sub>4</sub> hattında meydana gelen enerji kaybına eşit olmalıdır (Şekil 2). Bu durumu sağlamak için boru içerisindeki debi için uygun çap seçilerek elde edilen akış hızı değerlerine göre yaklaşık aynı enerji kaybı miktarına ulaşılır. Bilindiği üzere enerji kaybı Darcy-Weisbach (Denklemler 9) ve William-Hazen (Denklemler 10) formüllerine göre hesaplanabilir. Burada;  $h_k$ , enerji kaybı;  $f$  ve  $C$ , sürtünme katsayısı;  $D$ , boru çapı,  $V$ , boru içerisindeki suyun hızı;  $g$ , yerçekimi ivmesi;  $L$ , boru boyu ve  $Q_h$ , hesap debisi olarak ifade edilmektedir.

$$h_k = \frac{f V^2}{D} L \quad (9)$$

$$h_k = L \left( \frac{Q_h}{0.279 C D^{2.63}} \right)^{1.85} \quad (10)$$

### 3. Uygulama

ÖN yönteminin şematik çözümünü gerçekleştirmek için, Emiroğlu (2014) tarafından verilen iki gözlü örnek şebeke kullanılacaktır (Şekil 3).



Şekil.3 İki gözlü örnek şebeke.

Söz konusu şebeke tablo ve şematik olarak çözülmüştür. Şekil 3 incelendiği zaman, şekil üzerinde özel debiler gözükmemekte olup, yangın debisi ana boru için 10 l/s ve tali borular için 5 l/s değerlerinin alınması tavsiye edilmiştir. Şebeke üzerinde düğüm noktalarında görülen değerler DN(K) olarak ifade edilmektedir. DN, düğüm numarasını ve K ise geometrik kotu (karşılaştırma düzleminden yüksekliği) göstermektedir. Yani 6(70) ifadesi 6 numaralı düğüm noktasının kotunun 70 m olduğunu belirtmektedir. Daha öncede değinildiği üzere, L, boru boyunu ve k, yoğunluk katsayısını ifade etmektedir. Toplam dağıtılacak debi, Q<sub>D</sub>, 133 l/s olarak verilmiştir.

Söz konusu şebekenin tablo ile çözümü Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 incelendiği zaman, 22 adet kolondan meydana geldiği görülmektedir. 1, 2 ve 3 numaralı kolonlar Şekil 3'de görülen boru numarası, boru uzunluğu ve yoğunluk katsayılarını göstermektedir. 4 numaralı kolon itibari boru boyunu gösterir ve Denklem 1 ile elde edilir. 5 numaralı kolon dağıtım debisini gösterir ve Denklem 2 ve 3 ile elde edilir. 6 ve 7 numaralı kolonlar boru içerisindeki iletilecek debiyi gösterir ve debinin sırasıyla üçgen ve trapez olma durumuna göre dağıtım debisinin 0.577 ve 0.55 katsayısı ile çarpılmasıyla bulunur. 8 numaralı kolon alt düğüm noktasından borunun ucundan alınan debiyi gösterir. 9 numaralı kolon borunun baş debisini göstermektedir ve uç debiye dağıtım debisinin eklenmesi ile bulunur. 10 numaralı kolon bir ara işlemdir. 11 numaralı kolon yangın debisini göstermektedir ve projede verilir. 12 numaralı kolon hesap debisini göstermektedir ve yangın debisi, iletim debisi ve uç debinin toplanmasıyla elde edilir. 13 numaralı kolon boru çapını gösterir ve hesap debisinin büyüklüğüne göre uygulamacı tarafından seçilir. 14 numaralı kolon süreklilik denkleminde göre hesaplanır. 15 numaralı kolon Darcy-Weisbach ya da William-Hazen denklemlerinden elde edilir. 16 numaralı kolon enerji kaybını gösterir ve hidrolik eğim ile boru boyunun çarpımından elde edilir. 17 ve 18 numaralı kolonlar borunun iki ucundaki geometrik kotu gösterir ve Şekil 3'den okunur. 19 ve 20 numaralı kolonlar sırasıyla borunun ucundaki ve sonundaki piyezometrik kotu gösterir ve hazneden gelen suyun enerjisinin enerji kaybı çıktıktan sonra kalan miktarını gösterir. Şebekede hız yüksekliği ( $V^2/2g$ ) basınç yüksekliği ( $P/\gamma$ ) yanında çok küçük olduğundan ihmal edilebilir. 21 ve 22 numaralı kolonlar suyun boru içindeki basıncını gösterir ve piyezometre kotundan geometrik kotun çıkarılmasıyla bulunur.

Bu ifadelerden de anlaşılacağı üzere, söz konusu yöntem teknik açıdan uygun olmasına rağmen anlaşılması yeni uygulayıcılar için zor olabilmektedir. Bu maksatla aynı yöntemin şematik çözümü Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 4 incelendiği zaman, düğüm noktalarının yatay ve boruların düşey olarak tasarlandığı görülecektir.

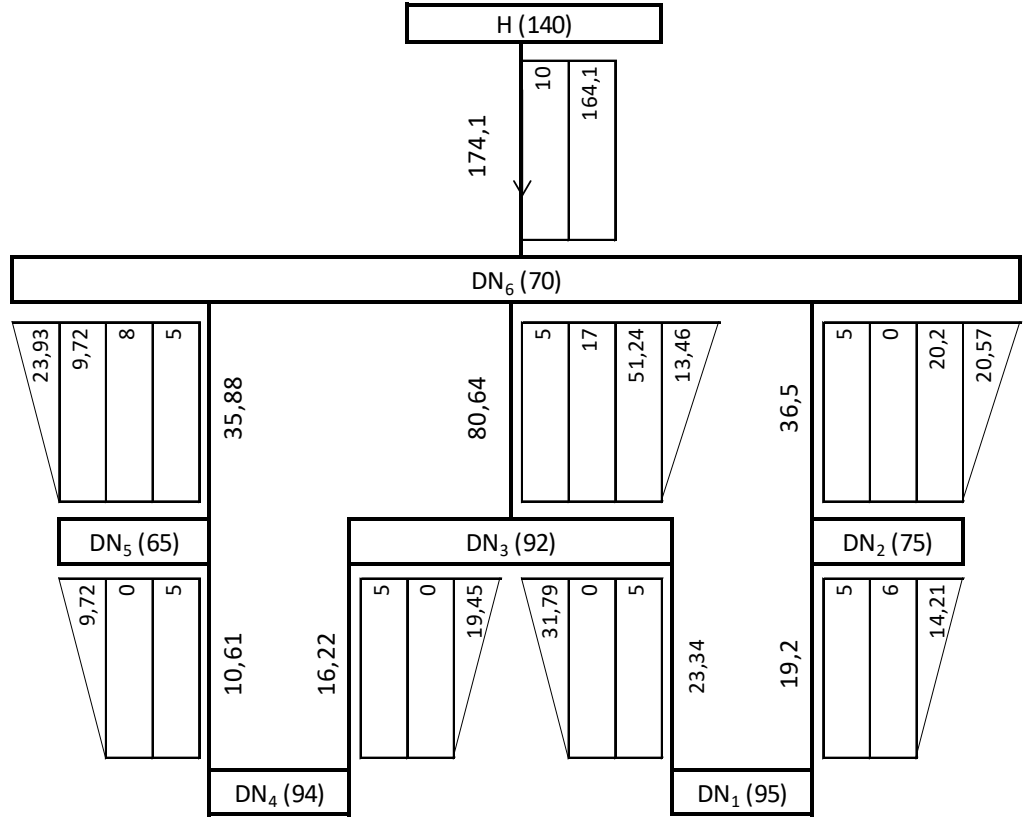
Tablo 1. İki gözlü şebekenin tabloyla çözümü (Emiroğlu, 2014).

Boru No	L	k	Li	Qd	P05/0=Q	P05/0=Q	Qu	Qb	c=Qu+Qi	Qy	Qh=c+Qy	D	v	J	jxl	Boru Eksen Kotu		Piyezometre Kotu		Su Basıncı	
																B	S	B	S	B	S
-	m	-	m	lt/s	lt/s	lt/s	lt/s	lt/s	lt/s	lt/s	lt/s	mm	m/s	mss/km	m	m	m	m	m	m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
<b>21</b>	400	1,9	760	14,21	-	8,20	6	20,21	14,20	5	19,20	200	0,61	2,427	0,97	75	95	135,65	134,68	60,65	39,68
<b>62</b>	1000	1,1	1100	20,57	11,31	-	20,21	40,78	31,52	5	36,52	250	0,74	2,730	2,73	70	75	138,38	135,65	68,38	60,65
<b>31</b>	1000	1,7	1700	31,79	-	18,34	0	31,79	18,34	5	23,34	200	0,75	3,669	3,67	92	95	137,94	134,27	45,94	39,27
<b>34</b>	800	1,3	1040	19,45	-	11,22	0	19,45	11,22	5	16,22	200	0,52	1,784	1,43	92	94	137,94	136,51	45,94	42,51
<b>54</b>	400	1,3	520	9,72	-	5,61	0	9,72	5,61	5	10,61	150	0,60	3,377	1,35	65	94	137,54	136,19	72,54	42,19
<b>65</b>	800	1,6	1280	23,93	13,16	-	17,72	41,65	30,88	5	35,88	300	0,51	1,053	0,84	70	65	138,38	137,54	68,38	72,54
<b>63</b>	400	1,8	720	13,46	7,40	-	68,24	81,70	75,64	5	80,64	400	0,65	1,088	0,44	70	92	138,38	137,94	68,38	45,94
<b>116</b>	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	10	174,13	500	0,89	1,615	1,62	-	70	140	138,38	-	68,38

Toplam=7120

30-80 mss  
arasında uygun





Şekil 4. İki gözlü şebekenin şematik ÖN yöntemi ile çözülmesi.

Düğüm noktalarını temsil eden yatay kutucuklar içinde düğüm noktasının adı ve geometrik kotu verilmektedir. Boruları temsil eden düşey çizginin sağında sırasıyla, yangın, özel, uç ve dağıtım debileri gösterilmektedir, solunda ise borunun içindeki iletim debisi yani yangın debisi, özel debi ve iletim debisi değerinin (Denklemler 7) toplamı gösterilmektedir.

Her bir düğüm noktasından geçen debi ise bir altındaki tüm debi değerlerinin toplamına eşittir. Hesap debileri bu şekilde çok kolay hesaplanır ve her bir boru için hesaplandıktan sonra boru çapları seçilir ve seçilen boru çapları için enerji kayıpları Denklem 8 ve 9 kullanılarak rahatlıkla hesaplanabilir. Burada önemli olan DN4 ve DN1 gibi birden fazla yoldan beslenen düğüm noktalarında enerji yüksekliğinin aynı olmasına dikkat etmektir. Bunun için pratik yol öncelikle boru içerisinde 0.8 m/s ve 2.0 m/s arasında, ideal olarak 1 m/s hız ile herhangi bir besleme hattına göre düğüm noktasının enerji yüksekliğini hesaplamak ve diğer besleme hattını bu enerji miktarına göre tasarlamaktır. Yani DN1 için tasarım yapacak olursak, sağdan gelen H-DN6-DN2-DN1 besleme hattında hız değerini 1 m/s alarak boru çapları seçilir ve DN1 noktasının enerji yüksekliği hesaplanır. Bu durumda soldan gelen besleme hattı için H-DN6 arası tasarlanmıştır. DN6-DN3 arası tekrar ideal 1 m/s hız ile tasarlanır. Artık DN3 ve DN1 noktalarının enerji yüksekliği bilindiğine göre aradaki enerji farkına göre bu kısımda boru çapı seçilir ve tasarım tamamlanır. Burada önemli nokta sağdan ve soldan birlikte beslemelerde her iki uçtaki enerji farkının 1 m enerji yüksekliği değerinden az olmasıdır. Şebekenin diğer kısımları da aynı mantıkla tasarlanabilir. Son aşamada tüm düğüm noktaları için basınç yüksekliği kontrolü yapılarak işlem tamamlanır. Basınç yüksekliği yaklaşık olarak enerji yüksekliğinden geometrik yükseklik çıkarılarak bulunur ve 30-80 m arasında olması gerekir. Boru çapları, basınç ve enerji yükseklikleri Tablo 1'de görülmektedir. Görüntü karışıklığını önlemek adına Şekil 4'de gösterilmemiştir. İstenirse aynı mantıkla enerji şeması da çizilebilir.

#### 4. Sonuçlar

Su şebekelerinde hesap debilerinin elde edilmesi, yeni öğrenen ve uygulamada yeni olanlar için su şebeke sisteminin hafızada canlanması zor olduğundan, birtakım zorluklar taşımaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek adına su şebeke sistemine görsel bir karakter katılmaya çalışılmıştır. Bu durum hem sistemin daha detaylı tasarlanmasını sağlayacak, hem de görsel olduğundan hata yapma olasılığını azaltacak ve hem de ilk öğrenenlerinin konuyu daha kolay kavramasına yardımcı olacaktır.

#### 5. Kaynaklar

Akbulut, T., Kurt, O., ve Ekinci, Ö. (2011), "Su Dağıtım Şebekelerinin Tasarımı İçin CBS Modülü", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara.

- Cross, Hardy (1936). Analysis of Flow in Networks of Conduits or Conductors. Bulletin No.286, University of Illionis, Engineering Experimental Section, Urbana, Ill.
- Emiroğlu, M.E. (2014), "Su Temini ve Uzaklaştırılması Ders Notları", yayınlanmamış.
- Günel, M., Bulut, B. ve Günel, A.Y., "İçmesuyu şebekelerinde Hardy-Cross ve Ölü Nokta Metodlarının Karşılaştırılması" 08.04.2017 tarihinde <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/11130.pdf> adresinden ulaşıldı.
- Sarıcaoğlu, K. ve Büyükgüngör, H., (1998), "İçme Suyu şebekelerinin Hesabında Bilgisayar Kullanımı", PÜ. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 4,(3), 767-775.
- Selçuk, A., (2014), "İçmesuyu şebekelerine ait Tasarım Metodlarının (Ölü Nokta ve Hardy-Cross) Bilgisayar Programları Kullanılarak Karşılaştırılması", 08.04.2017 tarihinde <http://www.ankisoft.com.tr> adresinden ulaşıldı.
- şirin, G., Demir, Y. (2007), "Çarşamba Ovası Sol Sahilindeki Bazı Köylerde İçme Ve Kullanma Suyu Problemleri Ve Çözümüne İlişkin Öneriler", ÖMÜ Zir. Fak. Dergisi, 22, (3), 248-259.
- Tung, A.L., et al. (1961), "Analysis of Distribution Networks by Balancing Equivalent Pipe Lengths", Journal of AWWA.
- Goswami, B. N., V. Venugopal, D. Sengupta, M. S. Madhusoodan, and P. K. Xavier (2006), Increasing trends of extreme rain events over India in a warming environment, Science, 314, 1442–1445, doi:10.1126/science.1132027.



## ARAŞTIRMA MAKALESİ

## Öne Çıkan Sonuçlar:

- Membada yer alan AGİ'nde gözlenen birer saat aralıklı hidrograf verileri kullanılarak, ölçülen değerler ile hidrolojik ve hidrolik modellerin sonuçları karşılaştırılmıştır.

• Kinematik Yönteminin en iyi tahmini verdiği, Muskingum-Cunge ve SCS Yöntemlerinin tahminlerinin de kabul edilebilecek düzeyde olduğu, Muskingum ve Dinamik Yöntemin ise oldukça hatalı tahminler verdiği belirlenmiştir.

## Yazışma yazarı:

Metin Sarıgöl,  
metinsarigol@hotmail.com

## Referans:

Sarıgöl, M., (2019), Denizli İli Buldan İlçesi Büyük Menderes Havzası'nda Taşkın Ötelenmesi Yöntemlerinin Performanslarının Karşılaştırılması, Su Kaynakları, 4, (2), 9-14

Makale Gönderimi : 5 Ağustos 2018  
Online Kabul : 22 Ekim 2019  
Online Basım : 25 Ekim 2019

## Denizli İli Buldan İlçesi Büyük Menderes Havzası'nda Taşkın Ötelenmesi Yöntemlerinin Performanslarının Karşılaştırılması

Metin Sarıgöl

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Erzincan, Türkiye.

**Özet** Bu çalışmada, Denizli İli Buldan İlçesi Büyük Menderes Havzası'nda meydana gelen taşkına ait 9731 km<sup>2</sup> alana sahip E07A043 nolu Akım Gözlem İstasyonu'nda (AGİ) ve bu AGİ'nin 4.743 km mansabındaki D07A115 nolu AGİ'nde gözlenen birer saat aralıklı hidrograf verileri kullanılarak, ölçülen değerler ile hidrolojik ve hidrolik modellerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmada hidrolojik modeller olarak Muskingum ve SCS; hidrolik modeller olarak da Kinematik Dalga, Muskingum-Cunge ve Dinamik yöntemler uygulanmıştır. Modellerin ölçülen değerlere uygunluğu; ölçülen ve modellerden hesaplanan değerler arasındaki Ortalama Mutlak Hata (OMH), Hataların Ortalama Karekökü (HOK) ve Belirlilik Katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri hesaplanarak belirlenmiş ve yöntemlerin performansları irdelenerek hangi yöntemin daha iyi sonuç verdiği değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda, Kinematik Yönteminin en iyi tahmini verdiği, Muskingum-Cunge ve SCS Yöntemlerinin tahminlerinin de kabul edilebilecek düzeyde olduğu, Muskingum ve Dinamik Yöntemin ise oldukça hatalı tahminler verdiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Taşkın Ötelenmesi, Hidrolik Yöntemler, Hidrolojik Yöntemler

## Comparison of the Performances of Flood Routing Methods in Denizli Province Buldan District Menderes Basin

**Abstract** In this study, by using one-hourly flood hydrograph values in Denizli Province Menderes Basin, for the the E07A043 Stream Observation Station (SOG), which has 9731 km<sup>2</sup> area and for the D07A115 SOG, which is located at 4.743 km downstream of this AGI, the measured values and the results of hydrological and hydraulic models were compared. Muskingum and SCS as hydrological models and Kinematic Wave, Muskingum-Cunge and Dynamic methods have been applied as hydraulic models. Suitability of models were determined by using Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE) and Determination Coefficient (R<sup>2</sup>) values between the measured and calculated hydrograph values from the models. At the end of the study, it has been determined that Kinematic Method gives the best estimation, Muskingum-Cunge and SCS Methods predictions are acceptable, and Muskingum Method and Dynamic Method give incorrect estimates.

**Keywords:** Flood Routing, Hydrological Methods, Hydraulic Methods.

### 1. Giriş

Taşkın, bir yağış sonucunda akışa geçen suyun akarsu yatağı dışına taşmasıdır. Bu akış yağmur veya kar erimesinden oluşabilir (Akbari ve Firooz, 2010; Barry ve Bajracharya, 1995). Şiddetli yağmur veya kar erimesinden meydana gelen akışlarda genellikle büyük debiler oluşur (Bayazit ve Önöz, 2008). Akarsu havzalarında debi akarsu yatak kapasitesini aşarak dışarı taşar. Yine bu tür durumlarda ova olan bölgelerde ise taşkın geniş alanlara yayılır ve zararlara sebep olur (Bayazit, 1995; Chow vd., 1988). Taşkın çalışmaları, suyun zararlarından korunmak için su kaynaklarının geliştirilmesi ve önlem alınması açısından büyük öneme sahiptir (Çimen, 1995). Taşkınlar, yerleşim yerleri ve tarım arazilerinin zarar görmesine, yol, köprü ve baraj gibi yapıların yıkılması sebep olabilir (Bayazit, 1995). Bu gibi zararların önlenmesi veya en aza indirilmesi için baraj, sel kapanı, sedde gibi yapılar yapılmakta, ayrıca akarsu yatağında da çeşitli düzenlemeler yapılarak gerekli önlemler alınabilmektedir (Gökoğlu, 2000; Jayyousi, 1994; Karahan, 2012). Bu tür çalışmalara yüksek meblağda paralar harcanması, olası afetlerin meydana getireceği zararlardan çok daha ekonomik olmak ve bu ekonomik fayda ile çok kısa sürede geri kazanılmaktadır (Knapp vd., 1991; Lee ve Huang, 2012; Sarıgöl, 2018). Bir taşkın dalgası akarsu yatağı veya biriktirme haznesinden geçerek mansaba doğru ilerlerken debisinde ve hızında değişime uğramaktadır. Bu değişim, taşkın dalgasının geçtiği bölgenin fiziksel ve topoğrafik özelliklerine (suyu

geri tutma) bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, taşkın dalgasının geçişi sırasında debi zamanla azalmakta ve zamana göre bir miktar geciktirilmesi için bu hareket " Taşkın Ötelenmesi" olarak adlandırılmaktadır (Sarıgöl, 2018). Başka bir deyişle taşkın ötelenmesi, taşkın dalgasının bir kanal veya hazne boyunca herhangi bir noktadaki debi değerlerinin zamana bağlı olarak değişiminin hesaplanmasıdır (Atalay, 2008). Taşkın ötelenmesinin hesabı için geliştirilen yöntemler, esas olarak hidrolojik ve hidrolik yöntemler olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Bu yöntemlerden hangilerinin gerçeğe daha yakın değer verdiğinin belirlenmesi için uygulanabilecek en iyi yöntem, arazide yapılmış ölçümler sonucu elde edilen hidrograflar ile yöntemlerin hesapladığı hidrografların karşılaştırılmasıdır. Bu çalışmada, Denizli İli Buldan İlçesi Büyük Menderes Havzası'nda meydana gelen taşkına ait 9731 km<sup>2</sup> alana sahip E07A043 nolu Akım Gözlem İstasyonu'nda (AGİ) ve bu AGİ'nun 4.743 km mansabındaki D07A115 nolu AGİ'nde gözlenen birer saat aralıklı hidrograf verileri kullanılarak, ölçülen değerler ile hidrolojik ve hidrolik modellerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmada hidrolojik modeller olarak Muskingum ve SCS; hidrolik modeller olarak da Kinematik Dalga, Muskingum-Cunge ve Dinamik yöntemler uygulanmıştır. Modellerin ölçülen değerlere uygunluğu; ölçülen ve modellerden hesaplanan değerler arasındaki Ortalama Mutlak Hata (OMH), Hataların Ortalama Karekökü (HOK) ve Belirlilik Katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri hesaplanarak belirlenmiş ve yöntemlerin performansları irdelenerek hangi yöntemin daha iyi sonuç verdiği değerlendirilmiştir.

## 2. Çalışmanın Amacı

Taşkın ötelenmesi, taşkın dalgasının bir kanal veya hazne boyunca herhangi bir noktadaki debi değerlerinin zamana bağlı olarak değişiminin hesaplanmasıdır. Taşkın kontrolü açısından taşkın öteleme hesaplarının pek çok faydası bulunmakta olup, bunların en önemlisi, akarsuyun belirli bir kesitteki taşkın büyüklükleri bilindiğinde, bu kesitin kilometrelerce mansabındaki bir kesitteki taşkın hidrograflarının saatlerce önceden tahmin edilebilmesi ve böylece can ve malın kurtarılması ve taşkın zararlarının en aza indirilmesi için gerekli zamanın kazanılabilmesi ve sonuçta taşkın zararlarının azaltılmasıdır.

## 3. Materyal ve Yöntem

### 3.1 Kullanılan Yöntemler

Literatürde taşkın ötelenmesi konusunda kullanılan sayısal yöntemler genel olarak hidrolojik yöntemler ve hidrolik yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Choi, 2013; Chow vd., 1988).

#### 3.1.1 Hidrolojik Yöntemler

Hidrolojik taşkın ötelenmesinin geniş bir kullanım alanı vardır ve mühendislik uygulamalarında da sık sık kullanılır. Esas amaç hidrolik yapıların tasarımı ve taşkın önlemlerinin alınmasında taşkın ötelenmesi yaparak taşkın hızının ve büyüklüğünün belirlenmesidir (Tewold, 2005). Hidrolojik yöntemler kurulurken sadece süreklilik denklemi kullanılır (Ülke, 2001). Akım derinliği ve debi iki bilinmeyen parametre olup, çözümü için ise bir denkleme daha ihtiyaç gerektirmesidir. Bu denklem de akarsu parçasındaki biriktirme hacmi ve giren-çıkan debiler arasında bir bağıntı kurularak elde edilir. Bu yöntemde, akarsu eşit uzunlukta parçalara ayrılarak ötelenme işlemi yapılır (Cheng, 2011; Choi, 2013). En üst parçadan en alta doğru, her bir parça için bilinen giriş hidrografi kullanılarak çıkış hidrografi adım adım hesaplanır. Çıkış hidrografi bir sonraki parçanın giriş hidrografi olarak kabul edilerek hesaplar yapılır. Bu şekilde belirli zaman aralıklarında akarsuyun belirli kesitlerindeki debi bulunur. Hidrolik yöntemlere göre gerek çabuk hesap yapılması ve gerekse havzayla ilgili az bilgiye ihtiyaç duyulmasından dolayı tercih edilir. Hidrolojik yöntemler olarak Straddle-Stagger, Tatum, Muskingum ve SCS yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak, son zamanlarda literatürde yaygın olarak kullanılmasından dolayı bu çalışmada Muskingum ve SCS yöntemleri kullanılmış ve aşağıda açıklanmıştır.

**Muskingum Yöntemi:** Muskingum Yöntemi 1930'lu yıllardan itibaren nehir mühendisliği uygulamalarında geniş bir şekilde kullanılmıştır (Kundzewicz ve Strupczewski, 1982; Ülke, 2003). Bu yöntem hidrolojik yöntemlerden olup, ilk olarak 1938 yılında U.S Army Corps of Engineers ve McCarty tarafından Muskingum nehrindeki taşkınların ötelenme çalışmalarında kullanılırken geliştirilen yöntem geniş bir kullanım alanına sahip olup, taşkın ötelenme işlemlerinde çok sık kullanılır. Yöntem kurulurken süreklilik denklemi baz alınır ve dinamik etkiler ihmal edilir. Bu yöntemin temeli akarsu parçasındaki hem süreklilik, hem de depolama ve giriş, çıkış akımları arasında lineer bir ilişki olduğu kabulüne dayanır (Chaudhry, 2008; Wang vd., 2006). Muskingum Yöntemi ile ötelenmenin temeli, akarsu parçasına süreklilik denkleminin uygulanmasına dayanır (Bayazit vd., 1997). Muskingum Yöntemi az eğimden dik eğime doğru artan eğimlerde iyi sonuçlar vermekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır (Maidment, 1993; Afzali, 2016). Muskingum Yönteminin taban eğiminin yüksek olduğu akarsularda ve hidrografın yükselme süresinin büyük olması durumunda iyi sonuç verdiği belirlenmiştir (Ülke, 2001). Bu yöntem basitliği sebebiyle en sık kullanılan ötelenme yöntemlerinden birisidir (Tung, 1985; Sarıgöl, 2018).

**SCS Yöntemi:**  $\Delta x$  uzunluğundaki akarsu parçası için ötelenmede kullanılan  $\Delta t$  zaman aralığı uygun şekilde seçilerek ötelenme işlemi yapıldığında, zaman aralığı bitimindeki  $y_2$  çıkış debisi, zaman aralığının başlangıcındaki  $x_1$  ve  $y_1$  debileri arasında kalmakta, buna göre ele alınan hidrografın yükselme bölgesinde  $x_1 > y_2 > y_1$ , alçalma bölgesinde ise  $x_1 < y_2 < y_1$  şeklinde olur.

### 3.1.2 Hidrolik Yöntemler

Hidrolik yöntemlerde akım yerin ve zamanın bir fonksiyonu olarak hesaplanır. Süreklilik denklemine ek olarak hareket (momentum) denklemi kullanılır. Başlıca hidrolik ötelenme yöntemleri Difüzyon Dalga Yöntemi, Kinematik Dalga Yöntemi (Cheng, 2011; Karahan, 2012; Ogunlela ve Kasali, 2014), Muskingum-Cunge Yöntemi (Wang vd., 2006; Afzali, 2016; Elbasher, 2011) ve Dinamik Dalga Yöntemi şeklindedir. Kinematik Dalga, Muskingum-Cunge ve Dinamik Yöntem (Haktanır ve Özmen, 1997; Keskin ve Ağırlioğlu, 1997; Soentoro, 1991) ile yapılan çalışmalar literatürde yaygın olarak kullanıldığından dolayı, bu çalışmada tercih edilmiş ve aşağıda açıklanmıştır.

**Kinematik Dalga Yöntemi:** Kinematik Dalga Yöntemi teorisi taşkın dalgası hareketini tanımlamak için basitleştirilmiş bir yaklaşımdır. Bu yöntemin temel varsayımı, su akımındaki kontrol hacmine etkiden sürtünme kuvvetinin akım yönündeki kuvvet ile dengelenmesidir. Kinematik yöntemin temel avantajı, dinamik denklemin çözümünden kolay olması ve hesapların sadeleştirilmesidir. Kinematik yöntemin dezavantajı ise, fiziksel geçerlilik ile yöntem çözümler arasında olan belirsizlik olup bu da denklemlerdeki sadeleştirilmenin artmasıyla artmaktadır (Atalay, 2008; Akbari ve Firoozi, 2010). Kinematik Yöntemle yapılan taşkın ötelenme hesaplarında sonuç hidrografları mesafeden etkilenmektedir (Soleymani ve Delphi, 2012; Cheng, 2011). Kinematik dalga yöntemi kabarma etkilerinin olduğu akarsularda kötü sonuçlar vermesine rağmen, Saint-Venant denklemleri ile çözümü yapılan diğer yöntemlere göre en geniş kullanımı olan yöntemlerdendir (Xia, 1992).

**Muskingum-Cunge Yöntemi:** Hareket eden taşkın dalgasının sönmülmesine sebep olan kanalın fiziksel şartları ve akım özellikleri akımın bir fonksiyonu olarak değiştiğinden, bu yöntem doğrusal katsayılı olmayan bir yöntemdir. Muskingum-Cunge Yönteminde kanalın fiziksel özellikleri ve giriş hidrografına bağlı olarak ötelenme yapıldığından dolayı yöntem, hidrolik bir yöntem olarak görülmektedir (Barry ve Bajracharya, 1995). Muskingum-Cunge Yöntemi Saint Venant denklemlerindeki basınç, ağırlık ve sürtünme kuvvetlerini göz önüne alıp, atalet terimlerinin ihmal edildiği difüzyon formuna dayanır. Cunge, Muskingum Yöntemini birinci dereceden difüzyon denklemi gibi sonlu fark ifadesini kullanarak geliştirmiş ve bu da Muskingum-Cunge Yöntemi olarak adlandırılmıştır. Muskingum-Cunge yöntemi taşkın ötelenme problemlerini çözmek için sıklıkla uygulanan etkili bir tekniktir. Bu yöntemde iki serbest parametre olup bunlar zamansal ve mekânsal olarak adlandırılır. Yöntemin doğruluğu da bu parametrelerin seçilen aralıklarına bağlıdır (Barry ve Bajracharya, 1995). Muskingum-Cunge Yönteminin sonuçlarıyla teorik olarak hesaplanan pik debi ve ötelenme süresinin karşılaştırılması sonucunda, analitik ve sayısal sonuçlar arasındaki yakınlık, Muskingum-Cunge Yönteminin taşkın ötelenmede rutin uygulamalar için uygulanabilir ve doğru bir yöntem olduğunu göstermektedir (Ponce vd., 1996). Eğer bir akarsuda giren ve çıkan akım hidrografları daha önceden gözlenerek elde edilmemişse K ve a parametreleri belirlenemez. Bu durumda Muskingum denklemi x ve t sonlu farklar ağına yazılarak her kesitte hesaplanacak şekilde Muskingum-Cunge Yöntemi kullanılır (Özmen, 1999). Muskingum-Cunge Yönteminin hesaplamaları diğer hidrolik yöntemlere göre daha kolay olup, arazi verileri bakımından daha az bilgiye ihtiyaç duymaktadır (Shultz, 1992). Genel olarak, Muskingum-Cunge Yöntemi taşkın ötelenmede akarsuda yanak akım olmadığı zaman Kinematik Dalga Yönteminden daha üstün ve daha fazla tercih edilen bir yöntemdir (HEC-1, 1990).

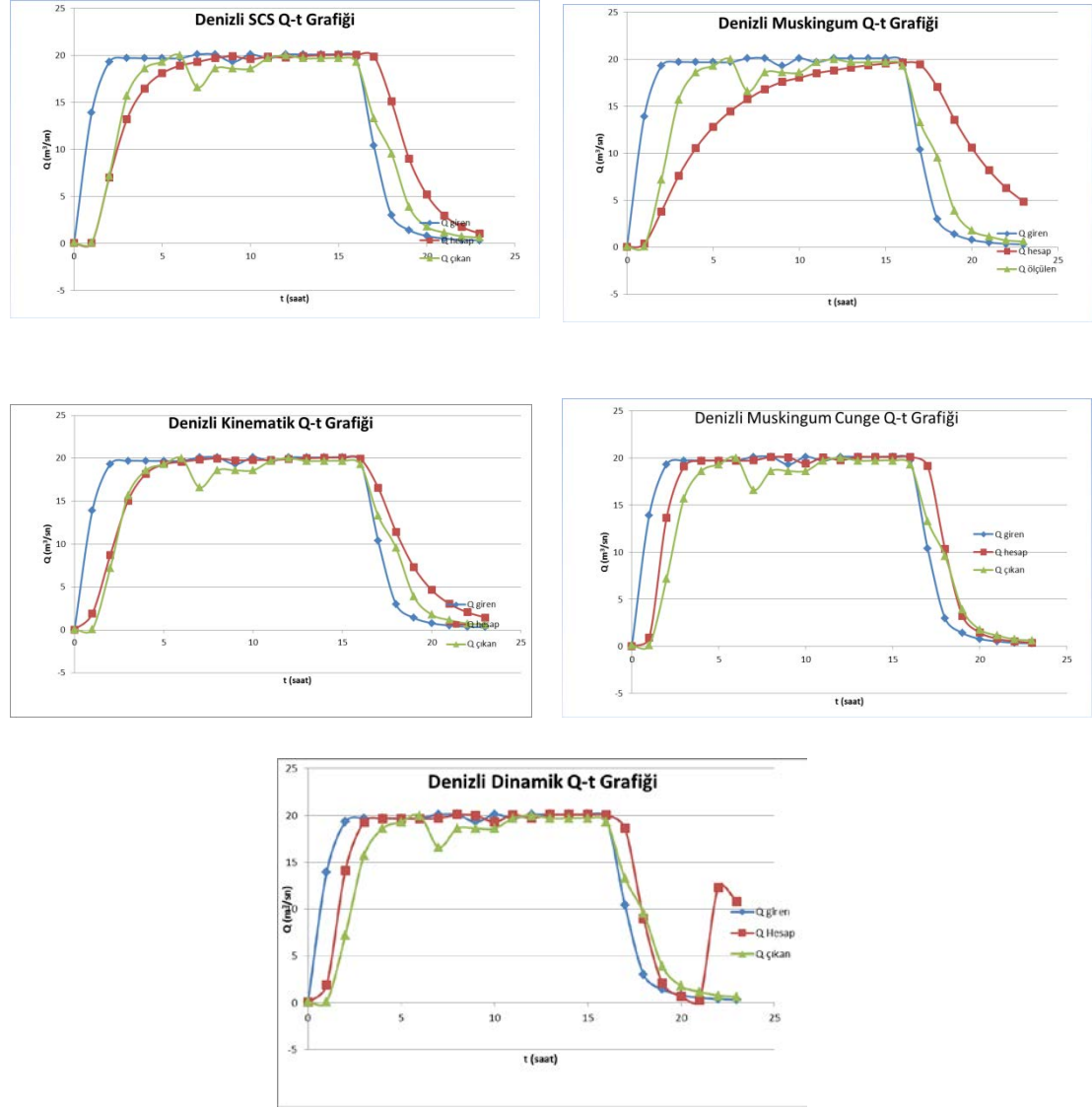
**Dinamik Yöntem:** Dinamik taşkın ötelenme yöntemi başlangıç ve sınır koşullarının oluşturulması açısından uygulanması en zor yöntemlerden birisidir (Chatila, 1992). Zamanla değişen üniform olmayan akımların incelenmesi zor bir iş olup, üniform akımdaki gibi seviye ile debi arasında tek bir ilişki olmayıp, seviye hem debiye hem de enerji çizgisinin eğimine bağlıdır. Taşkın sırasında akımın ana yataktan taşkın yatağına yayılması ve yan kollar, baraj haznelere, köprüler ve kesit değişmesi sonucu su yüzeyinde kabarma etkilerinin oluşması problemi daha zor hale getirmektedir. Bu tür olaylar Saint-Venant denklemlerinin tüm terimlerinin göz önünde tutulması sonucu incelenebilmektedir. Ancak bu denklemlerin analitik çözümleri elde edilemediğinden, sayısal yöntemlerden olan sonlu fark metodu kullanılarak çözüme gidilmektedir. Akarsu taban eğimi ve sürtünme katsayısının farklı kombinasyonları şeklinde yapılan hesaplamalarda ise Dinamik Yöntem diğer yöntemlere göre daha esnek, hızlı ve doğru sonucu bulmada etkili bir yöntemdir (Soentoro, 1991).

### 3.2 Kullanılan Veriler

Bu çalışmada, (DSİ, 2017) Denizli İli Buldan İlçesi Büyük Menderes Havzası'nda meydana gelen taşkına ait 9731 km<sup>2</sup> alana sahip E07A043 nolu Akım Gözlem İstasyonu'nda (AGİ) ve bu AGİ'nun 4.743 km mansabındaki D07A115 nolu AGİ'nde gözlenen birer saat aralıklı hidrograf verileri kullanılarak, ölçülen değerler ile hidrolojik ve hidrolik modellerin sonuçları karşılaştırılmıştır. AGİ için Manning Pürüzlülük Katsayısı  $n = 0.097$  ve taban eğimi de  $J = 0.0033$  olarak hesaplanmıştır.

### 4. Bulgular

İncelenen bölgedeki gözlenen ve çeşitli yöntemlere göre hesaplanan taşkın hidrografları Şekil 1'de, yapılan taşkın ötelenme hesapları sonucunda hesaplanan değerlerle gerçek değerler arasındaki Ortalama Mutlak Hata (OMH), Hataların Ortalama Karekökü (HOK) ve Belirlilik Katsayısı ( $R^2$ ) değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Gözlenen ve çeşitli yöntemlere göre hesaplanan taşkın hidrografları

Tablo 1. Denizli İli Buldan İlçesi Taşkın Ötelenme Yöntemleri Sonuç Hata Analizi

Denizli	Muskingum Yöntemi	SCS Yöntemi	Kinematik Yöntem	Muskingum-Cunge Yöntemi	Dinamik Yöntem
HOK	3,70	1,64	1,14	1,26	2,27
OMH	4,94	2,43	1,54	2,10	3,81
R <sup>2</sup>	0,62	0,92	0,98	0,95	0,83

## 5. Sonuç

Ülkemizde meydana gelen taşkınlar hem can hem de mal kaybına sebep olmakta, bu da ülkemiz ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı, bir taşkın afeti esnasında taşkın meydana geldiği yerdeki taşkın hidrografi kullanılarak, bu noktanın kilometrelerce mansabındaki bir yerdeki taşkın hidrografının tahmin edilmesidir.

Kinematik Yönteminin OMH ve HOK hata değerleri küçük, R<sup>2</sup> değeri de büyük olduğundan, incelenen havzada en iyi yöntemin bu yöntem olduğu görülmüştür. Muskingum-Cunge ve SCS yöntemlerinin hata değerleri kabul edilebilir düzeyde olup, belirlilik katsayıları da oldukça yüksek olduğundan, bu yöntemlerin de iyi sonuç verdiği söylenebilir. Muskingum ve Dinamik yöntemlerin sonuçları ise, hem yüksek hata hem de düşük belirlilik katsayıları sebebiyle, kabul edilemeyecek kadar başarısız çıkmıştır.

Yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre (Sarigöl, 2018), akarsu pürüzlülük katsayısının (n) ötelenme yöntemleri üzerindeki etkileri incelendiğinde pürüzlülük katsayısının artmasının; Kinematik Yöntem performansını olumlu, Dinamik, SCS ve Muskingum Cunge Yöntemlerinin performansını ise olumsuz

etkilediği belirlenmiştir. Çalışma alanı olan Denizli İli Buldan İlçesi AGİ'da n değeri 0.097 olarak hesaplanmıştır ki bu değer doğal akarsular için büyük bir değerdir, diğer bir ifadeyle AGİ'nun çevresi fazla pürüzlülüğe sahiptir. Bu durumda, büyük n değeri için Kinematik Yöntem iyi sonuç verirken, Dinamik, SCS ve Muskingum-Cunge yöntemlerinin ise kötü sonuçlar verdiği ve yapılan çalışmalarla da uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Akarsu yatak eğiminin, yöntemlerin performansına etkisi irdelendiğinde (Sarığöl, 2018), taban eğiminin artmasının Muskingum Yönteminin performansını önemli ölçüde, SCS Yönteminin performansını ise az miktarda artırdığı belirlenmiştir. Az bir eğime sahip olan ( $J = 0.0033$ ) inceleme bölgesinde bu iki yöntemin kötü sonuç vermesi de yukarıdaki çalışmanın bulgularıyla uyum içerisinde olduğunu göstermektedir..

### 6. Kaynaklar

- Afzali S. H., 2016. Variable-Parameter Muskingum Model, Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering, Vol.40 (1), pp. 59-68
- Akbari, G. ve Firoozi, B., 2010. Implicit and Explicit Numerical Solution of Saint-Venant Equations for Simulating Flood Wave in Natural Rivers, 5th National Congress on Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
- Atalay, O., 2008. Taşkın Hidrografının Elde Edilmesiyle İlgili Yöntemlerin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, KÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli.
- Barry, D. A. ve Bajracharya, K., 1995. On The Muskingum-Cunge Flood Routing Method, Environment International, Vol. 21(5), pp. 485-490.
- Bayazıt, M., 1995. Hidroloji, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası.
- Bayazıt, M., Avcı İ. ve Şen Z., 1997. Hidroloji Uygulamaları, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası.
- Bayazıt, M. ve Önöz B., 2008. Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Chatila, J. G., 1992. Application and Comparison of Dynamic Routing Models For Unsteady Flow in Simple and Compound Channels, Master Thesis, University of Ottawa, Canada.
- Chaudhry, H. M., 2008. Open-Channel Flow Second Edition, Springer Science Business Media, LLC, 324.S, USA.
- Cheng, J. Y., 2011. Modification of Kinematic Wave Cascading Model for Low Impact Watershed Development, Doctor of Philosophy Dissertation, University of Colorado, Denver.
- Choi, C. C., 2013. Coupled Hydrologic And Hydraulic Models And Applications, Master Theses, The University of Iowa, Iowa
- Chow, V. T., Maidment, D. R. ve Mays L. W., 1988. Applied Hydrology, McGraw-Hill, Inc, USA.
- Çimen, M., 1995. Difüzyon Yöntemi ile Akarsu Yatağındaki Taşkınların Ötelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Devlet Su İşleri, <http://rasatlar.dsi.gov.tr/>, 04.Ekim.2017.
- Elbashir, S. T., 2011. Flood Routing in Natural Channels Using Muskingum Methods, Master Theses, Dublin Institute of Technology.
- Gökoğlu, F., 2000. Akarsularda Taşkın Dalgalarının Sayısal Analizi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Haktanir, T. ve Özmen, H., 1997. Comparison of Hydraulic and Hydrologic Routing on Three Long Reservoirs, Journal of Hydraulic Engineering, Vol.123 (2), pp.153-156.
- Hec-1, 1990. Flood Hydrograf Package, User's Manual, Hydrologic Engineering Center, U. S. Army Corps of Engineers.
- Jayyousi, F. E., 1994. Evaluation of Flood Routing Techniques for Incremental Damage Assessment, Doctor of Philosophy Dissertation, Utah State University, Utah.
- Karahan, H. ve Gürarslan, G., 2012. Kinematik Dalga Yaklaşımı Kullanılarak Taşkın Öteleme Problemlerinin Modellenmesi: Sütçüler Örneği, VII. Ulusal Hidroloji Kongresi.
- Keskin, M. E. ve Ağırlioğlu, N., 1997. A Simplified Dynamic Model for Flood Routing in Rectangular Channels, Journal of Hydrology, Vol. 202, pp. 302–314.
- Knapp, H. V., Durgunoglu, A. ve Ortel, T. W., 1991. A Review of Rainfall-Runoff Modeling for Stormwater Management, U.S. Geological Survey, Hydrology Division, Illinois.
- Kundzewicz Z. W. ve Strupczewski W. G., 1982. Approximate Translation in the Muskingum Model, Hydrological Sciences Journal, Vol.27 (1), pp. 19-17.
- Lee, K. T. ve Huang, P. C., 2012. Evaluating the Adequateness of Kinematic-Wave Routing for Flood Forecasting in Midstream Channel Reaches of Taiwan, Journal of Hydroinformatics, 14.4, pp: 1075-1088.
- Maidment, D. R., 1993. Handbook of Hydrology, McGraw-Hill, Inc. P10.1.
- Ogunlela, A. O. ve Kasali, M. Y., 2014. Kinematic Flood Routing of Asa River, International Journal of Engineering and Technical Research, Vol. 2 (3), pp.13– 17.
- Özmen, H., 1999. Baraj Gölünden Taşkın Öteleme Modelleri, Doktora Tezi, ÇÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Ponce, V. M., Lohani, A. K. ve Scheyhing, C. 1996. Analytical Verification of Muskingum-Cunge Routing, Journal of Hydrology, Vol. 174(3-4), pp. 235-241.

- Sarıgöl, M., 2018. Taşkın Ötelenmesinde Kullanılan Bazı Hidrolojik ve Hidrolik Yöntemlerinin Performanslarının Karşılaştırılması, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Trabzon.
- Shultz, M. J., 1992. Comparison of Flood Routing Methods for Rapidly Rising Hydrograph Routed Through a very Wide Channel, Master Thesis, The University of Texas, Arlington.
- Soentoro, E. A., 1991. Comparison of Flood Routing Methods. Master Theses, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- Soleymani, M. ve Delphi, M., 2012. Comparison of Flood Routing Models (Case Study: Maroon River, Iran), World Applied Sciences Journal Vol. 16 (5), pp: 769-775.
- Tewold, M. H., 2005. Flood Routing in Ungauged Catchments Using Muskingum Model, Master Theses, University of Kwa-Zulu-Nata, Pietermaritzburg.
- Tewold, M. H. ve Smithers, J. C., 2006. Flood Routing in Ungauged Catchments Using Muskingum Methods, Water SA. Vol.32(3) pp.379-388
- Tung, Y. K., 1985. River Flood Routing By Nonlinear Muskingum Method, Journal of Hydraulic Engineering, 111 (12), 1447-1460.
- Ülke, A., 2001. Taşkın Öteleme Metodları, Seminer I Notları, Isparta.
- Ülke, A., 2003. Muskingum Metodu Kullanılarak Taşkın Ötelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, SDÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Wang, G. T., Yao, C., Okoren, C. ve Chen, S. 2006. 4-Point FDF of Muskingum Method Based on The Complete St Venant Equations, Journal of Hydrology, Vol.324 (1), pp.339-349.
- Xia, R., 1992. Sensitivity of Flood Routing Models to Variations of Momentum Equation Coefficients and Terms, Doctor of Philosophy Dissertation, University of Illinois, Urbana.