

Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Anlık Birim Hidrografların Elde Edilmesi

Mustafa Utku YILMAZ

Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırklareli
E-Posta: utkuyilmaz@klu.edu.tr

Evren ÖZGÜR

İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji
Mühendisliği Bölümü, İstanbul
E-Posta: ozgurev@itu.edu.tr

E. Beyhan YEĞEN

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul
E-Posta: emineb@itu.edu.tr

Öz

Akarsu havzalarındaki yağış akış ilişkisinin karmaşıklığından dolayı bazı kabuller yapılarak sistemin bir matematik modeli kurulmaktadır. Yağış akış modellemesinde halen bir bileşen olarak bir havzanın anlık birim hidrografi kullanılmaktadır. Bu çalışmada Tokat-Akdoğan çayı havzası için anlık birim hidrografların elde edilmesi amaçlanmıştır. Anlık birim hidrografların elde edilmesinde yaygın olarak kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarından yararlanılmıştır. ArcGIS programı yardımıyla çalışma alanına ait 30 metre çözünürlüğündeki ASTER GDEM sayısal yükseklik modeli verileri kullanılarak bazı havza karakteristikleri belirlenmiştir. Anlık birim hidrograflar ise Rodriguez-Iturbe ve Valdes ile Gupta ve Waymire yöntemleri kullanılarak elde edilmiştir. CBS yardımıyla elde edilen anlık birim hidrograflar, güvenilir ölçümü olmayan akarsu havzalarında taşkın debilerinin tahmini için kolaylıkla kullanılabilir.

Anahtar sözcükler: Havza hidrolojisi, Anlık birim hidrograf, CBS, ArcGIS.

Giriş

Anlık birim hidrograf (ABH), artık yağış süresinin sonsuz küçülmesi halinde elde edilecek birim hidrografa denir (Bayazit, 2011). Diğer bir ifadeyle ABH bir havzaya sıfır zamanda düşen birim derinlikte bir yağıştan meydana gelen birim hidroraftır. Dolayısıyla sonsuz şiddetli bir etkili yağışın sıfır zaman süresinde gelmesiyle meydana gelen doğada gözlenmeyen hayali bir hidroraftır (Usul, 2008). Yağışla akış arasında ilişki kuran bir matematiksel fonksiyon olan ABH kavramı matematik analizi kolaylaştırmak için ortaya konulmuştur (Bayazit, 2011). ABH'nin şekli basit bir yağışın hidrografına benzemektedir. Diğer birim hidrograflardan ayıran özelliği ise yağış süresinden bağımsız olmasıdır. ABH, yağış süresine bağımlı olmadığından teorik çalışmalar için daha uygundur. ABH, jeomorfolojik havza karakteristiklerine bağlı

olarak çeşitli yöntemlerle belirlenebilmektedir. Havza karakteristikleri ise kolaylığı ve geçerliliğinin yüksek olmasından Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak belirlenebilmektedir.

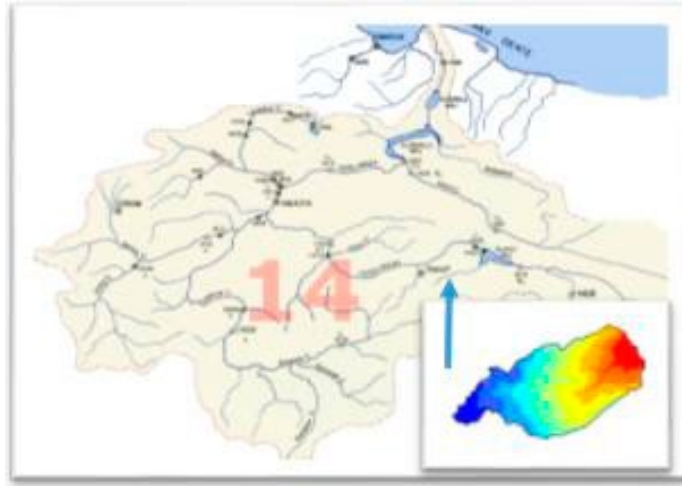
CBS, en genel tanımıyla dünya üzerindeki nesne ve olayları analiz etmek ve haritalamak için geliştirilmiş olan bilgisayara dayalı bir sistem olarak ifade edilebilir. Bu sistemlerin en önemli özelliği, karar verme işlemini kolaylaştırmada ve bu süreci kısaltmada etkili olmasıdır (Yomralıoğlu, 2000). CBS, günümüzde farklı disiplinlerde kullanım alanına sahiptir. Son yıllarda özellikle hidroloji ve su kaynakları alanlarında CBS kullanımı yaygınlaşmıştır. Su kaynaklarının planlamasına temel teşkil eden su toplama havzalarının belirlenmesinde CBS kullanımı büyük önem arz etmektedir (Güreşçi ve diğ., 2012).

Bu çalışmada, bir havzanın anlık birim hidrograflarının CBS katkısıyla elde edilmesi amaçlanmıştır. Havzanın sınırlarının oluşturulması ve anlık birim hidrografların elde edilmesinde kullanılacak havzaya ait bazı havza karakteristiklerinin belirlenmesi için CBS yazılımlarından ArcGIS programı kullanılmıştır.

Yöntem ve Uygulama

Çalışma Alanı

Bu çalışmada Tokat-Akdoğan çayı havzası kullanılmıştır. Bu havza Yeşilirmak havzası içerisinde yer almaktadır. Akdoğan havzası Zile ilçesine 9.0 km, Tokat il merkezine 76.0 km uzaklıktadır. Havzanın çıkış yerinin enlemi 40° 18' 02'' Kuzey, boylamı 35° 47' 23'' Doğu'dur (Sevinç ve diğ., 2000). Havzanın konumu Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Tokat-Akdoğan çayı havzası

Havzaya ait sayısal yükseklik verisi için ASTER GDEM verisi tercih edilmiştir. ASTER GDEM sayısal yükseklik modeli verileri 30 metre çözünürlüğündedir. Çıkış noktası bilinen bu havzanın sınırları ArcGIS programı ile belirlenmiş ve havzanın fiziksel ve akış karakteristikleri ortaya çıkarılmıştır (Yılmaz ve diğ., 2015).

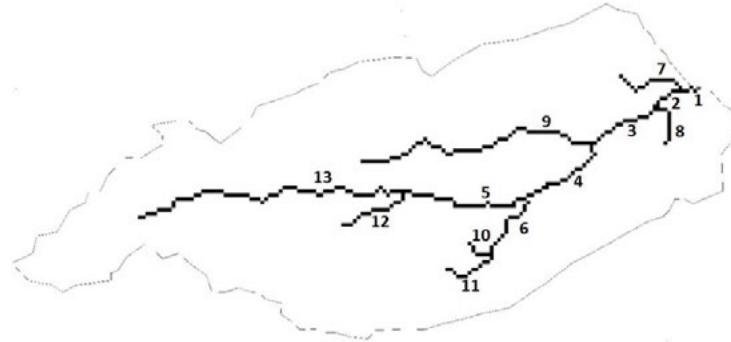
Tablo 1, Tokat-Akdoğan çayı havzasının bazı havza özelliklerine ait ArcGIS program sonuçları ile gözlenmiş değerlerin karşılaştırılmasını göstermektedir. Gözlem değerleri

ile belirlenen değerler karşılaştırıldığında sonuçların geçerliliğinin yüksek olduğu söylenebilir.

Tablo 1. Tokat-Akdoğan Havza zelliklerine ait değerlerin karşılaştırılması

<i>Havza Karakteristikleri</i>	Köy Hizmetleri Genel Müd. Gözlem Sonuçları (Greřci ve diğ., 2012)	ArcGIS Programında Belirlenen Sonuçlar
<i>Havza Alanı (km²)</i>	7.046	7.376
<i>Havza evre Uzunluęu (km)</i>	13.008	11.150
<i>Havza Mın. Yükseklięi (m)</i>	949.0	945.0
<i>Havza Ort. Yükseklięi (m)</i>	1133.0	1133.0
<i>Havza Maks. Yükseklięi (m)</i>	1330.0	1350.0
<i>Ana Su Yolu Uzunluęu (km)</i>	4.800	5.173

şekil 2’de görülen Tokat-Akdoğan ayı havzasının 3. mertebeden bir akarsu ağı ArcGIS programı ile belirlenmiştir, Tablo 2’de numaralandırılan akarsu kollarının uzunlukları aynı program vasıtasıyla llmřtr.

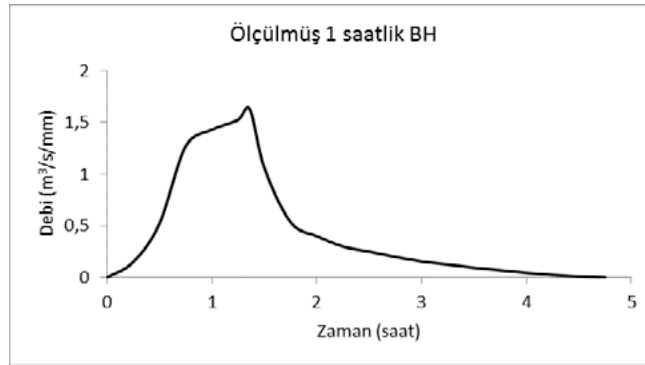


şekil 2. Tokat-Akdoğan akarsu ağı

Tablo 2. Akarsu kollarının uzunlukları

No	Mertebe	Uzunluk (km)
1	3.	0,167
2	3.	0,259
3	3.	0,584
4	3.	0,761
5	2.	0,974
6	2.	0,548
7	1.	0,639
8	1.	0,365
9	1.	2,069
10	1.	0,228
11	1.	0,472
12	1.	0,609
13	1.	2,428

Şekil 3'te Tokat-Akdoğan çayı havzasının Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) verileriyle elde edilen bir saatlik birim hidrografi verilmiştir.



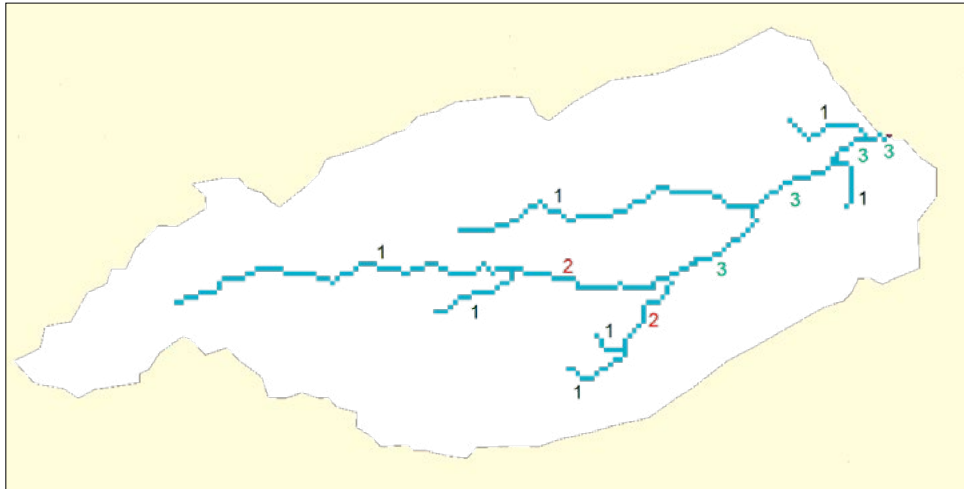
Şekil 3. Tokat-Akdoğan çayı havzası ölçülmüş BH (Güreşci ve diğ., 2012)

Anlık Birim Hidrograflar

Havzanın Anlık Birim Hidrografi havza üzerine anlık ve üniform olarak bırakılan yağış taneciklerinin tutulma zamanlarının (havza çıkışına varış zamanları) olasılık yoğunluk fonksiyonudur. Çalışmada Tokat-Akdoğan çayı havzası için ABH'ı jeomorfolojik havza karakteristiklerine bağlı olarak belirleyen Rodriguez-Iturbe ve Valdes ile Gupta ve Waymire (RV ve GW) yöntemleri (I. Rodriguez-Iturbe, V.K. Gupta, 1983) kullanılmıştır.

Rodriguez-Iturbe ve Valdes Yöntemi

Rodriguez-Iturbe ve Valdes Yöntemi, literatürde üstel dağılmış jeomorfolojik anlık birim hidrograf (JABH) olarak bilinmektedir. Bu yöntemde ilk aşamada mertebelendirilen akarsu ağı için yollar (path) ve bağlantılar (link) belirlenir. Daha sonra her bir link için başlangıç olasılıkları hesaplanır. Bu durumda kanal karışım (channel merger) olasılıkları bulunur. Şekil 4'te görüldüğü gibi mertebelendirilen çalışma havzasının akarsu ağının yolları $S_1=1-2-3$, $S_2=1-3$, $S_3=2-3$, $S_4=3$ olarak 4 farklı şekildedir.



Şekil 4. Tokat-Akdoğan çayı havzası akarsu ağının mertebelendirilmesi

Akım ağında toplam 13 tane link vardır. Bunlardan 7 tanesi 1. mertebeden, 2 tanesi 2. mertebeden ve 4 tanesi de 3. mertebededir. Öyle ise başlangıç olasılıkları $\pi_1=7/13$, $\pi_2=2/13$ ve $\pi_3=4/13$ olur. 7 adet 1. mertebe link'ten 4 tanesi 2. mertebeye ve diğer 3 tanesi ise 3. mertebeye dökülmektedir. 2 adet 2. mertebe linkin hepsi de 3. mertebeye dökülmektedir. Bu durumda kanal karışım (channel merger) olasılıklarını yazmak istenirse, $P_{12}=4/7$, $P_{13}=3/7$ ve $P_{23} =1$ olur. Yol (path) olasılıkları Tablo 3'teki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 3. Yol olasılıkları

P(S₁)	$\Pi_1 \cdot P_{12} \cdot P_{23} = 0.308$
P(S₂)	$\Pi_1 \cdot P_{13} = 0.231$
P(S₃)	$\Pi_2 \cdot P_{23} = 0.154$
P(S₄)	$\Pi_3 = 0.308$

Akarsuya ait tutma zamanı fonksiyonu (holding time density function) Tablo 4'te gösterilmiştir. Bunu olasılık yoğunluk fonksiyonuna benzetmek mümkündür.

Tablo 4. Tutma zamanı fonksiyonu

	1	2	3	4	5
f₁(t)	1	0	0	0	0
f₂(t)	1	0	0	0	0
f₃(t)	1/4	1/4	1/4	1/4	0

Tablo 4'e bakılırsa 1. mertebe durumda linklerin hepsi 1 zaman birimi sonunda suyunu bir diğer mertebe linke ulaştırmaktadır, bu durumda olasılığı 1'dir. 2. mertebe durumdaki linkler için de aynı durum geçerlidir.

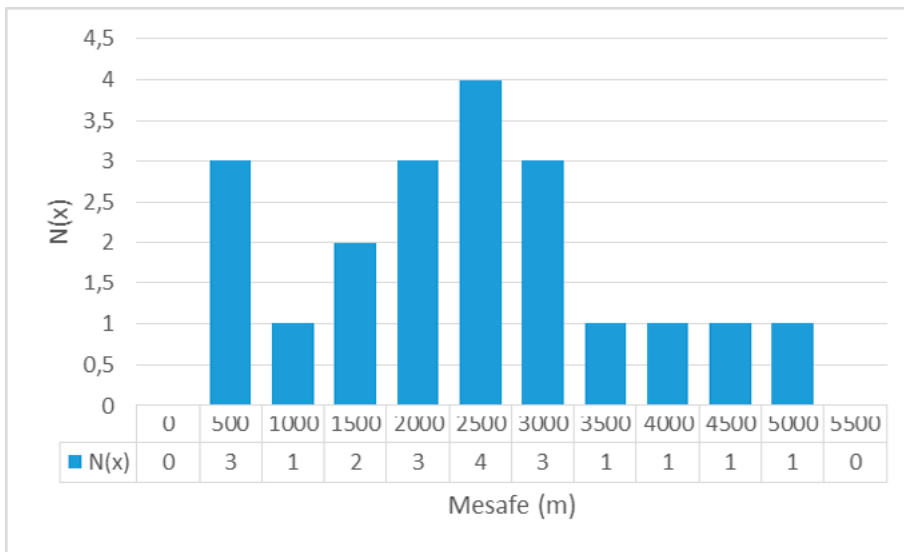
Yöntemin son aşamasında havzanın davranışı (response) hesaplanır. Bu adımda tutulma zamanları (holding time functions) toplanıp, bu değerler başlangıç olasılıkları ile çarpılarak nihai olasılıklar elde edilir. Bu olasılıklar da anlık birim hidrografın ordinatlarına karşılık gelmektedirler. Tablo 5'te bu hesaplamalar gösterilmiştir.

Tablo 5. Havzanın davranışı

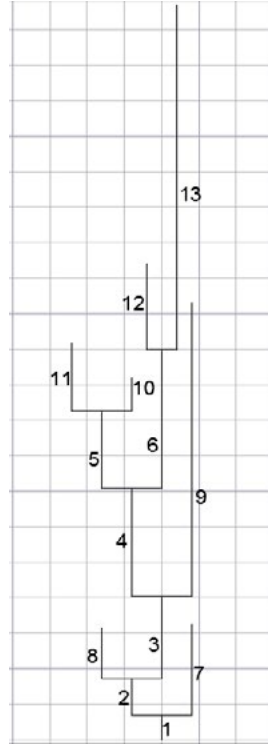
	t	0	1	2	3	4	5	6	7	8
S₁	f₁*f₂*f₃	0,0 0	0,00	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,0 0	0,0 0
S₂	f₁*f₃	0,0 0	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	0,0 0	0,0 0
S₃	f₂*f₃	0,0 0	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	0,0 0	0,0 0
S₄	f₃	0,0 0	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	0,0 0	0,0 0
	Havzanın n davranışı	0,0 0	0,076 9	0,173 0	0,249 9	0,249 9	0,173 0	0,076 9	0,0 0	0,0 0

Doğrusal öteleme JABH olarak da bilinen bu yöntemde akarsu ağının düğüm noktalarına anlık ve üniform olarak bırakılan yağış girdisi havzanın çıkışına ötelenmektedir. Öteleme genellikle doğrusaldır. En basit hal sabit hız ile yapılan sadece ötelemedir. Bu durumda ABH, akarsu ağının genişlik fonksiyonuna benzer olacaktır. Akarsu ağının genişlik fonksiyonu havzanın zaman-alan diyagramına benzer bir düşüncedir. Akarsu ağının havza çıkışından itibaren x mesafesindeki link sayısının x 'e karşı çizildiği diyagramdır. Bu fonksiyon $N(x)$ ile gösterilir.

Şekil 5'te ArcGIS programı yardımıyla elde edilen çalışma havzasının akarsu ağı için havza genişlik fonksiyonu verilmiştir. Havzanın çıkışından itibaren her 500 m mesafedeki link sayısı belirlenmiştir. Şekil 6'da çalışma havzasının akarsu kolları şematik olarak 1/50000 ölçeğinde gösterilmiştir.



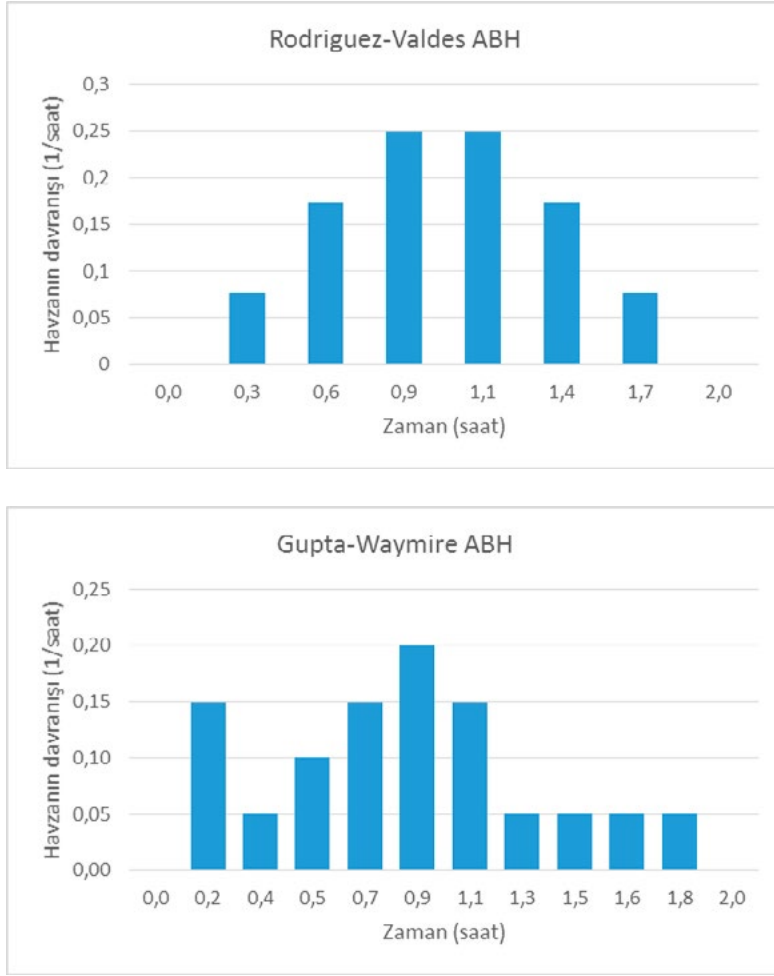
Şekil 5. Havza genişlik fonksiyonu



Şekil 6. Akarsu kollarının şematik gösterimi; ölçek 1/50000

Sonuçlar ve Tartışma

Rodriguez-Iturbe ve Valdes ile Gupta ve Waymire yöntemleri kendi çalışmalarında hipotetik bir akarsu ağı üzerinde anlatılmakta ve örneklenmektedir (Rodriguez-Iturbe, Gupta,1983). Öyle ki bu akarsu ağında link uzunlukları farklı değerlerde değil, birbirlerine eşittir. Rodriguez-Iturbe ile Gupta'nın çalışmasında bu hipotetik akarsu ağı için her iki yöntemle elde edilen ABH'lar birbirinin aynı olmaktadır. Bu çalışmada ise GW yönteminin uygulamasında orijinal yöntemden farklı bir düşünce denenmiştir. Bu da akarsu ağı için link uzunluklarını gözönüne almak olmuştur. Bu çalışmada, Tokat-Akdoğan çayı havzası için CBS yardımıyla jeomorfolojik havza karakteristiklerine bağlı olarak Rodriguez-Iturbe ve Valdes ile Gupta ve Waymire yöntemleri kullanılarak anlık birim hidrograflar elde edilmiştir. Havzanın özellikleri gözönüne alınarak Gupta ve Waymire yöntemindeki suyun kanal içinde sabit ilerleme hızı yaklaşık 0,76 m/s kabul edilmiştir. Buna bağlı olarak Rodriguez-Iturbe ve Valdes yönteminde 1 birim zaman yaklaşık 17 dakika alınmıştır. Elde edilen anlık birim hidrograflar Şekil 7'de gösterilmiştir. Yukarıda vurgulandığı gibi eğer çalışmada link uzunlukları eşit alınmış olsa idi her iki ABH birbiri ile aynı olacaktı. Ancak bu çalışmada link uzunluklarının göz önüne alınması sebebiyle iki ABH birbirlerinden farklılaşmaktadırlar. Her ne kadar ABH'lar farklılaşsalar da yine de birbirleriyle uyum gösterdikleri söylenebilir. Başka bir çalışmada bu yöntemlerle farklı havzalar için ABH'lar elde edilerek ve ölçülmüş verilerle kıyaslama yapılarak çalışma geliştirilebilir.



Şekil 7. Anlık birim hidrograflar

Kaynaklar

Bayazıt M. (2011). Hidroloji. Birsen Yayınevi, İstanbul.

Güreşçi, N. G., Seyrek, K. ve Sargın, A. H. (2012). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Hidroloji Uygulamaları. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Teknoloji Dairesi Başkanlığı, CBS Şube Müdürlüğü.

I. Rodriguez-Iturbe, V. K. Gupta (1983). Scale Problems in Hydrology. Journal of Hydrology, Volume 65, Issues 1–3, Pages 1-257

Sevinç, A. N., Aykanlı, N., Akbay, Ş., Denli, Ö ve Acar, C. O. (2000). Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Araştırma Havzalarının Hidrolojik Karakterleri Rehberi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü A.P.K. Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şubesi Müdürlüğü, Yayın No: 113, Rehber No: 17, Menemen.

Usul, N. (2008). Mühendislik Hidrolojisi. ODTÜ Yayıncılık. Ankara.

Yılmaz, M. U., Ozgur, E., Yegen, E. B., (2015). Determination of Basin Characteristics and Obtaining Synthetic Unit Hydrographs by Using GIS. 9th World Congress of EWRA, Istanbul, Turkey, 10-13 June 2015.

Yomralıoğlu, T. (2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Akademi Kitabevi, Trabzon.