

To Cite This Article: Duman, E., & Karataş, A. (2023). Havzaların akış/akım değerlerinin farklı yöntemlerle hesaplanması: Yukarı Yeşilirmak Havzası örneği. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 48, 165-186. <http://dx.doi.org/10.32003/igge.1163452>

HAVZALARIN AKIŞ/AKIM DEĞERLERİNİN FARKLI YÖNTEMLERLE HESAPLANMASI: YUKARI YEŞİLIRMAK HAVZASI ÖRNEĞİ*

Calculation of Flow/Runoff Values of Basins with Different Methods: Example of Upper Yesilirmak Basin

Emre DUMAN^{***}, Atilla KARATAŞ^{***}

Öz

Su kaynaklarının planlı bir şekilde kullanımı için ilk olarak mevcut su potansiyelinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda çeşitli yöntemlerle akış-akım hesaplamaları yapılarak havzaların su potansiyelleri tespit edilmektedir. Bu çalışmada araştırma sahası olarak belirlenen Yukarı Yeşilirmak Havzası'nın akış/akım değerleri 3 farklı yöntemle hesaplanarak ortaya koyulmuştur. Çalışma sahası Karadeniz Bölgesi-Orta Karadeniz Bölümü sınırları içerisinde yer almaktadır ve 6.392 km²lik alana sahiptir. Belirlenen çalışma sahasının su potansiyelini ortaya koymak amacıyla yapılan bu çalışmada Thornthwaite (1948), Turc (1954) ve Karataş (2018) yöntemleri ile havzanın akış değerleri hesaplanıp nihai olarak akarsu akım değerleri ortaya konulmuştur. Çalışma araştırma sahasının başta iklim ve hidrografya verileri olmak üzere diğer coğrafi özelliklerinin de değerlendirilmesini kapsamaktadır. Çalışmada kullanılan Thornthwaite ve Turc yöntemleri araştırma sahasının iklim özelliklerini temel alarak hesaplamakta olup Karataş yönteminde diğer coğrafi unsurlar da değerlendirilmeye alınmaktadır. Çalışmada Yukarı Yeşilirmak Havzası'na yönelik uygulanan akış/akım hesaplama yöntemlerinin sonuçları birbirinden farklılık göstermektedir. Turc yöntemine göre 1.171.314.300 m³ Thornthwaite yönteminde göre 906.726.900 m³ ve Karataş yöntemine göre ise 673.524.893 m³ akım miktarı hesaplanmıştır. Ayrıca çalışma sahasında yer alan ve havzanın büyük bir kısmının su toplama noktasında bulunan Sütluce AGİ uzun yıllar ortalama akım değeri 518,7 milyon m³tür. Sütluce AGİ'nin su toplama alanına göre yapılan hesaplamalarda ise Turc yönteminde 966,4 milyon m³, Thornthwaite yönteminde 747,5 milyon m³ ve Karataş yönteminde 528,5 milyon m³ değerleri elde edilmiştir. Uygulanan bu yöntemlerin sonuçlarında farklılık görülmesinin temel sebebi kullandıkları veri ve formülleridir. Turc yöntemi yağış değerleri ve Turc (1954) tarafından belirlenen evapotranspirasyon miktarını veri olarak kullanmaktadır. Thornthwaite yönteminde ise yağış değerleri ile Thornthwaite (1948) tarafından formüle edilen potansiyel evapotranspirasyon miktarlarını ele almaktadır. Karataş yönteminde ise yağış ve buharlaşma değerlerinin yanı sıra litolojik yapı, morfolojik yapı ve arazi örtüsü özellikleri ele alınarak vahşi akışlı bir AGİ'nin akım ölçümleri kalibrasyon edilmekte ve havza geneline uygulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akış-Akım Hesaplamaları, Yeşilirmak, Turc Metodu, Thornthwaite Metodu, Karataş Metodu.

Abstract

For sustainable use of water resources, first of all, the existing water potential should be determined. In this context, flow-current calculations are made with various methods. The Upper Yesilirmak Basin, which was determined as the research area in this study, is located within the borders of the Black Sea Region-Central Black Sea Region. In this study, which was carried out in order to reveal the water potential of the determined research area, the flow values of the basin were calculated with the Thornthwaite (1948), Turc (1954) and Karataş (2018) methods and finally the stream flow values were revealed. The study includes the evaluation of other geographical features of the research area, especially climate and hydrography data. Thornthwaite and Turc methods used in the study calculate on the basis of the climatic characteristics of the research area, and other geographical factors are also taken into account in the Karataş method. The results of the applied methods differ from each other. The long-term average value of Sütluce SGS in the study area has been determined as 518,7 million m³. Values of 966,4 million m³ in the Turc method, 747,5 million m³ in the Thornthwaite method and 528,5 million m³ in the Karataş method were obtained.

Keywords: Flow-Current Calculation, Yeşilirmak, Turc Method, Thornthwaite Method, Karataş Method.

* Bu çalışma Emre Duman'ın "Yukarı Yeşilirmak Havzası'nın Hidroklimatolojisi" adlı doktora tezinden üretilmiştir.

** **Sorumlu Yazar:** Arş. Gör., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, ✉ emre.duman@gop.edu.tr

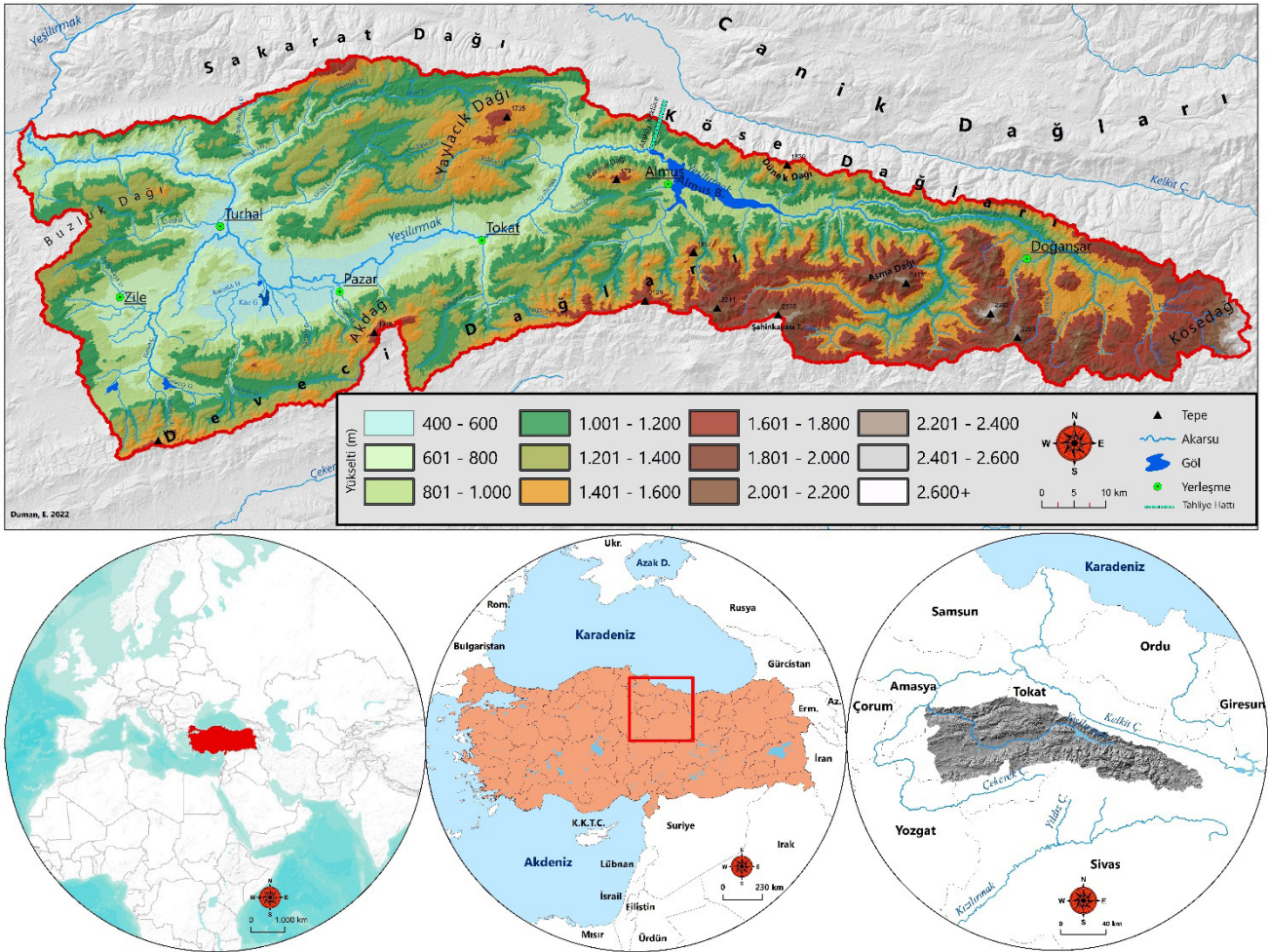
GİRİŞ

Canlı yaşamının devamı için en temel unsurlardan olan suyun önemi hayatın var oluşundan itibaren oldukça fazladır. Özellikle son dönemde gerek Dünya nüfusunun hızla artması gerek üretim faaliyetlerinin yoğunlaşması gerekse de bunların aksine küresel iklim değişikliklerinin etkisi sebebiyle su kaynaklarının hızla azalması su kaynaklarının önemini arttırmıştır. Bu nedenle su kaynaklarının tespit edilmesine ve planlamasına dair hidrolojik/hidrografik çalışmalar yoğunlaşmıştır. Hidrografya çalışmalarının temel konularından olan akarsu akımları Türkiye’de DSİ (Devlet Su İşleri) tarafından AGİ’ler (Akım Gözlem İstasyonları) vasıtasıyla ölçülmektedir. Akarsu yataklarının belli noktalarına kurulan AGİ’lerde yapılan ölçümlerden yararlanılarak akım miktarları, akımın yıl içerisindeki dağılışı, maksimum-minimum akım değerleri, akış yükseklikleri ve havza verimleri gibi özellikler ortaya çıkmaktadır. Bu değerler incelenerek akarsuyun ve su toplama havzasının temel hidrolojik, hidrografik, hidroklimatolojik ve hidrometrik özellikleri tespit edilmektedir. Yine bu özelliklerin diğer coğrafi unsurlarla etkileşimi de incelenerek bölgenin hidrografik, klimatolojik, edafik ve floristik başta olmak üzere değişik coğrafi özellikleri hususunda da tespitler yapılabilmektedir.

Akarsular üzerinde bulunan AGİ’ler vasıtasıyla tespit edilen akım değerleri hidrografya çalışmaları açısından önemli bir veri sağlamakla birlikte bu istasyonların olmadığı alanlarında akım değerlerinin tespiti büyük önem arz etmektedir. Akım gözlem istasyonlarının bulunmadığı alanlardan akım değerlerinin tespiti için çeşitli yöntemler mevcuttur (Mockus, 1949; Sherman, 1949; Andrews, 1954; Ogrosky, 1956; USDA, 1985; Özdemir, 2007; Karataş, 2017; 2018). Bu yöntemlerden bazıları doğrudan iklim verileri ile su bilançosu durumunu hesaplamakta bazıları ise iklim verilerinin yanısıra diğer coğrafi unsurları da göz önünde bulundurmaktadır. Bu çalışmada kullanılan yöntemlerden birincisi büyük havzalarda akış miktarlarının belirlenmesi için kullanılan akım hesaplama yöntemlerinden literatürde sıkça karşılaşılan (Rao & Subbramanyam, 1961; Calvo-Alvarado, 1986; Varni & Usunoff, 1999; Chen vd., 2005; Doğdu, 2011; Ekmekci vd., 2016; Al-Sudani, 2018; Galvão vd., 2018; Topçu, 2019; Katipoğlu, 2022) ”container-title”:”Hydrological Sciences Journal”;”DOI”:”10.1080/026.266.68609491027”;”journalAbbreviation”:”Hydrological Sciences Journal”;”page”:”51-60”;”source”:”ResearchGate”;”title”:”An evaluation of Thornthwaite’s water balance technique in predicting stream runoff in Costa Rica”;”volume”:”31”;”author”:[{"family”:”Calvo-Alvarado”;”given”:”Julio”}],”issued”:[{"date-parts”:[["1986",3,1]]}],{"id”:15,”uris”:[“http://zotero.org/users/local/KHPQfphl/items/FDUT52HY”],”itemData”:{“id”:15,”type”:”article-journal”;”abstract”:”A three-dimensional modular model (MODFLOW Thornthwaite (1948) yöntemidir. Thornthwaite yöntemi gerek ihtiyaç duyduğu verilerin erişebilirliği ve uygulanabilirliği (Doğdu, 2011) gerekse de %90 güven aralığı (Calvo, 1986) değerleri sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Akış değerlerinin hesaplanması için çalışmalarda (Mkankam Kamga, 2001; Lu vd., 2005; Horvat & Rubinic, 2006; Tukimat vd., 2012; Gudulas vd., 2013)changes in temperature and rainfall would have an important impact on the availability of water resources. To evaluate vulnerability, future runoff over the economically important Upper Benue River is simulated using a hydrological water balance model. Two climate change experiments (HadCM2 and ECHAM4/OPYC3 kullanılan bir diğer yöntem ise Turc (1954) metodudur. Çalışmada kullanılan diğer bir yöntem ise heterojen havzalar için yeni bir metot olan Karataş (2018) yöntemidir. Çalışma sahasında yine literatürde sıkça karşılaşılan SCS Curve Number (Soil Conservation Service (SCS), 1956; 1964; 1971; 1972) ve Xu vd. (1997) gibi yöntemlere dair uygulamaların tercih edilmemesi ise bu yöntemlerin çok dar sahalarda söz konusu olduğunda kullanılabilirken, geniş alan kaplayan havzalarda etkili sonuçlar vermemelerine bağlıdır. Çalışma sahasında Kazova (230 km²), Zile Ovası (60 km²), Turhal Ovası (38 km²) ve Gözova (20 km²) ovalarının yer alması ve CORINE verilerine göre tarım alanlarının 2000 km²den fazla yer kaplaması, ayrıca TUIK verilerine göre tahıl, sebze-meyve üretiminin yüksek miktarlarda olması bölgenin önemli bir tarım havzası olduğuna işaret etmektedir (Şahin & Geboloğlu, 2020; Gök, 2021). Bu durum itibarıyla çalışma sahasında zirai faaliyetlerin geliştirilmesi için sulanabilir arazilerin artırılması amacıyla başta Almus Barajı olmak üzere sulama kanalları ve regülatörler (Tokmakkaya, Gümenek) yapılmıştır. (Aşçıoğlu & Uzuner, 1973). Bunlar haricinde de çalışma sahasında daha küçük alanları kapsayan göletler yapılarak işletmeye alınmış ve yapımı devam edenler de mevcuttur. Her geçen gün sulamalı tarım imkânlarının geliştirilmesine yönelik çalışmaların arttığı Yukarı Yeşilirmak Havzasının su potansiyelinin belirlenmesine yönelik bu çalışmada Thornthwaite (1948) ve Turc (1954) yöntemleri ile Karasu ve Ergene havzalarında uygulanmış olan Karataş (2018) yöntemi tercih edilmiştir.

Çalışma Sahası

Çalışma sahası, Yukarı Yeşilırmak Havzasıdır. Bu havza Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümü'nde yer almakta olup $35^{\circ}42'50''-37^{\circ}55'30''$ doğu boylamları ile $40^{\circ}1'20''-40^{\circ}36'11''$ kuzey enlemleri arasındadır (Şekil 1). Havza sınırları büyük oranda Tokat ili sınırları dâhilinde olup Amasya ve Sivas illerini de kapsamaktadır. Türkiye'nin önemli akarsularından birisi olan Yeşilırmak, kaynağını Sivas ili sınırları içerisindeki Köseadağ'dan almaktadır. Toplamda 519 km uzunluğa sahip olan bu akarsu, Karadeniz'e dökülmektedir. Üç ana koldan müteşekkil olan Yeşilırmak, Amasya Ovası'nın güneyinde Çekerek Çayı'nı, Erbaa Ovası'nın kuzeyinde ise Kelkit Çayı'nı bünyesine alarak Canik Dağları'nı güney-kuzey doğrultusunda geçmekte ve Karadeniz kıyısında oluşturduğu Yeşilırmak Deltası (Çarşamba Ovası)'nı güney-kuzey istikametinde geçerek denize ulaşmaktadır. Yukarı Yeşilırmak Havzası olarak belirlenen araştırma sahası Yeşilırmak'ın ana kolu ile Çekerek Çayı birleşiminin Çekerek Çayı Havzası haricinde kalan su toplama havzası olarak belirlenmiştir. Havza alanı 6.392 km^2 'dir. Havzanın doğu-batı yönündeki uzunluğu 190 km'dir. Kuzey-güney istikametinde ise kuş uçuşu mesafe batıda 60 km'ye kadar ulaşmakta, doğuda ise 10 km'ye kadar düşmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: Araştırma Sahasının Lokasyonu ve Yükselti Basamakları Haritası.

Çalışma sahası tektonik açıdan değerlendirildiğinde öne çıkan en önemli husus Kuzey Anadolu Fay Zonu'na (KAFZ) yakınlığıdır. Havza KAFZ ana sisteminin hemen güneyinde yer almakta olup bünyesinde bu fay zonuna ait tali fay sistemleri

mevcuttur. Çalışma sahasının tektonik özellikleri bölgenin akarsu drenajının şekillenmesinde etkilidir (Atalay, 2017). Ayrıca bu durum sahanın mevcut eğim durumunu şekillendirerek akış/akım değerleri üzerinde etkiye sahiptir. Sahada litolojik yapının temelini Tokat Metamorfittleri oluşturmaktadır. Paleozoik'e yaşlandırılan bu metaforfikler kalkışist, yeşilist, kristalize kalker gibi kayalardan müteşekkildir. Çalışma sahasında geniş yer kaplayan ve nispeten geçirimsiz litolojik birimlerden müteşekkil olan bu birim yağışların akışa geçme oranını arttırmaktadır. Sahada bunun dışında yine birçok farklı döneme ait jeolojik birimler yer almaktadır.

Çalışma sahası'nın yükselti değerleri kabaca batıdan doğuya gidildikçe artmaktadır. Havzanın en alçak kesimi olan Yeşilirmak-Çekerek birleşiminin yükselti değeri 410 m olarak tespit edilmiştir. Havzanın en yüksek noktası ise doğuda yer alan ve Yeşilirmak'ın kaynağını aldığı Köse Dağı'dır. Burada yükselti değeri 2703 m'ye ulaşmaktadır. Havzanın ortalama yükselti değeri 1195 m'dir. Çalışma sahasının %60'tan fazlası 1000 m üzerindedir. Havzanın kuzeyinde batıdan doğuya doğru Sakarat Dağı ve Köse Dağları yer almaktadır. Bu dağların zirve hattı kuzeydeki su bölümü çizgisini oluşturmaktadır. Havzanın güneyinde ise Deveci Dağları uzanır. Bu dağların zirve hattından geçen su bölümü çizgisi aynı zamanda havzanın güney sınırına karşılık gelmektedir. Yine havzanın kuzeyinde Yaylacık Dağı ve batısında da Buzluk Dağı yer almaktadır. Araştırma sahasındaki diğer önemli jeomorfolojik birimler ovalardır. Bölgedeki zirai faaliyetler açısından önemli olan bu ovalar büyükten küçüğe doğru sırasıyla Kazova, Zile Ovası, Turhal Ovası ve Gözova'dır. Oluşum itibarıyla bu ovalar tektonik kökenli depresyonların akarsular tarafından getirilen kalınlığı Kazova ve Turhal Ovalarında 150 m 'ye kadar ulaşan alüvyonların depolanmasıyla vücut bulmuştur (Karaalioglu, 1977).

Sahanın iklim özelliklerinin belirlenmesinde havza içerisinde yer alan ve en az 30 yıllık düzenli rasatlara sahip olan üç meteoroloji istasyonunun (Tokat, Turhal ve Zile) verileri kullanılmıştır. Çalışma sahasının iklim özellikleri tam manası ile nemli Karadeniz iklim özelliklerini göstermemektedir. Bu durum Canik, Köse ve Sakarat Dağlarının denizel etkinin iç kesimlere girmesini engellemesi neticesinde ortaya çıkmıştır. Bölgenin iklim özellikleri bulunduğu konuma paralel olarak daha çok nemli Karadeniz iklimi ile yarıkurak karakterdeki karasal iklim arasında geçiş karakteristiğini yansıtmaktadır. Bu çalışmada MGM'den temin edilen iklim verileri vasıtasıyla yapılan iklim sınıflandırmalarında da (de Martonne, 1942; Tanner, 1961; Peltier, 1962; Wilson, 1968; Erinç, 1984; Summerfield, 1991) çalışma sahasının iklimi yarıkurak ile nemli-ılıman sınırında karşılık bulmaktadır.

Yukarı Yeşilirmak Havzası'nın ana hidrografik unsuru Yeşilirmak'tır. Nehir kaynaktan itibaren kabaca doğu-batı istikametinde ilerlemekte ve havzanın kuzeybatısından itibaren Orta Yeşilirmak Havzası'na geçiş yapmaktadır (Fotoğraf 1). Tozanlı Çayı, Hotan Çayı, Silisözü Deresi, Behzat Deresi ve Gülüt Çayı havzada yer alan diğer önemli akarsulardır. Araştırma sahasında doğal göller yaygın olmayıp varolanları da çok küçüktürler. Havzadaki en geniş alana sahip doğal oluşumlu göl Kazova'nın güneyinde yer alan Kaz Gölü'dür. Çalışma sahasında gerek tarımsal sulama amaçlı gerekse de hidroelektrik enerji üretim amaçlı çok sayıda yapay göl yer almaktadır. Bunlardan en önemlisi 1966 yılında yapımı tamamlanan Almus Baraj Gölü'dür.

Yukarı Yeşilirmak Havzası'nda Tarım ve Orman Bakanlığı Toprak Reformu Genel Müdürlüğü verilerine göre en yaygın bulunan büyük toprak grubu kahverengi orman topraklarıdır ve havzanın %69,1'lik kısmını kaplamaktadır. Bunun dışında Yaylacık Dağı çevresi ile Almus Barajı güneyinde kireçsiz kahverengi orman toprakları, vadi tabanlarında ise alüvyal topraklar ve kestanerengi topraklar yer almaktadır. Çalışma sahası bitki örtüsü açısından incelendiğinde orman, çalı ve ot formasyonları görülmekte olup, orman alanlarındaki hâkim türler kayın (*Fagus orientalis*), meşe (*Quercus sp.*) ile karaçam (*Pinus nigra*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*) şeklindedir.



Fotoğraf 1: Yeşilirmak (Solda) ve Tozanlı Çayı'nın (Sağda) birleşim yeri (Çilehane Köyü 3,5 km doğusu).

Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verileri incelendiğinde çalışma sahasında kent nüfusunun kır nüfusundan fazla olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1). Yıllara göre değişmekle birlikte nüfusun %32'si kırsal kesimde %68'i ise şehirlerde yaşamaktadır. Havza toplam nüfusu 385.795'tir (2018) ve bunun 125.135'i kırsal alanlarda 260.660'ı de kentlerdedir. Araştırma sahasında bir il merkezi (Tokat) ve beş ilçe merkezi (Zile, Turhal, Almus, Pazar, Doğanşar) yerleşmesi ile 400 kırsal yerleşme bulunmaktadır.

Tablo 1: Yukarı Yeşilirmak Havzası Nüfus Özellikleri

Yıllar	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Kır	147.605	148.115	145.010	140.056	138.081	133.343	130.368	124.753	119.583	117.791	116.186	125.135
Şehir	238.876	233.327	240.288	247.812	242.786	242.192	242.339	245.784	249.924	255.914	259.702	260.660
Toplam	386.481	381.442	385.298	387.868	380.867	375.535	372.707	370.537	369.507	373.705	375.888	385.795
Kır/Kent(%)	38	39	38	36	36	36	35	34	32	32	31	32
Artış Toplam(%)		-1,3	1,0	0,7	-1,8	-1,4	-0,8	-0,6	-0,3	1,1	0,6	2,6
Artış(Kır)(%)		0,3	-2,1	-3,5	-1,4	-3,6	-2,3	-4,5	-4,3	-1,5	-1,4	7,2
Artış(Kent)(%)		-2,4	2,9	3,0	-2,1	-0,2	0,1	1,4	1,7	2,3	1,5	0,4



Fotoğraf 2: Yeşilirmak ve Çekerek Çayı'nın birleşim yeri (Amasya Şehri 9 km güneyi).

MATERYAL VE YÖNTEM

Havzanın iklim özelliklerinin tespit edilmesi için gereken rasatlar Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilmiştir. Havza sınırları içerisinde 10'dan fazla meteoroloji istasyonunun yer almasıyla birlikte klimatolojik çalışmalar için uygun olan uzun yıllık veriyi düzenli olarak kaydeden 3 istasyon yer almaktadır. Bunlar Zile, Turhal ve Tokat meteoroloji istasyonlarıdır. Bu istasyonların kaydetmiş olduğu veriler analiz süreçleri kapsamında çeşitli aşamalarda kullanılmış olup özellikle yağış ve sıcaklık verileri kullanılan yöntemler açısından önemlidir. Araştırma sahasının hidrografik özelliklerinin tespiti için gerekli olan akım verileri DSİ'den temin edilmiştir. DSİ tarafından akarsuların belirli bölgelerine kurulan akım gözlem istasyonları hidrografik verilerin kaydını tutmaktadır. Araştırma sahasında yer alan akım gözlem istasyonları çoğunlukla kısa süreli rasatlara sahiptir. Yeşilirmak üzerinde yer alan Sütluçe ve Gümeleönü istasyonları 49 yıllık kayıtlara sahiptir. Çalışmada kullanılan Thornthwaite ve Turc yöntemleri için klimatolojik veriler yeterlidir. Diğer yöntem olan Karataş metodunun uygulanması için ise klimatolojik verilerin yanı sıra akım verileri de gereklidir. Çalışma sahasının jeolojik özelliklerini tespiti için MTA'nın 1/100.000 ölçekli G35 (Çorum), G36 (Tokat), H35 (Tokat), H36 (Tokat), H37 (Tokat), H38 (Tokat) izahnameli jeoloji haritaları (Aktimur vd., 1990a; Aktimur vd., 1990b; Sümengen, 2013a; Sümengen, 2013b; Sevin & Uğuz, 2014) temin edilmiştir. Fiziki coğrafya çalışmalarında, özellikle de jeomorfolojik ve hidrografik özelliklerin ortaya konulmasında sayısal yükselti modellerininin (SYM) geniş kullanım alanı mevcuttur. (Şengün vd., 2014). Bu çalışmada kullanılmak üzere sahaya ait en yüksek çözünürlüklü açık sayısal veri olan Alos-Palsar 12,5 m çözünürlüklü sayısal yükselti modeli (Dataset: © JAXA/METI(ALOS PALSAR, 2007)) temin edilmiştir. Bu veri kullanılarak havzanın gerek morfometrik özellikleri(yükselti, eğim, baki vs.) gerekse de hidrografik özellikleri(drenaj şebekesi, havza sınırı) CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) teknikleri vasıtasıyla belirlenmiştir. Litolojik yapı Karataş yönteminde kullanılan diğer özellik olup daha önce belirtildiği gibi MTA'dan temin edilen veriler bu amaçla da kullanılmıştır. Sahanın arazi kullanım durumunun tespiti için çalışma alanının tamamının aynı kaynaktan üretilmiş arazi örtüsünü yansıtan CORINE verileri kullanılmıştır (EEA, 2018). Yine arazinin toprak özelliklerinin belirlenmesi için Tarım ve Orman Bakanlığı Toprak Reformu Genel Müdürlüğü'nden sayısal toprak verisi temin edilmiştir.

Çalışma için gerekli olan materyaller temin edildikten sonra bu materyallerin belirlenen yöntemlerde kullanımına uygun olması için başlangıçta çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. İlk olarak MGM'den elde edilen sıcaklık ve yağış verileri yükselti durumuna göre havza genelini temsil edecek şekilde düzenlenmiştir. Bu maksatla sıcaklık ve yağış değerleri Schreiber (1904) yöntemine göre indirgenmiştir. İndirgeme ile sıcaklık değerleri yükselti arttıkça 200 m'de 1 °C azalmaktadır. Yağış değerleri ise Erinç'in (1984) Türkiye koşullarına daha uygun olarak değerlendirdiği şekilde 100 m'de 45 mm artmaktadır. Noktasal verilerin sıcaklık ve yağış dağılımını ifade eden alansal verilere dönüştürülmesi için kullanılan enterpolasyon yöntemi ile birlikte bir noktaya ait olan özellikler alana yayılmaktadır. Birden fazla noktanın yer aldığı verilerde ise Thiessen Poligonları yöntemi kullanılmaktadır. Alfred Thiessen'in (1911) ortaya koyduğu bu yöntem ile bir düzlem üzerinde yer alan noktaların kendilerine en yakın gözlem noktalarıyla birleştirilerek çokgenler oluşturulmaktadır (Kumler, 1999). CBS uygulamaları ile elde edilen çokgenler incelendiğinde mevcut meteoroloji istasyonlarının etki alanları gerçek yapıyı tam olarak temsil etmemektedir. Bu durumun ortaya çıkmasındaki sebep ise Thiessen poligonlarının morfolojik unsurları değerlendirememesi, arazi düz olarak kabul etmesidir. Bu sebeple mevcut çokgenler arazinin topografik durumuna göre tadil edilmiştir. Daha sonra SYM verisi kullanılarak izohipsler üretilmiştir. Her istasyonun temsil ettiği çokgenlere göre de bu izohipsler ayrıştırılarak indirgeme yöntemi kullanılmıştır. İndirgeme yöntemi ile her meteoroloji istasyonunun sıcaklık ve yağış değerleri temsil ettikleri izohipslere göre indirgenmiş ve bu değerler izohipslere verilmiştir. Sonraki aşamada ise bu izohipsler üzerinde CBS uygulamaları vasıtasıyla enterpolasyon yapmak üzere noktasal veri üretilmiştir. Enterpolasyon aşaması ile birlikte yağış ve sıcaklığın havza geneline dağılışı tespit edilmiştir. Bununla birlikte her izohipse yönelik indirgenmiş değerler kullanılarak potansiyel evapotranspirasyon ve evapotranspirasyon değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler çalışmada kullanılan yöntemler için veri oluşturmaktadır. İlk olarak Thornthwaite yöntemine göre çalışma sahasının yağış ve potansiyel evapotranspirasyon (PET) verileri kullanılmış ve akış haritaları oluşturulmuştur. Akış verileri vasıtasıyla da akım değerleri belirlenmiştir. Turc yönteminde de yağış ve Turc'un formülüne göre elde edilen evapotranspirasyon değerleri tespit edilmiş, buna göre akış dağılışı ve akım hesaplanmıştır. Karataş yönteminde ise yağış ve PET değerlerine ek olarak eğim, litoloji, arazi kullanımı ve toprak örtüsü verileri kullanılmaktadır. Bu verilerin türlerine göre katsayı belirlenerek elde edilen sayısal değerlere ağırlıklı çakıştırma uygulanmaktadır. Son olarak da elde edilen yeni veri havzada yer alan vahşi akışlı bir AGİ'nin akım değeri ile kalibre edilmekte ve havza genelinin akım-akış değerleri tespit edilmektedir.

Tablo 2: Çalışmada Kullanılan Veriler

Kullanılan Veri	Kullanım Amacı/Üretilen Veri
1/100.000 ölçekli Jeoloji Paftaları (MTA)	Kayaç geçirimsizlik durumu.
Sayısal Yükselti Modeli (Alos-Palsar)	Hidrografik özellikler, eğim özellikleri, morfolojik özellikler.
Meteoroloji Rasatları (MGM)	İklim özellikleri, yağış ve PET değerleri dağılışı.
Arazi kullanımı (CORINE)	Arazi kullanım durumu tespiti.
Akım gözlem kayıtları (DSİ)	Akım durumu ve validasyon.
Toprak verisi (Tarım ve Orman Bak.)	Toprak dağılışı tespiti.

BULGULAR

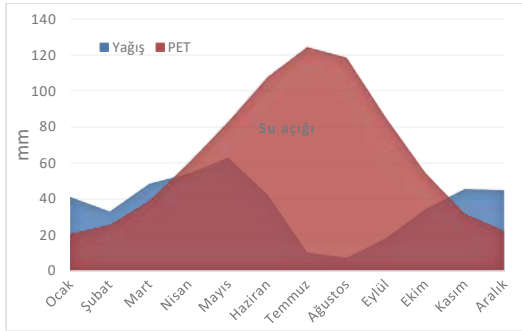
Thornthwaite Metodu

Thornthwaite su bilançosu yöntemi akım hesaplamada yaygın olarak kullanılmaktadır (Katipoğlu, 2022). Bu yöntemde su bilançosu hesaplanacak olan yerin uzun yıllara ait aylık ortalama sıcaklık değerleri, aylık toplam yağış değerlerinin ortalaması ve aylık evapotranspirasyon değerleri kullanılmaktadır. Bahsi geçen bu değerlerin temin edilip formüle edilmesi neticesinde de seçilen alanın aylara su eksikliği-su fazlası durumu ve toplam akım değerleri elde edilmektedir.

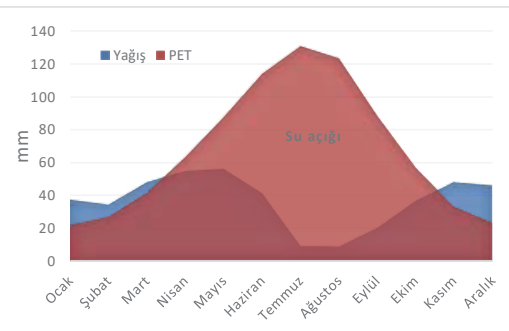
$$Etp = 16 * \left(\frac{10 * t}{I} \right)^a * G$$

$$R=P-Etp$$

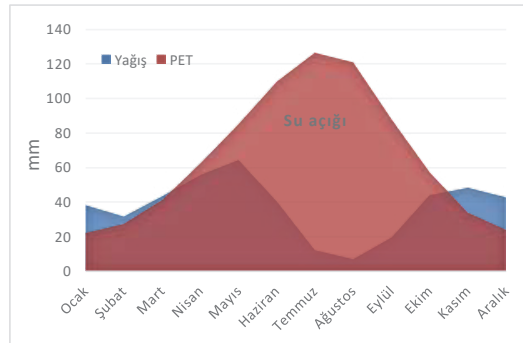
Thornthwaite su bilançosu yönteminin yaygın olarak kullanım şekli belirlenen bir meteoroloji istasyonunun ilgili verileri elde edilip yağış ve potansiyel evapotranspirasyon (PET) değerlerinin hesaplanması ve bunun grafik haline getirilmesidir. Yine bu değerlere bakılarak yağış miktarı ve potansiyel buharlaşma değerleri arasındaki farka göre kuru/nemli olma durumu ortaya çıkmakta, aylara göre su fazlası/eksiği belirlenmektedir. Belirtilen bu yöntemle göre araştırma sahasında yer alan Zile, Turhal ve Tokat istasyonlarının su bilançoları hazırlanmıştır. Buna göre her üç istasyonun da su bilançolarındaki seyir birbirine uyum göstermektedir (Şekil 2, 3, 4). Grafikler incelendiğinde yağış değerlerin nispeten fazla ve potansiyel evapotranspirasyon değerlerinin nispeten düşük olduğu ocak, şubat, mart, kasım ve aralık aylarında çok az bir miktar su fazlasının olduğu görülmektedir. Buna karşılık yağış miktarlarının nispeten arttığı mart ve nisan aylarında PET değerlerinin daha fazla artması sebebiyle su açığı görülmektedir. Mayıs ayından başlayarak haziran, temmuz ve ağustos aylarında hem yağış miktarları büyük düşüş göstermekte hem de PET değerleri artmakta olduğu için su açığı ortaya çıkmaktadır. Eylül ve ekim aylarında ise gerek yağış miktarlarının nispeten artması gerekse de buharlaşma değerlerinin azalması ile aradaki fark azalmaktadır. Thornthwaite yönteminin bu kullanımı noktasal olarak meteoroloji istasyonlarının yerlerine göre sonuçlar vermekte olup geniş alanların değerlendirilmesinde eksiklik ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2: Thornthwaite Su Bilançosu (Zile İstasyonu)



Şekil 3: Thornthwaite Su Bilançosu (Turhal İstasyonu)



Şekil 4: Thornthwaite Su Bilançosu (Tokat İstasyonu)

Thornthwaite akım hesaplama yöntemi ile meteoroloji istasyonlarının değerleri kullanılarak bu değerler neticesinde gerçekleşecek tahmini akım değeri hesaplanmıştır (Şekil 5). Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5'te Zile, Turhal ve Tokat meteoroloji

istasyonlarına ait akım değerleri verilmiştir. Akım değerleri incelendiğinde her 3 istasyon verilerine göre akım miktarının 0 mm olduğu görülmektedir. Bu neden daha önce belirtildiği gibi her istasyonun temsil ettiği izohips değerlerine de bu yöntem uygulanmış ve havzanın akım-akış değerleri hesaplanarak daha doğru sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 3: Zile Meteoroloji İst. Thornthwaite Akım Değerleri.

Ay	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıl
Yağış	40,9	33,0	48,5	53,9	62,7	42,2	10,1	7,1	18,2	34,0	45,3	44,7	440,7
Sıcaklık	0,9	2,4	6,9	12,0	15,9	19,5	22,4	22,7	18,8	13,5	6,9	2,6	
Faktör	0,2	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,4	
Yağmur	6,3	13,4	48,5	53,9	62,7	42,2	10,1	7,1	18,2	34,0	45,3	19,3	361,0
Kar	34,6	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,4	79,6
Kütle	41,5	36,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	
Erime	7,6	24,8	36,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	79,6
W	13,9	38,2	84,8	53,9	62,7	42,2	10,1	7,1	18,2	34,0	45,3	30,2	440,7
PET	20,8	25,6	38,8	59,5	82,1	106,5	123,4	117,6	84,9	54,8	32,2	22,6	768,8
K - PET	-6,9	12,6	46,0	-5,6	-19,4	-64,3	-113,3	-110,4	-66,6	-20,8	13,1	7,6	
Toprak	20,7	33,3	79,3	74,9	61,7	32,5	10,5	3,5	1,8	1,4	14,6	22,1	
∧Toprak	-1,5	12,6	46,0	-4,4	-13,2	-29,3	-22,0	-7,0	-1,7	-0,3	13,1	7,6	
Evapotranspirasyon	15,4	25,6	38,8	58,2	75,9	71,5	32,1	14,1	19,9	34,3	32,2	22,6	440,7
Akış(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 4: Turhal Meteoroloji İst. Thortwaite Akım Değerleri

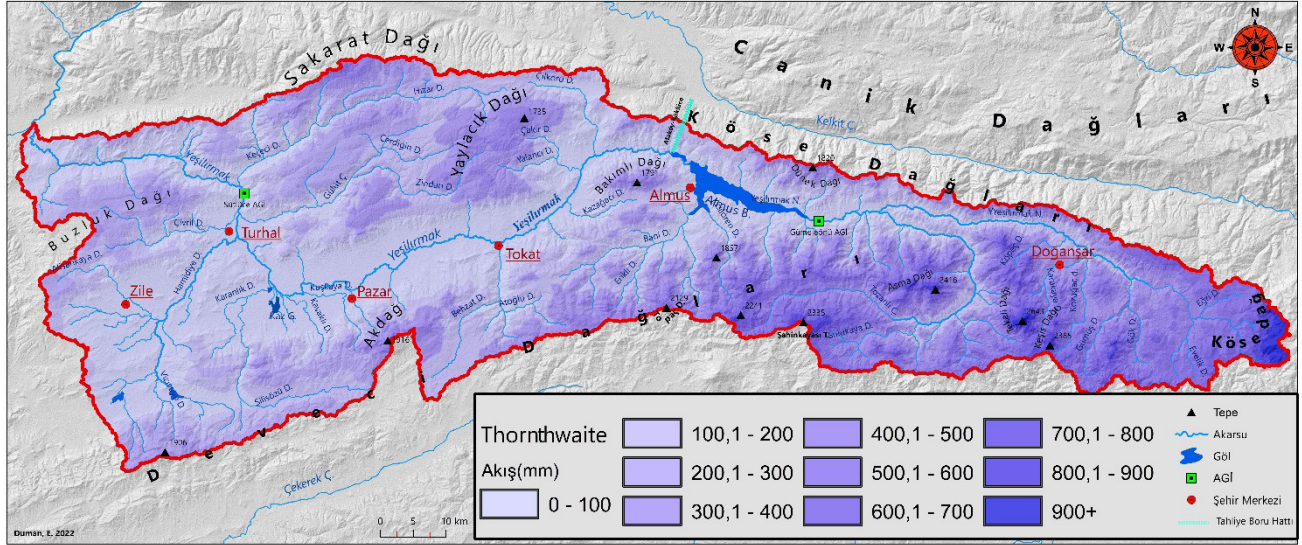
Ay	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıl
Yağış	37,4	34,6	48,2	54,8	56,1	41,4	9,2	8,7	20,1	36,8	48,2	46,2	441,6
Sıcaklık	1,6	3,2	8,0	12,9	16,9	20,7	23,4	23,6	19,5	14,1	7,3	3,1	
Faktör	0,3	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	
Yağmur	9,9	18,4	48,2	54,8	56,1	41,4	9,2	8,7	20,1	36,8	48,2	23,9	375,7
Kar	27,5	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,3	65,9
Kütle	28,1	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	
Erime	10,1	23,6	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	65,9
W	20,0	42,0	68,9	54,8	56,1	41,4	9,2	8,7	20,1	36,8	48,2	35,4	441,6
PET	21,8	26,9	41,5	63,2	87,7	113,9	130,5	123,4	88,3	57,0	33,0	23,4	810,6
K - PET	-1,8	15,1	27,4	-8,4	-31,6	-72,5	-121,3	-114,7	-68,2	-20,1	15,2	12,0	
Toprak	27,5	42,6	70,0	64,4	46,9	22,7	6,8	2,1	1,1	0,9	16,1	28,0	
∧Toprak	-0,5	15,1	27,4	-5,6	-17,5	-24,2	-16,0	-4,6	-1,1	-0,2	15,2	12,0	
Evapotranspirasyon	20,5	26,9	41,5	60,5	73,5	65,6	25,2	13,3	21,1	37,0	33,0	23,4	441,6
Akış(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 5: Tokat Meteoroloji İst. Thornthwaite Akım Değerleri

Ay	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıl
Yağış	38,2	31,6	43,3	55,7	64,4	40,2	12,2	6,8	19,5	44,0	48,2	42,8	446,8
Sıcaklık	1,8	3,4	7,8	12,7	16,4	20,0	22,8	23,2	19,4	14,2	7,6	3,5	
Faktör	0,3	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	
Yağmur	11,4	17,6	43,3	55,7	64,4	40,2	12,2	6,8	19,5	44,0	48,2	24,9	388,2
Kar	26,8	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,9	58,6
Kütle	24,1	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	
Erime	10,2	21,2	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	58,6
W	21,6	38,9	60,0	55,7	64,4	40,2	12,2	6,8	19,5	44,0	48,2	35,3	446,8

PET	22,1	27,2	41,1	62,5	85,0	109,4	126,1	120,8	87,9	57,4	33,8	24,1	797,3
K - PET	-0,5	11,7	18,9	-6,7	-20,6	-69,1	-113,9	-114,0	-68,4	-13,5	14,4	11,2	
Toprak	26,4	38,1	57,0	53,3	43,4	21,7	7,0	2,2	1,1	1,0	15,3	26,6	
∧Toprak	-0,1	11,7	18,9	-3,7	-9,9	-21,7	-14,8	-4,7	-1,1	-0,1	14,4	11,2	
Evapotranspirasyon	21,8	27,2	41,1	59,5	74,3	61,9	26,9	11,6	20,6	44,1	33,8	24,1	446,8
Akış(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

İndirgeme yöntemi ile elde edilen veriler tüm sahayı değerlendirmeye aldığından daha düzgün sonuçlar ortaya koymaktadır. İstasyon sıcaklık ve yağış verileri doğrudan düzenlenmekte diğer veriler de bu değerlere bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 5: Çalışma Sahasının Thornthwaite Yöntemine Göre Oluşturulan Akış Haritası.

Yukarı Yeşilirmak Havzası'nın Thornthwaite yöntemine göre elde edilen akış değerlerinin dağılım haritası sadece noktasal (meteoroloji istasyonu bazlı) veriler üzerinden kurgulanan Thornthwaite yönteminin Thiessen poligonları ve izohiplere ayrı ayrı uygulanarak indirgenmesiyle elde edilmiştir. Thornthwaite yöntemi temelde sıcaklık ve yağış değerlerini kullanmaktadır. Yöntemde bu değerlere göre elde edilen PET değeri ile birlikte yağış-PET dengesi ortaya konularak akış miktarı hesaplanmaktadır. Haritada akışa etki eden parametrelerden sadece yağış ve PET'in dikkate alındığı tekdüze görünümünden de anlaşılmaktadır. Bu durum saha gerçekleriyle örtüşmemektedir.

Thornthwaite Yöntemine göre üretilen haritalar ile birlikte sahadaki herhangi bir noktanın bu yöntemle akım hesaplanan akım değerini tespit etmek mümkün olmuştur. Tablo 6'da bazı değerler mevcuttur. Tabloda yer alan Gümeleönü ve Sütluçe noktaları AGİ'lerdir. Ataköy olarak belirtilen kesimde bu noktada mevcut olan Ataköy Barajı ve tünel vasıtasıyla suların komşu havzaya aktarılması (havza atlama) durumu vardır. Bu kesimden yıllık 537 milyon m³ miktardaki su elektrik üretimi maksadıyla kuzeydeki Kelkit Havzası'na aktarılmaktadır (Baydal vd., 2011). Tabloda yer alan ortalama değerleri akış yüksekliklerini göstermekte olup bu değerler alana göre hesaplanınca da Thornthwaite yöntemine göre havzanın akım miktarları ortaya koyulmaktadır. Thornthwaite yöntemine göre hesaplanan akım değerleri ile gerçek akım değerleri karşılaştırıldığında Gümeleönü AGİ'ye göre yaklaşık 146 milyon m³ fark ortaya çıkmaktadır. Sütluçe AGİ'de ölçülen yıllık ortalama akım değeri

518 milyon m³'tür. Thornthwaite yöntemine göre hesaplanan akım miktarı ise 1.284 milyon m³ değerindedir ve aradaki fark 750 milyon m³'ün üzerindedir. Bu kadar büyük farkın ortaya çıkmasındaki sebep ise Ataköy'den 537 milyon m³'lük miktarda suyun Köklüce HES'e aktarılmasıdır (Baydal vd., 2011). Köklüce'ye aktarılan miktarı çıkardığımızda ise Thornthwaite Yöntemine göre Sütlüce'deki akım miktarının yaklaşık 747 milyon m³ olması gerekmektedir. Bununla birlikte AGİ akım değeri olan 518 milyon m³ ile Thornthwaite değeri arasında yaklaşık olarak 230 milyon m³'lük bir fark ortaya çıkmaktadır. Havzanın genel akım değerleri incelendiğinde ise Thornthwaite yöntemine göre 1.443 milyon m³ olarak hesaplanmıştır, yine Ataköy'deki havza atlatılan su miktarı çıkarılınca da 906 milyon m³ akım hesaplanmaktadır.

Tablo 6: Thornthwaite Yöntemine Göre Hesaplanan Akım Değerleri.

İstasyon	Alan(km ²)	Thornthwaite ortalama(mm)	Thornthwaite(m ³)	CMS(m ³)
Gümeleönü	1.628,0	438,4	713.715.200,0	566.800.000
Ataköy	2.394,0	370,6	887.216.400,0	
Sütlüce	5.473,0	234,7	1.284.513.100,0	518.700.000
Havza Genel	6.391,0	225,9	1.443.726.900,0	

Turc Metodu

M. Turc, dünya genelinde ve birçok su havzasında yapmış olduğu gözlemlere dayanarak kendi akış yöntemini oluşturmuş ve bunu formüle etmiştir (Turc, 1954; Keskiner vd., 2020).

$$D = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

$$L=A+25T+0,5T^3, Q=P-D$$

Turc yöntemine göre analize tabi tutulan akım değerleri de ilk olarak havza geneli için hesaplanmış (Şekil 6), sonrasında ise DSİ'nin Akım gözlem istasyonu bulunan Gümeleönü ve Sütlüce mevkiileri ile havzadan su çıkışı olan Ataköy Barajı mevki akım değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Tabloda yine Ataköy Barajı'ndan kuzeydeki Kelkit Havzası'na atlatılan (537 milyon m³) su miktarı da çıkarılarak hesaplama yapılmıştır. Turc yöntemine göre yapılan akım hesaplama sonuçlarına göre Tablo 7'de görüldüğü üzere AGİ akım değerleri ile Turc akım değerleri arasında Gümeleönü'nde yaklaşık 159 milyon m³'lük, Sütlüce'de ise 984 milyon m³'lük bir fark ortaya çıkmaktadır. Ataköy Barajı'ndan kuzeydeki Kelkit Havzası'na aktarılan su miktarı göz önünde bulundurulduğunda Turc akım değeri ile AGİ değeri arasında yaklaşık olarak 448 milyon m³'lük akım değeri farkı bulunmaktadır. Turc yöntemine göre yapılan hesaplamalar neticesinde Yukarı Yeşilirmak Havzası'nın yıllık akım değeri 1 milyar 708 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte bu değerden Köklüce Hidroelektrik Santraline verilen miktar çıkarıldığında ise 1 milyar 171 milyon m³'lük bir akım değeri ortaya çıkmaktadır. Turc yöntemine göre yapılan hesaplamada Thornthwaite yöntemine göre yapılan hesaplama göre daha fazla akım değerinin olduğu belirlenmiştir. Her iki yöntem yağış verisi temelde kullanılmakla birlikte aradaki farkın ortaya çıkma sebebi buharlaşma (PET-ET) miktarının hesaplanmasındaki farklılıktır. Bu durum çeşitli her iki yöntemde kullanıldığı çalışmalarda da ortaya çıkmıştır (Lu vd., 2005; Tukimat vd., 2012). Bununla birlikte yine Turc yöntemine göre yapılan hesaplama ile AGİ'lerin verileri karşılaştırıldığında Thornthwaite yöntemine göre daha fazla farkın olduğu ortaya çıkmaktadır.

geçirgenlik durumuna göre 1'den 5'e değerler atanmıştır. Geçirimsiz yapılar maksimum (10) geçirimliler ise minimum (2) değerine sahiptir. Bu sistem büyük toprak grupları içinde aynıdır fakat büyük toprak gruplarına çarpan değeri olarak 1 verilmiştir. Akışlar üzerinde etkili olan diğer özellik ise arazi kullanımınıdır. Arazi kullanım birimleri akışa olan katkılarına göre değerlendirilmiştir ve çarpan olarak 2 değeri verilmiştir.

Tablo 8: Karataş Yöntemine Göre Birimlerin Çarpan, Değer ve Etki Değerleri.

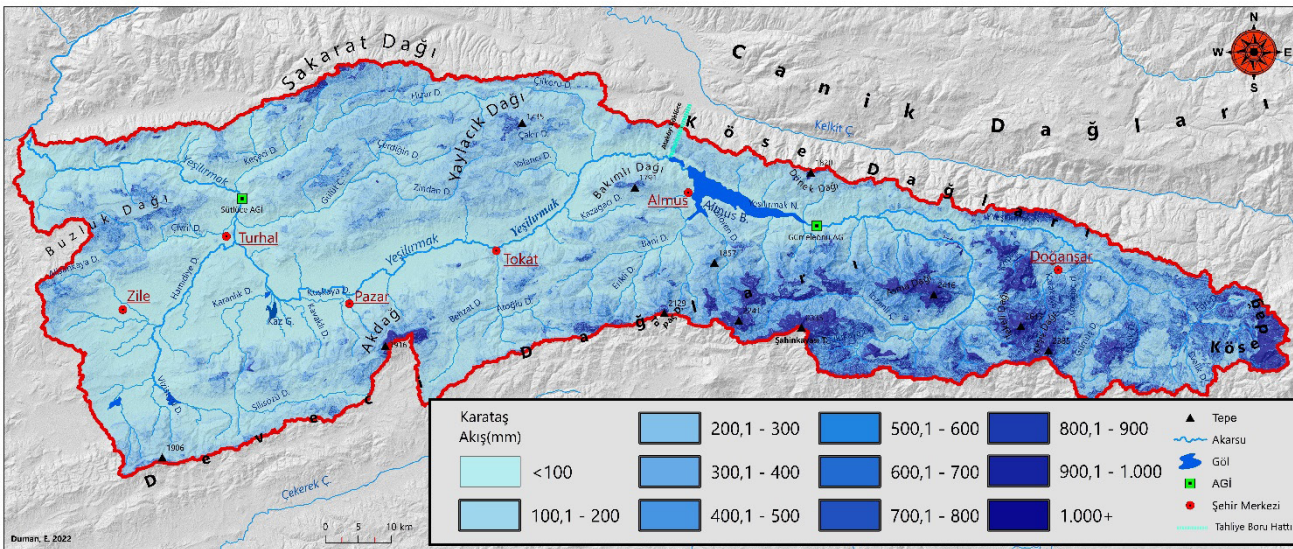
Litoloji				Büyük Toprak Grubu			
Çarpan	Değer	Etki Değeri	Tür	Çarpan	Değer	Etki Değeri	Tür
2	3	6	Aglomera-Andezit-Tüf	1	5	5	Tasnif Dışı
	1	2	Alüvyon		1	1	Alüvyal Topraklar
	3	6	Andezit		3	3	Kahverengi Topraklar
	2	4	Andezit-Bazalt		3	3	Kestanerengi Topraklar
	1	1	Bazalt		3	3	Kırmızımsı Kestanerengi Topraklar
	2	4	Bazalt-Andezit		2	2	Kolüvyal Topraklar
	2	4	Bazalt-Andezit-Aglomera		3	3	Kahverengi Orman Toprakları
	3	6	Çakıtaşı		3	3	Kireçsiz Kahverengi Orman Topr.
	2	4	Çakıtaşı-Kumtaşı-Çamurtaşı	Arazi Kullanımı			
	4	8	Çört-Bazalt-Şeyl	Çarpan	Değer	Etki Değeri	Birim
	3	6	Çörtlü Kireçtaşı	2	2	4	Bahçe(kuru)
	4	8	Diyabaz		5	10	Baraj
	3	6	Grovak-Sley-Çakıtaşı-Kireçtaşı		2	4	Bahçe(Sulu)
	5	10	Kalkışit-Yeşilışit-Mermer		3	6	Çayır
	3	6	Killi Kireçtaşı		5	10	Çıplak Kaya
	4	8	Kıltaşı		2	4	Çiftlik
	3	6	Kireçtaşı		2	4	Fundalık
	3	6	Kumtaşı-Çamurtaşı		2	4	Göl
	2	4	Kumtaşı-Çamurtaşı-Kireçtaşı		5	10	Su Yüzeyi
	3	6	Melanj		5	10	Akarsu Yatağı
	5	10	Metabazik Kaya		4	8	Kuru Tarım
	5	10	Olistostrom		3	6	Mera
	5	10	Peridotit-Serpantinit		1	2	Orman
	3	6	Serpantinit		4	8	Sulu Tarım
	4	8	Siyenit-Granit		4	8	Sulu Tarım(Yetersiz)
	2	4	Spilit-Tüf		3	6	Bağ
	2	4	Tüf	5	10	Yerleşme	
	2	4	Volkanit Çökel Kaya				
	1	2	Yamaç Molozu				

Eğim				PET				Yağış			
Çarpan	Değer	Etki Değeri	Eğim Aralığı	Çarpan	Değerler	Etki Değeri	mm	Çarpan	Değer	Etki Değeri	mm
2	1	2	0-7	3	5	15	311-390	3	1	3	387-583
	2	4	7-14		4	12	390-472		2	6	583-718
	3	6	14-21		3	9	472-546		3	9	718-849
	4	8	21-28		2	6	546-642		4	12	849-1005
	5	10	28+		1	3	642-727		5	15	1005-1251

Tüm bu veriler Tablo 8'deki değerlere göre düzenlenerek CBS uygulamaları vasıtasıyla raster veriler elde edilmiştir. Elde edilen raster veriler yine CBS uygulamaları vasıtası ile çarpılmıştır. Çarpım neticesinde her bir piksel özelliğine göre sayısal bir değer elde etmiştir. Buna göre 6 farklı veriden elde edilen sayısal değerler bir araya geldiğinde yine elde edilen sayısal değer bunların genelini ifade eden tek bir veri haline gelmiştir. Bu veri de çarpımlar neticesinde 1'den 785.952'ye kadar piksel değerleri ortaya çıkarmıştır. Ham veri olarak elde edilen bu veri şu durumda sadece maksimum minimum akışların olacağı yerleri göstermekte fakat miktar olarak vermemektedir. Elde edilen bu raster verinin mean değeri kalibrasyon maksatlı kullanılmaktadır. Karataş Yönteminde havzada yer alan ve vahşi akışlı olan bir AGİ'nin değerleri bu veriye kalibre edilerek havza genelinde tespitler yapılmaktadır. Vahşi akışlı bir istasyon verisinin seçilme sebebi beşeri etkinin minimum olmasıdır. Araştırma sahasında yer alan Gümeleönü AGİ kaynağa yakın vahşi akışlı bir noktadadır. Bu sebeple kalibrasyon için bu istasyon verileri kullanılmıştır. Kalibrasyon yöntemi kabaca aşağıdaki formülde ifade edilmiştir.

$$AKIM_{Karataş} = \frac{\text{Bulunmak İstenilen Alanın Karataş Mean Değeri}}{\text{Kalibrasyon Yapılan Alanın Mean Değeri}} \times km^2 \text{ 'ye düşen akım} \times \text{Alan}(km^2)$$

Bu formüle göre yapılan hesaplamalar Tablo 9'da verilmiştir. Karataş yöntemine göre hesaplanan akım değerleri verilmiştir. Tablolar incelendiğinde ilk olarak kalibrasyon olarak kullanılan Gümeleönü AGİ değerleri ile Karataş yöntemine göre olan hesaplama aynı değer olarak verilmiştir. Sonraki aşamalarda ise yöntemin hesaplamalarına bağlı olarak Ataköy'ün akım değeri yaklaşık 724 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Ataköy Barajı toplama havzası ile Gümeleönü AGİ su toplama havzasının alanlarının oransal değerlerine göre yapılan hesaplamada ise Ataköy Barajı'nın akım değeri yaklaşık 830 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Sütluce AGİ'nin akım değeri 518 milyon m³ olarak tablo 9'da görülmektedir. Karataş yöntemine göre yapılan hesaplamada ise bu değer 1 milyar 65 milyon m³'tür. Yine daha önce de bahsedildiği üzere Köklüce HES'e verilen su sebebiyle bu değer fazla çıkmakta olup, Kelkit Havzası'na tahliye edilen su miktarı çıkarıldığında ise Karataş yöntemine göre yapılan hesaplamada Sütluce AGİ'nin akım değeri 528 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Karataş yöntemine göre yapılan hesaplama ile Sütluce AGİ'nin gerçek akım değerleri arasında yaklaşık olarak 10 milyon m³'lük bir fark ortaya çıkmakta olup Thortwaite ve Turc yöntemlerine göre nispeten daha düşük bir değerdir. Gerçek akım değerleri ile hesaplanan akım değerleri arasındaki farkın düşük olması yöntemin hassasiyetinin fazla olduğunu göstermektedir.



Şekil 7: Çalışma Alanının Karataş Yöntemine Göre Oluşturulan Akış Dağılım Haritası.

Tablo 9: Karataş Yöntemine Göre Akım Değerleri

İstasyon	Alan(km ²)	Karataş_Ortalama(KD)	Karataş(m ³)	AGİ(m ³)
Gümeleönü	1.628,0	61.639	566.800.000,0	566.800.000
Ataköy	2.394,0	53.486	724.392.648	
Sütlüce	5.473,0	34.469	1.065.549.621	518.700.000
HavzaGenel	6.391,0	33.534	1.210.524.893	

Tablo 10'da de gerçek akım değerleri ile Thornthwaite, Turc ve Karataş yöntemlerine göre hesaplanan akım değerleri yer almaktadır. Bu tablolarda dikkat edilmesi gereken en önemli nokta hesaplanan akım değerleri ile ölçülen akım değerleri arasındaki farktır. Özellikle Sütlüce İstasyonu'nun değerleri incelendiğinde Turc ve Thornthwaite hesaplamaları ile akım ölçümleri arasında büyük farkların olduğu gözlemlenmektedir. Başlangıçta bu farkın oluşması akım değerlerinin fazla hesaplandığı hususunu akla getirir de bu iki yöntemde sadece iklim elemanları göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamalar olduğu için bu şekildedir. Başka bir deyişle bu iki yöntem kabaca yağış ve buharlaşma farkını hesaplamakta, diğer değişkenleri yok saymaktadır.

Tablo 10: Thornthwaite, Turc ve Karataş Yöntemlerine Göre Akım Değerleri.

İstasyon	AGİ(m ³)	Turc(m ³)	Turc-Köklüce(m ³)	Thornthwaite(m ³)	Thw.-Köklüce(m ³)	Karataş(m ³)	Karataş-Köklüce(m ³)
Gümeleönü	566.800.000	725.925.200		713.715.200		566.800.000	
Ataköy		935.096.400	398.096.400	887.216.400	350.216.400	724.392.648	187.392.648
Sütlüce	518.700.000	1.503.433.100	966.433.100	1.284.513.100	747.513.100	1.065.549.622	528.549.622
Havza Genel		1.708.314.300	1.171.314.300	1.443.726.900	906.726.900	1.210.524.893	673.524.893

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ölçüm istasyonu olmayan sahalarda akım değerlerinin tespiti için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada akım-akış hesaplama yöntemlerinden olan Thornthwaite, Turc ve Karataş Metotları araştırma sahası olan Yukarı Yeşilirmak Havzası'na yönelik kullanılmış ve akış-akım değerleri tespit edilmiştir. Özellikle son dönem gerçekleşen küresel iklim değişiklikleri su kaynaklarındaki baskıyı daha da arttırmaktadır. Bu sebeple su kaynaklarının yönetimi ve sürdürülebilir kullanımı büyük öneme sahiptir. Su kaynaklarının planlanması için mevcut durumun bilinmesi ona göre ilerlenmesi gerekmektedir. Gözlem istasyonlarının olmadığı sahalarda akım değerlerinin ortaya koyulması gerekmektedir. Bu durum belirtilen yöntemlerin önemini arttırmakta olup hangi yöntemin en doğru sonuca vardığı hususunun bilinmesi de aynı şekilde önemlidir. Çalışmada elde edilen verilere göre Turc ve Thornthwaite yöntemlerine göre daha fazla parametreyi değerlendiren Karataş Yöntemi ile ortaya çıkan sonuç ile AGİ akım değerleri karşılaştırıldığında Thornthwaite ve Turc yöntemlerine göre nispeten daha yakın değerlerin ortaya çıktığı tespit edilmiştir (Tablo 10). Havzanın büyük bir kısmının akımına karşılık gelen Sütlüce AGİ'nin yıllık akım miktarı 518.700.000 m³'tür. Bu çalışmada uygulanan yöntemlerden elde edilen değerler ise Thornthwaite; 747.513.100 m³, Turc; 966.433.100 m³ ve Karataş; 528.549.622 m³'tür. Uygulanan yöntemler ile ölçüm değerleri karşılaştırıldığında AGİ ile arasında en fazla fark olan yöntem Turc yöntemidir. Turc yöntemi sonuçları ile AGİ kayıtları arasında 447.733.100 m³'lük bir fark ortaya çıkmaktadır. Thornthwaite yönteminde ise bu fark 228.813.100 m³'tür. Karataş yönteminin sonuçlarına göre ise AGİ ile hesaplanan değer arasındaki fark 9.849.622 m³'tür. Çalışma sahasının toplam alanının Turc yöntemine göre akım değeri 1.171.314.300 m³ olarak tespit edilmiştir. Bu değer Thornthwaite yönteminde ise 906.726.900 m³'tür. Karataş yönteminde ise 673.524.893 m³ sonucuna ulaşılmıştır. AGİ değerleri ile yöntem sonuçları incelendiğinde Karataş yönteminin AGİ ölçümüne daha yakın sonuçlar ortaya koyduğu görülmektedir. Belirtilen bu değerler Ataköy Barajı'ndan Köklüce HES'e tahliye edilen su miktarı göz önünde bulundurularak ortaya çıkan değerlerdir. Bu durum AGİ'lerin ölçmüş olduğu akım değerlerine de yansımaktadır. Akarsuyun yukarı çığırında yer alan ve su toplama alanı 1.628 km² olan Gümeleönü AGİ'nin ölçtüğü yıllık ortalama akım miktarı 566.800.000 m³'tür. Aşağı çığırda yer alan ve su toplama alanı 5.473 km² olan Sütlüce AGİ'nin değeri daha düşüktür (Tablo 10). Akarsuların akımlarının beşeri faaliyetler neticesinde etkilenmesi dünya genelinde yaygın olup (Grill

vd., 2019) çalışma sahasında da bu durum mevcuttur. Çalışmada kullanılan yöntemlerden Thorntwaite ve Turc yöntemleri evapotranspirasyon miktarlarının tespitine yönelik güncellenebilmekle birlikte Karataş yöntemi yeni veri girdisine olanak vermeside sonuçların doğruluğu açısından katkıda bulunmaktadır. Ayrıca çalışma sahasının coğrafi özelliklerine göre çarpan değerlerinin araştırmacı tarafından belirlenmesi farklı bölgelerdeki havzaların özelliklerine göre de yöntemin uygulanmasını sağlamaktadır. Zirai faaliyetlerin yaygın olduğu çalışma sahasında tarımsal sulama önemli bir konudur. Bu husus çalışma sahasında tarımsal sulamaya yönelik yapılan sanat yapılarının mevcudiyeti ile de görülmektedir. Tarımsal üretimin yanı sıra bölgede nüfusun artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu sebeple kişisel /evsel su tüketiminin artması olağandır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda çalışma sahasına yönelik hidrografik planmaya yapılması gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Hidrografik planlama için havzanın mevcut su potansiyelinin belirlenmesi başlıca öneme sahiptir.

| EXTENDED ABSTRACT |

Calculation of Flow/Runoff Values of Basins with Different Methods: Example of Upper Yesilirmak BasinEmre DUMAN  Atilla KARATAŞ **INTRODUCTION**

As a natural resource, water is the most basic element for the continuity of the world ecosystem. Along with the perpetuity of living life, water is the main factor of many processes in the world. Water, which is of great importance in terms of human history as well as the continuity of life, has a great impact on the formation and development of civilizations. The first civilizations were established on the waterfront, and water resources have played a major role in the positioning of civilizations until today. When the water, which took a place in human life in order to meet the basic needs at the beginning, was passed to agricultural societies, its importance increased due to its necessity for agricultural activities and began to diversify. The place and importance of water resources in human life has continued to increase due to both transportation activities and defensive use. With the industrialization process, the value of water, which is used intensively in production activities, continued to increase. Along with all these, the continuous increase in the world population and the exponential increase in consumption have increased the pressure on water resources. This situation necessitated the development of new approaches in the management of water resources. The first step required to determine and plan sustainable use methods is to determine the current potential. For this reason, in order to use water within a sustainable plan, first of all, it is necessary to determine the status of the existing water potential.

In this study, the upper Yeşilirmak Basin was considered as a research area. The Upper Yesilirmak Basin is located in the Central Black Sea Section of the Black Sea Region, between 35°42'50"-37°55'30" east longitudes and 40°1'20"-40°36'11" northern latitudes. A large part of the basin area is within the borders of the province of Tokat and covers an area in the provinces of Amasya and Sivas. There are 1 provincial center, 5 district centers and nearly 400 rural settlements in the study area.

Although the flow values determined by the Current Monitoring Stations (CMS) on the rivers provide important data in terms of hydrography studies, it is of great importance to determine the flow values in the areas where these stations are not available. There are various methods for determining flow values from areas where there are no flow observation stations (Mockus, 1949; Sherman, 1949; Andrews, 1954; Ogrosky, 1956; USDA, 1985; Özdemir, 2007; Karataş, 2017, 2018). Some of these methods calculate the water balance situation directly with climate data, while others consider other geographical factors as well as climate data. In this study, Thornthwaite (1948) method, which are frequently encountered in the literature, and Turc (1954), which is used in General Directorate of State Hydraulic Work applications, and Karataş (2018), which is a new method for heterogeneous basins, are used to determine flow amounts in large basins. SCS Curve Number (Soil Conservation

Service (SCS), 1956; 1964; 1971; 1972; Xu et al., 1997) is due to the fact that these methods can be used in very narrow areas, but they do not give effective results in basins that cover large areas. As a result, in this study to determine the water potential of the Upper Yeşilirmak Basin, which is an important agricultural basin and where efforts to develop irrigated agriculture opportunities are increasing day by day, Thornthwaite (1948) and Turc (1954) methods, which were previously applied in many large-scale basins, and Karasu and Ergene basins. Karataş (2018) method, which was applied.

Material and Method

To determine geological features of the area, 1/100.000 scaled G35 (Çorum), G36 (Tokat), H35 (Tokat), H36 (Tokat), H37 (Tokat), H38 (Tokat) prospectus geological maps (Aktimur et al., 1990a; Aktimur et al., 1990b; Sümengen, 2013a; Sümengen, 2013b; Sevin & Uğuz, 2014). Digital elevation models have a wide usage area in physical geography studies. It is widely used especially for revealing geomorphological and hydrographic features. For use in this study, the highest resolution open digital data of the field, the Alos-Palsar 12.5 m resolution digital elevation model (Dataset: © JAXA/METI) was provided. Using this data, both morphometric features (elevation, slope, aspect, etc.) and hydrographic features (drainage network, basin boundary) of the basin were determined by means of Geographical Information Systems techniques. Observations required to determine the climatic characteristics of the basin were obtained from MGM. With the presence of more than 10 meteorological stations within the borders of the basin, there are 3 stations that regularly record long-year data suitable for climatological studies. These are Zile, Turhal and Tokat meteorological stations. The data recorded by these stations have been used at various stages within the scope of the analysis processes, and especially the precipitation and temperature data are very important in the study. The flow data required for the determination of the hydrographic characteristics of the research area were obtained from DSI. Flow observation stations established by DSI in certain parts of the rivers keep the records of hydrographic data. Flow observation stations in the research area mostly have short-term observations. Sütluçe and Gümeleönü stations located on Yeşilirmak have 49 years of records. Climatological data are sufficient for Thornthwaite and Turc methods used in the study. In order to apply the Karataş method, which is the other method, flow data are required as well as climatological data. The lithological structure is another feature used in the Karataş method, and as stated before, the data obtained from MTA was also used for this purpose. In order to determine the land use status of the site, CORINE data reflecting the land cover produced from the same source of the entire study area was used (EEA, 2018). Again, in order to determine the soil characteristics of the land, numerical soil data were obtained from the General Directorate of Soil Reform of the Ministry of Agriculture and Forestry.

After the materials required for the study were procured, various arrangements were made at the beginning to ensure that these materials were suitable for use in the determined methods. First of all, the temperature and precipitation data obtained from the MGM were arranged to represent the entire basin according to the altitude. For this purpose, temperature and precipitation values were reduced according to the Schreiber (1904) method. With the reduction, the temperature values have been reduced to 1 °C at 200 m, and the precipitation values have been reduced to 45 mm at 100 meters, which Erinc (1984) considered more suitable for Turkey's conditions. With the interpolation method used to convert point data into spatial data expressing the temperature and precipitation distribution, the features belonging to a point are spread over the area. Thiessen Polygons method is used for data with more than one point. With this method introduced by Alfred Thiessen (1911), polygons are formed by combining the points on a plane with the closest observation points (Kumler, 1999). When the polygons obtained with GIS applications were examined, it was concluded that the existing meteorological stations did not fully represent the effect. The reason for this situation is that Thiessen polygons cannot evaluate morphological elements and accept the land as flat. For this reason, the existing polygons have been modified according to the topographic condition of the land. Then, isohips were produced using DEM data. According to the polygons represented by each station, these isohips were separated and the reduction method was used. With the reduction method, the temperature and precipitation values of each meteorology station are reduced according to the isohips they represent and these values are given to the isohips. In the next stage, point data was produced to interpolate these isohips by means of GIS applications. With the interpolation phase,

the distribution of precipitation and temperature across the basin was determined. However, potential evapotranspiration and evapotranspiration values were calculated using the reduced values for each isohip. Likewise, finally, flow values were calculated for these isohips according to separate Thornthwaite and Turc methods, and spatial data were obtained by interpolating.

Findings and Results

To determine flow amount of the basin, three methods used which are Thornthwaite, Turc and Karatas methods. With the maps produced according to the Thornthwaite Method, it was possible to determine the current calculated flow value of any point in the field according to this method. Table 5 contains some values. Gümeleönü and Sütlüce points in the table are CMSs. In the section designated as Ataköy, there is a situation where the waters are transferred to the neighboring basin (basin bypass) through the Ataköy Dam and the tunnel, which is present at this point. An annual amount of 537 million m³ of water from this section is transferred to the Kelkit Basin in the north for electricity generation (Baydal et al., 2011). The mean values in the table show the flow heights, and when these values are calculated according to the area, the flow amounts of the basin are revealed according to the Thornthwaite method. When the flow values calculated according to the Thornthwaite method are compared with the actual flow values, there is a difference of approximately 146 million m³ compared to the Gümeleönü CMS. The annual average flow value measured in Sütlüce CMS is 518 million m³. The amount of flow calculated according to the Thornthwaite method is 1.284 million m³ and the difference is over 750 million m³. The reason for such a big difference is the transfer of 537 million m³ of water from Ataköy to Köklüce HPP (Baydal et al., 2011). When we subtract the amount transferred to Köklüce, the amount of flow in Sütlüce should be approximately 747 million m³ according to the Thornthwaite Method. However, there is a difference of approximately 230 million m³ between the CMS flow value of 518 million m³ and the Thornthwaite value. When the general flow values of the basin are examined, it is calculated as 1.443 million m³ according to the Thornthwaite method, and when the amount of water bypassed in the Ataköy basin is subtracted, 906 million m³ flow is calculated.

The flow values analyzed according to the Turc method were first calculated for the entire basin (Figure 7), and then the flow values of Gümeleönü and Sütlüce locations, which have a flow observation station of DSI, and Ataköy Dam site, which has a water outlet from the basin, are given in Table 6. In the table, the calculation was made by subtracting the amount of water (537 million m³) from Ataköy Dam to the Kelkit Basin in the north. According to the results of the flow calculations made according to the Turc method, as seen in Table 6, there is a difference of approximately 159 million m³ in Gümeleönü and 984 million m³ in Sütlüce between the CMS flow values and the Turc flow values. As mentioned before, when the basin bypass situation is taken into consideration, there is approximately 448 million m³ flow value difference between the Turc flow value and the CMS value. As a result of the calculations made according to the Turc method, the annual flow value of the Upper Yeşilirmak Basin was calculated as 1 billion 708 million m³. However, when the amount given to Köklüce Hydroelectric Power Plant is subtracted from this value, a flow value of 1 billion 171 million m³ emerges. In the calculation made according to the Turc method, it was determined that the current value was higher than the calculation made according to the Thornthwaite method. However, when the calculation made according to the Turc method and the data of CMSs are compared, it is revealed that there is more difference than the Thornthwaite method.

Turc and Thornthwaite Methods make flow calculations using temperature and precipitation data. In the maps obtained, it is seen that the flow values show parallelism with the altitude. Unlike these two methods, the Karataş Method also evaluates various geographical features. According to this method, 3-2-1 coefficient values are given according to the importance in terms of affecting the flow status of the data belonging to the basin (Table 7). In the next stage, the contents of the data are evaluated from 1 to 5, and the effect of each unit on the flow (from 1 to 15) is revealed by multiplying these values with the main coefficient. Large Soil Groups, Lithology, Land Use, Slope, PET and Precipitation data were used in this study. The multiplier values of these data and the values of the units are given in Table 6. Since precipitation and PET values have the most effect on the flow, the multiplier value was given and they were divided into 5 subgroups. Slope values were classified into 5 groups and 2 multiplier values were given. Accordingly, the value of 10 is reached together with the multiplier value in

the group with the highest slope. Lithology is important in terms of knowing the water permeability of the rocks. In this study, a coefficient of 2 is given in the lithology data and values from 1 to 5 are assigned according to the permeability of the rocks. Impermeable structures have a maximum value of (10) and permeable structures have a minimum value of (2). This system is the same for large soil groups, but a multiplier value of 1 is given to large soil groups. Another feature that has an impact on flows is land use. Land use units were evaluated according to their contribution to the flow and a value of 2 was given as a multiplier.

Calculations made according to this formula are given in Table 8. Flow values calculated according to the Karataş method are given. When the tables are examined, the Gümeleönü CMS values used as calibration and the calculation according to the Karataş method are given as the same value. In the next stages, depending on the calculations of the method, the flow value of Ataköy was calculated as approximately 724 million m³. In the calculation made according to the proportional values of the areas of Ataköy Dam collection basin and Gümeleönü AGİ water collection basin, the flow value of Ataköy Dam was calculated as approximately 830 million m³. The flow value of Sütlüce CMS as 518 million m³ is seen in table 8. In the calculation made according to the Karataş method, this value is 1 billion 65 million m³. Again, as mentioned before, this value is higher due to the water supplied to Köklüce HPP, and when the amount of water that can be drained from the basin is subtracted, the flow value of Sütlüce CMS is calculated as 528 million m³ in the calculation made according to the Karataş method. There is a difference of approximately 10 million m³ between the calculation made according to the Karataş method and the actual flow values of Sütlüce CMS, and a very low value has been obtained. The low difference between the actual current values and the calculated current values shows that the sensitivity of the method is high.

Various methods are used to determine the current values of the fields that do not have a measuring station. In this study, Thornthwaite, Turc and Karataş Methods, one of the flow-flow calculation methods, were used for the Yukarı Yeşilirmak Basin, which is the research area, and the flow-flow values were determined. The importance of water resources is increasing day by day. Especially the recent global climate changes increase the pressure on water resources. For this reason, the management and sustainable use of water resources is of great importance. In order to plan water resources, it is necessary to know the current situation and proceed accordingly. In areas where there are no observation stations, the current values should be revealed. This situation increases the importance of the methods mentioned, and it is equally important to know which method gives the most accurate result. According to the data obtained in the study, Karataş Method, which evaluates more parameters than Turc and Thornthwaite methods, reveals results closer to real values. The fact that this method allows new data entry according to the obtained data also contributes to the accuracy of the results. In addition, the determination of the multiplier values according to the geographical characteristics of the study area by the researcher enables the method to be applied according to the characteristics of the basins in different regions.

KAYNAKÇA

- Aktimur, H. T., Tekirli, M. E., & Yurdakul, M. E. (1990). Açınsama nitelikli *Türkiye jeoloji haritaları serisi Tokat D-22 paftası*. MTA.
- Aktimur, H. T., Yurdakul, M. E., Ürgün, B. M., Ateş, Ş., & Teoman, Ş. (1990). Açınsama nitelikli *Türkiye jeoloji haritaları serisi Tokat D-23 Paftası*. MTA.
- Alos Palsar. (2007). Jaxa/Metı Alos Palsar L1.0 2007.
- Al-Sudani, H. I. Z. (2018). Study of morphometric properties and water balance using Thornthwaite Method in Khanaqin Basin, east of Iraq. *Journal of University of Babylon for Engineering Sciences*, 26(3), 165–175.
- Andrews, R. G. (1954). The use of relative infiltration indices in computing runoff. *Unpublished. Soil Conservation Service, Fort Worth, Texas*, 6.
- Aşçıoğlu, E., & Uzun, N. (1973). Yukarı Yeşilirmak Projesi Mühendislik Jeolojisi Planlama Raporu. *Samsun: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü*.
- Atalay, İ. (2017). *Türkiye Jeomorfolojisi*. İzmir. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.
- Baydal, Y., Yıldırım, L., Can, G., & Taşkın, O. (2011). Ataköy Barajı ve Köklüce HES. *Su Dünyası*, 50–55.
- Calvo-Alvarado, J. (1986). An evaluation of Thornthwaite's water balance technique in predicting stream runoff in Costa Rica. *Hydrological Sciences Journal*, 31, 51–60. <https://doi.org/10.1080/026.266.68609491027>

- Chen, D., Gao, G., Xu, C., Guo, J., & Ren, G. (2005). Comparison of the Thornthwaite method and pan data with the standard Penman-Monteith estimates of reference evapotranspiration in China. *Climate Research*, 28, 123–132. <https://doi.org/10.3354/cr028123>
- de Martonne, E. (1942). Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité (Carte hors texte). *Annales de Géographie*, 51(288), 241–250.
- Doğdu, M. (2011). Hidrolojik çalışmalarda kullanılan su bütçesi bileşenlerinin hesabı için bilgisayar programı. *Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Bülteni*, 112, 19–32.
- Ekmekci, M., Özdemir, Ö., Açikel, Ş., Akpınar, H., & Atalan, M. (2016). *Appraisal of Malatya-Pınarbaşı hydrogeological system for a sustainable urban water management*. Proceedings of the International Symposium of Water and Wastewater Management (ISWWM).
- Erinç, S. (1984). *Klimatoloji ve Metodları*. İstanbul. Gür-Ay Matbaası.
- Galvão, P., Hirata, R., & Conicelli, B. (2018). Estimating groundwater recharge using GIS-based distributed water balance model in an environmental protection area in the city of Sete Lagoas (MG), Brazil. *Environmental Earth Sciences*, 77(10), 1–19.
- Gök, M. (2021). Beşeri ve iktisadi coğrafya açısından tokat ili tarımı: sorunlar ve çözüm önerileri. Ankara. İKSAD.
- Grill, G., Lehner, B., Thieme, M., Geenen, B., Tickner, D., Antonelli, F., Babu, S., Borrelli, P., Cheng, L., & Crochetiere, H. (2019). Mapping the world's free-flowing rivers. *Nature*, 569(7755), 215–221.
- Gudulas, K., Voudouris, K., Soulios, G., & Dimopoulos, G. (2013). Comparison of different methods to estimate actual evapotranspiration and hydrologic balance. *Desalination and Water Treatment*, 51(13–15), 2945–2954. <https://doi.org/10.1080/19443.994.2012.748443>
- Horvat, B., & Rubinic, J. (2006). Annual runoff estimation—An example of karstic aquifers in the transboundary region of Croatia and Slovenia. *Hydrological Sciences Journal*, 51(2), 314–324.
- Karaalioglu, B. (1977). Tokat-Kazova ve Turhal Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu. DSİ.
- Karataş, A. (2017). *Karasu Çayı havzasının hidrografik planlaması*. İstanbul. Çantay.
- Karataş, A. (2018). Identifying surface runoff distribution and amount in stream basins: Ergene River Basin. *Turkish Journal of Water Science and Management*, 2(2), 40–83.
- Katipoğlu, O. M. (2022). Monthly stream flows estimation in the Karasu river of Euphrates basin with artificial neural networks approach. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(3), 917–928.
- Keskiner, A. D., Çetin, M., Şimşek, M., & Sabri, A. (2020). Kuraklık riski altındaki havzalarda gölet haznelerinin tasarımı: Seyhan Havzasında Bir Uygulama. *Teknik Dergi*, 31(5), 10189–10210.
- Kumler, M. (1999). Thiessen's remarkable polygons. CA. *The California Geographer* 39: 71–81.
- Lu, J., Sun, G., McNulty, S. G., & Amatya, D. M. (2005). A comparison of six potential evapotranspiration methods for regional use in the Southeastern United States. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 41(3), 621–633. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2005.tb03759.x>
- Mkankam Kamga, F. (2001). Impact of greenhouse gas induced climate change on the runoff of the Upper Benue River (Cameroon). *Journal of Hydrology*, 252(1), 145–156. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00445-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00445-0)
- Mockus, V. (1949). 'Estimation of total (peak rates of) surface runoff for individual storms,' (Exhibit A of Appendix B, Interim Survey Report Grand). U.S.D.A.
- Ogrosky, H. O. (1956). Service objectives in the field of hydrology. *Unpublished. Soil Conservation Service, Lincoln, Nebraska*, 5.
- Özdemir, H. (2007). SCS CN Yağış-akış modelinin CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle uygulanması: Havran Çayı Havzası örneği (Balıkesir). *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(2), 1–12.
- Peltier, L. C. (1962). Area sampling for terrain analysis. *The Professional Geographer*, 14(2), 24–28.
- Rao, B. S., & Subrahmanyam, V. (1961). Estimation of yields from river basins by a modification of the water balance procedure of Thornthwaite. *MAUSAM*, 12(2), 339–344.
- Şahin, S., & Gebeloğlu, N. (2020). Türkiye sebzeçiliğinde Tokat'ın yeri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*, 8(SP1), Article SP1. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8isp1.203.207.4099>
- Schreiber, P. (1904). Über die Beziehungen zwischen dem Niederschlag und der Wasserführung der Flüsse in Mitteleuropa. *Z. Meteorol*, 21(10), 441–452.
- Şengün, M. T., Siler, M., & Engin, F. (2014). Hidrografik ve jeomorfolojik analizlerde coğrafi bilgi sistemleri tekniklerinin kullanımı: Malatya Havzası Örneği. *VIII. Coğrafya Sempozyumu*, 23–24.
- Sevin, M., & Uğuz, M. F. (2014). Türkiye jeoloji haritaları Çorum H-35 Paftası. MTA.
- Sherman, L. K. (1949). *The Unit Hydrograph Method in Physics of the Earth*, OE Meinzer, Ed. New York: Dover Publication Inc.
- Sümengen, M. (2013). *Türkiye jeoloji haritaları Tokat H-36 Paftası*. MTA.
- Summerfield, M. A. (1991). *Global Geomorphology: An Introduction to Study of Landforms*. London. Longman Scientific and Technical.
- Tanner, W. F. (1961). An Alternate Approach to Morphogenetic Climates. *Southeastern Geologist*, 2, 251–257.
- Thiessen, A. H. (1911). Precipitation averages for large areas. *Monthly Weather Review*, 39(7), 1082–1089.
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38(1), 55–94.

- Topçu, E. (2019). Doğu Anadolu Bölgesi'nde Thornthwaite tipi aylık su bilançosu analizi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8, 688–705. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.510727>
- Tukimat, N. N. A., Harun, S., & Shahid, S. (2012). Comparison of different methods in estimating potential evapotranspiration at Muda Irrigation Scheme of Malaysia. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)*, 113(1), Article 1.
- Turc, L. (1954). The water balance of soils. Relation between precipitation, evaporation and flow. *Ann. Agron*, 5, 491–569.
- USDA, S. (1985). Hydrology, national engineering handbook, Section 4. *US Department of Agriculture, Washington, DC, USA*.
- Varni, M. R., & Usunoff, E. J. (1999). Simulation of regional-scale groundwater flow in the Azul River basin, Buenos Aires Province, Argentina. *Hydrogeology Journal*, 7(2), 180–187. <https://doi.org/10.1007/s100.400.050190>
- Wilson, L. (1968). Morphogenetic Classification. In *Encyclopedia of Geomorphology*. Fairbridge.