

Yazışma yazarı:
Yıldırım BAYAZIT,
yildirim.bayazit@bilecik.edu.tr

Referans:
Bakiş, R., Şirin F.Ç., Bayazit Y., (2020), Akım Gözlem İstasyonları İçin Alan-Oranı Metodunun Doğruluğunun Analizi, İklim Değişikliği ve Çevre, 5, (2) 8-15

Makale Gönderimi : 26 AĞUSTOS 2020
Online Kabul : 24 EYLÜL 2020
Online Basım : 25 EYLÜL 2020

Akım Gözlem İstasyonları İçin Alan-Oranı Metodunun Doğruluğunun Analizi

Recep BAKIŞ¹, Fatma Çiğdem ŞİRİN², Yıldırım BAYAZIT³

¹Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye.
ORCID: 0000-0002-1371-1085

²Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye.
ORCID: 0000-0002-3445-7047

³Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye.
ORCID: 0000-0002-8699-4741

Özet Su kaynakları planlanırken havza ile ilgili parametreler dikkatlice hesaplanmalıdır. Özellikle, bir havzada baraj planlanırken, geçmişten günümüze kadar uzun bir dönem kapsayan akış verileri, doğru bir şekilde elde edilmelidir. Ancak birçok etkenden dolayı akış verileri eksiksiz bir biçimde ölçülememektedir. Su yapılarının planlama aşamasında kullanılan akış izleme verilerinin eksikliğinden dolayı, işletme aşamasında ciddi tehlikelere neden olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, akış ölçümü barajın planlandığı yerde yapılamazsa, akışların o bölgeye doğru şekilde taşınması gerekir. Alan oranı yöntemi, bu akış ölçümlerinin taşınmasında kullanılan yöntemlerden biridir. Bu çalışmada, Porsuk havzasındaki DSİ-12181 akış ölçme istasyonunun akış değerleri üç farklı mesafeyle taşınmıştır. Bu üç farklı kontrol noktasının orijinal ve taşınan akış verileri karşılaştırılarak yöntemin doğruluğu araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, akış oranı alan oranı yöntemine göre taşınarak iki istasyon arasındaki mesafe artırıldığında hata oranı artmaktadır. Baraj sahasındaki akış değerlerinin tahmin edilmesinde etkili bir yöntem olan alan oranı yönteminin doğruluğu araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alan-Oranı, Akım Gözlem İstasyonları, Akım Taşıma, Porsuk Havzası

Linear Analysis of Region-Ratio Method for Flow Gauges

Abstract When planning water resources, the parameters related to the basin should be carefully calculated. Especially, when planning a dam in a basin, flow data covering a long period from past to present should be obtained accurately. However, flow data cannot be measured completely due to many factors. Because, especially missing flow monitoring data used at the planning stage of water structures have been reported to induce serious hazards at the operating stage. Also, if the flow measurement cannot be made at the place where the dam is planned, it is necessary to move the flows to that region correctly. The area ratio method is one of the methods used for transporting these flow measurements. In this study, the flow values of the DSİ-12181 flow gauging station in the Porsuk basin have been transported by the method of area ratio at three different distances. The accuracy of the method has been investigated by comparing the original and transported flow data of these three different control points. As a result of the study, the error rate increases when the distance between the two stations is increased by carrying the flow rate by the area ratio method. The accuracy of the area ratio method, which is an effective method for estimating the flow values at the dam site, was investigated.

Keywords: Area-Ratio, Flow Gauging Stations, Flow Transportation, Porsuk Basin

1. Giriş

Su kaynaklarının planlanması ve havza yönetimi çalışmalarında, akım verileri gibi hidrolojik verilerin doğru değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bu verilerin eksiksiz ve kesintisiz olması çok önemlidir. Bununla birlikte, birçok havza bazlı çalışmada, akarsu boyunca her noktada akışı ölçmek mümkün değildir. Bu nedenle, akarsuyun akış ölçümünün yapılamadığı bir noktada bir su yapısının planlanması zordur.

Bu çalışmada, Sakarya havzasının bir alt havzası olan Porsuk havzasındaki Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'ne ait AĞ Akım verileri incelenmiştir. Havzadaki akım gözlem istasyonlarından birbirleriyle korelasyonu yüksek 4 istasyon seçilmiştir. Bu istasyonlardan DSİ-12181 nolu istasyonun verileri, farklı uzaklıklarda bulunan DSİ-12033, DSİ-12093 ve DSİ-12143 nolu istasyonlarının bulunduğu yere alan oranı metoduyla taşınmıştır. Taşınan debi değerleri, taşındığı yerde

Araştırma sahası, porsuk havzasının yüzey sularını drene eden Porsuk Çayı ana kolu ve yan kollarından oluşmaktadır. Araştırma sahasında, Eskişehir-Alpu Ovası, İnönü Ovası, Kütahya Ovası ve Altıntaş Ovası bulunmaktadır.

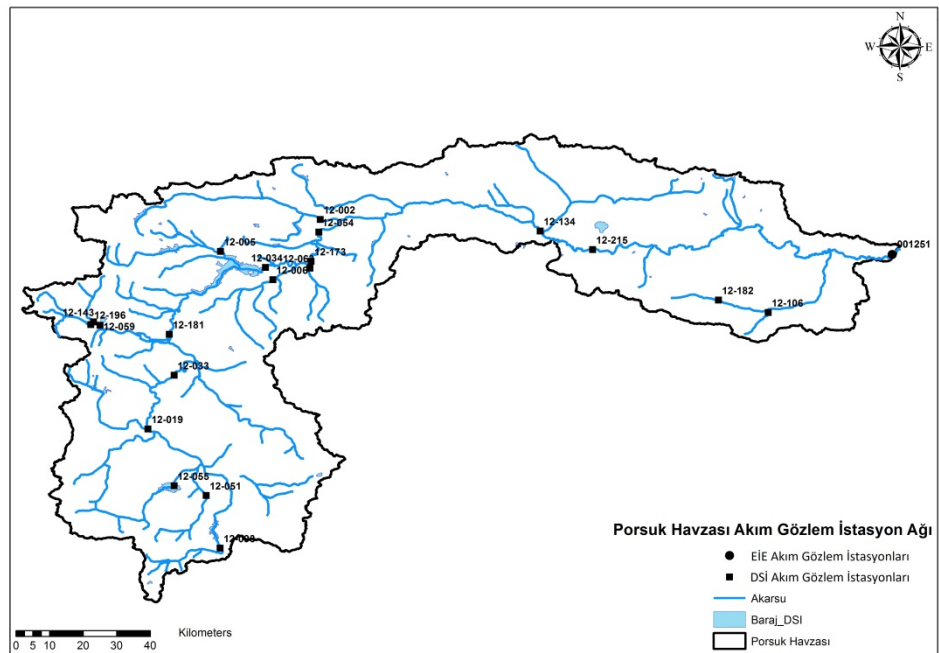
Havzada, Eskişehir-Beylikova arası düz (ovalık) arazidir. Beylik ovasından sonra arazi engebeleri biraz artmaktadır. Bu engebelerden sonra, Porsuk Çayı'nın her iki yanındaki arazi düzleşmekte ve daha sonra Sakarya Nehrine dayanmaktadır.



Şekil 3. Porsuk havzasının Türkiye'deki konumu (Bakış vd., 2008).

2.1. Akım Gözlem İstasyonları

Bu çalışmada, Sakarya havzasının bir alt havzası olan Porsuk havzasındaki Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'ne ait akım gözlem istasyonlarının (AGİ) akım verileri incelenmiştir. Proje kapsamında seçilen Porsuk havzası çalışma alanındaki AGİ'lerde eksik veri sayısının fazla olması sebebiyle bu eksik verilerin doğru bir şekilde tamamlanması ve su yapılarının projelendirilmesinde kullanılması çok önemli hale gelmiştir. Bu amaçla, bu proje kapsamında, 58.160 km²'lik drenaj alanıyla Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %7.5'ini meydana getiren Sakarya havzasının bir alt havzası olan Porsuk havzasına ait akım verileri incelenmiştir. Porsuk çayı ve yan kolları üzerinde toplam 20 adet AGİ bulunmaktadır. Bunların 1 tanesi EİE ve 19 tanesi DSİ tarafından işletilmektedir. Havzadaki AGİ'lerin konumları Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. DSİ ve EİE tarafından Porsuk çayı ana ve yan kolları üzerinde bulunan AGİ ağı.

3. Alan Oranı Metodu

Havzadaki her bir akım gözlem istasyonu arasındaki istatistiksel ilişkiler analiz edildikten sonra çalışmada kullanılmak üzere 4 adet AGİ belirlenmiştir. Bu 4 AGİ'den DSI-12181 nolu istasyonun akım verileri diğer istasyonların oldukları noktaya alan oranı metoduyla taşınmıştır.

Drenaj-alan oranı metodu, havza karakteristikleri benzer olan bir akarsu üzerinde mevcutta kurulu bulunan bir AGİ'den elde edilen debi ölçüm verilerinin, AGİ'nin membasındaki veya mansabındaki bir noktaya, bu AGİ verilerinin drenaj alan oranı ile orantılı bir şekilde taşınmasını sağlar. Bu amaçla öncelikle aynı akarsu üzerinde bulunan iki AGİ'den faydalanarak havza yağış rejimini ifade eden, havzaya ait ϕ ve K katsayıları belirlenir. AGİ akım değerlerinin, konum olarak seçilen farklı bir noktaya taşınmasında, yağış rejimi değişkenliğini içeren $Q=K.A^\phi$ genel formülü kullanılır. Bu formülde Q (m^3/s) cinsinden günlük akımları, A km^2 cinsinden seçilen noktaya kadarki yağış alanını, ϕ bir üssü ve K bir katsayıyı göstermektedir. Akım Gözlem İstasyonunda (AGİ) ölçülen debi değerleri bellidir. AGİ'nin bulunduğu noktaya kadarki havzanın drenaj alanı da bellidir. Oysa akarsu üzerinde rastgele seçilen bir noktanın debi değerleri belli değildir. Noktanın drenaj alanı da belli değildir. Öncelikle ilgili noktanın drenaj alanı hesaplanır. Eğer AGİ'nin drenaj alanı bilinmiyor ise o da harita üzerinden hesaplanır. $Q=K.A^\phi$ genel formülü kullanılarak, seçilen nokta yerindeki debi değerleri, alan oranına göre, AGİ debi değerleri taşınarak hesaplanır (Emerson vd., 2005, Yanık ve Avcı, 2005, Asquith vd. 2006).

Bu yöntem literatürde çeşitli çalışmalarda yaygın şekilde kullanılmaktadır (Bakış ve Göncü, 2015, Wiche vd., 1989, Guenther vd., 1990, Emerson ve Dressler, 2002). Pek çok durumda, az veri gerektirmesi ve herhangi bir modifikasyona gereksinim duyulmadan kullanılabilmesi nedeniyle pek çok çalışmada kullanılmaktadır. Metodun uygulanabilirliği iki ölçüm istasyonu arasındaki hidrolojik benzerlik ile yakından ilişkilidir. Bu hidrolojik benzerlik, benzer drenaj alanı, eğim, iklimsel özelliklerdir ve ölçümü yapılan akım gözlem istasyonu ile ölçümü yapılamayan akım gözlem istasyonu arasındaki ilişkiyi doğrudan etkilemektedir. Bu yöntem aşağıdaki denklemler ile açıklanabilir. Akarsu üzerinde (1 noktasında) AGİ vardır. Bu AGİ'nin Alanı, A_1 ve ölçülen debisi, Q_1 'dir. (2 noktasında), AGİ yoktur. 2 noktasına kadarki havza drenaj alanı, A_2 bulunur. 1 noktasındaki (AGİ'deki) debiler, 2 noktasına (mesela baraj noktasına) alan oranında taşınacaktır (Eşitlik1-2). Buna göre:

$$Q_1 = K_1 \cdot \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^\phi \cdot Q_2 \quad (1)$$

$$Q_2 = K_2 \cdot \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^\phi \cdot Q_1 \quad (2)$$

Burada,

- Q_1 : 1 noktasındaki akım değeri, m^3/s
- Q_2 : 2 noktasındaki akım değeri, m^3/s
- A_1 : 1 noktasının drenaj alanı, km^2
- A_2 : 2 noktasının drenaj alanı, km^2
- ϕ : Üstel katsayı
- K_1, K_2 : Düzeltme katsayıları

Üstel katsayının belirlenmesinde ise aşağıdaki denklemler kullanılmaktadır. Burada, mevcut bir havzadaki aynı veya benzer hidrolojik özelliklere sahip iki AGİ akım değerleri ve drenaj alanı değerleri kullanılarak, aynı tarihlerde ölçülmüş her bir ölçüme karşılık gelecek şekilde üstel katsayı değeri hesaplanmakta, sonrasında bu değerlerin aritmetik ortalaması alınarak iki ölçüm istasyonuna ilişkin üstel katsayı değeri hesaplanabilmektedir (Eşitlik3-4).

$$\phi_1 = \frac{\log(Q_{1i}/Q_{2i})}{\log(A_1/A_2)} \quad (3)$$

$$\bar{\phi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \phi_i \quad (4)$$

Burada,

n : Örnek sayısı

Drenaj alan oranı metodu ile iki AGİ arasındaki ilişkinin incelenmesi durumunda bu yöntemde bazı sapmaların yaşandığı ve tahmin edilecek akım gözlem istasyonuna ait akım değerlerini normalinden daha az veya daha fazla tahmin edebildiği belirlenmiştir. Bu nedenle, mevcut yöntemde kullanılan K_1, K_2 düzeltme katsayıları kullanılarak bu hata oranı minimize edilmektedir. Bu düzeltme katsayıları aşağıdaki formüller kullanılarak her bir ölçüm için ayrı ayrı hesaplanmaktadır (Eşitlik 5-6).

$$K_{12,i} = \frac{Q_{1i}}{Q_{2i} \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^\phi} \quad (5)$$

$$K_{21,i} = \frac{Q_{2i}}{Q_{1i} \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^\phi} \quad (6)$$

Düzeltilme katsayıları, bir arada ele alınarak tek bir düzeltme katsayısına çevrilerek kullanılmaktadır. Bu katsayı simetrik bir yapıya sahip olup, K_1 , K_2 düzeltme katsayılarının bir kombinasyonudur ve aşağıdaki denklem ile hesaplanır (Eşitlik 7).

$$K = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n K_{12,i} + K_{21,i} \quad (7)$$

Sonuç olarak, drenaj-alan oranı metodunda kullanılan denklem aşağıdaki genel şekline getirilir ve uygulamada kullanılır (Eşitlik 8).

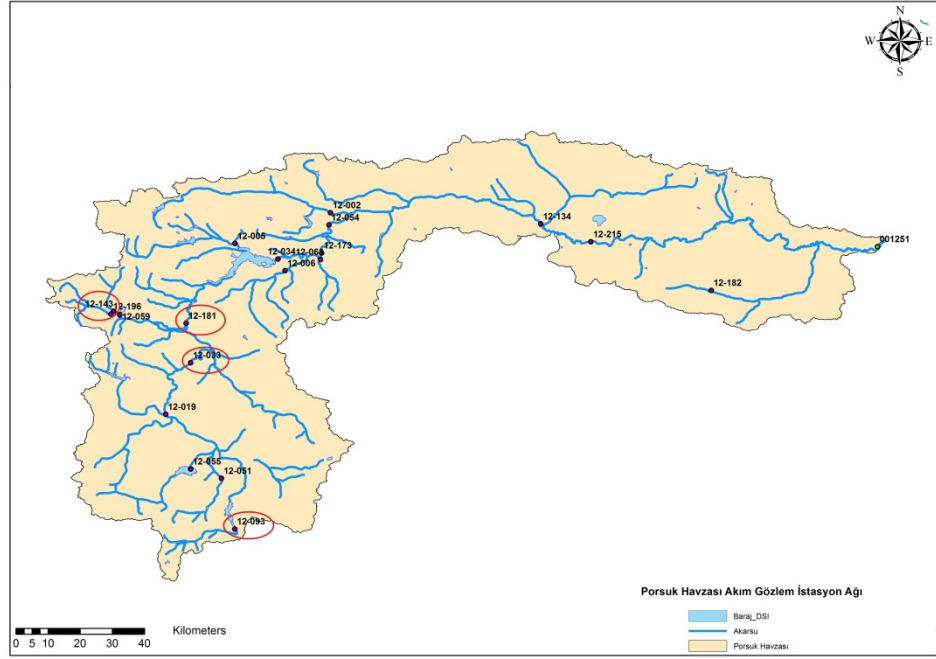
$$\frac{Q_1}{Q_2} = K \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^\phi \quad (8)$$

Eşitlik 8'de ϕ üstel katsayısı, pek çok çalışmada sabit değer olarak 1 değerini alırken (Hirsch, 1979, Emerson vd., 2005, Asquith vd., 2006), literatür incelendiğinde 0,6-1,2 arasında değerler de alabildiği görülmektedir (Yanık ve Avcı, 2005). Fakat ϕ katsayısı, farklı havzalar için farklı değerler almaktadır. Yani belirtilen sınırların dışında da değerler alabilmektedir. Buradaki esas, havzanın her iki drenaj alanı arasında kurulacak ilişkiyi en iyi şekilde yansıtacak değerin kullanılmasıdır. İki ölçüm istasyonu arasındaki bu lineer ilişki, havzalar arasındaki alan oranının 1:0,5-1,5 arasında olduğunda iyi bir sonuç verdiği literatürde belirtilmiştir (Hortness, 2006, Mohamoud, 2008). Bazı çalışmalarda ise alansal oranın 1:31,5'a kadar uygun olabileceği belirtilmiştir (Asquith vd., 2006). Kimi çalışmalarda, bu metot günlük bazdaki debi değerleri üzerine uygulanırken, bazı çalışmalarda aylık ortalamalar bazında değerlendirilerek mevsimsel farklılıklar ele alınabilmekte (Emerson vd., 2005), bazı çalışmalarda ise yıllık toplam debiler kullanılarak yıllık bazdaki oransal değerler kullanılabilirlerdir.

Tablo 1. Drenaj alan oranı metodunda kullanılan değerler.

İstasyon Yerleri	ϕ	K	Drenaj Alanı	İstasyonlar Arası Mesafe
DSİ-12181	1,54078	1,03439	3810,5 km ²	12,28 km
↓ DSİ-12033			2432 km ²	
DSİ-12181	0,92637	1,58702	3810,5 km ²	64,90 km
↓ DSİ-12093			153,1 km ²	
DSİ-12181	1,11054	1,11932	3810,5 km ²	17,93 km
↓ DSİ-12143			44,15 km ²	

Çalışmanın bu aşamasında, akım karakteristiklerini veren ϕ ve K katsayıları, bozulmamış doğal akımlara sahip birbirleri arasında iyi korelasyona sahip Tablo 1'de verilen AGİ'ler arasında hesaplanmıştır (Tablo 1).

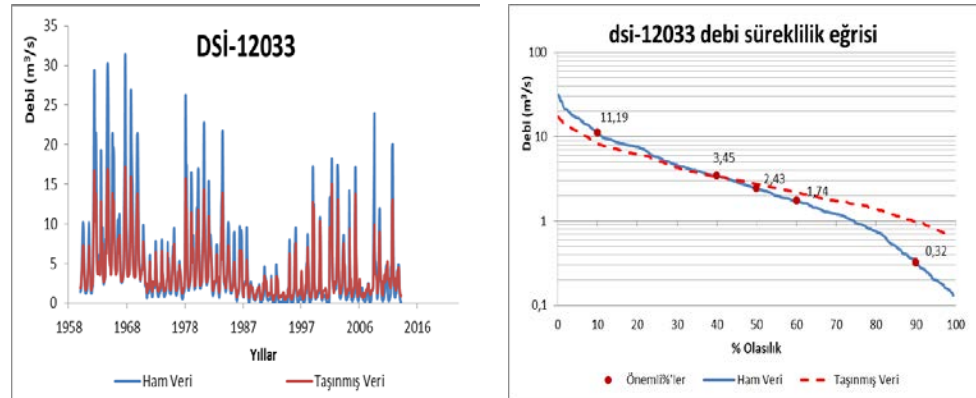


Şekil 4. Çalışmada kullanılan AGİ'ler.

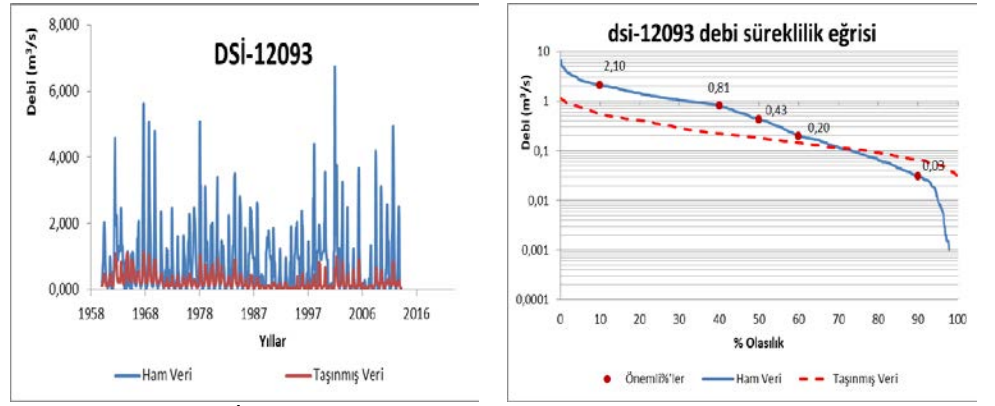
Havza karakteristiğini veren Φ ve K katsayıları bulunduktan sonra DSI-12181 nolu istasyonun aylık akım verileri drenaj alan oranı metoduyla DSI-12033, DSI-12093 ve DSI-12143 nolu istasyonların olduğu noktaya taşınmıştır. Şekil 4'te çalışmada kullanılan AGİ'lerin harita üzerindeki konumları gösterilmiştir.

4. Alan Oranı Doğruluk Analizi

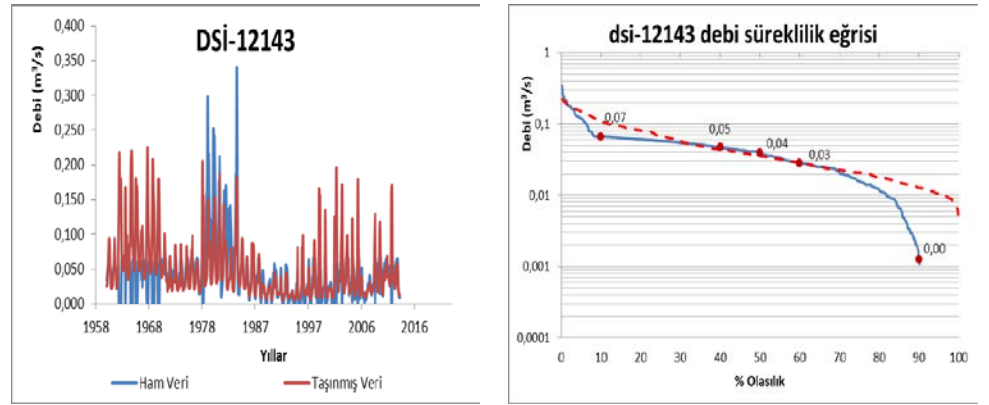
Doğruluk analizi yapabilmek için DSI-12181 nolu istasyondan taşınan akım verilerinin, DSI-12033, DSI-12143 ve DSI-12093 numaralı AGİ'lerdeki gerçek akım değerleriyle benzer karşılaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle taşınan akım veri seti, orijinal veri seti ve doldurulmuş ham veri setleri grafiksel olarak karşılaştırılmıştır (Şekil 5-7). Taşınan veriler orijinal verilerle karşılaştırıldığında DSI-12033 nolu istasyon için %13,73, DSI-12093 nolu istasyon için %21,89, DSI-12143 nolu istasyon için ise %15,65 bağıl hata hesaplanmıştır. Bağıl hata, ölçme hatalarında veri setinin doğruluğunun değerlendirilebilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Bağıl hata, kısaca tanımlanırsa ölçülen değerle gerçek değer arasındaki fark olarak tanımlanabilir. Uygulanan alan oranı metodu ile taşınan akım gözlem verilerinin oldukça uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Ancak iki AGİ arasındaki uzaklık arttıkça istasyonlar arasındaki hidrolojik karakteristikleri zayıfladığından bağıl hata oranı artmaktadır. Bağıl hata oranının hesaplanmasında gerçek akım değerleri ile tamamlanmış akım değerleri arasındaki farkın, gerçek akım değerlerine olan oranı esas alınmıştır.



Şekil 5. DSI-12033 numaralı istasyonun ham-taşınmış akım verisi grafikleri.



Şekil 6. DSI-12093 numaralı istasyonun ham-taşınmış akım verisi grafikleri.



Şekil 7. DSI-12143 numaralı istasyonun ham-taşınmış akım verisi grafikleri.

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Porsuk havzasında bulunan AGİ'lerden istatistiksel olarak birbirleriyle yüksek korelasyona sahip 4 istasyon belirlenerek alan oranı metodu kullanılarak akım değerleri taşınmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Akım gözlem istasyonundaki verilerin taşınmasında, alan oranı metodu, istasyonlar arasındaki hidrolojik ilişkinin kuvvetli olduğu durumlarda bu yöntemin iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Akım verilerini taşıma işleminden sonra istatistiksel açıdan ham veri ve tamamlanmış veri setleri arasında yapı ve hidrolojik karakteristiğin bozulmadığı görülmüştür. Ancak, AGİ'ler arasındaki uzaklık arttığında, istasyonlar arasındaki hidrolojik benzerlik havza bazında zayıfladığından, alan oranı metodunun uygulanmasında, istatistiksel açıdan sapmalar olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle, akım verilerinin taşınması işlemlerinde, elde edilen yeni veri setinin orijinal haline göre ne oranda değişim gösterdiğinin saptanması için verilerin doğruluk analizlerinin yapılması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, sonuç olarak, DSI-12181 istasyonundan kendisine en yakın mesafedeki DSI-12033 nolu istasyonun olduğu yere taşınan debilerin, orijinal DSI-12033 akım verileriyle en az bağıl hata (%13,73) göstererek uyum sağladığı gözlemlenmiştir. DSI-12143 nolu istasyona taşınan verilerin ise orijinal verilere göre %15,65 bağıl hata göstererek ikinci en doğru sonuçları vermiştir. DSI-12181 ve DSI-12143 nolu istasyonların arasındaki mesafe dikkate alındığında yine sonuçların uzaklıkla doğru orantılı olarak değiştiği yorumlanabilmektedir. DSI-12181 nolu istasyona en uzak istasyon olan DSI-12093 nolu istasyona akımların taşınması sonucu çıkan sonuçlara göre en fazla bağıl hata (%21,89) görülmüştür. Çalışmada sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde alan oranı metoduyla akımların taşınmasında istasyonlar arasında mesafenin birbirine yakın olması doğruluğu arttırmaktadır. Bunun en önemli sebepleri arasında istasyonların benzer hidrolojik ve meteorolojik koşullar altında bulunmaları olarak değerlendirilebilir.

6. Teşekkür

Bu çalışmanın yapılabilmesinde veri sağlayan Devlet Su İşleri 3. Bölge Müdürlüğü kurumuna teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca çalışmanın V. Baraj Güvenliği Sempozyumu'ndan bu derginin yayınlaması sürecinde yayıncımızı kabul eden tüm değerli hocalarımıza teşekkürlerimizi sunmayı borç biliriz.

7. Kaynaklar

- Asquith, W.H., Roussel, M.C., Vrabel, J., 2006. "Statewide analysis of the drainage-area ratio method for 34 streamflow percentile ranges in Texas: U.S.", Geological Survey Scientific Investigations Report 2006–5286, 34, 1 appendix.
- Bakış, R., Altan, M., Gümüslüoğlu, E., Tuncan, A., Ayday, C., Önsoy, H., Olgun, K., 2008. "Porsuk Havzasının Su Potansiyelinin Hidroelektrik Enerji Üretimi Yönünden İncelenmesi", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak. Dergisi, Vol.21, S.2, 125-162.

- Bakiş, R., Göncü, S., 2015. "Akarsu Debi Ölçümlerinde Eksik Verilerin Tamamlanması: Zap Suyu Havzası Örneği", *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, Cilt: 16, Sayı: 1., 63-79, doi: 10.18038/btd-a.45640.
- Emerson, D.G., Dressler, V.M., 2002. "Historic and unregulated monthly streamflow for selected sites in the Red River of the North Basin in North Dakota, Minnesota, and South Dakota", 1931-99: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 02-4095, 271.
- Emerson, D.G., Vecchia, A.V., Dahl, A.L., 2005. "Evaluation of Drainage-Area Ratio Method Used to Estimate Streamflow for the Red River of the North Basin", North Dakota and Minnesota, USGS Scientific.
- Guenther, R.S., Weigel, J.F., Emerson, D.G., 1990. "Gaged and estimated monthly streamflow during 1931-84 for selected sites in the Red River of the North Basin in North Dakota and Minnesota: U.S." Geological Survey Water-Resources Investigations Report 90-4167, 230.
- Hirsch, R.M., 1979. "A evaluation of some record reconstruction techniques", *Water Resources Research*, 15(6):1781-1790, doi:10.1029/WR015i006p01781.
- Hortness, J.E., 2006. "Estimating low flow frequency statistics for unregulated streams in Idaho", *US Geol. Survey. Sci. Invest. Report* 2006-5035.
- Mohamoud, Y.M., 2008. "Prediction of Daily flow duration curves and streamflow for ungauged catchments using regional flow duration curves", IAHS Press, 53 (4), 706-724.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2012. "Türkiye'deki Büyük Su Havzaları", Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Wiche, G.J., Benson, R.D., Emerson, D.G., 1989. "Streamflow at Selected Gaging Stations on The James River in North Dakota and South Dakota", 1953-82, with A Section on Climatology: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 89-4039, 99.
- Wikiwand, 2018. "Sakarya Nehri", http://www.wikiwand.com/tr/Sakarya_Nehri, Erişim tarihi: 19.07.2018.
- Yanık, B., Avcı, İ., 2005. "Bölgesel Debi Süreklilik Eğrilerinin Elde Edilmesi", *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi /D Mühendislik*, 4(5):19-30.