

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Recep BAKIŞ¹, Serdar GÖNCÜ²

AKARSU DEBİ ÖLÇÜMLERİNDE EKSİK VERİLERİN TAMAMLANMASI: ZAP SUYU HAVZASI ÖRNEĞİ

ÖZ

Su kaynaklarının havza bazındaki ihtiyaçlara göre planlanması için havza su potansiyelinin çok iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Bu analizlerin doğru ve güvenilir olması için de havzaya ait meteorolojik ve akım gözlem verilerinin eksiksiz olması ve uzun yıllara dayanması gerekmektedir. Özellikle akım gözlem verilerinin eksik olması, su yapılarının planlanmasında ciddi risklerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu makalede, Akım Gözlem İstasyonlarındaki (AGİ) eksik verilerin tamamlanması için korelasyona bağlı regresyon analizi ve Drenaj Alan Oranı metodu kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak Zap Suyu havzası seçilmiştir.

Çalışma sonucunda, eksik verilerin tamamlanması için istasyonlar arasındaki korelasyonlardan yola çıkılarak oluşturulan doğrusal veya doğrusal olmayan regresyon denklemlerinin kullanılması ile orijinal veri (data) setlerinin istatistiksel açıdan yapısı bozulmadan eksik verilerin tamamlanabilmesi mümkün olmuştur. Aynı durum Drenaj Alan-Oranı metodu için de geçerlidir. Fakat eksik verilerin tamamlanabilmesinde dikkat edilecek en önemli hususlardan birisi de eksik veri boyutudur. Özellikle fazla miktarda eksik verinin bulunması durumunda her iki yöntemde de orijinal verilerden sapmalar gözlemlenebilmektedir. Bu nedenle sadece bir metoda bağlı kalmaksızın, farklı metotlar ile eksik verilerin tamamlanması ve birbirleri ile kıyaslanarak en uygun metodun sonuçlarının kullanılması, büyük önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Eksik akım verisi tamamlama, Alan oranı metodu, Regresyon analizi, Zap Suyu havzası

COMPLETION OF MISSING DATA IN RIVERS FLOW MEASUREMENT: CASE STUDY OF ZAB RIVER BASIN

ABSTRACT

For the planning of water resources based on the demands through the basin, water potential of the basin must be analyzed carefully. For these analyses to be accurate and dependable, complete meteorological and flow data must be obtained which covers a long period of previous years. 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.

In this paper, filling of the missing data obtained from the flow gauging stations (FGS) was performed using regression analyses related to the correlations and drainage area-ratio methods. Zab River basin has been used for studying area.

¹. Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü.

E-posta: rbakis@anadolu.edu.tr

². Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.

E-posta: sgoncu@anadolu.edu.tr

In order to fill the missing data, linear and non-linear regression equations have been used for identifying the missing values without disturbing the statistical structure of the original (long) data sets. The same approach was followed for drainage area-ratio method. The size of missing part of the data, however, is one of the most important points to consider in filling the missing values. Especially in case of large amount of missing values, both filling methods resulted in large deviation when compared with original data. Therefore, different methods should be used as much as possible, not just only one method, for filling missing values and comparison of the results from different methods would lead to best missing data filling method.

Keywords: Filling of missing flow data, Drainage-ratio method, Regression analysis, Zab watershed.

1.GİRİŞ

Su kaynaklarının planlanması ve yönetimine yönelik havza bazındaki çalışmalarda, sıcaklık, yağış, buharlaşma, kar ve akım verileri gibi meteorolojik ve hidrolojik verilere ihtiyaç vardır. Bu verilerin eksiksiz ve kesintisiz olması çok önemlidir. Fakat pek çok havza bazlı çalışmada, farklı kurum/kuruluşlardan alınan meteorolojik (Yağış, sıcaklık, buharlaşma, kar, ..vb.) veriler (datalar) ve Hidrolojik (akım gözlem veya akım ölçüm verileri) değerler temin edilirken, geçmiş tarihlere (yıllara) ait verilerde çeşitli nedenlerle eksik veriler olmaktadır. Bu veri eksikliği çeşitli sebeplerle ortaya çıkabilmektedir (iklimsel zorlukları, ulaşım zorlukları, ölçüm cihazındaki sorunlar vb. sebeplerle). Elverişli olmayan iklim koşulları veya çeşitli nedenlerden dolayı akım verilerinde boşlukların oluşması, su kaynaklarının etkin bir şekilde planlanması, projelendirilmesi ve işletiminin sağlanması açısından önemli problemler yaratmaktadır (Dursun ve Karabatak, 2008, Hipel ve McLeod, 1994). Literatür incelendiğinde, genel olarak, akım verilerinde %5-10 oranlarında, hatta bazı durumlarda %25'e varan oranlarda eksik veriler ile karşılaşılmaktadır (Elshorbagy ve ark. 2000; Panu ve ark. 2000, Usul, 2005). Özellikle ülkemizdeki hidrolojik verilerde, yukarıda sayılan nedenlerden dolayı, önemli miktarda veri eksiklikleri vardır (Usul, 2005).

Hidrolojideki eksik veriler, özellikle hidrolojik modelleme ve su kaynakları yönetimine yönelik proje çalışmalarında önemli sorunlara yol açmaktadır. Eksik verilerin tamamlanması için çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Bu metotların başında, interpolasyon, regresyon analizi, zaman serisi analizi, yapay sinir ağları, ve hidrolojik modeller gibi çeşitli metotlar kullanılmaktadır (Anonim 1987, Dastorani M.T, ve ark. 2009, Elshorbagy ve ark. 2000, Gümüş ve Kavşut 2013, Keskin M.E. Smits ve Baggelaar 2010 and Taylan D. 2009). Çeşitli istatistik programlarında bulunan algoritmalar ile de (EM-Expectation-

Maximization) verinin sonrasal olasılığı (posterior probabilities) kullanılarak eksik veriler tamamlanmaya çalışılmaktadır (Anonim, 2009, Bal ve Özdamar, 2004). Ayrıca, çeşitli ampirik denklemler (M. Turc, Langbein ve Coutagne yöntemleri gibi) ile de benzer havza karakteristiklerine sahip akım gözlem verileri ve meteorolojik verilerden eksik veriler tamamlanmaktadır (Gündoğdu ve ark. 2001, Vanlı 1990). Fakat M. Turc yöntemi gibi ampirik yaklaşımların kullanılması pratik olmasının yanı sıra, yöntemde kullanılan parametrelerin eksik akım verisi içeren bölgeye uyarlanmasında önemli sapmalar yaşandığı ve buna bağlı olarak akım verilerinin doğru olarak belirlenemediği literatürde belirtilmiştir (Kuşvuran 2006, Özer, 1990, Türkyılmaz, 1996, Vanlı, 1990). Bu metotlara ilaveten, bir havzadaki mevcut Akarsu Gözlem İstasyonu (AGİ) verileri kullanılarak, havzadaki akarsuyun başka bir noktasındaki debi değerlerinin tahmin edilmesi için, alan oranı metodu da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Akım gözlem verilerinde eksik verilerin tamamlanmasında çok farklı yöntemler kullanılabilir, veriler arasındaki korelasyon da göz önünde bulundurulmalıdır (Burgess ve Webster, 1980). Böylece gözlemi olmayan bir istasyon için bir istasyon yerine birden çok istasyon arasında karşılaştırma yapma olanağı sağlanmış olur.

Bu çalışmada, Dicle havzasının bir alt havzası olan Zap suyu havzasındaki Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'ne ait AGİ Akım verileri incelenmiştir. Bu çalışma alanının seçilmesinin nedeni, eksik veri sayısının fazla olmasıdır. Çünkü bölgede yıllarca devam eden olaylar nedeni ile akım verileri çoğu zaman ölçülememiş ve eksik kalmıştır. Bu eksik verilerin doğru bir şekilde tamamlanması ve su yapılarının projelendirilmesinde kullanılması çok önemli hale gelmiştir. Bu amaçla, Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında, Zap suyu havzası incelenmiştir. Zap suyu ve yan kolları üzerinde toplam 14 adet AGİ bulunmaktadır. Bunların 7 tanesi EİE ve 7 tanesi DSİ tarafından işletilmektedir. Bu istasyonlarda ölçüm

yapılmayan günler belirlenerek, istasyonların birbirleri ile aralarındaki akım ilişkisi, iki farklı metod uygulanarak araştırılmıştır. 1) Regresyon analizi ve 2) Alan-oranı metodu kullanılarak, AGİ'ler arasındaki akım ilişkisinin matematiksel bağıntıları bulunmuştur. Bu matematiksel bağıntılar kullanılarak, ölçüm yapılamayan yıllara ait eksik akım verileri, her bir AGİ için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

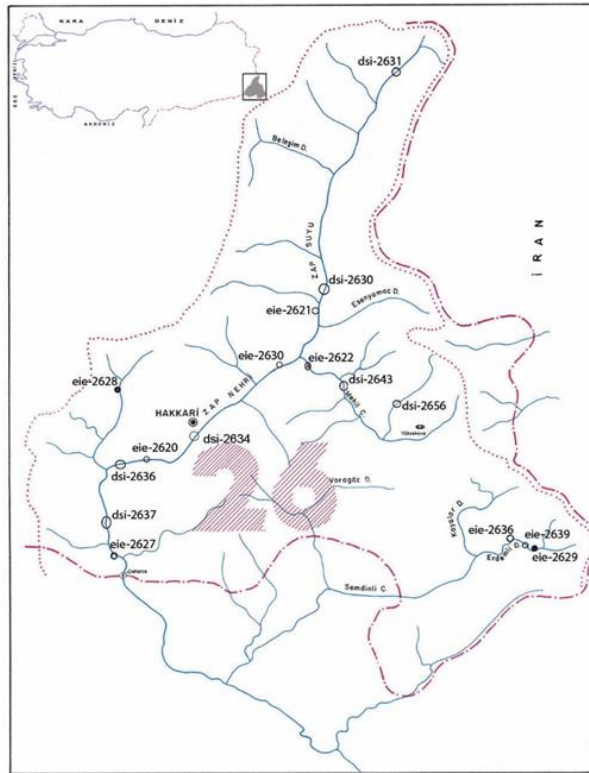
Araştırmada, Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Dicle havzının bir alt havzası olan Zap suyu havzasına ait akım verileri incelenmiştir. 1968-2006 yıllarına ait (38 yıl) günlük debi değerleri EİE'den ve DSİ'den temin edilmiştir. Ancak, Havzadaki DSİ ve EİE tarafından işletilen bazı AGİ'lere ait günlük akım verilerinde çeşitli nedenlerden dolayı ölçümü yapılamamış eksik verilerin olduğu belirlenmiştir. DSİ ve EİE'den alınan ham verilerin mevcut durumu ile ilgili ayrıntılı incelemeler yapılmıştır. Bu amaçla, Microsoft Excel uygulaması aracılığı ile gözlem verileri bir araya getirilerek bir veri tabanı oluşturulmuştur.

DSİ ve EİE'den temin edilen verilerin hangi tarihlerde eksik olduğu belirlenmiş ve grafiksel

olarak gösterilmiştir (Şekil 2). İncelenen her bir AGİ'ye ait akımların ortalaması, minimumu, maksimumu ve standart sapması gibi temel istatistik veriler hesaplanmıştır. Ayrıca, istasyonlar arasındaki akım ilişkisinin incelenmesi için regresyon analizleri ve Alan-oranı metodu uygulanmıştır. Bu istatistiksel değerlendirmeler ve istasyonlar arasındaki matematiksel ilişkileri açıklayan korelasyon katsayılarının belirlenmesinde S-Plus 6.2 istatistik programı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında uygulanan yöntemler ve kullanılan materyallere ilişkin ayrıntılı bilgiler aşağıda açıklanmıştır.

2.1. Araştırma Alanındaki Eksik Akım Verilerinin Tamamlanması

Araştırma alanı Zap Suyu Havzasıdır (Şekil 1). Araştırma Alanı kapsamında kullanılan AGİ konumları, yine Şekil 1'de verilmiştir. Araştırmada, Zap Suyu Havzasındaki akım verilerini ölçen, DSİ ve EİE'ye ait AGİ verileri kullanılmıştır. Zap Suyu Havzası'nda işletilen AGİ'lerin 7 adedi EİE ve 7 adedi DSİ'ye aittir. İstasyonların havzadaki konumu, koordinatı, yağış alanı ve hangi yıllara ait verilerin alındığı gibi bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

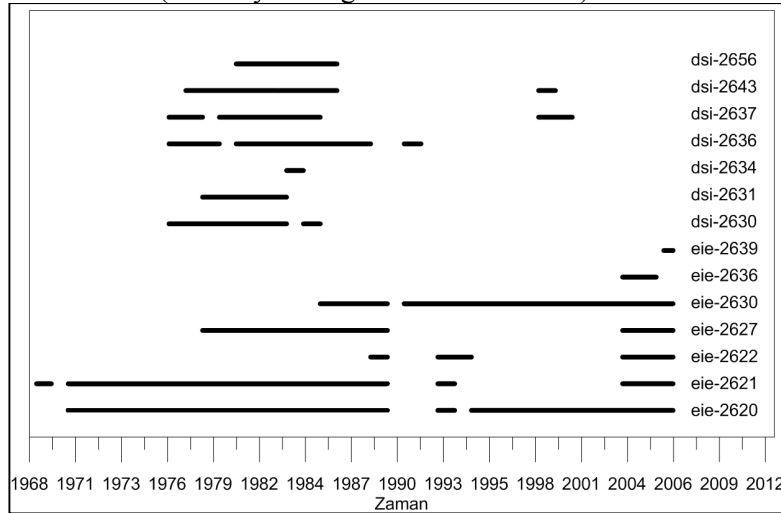


Şekil 1. DSİ ve EİE tarafından Zap Suyu ana kolu ve yan kolları üzerinde bulunan AGİ ağı

Çizelge 1. Zap Suyu Havzasında bulunan ve Araştırma kapsamında kullanılan AGİ'ler

EİE İstasyonları				
İstasyon No	İstasyon Adı	Koordinat	Yağış Alanı, km ²	Mevcut günlük Veri Durumu
2620	Zap Suyu-Üzümcü	43° 33' 56" D 37° 29' 11" K	5270,3	1970-1989, 1993, 1995-2006
2621	Zap Suyu-Musahan	44° 04' 50" D 37° 45' 42" K	2504,4	1969, 1971-1989, 1993, 2004-2006
2622	Nehil Çayı-Konak	44° 04' 14" D 37° 40' 56" K	1136,0	1989, 1993-1994, 2004-2006
2627	Zap Suyu-Narlı	43° 34' 28" D 37° 16' 41" K	6771,9	1979-1989, 2004-2006
2630	Zap Suyu-Teknisyenler	43° 59' 18" D 37° 41' 55" K	4161,5	1986-1989, 1991-2006
2636	Şemdinli Çayı-Şemdinli	44° 34' 24" D 37° 17' 57" K	312,5	2004
2639	Şemdinli Çayı-Olgunlar	44° 35' 52" D 37° 16' 52" K	297,0	2006
DSİ İstasyonları				
2630	Zap Suyu-Çaldıran Köprüsü	44°06' D 37°49' K	2070,20	1976-1983, 1985,
2631	Zap Suyu- Yavuzlar	44°16' D 38°12' K	371,20	1979-1983
2634	Zap Suyu-Debin Köprüsü	43°46' D 37°34' K	4810	1984
2636	Zap Suyu-Üzümcü Köprüsü	43°34' D 37°29' K	5394,30	1977-1979, 1981-1988, 1991
2637	Zap Suyu-Geyman Köprüsü	43°35' D 37°16' K	6314,50	1977-1978, 1980-1985, 1999-2000
2643	Yüksekova Çayı-Konaklı Köprüsü	44°04' D 37°41' K	116,20	1978-1983, 1983-1986, 1999
2656	Büyük Çayı-Dilimliköy	44°25' D 37°37' K	129,70	1981-1986,

Şekil 2'de, 1968-2006 yıllarına ait temin edilen günlük akım ölçüm verilerinin zamana bağlı durumu verilmiştir. AGİ verileri incelendiğinde, DSİ ve EİE'den temin edilen günlük akım verilerinde önemli eksiklikler olduğu görülmektedir (her bir yıla ait günlük akım verileri).



Şekil 2. Temin edilen günlük akım ölçüm sonuçlarının zamana göre durumu

Şekil 2’de görüldüğü gibi, istasyonlardaki akım gözlem verileri belirli tarihlerde bulunmamaktadır. Bu istasyonlar arasında matematiksel ilişki olup-olmadığı incelenerek, birbiri ile uyumlu olabilecek ve eksik verilerin tamamlanmasında kullanılacak istasyon grupları belirlenmiştir. Bu grupların belirlenebilmesi ve istasyonlar arasındaki matematiksel ilişkilerin incelenmesi için Microsoft Excel 2010 programındaki veri analizi modülünden yararlanılmıştır. İki ya da daha çok değişken arasındaki bir ilişki olup olmadığını ve ilişki varsa bu ilişkinin yönü ve gücünü belirlemek amacıyla regresyon-korelasyon analizleri yapılmaktadır. Korelasyon sonucu bulunan korelasyon katsayısının 1 değerine yakın olması, yapılan analizin sağlıklı olduğu ve istasyon arasındaki hidrolojik ilişkinin oldukça kuvvetli olduğunun bir göstergesidir. Korelasyon katsayısının hesaplanması için aşağıdaki denklemden faydalanılmaktadır.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

Burada; r_{xy} , x ve y olarak adlandırılan 2 akım ölçüm istasyonuna ait korelasyon katsayısını, x_i ve y_i değerleri incelenen AGİ’lere ait aynı dönemde ölçülmüş olunan akım verilerini, \bar{x} ve \bar{y} değerleri ise AGİ’lere ait akım verilerinin ortalama değerlerini ifade etmektedir.

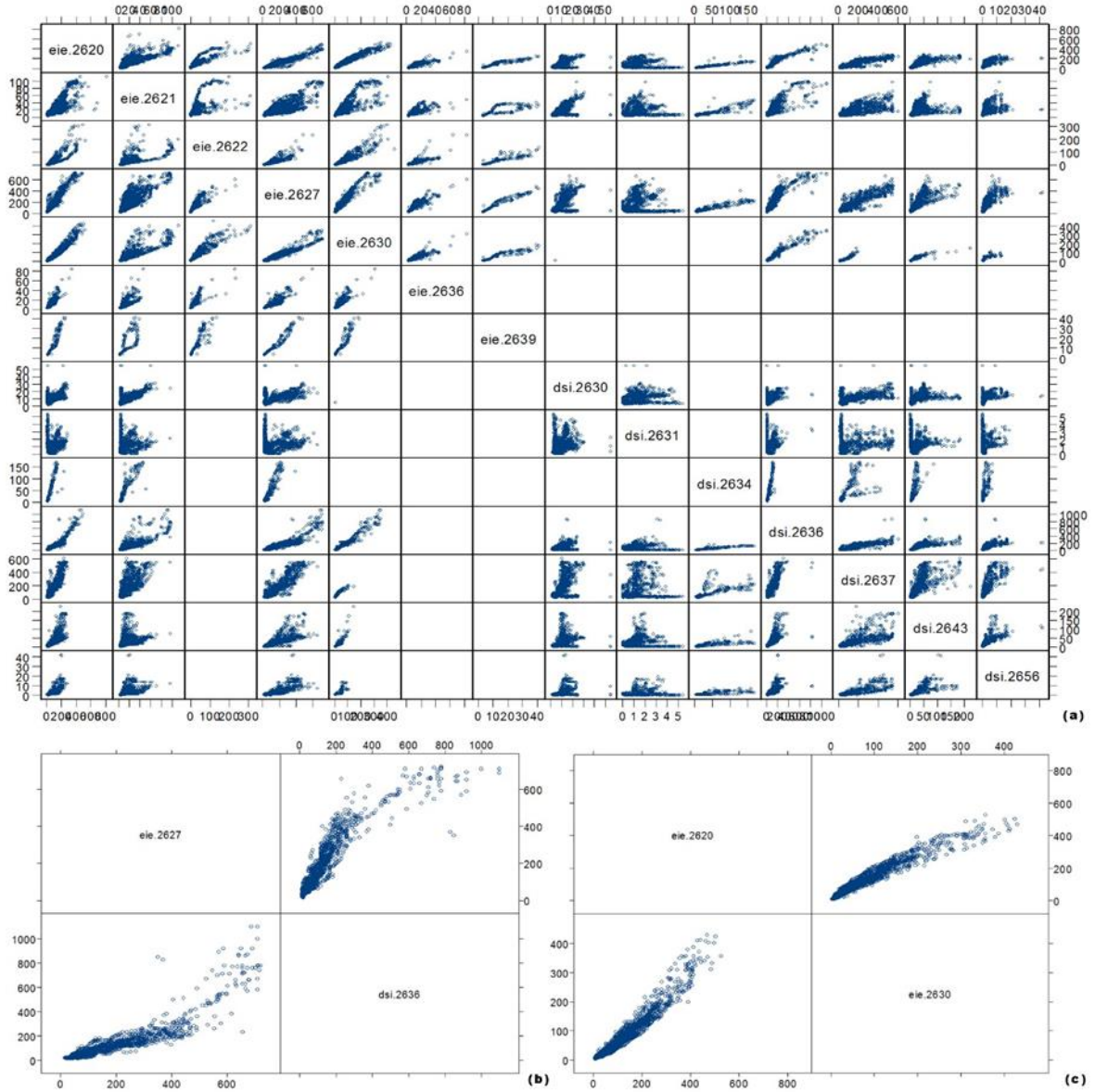
AGİ’ler arasındaki korelasyonlar Çizelge 2’de verilmiştir. Korelasyon katsayısı değerleri incelendiğinde, iki istasyon arasındaki yüksek ilişki (korelasyon katsayısının mutlak değeri büyük olanlar, $|r|$) koyu renkle gösterilmiştir. Ayrıca, aynı akarsu kolu üzerinde veya onu besleyen yan kollar üzerinde olan istasyonlar da kırmızı renk ile (italik) gösterilmiştir. Korelasyon matrisine yönelik hesaplamalarda, iki AGİ arasındaki aynı tarihlere ait akım verileri bulunmayan gözlem istasyonlarına ilişkin korelasyon hesaplamaları yapılamamış ve tire çizgi ile gösterilmiştir. Denklem 1’de belirtildiği üzere korelasyon hesabının yapılabilmesi için incelenen AGİ ikilisinin aynı tarihte ölçüm verisine sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle korelasyon matrisinde bazı kısımlar boş kalmıştır (dsi-2630:eie-2622 veya dsi-2630:eie-2630 AGİ’lerin kesişim noktaları gibi).

Çizelge 2. Akım ölçüm istasyonları arasındaki korelasyonlar

	eie-2620	eie-2621	eie-2622	eie-2627	eie-2630	eie-2636	eie-2639	dsi-2630	dsi-2631	dsi-2634	dsi-2636	dsi-2637	dsi-2643	dsi-2656
eie-2620	1.000													
eie-2621	<i>0.883</i>	1.000												
eie-2622	<i>0.881</i>	0.675	1.000											
eie-2627	<i>0.976</i>	0.873	0.885	1.000										
eie-2630	<i>0.978</i>	0.870	0.937	0.963	1.000									
eie-2636	0.899	0.782	0.846	<i>0.922</i>	0.905	1.000								
eie-2639	0.955	0.783	0.905	<i>0.976</i>	0.946	-	1.000							
dsi-2630	0.666	<i>0.699</i>	-	0.640	-	-	-	1.000						
dsi-2631	0.122	0.084	-	0.160	-	-	-	<i>0.344</i>	1.000					
dsi-2634	<i>0.946</i>	0.919	-	0.939	-	-	-	-	-	1.000				
dsi-2636	0.930	0.850	-	0.913	<i>0.974</i>	-	-	0.611	0.153	0.952	1.000			
dsi-2637	0.931	0.795	-	0.922	<i>0.937</i>	-	-	0.638	0.110	0.695	0.902	1.000		
dsi-2643	0.829	0.538	-	0.830	<i>0.877</i>	-	-	0.470	0.140	0.797	0.806	0.786	1.000	
dsi-2656	0.815	0.593	-	0.830	<i>0.840</i>	-	-	0.477	0.155	0.768	0.777	0.813	0.798	1.000

İstasyonlar arasındaki matematiksel ilişkilerin görsel açıdan irdelenebilmesi amacıyla korelasyon matris grafiği çizilerek, istasyonlar arasındaki ilişkiler incelenmiştir (Şekil 3). Korelasyon matris grafiğinin oluşturulması için S-PLUS 6.2 istatistik programı kullanılmıştır. Bu matris grafiği, istasyonların ham AGİ verilerinin (orijinal datalarının) birbirlerine karşı olan

durumları ve eğilimleri hakkında bilgi vermektedir. Örneğin eie2620 nolu AGİ nin diğer 13 AGİ ile olan matematiksel ilişkisi grafiksel olarak görülmektedir. Burada, eie2620 ile eie2639 arasındaki ilişkinin genelde lineer olduğu görülürken, dsi2636 ile üstel bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Zap Havzasında incelenen AGİ'lere ait korelasyon matris grafikleri (a) tüm istasyonlara ait matris (b) eie2627 ve dsi2636 arasındaki üstel korelasyon matrisi (c) eie2620 ve eie2630 arasındaki lineer korelasyon matrisi

Birbirleri ile kuvvetli ilişkiye sahip istasyonlar (korelasyonda, r 'nin mutlak değeri büyük olanlar) belirlendikten sonra, bu istasyonlar arasındaki ilişkilerin matematiksel olarak ifadesini ortaya koyabilmek üzere doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Korelasyon matris grafiğinden elde edilen verilere göre AGİ'leri arasındaki ilişkinin doğrusal mı yoksa doğrusal olmayan bir yapısı olup olmadığı irdelenmiştir. Analizlerde, ilgili iki istasyona ait verilerin lineer

ilişkili olup-olmadığının belirlenebilmesi için lineer regresyon uygulanmıştır. Ayrıca her bir istasyon için üssel ilişki ve verilerin doğal logaritmasının alındığı doğrusal olmayan regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen regresyon analizleri sonunda elde edilen matematiksel ilişkilerin hangisinin en iyi şekilde AGİ verilerini temsil ettiğini belirlemek üzere Belirtme katsayısı (Regresyon katsayısı), r^2 değerleri hesaplanmıştır. Belirtme katsayısının hesaplanmasında,

$$r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2)$$

Burada y_i gözlem akım değerlerini, \hat{y} matematiksel model ile üretilen akım değerlerini, \bar{y} ise ölçülen akım verilerinin ortalama değerlerini ifade etmektedir.

İki istasyon arasındaki r^2 değeri en yüksek olan matematiksel ilişki, çalışma kapsamında dikkate alınmıştır. Elbette ki tüm zaman eksenini boyunca (Şekil 2) hem en uygun matematiksel ilişkiye sahip, hem de ilgili zaman diliminde akım gözlem verisine sahip AGİ bulabilmek mümkün olmamaktadır. Bu durumda eksik kalan zaman periyotları için, ikinci en iyi matematiksel ilişkiye sahip veri içeren bir başka AGİ verisi kullanılmıştır. Örneğin: eie-2622 nolu AGİ'ye ait eksik verilerin doldurulması aşağıdaki şekilde yapılmıştır. eie-2622 nolu istasyon ile eie-2630 nolu istasyon akım verileri arasında en iyi matematiksel ilişkinin olduğu görülmüştür. Bu iki istasyona ait durum, korelasyon matrisinden de görülebilir (Çizelge 2: eie-2622-eie2630 Korelasyon katsayısı $r=0.937$). Bu nedenle eie-2630 nolu istasyonda 1986-1988; 1991; 1992; 1995-2003 yılları arasında ölçülmüş tarihi akım

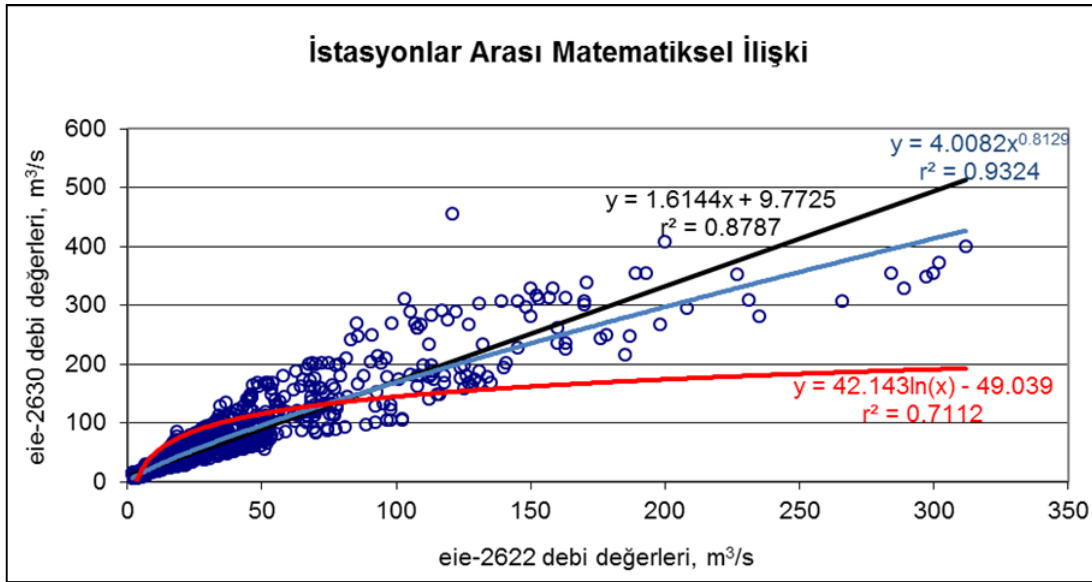
gözlem verileri, eie-2622 nolu istasyonunda ölçülmeyen eksik verilerin tamamlanması için, aşağıda verilen, denklem (3) kullanılmıştır. Bunun yanı sıra 1969 yılında sadece tek bir istasyonda ölçüm yapılmış olduğu için, eie-2621 numaralı istasyonun akım verileri, eie-2622 nolu istasyonun 1969 yılının eksik akım verilerini üretmek için kullanılmıştır (Denklem 4). eie-2622 nolu istasyonun, 1979-1985 yılları arasındaki eksik verileri tamamlamak için farklı AGİ'lere ait veriler bulunmaktadır. Bunların içerisinde en uygun matematiksel ilişkiye sahip istasyon eie-2627 nolu AGİ olduğu için bu istasyonun ölçüm verileri ile ilgili yıllara ait eksik akım verileri tamamlanmıştır (Denklem 5). Eie-2622 nolu istasyonun, 1971-1978 yılları arasındaki eksik akım verilerinin tamamlanması için eie-2620 nolu AGİ'ye ait akım verileri kullanılmıştır (Denklem 6).

$$Q_{eie2622} = 0,2349 * Q_{eie2630}^{1,147} \quad (r^2=0,9324) \quad (3)$$

$$Q_{eie2622} = 0,467 * Q_{eie2621}^{1,2955} \quad (r^2=0,7434) \quad (4)$$

$$Q_{eie2622} = 0,0542 * Q_{eie2627}^{1,2159} \quad (r^2=0,9228) \quad (5)$$

$$Q_{eie2622} = 0,1049 * Q_{eie2620}^{1,2042} \quad (r^2=0,9071) \quad (6)$$



Şekil 4. İstasyonlar arasındaki ilişkilerin incelenmesi ve matematiksel denklemlerin seçilmesi

Aşağıda, Çizelge 3'te, araştırma havzasında yer alan AGİ'ler arasındaki eksik verilerin tamamlanması için bulunan en uygun matematiksel ilişkiler ve bu ilişkilerin hangi yılları kapsadığı belirtilmiştir.

Çizelge 3. İstasyonlar arasındaki matematiksel ilişkiler ve r^2 değerleri

İstasyon ikilileri		Denklem,	r^2	Tamamlanan yıllar
x	y			
eie-2630	eie-2620	$y = 1,3712x + 8,6981$	0,9567	1990-1992, 1994
eie-2621	eie-2620	$y = 4,4461x + 3,8077$	0,7794	1969
eie-2630	eie-2621	$y = 0,8567x^{0,7706}$	0,875	1969, 1991, 1992, 1994-2003
eie-2621	eie-2622	$y = 0,467x^{1,2955}$	0,7434	1969
eie-2630	eie-2622	$y = 0,2349x^{1,147}$	0,9324	1986-1988, 1991, 1992, 1995-2003
eie-2627	eie-2622	$y = 0,0542x^{1,2159}$	0,9228	1979-1985
eie-2620	eie-2622	$y = 0,1049x^{1,2042}$	0,9071	1971-1978
eie-2621	eie-2627	$y = 6,0823x^{1,1052}$	0,826	1969
eie-2620	eie-2627	$y = 1,8713x^{0,9889}$	0,9445	1971-1978, 1993, 1995-2003
eie-2630	eie-2627	$y = 3,5891x^{0,9464}$	0,9402	1991, 1992, 1994
eie-2621	eie-2630	$\log(y) = 1,3051 * \log(x) + 0,0582$	0,9583	1969
eie-2620	eie-2630	$y = 0,5389x^{1,018}$	0,9583	1971-1985
eie-2627	eie-2636	$y = 0,1497x^{0,92}$	0,9209	1979-1989, 2006
eie-2621	eie-2636	$y = 0,838x^{0,9977}$	0,7451	1969
eie-2620	eie-2636	$\log(y) = 0,4071 * \log(x)^{1,6212}$	0,905	1971-1978, 1993, 1995-2003
eie-2630	eie-2636	$y = 0,5722x^{0,833}$	0,8915	1991-1992, 1994
eie-2627	eie-2639	$y = 0,2361x^{0,8046}$	0,9609	1979-1989, 2004-2006
eie-2620	eie-2639	$y = 0,2267x^{0,9057}$	0,949	1971-1978, 1993, 1995-2003
eie-2630	eie-2639	$y = 0,6837x^{0,7475}$	0,9465	1991-1992, 1994
eie-2621	eie-2639	$y = 1,3196x^{0,8358}$	0,8154	1969
eie-2621	dsi-2630	$y = 1,9195x^{0,5742}$	0,5115	1969, 1971-1976, 1984, 1986-1989, 1993, 2004-2006
eie-2620	dsi-2630	$y = 0,0571x + 4,4016$	0,4433	1995-2003
dsi-2630	dsi-2631	$y = 0,3059x^{0,5719}$	0,1666	1977-1978, 1985
eie-2620	dsi-2634	$y = 0,1573x^{1,4133}$	0,9518	1971-1983, 1985-1989, 1993, 1995-2006
eie-2621	dsi-2634	$y = 4,0763x - 5,6293$	0,8447	1969
eie-2630	dsi-2636	$y = 1,9245x^{1,0422}$	0,9577	1989, 1992-2006
eie-2621	dsi-2636	$\log(y) = 1,4588 * \log(x) - 0,0121$	0,8413	1969
eie-2620	dsi-2636	$y = 0,8385x^{1,0602}$	0,9563	1971-1976, 1980
eie-2620	dsi-2637	$y = 1,8168x^{0,9715}$	0,8946	1971-1976, 1979, 1986-1989, 1993, 1995-1998, 2001-2006
eie-2630	dsi-2637	$y = 4,1778x^{0,8675}$	0,8791	1991-1992, 1994
eie-2621	dsi-2637	$y = 5,5364x^{1,1318}$	0,7545	1969
eie-2630	dsi-2643	$y = 0,1718x^{1,2922}$	0,9177	1987-1989, 1991-1998, 2000-2006
eie-2620	dsi-2643	$\log(y) = 1,153 * \log(x) - 0,8853$	0,8661	1971-1977, 1983
eie-2621	dsi-2643	$y = 0,5709x^{1,2525}$	0,664	1969
eie-2630	dsi-2656	$y = 0,0144x^{1,4216}$	0,8725	1987-1989, 1991-2006
dsi-2643	dsi-2656	$\log(y) = 1,0597 * \log(x) - 1,0582$	0,7994	1978-1980
eie-2620	dsi-2656	$y = 0,0081x^{1,2784}$	0,7491	1971-1977
eie-2621	dsi-2656	$\log(y) = 1,2784 * \log(x) - 2,0911$	0,7491	1969

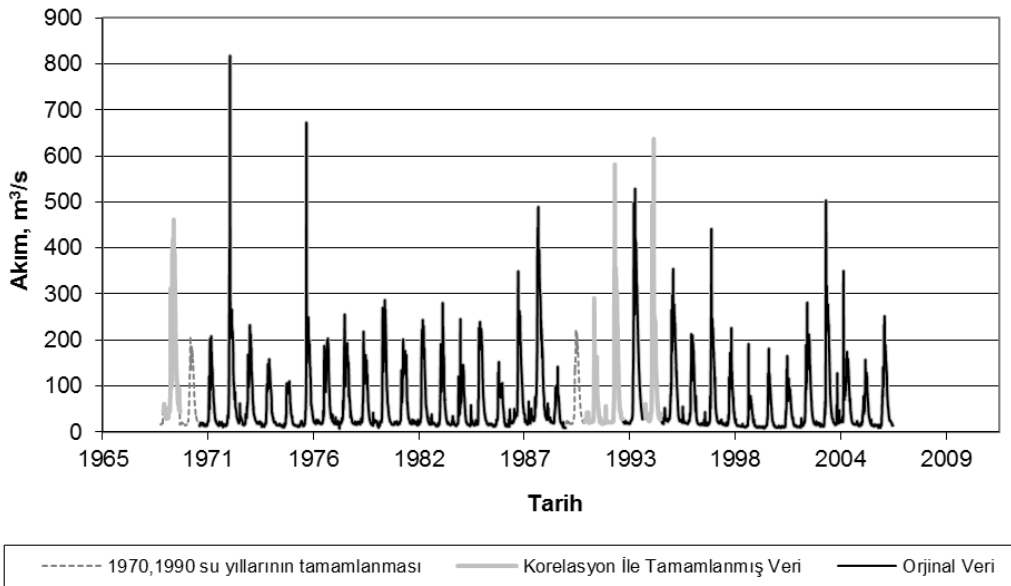
Zap havzasında bulunan 14 adet AGİ'ye ait 1968-2006 yılları arasında ölçülen debi verileri incelendiğinde, bütün AGİ'lerde, 1970 ve 1990 su yıllarına ait hiçbir akım ölçüm verisinin bulunmadığı ve hiçbir ölçümün yapılmadığı tespit edilmiştir. EİE ve DSİ ile yapılan görüşmelerde bu iki yıla ait (1970 ve 1990) akım ölçümü yapılmadığı bildirilmiştir. Bu durumda bütün istasyonlarda, bu iki yıla ait, eksik verilerin tamamlanması için istasyonlar arasında daha önce kurulan matematiksel denklemler ile bu tarihlere ait akım verilerinin tamamlanması mümkün olmamıştır. Çünkü aralarındaki ilişkiyi ortaya koyacak veri bulunmamaktadır.

Bu nedenle bahsi geçen 1970 ve 1990 su yılı eksik verilerini tamamlamak için, ilgili istasyonların uzun süreli ortalama debi değerleri kullanılmıştır. Uzun süreli mevsimsel ortalama debi değerleri 365 günlük bir periyotta, her bir güne karşılık olarak ilgili istasyonun uzun dönem ilgili güne ait ortalama debi değerleri kullanılarak oluşturulmuştur. Örneğin: 1970 yılı 1 Ocak gününe ait debi değeri, 1968-2006 yıllarına ait her bir yılın 1 Ocak gününe ait debi değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmış ve o günün (1970 yılı 1 Ocak debi değeri olarak) debisi kabul edilmiştir. Bu şekilde uzun dönem ortalama günlük debi değerleri

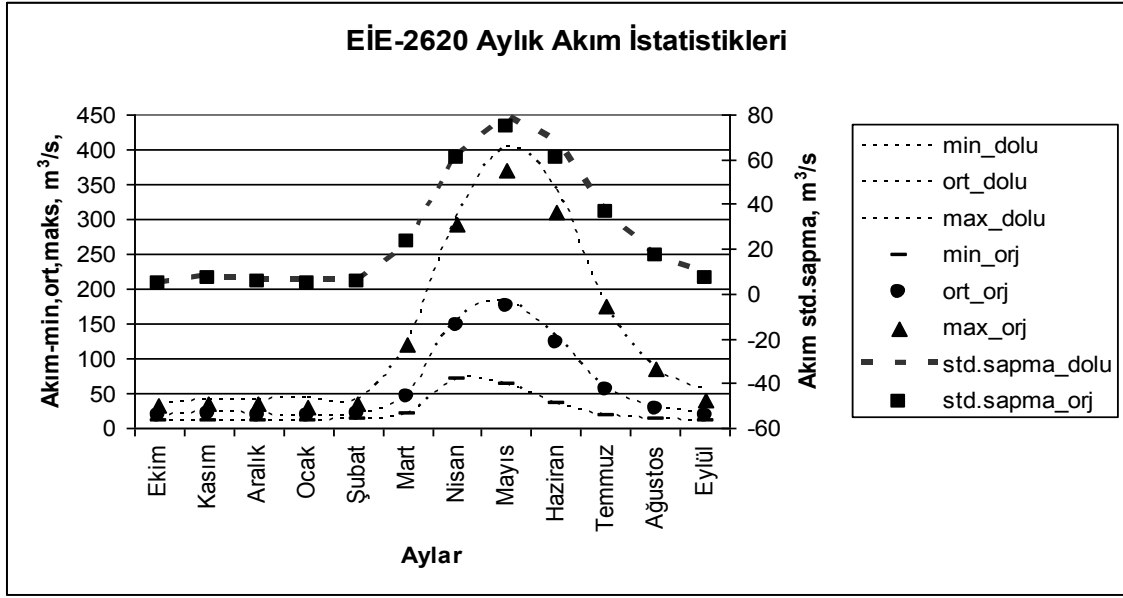
kullanılarak, 1970 ve 1990 su yıllarına ait günlük eksik akım verileri elde edilmiştir. Şekil 5'te, eie-2620 nolu AGİ'na ait ölçülmüş orijinal akım gözlem verileri ve korelasyona bağlı matematiksel ilişkiler ile tamamlanmış eksik akım gözlem verileri ve 1970, 1990 su yılları için uzun süreli ortalama akım değerleri görülmektedir.

AGİ'lerdeki orijinal günlük akım verileri tamamlandıktan sonra istatistiksel açıdan farklı olup olmadıklarını kontrol etmek amacı ile uzun dönem (1969-2006 yıllarına ait) aylık ortalama verilerinin minimum, ortalama ve maksimum değerleri karşılaştırılmış ve incelenmiştir. Bu amaçla, Şekil 6'da, eie-2620 nolu AGİ'na ait veri setindeki eksiklikler tamamlandıktan sonra aylık uzun dönem ortalama verileri ile orijinal veri setinin uzun dönem aylık ortalama, minimum, maksimum değerleri ve akımların standart sapma değerleri istatistiksel açıdan karşılaştırıldığında, önemli farklılıkların bulunmadığı belirlenmiştir. Böylece gerçekleştirilen eksik verilerin tahmini ve veri tamamlama işleminin istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu ve veri setinin istatistiksel yapısının yapılan doldurma işlemi ile bozulmadığını göstermektedir. Şekil 6'da orijinal ve eksik verisi tamamlanmış akım verilerinin istatistiksel olarak karşılaştırılmış grafiği verilmiştir.

EİE-2620 İstasyonuna ait Ham ve Doldurulmuş Akım Değerleri



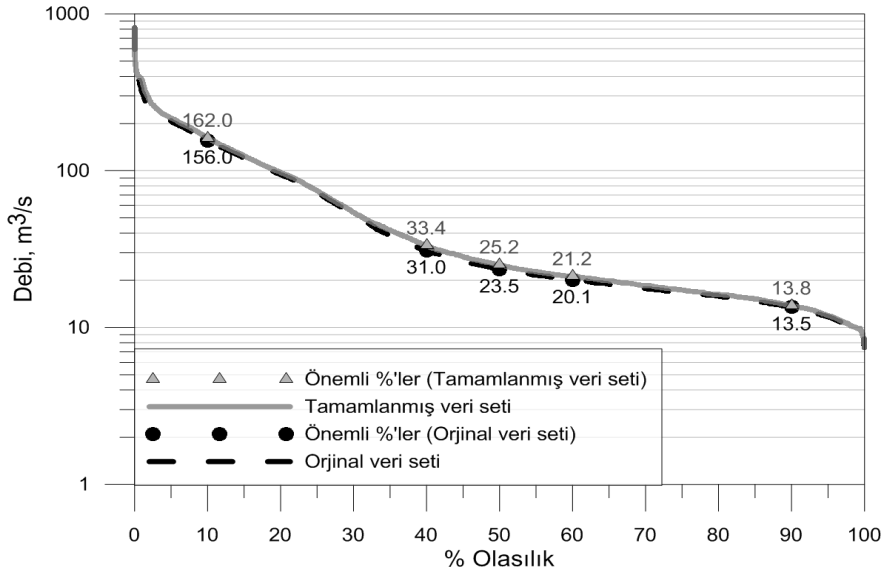
Şekil 5. eie-2620 AGİ'na ait orijinal akım gözlem değerleri ve tamamlanmış akım değerlerinin zamana göre değişimi



Şekil 6. eie-2620 istasyonuna ait orijinal ve tamamlanmış veri setlerinden elde edilen uzun dönem (1968-2006) aylık ortalamaların istatistiksel açıdan karşılaştırılması.

Karşılaştırmada ayrıca, AGİ'de ölçülen gerçek debi değerlerinin ve eksik verilerin tamamlanmasından sonra oluşturulan akım veri setine ait debi süreklilik eğrileri çizilerek yapılan tamamlama işleminin AGİ'deki hidrolojik yapı karakteristiği üzerinde bir değişime sebep olup olmadığı da belirlenmiştir. Şekil 7'de, eie-2620

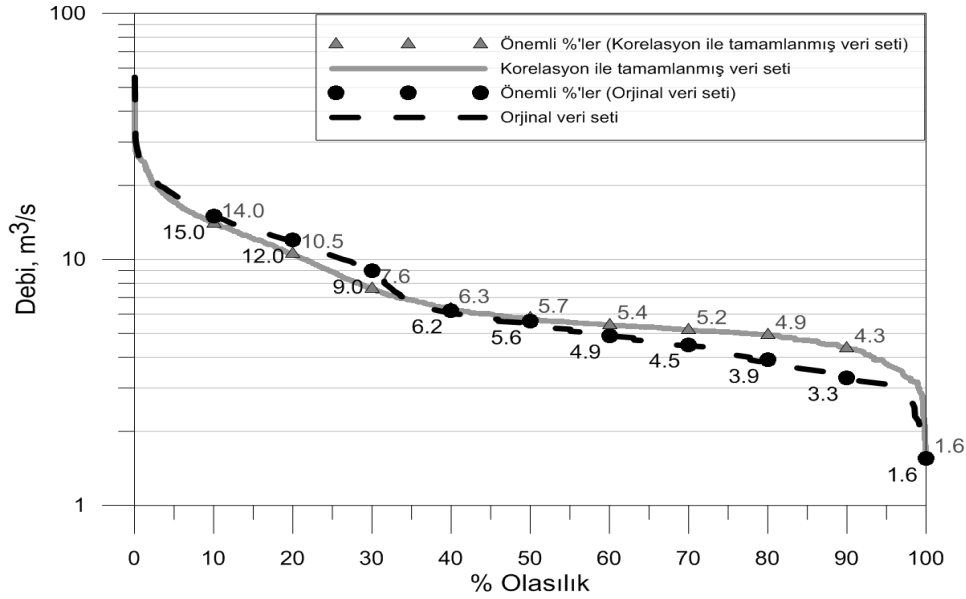
istasyona ait orijinal gözlem değerleri ve tamamlanmış akım değerleri kullanılarak oluşturulan debi-süreklilik eğrileri görülmektedir. Şekilden görüldüğü üzere hidrolojik karakteristik bakımından önemli bir değişim oluşmadığı görülmektedir.



Şekil 7. eie-2620 istasyonuna ait gerçek akım gözlem değerleri ile tamamlanmış akım gözlem değerlerinin debi-süreklilik eğrilerinin karşılaştırılması.

Araştırma havzasında uygulanan bu yöntem ile eksik veri tamamlama konusunda, AGİ'ler arasında yüksek korelasyon ilişkisi bulunan ve aynı tarihlerde akım gözlem sayısının (data sayısının) fazla olduğu veri setlerinde, oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Fakat veri sayısının kısıtlı ve diğer AGİ'leri ile yeterli düzeyde korelasyona sahip olmayan akım verilerinin tamamlanmasında bazı tutarsızlıklar oluşmaktadır. Özellikle debi-süreklilik eğrisinin

çizilmesi ile bu uyumsuzluk kolayca görülebilmektedir. Şekil 8'de, gözlem sayısı yetersiz ve diğer AGİ'leri ile arasındaki korelasyon değeri düşük olan dsi-2630 istasyonuna yönelik yapılan veri tamamlama işlemi sonrasında oluşturulan debi süreklilik eğrisi incelendiğinde, yapılan veri tamamlama işleminin AGİ'ndeki hidrolojik akım karakteristiğini belirli oranda etkilediği açıkça görülmektedir.



Şekil 8. dsi-2630 istasyonuna ait orijinal akım gözlem değerleri ile tamamlanmış akım gözlem değerlerinin debi-süreklilik eğrilerinin karşılaştırılması.

Eksik verilerin tamamlanmasında yaşanan bu tür problemlerin önüne geçebilmek için farklı metotların uygulanması ve karşılaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla, eksik akım verilerin tamamlanmasında diğer bir metot, Drenaj-Alan oranı metodu kullanılmıştır. Metodun esası, havzada bulunan AGİ'lere ait akım verileri ve bu AGİ'lere ait havza alanını baz alan bir metottur. Bu metodun uygulama detayları aşağıdaki bölümde verilmiştir.

2.2. Drenaj-Alan Oranı Metodu

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 $Q=K \cdot A^\phi$ 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. $Q=K \cdot A^\phi$ genel formülü kullanılarak, seçilen nokta yerindeki debi değerleri, alan oranına göre, AGİ debi değerleri taşınarak hesaplanır (Emerson, D.G. ve ark. 2005, Yanık, B. ve Avcı, İ. 2005, Asquith, W.H. ve ark. 2006).

Bu yöntem literatürde çeşitli çalışmalarda yaygın şekilde kullanılmaktadır. (Anonim 1987, Wiche ve ark. 1989, Guentner ve ark. 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. Buna göre:

$$Q_1 = \kappa_1 \cdot \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^\phi \cdot Q_2 \quad (7)$$

$$Q_2 = \kappa_2 \cdot \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^\phi \cdot Q_1 \quad (8)$$

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
- κ_1, κ_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.

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

$$\bar{\phi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \phi_i \quad (9)$$

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 κ_1, κ_2 düzeltme katsayıları kullanılarak bu hata oranı minimize edilmektedir. Bu düzeltme katsayıları aşağıdaki formüller kullanılarak her bir ölçüm için ayrı ayrı hesaplanmaktadır.

$${}_{12}\kappa_i = \frac{Q_{1i}}{Q_{2i} \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^\phi} \quad (10)$$

$${}_{21}\kappa_i = \frac{Q_{2i}}{Q_{1i} \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^\phi} \quad (11)$$

Düzeltilme katsayıları, bir arada ele alınarak tek bir düzeltme katsayısına çevrilerek kullanılmaktadır. Bu katsayı simetrik bir yapıya sahip olup, κ_1, κ_2 düzeltme katsayılarının bir kombinasyonudur ve aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$K = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n ({}_{12}\kappa_i + {}_{21}\kappa_i) \quad (12)$$

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

$$\frac{Q_1}{Q_2} = K \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^\phi \quad (13)$$

Denklemden (13'te) ϕ üstel katsayısı, pek çok çalışmada sabit değer olarak 1 değerini alırken, (Hirsch 1979, Emerson D.G. ve ark., 2005, Asquith, W.H. ve ark. 2006), literatür incelendiğinde 0,6-1,2 arasında değerler de alabildiği görülmektedir (Yanık, B. ve Avcı, İ. 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 yansıtabilecek 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, J.E. 2006, Mohamoud, Y.M. 2008). Bazı çalışmalarda ise alansal oranın 1:31,5'a kadar uygun olabileceği belirtilmiştir (Asquith, W.H. ve ark. 2006). Kimi çalışmalarda, bu metod günlük bazdaki debi değerleri üzerine uygulanırken (Asquith, W.H. ve ark. 2006), bazı çalışmalarda aylık ortalamalar bazında değerlendirilerek mevsimsel farklılıklar ele alınabilmekte (Emerson, D.G. ve ark. 2005), bazı çalışmalarda ise yıllık toplam debiler kullanılarak yıllık bazdaki oransal değerler kullanılabilir (Anonim, 1987).

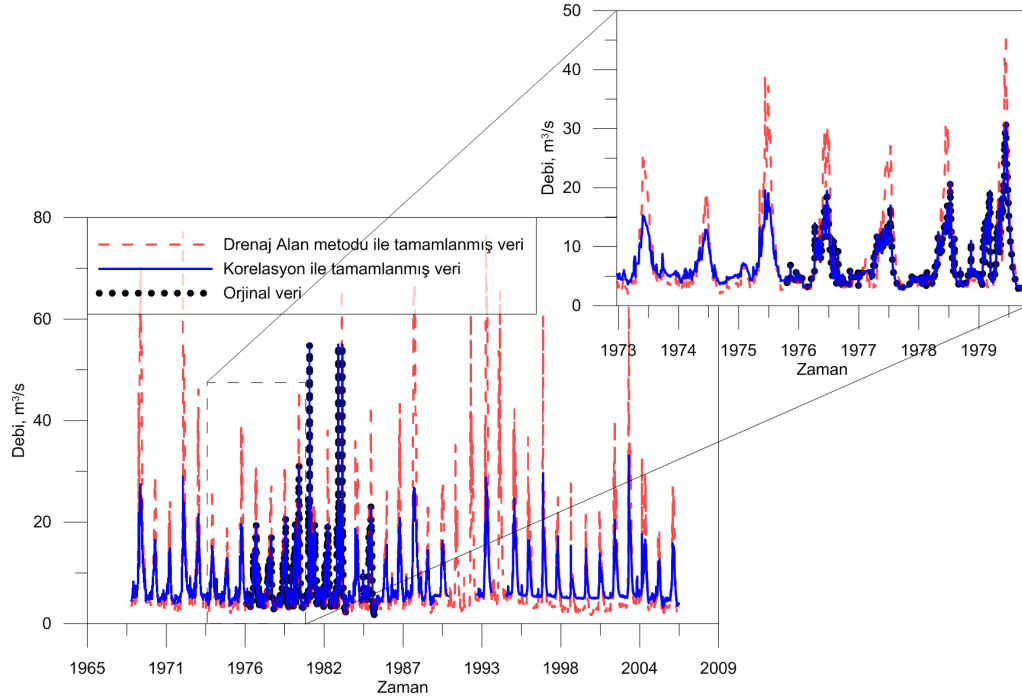
Çalışmanın bu aşamasında, Drenaj-alan oranı metodunda günlük akım verileri kullanılmış ve AGİ'lere ait eksik akım verilerinin tamamlanması için uygulanmıştır. Metodun etkinliğini incelemek amacıyla ile aynı akarsu üzerinde ölçüm yapan eie-2620 ve eie-2621 numaralı AGİ'lere ait ölçüm verileri kullanılarak, drenaj-alan oranı metodu ile dsi-2630 numaralı istasyona ait akım veri seti türetilmiştir. eie-2620 ve eie-2621 numaralı AGİ'ler aynı akarsu kolu üzerinde olup benzer hidrolojik özelliklere sahip olmaları nedeniyle uygulamada tercih edilmişlerdir (Şekil 1).

Öncelikle drenaj alan oranı metodunda kullanılan ve havza yağış rejimini ifade eden ϕ üstel katsayısı ve k düzeltme katsayısı, eie-2620 ve eie-2621 numaralı AGİ'lerin akım verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Drenaj-Alan Oranı Metodunda iki istasyon arasındaki ilişkinin incelenmesi durumunda, tahmin edilecek AGİ ye ait akım değerlerinin normalinden daha az ve fazla tahmin edilmesinin önüne geçilmesi için Denklem 10 ve 11 de bahsi geçen κ_1, κ_2 düzeltme katsayıları hesaplanmış ve Denklem 12'de belirtildiği gibi simetrik bir düzeltme katsayısı haline getirilmiştir. Uygulanan metod sonrasında Üstel katsayı ve düzeltme katsayısı

sırasıyla $\Phi_{ort}=1,6973$ ve $K=1,0607$ şeklinde bulunmuştur. Elde edilen katsayılar, dsi-2630 nolu AGİ'nin drenaj alanı kullanılarak (2070,20 km^2) ve eie-2621 numaralı AGİ akım gözlem değerleri baz alınarak, yeni bir akım veri seti elde edilmiştir (Denklem 13). Drenaj Alan Oranı metodunda elde edilecek AGİ'nin drenaj alanına yakın büyüklükte bir drenaj alanına sahip istasyonun verilerinden sentetik akım verilerinin elde edilmesi daha tutarlı sonuçlar verdiği belirtilmektedir. Bu nedenle eie-2621 nolu AGİ nin akım verileri kullanılmıştır.

Elde edilen bu akım veri setinin, dsi-2630 numaralı akım gözlem istasyonunda gözlemlenen gerçek akım karakteristiğine benzer özelliklerde olup olmadığını belirlemek üzere, uygulanan metod sonrası elde edilen akım veri seti, orijinal veri seti ve doldurulmuş ham veri setleri grafiksel olarak karşılaştırılmıştır. Şekil 9'da, dsi-2630 istasyonuna ait ham (orijinal), doldurulmuş ve drenaj-alan metodu ile oluşturulmuş akım verileri gösterilmiştir.

Şekil 9'da görüldüğü üzere akım gözlem verileri ile drenaj-alan oranı metodu ile elde edilmiş akım gözlem verilerinin oldukça uyumlu olduğu fakat gerçek ölçüm verilerine nazaran %4 civarında daha fazla akım değerleri içerdiği (% bağıl hata olarak) belirlenmiştir. Çizelge 4'te dsi-2630 akım gözlem istasyonu verilerinin alan oranı metoduna göre türetilmesi için kullanılan istasyonlar, drenaj alan değerleri ve metodun gerçek akım verilerine göre bağıl hata oranları verilmiştir. Bağıl hata oranının hesaplanmasında gerçek akım değerleri ile tamamlanmış akım değerleri arasındaki farkın, gerçek akım değerlerine olan oranı esas alınmıştır. Mevsimsel olarak incelendiğinde özellikle akım değerlerinin yüksek olduğu Nisan-Mayıs aylarındaki akım değerlerinin orijinal akım değerlerine göre yüksek olduğu görülmektedir. Drenaj Alan Oranı Metodunun uygulanmasında sadece eie-2630:eie-2621 istasyon ikilisi kullanılmamıştır. Aynı akarsu ağı sistemi üzerinde bulunan ve benzer hidrolojik özelliklere sahip istasyonların verileri de kullanılarak Drenaj Alan Oranı Metodu ile sentetik olarak dsi-2630 AGİ akım gözlem verileri üretilmiştir. Bu kapsamda bağıl hata oranı olarak en uygun sonuç eie-2630:eie-2621 AGİ ikilisi ile elde edilmiştir (Çizelge 4).



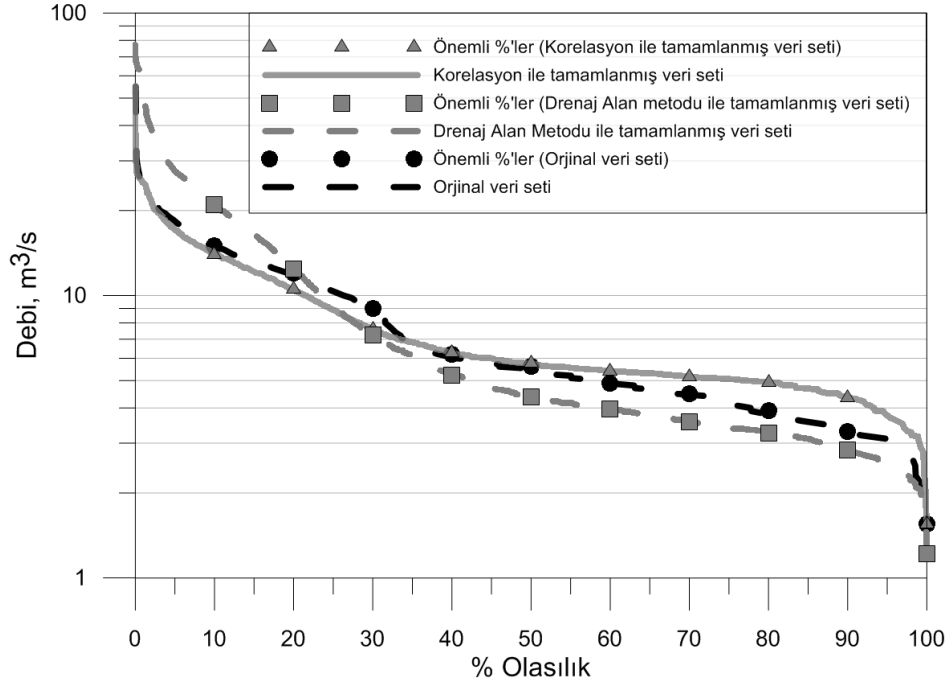
Şekil 9. dsi-2630 akım gözlem istasyonuna ait orijinal, korelasyon ile tamamlanmış ve drenaj-alan oranı metodu ile (eie-2630 eie-2621 verileri ile) oluşturulmuş akım verilerinin zamansal gösterimi.

Çizelge 4. dsi-2630 akım gözlem verilerinin drenaj-alan oranı metoduna göre türetilmesinde kullanılan istasyonlar ve gerçek değerlere göre bağıl hata oranları

İstasyon No	Drenaj Alanı (km ²)	Verisi İncelenen Akım İstasyonları ve Drenaj Alanları (km ²)		K	Φ	Bağıl Hata (%)
dsi-2630	2070,2	eie-2620 eie-2621	5016 2504,4	1,0555	2,0433	10,1
dsi-2630	2070,2	eie-2627 eie-2621	6771,9 2504,4	1,0612	2,0069	10,0
dsi-2630	2070,2	eie-2639 eie-2621	297 2504,4	1,0462	0,1594	-26,3
dsi-2630	2070,2	eie-2630 eie-2621	4153,2 2504,4	1,0607	1,6973	4,98
dsi-2630	2070,2	dsi-2634 eie-2621	4810 2504,4	1,1555	1,4187	7,76

dsi-2630 istasyonun debi süreklilik eğrileri incelendiğinde, Drenaj-alan metodu yöntemi ile bulunan veri setinin debi süreklilik eğrisi yapısında orijinal veri setine göre bir değişim gözlemlenmektedir (Şekil 10). Orijinal veri seti ile arasında oluşan fark doğal koşullara, yan kollardan karışım miktarlarındaki farklılığa bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Yine de metot, temel hidrolojik özellikleri etkin bir şekilde yansıtamamakla birlikte, çalışma esnasında

drenaj-alan metodunun etkin bir şekilde kullanılabilmesi için birbiri ile korelasyonu yüksek olan istasyonların tercih edilmesi ve birbirine yakın akım gözlem istasyonlarının tercih edilmesi yöntemin daha doğru sonuç vermesini sağlamaktadır. Çalışma kapsamında incelenen dsi-2630 nolu istasyonunun diğer istasyonlar ile olan korelasyonunun düşük olması nedeniyle metot yeterli tutarlılıkta sonuçlar verememiştir.



Şekil 10. dsi-2630 istasyonuna ait orijinal, korelasyon ilişkileri ile tamamlanmış ve drenaj-alan metoduna göre (ie-2630 ie-2621 verileri ile) oluşturulmuş akım verilerine ait debi süreklilik eğrileri

3. SONUÇLAR

Bu makalede, Zap suyu havzasında bulunan akım gözlem istasyonlarına (AGİ'lere) ait akım verileri incelenerek, ölçüm değeri olmayan aylara ait (günlük) eksik veriler, istasyonlar arası korelasyon ilişkileri ve Drenaj Alan-Oranı Metodu kullanılarak tamamlanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Akım gözlem istasyonundaki eksik verilerin tamamlanmasında, korelasyon ve drenaj alan oranı metodları, eksik veri sayısının az olduğu durumlarda bu iki yöntemin çok iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Eksik veri tamamlama işleminden sonra istatistiksel açıdan ham veri ve tamamlanmış veri setleri arasında yapı ve hidrolojik karakteristiğinin bozulmadığı görülmüştür.

Ancak, bir AGİ'de, tamamlanması gereken eksik veri sayısı fazla ise, hem korelasyon hem de drenaj alan oranı metodunun uygulanmasında, istatistiksel açıdan sapmalar olduğu ve hidrolojik karakteristiklerinde değişimler olduğu hesaplanmıştır. Araştırma kapsamında kullanılan her iki metot için bu durum söz konusu olsa dahi Drenaj Alan Oranı metodunun sonuçlarında, korelasyon ile tamamlanan verilere nazaran daha fazla hidrolojik karakteristikte değişimler görülmektedir. Bu nedenle, eksik veri

tamamlama işlemlerinde, elde edilen tamamlanmış yeni veri setinin orijinal haline göre ne oranda değişim gösterdiğinin saptanması için verilerin doğruluk analizlerinin yapılması büyük önem arz etmektedir. Sonuç olarak, bir AGİ'ye ait eksik verilerin tamamlanmasında, kısa süreli yıllar için güvenilir sonuçlar elde edilirken, fazla olan yıllar için sonuçların çok iyi analiz edilmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen 090234/2012 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Ayrıca, bu çalışmaya destek verdikleri için Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Anonim (1987). *Zap Suyu Havzası Master Plan Raporu*, Elektrik İşleri Etüt İdaresi, GİZBİLİ Mühendislik Firması, Ankara.
- Anonim (2009). *SPSS Missing Values™ 17 Users Guide*, SPSS Inc., Chicago, IL, USA., 15.

- Asquith, W.H., Roussel, M.C., and Vrabel, Joseph (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.
- Bal, C. ve Özdamar, K., (2004). Eksik Gözlem Sorununun Türetilmiş Veri Setleri Yardımıyla Çözülmesi, *Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi* 26(2):67-76.
- Burgess, T. M. and Webster, R., (1980). Optimal Interpolation and Isarithmic Mapping of Soil Properties I, The Semivariogram and Punctual Kriging. *Journal of Soil Science*, 31(3):315-331.
- Dastorani M.T, Moghadamnia A., Piri J. and Rico-Ramirez M., (2010). Application of ANN ANFIS Models for Reconstructing Missing Flow Data, DOI 10.1007/s10661-009-1012-8, *Environ. Monit. Assess.* 166(1-4):421-434.
- Dursun Ö.F. ve Karabatak M., (2009). Fırat Havza'sındaki Eksik Akım Verilerinin Korelasyon ve Yapay Sinir Ağları Metotları ile Tahmin Edilmesi, *e-Journal of New World Sciences Academy*, 4(1): 1A0004, 30-40.
- Elshorbagy, A.A. Panu, U.S., Simonovic, S.P., (2000). Group-based Estimation of Missing Hydrological Data: I. Approach and General Methodology, *Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques*, 45(6):849-866.
- Emerson, D.G., and 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. ve 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 Investigations Report 2005-5017*, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia.
- Guenther, R.S., Weigel, J.F., and 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.
- Gümüş V. ve Kavşut E., (2013). Zamanti Nehri-Ergenüşağı İstasyonu Eksik Aylık Akım Verilerinin Tahmini, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım ve Teknoloji*, 1(2):81-91.
- Gündoğdu K. S., Demir A. O. ve Akkaya Aslan, Ş. T., (2001). Göletlerin Bazı Hidrolojik Analizlerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Ortamında Yapılma Olanakları, *I. Ulusal Sulama Kongresi*, 8-11 Kasım, 247-253, Antalya.
- Hipel, K.W. and McLeod A.I., (1994). *Time Series Modeling of Water Resources and Environmental Systems*, Elsevier, Amsterdam
- Hirsch R.M., (1979). A Evaluation of Some Record Reconstruction Techniques, DOI:10.1029/WR015i006p01781, *Water Resources Research*, 15(6):1781-1790.
- Hortness, J. E., (2006). Estimating Low Flow Frequency Statistics for Unregulated Streams in Idaho. *US Geol. Survey. Sci. Invest. Report 2006-5035*.
- Keskin, M.E. and Taylan, D., (2009). Artificial Models for Interbasin Flow Prediction in Southern Turkey, *J. Hydrologic Eng.* 14(7):752-758.
- Kuşvuran K. ve Canbolat M., (2006). Mersin-Tarsus Topçu Deresi Havzasında Yağış, Akım ve Alt Havzasında Sediment Veriminin Araştırılması (1985-2004). Proje Kod No: Tagem-Bb-Topraksu-2006/7. Tarsus/MERSİN.
- 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.

- Özer, Z., (1990). *Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar*, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara.
- Panu, U. S., Khalil, M. & Elshorbagy, A., (2000). *Streamflow Data Infilling Techniques Based on Concepts of Groups and Neural Networks*. Chapter 12 in: *Artificial Neural Networks in Hydrology* (ed. by R. S. Govindaraju & R. Rao), 235-258. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.
- Smits A., Baggelaar P.K., (2010). *Estimating Missing Values in The Time Series, Rhine Water Works*, Netherland.
- Türkyılmaz, Y., (1996). *Rezervuar Hidrolojisi Seminer Notları*. T.C Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Usul, N., (2005). *Engineering Hydrology*, Book, 403, METU Press, Turkey.
- Wiche, G.J., Benson, R.D., and 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.
- Vanlı M., (1990). *Göletlerde Su Temini Çalışmaları*. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, *Hidrometri ve Taşkın Hidrolojisi Semineri*, 3-4 Eylül, İstanbul
- Yanık, B. Avcı, İ., (2005). *Bölgesel Debi Süreklilik Eğrilerinin Elde Edilmesi*, *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi /D Mühendislik*, 4(5):19-30.