



Belli aşılma olasılığına sahip debilerinin bölgeselleştirilmesi ve Doğu Karadeniz Havzası örneği

Fatih Saka^{1*}, Ömer Yüksek²

¹Gümüşhane Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane, Türkiye

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Doğu Karadeniz’de bölgesel bir hidrolojik çalışma
- Belli aşılma olasılığına sahip debilerin tahmin edilmesi
- Havza değişkenleri yardımıyla debi tahmini

Makale Bilgileri

Geliş: 17.02.2016

Kabul: 24.07.2016

DOI:

10.17341/gazimmfd.322154

Anahtar Kelimeler:

Günlük ortalama akım tahmini, regresyon analizi

ÖZET

Su mühendisliği çalışmalarının pek çoğunda, çalışma yerinde bulunan su miktarının veya belli bir değerdeki debinin bulunma olasılığının tespiti gerekmektedir. Ancak eldeki debi ölçümleri sınırlı ve sadece akım gözlem istasyonlarının (AGİ) bulunduğu yerlerdedir. Her bir AGİ’deki debi süreklilik eğrileri (DSE) elde edilebilmekte, ancak veri ölçümü bulunmayan veya yetersiz olan yerlere ait debi değerlerinin tahmini gerekmektedir. Bu amaçla, belirli aşılma olasılığına sahip olan debi değerlerinin bölgeselleştirme çalışmaları uygulanabilmektedir. Bu çalışmada, Türkiye’de, Doğu Karadeniz Havzası’ndaki 39 adet AGİ’ye ait debi değerleri, meteoroloji istasyonlarının, sıcaklık ve yağış değerleri temin edilmiştir. Drenaj alanlarının sınırları belirlenmiştir. Thiessen Metodu kullanılarak AGİ’lere ait yıllık toplam yağış ve sıcaklık değerleri elde edilmiştir. 10 yıllık günlük ortalama debiler kullanılarak, yıllık DSE’nin %20, %30, %50 ve %90 aşılma oranlarına sahip olan debi değerlerinin havza özellikleriyle ilişkileri belirlenmiştir. Topoğrafik özellikler olarak drenaj alanı, drenaj yoğunluğu ve akarsu kollarının ortalama eğimi; iklim özellikleri olarak ise, ortalama yıllık toplam yağış yüksekliği ile yıllık ortalama sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Sonuç olarak, bazı havza özellikleri ile veri ölçümü bulunmayan alanlarda %20, %30, %50 ve %90 aşılma oranlarına sahip olan debilerin tahmini yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

Regionalisation of discharges having certain exceedance probabilities and Eastern Black Sea Basin sample

H I G H L I G H T S

- A regional hydrologic study at eastern black sea basin
- Estimation of discharges having certain exceedance probabilities
- Discharge estimation with basin characteristics

Article Info

Received: 17.02.2016

Accepted: 24.07.2016

DOI:

10.17341/gazimmfd.322154

Keywords:

Estimation of daily discharges, regression analysis

ABSTRACT

In many of water engineering studies, it is necessary to determine the amount of water or the probability of discharge at a certain value. However, current discharge measurements are limited and located in discharge gauging stations (DGS). Flow duration curves (FDC) belonging to each DGS can be obtained, but it is necessary to estimate discharge values of the areas having no or insufficient discharge data. For this purpose, studies based on the regionalization of discharge values can be applied. In this study, discharge values of 39 DGS located on Eastern Black Sea Basin in Turkey, and temperature and precipitation of weather stations in the region have been obtained. Drainage areas have been determined. Total annual precipitation and temperature values of DGS have been obtained by using Thiessen method. Values having 20%, 30%, 50%, and 90% exceedance probabilities of annual FDC, have also been correlated with basin characteristics using 10-year average daily discharges. Drainage area, drainage density and mean slope of tributary values were chosen as topographic; and mean annual precipitation height and annual temperature values chosen as climatic parameters. As a result, in the ungauged areas, 20%, 30%, 50%, and 90% exceedance probabilities of annual FDC have been estimated by some basin properties and the results were examined.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: sakafatih@hotmail.com / Tel: +90 456 233 1000-1630

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Rezervuar tasarımı ve hidroelektrik güç üretimi gibi su kaynakları ve su kalitesi çalışmalarının mühendislik uygulamaları, akarsulardan elde edilebilecek su miktarının ele alınmasını gerektirmektedir [1]. Bu amaçla hazırlanan bütün hidrolojik modeller genellikle, ele alınan olayın kilit özelliklerini tarif eden bir model, bu özellikleri etkileyen arazi özelliklerinin parametrelerinden bir bütün ve ele alınacak çalışma alanına ait uygun meteorolojik veriler olmak üzere, üç ana bileşenden oluşmaktadır. Ancak bu üç bileşen de çok iyi bilinmemektedir. Bu amaçla verileri bulunmayan veya yetersiz olan alanlarda tahmin yapabilmek üzerine pek çok çalışmalar yapılmıştır [2]. Yapılan çalışmaların, mevcut hidrometeorolojik verilere dayandırılarak yapılması gerekmektedir [3].

Debi süreklilik eğrileri (DSE) geçmiş bir zaman periyodunda, belirli bir akarsu havzasındaki günlük, aylık veya diğer zaman aralıklı akarsu akımlarının aşıldığı zaman yüzdelerini (%10, %20 vb.) göstermektedir [4, 5]. Diğer bir tarif ile DSE, ele alınan periyottaki belli debi değerlerinin görülme ve aşılma yüzdelerini gösteren birikimli frekans eğrisidir [6]. DSE'nin su gücü, su temini, sulama planlama ve tasarımı gibi hidrolojik çalışmalarda [7] ve özellikle, depolamasız hidroelektrik santrallerin planlama ve projelendirme aşamalarında çok önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir [5]. Özetle, akarsu akımlarının frekanslarıyla ilgili su kaynakları planlama ve tasarım çalışmalarında, büyük ve küçük akımlar, medyan ve ortalama akımlarla ilgili araştırmalarda da belli aşılma olasılığına sahip debilerin bulunma veya aşılma olasılığının bilinmesi gerekmektedir [1].

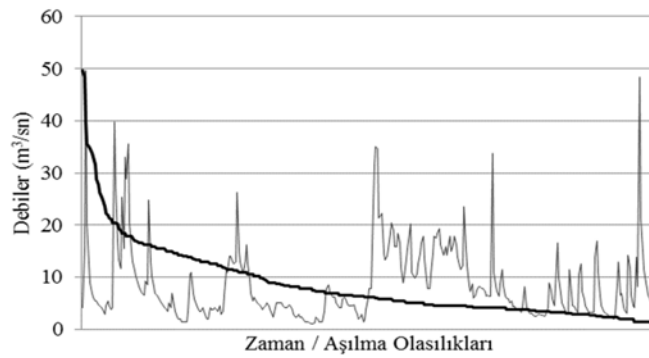
Bölgeselleştirme çalışmaları, gözlenen ve çalışma alanında düzenli dağılıma sahip olan değişkenler yardımıyla, bir değişkenin diğer değişken/değişkenlerin özellikleri yardımıyla, tahmin edilmesi amacını taşımaktadır. Bu amaçla maksimum yağışların değişimi incelenebildiği [8] gibi, debilerin değişimi de incelenebilmektedir. Kanada [9], Yunanistan [10], Hindistan [11], İtalya [12], Tayvan [13],

Filipinler [3], Portekiz [14], Güney Afrika [15], Amerika [16], Yeni Zelanda [17], ve Fransa [18] gibi, çeşitli ülkelerde yapılmış DSE'nin bölgeselleştirme çalışmaları da literatürde görülmektedir. DSE ile ilgili yapılan tüm araştırmalar, dolayısıyla belli aşılma olasılığına sahip debilerin tahmin edilmesi amaçlanan çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Özellikle belli aşılma olasılığına sahip olan debiler çalışma konularına göre daha önemli olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada seçilen %10, %20, %30, %50 ve %90 aşılma olasılığına sahip olan debi değerlerinin önemi ileride ele alınacaktır. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Havzası'nın 17143 km²'lik bir kısmında araştırma yapılmıştır. Çalışma alanında en az 10 yıllık günlük ortalama akım değerleri olan, düzenlenmemiş (doğal) akarsu akımına sahip, 39 adet akım gözlem istasyonu (AGİ) seçilmiştir. Gerek regresyon analizi ve gerekse diğer mühendislik çalışmalarında yaygın olarak kullanılan [19] Coğrafi Bilgi Sistemlerinden (CBS) NetCAD programı kullanılarak, standart topoğrafik haritalar ile AGİ'ler ve meteoroloji istasyonları konumlandırılmıştır. AGİ'lere ait drenaj alanları ve akarsu kolları çizilmiştir. Her bir AGİ'ye ait ortalama yıllık toplam yağış miktarı, yıllık ortalama sıcaklık değeri, ortalama akarsu eğimi ve drenaj yoğunluğu gibi havza özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra, debi ölçümleri yetersiz veya bulunmayan yerlerde, yıllık DSE'nin %10, %20, %30, %50 ve %90 aşılma olasılığına sahip olan günlük ortalama debilerinin, havza özellikleri yardımıyla tahmini üzerinde durulmuştur.

1.1. DSE ve Belli Aşılma Olasılığına Sahip Debilerin Hidrolojideki Önemi (Importance of FDC and Discharges Having Certain Exceedance Probability on Hydrology)

DSE, debi gidiş çizgilerinden elde edilmektedir. Debi gidiş çizgisi, seçilen bir zaman birimindeki debi miktarının zamanla nasıl değiştiğini gösteren bir grafikdir. Söz konusu istasyona ait debi gidiş çizgisinden faydalanılarak, debinin belli bir değere eşit veya ondan büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanarak, düşey eksene debiler, yatay eksene zaman



Şekil 1. 22-06 istasyonunun 2003 su yılındaki debi gidiş çizgisi ve DSE
(Flow course line and FDC of 22-06 Station at 2003 water year)

yüzdeleri taşınırsa DSE elde edilmektedir [20]. Şekil 1’de, 22-06 istasyonu günlük ortalama akımlarının 2003 su yılındaki debi gidiş çizgisini ve bu çizgi verileriyle elde edilen DSE değişimi görülmektedir. DSE oluşturulurken göz önüne alınan zaman aralığı, DSE’nin şeklini etkilemekte ve günlük ile aylık veya diğer zaman birimlerindeki DSE birbirinden farklı olmaktadır. Çalışmanın konusuna göre, hangi aralığın kullanılacağı da farklılık göstermektedir. Yıllık debi değerleri, genel olarak hidrolojik süreçlerin iklim gibi diğer bazı etmenlerle ilişkilerini irdelemek ve büyük su biriktirme sistemlerinin işletilmesi ve planlanması, fayda, maliyet ve risk analizleri için kullanılmaktadır. Aylık debi değerleri daha çok, seri parametrelerdeki mevsimlik değişimlerin, su temini ve hidroelektrik enerji üretimindeki riskli devreler olan kurak mevsimlerin incelenmesi amacıyla kullanılmaktadır; depolamasız hidroelektrik tesislerin projelendirilmesinde ise günlük ortalama debi değerlerinden yararlanılmaktadır [21]. DSE yardımıyla, enerji hesaplamaları da yapılabilmektedir. Genelde, nehir tipi hidroelektrik santrallerin kapasitesinin belirlenmesi için %20 veya %30 aşılma olasılığına sahip olan debi değerleri uygun olabilmektedir. Sulama sistemleri yapılarını da içinde barındıran hidroelektrik yapılarda ise %10 veya %20 aşılma oranlarına sahip olan debi değerleri de uygunluk gösterebilmektedir [22]. Nehir tipi santrallerde depolama olmadığından, proje debisinin seçimi önemli bir faktördür. Debi süreklilik eğrisinde aşılma ihtimali az olan (% 1–10) arasındaki debiler HES planlanmasında genellikle dikkate alınmamaktadır [23]. Bu gibi büyük debi değerleri taşkınlar olarak kendini gösterebilmektedir ve özellikle dolgu barajlarda önemle dikkate alınması gerekmektedir [24]. Benzer şekilde aşılma ihtimali yüksek olan (%90–99) küçük debiler ise genellikle taban (baz) akımını temsil etmektedir ve HES’den elde edilecek sabit (firm) enerjiyi üretmekte önemlidir. Aşılma ihtimali %10–90 arasındaki debiler ise projelendirmede daha çok dikkate alınmaktadır [23].

1.2. Belli Aşılma Olasılığına Sahip Debilerin Tahmini (Estimation of Discharges Having Certain Exceedance Probability)

Proje alanlarına ait debi değerlerinin tahmin edilmesinde çoklu regresyon denklemleri de kullanılmaktadır. Bölgede ölçülmüş, belli aşılma olasılığına sahip debi değerlerinin, havzanın jeomorfolojik ve iklim karakteristikleri ile regresyonu yapılmaktadır. Kullanılan jeomorfolojik veriler arasında, havza alanı, çevresi, eğimi, drenaj yoğunluğu ve yüksekliği sayılabilir. İklim verileri ise, sıcaklık, yağış, buharlaşma ve kara ait ortalama ve standart sapma gibi istatistik özelliklerin yanında, bunların yıllık ve aylık değişimleri olarak sayılabilir [25]. Uygulamada, çoklu regresyon doğrusal bir ilişki ile ele alınıyorsa, Eş. 1’deki şekilde ifade edilmektedir [26].

$$\hat{O} = k + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \dots \beta_n X_n \quad (1)$$

Çoklu regresyon ilişkisi eğrisel bir şekilde ele alınıyorsa, Eş. 2’de görüldüğü şekilde ifade edilmektedir [27].

$$\hat{O} = k X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_n^{\beta_n} \quad (2)$$

Eş. 1 ve Eş. 2 ifadelerinde;

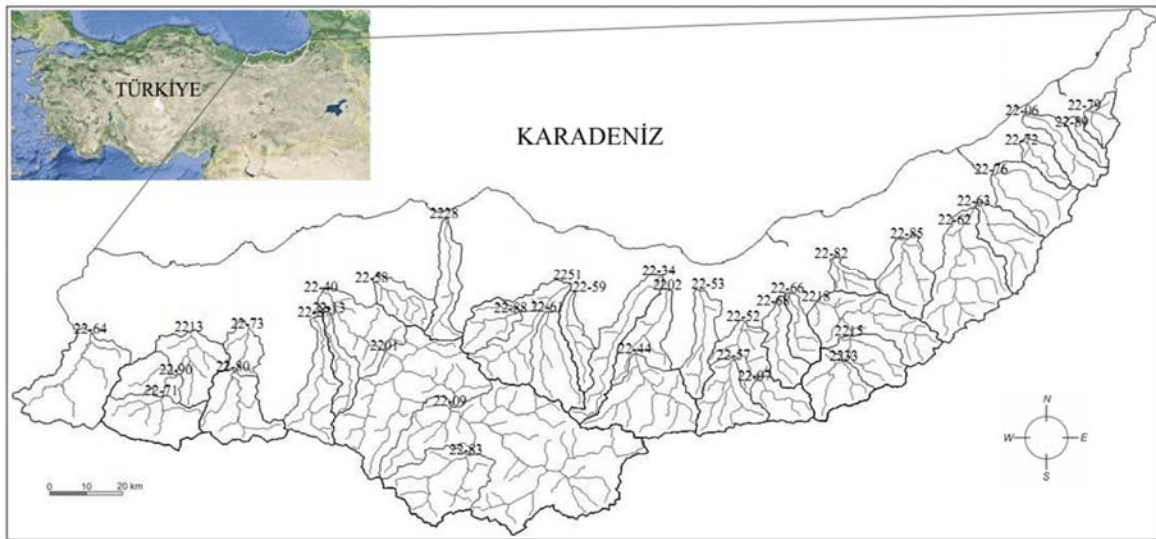
\hat{O} : Ele alınan aşılma yüzdesine karşılık, regresyon denklemi ile hesaplanan debiyi,

k : Regresyon sabitini,

β_n : n. bağımsız değişkene ait regresyon katsayısını,

X_n : n. bağımsız değişkenini göstermektedir.

Regresyon değişkenleri ve sabitinin güvenilir olarak elde edilebilmesi için 20 veya daha fazla veri setinin bulunması gerekmektedir [27].



Şekil 2. Çalışma alanındaki 39 AGİ'nin drenaj alanları ve akarsu kolları
(Drainage areas of 39 DGS in the study area and tributaries)

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR (STUDIES)

Çalışma alanı, Doğu Karadeniz Havzasının 22. Bölge sınırları içinde kalmakta, batıda 22-64 istasyonundan, doğuda 22-79 istasyonuna kadar olan AGİ'leri içermektedir (Şekil 2). 17143 km² toplam alana sahip olan çalışma bölgesinde, 1/100000 ve 1/25000'lik standart topoğrafik haritalar yardımıyla, 39 adet AGİ'ye ait alt havzaların drenaj alanları ile akarsu kolları çizilmiş ve analizde kullanılacak veriler NetCAD ortamında elde edilmiştir. Çalışma alanında bulunan AGİ'lerden, 10 yıllık veri ölçümü bulunan istasyonlar ele alınarak 39 adet AGİ belirlenmiş ve günlük ortalama akım ölçümleri (m³/sn) elde edilmiştir. Her bir AGİ'ye ait 10 yıllık, 3650 adet ölçüm değerleri elde edilerek,

39 istasyona ait 142350 adet veri, dijital ortamda ele alınmıştır. Günlük akarsu akımları sürekli olup, yıl boyunca sıfır değerine düşmemektedir. DSE değerlendirilirken yıllık baz dikkate alınmıştır. Su kaynakları ile ilgili çalışmalarda kullanılan havza karakteristikleri, topoğrafik ve iklimsel (meteorolojik) veriler olarak iki ana gruba ayrılabilir. Yüzeysel akışı etkileyen bazı tipik topoğrafik veriler arasında, drenaj alanı, havza eğimi, akarsuların sayısı, akarsuların uzunluğu, ortalama akarsu eğimi, akarsu yoğunluğu ve drenaj yoğunluğu sayılabilir. Çalışmada drenaj alanı, akarsuların ortalama eğimi ve drenaj yoğunluğu değişkenleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan AGİ'lerin bazı topoğrafik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. İklimsel parametreler olarak ise yağış ve sıcaklık değişkenleri

Tablo 1. Çalışmada kullanılan istasyonların bazı havza karakteristikleri
(Some basin characteristics belonging to the stations used in the study)

İstasyon No (Adı)	Kotu	Drenaj	Drenaj	Yıllık Ortalama Yağış (mm)	Yıllık Ort. Sıcaklık (C°)	Ort. Akarsu Eğimi
		Alanı (km ²)	Yoğunluğu (m/km ²)			
2201 (Harşit Çayı)	400	2740,8	263,9	544,5	8,86	0,033
2202 (Kara Dere)	78	639,5	251,1	677,14	10,97	0,043
2213 (Aksu)	248	713,9	217,7	1140,36	6,24	0,022
2215 (Çamlık Dere)	942	425,5	212,5	1068,24	10,51	0,061
2218 (İyidere)	308	834,9	237,7	1065	10,77	0,064
2228 (Fol Deresi)	17	183,3	279,5	989,4	9,76	0,035
2233 (Tozköy Deresi)	1296	220,6	205,4	1066,26	9,98	0,07
2251 (Değirmendere)	155	726,5	256,4	718,96	10,84	0,047
22-06 (Köprübaşı)	60	170,7	216,8	2172,2	13,15	0,065
22-07 (Şerah)	1114	150,4	225,8	1031,65	8,4	0,041
22-09 (Torul)	925	1945,9	259,8	483,78	8,59	0,032
22-13 (Sütaşı)	470	126	393,6	975,05	11,24	0,041
22-34 (Fındıklı)	90	257,9	284	756,63	11,3	0,038
22-40 (Eymür)	120	3172,9	270,2	612,08	9,23	0,033
22-44 (Aytaş)	500	427,7	250,2	654,45	10,29	0,048
22-52 (Ulucami)	275	570,2	263,1	977,99	8,88	0,058
22-53 (Ortaköy)	150	177,8	285,5	930,18	11,61	0,056
22-57 (Alçakköprü)	650	244,9	446,3	923,61	8,05	0,074
22-58 (Cüenköprü)	300	149,7	328,5	1026,41	10,62	0,054
22-59 (Çiftdere)	250	127,4	317,1	728,31	10,65	0,068
22-61 (Ortaköy)	380	260,1	236,5	740,7	10,07	0,056
22-62 (Konaklar)	300	509,4	250,5	1535,07	10,63	0,065
22-63 (Mikronköprü)	325	243,8	225,9	1482,27	12,01	0,084
22-64 (Kovanlık)	530	473,6	167,2	1167,93	6,1	0,029
22-66 (Cevizlik)	400	114,3	231,7	1120,47	11,83	0,071
22-68 (Yeniköy)	470	167,9	210,3	1003,95	10,71	0,056
22-71 (İkisu)	990	297,3	197,6	1100,65	6,44	0,049
22-72 (Arılı)	175	94,7	228	2180,62	13,2	0,067
22-73 (Tuğlacık)	400	406,5	261,9	1063,65	7,62	0,031
22-76 (Kemerköprü)	230	305,7	192,6	2045	13,1	0,065
22-79 (Çamlıca)	300	87,9	321,3	2330,81	13,78	0,08
22-80 (Sınırköy)	750	295,5	258,6	1002,48	6,96	0,031
22-82 (Kömürcüler)	290	81,8	388,9	1348,71	11,61	0,071
22-83 (Gümüşkaya)	1150	397,5	248,9	471,87	8,6	0,041
22-85 (Kaptanpaşa)	400	230,6	261,5	1527,71	10,63	0,071
22-87 (Hasanşih)	355	248,5	284,2	1081,95	11,92	0,034
22-88 (Ormanüstü)	710	154,9	266,4	708,04	11,08	0,051
22-89 (Küçükköy)	400	68,5	258,7	2355,78	13,7	0,107
22-90 (Alancık)	700	468,6	187,6	1126,24	6,31	0,04

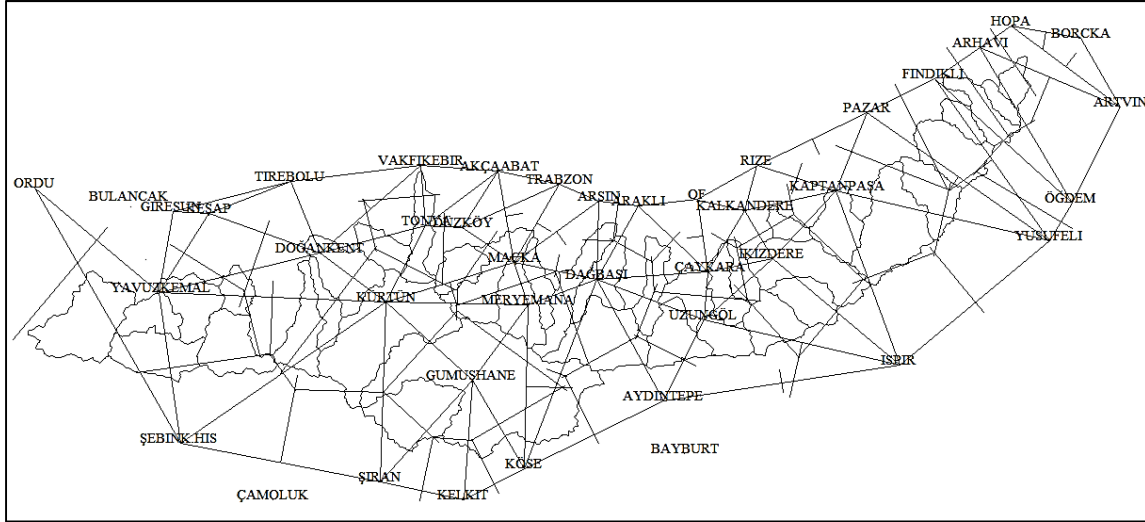
kullanılmıştır. Bu amaçla, 1929 yılından 2007 yılına kadarki ölçümler ele alınarak bölgedeki meteoroloji istasyonları değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilmiş 23 adet, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilmiş 68 adet istasyon incelenmiş ve 30 adet meteoroloji istasyonunun verileri kullanılmıştır. Bu istasyonların bölgedeki dağılımı Şekil 3'de görülmektedir. DSE'nin bölgeselleştirilmesi için akımlar ile çeşitli havza karakteristiklerinin ve iklimsel bazı özelliklerin her bir AGİ alanını temsil eden değerleri kullanılmalıdır. İklim özellikleri olarak belirlenen ortalama yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri Thiessen metodu ile hesaplanmıştır (Şekil 3). Böylece, meteoroloji istasyonlarının yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak, AGİ'lerin temsil ettiği alanlara ait ortalama yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri elde edilmiştir (Tablo 1). Sonuçta AGİ'leri ifade eden havza özelliklerinin bazı istatistik değerleri Tablo 2'de görüldüğü şekilde elde edilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Yapılan çalışmalarda bahsi geçen şekilde günlük ortalama akımlar ve havza özellikleri elde edilmiş ve bu değişkenler

arasında regresyon ilişkileri araştırılmıştır. Her istasyonun 10 senelik debi değerleri ile yıllık DSE oluşturulmuş, %10, %20, %30, %50 ve %90 aşılma olasılıklarına karşı gelen 10 adet debi değerinin medyan değerleri alınmıştır. Ele alınan aşılma olasılıklarında 39 adet istasyonun medyan değerleri ile havza karakteristikleri arasında çoklu regresyon denklemleri kurulmuştur.

Q_{10} , Q_{20} ve Q_{30} (%10, %20 ve %30) medyan debilerinin çoklu regresyon ilişkilerinin doğrusal olarak ifade edilmesiyle elde edilen bulgular Tablo 3'te görülmektedir. Q_{50} ve Q_{90} medyan debilerinin havza özellikleriyle doğrusal ilişkilerinin analiz edilmesi sonucu, çoklu belirleme katsayılarının 0,70 değerinden aşağı düştüğü görülmüştür. Bu nedenle, havza karakteristikleri ile eğisel ilişkileri incelenmiştir. Regresyon sabitinin daha anlamlı ve büyük değerler vermesi amacıyla, logaritmik dönüşümde, debi değerlerinin 100 ile çarpılmış verileri kullanılmıştır. Ele alınan bu ilişkilerin bulguları da Tablo 4'te görülmektedir. Ele alınan aşılma olasılığı debileri denklemlerinin gerçek değerlerle kıyaslamaları yapılmıştır. Bu amaçla rölatif hata (RH) değeri ve belirleme katsayısı (R^2) kullanılmıştır. Tablo 3 ve Tablo 4'teki denklemlere göre R^2 değeri ve RH'ların minimum, maksimum ve ortalama değeri Tablo 5'de görülmektedir.



Şekil 3. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları ve Thiessen çokgenleri
(Weather stations and Thiessen polygons used in the study)

Tablo 2. Havza özelliklerinin bazı istatistik karakteristikleri
(Some Statistical Characteristics of Basin Parameters)

	Aralık	Min.	Maks.	Ortalama	Standart Sapma
Y, mm	1883,91	471,87	2355,78	1126,57	496,86
S, C°	7,68	6,10	13,78	10,16	2,09
A, km ²	3104,40	68,50	3172,90	484,96	668,93
D, m/km ²	279,10	167,20	446,30	260,09	56,78
E, %	8,506	2,205	10,711	5,34	1,84

Tablo 3. Q₁₀, Q₂₀ ve Q₃₀ medyan debilerinin regresyon sonuçları
(Regression results of Q₁₀, Q₂₀ and Q₃₀ median discharges)

Aşılma Oranları		$\hat{O}=k+\beta_1A+\beta_2Y_d+\beta_3Y_{top}+\beta_4E_a$					R ²	RH _{ort} (%)
		k	β_1	β_2	β_3	β_4		
\hat{O}_{10} $\bar{Q}_{10}=22,65$ $S_Q=18,17$	(a)	10,755	0,025	-	-	-	0,816	33,13
	(b)	23,338	0,024	-0,048	-	-	0,838	27,62
	(c)	17,768	0,025	-0,043	0,003	-	0,845	24,98
\hat{O}_{20} $\bar{Q}_{20}=15,08$ $S_Q=11,89$	(a)	7,691	0,015	-	-	-	0,735	36,36
	(b)	2,098	0,017	-	0,004	-	0,763	29,69
	(c)	10,472	0,016	-0,029	0,004	-	0,782	28,83
\hat{O}_{30} $\bar{Q}_{30}=9,67$ $S_Q=7,22$	(a)	5,129	0,010	-0,017	0,004	-	0,736	31,89
	(b)	4,605	0,010	-0,02	0,003	0,398	0,742	29,76

Tablo 4. Q₅₀ ve Q₉₀ medyan debilerinin çoklu regresyon sonuçları
(Multiple regression results of Q₅₀ and Q₉₀ median discharges)

		Regresyon Denklemi	R ²	RH _{ort} (%)
$100\hat{O}_{50}$ $\bar{Q}_{50}=5,46$ $S_Q=4,22$	(a)	$0,00071A^{0,825}Y_{top}^{1,241}$	0,826*	23,21
	(b)	$0,00018A^{0,883}Y_{top}^{1,183}S_{ort}^{0,636}$	0,860*	19,81
$100\hat{O}_{90}$ $\bar{Q}_{20}=2,59$ $S_Q=2,16$	(a)	$0,00005A^{0,872}Y_{top}^{1,469}$	0,744*	32,13
	(b)	$0,000033A^{0,989}Y_{top}^{1,251}E_a^{0,779}$	0,824*	26,65

* Logaritmik dönüşümle çoklu doğrusal regresyon sonucu

Tablo 5. Regresyon denklemlerinin rölatif hataları (Relative errors of regression equations)

	Debi Değerleri (m ³ /sn)				Regresyon Denklemlerinin Özellikleri			
	Min.	Maks.	Ort.	Denk.	R ²	Min.	Maks.	Ort.
\hat{O}_{10}	5,76	84,6	22,65	a	0,816	0,79	142	33,13
				b	0,838	0,13	123,64	27,62
				c	0,845	0,25	92,94	24,98
\hat{O}_{20}	4,2	54,5	15,08	a	0,735	0,83	133,98	36,36
				b	0,763	1,02	128,57	29,69
				c	0,782	0,41	143	28,83
\hat{O}_{30}	2,17	36,5	9,67	a	0,736	0,95	153,85	31,89
				b	0,742	0,57	168,06	29,76
\hat{O}_{50}	1,19	19,75	5,46	a	0,826	1,19	64,6	23,21
				b	0,860	0,39	71,55	19,81
\hat{O}_{90}	0,4	10,35	2,59	a	0,744	0,38	98,67	32,13
				b	0,824	0,7	102,1	26,65

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Belirli aşılma olasılıklarına karşı gelen debi değerlerinin regresyon denklemleri incelendiğinde, drenaj alanının bütün denklemlerde önemli olduğu görülmektedir. Q_{10} , Q_{20} ve Q_{30} debi tahminleri göz önüne alınırsa, drenaj yoğunluğu ile ortalama yıllık toplam yağış değerlerinin de önemli olduğu belirlenmiştir. Q_{50} ve Q_{90} debi değerlerinin regresyon denklemleri göz önüne alınırsa, drenaj alanı ve ortalama yıllık toplam yağış değerlerinin önemli olduğu görülmektedir. Bunlara ek olarak, bazı debi değerlerinde yıllık ortalama sıcaklık ile akarsuların ortalama eğim değerleri de kullanılabilir. Bu analiz yöntemleri ile, çalışma alanında, ölçüm verisi bulunmayan yerlere ait düzenlenmiş akarsular için %10, %20, %30, %50 ve %90 aşılma olasılıklarına karşılık gelen debi değerlerinin Tablo 3 ve Tablo 4'teki bölgesel denklemler yardımıyla tahmin edilmiştir. Böylece bilinen bazı havza özellikleri yardımıyla çalışma alanına ait %10, %20, %30, %50 ve %90 aşılma olasılıklı debilerin tahmini yapılmıştır. Havza özelliklerinin homojen olmaması durumunda denklem sonuçlarının uyumsuz çıkacağı da unutulmamalı, farklı havzalar için denklemler çalışılmalı ve kıyaslanmalıdır.

5. SİMGELER (SYMBOLS)

AGİ	:Akım Gözlem İstasyonu
DSE	:Debi Süreklilik Eğrileri
Ô	:Ele alınan aşılma yüzdesine karşılık, regresyon denklemleri ile hesaplanan debi
k	:Regresyon sabiti
β_n	:n. bağımsız değişkene ait regresyon katsayısı
X_n	:n. bağımsız değişkeni
Q_A	:%A aşılma olasılığına sahip debilerin medyan değeri (m^3/sn)
Y	:Ortalama yıllık toplam yağış yüksekliği (mm)
S	:Yıllık sıcaklık ortalaması ($^{\circ}C$)
A	:Drenaj alanı (km^2)
D	:Drenaj yoğunluğu (m/km^2)
E	:Akarsu kollarının ortalama eğimi (%)
\bar{Q}_A	:%A aşılma olasılığına sahip medyan debilerinin ortalaması
S_Q	:Ele alınan medyan debi değerleri standart sapması
R^2	:Belirleme katsayısı
RH	:Rölatif hata

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma KTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (Proje No: 2008.112.001.5) tarafından desteklenmiştir. Yazarlar olarak, özellikle DSİ ve MGM çalışanlarına yardımlarından dolayı teşekkür ediyoruz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. LeBoutillier D.W., Waylen P.R., A Stochastic Model of Flow Duration Curves, *Water Resour. Res.*, 29 (10), 3535-3541, 1993.
2. Sivapalan M., Takeuchi K., Franks S.W., Gupta V.K., Karambir I.H., Lakshmi V., Liang X., McDonnell J.J., Mendiondo E.M., O'Connell P.E., Oki T., Pomeroy J., W., Schertzer, D., Uhlenbrook, S., Zehe, E., IAHS Decade on Predictions in Ungauged Basins (PUB), 2003–2012: Shaping an Exciting Future for the Hydrological Sciences, *Hydrol. Sci. J.*, 48 (6), 857-880, 2003.
3. Quimpo R.G., Asce M., Alejandrino A.A., McNally T.A., Regionalized Flow Duration for Philippines, *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 109 (4), 530-549, 1983.
4. Castellarin A., Galeati G., Brandimarte L., Montanari A., Brath A., Regional Flow-Duration Curves: Reliability for Ungauged Basins, *Adv. Water Resour.*, 27, 953-965, 2004.
5. Vogel R.M., Fennessey N.M., Flow-Duration Curves I: New Interpretation and Confidence Intervals, *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 120 (4), 485-504, 1994.
6. Searcy J.K., Flow-Duration Curves, Manual of Hydrology-Part 2, US Geological Survey Water-Supply Paper, 1542A, 33p, 1959.
7. Warnick C.C., Hydropower Engineering, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1984.
8. Seçkin N., Topçu E., Regional Frequency Analysis of Annual Peak Rainfall of Adana and the Vicinity, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31 (4), 1049-1062, 2016.
9. LeBoutillier D.W., Waylen P.R., Regional Variations in Flow Duration Curves for Rivers in British Columbia, Canada, *Physical Geography*, 14 (4), 359-378, 1993.
10. Mimikou M., Kaemaki S., Regionalization of Flow Duration Characteristics, *J. Hydrol.*, 82, 77-91, 1985.
11. Singh R.D., Mishra S.K., Chowdhary H., Regional Flow-Duration Models for Large Number of Ungauged Himalayan Catchments for Planning Microhydro Projects, *J. Hydrol. Eng.*, 6 (4), 310-316, 2001.
12. Franchini M., Suppo M., Regional Analysis of Flow Duration Curves for a Limestone Region, *Water Resour. Manage.*, 10, 199–218, 1996.
13. Yu P.S., Yang T.C., Wang Y.C., Uncertainty Analysis of Regional Flow Duration Curves, *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 128 (6), 424, 2002.
14. Croker K.M., Young A.R., Zaidman M.D., Flow Duration Curve Estimation in Ephemeral Catchments in Portugal, *Hyrol. Sci. J.*, 48 (3), 427-439, 2003.
15. Smakhtin V.Y., Hughes D.A., Creuse-Naudine, E., Regionalization of Daily Flow Charac. in Part of The East. Cape, South Africa, *Hyd. Sci. J.*, 42 (6), 919-936, 1997.
16. Fennessey N.M., Vogel R.M., Regional Flow-Duration Curves for Ungauged Sites in Massachusetts, *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 116 (4), 530-549, 1990.
17. Booker D.J., Snelder T.H., Comparing Methods for Estimating Flow Duration Curves at Ungauged Sites, *J. Hydrol.*, 434-435, 78-94, 2012.
18. Sauquet E., Catalogne C., Comparison of Catchment Grouping Methods for Flow Duration Curve Estimation at Ungauged Sites in France, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 2421-2435, 2011.

19. Erođlu H., Aydın M., Automation of Electrical Transmission Lines' Route Optimization and Project Drawing, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (4), 723-732, 2015.
20. Yüksek Ö., Üçüncü O., Çözülmüş Problemlerle Temel Hidroloji, Akoluk Bas., 1999.
21. Cıgızoğlu H.K., Debi süreklilik çizgisinin matematik modelleri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.
22. Heitz L.F., Hydrologic evaluation methods for hydropower studies, PhD, University of Idaho Graduate School, 1981.
23. Yanık B., Doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde bölgesel analiz yaklaşımı, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2004.
24. Şarlak N., Tiğrek Ş., Flood Frequency Analysis: Case Study of Göksu River and Karaktepe Dam, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 31 (4), 1095-1103, 2016.
25. Tübitak Mühendislik Araştırma Grubu, Akım ölçümleri olmayan akarsu havzalarında teknik hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi, Program Kodu: 1001, Proje No: 106M043, 2009.
26. Yurtcu Ş., Özocak A., Prediction of Compression Index of Fine-Grained Soils Using Statistical and Artificial Intelligence Methods, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 31 (3), 597-608, 2016.
27. Saka F., Sentetik debi süreklilik eğrilerinin matematiksel yöntemlerle belirlenmesi ve doğu karadeniz örneği, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2012.