



Tarım Bilimleri Dergisi  
Tar. Bil. Der.  
Dergi web sayfası:  
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences  
Journal homepage:  
www.agri.ankara.edu.tr/journal

## Minimum Akımların L-Momentler Yöntemi ile Bölgesel Frekans Analizi

Smaeel DODANGEH<sup>a</sup>, M. Taghi SATTARI<sup>b</sup>, Neslihan SEÇKİN<sup>c</sup>

<sup>a</sup> İsfahan Teknik Üniversitesi, Mera ve Havza Yönetimi Bölümü Yüksek lisans Mezunlu, İsfahan, İRAN

<sup>b</sup> İslami Azad Üniversitesi, Su mühendisliği Bilim ve Araştırma Dalı, Tabriz, İRAN

<sup>c</sup> Çukurova Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, 01330, Adana, TÜRKİYE

### ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi — Tarım Teknolojileri

Sorumlu Yazar: Neslihan SEÇKİN, e-posta: nseckin@cu.edu.tr, Tel: +90(322) 338 60 84-2743

Geliş tarihi: 12 Aralık 2010, Düzeltmelerin gelişi: 03 Nisan 2011, Kabul: 26 Nisan 2011

### ÖZET

Bu çalışmada İran'ın kuzey bölgesindeki Sefidrud barajı havzasında yer alan 41 akım ölçüm istasyonunun 26 tanesine ait veriler dikkate alınarak bölgesel frekans analizi saptanması amaçlanmıştır. Hidrolojik kuraklık indisi olarak 7 günlük düşük akımlar incelemeye alınmıştır. Fortran dilinde yazılan bir bilgisayar programı yardımı ile hesaplanan heterojenlik ölçüsü (H) istatistiğine göre çalışma alanının homojen olmadığı tespit edilmiştir ( $H_1=13.68$ ). Havzanın fizyografik ve hidrolojik özelliklerine dayalı bulanık grup analizi (Fuzzy Cluster Analysis) yöntemi ile havza doğu ve batı olarak iki bölgeye ayrılmıştır. L-momentler analizi sonuçlarına göre doğu bölgesi homojen bulunmuş, batı bölgesi ise Gilvan, Yengikend ve Firuzabad istasyonları göz ardı edilerek homojen olması sağlanmıştır. Z uygunluk ölçüsü istatistiği sonuçlarına göre Genelleştirilmiş Lojistik (GLOG) ve Pearson Tip 3 (PE3) dağılımları sırasıyla doğu ve batı alt bölgeleri için en uygun dağılımlar olarak seçilmiştir. Sonuç olarak seçilen uygun dağılımların Sefidrud havzası bölgesel düşük akımlarının tahmininde kullanılmalrı önerilmiştir.

Anahtar sözcükler: Hidrolojik kuraklık; Bölgesel frekans analizi; L-Moment; Bulanık grup analizi

## Regional Frequency Analysis of Minimum Flow by L-Moments Method

### ARTICLE INFO

Research Article — Agricultural Technologies

Corresponding author: Neslihan SEÇKİN, e-mail: nseckin@cu.edu.tr, Tel: +90(322) 338 60 84-2743

Received: 12 December 2010, Received in revised form: 03 April 2011, Accepted: 26 April 2011

### ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine regional frequency analysis for selected 26 stations out of 41 streamflow gauging stations located in Sefidrud Dam watershed in north of Iran. 7-day low flows are considered as indices for hydrological drought analysis. The study area was identified as heterogeneous based on the homogeneity measurement ( $H_1=13.68$ ) by a software with code written in FORTRAN language. Therefore Fuzzy Cluster Analysis (FCA) algorithm is applied to distinguish the homogeneous sub regions by taking into consideration the physiographic and hydrologic characteristics of the watershed. Two regions were identified as the result of FCA

analysis namely; east region and west region. According to the L-Moment analysis, East region of the watershed was found homogeneous and the West region of the watershed became homogeneous after removing the Gilvan, Yengikend and Firuzabad streamflow stations. The Generalized Logistic (GLO) and Pearson Type III (PIII) distributions were selected as the best fit regional distributions for the east and west sub-regions, respectively. The best fit distribution is selected with the smallest absolute value of the Z statistic (ZDIST) based on the goodness-of-fit-test. The selected best fit distributions are advised to use in the regional low-flow forecasting of Sefidrud watershed.

Keywords: Hydrological drought; Regional frequency analysis; L-Moments; Fuzzy cluster analysis (FCA)

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

## 1. Giriş

Son 20 yılda içinde hidrolojik kuraklıkların oluşumu ile birlikte düşük akımların analizi, su kaynakları mühendisliğinin yeni çalışma konusu haline gelmiştir. Çevre açısından düşük akımlar sonucu kirlilik yoğunluğu artmakta ve suda bulunan çözülmüş oksijen azlığı nedeni ile balıklar ve diğer su içinde yaşayan canlıların hayatı, tehlike ile karşı karşıya gelmiş olmaktadır. Su yönetimi açısından ise düşük akımların tahmini kentsel su, sulama suyu, hidroelektrik üretimi, su kalitesi kontrolü ve uzun süreli kuraklıkların ekosistem üzerine yaptığı etkilerin incelemesinde açısından önemlidir (Modarres 2008). Kuraklıkların tahmininde frekans analizi yöntemi sıkça başvurulan bir yöntem olduğundan akarsularda kaydedilen akım verilerine uygun olan bir dağılım için çeşitli olasılıklar ve tekrarlanma sürelerinde meydana gelebilecek düşük akımlar hakkında fikir söylemek mümkündür. Tahmin edilen bu düşük akımlar yöneticileri kuraklığa karşı alınabilecek pratik önlemlere doğru yönlendirebilir. Düşük akımların analizi için farklı ortalama yıllık akım, günlük ortalama akım, medyan akım ve en az mutlak akım gibi indisler kullanılmaktadır. Genelde düşük akımlarda frekans analizi için yıllık düşük akımların zamansal serisi belli bir zaman aralığı için (örneğin 7 günlük) kullanılmaktadır (Kil & Sang 2008). Bu indis dünyanın birçok yerinde ve özellikle Amerika'da ve Kingdam eyaletinde kullanılmıştır (Smakhtin 2001). Ortalama 7 günlük düşük akımların frekans analizi, bir günlük düşük akımların frekans analizinden daha hassas sonuçlar vermektedir. (Smakhtin 2001). D günlük (7 günlük) akım miktarları belirlendikten sonra bu verilere uygun dağılımlara göre çeşitli tekrarlanma süreleri için akım miktarları hesaplanabilir. Noktasal düşük akımların bölgeselleştirilmesi konusunda literatürde birçok çalışma mevcuttur. Bölgeselleştirme

teknikleri genelde iki bölüme ayrılmaktadır (Durrans & Tomic 1996). Birinci grup teknikler verisi olmayan havzalarda düşük akımların tahmininde kullanılmaktadır. Bu teknikte havzanın hidrolojik özellikleri (taşkın ve düşük akımlar) verisi olan havzaların fizyografik ve iklim özellikleri arasındaki ilişkiler bulunur ve elde edilen bu ilişkilerden verisi olmayan havzalardaki akımların belirlenmesinde kullanılır. Bu teknikte havzaların homojenliği havzaların bir veya birkaç özelliğine (Jeoloji, iklim, fizyografik ve hidrolojik) bağlıdır. Havzalarda homojenlik araştırmaları Grup analizi ile yapılmaktadır. Klasik gruplama yöntemlerinde, birbirinden farklı özelliğe sahip havzalar birim üyelik derecesine göre gruplandırılabilir. Buna rağmen istasyonların özellikleri benzer ise havza bir alt havzaya veya başka gruplara ayrılmadan analizleri yapılabilir. Bulanık grup analizi yöntemi ise bir istasyonun az üyeliğine veya tüm gruplarda dağılmasına olanak sağlar. Bulanık grup analizi bu avantajından dolayı son yıllarda bölgeselleştirme çalışmalarında kullanılmaktadır. Kingdam eyaletinde yapılan bir çalışmada iki bölgede bulunan 101 istasyon bulanık sistemler ve BCO (Fuzzy C-Means) yöntemi ile incelenmiştir (Hall et al 1999). Taşkın frekans analizi amacı ile Çin'de BCO yöntemi kullanılarak 86 istasyon incelenmeye alınmıştır (Jingyi & Hall 2004). Yapılan bu incelemede, Hosking & Wallis (1997) tarafından önerilen istatistikler yardımı ile homojen bölgeler bulunmuştur.

İkinci grup teknikler ise bölgesel frekans analizidir. Bu yöntemle, uzun süreli verisi olan istasyonların bilgileri bir araya getirilerek daha doğru ve gerçekçi tahminlere ulaşılır (Chen & Ark 2006). Hosking (1990) çalışmasında, L-momentler yöntemini tanıtmaktadır. L-momentler yöntemi parametre tahmini, bölgeselleştirme ve dağılım tanımlama ile ilgili çeşitli problemleri çözmede

yaygın kullanılan bir yöntemdir. L-momentler olasılık ağırlıklı momentlerin (PWM) doğrusal bileşimidir. Bununla birlikte L-momentler yöntemi ile dağılımın şekil ölçüsünü açıklayabilmek olasılık ağırlıklı momentler yönteminden daha kolay ve uygundur. Bu yöntem istatistiksel dağılımı daha anlamlı bir yolla özetleme yeteneğine sahip olup nispeten daha küçük değişimler gösterir. Hosking & Wallis (1993), bölgesel çalışmalarda kullanmak için çok sayıda testler geliştirmiştir. L-moment diyagramları bölgesel bir dağılımı tanımlamada birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Chowdhury et al 1991; Pilon & Adamowski 1992; Vogel & Fenessey 1993). Hosking & Wallis (1993), bölgesel taşkın frekans analizinde kullanılan üç istatistiği şu şekilde tanımlamışlardır: 1. Düzensizlik ölçüsü, 2. Heterojenlik ölçüsü, 3. Uygunluk ölçüsü. Parida et al (1998). L-momentler ve gösterge taşkın yöntemi ile Hindistan'da taşkın frekans analizi yapmış ve 3 parametrelili Logaritmik Normal dağılımı en uygun dağılım olarak seçmişlerdir. Anlı et al (2007), Göksu havzasında L-moment yöntemleri ile bölgesel taşkın frekans analizi yapmışlardır. Batı Akdeniz bölgesinde ise L-moment yöntemleri ile bölgesel taşkın frekans analizi çalışması yapılmıştır (Saf 2009a, b). Anlı et al (2009), çalışmalarında Trabzon ilinde taşkınlara etkili yıllık maksimum yağışların bölgesel analizini yapmışlardır. Trabzon ilinde bulunan 10–78 yıl süreli, 10 yağış ölççeğinden elde edilen yıllık maksimum yağış serilerinden yararlanmışlardır. Bölgeye homojenlik testleri, uygunluk testlerini uygulamışlar ve bölgesel yinelenme miktarlarını hesaplamışlardır. Olasılık dağılımlarının parametre tahmininde ve bölgesel analizde L-momentlere dayanan istatistiklerden yararlanmışlardır. Homojenlik testine göre Trabzon ilinde meydana gelen yıllık maksimum yağışların hidrolojik olarak homojen olduğunu saptamışlar ve uygun bölgesel dağılımlar olarak sırasıyla Genel Lojistik, Genel Ekstrem Değer, Genel Normal ve Pearson tip 3 dağılımları seçmişlerdir. Bu dağılımlara göre bazı yinelenme düzeylerinde meydana gelmesi olası yağışları tahmin etmişlerdir. Ayrıca Monte Carlo simülasyonu ile elde edilen fonksiyonlara göre her istasyonda noktasal ve bölgesel olarak Genel Lojistik ve Genel Ekstrem Değer dağılımları için bazı yinelenme olasılıklarında taşkın kontrol

yapılarının ve şehir drenaj şebekelerinin tasarımında kullanılacak yağışları tahmin etmişlerdir. Seckin (2009), L-moment yöntemini kullanarak Türkiye'nin 455 adet akım ölçüm istasyonunun yıllık maksimum akım debilerine bölgesel taşkın frekans analizi yapmıştır. Genelleştirilmiş Normal, Genelleştirilmiş Ekstrem Değer, Genelleştirilmiş Lojistik, Genelleştirilmiş Pareto, Pearson Tip 3 ve Wakeby dağılımlarını homojen bölgelere uygulamış ve her bir bölge için uygun olan dağılımları önermiştir. Seckin et al (2010), çalışmalarında L-momentler yöntemini kullanarak Ceyhan havzasında bulunan 19 adet istasyonun yıllık maksimum akımlarının homojenliğini test etmişler ve çıkan 2 homojen alt bölgeye literatürde yaygın olarak kullanılan dağılımları uygulamışlardır. Sonuçta Logaritmik Lojistik dağılımının her iki bölge için uygun olduğunu belirlemişlerdir. Ancak L-moment yöntemleri taşkın analizlerinde sıkça kullanılmasına rağmen düşük akımlarda pek fazla kullanılmamıştır. Amerika'da L-moment yöntemi düşük akımların bölgesel frekans analizinde kullanılmış ve 3 parametrelili Logaritmik Normal ile Pearson Tip 3 dağılımları en uygun dağılımlar olarak seçilmiştir (Vogel & Kroll 2002). Çinin güneyinde Chen et al (2006), L-moment yöntemini düşük akımların bölgesel frekans analizinde kullanmışlar ve 3 parametrelili Logaritmik Normal dağılımı en uygun dağılım olarak seçmişlerdir. Lim & Lye (2003) Malezya'da düşük akımların frekans analizi için L-moment yöntemini kullanarak Ekstrem Tip 1 ve Genelleştirilmiş Lojistik dağılımlarını en uygun dağılım olarak belirlemişlerdir. Modarres (2008), İran'ın kuzeyinde düşük akımların frekans analizi için L-moment yöntemini kullanmış ve Genelleştirilmiş Lojistik dağılımını en uygun dağılım olarak belirlemiştir. Önöz & Bayazit (1999), çalışmalarında 16 Avrupa akarsuyunun düşük akımlarına uygun dağılımı bulabilmek için Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı (Probability Plot Correlation Coefficient, PPCC) testini uygulamışlardır ve Genelleştirilmiş Ekstrem Değer dağılımının en uygun dağılım olduğunu söylemişlerdir.

Yüreklili & Şimşek (2002), çalışmalarında Kelkit çayının günlük ekstrem akımları için uygun bir olasılık dağılımı belirlemek amacıyla, Normal,

Genelleştirilmiş Normal, Gama, Pearson Tip 3, Logaritmik Pearson Tip 3, ve Weibull dağılımlarını kullanmışlardır. Uygulanan dağılımlar arasından her ay için seçilen günlük en büyük ve en küçük akımlara en iyi uyum sağlayan çalışmaları önermişlerdir.

Yürekli et al (2005) çalışmalarında, Çekerek çayındaki üç akım gözlem istasyonunda ölçülen 7 günlük minimum akım serilerinin frekans analizi için uygun olasılık dağılımlarını araştırmıştır. En düşük 7-günlük akım serilerini her yılın 7-günlük periyotları için günlük akım dasetinden oluşturmuşlardır. Seçilen olasılık dağılımlarının parametrelerinin tahmininde L-moment tekniği kullanmışlar ve olasılık dağılımların performanslarını karşılaştırmak için MADI ve MSDI indisleri kullanmışlardır. Sonuç olarak, en iyi performansı Genelleştirilmiş Pareto (GPA) dağılımıyla elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Peng et al (2010) Z ve  $t_4$  istatistiklerine göre Genelleştirilmiş Lojistik dağılımının bölgesel veriler üzerinde daha iyi sonuç verdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca Matalas (1963) ve Eratakulan (1970), Pearson Tip 3 ve Wibule dağılımlarının belirli kaymalar aralığında uygun sonuç verdiğini raporlamışlardır.

Bu çalışmada İran'ın Sefidrud havzasında önce bulanık grup analizi yönteminde BCO (Fuzzy C-Means, FCM) yöntemi ile homojen bölgeler belirlenmiş ve daha sonra L-moment yöntemleri ile düşük akımların frekans analizi yapılmış ve en uygun dağılımlar belirlenip çeşitli tekrarlanma sürelerinde hem noktasal hem de bölgesel olarak düşük akım tahminleri yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma alanı

İran'ın kuzeyinde bulunan Sefidrud havzası  $34^{\circ} 54'$  ile  $37^{\circ} 49'$  enlemleri ve  $46^{\circ} 31'$  ile  $51^{\circ} 04'$  boylamları arasında bulunmaktadır. Sefidrud havzasının alanı yaklaşık 6 milyon ha (İran'ın % 3.6 alanı), yıllık ortalama yağış miktarı 415 mm ve 9 ili içinde barındıran önemli havzaların biri olarak doğu kolu Şahrud ve batı kolu ise Kızılyüzen akarsularından oluşmaktadır. Şu an Sefidrud barajı 240 000 ha alanı sulamaktadır. Sefidrud barajı

İran'ın kuzey kısmının sulanmasında, hidroelektrik güç üretiminde önemli bir konumu olduğundan dolayı bu çalışmada düşük akımların analizi için seçilmiştir. Bu çalışmada uzun süreli akım verisi bulunan bölgelerde noktasal frekans analizi yapılarak akım miktarları tahmin edilmiş ve analizler bölgeselleştirilerek verisi az olan veya hiç olmayan bölgelerde akım tahminleri yapılmıştır. Şekil 1'de havzanın genel konumu ve akım istasyonları görülmektedir.

Bu çalışmada materyal olarak, İran'ın kuzey bölgesindeki Sefidrud barajı havzasında bulunan toplam 41 akım ölçüm istasyonu arasından kayıt uzunlukları 10 ile 52 yıl arasında değişen 26 adet istasyon kullanılmıştır. Daha kısa kayıt uzunluğuna sahip olan istasyonlar, taraflı netice vermesi olası olduğundan çalışmaya alınmamıştır. Çalışmada kullanılan istasyonlara ait bazı bilgiler Çizelge 1'de görülmektedir.

### 2.2. Yöntem

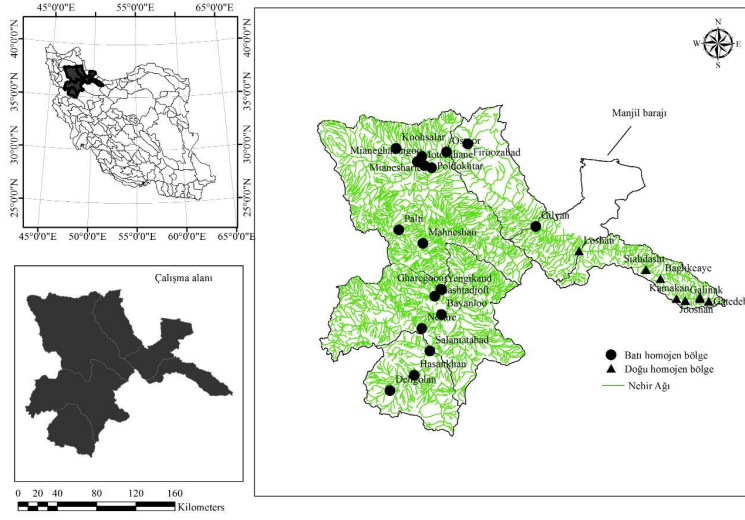
#### 2.2.1. Bulanık C-ortalaması (BCO) yöntemi

Bulanık C-ortalaması (BCO) yöntemi, K-ortalaması yöntemi üzerinde iyileştirmeler yapılarak ilk defa 1981 yılında Bezdek tarafından geliştirilmiştir (Bezdek 1981). Bu teknikte her bir veri noktası bir üyelik derecesiyle birçok gruba ait olmaktadır. K-ortalaması yönteminde olduğu gibi BCO yöntemi de benzersizlik ölçütü olan maliyet fonksiyonunun indirgenmesine dayanmaktadır. BCO yönteminde ilk olarak grup merkezini belirleyen ve büyük olasılıkla yanlış olan bir değer atanmaktadır. BCO yöntemi her bir veri için merkezleri ve üyelik derecelerini güncelleştirerek grupların merkezlerini düzeltmektedir. Bu tekrarlanma süreci amaç fonksiyonunun minimize etmesine dayanmaktadır. Amaç fonksiyonu ise her bir verinin grup merkezinden olan mesafesini temsil etmektedir

Her bir  $x$  değerini  $K$ -inci gruba atanması için dikkate alınan  $u_k(x)$  katsayılarının toplam 1 olmaktadır (Bezdek 1981):

$$\forall_x \left( \sum_{k=1}^{\text{grup sayı}} u_k(x) = 1 \right) \quad (1)$$

BCO yönteminde grubun merkezi tüm noktaların ortalamasıdır. Her bir üye gruba (küme) ait derecelerine göre ağırlıklandırılmaktadır (Bezdek 1981):



**Şekil 1-Çalışma alanının haritası ve istasyonların konumu**  
*Figure 1-Map of study area and stations location*

**Çizelge 1-Sefidrud havzasına ait bazı bilgiler**  
*Table 1-Some information about Sefidrud basin*

İstasyon No	İstasyon adı	Kot, m	Alan, km <sup>2</sup>	Gözlem süresi, yıl	Ortalama yıllık yağış, mm
17-021	Poldokhtar	1100	33394.3	38	378
17-011	Gharegooni	1450	19865.8	31	385
17-027	Koohsalar	1500	1059.8	35	380
17-023	Motorkhaneh	1050	1835.8	52	389
17-109	Mianesharichay	1100	1979.8	31	370
17-025	Mianegharangoo	1100	3543.7	40	381
17-926	Hsankhan	1700	2552.8	20	391
17-007	Salamat Abad	1650	5925.2	39	391
17-083	Dehgolan	1820	254.3	29	453
17-017	Palti	1700	179.4	24	430
17029	Ostoor	930	42457.23	42	377
17-150	Nesareh	1725	1704.9	13	416
17-009	Hashtadjoft	1500	1800.6	32	396
17-975	Bayanloo	1500	5441.5	38	406
17-015	Mahneshan	1440	23719.8	13	383
17-966	Javesnan	1990	421.72	15	537
17-934	Javesnan Alizan	1990	75.05	16	400
17-201	Siahdasht	970	2294.7	22	461
17-039	Baghkelayeh	1350	719.63	31	375
17-037	Kamakan	1700	931.77	10	504
17-050	Ganedeh	2600	78.18	10	559
17-035	Galinak	1650	812.41	48	532
17-041	Loshan	300	4865.9	52	387
17-033	Gilvan	320	49236.25	44	373
17-013	Yengikand	1470	2478.13	27	379
17-031	Firoozabad	1050	1598.26	12	385

$$\text{Merkez}_k = \frac{\sum_x u_k(x)m_x}{\sum_x u_k(x)m} \quad (2)$$

Üyelik derecesi, grubun merkezi ile olan mesafesi ile ters orantılı olmaktadır:

$$u_k(x) = \frac{1}{d(\text{Merkez}_k, x)} \quad (3)$$

Daha sonra  $m > 1$  reel parametre ile katsayılar bulanıklaşmakta ve normalleştirilmektedir. Öyle ki katsayıların toplamı 1'e eşit olmaktadır.  $m$  değeri 1'e yaklaştıkça grubun merkezi ( $\text{Merkez}_k$ ) ise yüksek ağırlığa sahip olan noktalara yaklaşmaktadır (Bezdek 1981):

$$u_k(x) = \frac{1}{\sum_j \left( \frac{d(\text{Merkez}_k, x)}{d(\text{Merkez}_j, x)} \right)^{2/(m-1)}} \quad (4)$$

Pratikte, bir bulanık ya da olasılı gruplama bir seçkin gruplamaya dönüştürülmekte; şöyle ki bir nesne ağırlığının ya da olasılık değerinin en fazla olduğu gruba atanmaktadır.

### 2.2.2. Bölgesel frekans analizi

Gösterge taşkın yönteminin en önemli varsayımı, seçilen istasyonlardan homojen bir bölge oluşturmaktır, Yani istasyonlara ait olan gösterge taşkını haricinde tüm istasyonlardaki frekans dağılımının aynı olduğu kabul edilmektedir. Grup analizleri ile istasyonlar homojen bölgelere ayrılabilir.  $Q_i(F) = \mu_i q(F)$  denkleminde,  $F$  aşılma olasılığını (non-exceedance probability),  $\mu_i$   $i$  istasyonundaki ortalama ve  $q(F)$  de her istasyon için aynı olan bölgesel büyüme faktörünü temsil etmektedir. Bölgesel frekans analizi neticesinde  $q(F)$  değerini elde ettikten sonra bu değeri istenilen istasyonun ortalaması ile çarparak  $F$  tekrerrü için ait olduğu istasyondaki hidrolojik değişkenin  $Q_i(F)$  değeri elde edilebilmektedir. N tane istasyonun bulunduğu bir bölgede  $i$  istasyonun  $n_i$  tane verisi olduğu ve bu verilerin  $Q_{ij}$ ,  $j = 1, \dots, n_i$  şeklinde sembolize edildiği kabul edilirse;  $q(F) = Q_{ij} / \mu_i$  şeklinde tanımlanan boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel dağılımın fonksiyonun tekrerrü fonksiyonu (quantile function) olarak karşımıza çıkmaktadır (Şorman 2004).

Gösterge taşkın yöntemine göre her bir istasyondaki gözlemler aynı dağılıma sahip ve bu istasyondaki gözlemler seri olarak bağımsız olmaktadır. Aynı zamanda bu yöntemle göre, değişik istasyondaki veriler de bağımsız olmaktadır. Ölçek faktörü dışında tüm istasyonlardaki frekans dağılımları aynı olmaktadır (Şorman 2004)

Gösterge taşkın yöntemi yoluyla uygulanan bölgesel frekans analizi aşağıda sıralanan beş aşamadan meydana gelmektedir. Bu aşamaların hepsinde L-momentler ve L-moment oranları kullanıldığından gösterge taşkın yönteminin bu haline bölgesel L-moment yöntemi denilmektedir (Hosking & Wallis, 1997).

#### 1) Verilerin gözden geçirilmesi

Düzensizlik ölçüsü, istasyon verilerinin (örnek) L-moment oranları ile hesaplanmaktadır. Örnek L-moment oranları (L-değişim katsayısı, L-çarpıklık, L-basıklık) bir noktanın üç boyutlu koordinatları olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlanan noktaların L-değişim katsayısı ve L-çarpıklık değerleri grafikte karşılıklı olarak noktalandığında bir grup oluşturmakta ve bu grup bir merkeze yani orta noktaya sahip olmaktadır. Düzensiz olarak adlandırılan herhangi bir nokta, bu merkezden oldukça uzak olmaktadır.

$$D_i = \frac{1}{3} N(u_i - \bar{u})^T A^{-1} (u_i - \bar{u}) \quad (5)$$

$D_i$ , bölgedeki istasyon sayısına bağlı olarak tanımlanmaktadır. Eğer hesaplanan  $D_i$  değeri kritik  $D_i$  (Çizelge 2) değerinden büyük ise o istasyon düzensiz olarak belirtilmektedir (Hosking & Wallis 1997).

### Çizelge 2-Düzensizlik ölçüsü ( $D_i$ ) için kritik değerler

Table 2-Critical values for disorder measure ( $D_i$ )

Bölgedeki istasyon sayısı	Kritik değer	Bölgedeki istasyon sayısı	Kritik değer
5	1.333	11	2.632
6	1.648	12	2.757
7	1.917	13	2.869
8	2.140	14	2.971
9	2.329	$\geq 15$	3.000
10	2.491		

#### 2) Homojen bölgelerin belirlenmesi

Heterojenlik ölçüsü özellikle homojen olması

muhtemel bölgelerin istasyonları arasındaki örnek L-momentlerin değişimlerini karşılaştırmaktadır. Homojen bir bölgede bulunan tüm istasyonlar, aynı populasyon L-moment oranlarına sahip olmaktadır.

$$H_i = \frac{(V_i - \mu_v)}{\sigma_v} \quad i=1, 2, 3. \quad (6)$$

Hosking & Wallis (1993), eğer  $H_1 < 1$  ise bölgenin kabul edilebilir derecede homojen olduğunu,  $1 < H_1 < 2$  ise bölgenin muhtemelen heterojen olduğunu,  $H_1 > 2$  ise bölgenin kesinlikle heterojen olduğunu söylemişlerdir. Eğer bölge yeterince homojen değil ise, bölge alt bölgelere ayrılarak homojen hale getirilmeye çalışılmalıdır.

### 3) Bölgesel frekans dağılımının seçimi

Bölgesel frekans dağılımının belirlenebilmesi ve belirlenen frekans dağılımına göre ilgili bölge için (gözlem değerleri olan veya olmayan yerler) tahmin edilen düşük akım değerleri yöneticileri kuraklığa karşı alınabilecek pratik önlemlere doğru yönlendirmektedir. Bu amaçla, Hosking & Wallis (1997) uygunluğu araştırılan dağılımın ve istasyonların veri uzunluklarının ağırlıklı ortalaması olarak hesaplanan L-basıklık değerleri arasındaki farka dayalı bir yöntem geliştirmiştir. Bunun için tanımlanan Uygunluk Ölçüsü testi (Z) bölgesel ortalamalara eşit L-moment oranlarına sahip çok sayıda Kappa dağılımlı bölgelerin simülasyonu ile belirlenmektedir. Simülasyonla oluşturulan bölgeler, uygun dağılımın araştırıldığı homojen bölge içinde gerçekte yer alan istasyon sayısına eşit ve veriler istasyonların gerçekte ölçülmüş veri uzunluklarına sahip olmaktadır. (Saf 2009a, b).

### 4) Bölgesel frekans uygunluk testi

Literatürde yaygın olarak L-momentlerin basıklık katsayısını temel alan dağılımın Uygunluk Ölçüsü testi (Z) kullanılmaktadır. Bu ölçü şu şekilde hesaplanmaktadır: Genelleştirilmiş Ekstrem Değer dağılımının uygun olduğu varsayılırsa bu dağılım ile elde edilen populasyon L-basıklık  $(\tau_4^{GEV})$  ile bölgesel ortalama örnek L-basıklık  $(t_4^R)$  arasındaki fark hesaplanmakta.  $(t_4^R)$ 'lerin standart sapmaları  $\sigma_4$  ile ifade edilmekte,  $\sigma_4$ 'ler Genelleştirilmiş Ekstrem Değer dağılımının uygun olduğu homojen

bölgenin simülasyonu ile elde edilmektedir. İstasyonların kayıt uzunlukları gözlenen veri ile aynı alınmaktadır. Bu dağılımın Z değeri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Z_{GEV} = \frac{(t_4^R - \tau_4^{GEV})}{\sigma_4} \quad (7)$$

$t_4^R$ 'nin taraflılığı, aşağıdaki formül ile elde edilmektedir.

$$B_4 = N_{sim}^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^m - t_4^R) \quad (8)$$

$t_4^R$ 'nin standart sapması Eşitlik 9 ile belirlenmiştir;

$$\sigma_4 = \left[ (N_{sim} - 1)^{-1} \left\{ \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^m - t_4^R)^2 - N_{sim} B_4^2 \right\} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Herhangi bir dağılım için uygunluk ölçüsü testi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$Z^{Dist} = \frac{(\tau_4^{Dist} - t_4^R + B_4)}{\sigma_4} \quad (10)$$

Simülasyon kullanılarak her dağılım için ayrı ayrı hesaplanan Uygunluk Ölçüsünün mutlak değeri 1.645 den küçük ise ( $|Z| < 1.645$ ), o dağılım bölgesel frekans dağılımı olmaya aday olmaktadır. Bu değer % 90 güvenirlilik sınırına karşılık gelmektedir.

### 5) Bölgesel frekans dağılımının parametrelerinin tahmini

Greenwood et al (1979) tarafından olasılık ağırlıklı momentleri

$$M_{1,j,k} = E[X^j F^k (1-F)^k] \quad (11)$$

veya

$$M_{1,j,k} = \int_0^1 x(F)^j (1-F)^k dF \quad (12)$$

şeklinde tanımlanmışlardır. İfadelerde  $F=F(x)=P(X \leq x)$  ve 1, j, k pozitif tamsayıdır.  $j=k=0$  ve 1 pozitif tamsayı ise  $M_{1,0,0}$  momenti 1 inci mertebeden merkezel istatistik momente eşit olmaktadır.

L-Momentler, Hosking (1990) tarafından geliştirilmiştir. L-momentler yöntemi parametre tahmini, bölgeselleştirme ve dağılım tanımlama ile ilgili çeşitli problemleri çözmeye yaygın olarak kullanılmaktadır. Çarpım momentleri akım dağılımlarının özelliklerini ifade edemezler ama L-moment oranları grafiği,  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  tahminlerine dayalı örnek ve populasyon dağılımlarının karşılaştırılması ve tarafsız tahminleri için iyi sonuçlar vermektedirler (Hosking 1990; Vogel et al. 1993). L-momentler yöntemi Olasılık Ağırlıklı Momentler (OAM) yönteminin lineer bir fonksiyonu olmaktadır. Adını da buradan almaktadır. L-momentler bilinen momentlere benzer olup OAM cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilmektedirler. (Gebeyehu 1989).

$$L_{r+1} = (-1)^r \sum_{k=0}^r (-1)^{r-k} \binom{r}{k} \binom{r+k}{k} M_{1,0,k} \quad (13)$$

L-momentleri;

$$r=0 \Rightarrow L_1=M_{100}$$

$$r=1 \Rightarrow L_2=M_{100}-2M_{101}=2M_{110}-M_{100} \quad (14)$$

$$r=2 \Rightarrow L_3=M_{100}-6M_{101}+6M_{102}=6M_{120}-6M_{110}+M_{100}$$

$$r=3 \Rightarrow L_4=M_{100}-12M_{101}+30M_{102}-20M_{103}=20M_{130}-30M_{120}+12M_{110}-M_{100}$$

Yüksek mertebeden momentlerde ölçümler birbirinden bağımsızlaştırılırsa L-moment oranları aşağıdaki gibi olmaktadır:

$$r=3,4,.. \quad t_r = \frac{L_r}{L_2} \quad t = \frac{L_2}{L_1} \quad (15)$$

L-momentleri ( $L_1$ ) ve ( $L_2$ ), L-moment oranları L-değişim katsayısı ( $t$ ), L-çarpıklık katsayısı ( $t_3$ ), L-basıklık katsayısı ( $t_4$ ), olasılık dağılımını özetlemek için en çok kullanılan parametrelerdir.  $L_1$  dağılımın konumunu,  $L_2$  dağılımın şeklini temsil etmektedir. Bu çalışmada SPSS15 yazılımı ile 7 günlük düşük akımlar serisinin rastgeleliği (Modarres 2008) ve MATLAB ortamındaki FREQ yazılımı ile düşük akımların bölgesel analizi yapılmıştır (Rao & Hamed 2000).

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Bölgesel Frekans Analizi

Sefidrud havzasındaki 26 istasyona ait, 7 günlük

akımların hareketli ortalaması hesaplanmıştır. Hesaplanan 7 günlük hareketli ortalama akımlar içinde su yılı boyunca en az olan değer düşük akımların frekans analizi için kullanılmıştır. Daha sonra 7 günlük düşük akım verilerinin homojenliği ve rastgeleliği test edilmiştir. RUN testi sonuçlarına göre %95 güven aralığında Yengikend istasyonu dışında diğer istasyonların homojen olduğu görülmüştür ( $P>0.05$ ). Yengikend istasyonunda sıfır ve sıfıra yakın veriler çok olduğundan homojenlik görülmemiştir. Akım serilerinin rastgeleliğinin araştırılması için farklı gecikmelerle Otokorelasyon Fonksiyonu (Auto Correlation Function, ACF) grafikleri çizilmiştir. Şekil 2 de örnek olarak 2 istasyona ait Otokorelasyon Fonksiyonu (ACF) değişimi verilmiştir.

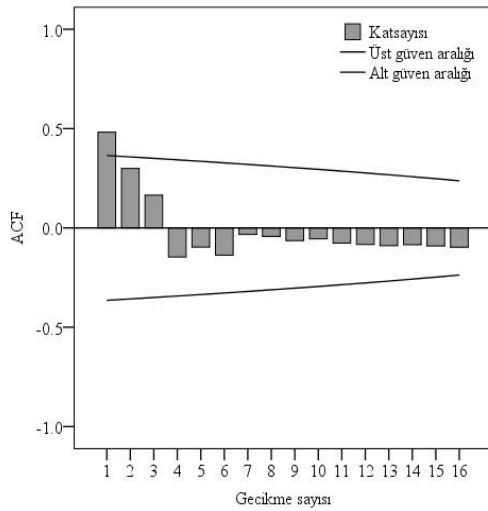
Şekil 2'den de anlaşıldığı üzere Yengikend istasyonuna ait Otokorelasyon Fonksiyonu (ACF) grafiği bir gecikme ile güven aralığı dışında olmuş ve 7 günlük düşük akımların rastgele olmadığı sonucuna varılmıştır. Yengikend istasyonunun verileri rastgele olmadığından göz ardı edilmiştir. Çalışma alanının homojenliğinin incelenmesi için L-moment oranları grafiği ve H heterojenlik ölçüsü ve D düzensizlik ölçüsü istatistikleri kullanılmıştır. Diyagramlardan da görüldüğü gibi, L-momentlerin dağılımı ortalama etrafında çok düzensiz olup, havzanın homojen olmadığı anlaşılmaktadır. Nitekim Heterojenlik testi sonuçları da bunu göstermiştir. Bu çalışmada örnek L-moment oranları bölge ortalamasına göre yapılan simülasyonda 16 numaralı eşitlikte verilen 4 parametrelilik Kappa dağılımı kullanılmıştır:

$$X(F) = \xi + \alpha \left\{ 1 - \left[ \frac{1 - F^h}{h} \right]^k \right\} / k \quad (16)$$

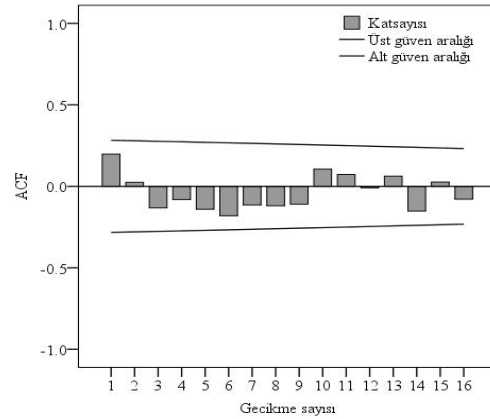
Örnek L-moment miktarları bu çalışmada sırası ile  $t=0.5$ ,  $t_3=0.33$  ve  $t_4=0.22$  hesaplanmıştır. Uydurulmuş Kappa dağılımı parametreleri ise ( $\xi=0.41$ ), ( $\alpha=0.61$ ), ( $k=-0.19$ ) ve ( $h=0.22$ ) olarak hesaplanmıştır. Kappa dağılımı kullanılarak ve Eşitlik 6'daki  $V_i$  miktarı üzerinden 500 kere simülasyon yapılarak tüm çalışma bölgesi için heterojenlik ölçüsü istatistiği  $H_1=13.68$ ,  $H_2=11.02$  ve  $H_3=5.97$  olarak hesaplanmıştır. H istatistiği (L-değişim katsayısı), (L-değişim katsayısı\_L-çarpıklık), (L-değişim katsayısı\_L-değişim katsayısı) oranlarının dağılmasına bağlı olduğundan



çalışma bölgesinin hidrolojik açıdan homojen olmadığı söylenebilir, çünkü her alt havzada akım miktarı o havzada bulunan istasyonun değişim katsayıları ( $C_v$ ) ve çarpıklık ( $C_s$ ) miktarlarının belirleyicisidir. Yapılan bu incelemeler sonucu Palti ( $D>3.31$ ) ve Firuzabad istasyonlarının ( $D>3.48$ ) düzensiz olduğu görülmüştür. Bu istasyonlar analizden çıkarılsa bile havza heterojen çıkmıştır. Bu nedenle küçük homojen havzaların tespiti için bulanık sistemler yardımı ile veriler benzer gruplara ayrılmıştır.

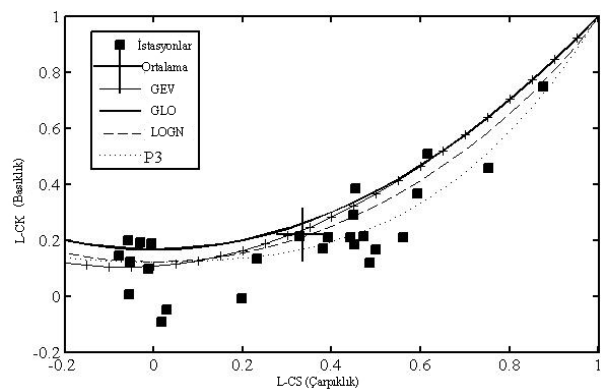
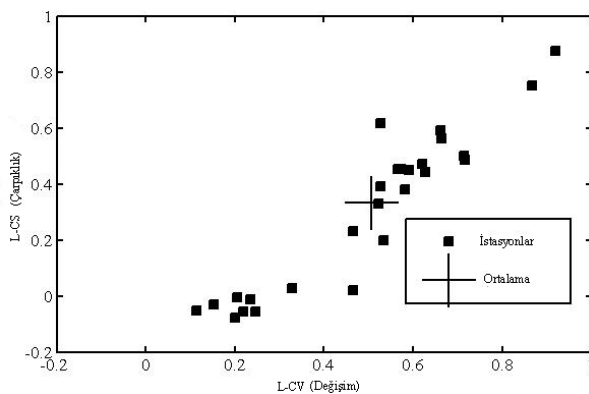


Çalışma alanında homojen bölgelerin tanımlanması için alt havzaların fizyografik özellikleri dikkate alınmıştır. Alt havzaları gruplara ayırmak amacı ile bulanık grup analizlerinden olan BCO yöntemi kullanılmıştır ve her bir grup içinde homojenlik analizi için H istatistiği hesaplanmıştır. Alınan sonuçlara göre L-moment yöntemine dayalı yaratılan gruplar homojen çıkmamıştır. Jingi & Hall (2004) yaptıkları çalışmada da fizyografik özelliklere dayalı bulanık grup ile yaratılan



**Şekil 2-Yengikend (rastgele olmayan) ve Gelink (Rastgele) 7 günlük düşük akımların Otokorelasyon Fonksiyonu (ACF) değişimi**

Figure 2-Autocorrelation functions of low flow time series of Yengikand and Gelink stations



**Şekil 3-L-çarpıklık\_L-değişim katsayısı ve L-başlılık\_L-çarpıklık oranları grafiği**

Figure 3-L-Cv-L-Ck and L-Cv-L-Cs moment ratio moment

bölgelerin homojen olmadığını tespit etmişlerdir. Sefidrud havzasına ait L-moment oranları diyagramı Şekil 3 de verilmiştir. Sefidrud havzasının tamamı tek bölge olarak incelendiğinde bu havzadaki istasyonlara ait L-moment oranlarının ortalamadan çok uzaklaştığı Şekil 3 te görülmektedir. Bu nedenle fizyografik, iklim ve hidrolojik parametrelerin bileşimi ile çalışma alanında homojen bölgelerin tespiti üzerine çalışılmıştır. Bulanık grup analizi yöntemine göre çalışma alanı 2 gruba ayrılmıştır. Birinci grup doğu bölgesine ait alt havza olup, Şahrud nehri havzasında bulunmaktadır. İkinci grup ise Batı bölgesi olarak adlandırılan Kızılyüzen havzası içinde bulunan 18 istasyondan oluşmuştur. Elde edilen sonuçlara göre doğu bölgesi için H istatistiği 0.8 (homojen), batı bölgesi için 4.32 (heterojen) olarak hesaplanmıştır. Doğu bölgesi için L-moment oranları diyagramı Şekil 4 de verilmiştir. Şekil 4 de görüldüğü gibi örnek L-momentler ortalama etrafında uygun biçimde dağıldığı için, Şahrud havzasının homojen olduğu söylenebilir.

Çizelge 3 ve 4'te Doğu ve Batı alt havzalarına ait örnek L-moment oranları, düzensizlik ölçüsü ve noktasal olarak uygun olan dağılımlar verilmiştir. Çizelgelerden de görüldüğü gibi düzensiz yani aykırı istasyon bulunmamaktadır.

İlk etapta heterojen olarak değerlendirilen batı bölgesi, Gilvan, Firuzabad ve Yengikend istasyonları göz ardı edildikten sonra geriye kalan 15 istasyonla homojen hidrolojik bölge olarak dikkate alınmış ve bu durumda,  $H_1$  istatistiği batı bölgesi için 0.91 (homojen) olarak hesaplanmıştır. Şekil 5, 18 istasyona ait L-moment oranlarının ortalama etrafında dağılımını Şekil 6 ise Gilvan, Firuzabad ve Yengikend istasyonları göz ardı edildikten sonra kalan 15 istasyonun L-moment oranlarının ortalama etrafındaki dağılımını ifade etmektedir. Bahsi geçen 3 istasyon çalışmadan çıkarıldıktan sonra L-moment oranlarının ortalama etrafında daha düzenli dağıldığı Şekil 6'da görülmektedir.

Çalışmanın bu aşamasında homojen bölgeler belirlenmiş ve bölgeye en iyi uyan dağılım için uygunluk testi değeri ( $Z^{dağ}$ ) FORTAN programı ile hesaplanmıştır. Çizelge 5'te uygunluk testi sonuçları batı ve doğu bölgeleri için verilmiştir.

**Çizelge 5-Çalışmada uygulanan bölgesel dağılımların uygunluk ölçüsü istatistikleri (Z)**  
Table 5-Goodness of fit criteria (Z) for regional distributions for the study area

Bölge	GLO	GEV	GNO	PE3	GPA
Tüm çalışma alanı	1.16*	0.09*	-	-3.18	-3.08
Batı Bölgesi	3.32	2.86	1.48*	-	0.94*
Doğu bölgesi	0.17*	-1.97	-	0.87*	-5.83
			1.41*	1.43*	

\* Uygun olan dağılımlar

Bu çalışmada Pearson Tip 3 ve Genelleştirilmiş Lojistik (GLO) dağılımları batı ve doğu bölgesinde en uygun bölgesel dağılım olarak seçilmiştir. Fakat batı bölgesinde Genelleştirilmiş Normal (GNO) ve Genelleştirilmiş Pareto (GPA) dağılımları da uygun dağılım olarak seçilebilirler. Doğu havzasında ise Genelleştirilmiş Lojistik dağılımına ilave olarak Genelleştirilmiş Normal ve Pearson Tip 3 dağılımları da düşük akımların tahminlerinde kullanılabilir. Çizelge 6 da batı ve doğu bölgeleri için en uygun bölgesel dağılım olarak belirlenen P3 ve GLO dağılımlarına ait parametre tahminleri verilmiştir.

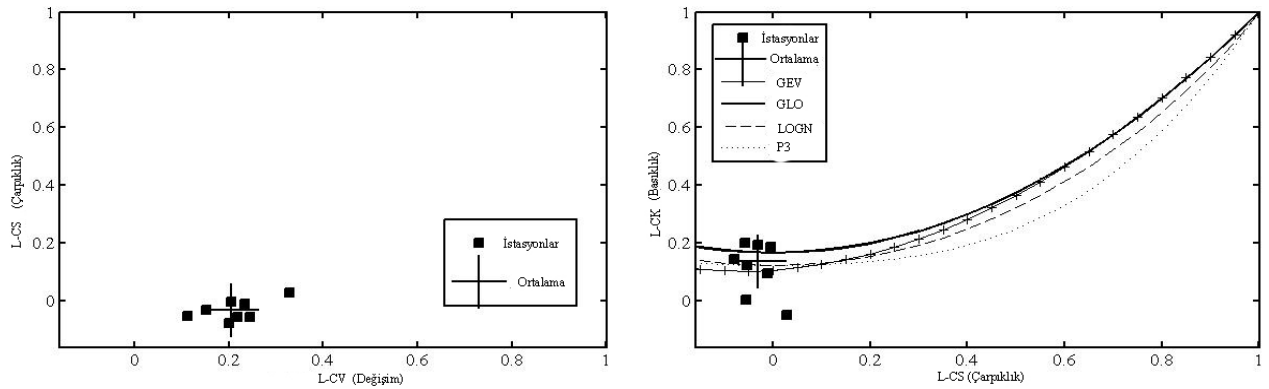
**Çizelge 6-En uygun bölgesel dağılımlara ait parametre tahminleri (%90 kabul edilebilir düzeyde)**

Table 6-Parameter estimations of best fit regional distributions (90% acceptance levels)

Dağılımlar	XI (yer parametresi)	Alpha (ölçek parametresi)	K (şekil parametresi)
GLO (Doğu Bölgesi)	3.360	0.680	0.030
	MU (ortalama)	Beta (Standart Sapma)	Gamma (Çarpık.)
P3 (Batı Bölgesi)	1.000	1.300	2.740

### 3.2. Noktasal frekans analizi

Düşük akımların tahmini için noktasal/bölgesel frekans analizinde 2 ve 3 parametrelili Logaritmik Normal, Weibull, Logaritmik Pearson tip 3, Extrem Tip 1 ve Gama dağılımları kullanılmıştır. Bu çalışmada noktasal frekans analizi için  $P_i = (i - 0.35/n)$  noktasal durum ilişkisinden yararlanılmıştır. En uygun dağılımın seçiminde Eşitlik 17'de tanımlanan en küçük kare hata (RSS) yöntemi kullanılmıştır.



**Şekil 4-Doğu bölgesine ait L-basıklık\_L-çarpıklık ve L-çarpıklık\_L-değişim katsayısı oranları diyagramı**  
*Figure 4-L-Cs-L-Ck and L-Cv-L-Cs moment ratio diagram for east region*

**Çizelge 3-Doğu alt havzasına ait örnek L-moment oranları, düzensizlik ölçüsü ve uygun olan dağılımlar**  
*Table 3-Sample L-moments ratios, discordant measure and suitable distributions for East sub-basin*

İstasyon	L-Cv	L-Cs	L-Ck	Düzensizlik ( $D_i$ )	Uygun Dağılımlar
Javesnan	0.20	-0.01	0.16	0.32	GLO
Javesnan Alizan	0.24	0.005	0.06	1.23	N
Siahdasht	0.20	0.03	0.19	0.64	PE3
Baghkelayeh	0.22	-0.02	0.20	1.73	GEV
Kamakan	0.13	0.009	0.24	1.29	LP3
Ganedeh	0.32	0.09	0.04	1.092	G-EVI-Lojistik
Galinak	0.15	-0.01	0.20	0.55	N
Loshan	0.23	0.007	0.10	0.31	GEV-N-PE3

Tüm Doğu bölgesi için,

Heterojenlik ölçüsü, H1:0.80, H2:-2.12, H3:-2.22

Uygunluk Testi ( $Z_{D_{i,c}}$ ): Genelleştirilmiş Lojistik (0.71)

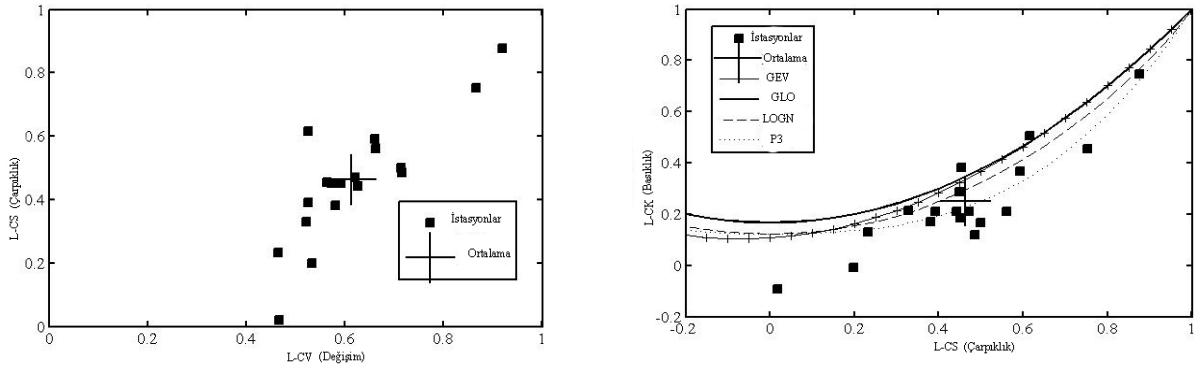
**Çizelge 4-Batı alt havzasına ait örnek L-moment oranları, düzensizlik ölçüsü ve uygun olan dağılımlar**  
*Table 4-Sample L-moments ratios, discordant measure and suitable distributions for West sub-basin*

İstasyon	L-Cv	L-Cs	L-Ck	Düzensizlik ( $D_i$ )	Uygun Dağılımlar
Poldokhtar	0.61	0.46	0.21	0.12	LN3
Gharegooni	0.61	0.43	0.20	0.15	LP3
Koohsalar	0.65	0.54	0.21	1.25	LN
Motorkhaneh	0.58	0.44	0.28	0.47	LP3
Mianesharichay	0.55	0.44	0.35	1.82	EVI
Mianegharangoo	0.56	0.44	0.18	1.08	LN3
Hsankhan	0.69	0.46	0.13	1.14	N
Salamat Abad	0.70	0.49	0.17	1.22	LP3
Dehgolan	0.51	0.38	0.20	0.59	LP3
Palti	0.51	0.58	0.45	2.50	LN3
Ostoor	0.65	0.58	0.35	0.92	LP3
Nesareh	0.45	0.07	-0.02	2.38	GPA
Hashtadjoft	0.57	0.37	0.17	0.04	PE3
Bayanloo	0.51	0.32	0.20	0.40	EXP
Mahneshan	0.51	0.22	0.04	0.91	G

Tüm Batı Bölgesi için

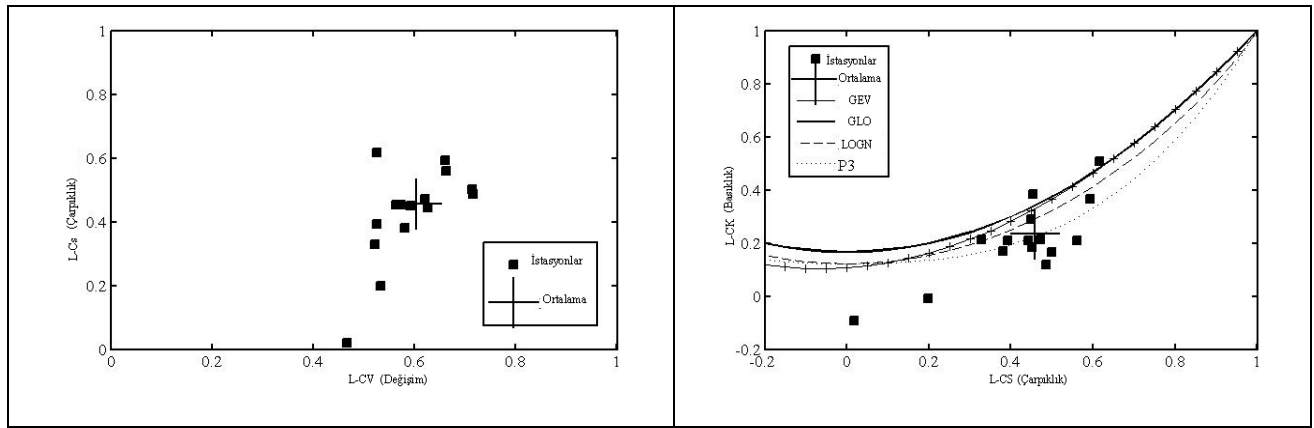
Heterojenlik ölçüsü, H1:0.91, H2:0.18, H3:-0.33(Yengikand, Firooz Abad ve Gilvan istasyonları hariç), Uygunluk testi

( $Z^{PE3}$ ): Pearson Tip 3 (-0.87)



**Şekil 5-Batı bölgesine ai L-çarpıklık\_L-değişim katsayısı ve L-basıklık\_L-çarpıklık oranları diyagramı (18 istasyon için)**

Figure 5-L-Cs-L-Ck and L-Cv-L-Cs moment ratio diagram for the west region (for 18 stations)



**Şekil 6-Batı bölgesine ait L-çarpıklık\_L-değişim katsayısı ve L-basıklık\_L-çarpıklık oranları diyagramı (15 istasyon için)**

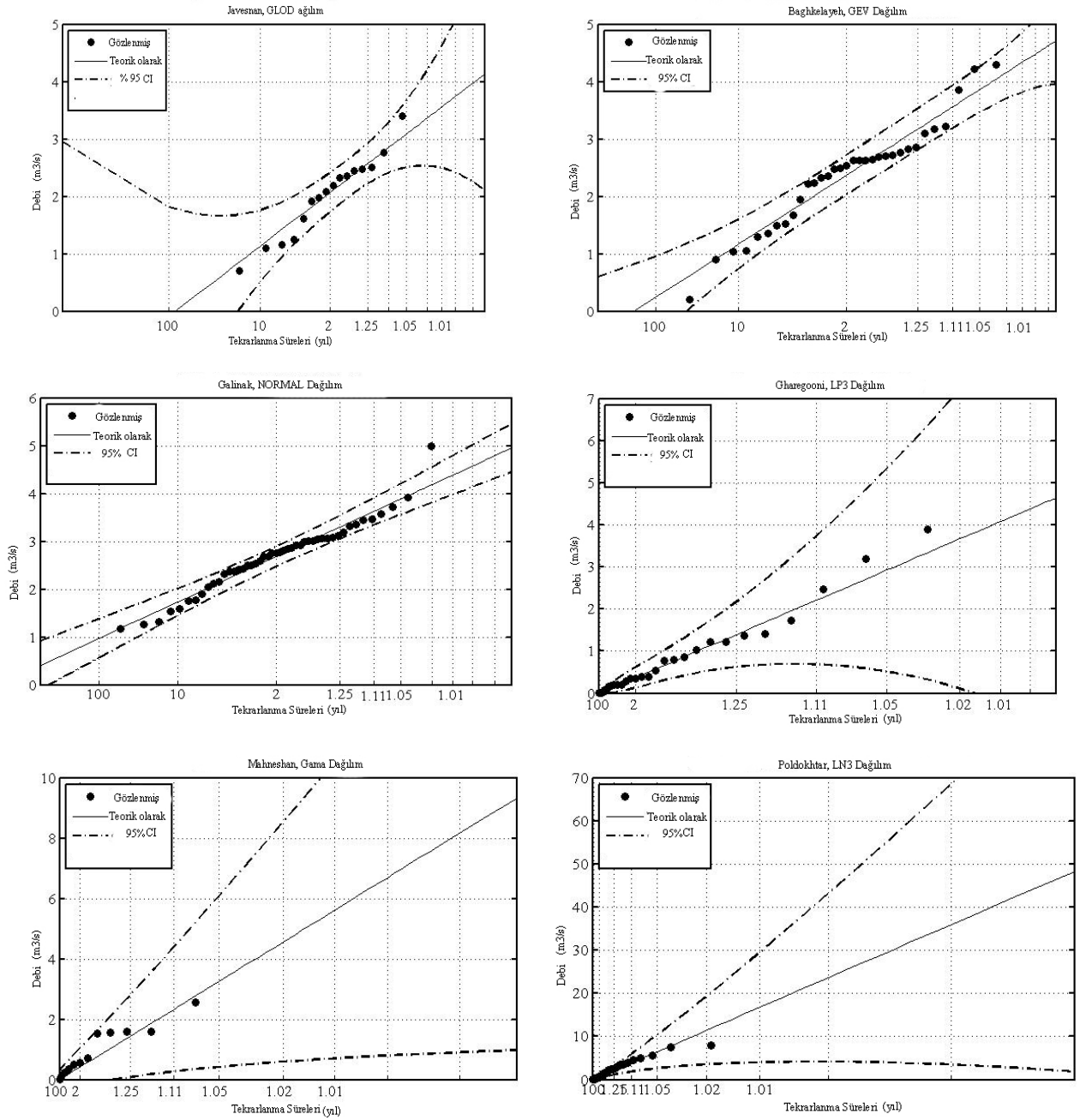
Figure 6-L-Cs-L-Ck and L-Cv-L-Cs moment ratio diagram for the west region (for 15 stations)

$$RSS = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_e - Q_o)^2}{n - m} \quad (17)$$

Bu eşitlikte  $Q_e$  tahmin edilen akım,  $Q_o$  gözlenen akım,  $n$  örnek sayısı ve  $m$  uygun olan dağılımın parametre sayısıdır. Bu yöntemde çeşitli tekrarlanma süreleri için düşük akımlar tahmin edilerek, her istasyon için hata karelerinin toplamı hesaplanır ve tüm tekrarlanma süreleri içinde minimum hatası olan dağılım en uygun dağılım olarak seçilmiştir. Şekil 7’de de görüldüğü gibi 6 istasyona ait uygun dağılımlarla elde edilen

değerler gözlenmiş değerlerle uyum sağlamakta ve %95 güvenlilik sınırları içinde kalmaktadır.

Çizelge 7’de çalışmada kullanılan istasyonların noktasal ve bölgesel bazda düşük akımları tahmini sonuçları verilmiştir. Çizelge 7’de noktasal tahminlerin gözlenmiş değerlere istasyon bazında yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Fakat bölgesel eğrinin de tüm istasyonların genel ortalamasına yakın bir eğilim gösterdiği Çizelge 7’de görülmektedir. Bu durumda istasyonu olmayan bölgelerde tahmin yapılması gerekirse bölgesel yaklaşımın daha doğru sonuçlar vermesi muhtemel görülmektedir.

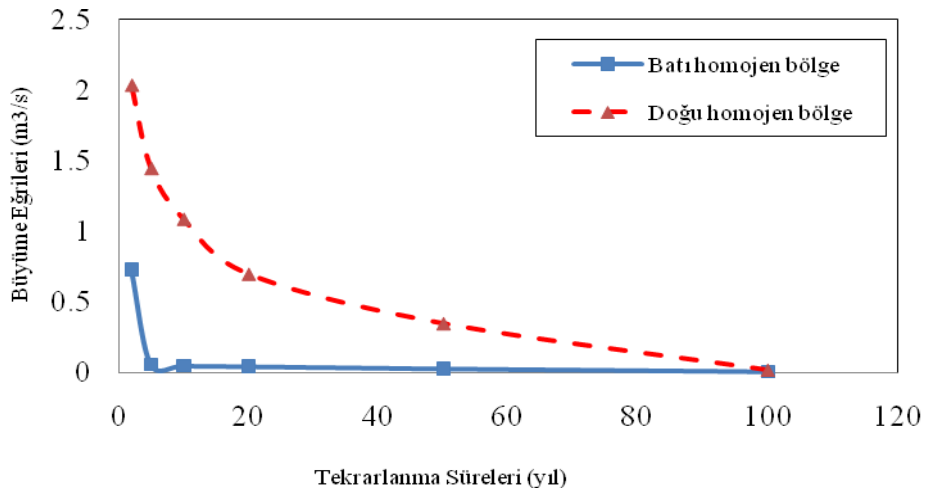


**Şekil 7-Çalışma havzasında bulunan istasyonların çeşitli tekrarlanma sürelerinde birikimli yoğunluk dağılım fonksiyonu**

*Figure 7-At site plotting position and quintile estimations for some of the stations in the west and east regions*

**Çizelge 7-Noktasal ve bölgesel bazda çeşitli tekrarlanma sürelerinde elde edilen düşük akım debileri,  $m^3 s^{-1}$**   
*Table 7-Point and regional estimation of low-flow values for different return periods*

Gözlenmiş Değerler	Bölgesel Frekans Analizi						Noktasal Frekans Analizi						İstasyon		
	Tekrarlanma Süreleri														
	10	5	2	100	50	20	10	5	2	100	50	20		10	5
0.08	0.18	0.55							0.64	0.65	0.66	0.68	0.74	1.05	Poldokhtar
0.01	0.05	0.35							0.01	0.016	0.02	0.04	0.1	0.4	Gharegooni
0.01	0.01	0.02							0	0	0	0.001	0.002	0.01	Koohsalar
0	0.02	0.12							0	0.001	0.004	0.01	0.02	0.1	Motorkhaneh
0	0.04	0.24							0	0	0	0.01	0.05	0.3	Mianesharichay
0.04	0.1	0.2							0	0.003	0.008	0.02	0.04	0.2	Mianegharangoo
0	0	0.06							0.05	0.07	0.1	0.15	0.24	0.57	Hsankhan
0	0	0.1							0	0	0	0.005	0.02	0.1	Salamat Abad
0	0.01	0.02							0.01	0.01	0.015	0.015	0.016	0.02	Dehgolan
0	0.01	0.01							0.001	0.0012	0.0014	0.002	0.003	0.01	Palti
0.19	0.32	0.69							0.035	0.054	0.078	0.118	0.196	0.516	Ostur
0	0	0.05							0	0	0	0	0.02	0.06	Nesareh
0	0.02	0.09							0	0	0	0.001	0.01	0.1	Hashtadjoft
0	0.14	0.52							0	0.01	0.04	0.1	0.16	0.50	Bayanloo
0	0.05	0.55							0.001	0.015	0.04	0.1	0.21	0.8	Mahneshan
0.97	1.20	2.14							0.4	0.6	0.8	1.2	1.4	2	Javesnan
0.11	0.13	0.30							0.01	0.03	0.09	0.20	0.21	0.3	Javesnan Alizan
1.69	2.47	3.21							0.7	0.88	1.21	1.9	2.1	3.35	Shahdashht
1.04	1.46	2.54							0.3	0.45	0.72	1.3	1.47	2.4	Baghkelayeh
1.85	2.18	2.68							1.9	1.91	1.94	2.01	2.13	2.8	Kamakan
0.04	0.04	0.14							0	0.006	0.01	0.04	0.19	1.03	Ganedeht
1.59	2.08	2.75							1	1.15	1.42	2	2.23	3.5	Gaimak
2.69	4.07	5.77							0.40	0.806	1.50	3	3.48	6.10	Loşan



**Şekil 8-Sefidrud havzasının batı ve doğu bölgelerine ait büyüme eğrileri**

*Figure 8-Regional growth curve for the east and west parts of the Sefidrud basin*

Şekil 8’de Sefidrud havzasının batı ve doğu bölgelerine ait büyüme eğrileri görülmektedir. Her iki eğride tekrarlanma süresi 100 yıl için x eksenine belli bir değerde asimptot olmuştur. Batı bölgesinin akım değerlerinin Doğu bölgesine göre daha az olduğu görülmektedir.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışma da İranın kuzeyinde bulunan Sefidrud havzasındaki 26 istasyona ait düşük akım değerlerine bölgesel frekans analizi yapılmıştır. Tüm istasyonların göz önüne alındığı durumdaki L-moment oranlarına bağlı Heterojenlik ölçüsü istatistiğine göre ( $H_1=13.68$ ) bölge homojen çıkmamıştır. C-ortalaması bulanık gruplama yöntemi (BCO) ile Sefidrud havzası 2 alt havzaya bölünmüştür (Doğu ve Batı). Gilvan, Firuzabad ve Yengikend istasyonları göz ardı edildikten sonra yeniden yapılan düzensizlik (D) ve heterojenlik (H) ölçüsü testlerine göre bu iki bölge homojenlik sağlamıştır. Uygunluk testleri sonucuna göre (Z) Pearson Tip 3 ve Genelleştirilmiş Lojistik dağılımları sırasıyla batı ve doğu bölgeler için en uygun bölgesel dağılım olarak seçilmişlerdir. Sefidrud havzasının batı ve doğu bölgelerinde düşük akım miktarları çok az ve sıfıra yakın bir değer olduğundan elde edilen sonuçlar önceki çalışmalarda bahsedilen sonuçları, yani benzer özellikleri olan havzalarda bulunan sonuçları teyid etmektedir.

Homojen batı alt havzası bölgesinde bölgesel dağılım için Genelleştirilmiş Normal ve Pearson Tip 3 dağılımları en iyi dağılım olarak seçilmese de noktasal tahminlerde daha iyi performans göstermiştir, fakat Pearson Tip 3 dağılımı Hashtadjoft istasyonu dışında hiçbir istasyon için uygun olmamıştır. Genelleştirilmiş Normal dağılımı batı bölgesinde iyi sonuç verse bile doğu homojen bölgesinde hiçbir istasyonda kabul edilecek düzeyde iyi sonuç vermemiştir. Genel anlamda doğu bölgesinde noktasal ve bölgesel dağılımları arasında uyumluluk batı bölgesinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

#### Kaynaklar

- Anlı A S, Apaydın H & Öztürk F (2007). Regional flood frequency estimation for the Göksu river basin through L-moments. *International River Basin Management Conference, State Hydraulic Works*, 22-24 March, Gloria Golf Resort Hotel, Belek, Antalya, pp 424-438
- Anlı A S, Apaydın H & Öztürk F (2009). Trabzon ilinde gözlenen yıllık maksimum yağışların bölgesel frekans analizi. *Tarım Bilimleri Dergisi* **15**(3): 240-248
- Bezdek J C (1981). *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms* Plenum Press, New York
- Chen Y D, Huang G, Shao Q & Xu C Y (2006). Regional analysis of low flow using L-moments for Dongjiang

- basin, South China. *Hydrological Sciences Journal* **51**(6): 1051-1064
- Chowdhury J U & Stedinger J R (1991). Confidence interval for design flood with estimated skew coefficient. *Journal of Hydraulic Engineering* **117**(7): 811-931
- Durrans S R & Tomic S (1996). Regionalization of low-flow frequency estimations: an Alabama case study. *Water Resources Bulletin* **32**(1): 23-37
- Eratakulan S J (1970). Probability distribution of annual droughts. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* **96**: 461-474
- Gebeyehu A (1989). Regional Flood Frequency Analysis. Hydraulics Laboratory, The Royal Institute of Technology, Stockholm. Bulletin No. TRITA-AVI-148
- Greenwood J A, Landwehr J M, Matalas N C & Wallis J R (1979). Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. *Water Resources Research* **15**(5): 1049-1054
- Hall M J & Minns A W (1999). The classification of hydrologically homogeneous regions. *Hydrological Sciences Journal* **44**(5): 693-704
- Hosking J R M & Wallis J R (1993). Some statistics useful in regional flood frequency analysis. *Water Resources Research* **23**:271-281
- Hosking J R M (1990). L-moments: analyzing and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. *Journal of Royal Statistical Society B* **52**:105-124
- Hosking J R M & Wallis J R (1997). Regional frequency analysis: an approach based on L-Moments. Cambridge University Press, Cambridge
- Jingyi Z & Hall M J (2004). Regional flood frequency analysis for the Gan-Ming River basin in China. *Journal of Hydrology* **296**: 98-117
- Kil S L & Sang U K (2008). Identification of uncertainty in low flow frequency analysis using Bayesian MCMC method. *Hydrological Processes* **22**(12): 1949-1964
- Kroll C K & Vogel R M (2002). Probability distribution of low streamflow series in the United States. *Journal of Hydrological Engineering* **7**(2): 137-146
- Lim Y H & Lye L M (2003). Regional flood estimation for ungauged basins in Sarawak, Malaysia. *Hydrological Sciences Journal* **48**(1): 79-94
- Matalas N C (1963). Probability distribution of low flows. *Professional Paper 434-A:27p*, U.S. Geological Survey, Washington, D.C
- Modarres R (2008). Regional frequency distribution type of low flow in North of Iran by L-moments. *Water Resources Management* **22**(7): 823-841
- Önöz B & Bayazit M (1999). GEV-PWM model for distribution of minimum flows. *Journal of Hydrologic Engineering* **4**(3):289-292
- Parida B P, Kachroo R K & Shrestha D B (1998). Regional flood frequency analysis of Mahi-Sabarmati Basin (Subzone 3-a) using index flood procedure with L-moments. *Water Resources Management* **12**: 1-12
- Peng S, Xi C, Si-min Q, Zhi-cai Z & Jian-liang M (2010). Regional frequency analysis of low flow based on L moments: Case study in Karst area, Southwest China. *Journal of Hydrologic Engineering* **15**(5): 370-377
- Pilon P J & Adamowski K (1992). The value of regional information to flood frequency analysis using the method of L-moments. *Canadian Journal of Civil Engineering* **19**: 137-147
- Rao, A R & Hamed K H (2000). Flood Frequency Analysis. CRC Press, Boca Raton, FL
- Saf B (2009a). Batı Akdeniz havzalarının L-momentlere dayalı bölgesel taşkın frekans analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* **15**(2): 153-165
- Saf B (2009b). Regional flood frequency analysis using L-Moments for the West Mediterranean Region of Turkey. *Water Resources Management* **23**: 531-551
- Seçkin N (2009). L-momentlere Dayalı Gösterge-Sel Metodu ile Bölgesel Taşkın Frekans Analizi, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Adana
- Seçkin N, Yurtal R, Haktanır T & Topaloğlu F (2010). Regional Flood Frequency Analysis of Ceyhan River Basin in Turkey using L-moments Method. *Fresenius Environmental Bulletin* **19**(11a): 2616-2624
- Şorman A Ü (2004). Bölgesel frekans analizindeki son gelişmeler ve Batı Karadenizde bir uygulama. *İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi* **15**(2): 3155-3169
- Smakhtin V U (2001). Low flow hydrology: a review. *Journal of Hydrology* **240**(3-4): 147-186
- Vogel R M & Fennessey N M (1993). L-moment diagram should replace product moment diagram. *Water Resources Research* **29**(6): 1745-1752
- Vogel R M, McMahon T A, Chiew F H H (1993). Flood flow frequency model selection in Australia. *Journal of Hydrology* **146**:421-449
- Yürekli K & Şimşek H (2002). Frequency analysis for Kelkit Stream's the daily extreme flows. *Tarım Bilimleri Dergisi* **8**(3): 256-260
- Yürekli K, Kurunç A & Gül S (2005). Frequency analysis of low flow series from Çekerek stream basin. *Tarım Bilimleri Dergisi* **11**(1): 72-77