



## Trabzon İlinde Gözlenen Yıllık Maksimum Yağışların Bölgesel Frekans Analizi

Alper Serdar ANLI<sup>1</sup>

Halit APAYDIN<sup>1</sup>

Fazlı ÖZTÜRK<sup>1</sup>

Geliş Tarihi: 20.11.2008

Kabul Tarihi: 10.11.2009

**Öz:** Doğal afetlerin büyük bir kısmı iklim elemanlarına bağlı olarak ortaya çıkmakta ve en çok taşkın şeklinde görülmektedir. Ülkemizin özellikle kıyı bölgelerinde meydana gelen taşkınlar, önemli derecede can ve mal kaybına neden olabilmektedir. Doğal afetlerin yanı sıra şehir drenaj şebekelerinin, yol ve hidrolik yapıların tasarımında; meydana gelebilecek taşkınların kontrolü ve belirlenmesi açısından ekstrem yağışların değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Ülkemizde ekstrem ve uzun süreli yağışlar genelde Doğu Karadeniz kıyılarında meydana gelmektedir. Bu çalışmada Trabzon ilinde taşkınlarla etkili yıllık maksimum yağışların bölgesel analizi gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Trabzon ilinde bulunan 10-78 yıl süreli, 10 yağış ölççeğinden elde edilen yıllık maksimum yağış serilerinden yararlanılmıştır. Bölgesel analiz gerçekleştirilirken bu ilde bulunan istasyonlar tek bir bölge olarak kabul edilmiş ve homojenlik testleri, uygunluk testleri ve bölgesel yinelenme miktarları bu kabule göre yapılmıştır. Olasılık dağılım parametre tahmininde ve bölgesel analizde L-momentlere dayanan istatistiklerden yararlanılmıştır. Homojenlik testine göre Trabzon ilinde meydana gelen yıllık maksimum yağışlar hidrolojik olarak homojen olduğu saptanmış ve uygun bölgesel dağılımlar olarak sırasıyla Genel Lojistik, Genel Ekstrem Değer, Genel Normal ve Pearson tip 3 dağılımları seçilmiştir. Bu dağılımlara göre %1, %5, %10, %20, %25, %50, %80, %90, %96, %98 ve %99 yinelenme düzeylerinde meydana gelmesi olası yağışlar tahmin edilmiştir. 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 yağışlar tahmin edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Taşkın, ekstrem yağış, yağışların bölgeselleştirilmesi, Trabzon.

### Regional Frequency Analysis of the Annual Maximum Precipitation Observed In Trabzon Province

**Abstract:** Many parts of natural disaster have risen with climatologically and occur as flood. Floods, occurred in the coastal part of Turkey, may damage human life and property. As well as natural disaster, to design of urban drainage networks, transportation and hydraulic structures; it is very important to evaluate extreme precipitation for the management and estimation of probable floods. The extreme and longer duration rainfall amounts occur in the Eastern Black Sea coastal area. In this study, regional analysis of the annual maxima precipitation influenced on floods in Trabzon Province was tried to determine. For this purpose, annual maxima precipitation series of 10-78 years of 10 precipitation gauging stations over Trabzon province were used as a material. The stations in the Province have been assumed one region for the regional analysis and homogeneity tests, goodness-of-fit tests and regional quantile amounts were carried out in this way. Probability parameter estimation and regional analysis were used based on L-moments statistics. Annual maximum precipitation data were obtained as a hydrological homogeneous and the suitable regional distributions were selected Generalized Logistics, Generalized Extreme Value, Generalized Normal and Pearson type 3, respectively. Probable precipitation amounts were estimated for 1%, 5%, 10%, 20%, 25%, 50%, 80%, 90%, 96%, 98% and 99% recurrence probabilities. In addition, some quantile functions were obtained through Monte Carlo simulation techniques. So, for flood management and the design of urban drainage networks, useful precipitation values were estimated for some quantile probabilities of the at-site and regional analysis for the Generalized Logistics and Generalized Extreme Value distributions obtained from simulation.

**Key Words:** Flood, extreme precipitation, regionalization of precipitation, Trabzon.

#### Giriş

Maksimum yağışların tahmin edilmesi, taşkınların önlenmesinde kullanılan mühendislik yapılarında ve şehir drenaj şebekelerinin tasarımında oldukça

önemlidir. Ancak ekstrem olaylar bir çok etkene bağlı olarak meydana geldiğinden, bu olayların gelecekteki miktarlarının tahmini zor olmaktadır. Bu nedenle,

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü-Ankara, Türkiye

hidrolojik olayların gelecekteki miktarlarının tahmininde istatistiksel analizlerden yararlanılmaktadır. Bu bakımdan; taşkın kontrol yapılarının proje kriterlerinin belirlenmesinde göz önüne alınan hidrolojik değişkenin çeşitli tekrarlanma sürelerinde beklenen miktarlarının saptanması önemlidir. İlgili proje kriterinin altında ya da üstünde bir miktarın seçilmesi durumunda, yapı kendinden beklenen faydayı sağlayamamakla birlikte, maliyet de önemli oranda etkilenecektir. Sözü edilen yapıların yanlış tasarımı, doğal kaynakların önemli derecede israfına sebep olmaktadır. Dolayısıyla, hidrolik yapıların tasarımı için gerçekleştirilen frekans analizi, maliyet ve stratejik öneme göre seçilen tekrarlanma periyodu açısından gerekli olmaktadır (Tonkaz 2007).

Yağış verisinin frekans analizi için yeterli uzunlukta olması gereklidir. Ancak ülkemizde uzun gözlem süresine sahip yağış ölççeklerinin sayısı azdır. Hatta bunların bazılarında da önemli ekstrem sağanaklar kaydedilememiştir. Bu tip problemleri önleyebilmek için komşu istasyonlarda ölçülmüş benzer özelliklere sahip yağış verisi kullanılabilen ve bunların güvenilirliği artırılabilir. Bölgesel frekans analizi olarak adlandırılan bu kavram, farklı ölçüm istasyonlarındaki verilerin benzer özelliklere sahip olduğu durumlarda uygulanması anlamına gelmektedir. Böylelikle, her bir ölçüm istasyonunda ve aynı zamanda uygun bir şekilde tarif edilen bir bölge içinde bölgesel karakteristikler kullanılarak daha doğru sonuçlara ulaşılmış olmaktadır (Hosking ve Wallis 1997). Son zamanlarda çevre bilimleri ile uğraşan araştırmacılar, bölgesel frekans analizinde Hosking (1990) tarafından geliştirilen *L*-moment yaklaşımını parametre tahmininde yaygın şekilde kullanmaktadır.

Su kaynaklarının planlanması ve yönetiminde, uygun proje kriterlerinin belirlenmesi için gerekli ekstrem yağışların yeterli olmadığı ya da hiç olmadığı yerlerde, amaca uygun proje kriterinin tahmini zor olmaktadır (Durrans ve Kirkby 2004). Lee ve Maeng (2003) de Güney Kore'de 38 yağış istasyonundan her yıl için elde ettiği maksimum yağış verisini kullanarak *L*-moment tekniği ile proje yağış miktarını genel ekstrem değer ve genel lojistik dağılımlarına göre belirlemişlerdir. Naghavi ve Yu (1995), genel ekstrem değer dağılımının parametrelerini hesaplarken ekstrem yağış verisi için indis taşkın yöntemi ve *L*-moment tekniklerini kullanmışlardır. Vogel ve ark. (1993) *L*-momentleri parametre tahmininde, tahmin aralıklarında ve hipotez testlerinde kullanmışlardır. Anli ve ark. (2007) *L*-moment yaklaşımını kullanarak yaptıkları bölgesel taşkın frekans analizinde en uygun dağılım olarak genel ekstrem değer dağılımını seçmişlerdir.

Bu çalışmada, Trabzon ilinde taşkınlara etkili yıllık maksimum yağışların *indis taşkın* yöntemi

yoluyla, parametre tahmin yöntemlerinden *L*-moment tekniği kullanılarak bölgesel analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma iki aşamada yapılmıştır. İlk aşamada düzensizlik, heterojenlik ve uygunluk ölçüsü testlerine göre bölgeselleştirme yapılmış, ikinci aşamada ise Monte Carlo simülasyon tekniği ile tasarım yağışları tahmin edilmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada materyal olarak Trabzon ilinde bulunan ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMI) tarafından işletilen 10 yağış gözlem istasyonundan elde edilen ve süreleri 10 ile 78 yıl arasında değişen yıllık maksimum yağış dizileri kullanılmıştır. Yıllık maksimum yağışlar söz konusu ilde meydana gelebilecek taşkınlara doğrudan etkili olacağından, tasarım yağışlarının yinelenme yıllarının tahmininde göz önüne alınmıştır. Çizelge 1 de çalışma için elde edilen yağış miktarlarının ölçüldüğü istasyonlar ve bunların bazı karakteristikleri, Şekil 1 de ise bu ilde bulunan yağış gözlem istasyonlarının dağılımı verilmiştir.

***L*-moment tekniği:** Hosking (1990) tarafından tanımlanan, *L*-moment istatistikleri, gözlem verisinin karesinin ve küpünün alınmadan elde edilen doğrusal bileşenleridir. Olasılık dağılımların şekillerini tarif eden bir sistem olan *L*-momentler, uzun süreli veride normal çarpım momentlerine göre daha az duyarlılığa sahiptir. Bir *X* verisinin *L*-momenti olasılık ağırlıklı momentlerin fonksiyonu olarak ifade edilmiş ve buradan sıralanmış gözlemlerden  $X_{(j:n)}$  elde edilen olasılık ağırlıklı momentlerin tarafsız örnek tahmini olarak Greenwood ve ark. (1979) tarafından eşitlik 1 deki gibi tanımlanmıştır;

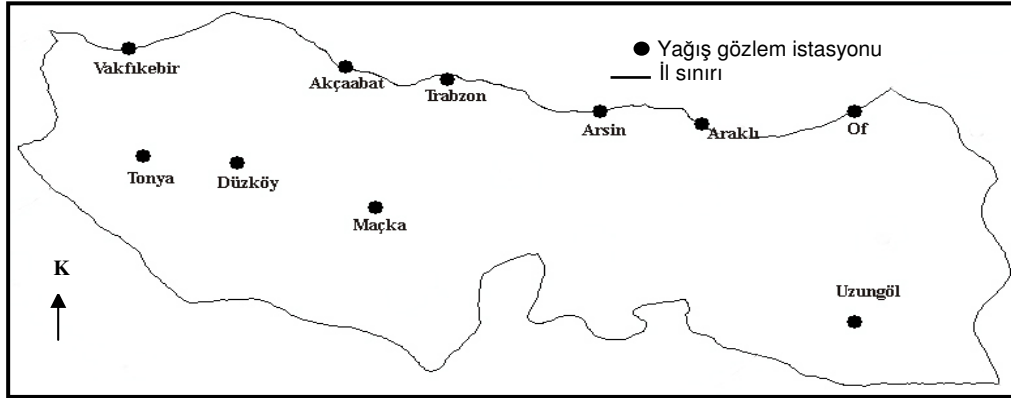
$$b_r = n^{-1} \sum_{j=1}^n \frac{(j-1)(j-2)\dots(j-r)}{(n-1)(n-2)\dots(n-r)} x_{j:n} \quad (1)$$

Daha sonra  $b_r$  değerlerinin ilk dördü ( $r=0, 1, 2, 3$ ) olasılık ağırlıklı momentler ( $b_0, b_1, b_2$  ve  $b_3$ ) bulunduktan sonra, herhangi bir dağılım için  $\ell_{r+1}$  ile sembolize edilen *L*-moment istatistikleri, eşitlik 2 de verilen ilişkilerden saptanır;

$$\begin{aligned} \ell_1 &= b_0, \\ \ell_2 &= 2b_1 - b_0, \\ \ell_3 &= 6b_2 - 6b_1 + b_0, \\ \ell_4 &= 20b_3 - 30b_2 + 12b_1 - b_0. \end{aligned} \quad (2)$$

Çizelge 1. Çalışmada yararlanılan yağış gözlem istasyonları ve bazı özellikleri

Sıra No	İstasyon Adı	Gözlem Süresi (yıl)	Yükseklik (m)	Enlem (°)	Boylam (°)
1	Vakfikebir	15	5	41.03	39.17
2	Arsin	10	10	40.58	39.55
3	Araklı	13	10	40.56	40.04
4	Of	26	10	40.57	40.17
5	Tonya	19	900	40.53	39.18
6	Düzköy	15	850	40.52	39.26
7	Maçka	31	300	40.47	39.37
8	Trabzon	78	30	41.00	39.43
9	Akçaabat	47	6	41.01	39.35
10	Uzungöl	20	1450	40.37	40.17



Şekil 1. Çalışmada yararlanılan yağış gözlem istasyonlarının Trabzon ilindeki konumu

İlk  $L$ -moment olan  $\ell_1$ , merkezi eğilim ölçüsü olmasının yanında dağılımın ortalamasına eşittir.  $\ell_2$  ise dağılım ölçüsüdür. Buradan boyutsuz  $L$ -moment oranları ( $L$  değişim katsayısı,  $L$  çarpıklık ve  $L$  basıklık) eşitlik 3 deki gibi tahmin edilmiştir (Yürekli ve ark. 2005);

$$\begin{aligned} t &= \ell_2 / \ell_1 \quad (L \text{ değişim katsayısı}), \\ t_3 &= \ell_3 / \ell_2 \quad (L \text{ çarpıklık}), \\ t_4 &= \ell_4 / \ell_2 \quad (L \text{ basıklık}), \end{aligned} \quad (3)$$

**Bölgeselleştirme:** Bu çalışmada yıllık maksimum yağışların bölgeselleştirilmesi için bölgesel frekans analiz yöntemlerinden biri olan *indis taşkın* yöntemi kullanılmıştır.  $N$  istasyon sayısına sahip bir bölgede bir  $i$  istasyonunun  $n_i$  adet verisi olduğu ve bu verinin  $Q_{ij}$ ,  $j = 1, \dots, n_i$  şeklinde gösterildiği belirtilirse;  $Q_i(F)$ ;  $i$  istasyonunun aşılma olasılığının fonksiyonudur. Bu yöntem, istasyonların yaklaşık olarak homojen bir bölge oluşturması ve bu bölgedeki tüm istasyonlarda kaydedilen verinin olasılık

dağılımının o istasyona ait olan belirli bir ölçek faktörü (indis taşkın) dışında aynı olmasını esas alır (Dalrymple 1960). Bu varsayım eşitlik 4 ile ifade edilir;

$$Q_i(F) = \mu_i q(F), \quad i = 1, \dots, N. \quad (4)$$

Eşitlikte 4 de;  $\mu_i$ ;  $i$  istasyonda ölçülen yağış verisinin ortalamasını temsil eden indis taşkın değeridir. Her bir istasyon için aynı olan boyutsuz tekrarlanma fonksiyonu  $q(F)$ ; aşılma olasılığının bölgesel büyüme eğrisini temsil eder.

**Bölgesel frekans analizinde izlenen aşamalar:** Indis taşkın yöntemi yoluyla bölgesel frekans analizinde izlenen ve Hosking ve Wallis (1993) de belirtildiği gibi bu çalışmada uygulanan aşamalar sırasıyla; verinin derlenmesi, homojen bölgelerin saptanması, uygun bölgesel olasılık dağılımının seçilmesi ve tekrarlanma miktarlarının tahmin edilmesi olarak dört ana grupta incelenebilir. Bu aşamalar ve aşamalar ile ilgili  $L$ -moment yöntemlerine dayanan istatistikler aşağıda verilmiştir.

**Düzensizlik ölçüsü:** Verinin derlenerek incelendiği, verilerdeki büyük hataların ve tutarsızlıkların giderilmesi ile birlikte zaman içinde var olan değişimlerden dolayı verilerin istatistiksel karakterinin değişip değişmediğinin araştırıldığı bu ölçü, bir grup istasyon içinden bütün olarak uyumsuz olan istasyonların saptanmasını sağlamaktadır. Düzensizlik ölçüsü ( $D$ ) ile homojen bölgelerin belirlenebileceği belirtilmiş ve eşitlik 5 ile ifade edilmiştir.

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

Eşitlikte 5 de;  $u_i$  herhangi bir istasyon için  $L$ -moment oranlarının vektörünü,  $K$ , bu vektörün kovaryans matrisini,  $\bar{u}$  de vektörün ortalamasını göstermektedir. Bir istasyonun tümüyle uyumsuz olarak nitelendirilmesi için düzensizlik ölçüsünün ( $D$ ) bölge içindeki istasyon sayısına bağlı olarak değişen kritik değerden büyük olması gerekir. Bu çalışmada 10 istasyon göz önüne alındığı için kritik değer Hosking ve Wallis (1997) de verilen Çizelgeden 2.491 olarak alınmıştır.

**Heterojenlik ölçüsü:** Düzensizlik ölçüsüne göre uygun bir bölge fiziksel olarak belirtildikten sonra, önerilen bölgenin homojen olup olmadığını değerlendirmek için heterojenlik ölçüsü ( $H$ ) önerilmiştir. Bu amaçla aynı gözlemlere sahip homojen bir bölgedeki istasyon verisinin simülasyonu ile seçilen dağılıma ölçüsünün ortalama ve standart sapmaları elde edilir. Buradan gözlenen ve simülasyonu yapılan dağılıma ölçülerinin karşılaştırılmaları için uygun  $H$  istatistiği eşitlik 6 daki gibi yazılabilir;

$$H = \frac{(V_{obs} - \mu_v)}{\sigma_v}. \quad (6)$$

Eşitlik 6 da;  $V_{obs}$  istatistiği; yukarıda anılan farklı  $L$ -moment oranlarına göre bölgesel veriden elde edilen ağırlıklı standart sapmayı,  $\mu_v$  ve  $\sigma_v$ ;  $V_{obs}$  istatistiğinin simülasyon sayısının ortalama ve standart sapmasını ifade eder.

$$V_{obs} = \left\{ \sum_{i=1}^N n_i (t^{(i)} - t^R)^2 / \sum_{i=1}^N n_i \right\}^{1/2} \quad (7)$$

Eşitlik 7 de  $t^{(i)}$ , istasyon  $L$  değişim katsayısını,  $t^R$ , bölgesel  $L$  değişim katsayısını göstermektedir. Bu çalışmada simülasyon yapılırken, iki ve üç parametrelili dağılımlar yerine hidrolojik olayların frekans analizlerinde birçok dağılımı temsil etmesinden dolayı

güçlü bir dağılım olan dört parametrelili Kappa olasılık dağılımı kullanılmıştır.  $\mu_v$  ile  $\sigma_v$  değerlerinin güvenilir olarak tahmin edilmesi açısından simülasyon sayısı bir bölge için 500 adet olarak belirlenmiştir (Hosking 1994). Buna göre bölgenin; eğer  $H < 1$  ise kabul edilebilir düzeyde homojen,  $1 \leq H < 2$  ise, muhtemelen heterojen ve  $H \geq 2$  ise kesinlikle heterojen olduğuna karar verilir.

**Uygunluk ölçüsü:** Bölgesel frekans analizlerinde, seçilen homojen bölgedeki istasyonlardan elde edilen veriye, tek bir olasılık dağılımı en iyi uygunluğu göstermektedir. Eşitlik 8 de verilen ve  $L$  basıklık oranına bağlı olan uygunluk kriteri ve herhangi bir olasılık dağılım için  $Z^{DIST}$  istatistiği olarak isimlendirilen yöntem önerilmiştir (Hosking and Wallis 1997);

$$Z^{DIST} = (\tau_4^{DIST} - t_4^R + B_4) / \sigma_4. \quad (8)$$

Eşitlikte 8 de;  $t_4^R$ , örneğin bölgesel ortalama  $L$  basıklık oranını;  $B_4$  ve  $\sigma_4$  de sırasıyla, örneğin bölgesel ortalama  $L$  basıklık oranı taraflılık değerini ve standart sapmasını gösterir ve sırasıyla eşitlik 9 ve 10 da ifade edilir;

$$B_4 = N_{sim}^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^{(m)} - t_4^R). \quad (9)$$

$$\sigma_4 = \left[ (N_{sim} - 1)^{-1} \left\{ \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^{(m)} - t_4^R)^2 - N_{sim} B_4^2 \right\} \right]^{1/2} \quad (10)$$

Eşitlikte 9 ve 10 da;  $N_{sim}$ , Kappa dağılımı yardımıyla gerçekleştirilen simülasyon sayısını,  $m$  ise simülasyon yapılan bölge sayısını ifade etmektedir. Bu çalışmada genel lojistik, genel ekstrem değer, genel normal, Pearson tip 3 ve genel Pareto dağılımları kullanılmıştır. Herhangi bir dağılımda mutlak  $Z^{DIST} \leq 1.64$  ise bu dağılım bölgesel dağılım için uygun kabul edilir. Ancak uygun olan dağılımlardan sifira en yakın olan mutlak  $Z^{DIST}$  değerini sağlayan dağılım en uygun dağılım olarak seçilmektedir.

**Bölgesel L- moment algoritması:** Bu aşamada homojen bölge verisine uygun bir olasılık dağılımı seçilmiştir. Bu çalışmada söz konusu amaç için indis taşkın yöntemine dayanan ve ağırlıklı ortalamalar yoluyla noktasal  $L$ -moment istatistiklerini birleştiren bölgesel  $L$ -moment algoritması kullanılmış ve aşağıda açıklanmıştır.

Her bir istasyondaki frekans dağılımlarının ortalaması indis taşkın değeri sayılarak, bu değer istasyonlarda noktasal verinin örnek ortalaması ile tahmin edilmiştir.  $N$  istasyon sayısına sahip bir bölgede

bir  $i$  istasyonunun  $n_i$  adet verisi olduğu, örnek ortalamasının  $\ell_1^i$ , örnek  $L$ -moment oranlarının da  $t^{(i)}, t_3^{(i)}, t_4^{(i)}$  olarak hesap edildiği ve  $L$ -moment bölgesel ortalama oranlarının da istasyonların gözlem sürelerine göre ağırlıklı olarak  $t^R, t_3^R, t_4^R$  şeklinde saptanmasıyla bunların matematiksel açıklaması eşitlik 11 de yazılabilir;

$$t^R = \frac{\sum_{i=1}^N n_i t^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (11)$$

Bölgesel ortalama  $\ell_1^R = 1$  alınarak eşitlik 12 yazılır;

$$t_r^R = \frac{\sum_{i=1}^N n_i t_r^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad r = 3, 4, \dots \quad (12)$$

Buradan bölgesel populasyon ( $\lambda_i$  ve  $\tau_i$ ) ve örnek  $L$ -moment oranları ( $\ell_i^R, t_i^R$ ) eşitlenerek eşitlik 13 de verilir;

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \ell_1^R \\ \tau &= t^R \\ \tau_3 &= t_3^R \end{aligned} \quad (13)$$

Sonuç olarak bölgesel boyutsuz büyüme eğrileri ile birlikte istenen olasılıkta tekrarlanma miktarları eşitlik 14 deki gibi elde edilir;

$$\hat{Q}_i(F) = \ell_1^i q(F; \ell_1^R, t^R, t_3^R, t_4^R) \quad (14)$$

Yapılan tüm hesaplamalar için Hosking (2005) tarafından FORTRAN 77 kaynak kodları ile yazılmış olan (l-moments, version 3.04) komutlar kullanılmıştır. Bu komutlar ana bir program altında toplanıp derlenerek çalıştırılmıştır (Anlı ve ark. 2007).

## Bulgular

**Bölgesel frekans analizinde karar verme istatistikleri:** Bu çalışmada Trabzon ilinde bulunan söz konusu 10 istasyon bir bölge olarak kabul edilmiş ve bölgesel testler bu kabule göre yapılmıştır. Yıllık maksimum yağışların ortalamaları, örnek  $L$ -moment oranları ve düzensizlik ölçüleri Çizelge 2 de verilmiştir.

Bölgesel homojenlik amacıyla gerçekleştirilen heterojenlik ölçüsü sonuçları; standart test istatistiği  $H = -0.2445$  değeriyle gözönüne alınan ilin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermiştir. Yıllık maksimum yağış dizileri için saptanan uygunluk ölçüsü ( $Z^{DIST}$ ) sonuçlarına göre;  $Z = 0.66$  değeriyle genel lojistik,  $Z = -0.83$  değeriyle genel ekstrem değer,  $Z = -0.97$  değeriyle genel normal ve  $Z = -1.43$  değeriyle Pearson tip 3 dağılımları uygunluk göstermiştir. Ancak sifıra en yakın  $Z$  değerini sağlayan *genel lojistik* en uygun bölgesel olasılık dağılımı olarak saptanmıştır. Uygun olan dağılımlara göre % 90 kabul düzeyinde elde edilen bölgesel parametreler ve aşılma olasılığı için ( $P: X \leq x$ ) çeşitli seviye ve ilgili yinelenme yıllarında elde edilen yağışlar Çizelge 3 de verilmiştir. Çizelge 3 de verilen yağışlar uygun dağılımlara göre çok yüksek (%99) ve çok düşük (%1) olasılıklar hariç, genelde birbirlerine yakın hesaplanmıştır.

**Tekrarlanma tahminlerinin elde edilmesi:** Her istasyonda ölçülen gözlemlerin dağılımını da tarif eden en uygun bölgesel olasılık dağılımları belirlendikten sonra tekrarlanma miktarlarının tahmini bu aşamada gerçekleştirilmiştir. Monte Carlo simülasyon tekniği ile genel lojistik ve genel ekstrem değer dağılımı için 100 yinelenme ve 500 sayılı simülasyon çalışmasına göre öncelikle yağış dizilerinin  $L$  değişim katsayıları büyükten küçüğe doğru dizilmiş ve populasyon  $L$  değişim katsayıları bu dizilime, yine büyükten küçüğe olacak şekilde atanmıştır. Bu aşamada populasyon  $L$  değişim katsayılarının ve örnek  $L$  değişim katsayılarının ağırlıklı ortalamaları birbirine eşittir. Simüle edilen bölge, örnek verisinin olduğu bölgedeki istasyon sayısı ve gözlem süreleri ile aynı seçilmiştir. Ayrıca bölgesel ağırlıklı  $L$  çarpıklık oranı tüm istasyonlar için aynı kabul edilmiştir.

Tekrarlanma tahminleri [ $Q(F)$ ]; Çizelge 4 ve 5 de verilen boyutsuz fonksiyonlar [ $q(F)$ ] ile istasyon yağış ortalamalarının çarpılmasıyla her bir istasyon için, Çizelge 4 ve 5 in en alt satırındaki bölgesel boyutsuz fonksiyonlar ile ağırlıklı ortalama (54.12 mm) çarpılarak da bölgesel olarak elde edilebilir (Çizelge 6 ve 7). Çizelge 4 ve 5 in en alt satırı, boyutsuz fonksiyonların aritmetik ortalamasını göstermektedir.

Çizelge 6 ve 7 de, simülasyon sonuçlarına göre genel lojistik ve genel ekstrem değer dağılımlarına göre elde edilen tekrarlanma miktarları verilmiştir. Bu çizelgelerde verilen tekrarlanma miktarları, hem noktasal olarak her bir istasyon için, hem de en alt satırda bölgesel olarak saptanmıştır. Karar verme istatistiklerinde de olduğu gibi genel lojistik ve genel ekstrem değer dağılımlarına göre simülasyonla elde edilen yağışlar da yüksek ve düşük olasılıklarda sapmalar görülmüş, diğer olasılıklar da ise çok az farklar saptanmıştır.

Çizelge 2. Yıllık maksimum yağış dizilerinin uzun yıllar ortalamaları ve L-moment oranları

İstasyonlar	Ortalama (mm)	L değişim katsayısı	L çarpıklık	L basıklık	Düzensizlik ölçüleri
Vakıkebir	74.45	0.1659	0.0628	0.0626	0.71
Asrin	49.56	0.1996	0.0185	-0.0505	0.70
Araklı	57.79	0.1892	0.1500	-0.0432	1.48
Of	92.31	0.1427	0.1400	0.1027	0.72
Tonya	48.88	0.1780	0.4417	0.4000	1.29
Düzköy	47.14	0.2835	0.4893	0.3744	1.53
Maçka	34.35	0.1328	0.0881	0.1207	1.38
Trabzon	52.47	0.1633	0.2354	0.1927	0.23
Akçaabat	50.89	0.1753	0.0463	0.1723	0.70
Uzungöl	44.01	0.1492	-0.0325	0.1565	1.27
<b>Ağırlıklı ortalama</b>	54.12	0.1692	0.1645	0.1670	

Çizelge 3. Uygun dağılımlara göre % 90 kabul düzeyinde elde edilen bölgesel parametreler ve aşılma olasılığı için çeşitli seviyelerde ve ilgili yinelenme yılları için hesaplanan yağışlar (mm)

Dağılım	Bölgesel Parametreler										
Genel lojistik	$\xi= 51.68876, \alpha= 8.706, k= -0.164$										
Genel ekstrem değer	$\xi= 46.58805, \alpha= 13.239, k= 0.008$										
Genel normal	$\xi= 51.43734, \alpha= 15.385, k= -0.339$										
Pearson tip 3	$\mu= 54.11971, \sigma= 16.649, \gamma= 0.999$										
Aşılma Olasılığı, [P(X ≤ x)]											
Dağılım	1	5	10	20	25	50	80	90	96	98	99
Yinelenme Yılı											
Dağılım	1.01	1.05	1.11	1.25	1.33	2	5	10	25	50	100
Genel lojistik	23.62	31.37	35.64	40.90	42.94	51.69	65.24	74.73	88.03	99.15	111.46
Genel ekstrem değer	26.24	31.99	35.51	40.27	42.26	51.43	66.32	76.10	88.36	97.40	106.32
Genel normal	26.67	32.04	35.44	40.17	42.16	51.44	66.42	76.13	88.20	97.09	105.90
Pearson tip 3	27.66	32.19	35.34	39.94	41.93	51.39	66.73	76.44	88.12	96.44	104.43

Çizelge 4. Genel lojistik dağılımı ile çeşitli aşılma olasılıklarında ve ilgili yinelenme yıllarında noktasal ve bölgesel olarak elde edilen boyutsuz büyüme eğrisi bileşenleri, q (F)

İst. Ortalama (mm)	Yinelenme Yılı / Aşılma Olasılığı (%)														
	1.01	1.05	1.11	1.25	1.33	1.67	2	5	10	25	50	80	100	250	
	1	5	10	20	25	40	50	80	90	96	98	98.75	99	99.6	
1	74.45	0.444	0.586	0.664	0.760	0.798	0.895	0.957	1.202	1.373	1.613	1.813	1.960	2.033	2.363
2	49.56	0.331	0.502	0.596	0.712	0.757	0.873	0.948	1.243	1.449	1.737	1.978	2.155	2.243	2.640
3	57.79	0.360	0.524	0.613	0.724	0.767	0.879	0.950	1.233	1.430	1.706	1.936	2.106	2.191	2.571
4	92.31	0.529	0.649	0.716	0.797	0.828	0.911	0.963	1.171	1.317	1.520	1.689	1.814	1.876	2.156
5	48.88	0.388	0.544	0.630	0.736	0.777	0.884	0.952	1.223	1.412	1.675	1.895	2.057	2.139	2.502
6	47.14	0.303	0.481	0.579	0.700	0.746	0.868	0.946	1.254	1.468	1.769	2.019	2.204	2.296	2.710
7	34.35	0.557	0.670	0.732	0.809	0.839	0.916	0.965	1.161	1.298	1.489	1.648	1.765	1.824	2.087
8	52.47	0.472	0.607	0.685	0.773	0.808	0.900	0.959	1.192	1.355	1.582	1.772	1.911	1.981	2.295
9	50.89	0.416	0.565	0.647	0.748	0.787	0.889	0.955	1.213	1.393	1.644	1.854	2.009	2.086	2.433
10	44.01	0.500	0.628	0.698	0.785	0.818	0.905	0.961	1.182	1.336	1.551	1.730	1.863	1.929	2.225
<b>Aritmetik Ortalama</b>		0.430	0.576	0.656	0.754	0.792	0.892	0.956	1.207	1.383	1.629	1.833	1.984	2.060	2.398

Çizelge 5. Genel ekstrem değer dağılımı ile çeşitli aşılma olasılıklarında ve ilgili yinelenme yıllarında noktasal ve bölgesel olarak elde edilen boyutsuz büyüme eğrisi bileşenleri,  $q(F)$ 

İst.	Ortalama (mm)	Yinelenme Yılı / Aşılma Olasılığı (%)													
		1.01	1.05	1.11	1.25	1.33	1.67	2	5	10	25	50	80	100	250
		1	5	10	20	25	40	50	80	90	96	98	98.75	99	99.6
1	74.45	0.492	0.598	0.662	0.749	0.785	0.885	0.952	1.222	1.398	1.619	1.780	1.888	1.939	2.147
2	49.56	0.389	0.516	0.593	0.698	0.742	0.862	0.942	1.267	1.479	1.744	1.939	2.069	2.130	2.379
3	57.79	0.415	0.537	0.611	0.711	0.752	0.868	0.945	1.256	1.459	1.713	1.899	2.024	2.082	2.321
4	92.31	0.570	0.659	0.713	0.787	0.818	0.903	0.959	1.188	1.338	1.525	1.662	1.753	1.797	1.972
5	48.88	0.441	0.557	0.628	0.723	0.763	0.873	0.947	1.244	1.439	1.682	1.860	1.979	2.035	2.263
6	47.14	0.363	0.496	0.576	0.685	0.731	0.856	0.940	1.278	1.499	1.776	1.979	2.114	2.178	2.438
7	34.35	0.595	0.679	0.730	0.800	0.829	0.908	0.962	1.177	1.318	1.493	1.622	1.709	1.749	1.915
8	52.47	0.518	0.618	0.679	0.762	0.796	0.891	0.955	1.211	1.378	1.588	1.741	1.844	1.892	2.089
9	50.89	0.467	0.577	0.645	0.736	0.774	0.879	0.950	1.233	1.419	1.650	1.820	1.934	1.987	2.205
10	44.01	0.544	0.638	0.696	0.774	0.807	0.897	0.957	1.199	1.358	1.556	1.701	1.799	1.844	2.031
<b>Aritmetik Ortalama</b>		0.479	0.587	0.653	0.743	0.780	0.882	0.951	1.228	1.408	1.634	1.800	1.911	1.963	2.176

Çizelge 6. Genel lojistik dağılımı ile çeşitli aşılma olasılıklarında ve ilgili yinelenme yıllarında noktasal ve bölgesel olarak elde edilen tekrarlanma miktarları,  $Q(F)$  (mm)

İst.	Yinelenme Yılı / Aşılma Olasılığı (%)													
	1.01	1.05	1.11	1.25	1.33	1.67	2	5	10	25	50	80	100	250
	1	5	10	20	25	40	50	80	90	96	98	98.75	99	99.6
1	33.06	43.63	49.43	56.58	59.41	66.63	71.25	89.49	102.22	120.09	134.98	145.92	151.36	175.93
2	16.40	24.88	29.54	35.29	37.52	43.27	46.98	61.60	71.81	86.09	98.03	106.80	111.16	130.84
3	20.80	30.28	35.43	41.84	44.32	50.80	54.90	71.26	82.64	98.59	111.88	121.71	126.62	148.58
4	48.83	59.91	66.09	73.57	76.43	84.09	88.89	108.10	121.57	140.31	155.91	167.45	173.17	199.02
5	18.97	26.59	30.79	35.98	37.98	43.21	46.53	59.78	69.02	81.87	92.63	100.55	104.55	122.30
6	14.28	22.67	27.29	33.00	35.17	40.92	44.59	59.11	69.20	83.39	95.18	103.90	108.23	127.75
7	19.13	23.01	25.14	27.79	28.82	31.46	33.15	39.88	44.59	51.15	56.61	60.63	62.65	71.69
8	24.77	31.85	35.94	40.56	42.40	47.22	50.32	62.54	71.10	83.01	92.98	100.27	103.94	120.42
9	21.17	28.75	32.93	38.07	40.05	45.24	48.60	61.73	70.89	83.66	94.35	102.24	106.16	123.82
10	22.01	27.64	30.72	34.55	36.00	39.83	42.29	52.02	58.80	68.26	76.14	81.99	84.90	97.92
<b>Bölgesel</b>	23.27	31.17	35.50	40.81	42.86	48.28	51.74	65.32	74.85	88.16	99.20	107.37	111.49	129.78

Çizelge 7. Genel ekstrem değer dağılımı ile çeşitli aşılmama olasılıklarında ve ilgili yinelenme yıllarında noktasal ve bölgesel olarak elde edilen tekrarlanma miktarları,  $Q(F)$  (mm)

İst.	Yinelenme Yılı / Aşılmama Olasılığı (%)													
	1.01	1.05	1.11	1.25	1.33	1.67	2	5	10	25	50	80	100	250
	1	5	10	20	25	40	50	80	90	96	98	98.75	99	99.6
1	36.63	44.52	49.29	55.76	58.44	65.89	70.88	90.98	104.08	120.53	132.52	140.56	144.36	159.84
2	19.28	25.57	29.39	34.59	36.77	42.72	46.69	62.79	73.30	86.43	96.10	102.54	105.56	117.90
3	23.98	31.03	35.31	41.09	43.46	50.16	54.61	72.58	84.32	98.99	109.74	116.97	120.32	134.13
4	52.62	60.83	65.82	72.65	75.51	83.36	88.53	109.66	123.51	140.77	153.42	161.82	165.88	182.04
5	21.56	27.23	30.70	35.34	37.30	42.67	46.29	60.81	70.34	82.22	90.92	96.73	99.47	110.62
6	17.11	23.38	27.15	32.29	34.46	40.35	44.31	60.24	70.66	83.72	93.29	99.65	102.67	114.93
7	20.44	23.32	25.08	27.48	28.48	31.19	33.04	40.43	45.27	51.28	55.72	58.70	60.08	65.78
8	27.18	32.43	35.63	39.98	41.77	46.75	50.11	63.54	72.30	83.32	91.35	96.75	99.27	109.61
9	23.77	29.36	32.82	37.46	39.39	44.73	48.35	62.75	72.21	83.97	92.62	98.42	101.12	112.21
10	23.94	28.08	30.63	34.06	35.52	39.48	42.12	52.77	59.77	68.48	74.86	79.17	81.15	89.38
<b>Bölgesel</b>	25.92	31.77	35.34	40.21	42.21	47.73	51.47	66.46	76.20	88.43	97.42	103.42	106.24	117.77

Çizelge 8. Karar verme istatistikleri ve Monte Carlo simülasyonu ile elde edilen tasarım yağışlarının karşılaştırması (Genel lojistik dağılımına göre)

	Yinelenme yılı / Tasarım yağışları (mm)										
	1.01	1.05	1.11	1.25	1.33	2	5	10	25	50	100
(a)	23.62	31.37	35.64	40.90	42.94	51.69	65.24	74.73	88.03	99.15	111.46
(b)	23.27	31.17	35.50	40.81	42.86	51.74	65.32	74.85	88.16	99.20	111.49

(a) Karar verme istatistikleri

(b) Monte Carlo simülasyonu

### Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada Trabzon ilinde bulunan 10 adet yağış gözlem istasyonundan taşkınlara etkili olan yıllık maksimum yağış dizileri elde edilerek söz konusu yağışların bölgesel analizi gerçekleştirilmiştir.

Bölgesel karar verme istatistikleri sonucunda genel lojistik dağılımına göre elde edilen yağışlarla (a) ve Monte Carlo simülasyonu ile aynı dağılıma göre elde edilen tasarım yağışlarının (b) çeşitli yinelenme yıllarında karşılaştırması Çizelge 8 de verilmiştir. Bu karşılaştırmaya göre elde edilen tasarım yağışlarının birbirine son derece yakın olduğu görülmektedir.

Bölgeselleştirme işlemi; heterojen bölgelerde, istasyonlar arası bağımlılık olduğu (korelasyon) durumlarda bile noktasal analizden daha iyi sonuç

vermektedir. Özellikle dağılım fonksiyonunun ekstrem değerlerinde, büyüme eğrisi ve tekrarlanma miktarlarının tahminlerinde etkili olmaktadır. İstasyonlardaki gözlem sürelerinin uzunluğu noktasal tahminlere göre bölgesel analizlerde çok fazla önem taşımamaktadır. Ancak gözlem süresinin uzunluğu, heterojenliği belirtmede kolaylık sağlamaktadır.

Çalışmada Trabzon ilinde meydana gelebilecek taşkınlardan korunmak ve şehir drenaj şebekelerinin tasarımında kullanılacak çeşitli yinelenme yıllarında olası tasarım yağışları da elde edilmiştir. İstasyonların yükseklikleri göz önüne alındığında iç kesimlerde bulunan istasyonların genelde düzensizlik ölçüleri daha fazla değerlere sahip olmuştur. Söz konusu ilde bulunan yağış gözlem istasyonlarının tüm ili temsil ettiği düşünülmüştür. Bu bakımdan Trabzon ilinde yağışların bölgesel analizinin daha güvenilir şekilde



gerçekleştirilmesi için yağış ölçek ağının uygun yerlerde açılacak yeni istasyonlarla artırılması gereklidir. Diğer yandan bu çalışmada bölgeselleştirme amacıyla sadece istasyonlarda ölçülen yağışlardan yararlanılmıştır. Bu çalışmadan sonra Trabzon ilinin arazi kullanma durumu, şehirleşme gibi parametreler de dikkate alınıp kümeleme analizi yöntemleri de uygulanarak daha çok parametreyi göz önüne alan bir bölgeselleştirme işlemi gerçekleştirilecektir.

#### Kaynaklar

- Anli, A. S., H. Apaydin and F. Ozturk. 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.
- Dalrymple, T. 1960. Flood frequency analyses. Water Supply Paper 1543-A, U.S. Geological Survey, Reston, Va.,
- Durrans, S. R. and J. T. Kirby. 2004. Regionalization of extreme precipitation estimates for the Alabama rainfall atlas. *Journal of Hydrology* 295:101-107.
- Greenwood, J. A., J. M. Landwehr, N. C. Matalas and J. R. Wallis. 1979. Probability weighted moments: Definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. *Water Resources Research* 15: 1049-1054.
- Hosking, J. R. M. 1990. *L*-moments: Analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B* 52(1):105-124.
- Hosking, J. R. M. 1994. The four-parameter kappa distribution. *IBM Journal of Research and Development* 38: 251-258.
- Hosking, J. R. M. 2005. Fortran routines for use with the method of *L*-moments, Version 3.04. Research Report RC 20525, IBM Research Division, T.C. Watson Research Center, Yorktown Heights, N.Y.
- Hosking, J. R. M. and J. R. Wallis. 1993. Some statistics useful in regional frequency analysis. *Water Resources Research* 29: 271-281.
- Hosking, J. R. M. and J. R. Wallis. 1997. Regional frequency analysis: An approach based on *L*-moments. Cambridge University Press, Cambridge, UK., 224p.
- Lee, S. H. and S. J. Maeng. 2003. Frequency analysis of extreme rainfall using *L*-moment. *Irrigation and Drainage* 52: 219-230.
- Naghavi, B. and F. X. Yu. 1995. Regional frequency analysis of extreme precipitation in Louisiana. *Journal of Hydraulic Engineering* 121: 819-827.
- Tonkaz, T. 2007. GAP alanında aylık toplam yağış karakteristiklerinin değerlendirilmesi ve sentetik aylık yağış verilerinin tahmini. *Tarım Bilimleri Dergisi* 13(1): 29-37.
- Vogel, R. M., W. O. Thomas and T. A. McMahon. 1993. Flood-flow frequency model selection in Southwestern United States. *Journal of Water Resources and Management* 119 (3): 353-366.
- Yürekli, K., A. Kurunç and S. Gül. 2005. Frequency analysis of low flow series from Çekerek stream basin. *Turkish Journal of Agricultural Sciences* 11(1): 72-77.

---

#### İletişim Adresi:

Alper Serdar ANLI  
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü-Ankara, Türkiye  
Tel: 0 (312) 596 1745  
E-posta: asanli@agri.ankara.edu.tr