



MAKSİMUM YAĞIŞLARIN BÖLGESEL ZAMAN DAĞILIMI İÇİN FONKSİYONEL YAKLAŞIMLAR

Ömer Levend AŞIKOĞLU*

Ertuğrul BENZEDEN

*Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, TÜRKİYE, omer.asikoglu@ege.edu.tr

Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 35160, Buca, İzmir, TÜRKİYE, ertugrul.benzeden@deu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, standart süreli yıllık maksimum yağışın zaman içindeki bölgesel dağılımına fonksiyonel iki yaklaşım geliştirilmiştir. Veri olarak Ege Bölgesindeki 23 adet plüvyograf donanımlı meteoroloji istasyonunun standart süreli yıllık en şiddetli sağanak ortalamaları kullanılmıştır. Öncelikle Kuzey-Ege ve Güney-Ege alt bölgeleri için "zaman dağılım eğrileri" elde edilmiştir. Bu eğrilerin gerek iki alt bölge için gerekse istasyonlar bazında önemli değişiklikler göstermediği belirlenmiştir. Bu nedenle tüm bölgeyi temsil eden ortalama bir zaman dağılım eğrisi elde edilmiştir. Bu eğri tüm bölge için, plüvyograf donanımı olmayan; ancak, belli tekerrürlü 24 saatlik veya günlük maksimum yağışı bilinen istasyonlarda herhangi bir standart yağış süresi için yağış yüksekliğini hesaplama olanağı sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: maksimum yağışın zaman dağılımı, günlük maksimum yağışlar, bölgesel zaman dağılım eğrileri

FUNCTIONAL APPROACHES FOR THE REGIONAL TIME DISTRIBUTION OF MAXIMUM RAINFALL

ABSTRACT

In this paper, two functional approaches for the time distribution of annual extreme rainfall of standard durations are developed. Mean values of annual maximum rainfalls recorded at 23 pluviometric stations are used as the basic data. At the first stage, two different "time distribution functions", namely for the North Ege and South Ege regions, are developed. Then, a unique time distribution function for the entire region is fitted taking into account the fact that there are no significant differences between the functions developed for two sub-regions. Developed time distribution functions can effectively be used as a tool for estimating design rainfalls of standard durations at sites where pluviometric rainfall records are not available; however, the quantile estimates of daily maximum rainfall can be estimated.

1. GİRİŞ

Belli süreli sağanaklar, taşkın kontrolü, erozyon ve drenaj sistemleri gibi su mühendisliği sistemleri yapılarının projelendirilmesine esas teşkil edecek debilerin sentetik yöntemlerle tahmin edilmesinde temel bir hidrolojik girdi olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada elde edilen **maksimum yağışın zaman dağılım eğrileri**, 24 saatlik (günlük) maksimum yağıştan başka süreli proje yağışına geçebilme; ayrıca, plüvyograf donanımı olmayan istasyonlarda standart süreli yağış yükseklerini hesaplama olanağı sağlamaktadır [1];[2];[3]. Türkiye'de halen, A, B, C gibi üç farklı zaman dağılım eğrisi standart bir proje girdisi olarak kullanılmaktadır [4].

2. TEMEL KAVRAMLAR VE YÖNTEM

2.1. 24 Saatlik Maksimum Yağışın Zaman Dağılımı

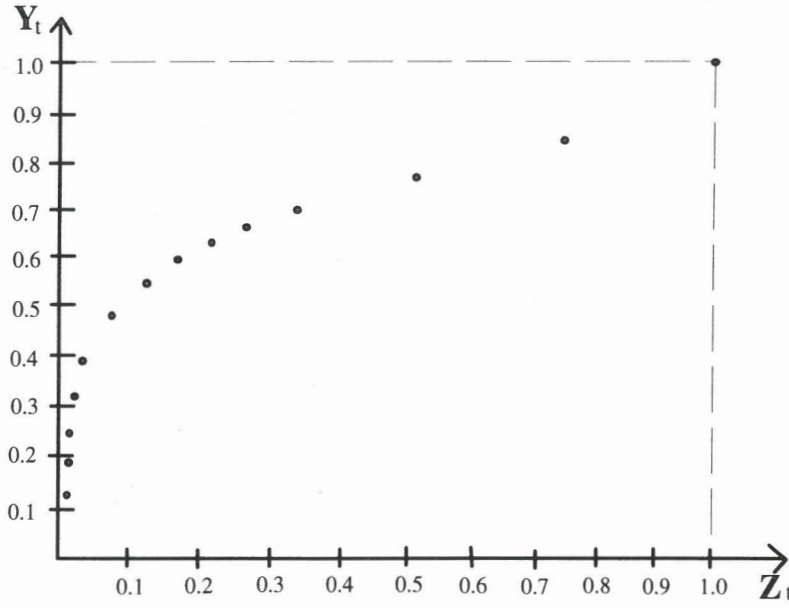
Yağışın zaman içindeki dağılımı yardımı ile belli süreli yağıştan farklı süreli proje yağışına geçilebilmektedir. 24 saatlik yağışın zaman dağılımını elde etmek için o istasyondaki her yılın en büyük 24 saatlik yağışları ele alınmaktadır. O yılda ölçülen en büyük 24 saatlik yağış verilerinden 5, 10, 15, 30. dakikalardaki ve 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18. saatlerdeki toplam yağış değerleri 24 saatlik yağış değerine oranlanmaktadır. Her yıl için bu değerler hesaplanarak, tüm standart süreler için boyutsuz yağış değerlerinin ortalamaları bulunmaktadır. Böylelikle standart süreli yağışların toplam yağışa oranları (Y_t) belirtilen standart yağış süreleri için elde edilmiş olmaktadır. Öte yandan, standart süreler 24 saate (=1440 dak.) bölünerek toplam süreye olan oranlar (Z_t) hesaplanmaktadır.

$$Y_t = X_t / X_{24} \quad (1)$$

$$Z_t = t / 1440 \quad ; \quad (t: \text{dakika}) \quad (2)$$

Daha sonra boyutsuz süre değerine karşı gelen boyutsuz yağış değerleri düşey ekseninde, süre oranları yatay ekseninde olmak üzere koordinat sistemine noktalanmaktadır (Şekil 1). Son olarak bu noktalara uygun bir “**yağışın zaman dağılım eğrisi**” çizilmektedir. Bu eğriler veya bu eğrilere uydurulan bağıntılar, 24 saatlik maksimum yağış yüksekliği bilinen bir istasyonda istenilen herhangi bir süredeki yağışı hesaplama olanağı sağlamaktadır [4].

Bölgesel zaman dağılım eğrisi, istasyon bazında elde edilen zaman dağılım eğrilerinin basit veya rasat sürelerine göre ağırlıklı ortalaması alınmak suretiyle elde edilmektedir. Ayrıca belli güven aralıklarına karşı gelen zaman dağılım eğrileri de çizilebilmektedir. Bu eğriler, istenen süreye denk gelen yağış yüksekliğinin belli olasılıklarda meydana gelmesi beklenen değerinin elde edilmesini sağlamaktadır [1].



Şekil 1 : 24 saatlik yağışın gözlemsel zaman dağılım eğrisi

2.2. Çok Değişkenli (polinomial) Regresyon

Y rasgele değişkeninin iki ya da daha fazla sayıda (X_1, X_2, \dots, X_m) rasgele (veya fiziksel) değişkenlerine göre çok değişkenli regresyonu,

$$\hat{Y} = f(X_1, X_2, \dots, X_m) \quad (3)$$

ifadesi ile verilir. Bu ifadedeki X_1, X_2, \dots, X_m bağımsız değişkenleri fiziksel düşüncelerle Y yi etkilediği bilinen değişkenler olarak seçilmelidir. Yukarıdaki regresyon denklemi yardımıyla x_1, x_2, \dots, x_m in öngörülen değerleri için y nin alacağı $\hat{y} = E(Y|X_1 X_2 \dots X_m)$ koşullu beklenen değer tahmin edilebilir.

Çok değişkenli regresyonun en basit ve en çok kullanılan şekli çoklu doğrusal regresyondur:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1.X_1 + b_2.X_2 + \dots + b_m.X_m \quad (4)$$

Bu ifadedeki m değişken sayısı (veya polinom mertebesi) örnekteki N eleman sayısına göre yeter derecede küçük seçilmelidir. Zira regresyon denklemindeki parametrelerin örnekleme dağılımlarında etkin eleman sayısı $v = N - (m+1)$ dir. m nin N ye yaklaşmasıyla serbestlik derecesi azaldığı için güven aralıkları çok genişler. $m = N - 1$ için regresyon çizgisi örnekteki bütün noktalardan geçeceğinden serbestlik sıfır olur ve güven aralığı sonsuza gider. Böyle bir regresyon çizgisi Y nin istatistiksel tahmini için kullanılamaz. $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$ gözlenmiş noktaların regresyon doğrusuna düşey uzaklıkları yani hata terimleri olmak üzere; b_j regresyon katsayıları $\sum e_{yi}^2$ hata kareler toplamını minimum yapacak şekilde, m+1 bilinmeyenli lineer denklem sistemi çözümlenerek belirlenir.

$$[b] = [A^{-1}][g] \quad (5)$$

Bu denklem sisteminde $[A^{-1}]$, $(m+1) \times (m+1)$ boyutlarındaki [A] katsayılar matrisinin inversi; [g] lineer denklemlerin sağ taraf değerlerinden oluşan $(m+1) \times 1$ boyutlu bir vektör; [b] ise $(m+1) \times 1$ boyutunda regresyon katsayıları vektörüdür [5].

Çok değişkenli doğrusal regresyonda değişkenler arasındaki bağımlılığın derecesini ölçmek için çeşitli parametreler kullanılabilir. Bunlardan en önemlisi çoklu korelasyon katsayısıdır.

$$R = \left(1 - \frac{S_e^2}{S_y^2} \right)^{1/2} \quad (6)$$

Burada S_e^2 gözlenen y_i değerleriyle regresyon denkleminde hesaplanan değerler arasındaki farkların (hataların) varyansdır:

$$S_{ey}^2 = \frac{\sum e_{yi}^2}{N - (m + 1)} \quad (7)$$

Bu eşitlikle tanımlanan R çoklu korelasyon katsayısının karesi ($D = R^2$) regresyon bağıntısının oransal olarak tanımlayabildiği varyansı gösterir [6];[5].

Çoklu lineer regresyona ilişkin kavramlar ve hesap ilkeleri, bağımsız değişkenler olarak X gibi tek bir değişkenin, $X_{1,i} = X_1^k, X_{2,i} = X_1^{2k}, \dots, X_{m,i} = X_1^{mk}$ biçiminde tanımlanan terimlerden oluşan

$$\hat{Y}_i = b_0 + \sum_{j=1}^m X_i^{jk} \quad (8)$$

polinomial model için de geçerlidir. Yapılan çalışmada $k=1/2, m=3$ seçilmesi halinde, yağışın zaman dağılımı için en uygun sonuçlar elde edilmiştir.

2.3. Üç Nokta Yaklaşımı

Koordinat sisteminde bir eğrinin temsil edilmesinde kullanılan bu yöntemde, verileri (0,0), (1,1) ve iki kritik noktadan geçen bir eğriyle temsil etmek amaçlanmaktadır. Seçilen polinomun matematiksel formu

$$\hat{Y}_i = \sum_{j=1}^m X_i^{jk} \quad (9)$$

biçiminde olup, $X=0$ için $\hat{Y}=0$ koşulunu kendiliğinden gerçeklediği için bu yöntemde, biri ($X=1; \hat{Y}=1$) olmak üzere sadece üç noktanın koordinatları yeterli olmaktadır.

3. VERİLER

Sağanak yağışların bölgesel frekans analizini konu edinen bir yüksek lisans tezinin [7] bir bölümünü oluşturan bu çalışmada, Ege Bölgesinde rasat süreleri 9 ila 44 arasında değişen plüvyografı $L=23$ istasyonun gözlemsel plüvyograf oranları (Y_t) kullanılmıştır [8]. Bu değerler ve rasat sürelerine göre [10] eşitliğinden hesaplanan ağırlıklı ortalamalar, Z_t boyutsuz zamanlarına bağlı olarak Çizelge 1' de verilmiştir.

$$Y_t = \frac{\sum_{\ell=1}^L n_{\ell} \cdot Z_{t,\ell}}{\sum_{\ell=1}^L n_{\ell}} \quad (10)$$

Çizelge 1: Ege bölgesi standart süreli maksimum yağışlarının gözlemsel plüvyograf oranları (Y_t)

	<i>n_t</i>	<i>Z_t (t/1440)</i>														
		5	10	15	30	60	120	180	240	300	360	480	720	1080	1440	
		1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	
<i>İstasyon Adı</i>	<i>(yılı)</i>															
Kuzey Ege	Akhisar	14	0,19	0,25	0,29	0,35	0,39	0,45	0,52	0,56	0,59	0,67	0,72	0,80	0,84	1,00
	Bergama	20	0,16	0,21	0,25	0,32	0,40	0,47	0,54	0,60	0,64	0,67	0,72	0,79	0,86	1,00
	Bornova	24	0,14	0,19	0,25	0,33	0,43	0,51	0,59	0,62	0,64	0,68	0,74	0,82	0,92	1,00
	Çeşme	18	0,15	0,23	0,29	0,38	0,49	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71	0,76	0,85	0,88	1,00
	Dikili	21	0,13	0,18	0,23	0,31	0,39	0,50	0,56	0,61	0,66	0,70	0,75	0,80	0,86	1,00
	İzmir	44	0,14	0,19	0,23	0,30	0,38	0,47	0,53	0,59	0,64	0,67	0,73	0,82	0,90	1,00
	Kemalpaşa	11	0,12	0,16	0,18	0,23	0,31	0,38	0,46	0,52	0,57	0,62	0,69	0,74	0,80	1,00
	Manisa	21	0,12	0,17	0,21	0,27	0,35	0,42	0,47	0,50	0,53	0,58	0,64	0,71	0,78	1,00
	Salihli	14	0,17	0,25	0,30	0,36	0,43	0,52	0,60	0,65	0,67	0,71	0,75	0,82	0,87	1,00
	Selçuk	17	0,17	0,25	0,30	0,36	0,42	0,47	0,55	0,58	0,63	0,66	0,71	0,77	0,81	1,00
Uşak	34	0,18	0,26	0,31	0,40	0,50	0,56	0,60	0,63	0,66	0,69	0,72	0,78	0,81	1,00	
Güney Ege	Acıpayam	9	0,20	0,29	0,32	0,43	0,52	0,57	0,58	0,60	0,63	0,64	0,68	0,73	0,80	1,00
	Aydın	24	0,16	0,22	0,27	0,34	0,43	0,51	0,55	0,58	0,63	0,66	0,69	0,73	0,80	1,00
	Bodrum	21	0,17	0,25	0,31	0,42	0,49	0,61	0,68	0,72	0,76	0,79	0,81	0,87	0,95	1,00
	Denizli	22	0,19	0,24	0,30	0,42	0,50	0,57	0,62	0,65	0,68	0,70	0,73	0,77	0,81	1,00
	Fethiye	23	0,13	0,19	0,24	0,33	0,45	0,55	0,59	0,63	0,66	0,69	0,73	0,80	0,91	1,00
	Güney	13	0,14	0,19	0,24	0,32	0,40	0,48	0,52	0,57	0,61	0,63	0,67	0,74	0,79	1,00
	Köyceğiz	14	0,11	0,16	0,20	0,28	0,38	0,50	0,54	0,58	0,62	0,65	0,70	0,79	0,88	1,00
	Kuşadası	18	0,16	0,23	0,29	0,41	0,53	0,63	0,69	0,74	0,79	0,81	0,85	0,88	0,89	1,00
	Marmaris	19	0,10	0,15	0,19	0,28	0,38	0,50	0,54	0,58	0,63	0,67	0,72	0,81	0,92	1,00
	Milas	17	0,17	0,26	0,31	0,42	0,52	0,60	0,63	0,67	0,68	0,71	0,75	0,81	0,89	1,00
Muğla	36	0,11	0,16	0,18	0,25	0,32	0,41	0,46	0,51	0,55	0,59	0,65	0,77	0,87	1,00	
Yatağan	17	0,14	0,21	0,26	0,35	0,44	0,52	0,59	0,63	0,65	0,67	0,71	0,79	0,83	1,00	
Ağırlıklı Ort.		0,15	0,21	0,26	0,34	0,43	0,51	0,57	0,61	0,65	0,68	0,72	0,79	0,86	1,00	

4. BULGULAR

Her istasyonun standart süreli yağışları için hesaplanan temel istatistiklerden biri olan ortalamaların, 24 saatlik ortalamaya olan oranları ($Y_t = X_t/X_{24}$) düşey ekseninde, standart sürelerin 24 saate oranı ($Z_t = t/1440$) yatay ekseninde olmak üzere “**24 saatlik yağışın zaman dağılımı**” tüm plüvyografli yağış ölçüm istasyonları için elde edilmiştir.

Zaman dağılım eğrilerini temsil edecek bağıntıların elde edilmesinde iki farklı yaklaşım kullanılmıştır. Boyutsuz sürelerin 1/2, 1 ve 3/2 üslerini kapsayan polinom modelinin Y_t oransal yağış değerlerini ne ölçüde temsil edebildiğini araştırmak için, ilk olarak çoklu regresyon yöntemine başvurulmuştur. Yapılan analizler sonucunda aşağıdaki polinomun bölgesel Y_t ortalamalarını daha iyi temsil ettiği görülmüştür.

$$\hat{Y}_t = 2,946.10^{-2} + 2,484.Z_t^{1/2} - 3,227.Z_t + 1,71.Z_t^{3/2} \quad (11)$$

Bu bağıntının (N=14 veri noktası için), çoklu korelasyon katsayısı R=0.999, standart hatası ise $S_e=0,1563.10^{-2}$ olarak bulunmuştur.

Zaman dağılım eğrilerinin temsil edilmesinde kullanılan üç nokta yönteminde zaman dağılımı için seçilen polinomun matematiksel formu $Z_t=1$ için $Y_t=1$ koşulunu gerçeklediği için bu yöntemde sadece üç özel noktanın koordinatlarını kullanmak yeterli olmaktadır. Diğer iki özel nokta olarak t=60 dakika ve t=1080 dakikaya karşı gelen Z_t ve Y_t noktaları seçilerek

$$\hat{Y}_t = 2,839.Z_t^{1/2} - 4,041.Z_t + 2,202.Z_t^{3/2} \quad (12)$$

ifadesi elde edilmiştir.

Bu iki yaklaşımdan elde edilen “**Ege bölgesinde 24 saatlik maksimum yağışın zaman dağılımı**” sayıları ortalama Y_t değerleriyle birlikte Çizelge 2’ de verilmiştir. Bölgenin tamamı için elde edilen “**yağışın zaman dağılımı**” fonksiyonları Şekil 2’ de görülmektedir.

5. SONUÇ

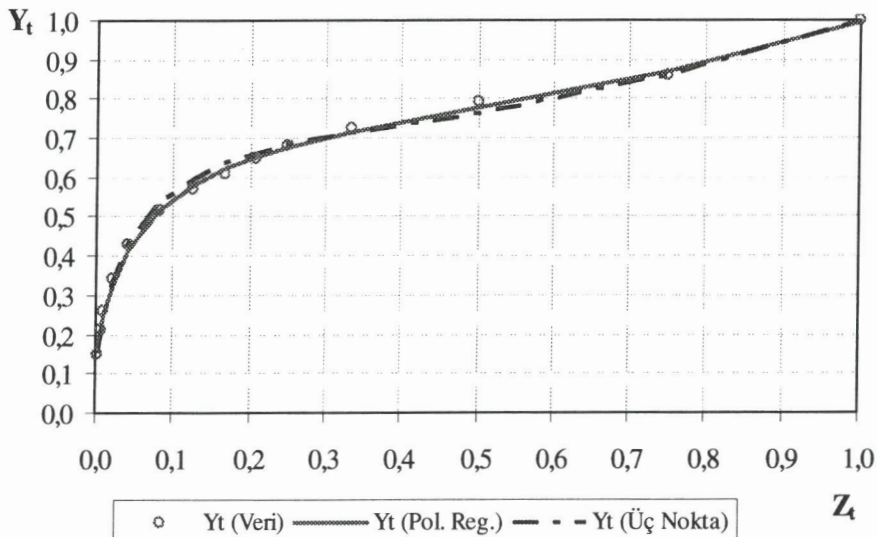
Plüvyografli veya plüvyografsız, hemen hemen bütün meteoroloji istasyonlarında 24 saatlik ya da günlük toplam yağış kayıtları tutulmaktadır. Özellikle plüvyografı olmayan istasyonlarda, herhangi bir standart yağış süresi için yağış yüksekliğini doğrudan hesaplama olanağı bulunmamaktadır. Bu çalışmada, bu soruna beklenen değer niteliğinde bir çözüm bulunması amaçlanmıştır.

Standart süreli ortalama yağışların süreye bağlı olarak tanımlanmasında bölgenin Kuzey ve Güney Ege alt bölgelerine ayrılmasının önemli bir yarar sağlamadığı, bağıntıların bölgenin tamamı için oluşturulmasının daha uygun olduğu görülmüştür.

Gözlemsel zaman dağılımını temsil etmede, üç nokta yaklaşımından elde edilen eğrinin, polinomial regresyon yöntemiyle elde edilen eğriyle hemen hemen aynı derecede yüksek bir başarıya sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2 : Ege bölgesinde 24 saatlik maksimum yağışın zaman dağılım oranları

Süre (dk.)	Y_t (Veri)	Y_t (Pol. Reg.)	Y_t (Üç Nokta)
5	0,149	0,165	0,154
10	0,212	0,215	0,210
15	0,259	0,251	0,250
30	0,342	0,326	0,332
60	0,430	0,417	0,430
120	0,515	0,519	0,536
180	0,570	0,580	0,596
240	0,611	0,622	0,635
300	0,647	0,654	0,663
360	0,679	0,679	0,685
480	0,725	0,717	0,716
720	0,794	0,777	0,766
1080	0,858	0,871	0,858
1440	1,000	0,997	1,000



Şekil 2: Ege bölgesinde 24 saatlik maksimum yağışın zaman dağılım fonksiyonları

KAYNAKLAR

- [1] Chow, V.T.; Maidment, R.D.; Mays L.W., Applied Hydrology. Mc Graw-Hill., (1988)
- [2] Ağralıoğlu, N., Proje Akımının Belirlenmesi, Hidrolik Analiz ve Tasarım Ders Notları, EİEİ Genel Müdürlüğü, (1991)
- [3] Bayazıt, M., Hidroloji, İTÜ Kütüphanesi, n. 1450., (1987)
- [4] Kızılkaya, T., Sulama ve Drenaj, DSİ Genel Müdürlüğü, (1988)
- [5] Walpole, R.E; Myers, R.H, Probability and Statistics for Engineers and Scientists. Collier-Macmillan, London, (1972)
- [6] Yevjevich, V., Probability and Statistics in Hydrology, Fort Collins, Water Res. Publ. (1972)
- [7] Aşıkoğlu, Ö, L., Ege Bölgesindeki Sağanak Yağışların Bölgesel Frekans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1997)
- [8] DSİ, Türkiye Maksimum Yağışların Frekans Atlası, DSİ Genel Müdürlüğü, Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, (1990)