

# Düşük Akımların İstatistikî Analizi ve Çevre Mühendisliğindeki Önemi

Izzet ÖZTÜRK \*

## 1. GİRİŞ

Nehirlerdeki düşük akımların analizi Çevre Mühendisliği bakımından büyük önem taşımaktadır. Nehir kirlenmesinin kontrolü gayesiyle öngörülen su kalitesi standartlarının sağlanması, nehrin kritik kuraklık debisinin bilinmesini gerektirmektedir. Zira, nehirde su kirlenmesi açısından en elverişsiz şartlar, kurak akım devrelerinde meydana gelmektedir. Nehirde düşük akımların hakim olduğu devrede kirlilik yükü maksimum mertebede olduğundan, su kalitesi standartlarında verilen sınır değerlerin sağlanmasında güçlüklerle karşılaşmaktadır.

Bu nedenle akarsu üzerinde ölçülmüş debi kayıtlarının istatistikî analizi yapılarak, su kalitesinin korunması bakımından kritik kuraklık (hesap) debisinin belirlenmesi gerekmektedir. Tesbit edilen bu hesap debisine göre, nehre atık sularını veren endüstriyel ve şehirselle birimler tarafından gerçekleştirilmesi gerekli minimum seyrelme değerleri veya başka bir deyimle nehre verilebilecek maksimum kirlenme yükü kolayca hesaplanabilir.

Nehirlerdeki kritik kuraklık debisinin tesbiti, nehir sağlığının korunması açısından, su kirlenmesi kontrolü çalışmalarının başlangıç adımını teşkil etmektedir. Bu çalışmada nehirlerdeki kritik kuraklık debisinin hesabının esasları ve Sakarya nehrine tatbiki verilmiştir.

## 2. DÜŞÜK AKIMLARIN İSTATİSTİKİ ANALİZİ

### 2.1. Düşük Akım veya Kuraklık Akımı Kavramı

Düşük akım her şeyden önce bir ekstrem akımdır. Ekstrem akımlar debi gidış çizgisinin minimum ve maksimumlarına tekabül ederler. Dü-

\* I.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Asis. Y. Müh.

şük akımlar belli bir kesim seviyesi altında kalan akım veya akımlar olarak da tanımlanmaktadır. Akarsu üzerindeki bir ölçüm istasyonunda ölçülmüş sürekli akış kayıtlarından hareketle düşük akımların belirlenmesi için çeşitli metotlar vardır.

### 2.1.1. Yıllık Minimumlar

B<sub>1</sub> halde her yıl için yalnız bir tane düşük akım kabul edilmektedir. Bu değer yıllık akışların minimumudur ve önceki yıllardan bağımsızdır (1). Bu kabulün sakıncaları vardır. Zira kurak geçen bir yılın ardından gelen ikinci bir kurak yıla ait düşük akımlar, önceki yıldan bağımsız kabul edilemezler. Önceki yılda akarsu havzasının değişen hidrolojik özellikleri bir sonraki yılın kuraklığını önemli ölçüde etkileyecektir.

### 2.1.2. Kısmi Süreli Minimumlar

Bu halde belli bir debi değeri altındaki akışlar düşük akım olarak tanımlanır. Kısmi süreli minimumlar kabulünde yıllık minimumlar yaklaşımdaki mahsur kısmen giderilmektedir. Kesim seviyesine göre her yıla ait düşük akım değeri birden fazla olabilmekte, dolayısıyla yıllık kuraklıklara kuraklığın şiddetine göre bir nevi ağırlık verilmiş olmaktadır. Bu durumda yıllık ekstrem akım değeri yıl sayısına eşit, büyük veya küçük olabilmektedir.

## 2.2. Çevre Mühendisliğinde Kritik Kuraklık Debisi Seçimi

Kritik akımlar için aşağıdaki seçimler söz konusudur.

- Kritik akımın, yıllık minimum akımların medyan değeri olarak alınması hali. B<sub>1</sub> halde akarsuda belli bir zaman süresinde (10 yıl), yıllık minimum akışların ihtimal dağılımının medyan değeri düşük akıma karşı gelir.
- Kritik akımın, aşılma ihtimali belli bir yüzdenin altında olan akım olarak alınması hali. Bu yüzde değer nehir su kalitesinin muhafaza etmesi gerekli limit değerlerine göre tayin edilir. Uygulamada belli bir zaman aralığında zamanın % 95'inde akarsuda mevcut olan ortalama akım değeri kritik kuraklık akımı (Hesap Debisi) olarak alınmaktadır (1).

## 3. DÜŞÜK AKIMLARIN DAĞILIM FONKSİYONLARI

Düşük akımların istatistiksel analizinde kullanılacak dağılım fonksiyonları, taşkınların etüdünde kullanılan dağılımlarla aynıdır. Düşük

akım analizi ile taşkın analizi istatistik olarak benzerdir. Ekstrem değerlerle istatistiki analizde kullanılan çeşitli dağılımlar söz konusudur. Burada yalnız bu dağılımlardan uygulaması yapılan 2 tanesi verilecektir, diğer dağılımlar için (4), (5) kaynaklarından yararlanılabilir.

### 3.1. GUMBEL Dağılımı

Gumbel dağılımının analitik ifadesi şu şekilde verilir (2):

$$p_k(x) = \exp[-\exp(y)] \quad (3.1)$$

Burada  $p_k(x)$ ,  $x$  değişkeninin küçük olma ihtimali ve

$$y = \alpha(x - \beta) \quad (3.2)$$

dir.

$\alpha$ ,  $\beta$  parametreleri dağılımdaki  $x$  rastgele değişkeninin  $S$  standart sapması ve  $x$  ortalama değeri cinsinden şu şekilde ifade edilebilir.

$$\alpha = \frac{1,28}{S}, \quad \beta = \bar{x} - 0,45 S \quad (3.3)$$

(3.1) denklemini,  $x$  değişkeninin büyük olma ihtimali  $p_b(x)$  cinsinden yazılırsa,

$$p_b(x) = 1 - p_k(x) = 1 - \exp[-\exp(-y)] \quad (3.4)$$

Her iki yanın iki defa logaritması alınır

$$y = -\ln[-\ln(1 - p_b(x))] \quad (3.5)$$

elde edilir. Burada  $T$  tekerrür periyodu olmak üzere  $p_b(x) = 1/T$  yazılarak

$$x = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln \left[ \frac{T}{T-1} \right] \quad (3.6)$$

elde edilir.

Gumbel dağılımı, özel Gumbel grafik kağıdında doğruya dönüşür. Pratik bakımdan formül kullanımı yerine grafik çıkışma yolunu tercih etmek neticeye yaklaşımda büyük çabukluk sağlar.

### 3.2. LOG - NORMAL Dağılım

Dağılımın ihtimal yoğunluk fonksiyonu,



$$f(x) = \frac{1}{x \cdot S \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \frac{-(\ln x - \bar{x})^2}{2S^2}, \quad 0 < x < +\infty \quad (3.7)$$

dir. Denklemdaki  $\bar{x}$  ve  $S$  değerleri sırasıyla  $x$  rastgele değişkeninin ortalama değer ve standart sapmasıdır. Bu dağılımın özellikleri şöylece özetlenebilir.

- i.  $X = \ln x$  değişkeni ortalama değeri  $\bar{x}$  ve varyansı  $S^2$  olan bir Gauss (Normal) dağılımıdır.
- ii. Dağılımın bir modal maksimumu vardır, çarpıktır ve kuyruğu sağa doğrudur.

Dağılımın parametrelerinin hesabı

$X_i = \ln x_i$  dönüşümü uygulanarak ortalama değer ve varyansı

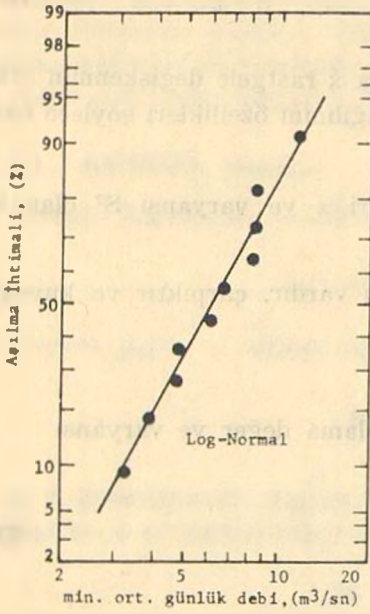
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.8)$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.9)$$

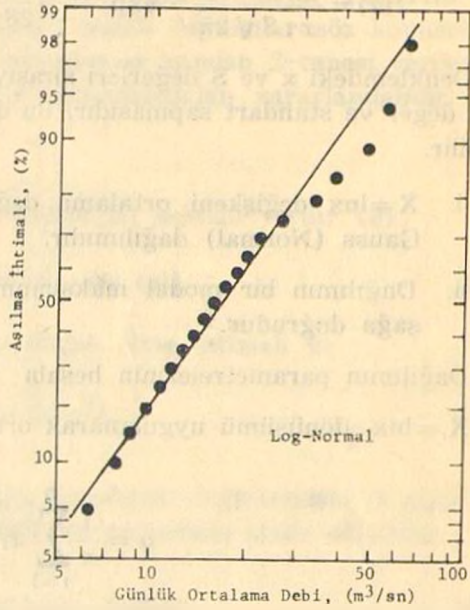
ifadelerinden bulunur. Bu dağılım, Gumbel dağılımı gibi özel Log - Normal ihtimal kağıdında doğruya dönüştüğü için yaygın uygulama alanı bulmaktadır.

#### 4. SAKARYA NEHRİ DÜŞÜK AKIMLARININ İSTATİSTİKİ ANALİZİ

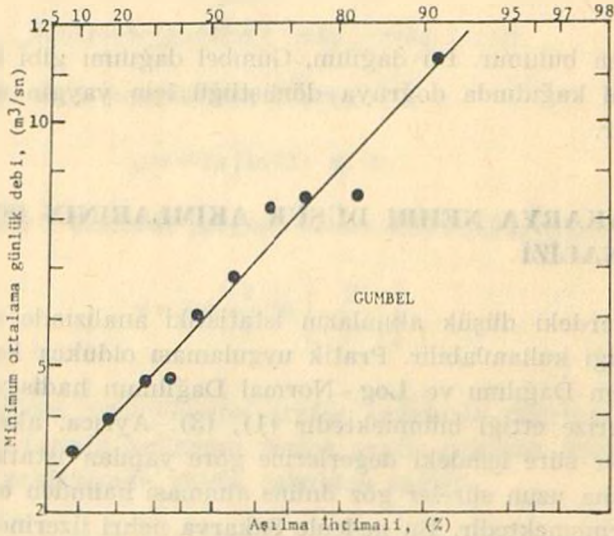
Nehirlerdeki düşük akımların istatistiksel analizinde ekstrem değerler istatistiği kullanılabilir. Pratik uygulaması oldukça kolay olan Gumbel Ekstrem Dağılımı ve Log - Normal Dağılımın hadiseyi iyi bir şekilde karakterize ettiği bilinmektedir (1), (3). Ayrıca, akarsu akışlarının 10 yıllık bir süre içindeki değerlerine göre yapılan istatistiksel analiz sonuçları, daha uzun süreler göz önüne alınması halinden önemli bir farklılık göstermemektedir. Bu nedenle Sakarya nehri üzerindeki 4 istasyon-da 1961 - 70 dönemindeki gözlenmiş ortalama günlük akışlar arasından düşük akımlar ayrılarak istatistiksel analiz yapılmıştır. Bu istasyonlardan



Sekil: 4.1. Sazılar istasyonu min. günlük ort. debi-ihtimal eğrisi.



Sekil: 4.3. Sazılar istasyonu günlük ortalama debi-ihtimal eğrisi.



Sekil: 4.2. Sazılar istasyonu minimum günlük ortalama debi- ihtimal eğrisi, (m<sup>3</sup>/sn).

ikisi Porsuk, diğer ikisi ise Sakarya üzerindedir. Porsuk üzerindeki ilk istasyon E.İ.E.İ.'nin 1203 numaralı ve 3938,4 km<sup>2</sup> drenaj alanlı, Porsuk barajının menba tarafındaki Beşdeğirmen istasyonudur. Porsuk üzerindeki ikinci istasyon, aşağı Porsuk'taki 1212 no ve 10822,0 km<sup>2</sup> drenaj alanlı Sazılar'dır. Sakarya üzerindeki ilk istasyon Sarıyar barajı ile Porsuk arasındaki 1242 no ve 33847,2 km<sup>2</sup> drenaj alanlı Kargı, ikincisi aşağı Sakarya üzerindeki 1221 no ve 52531,6 km<sup>2</sup> drenaj alanlı Doğançay'dır.

#### 4.1. Yıllık Minimum Kuraklık Debisinden Hareketle Hesap

Geliştirilen bir computer programı ile her istasyonda her yılın günlük akışlarının minimumları ve ardışık minimum hareketli ortalamalar (7, 15, 30 günlük akım değerleri) belirlenmiştir. Daha sonra 10 yıllık bir zaman süresinde her yıl için hesaplanan minimum debiler ve ardışık minimum hareketli ortalamalar kendi aralarında küçükten büyüğe doğru sıralanarak, m sıra numarası ve n toplam eleman sayısı olmak üzere  $p = m / (n + 1)$  formülüyle ihtimalleri bulunmuştur. Sazılar istasyonuna ait değerler Tablo: 4.1 de verilmiştir. Bu tablodaki  $\bar{Q}_1$ ,  $\bar{Q}_7$ ,  $\bar{Q}_{15}$ ,  $\bar{Q}_{30}$  değerleri sırasıyla minimum ortalama günlük, ardışık minimum ortalama 7, 15 ve 30 günlük debileri gösterir.

Daha sonra Tablo 4.1 den yararlanılarak Log - Normal ve Gumbel ihtimal kağıdında Debi - İhtimal eğrileri çizilmiştir. Burada Sazılar istasyonu minimum ortalama günlük debi - ihtimal eğrileri Şekil 4.1 ve 4.2 de verilmiştir. Bu grafikler Sazılar istasyonu yıllık minimum ortalama akışlarının Log - Normal ve Gumbel dağılımına çok iyi uyduğunu göstermektedir. Yıllık ardışık minimum 7, 15, 30 günlük ortalama akışlar için de aynı durumun geçerli olduğu görülmüştür (4).

Bu grafiklerde, doğru üzerindeki herhangi bir noktanın apsisi akarsu kuraklık debisini, ordinatı ise bunun aşılma ihtimalini gösterir. Sazılar, Beşdeğirmen ve Kargı istasyonları için elde edilen sonuçlar Tablo 4.2 de verilmiştir. Tabloda aşılma ihtimali % 50 olan minimum akış  $Q_{50}$ , % 10 olan kuraklık akışı  $Q_{10}$  ve % 5 olan kuraklık debisi  $Q_5$  olarak ifade edilmiştir. Misal olarak Sazılar istasyonunda yıllık minimum ortalama akım için  $Q_5 = 2,70$  m<sup>3</sup>/sn. Bundan, akarsuda zamanın en az % 95 inde mevcut kuraklık debisinin 2,70 m<sup>3</sup>/sn değerine eşit veya ondan büyük olacağı anlaşılır.



Tablo : 4.1. Sazılar istasyonu minimum ortalama günlük, ardışık minimum 7, 15, 30 günlük ortalama debiler ve ihtimalleri.

Yıl	$Q_1$	$Q_7$	$Q_{15}$	$Q_{30}$	Sıra (m)	İhtimal $p=m/n+1$
1967	3,25	3,67	4,07	4,24	1	0,09
1962	3,96	4,89	5,16	4,70	2	0,18
1963	4,70	4,92	6,03	5,32	3	0,27
1968	4,76	4,93	6,05	6,66	4	0,36
1969	6,06	7,48	8,85	7,05	5	0,45
1964	6,76	8,57	9,28	9,99	6	0,55
1965	8,20	8,88	9,38	10,21	7	0,64
1970	8,38	9,49	10,22	10,26	8	0,73
1971	8,38	9,49	10,22	10,26	9	0,82
1966	11,30	11,40	11,53	11,84	10	0,91

#### 4.2. Gözlem Süresindeki Akışların Tamamının Göz Önüne Alınması

Kritik kuraklık debisi, her yılın minimum kuraklık debisinden hareketle tesbit edilebileceği gibi, ele alınan gözlem süresindeki akışların tamamı dikkate alınmak suretiyle de bulunabilir. Sakarya nehri için incelenen 6 istasyonda (burada yalnız bunlardan üçünün sonuçları verilecektir) 10 yıllık bir devredeki akışların tamamı göz önüne alınarak zamanın en az % 95, % 90 ve % 50'sinde akarsuda mevcut olan veya başka bir deyişle 20, 10 ve 2 yılda bir tekerrür etmesi muhtemel minimum akışlar belirlenmiştir. Bu iş için ikinci bir Computer programı geliştirilerek 10 yıllık akışların tamamı için  $p=m/(n+1)$  formülü ile  $Q_5'$ ,  $Q_{10}'$ ,  $Q_{30}'$  değerleri elde edilmiştir. Sazılar, Beşdeğirmen ve Kargı istasyonları için elde edilen neticeler Tablo 4.3 de verilmiştir. Sazılar istasyonu için 10 yıllık bir devrede debi - ihtimal eğrisi Log - Normal grafik kağıdında gösterilmiştir (Şekil 4.3).

Tablo 4.2 ve 4.3'ün mukayesesinden  $Q_{30}$  değerlerinin  $Q_5'$  değerlerine yakın olduğu görülmektedir. Su kirliliği kontrolü çalışmalarında  $Q_{30}$

nin esas alınması  $Q_5'$  e nazaran biraz daha yüksek yüzdede tasfiyeyi gerektirecektir. Ancak Türkiye'nin şartları dikkate alındığı takdirde hesap debisi olarak  $Q_5'$  lerin esas alınması daha gerçekçi olacaktır.

Tablo: 4.2. Sazılar, Beşdeğirmen ve Kargı İstasyonları için zamanın en az % 95, 90, 50'sinde akarsuda mevcut minimum düşük akım değerleri

		$Q_5$	$Q_{10}$	$Q_{50}$
Beşdeğirmen	min. $Q_1$	1,55	1,80	3,30
	min. $Q_7$	1,70	2,00	3,40
	min. $Q_{15}$	1,85	2,20	3,70
	min. $Q_{30}$	1,85	2,20	3,70
Sazılar	min. $Q_1$	2,70	3,20	6,20
	min. $Q_7$	3,05	3,65	6,80
	min. $Q_{15}$	3,90	4,50	7,80
	min. $Q_{30}$	3,50	4,20	7,80
Kargı	min. $Q_1$	14,80	16,50	24,50
	min. $Q_7$	14,85	16,80	25,50
	min. $Q_{15}$	15,50	17,50	26,00
	min. $Q_{30}$	15,40	17,20	26,50

Tablo: 4.3. 10 yıllık bir devredeki akışların tamamından hareketle zamanın en az % 95, 90, 50 sinde akarsuda mevcut kuraklık debileri.

İSTASYON	DEBİ		
	$Q_5'$	$Q_{10}'$	$Q_{50}'$
Beşdeğirmen	2,99	3,62	8,04
Sazılar	6,34	3,75	15,60
Kargı	21,80	26,20	48,70



## 5. SONUÇ

Bu çalışmada Sakarya nehri düşük akımlarının istatistikî analizi yapılarak Sazılar, Başdeğirmen ve Kargı istasyonları için nehir su kalitesi kontrolü çalışmalarında esas alınabilecek kritik kuraklık (hesap) debileri belirlenmiştir. Çalışma, Sakarya nehri düşük akımlarının Log - Normal ve Gumbel dağılımlarına çok iyi bir uygunluk gösterdiğini ortaya koymuştur. Türkiye'de, kirlenme tehlikesiyle karşı karşıya bulunan diğer nehirler için de hesap debilerinin belirlenerek nehre yapılacak deşarjlarda seyrelme hesaplarında esas alınması uygun olacaktır.

## FAYDALANILAN KAYNAKLAR

1. Clarence, J. Velz., Applied Stream Sanitation, Wiley - Interscience.
2. Beyazıt, Mehmetçik., Şen, Zekâl., Avcı., İlhan., Hidroloji Uygulamaları, İ.T.Ü. İnş. Fak. Yayınları, (1978).
3. Arceivala, S. J., Endüstri Atık Sularının Arıtılması ve Geri Kazanılması, ODTÜ Çevre Müh. Böl., Ankara (1976).
4. Öztürk, İzzet., Nehirlerdeki Düşük Akımların İstatistikî Analizi. MMLS Tezi, İ.T.Ü. İnş. Fak., Çevre Müh. Böl. (1979).
5. E. F. Schülz, Problems in Applied Hydrology, Water Resources Publication.
6. E.I.E.I. Akım Yıllıkları (1961 - 70).