

AŞAĞI SAKARYA NEHRİNDE AKIM DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

Lütfi SALTABAŞ, Sabahattin IŞIK, Mustafa ŞAŞAL, Emrah DOĞAN

Özet – Barajlar ve bazı diğer hidrolik yapılar, inşaatlarından sonra nehrin hidrolojisinin önemli ölçüde değişmesine neden olurlar. Yukarıda Gökçekaya barajının 1975'te işletmeye geçmesinden sonra Aşağı Sakarya Nehrinde, hidrolojik özellikler, nehir rejimi, katı madde taşıma kapasitesi ve nehrin morfolojik yapısında önemli değişimler meydana gelmiştir. Aşağı Sakarya Nehrinde akım ölçümleri grafiksel olarak değerlendirildiğinde, nehirde 1975 yılından sonra taşkın pik debilerinin düştüğü minimum debilerin ise arttığı görülmüştür. Ayrıca, katı madde taşınma noktaları Gökçekaya Barajının işletmeye geçmesinden sonra düşüş göstermiştir, bunun sonucunda da nehir yatağında bazı oyulmalar meydana gelmiştir.

Anahtar kelimeler- Akım değişimleri, katı madde miktarı, barajların mansaba etkisi, Aşağı Sakarya Nehri.

Abstract – Dams and some other hydraulic structures cause some changes hydrology of river after their construction. After the construction of the Gökçekaya Dam above the river in 1975, some changes occurred on the Lower Sakarya River such as hydrological characteristic, river regime, sediment transport rates, and morphological changes. The measurements of sediment rate and the water flow have been evaluated graphically. Results show that while flood peak discharges in the Lower Sakarya River decrease, minimum discharges increase after 1975. Furthermore, sediment transport rates decrease after the construction of the Gökçekaya Dam. As a result of this there is some degradation in the river bed

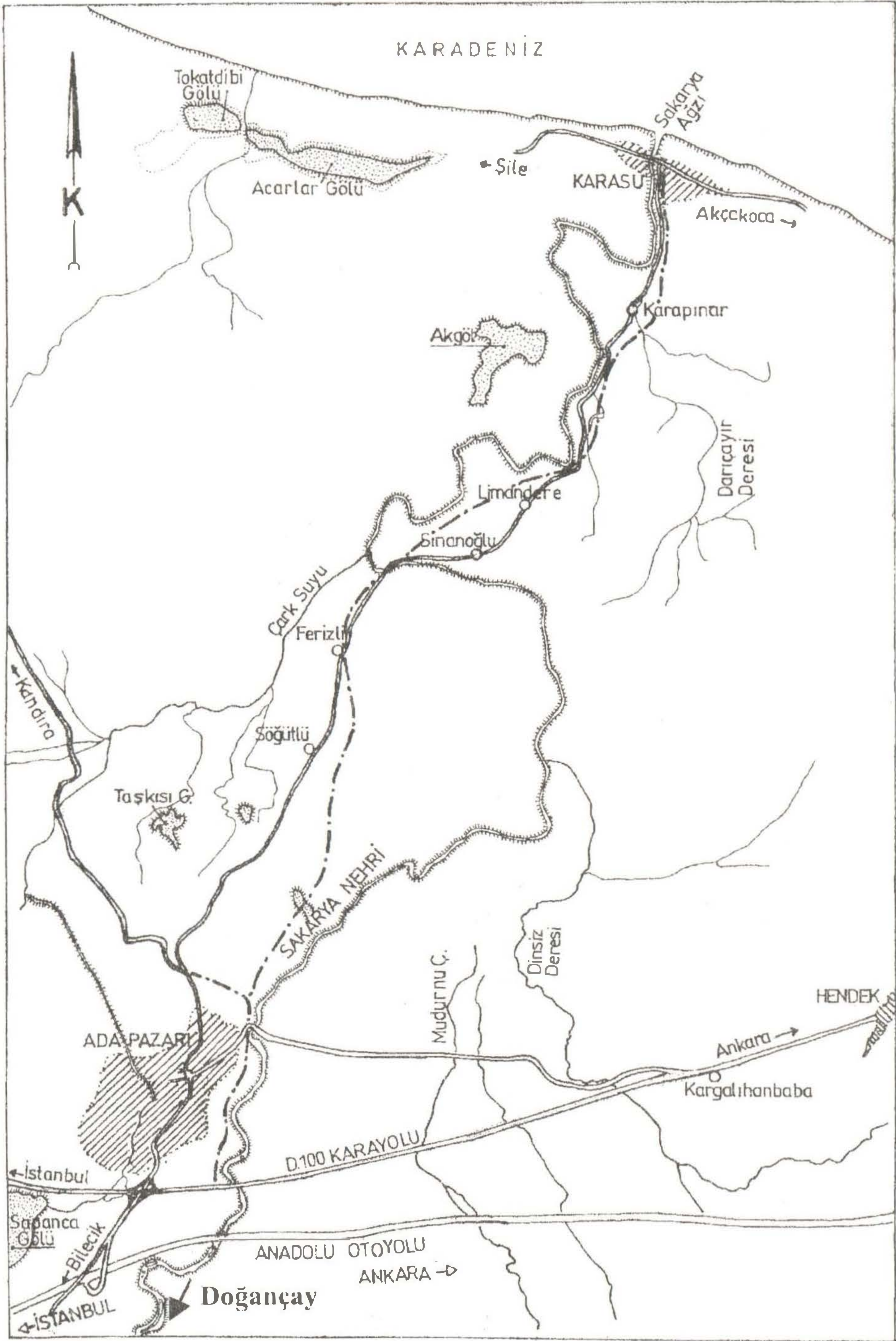
Keywords- Flow changes, sediment discharge, downstream effect of dams, Lower Sakarya River.

I. GİRİŞ

Barajların inşaatlarından sonra, nehrin mansabındaki hidrolojik ve katı madde özelliklerinde bazı değişimlerin olduğu bilinmektedir. Çok sayıda araştırmacı bu değişimleri incelemiştir [1]. Diğer taraftan Sakarya Nehrinde 1956'dan beri büyük barajlar çalıştırılmasına rağmen nehirdeki değişimler üzerine herhangi bir inceleme yapılmamıştır. Buna ek olarak son 50 yıldır Aşağı Sakarya Nehrinden çevredeki büyük illerin yapı malzemesi ihtiyacını karşılamak için önemli miktarda kum alınmaktadır. Aynı zamanda 1960-1970 yılları esnasında Aşağı Sakarya Nehrinde bazı seddeler inşaa edilmiştir. Tüm bu faaliyetler Aşağı Sakarya Nehrinin nehir karakteristiklerinin değişmesine neden olmuştur [8]. Bu çalışmada; Aşağı Sakarya Nehrindeki sedde ve baraj inşaatlarının, nehir akımında ve katı madde taşınımında meydana getirdiği değişimler incelenmiştir.

II. SAKARYA NEHRİNİN ÖZELLİKLERİ

Eskişehir'in Çifteler ilçe merkezinin 3 km güneydoğusundan doğan ve daha sonra birçok küçük derelerle beslenen Sakarya Nehri ülkemizin önemli akarsularındandır. Türkiyenin kuzeybatısında bulunmakta olup toplam uzunluğu 510 km, genişliği 60-70 m, yer yer 150 m'ye varabilmektedir. Sakarya Nehrinin tüm drenaj alanı 55 312 km² dir. Üzerinde kurulan barajlarla elektrik üretilen, geçtiği bölgelerdeki tarımsal toprakların sulanmasını sağlayan, bölge çapında inşaat kumunun temin edildiği Sakarya Nehri, Pamukova ilçesinin güneyinden Sakarya ili topraklarına girer. Aşağı Sakarya Nehrinin drenaj alanı, Doğançay ölçüm istasyonu ve Karadeniz arasında Sakarya Nehrinin tüm drenaj havzasını içerir (Şekil 1). Taban kotunda Karadeniz'den Adapazarı'na doğru 24 m civarında bir artış gözlenir. Nehir yatağının taban eğimi her 1000 m.'de 0.3 m değişir. Nehir mansap kısmında hafif menderesli güzergah izler. 1956 yılında Yukarı Sakarya Havzasında ilk büyük baraj olan Sarıyar Barajının işletmeye açılması, daha sonra aşağıda başka bir büyük baraj olan Gökçekaya Barajının tesis edilmesi 1975 yılında işletmeye alınması, Yenice Barajının inşası ve nehir yatağından kum alımı Aşağı Sakarya Nehrinin özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir.



Şekil 1 Aşağı Sakarya Nehri Planı

III. İKLİM VE NEHRİN HİDROLOJİSİ

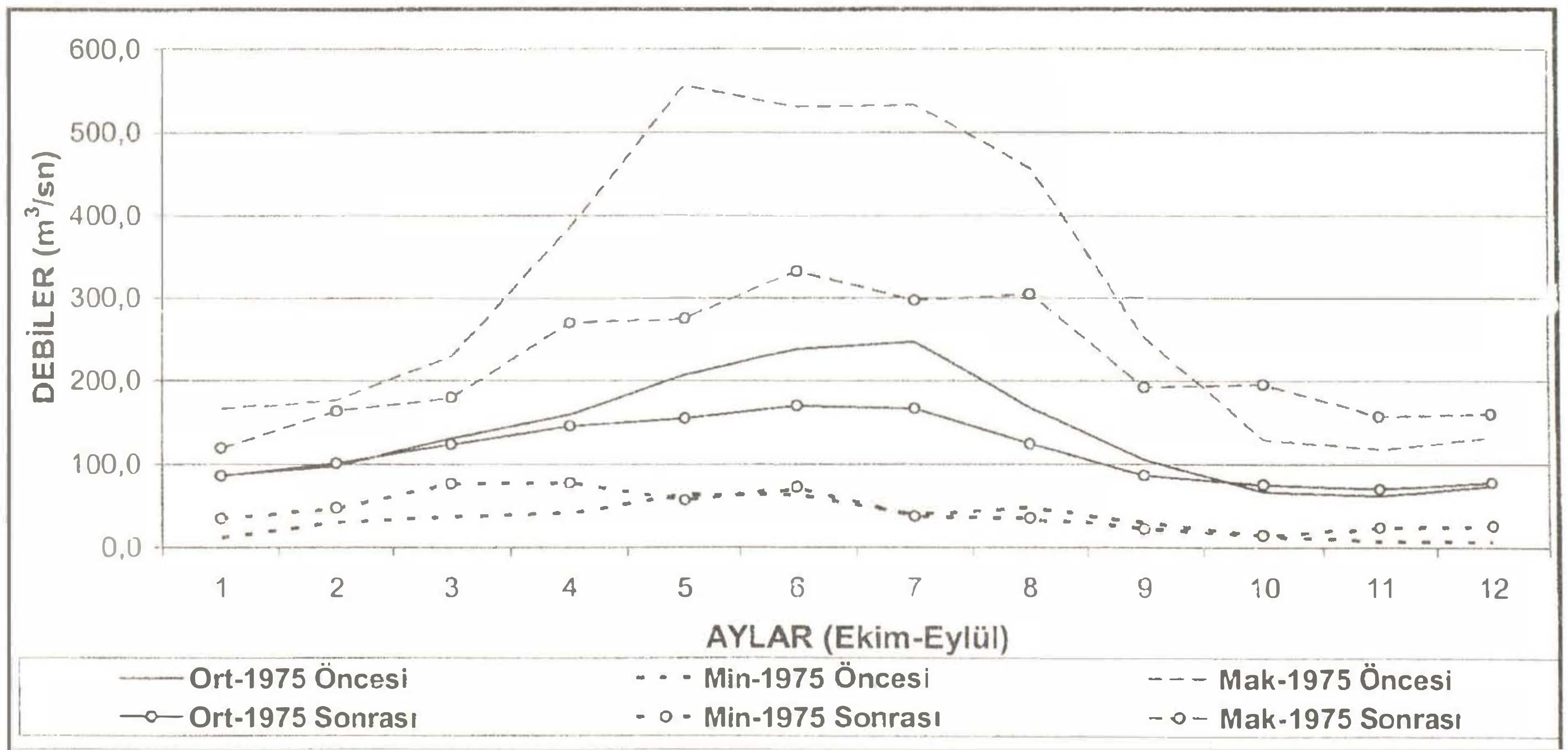
Çalışma sahasında en yüksek aylık ortalama yağış 102.9 mm ile Aralık ayında, en düşük yağış 43.7 mm ile Temmuz ayında gözlenmiştir. Ortalama yıllık yağış miktarı 805.7 mm, yıllık ortalama sıcaklık 14.2°C, yıllık ortalama karla kaplı gün sayısı 8.6, donlu gün sayısı 23.3, sisli gün sayısı ise 31.9 olarak kaydedilmiştir. Bölgede rüzgar genel olarak kuzey, kuzey-doğu ve kuzey-batı yönlerinden esmektedir. Yıllık ortalama kuvvetli rüzgarlı (10.8- 17.1 m/s) gün sayısı 18.2 ve fırtınalı (>17.1 m/s) günlerin sayısı 0.8 dir. Son 30 yıl içinde Yukarı, Orta ve Aşağı Sakarya havzalarında inşa edilen baraj ve sel kapanı gibi su biriktirme yapıları nehrin akış rejimini oldukça düzenlemiştir. Özellikle 1972 yılında Gökçekaya Barajı inşaatının bitmesinden sonra, Aşağı Sakarya Doğançay ve Botbaşı akım gözlem istasyonlarında (1975 yılı sonrası akımlarda pik değerlerin düştüğü tespit edilmiştir. Barajın tam kapasite ile 1975 yılında devreye girdiği esas alınarak, hesaplarda 1975-1994 yılları arası akımlar değerlendirmeye alınmıştır.

IV. HİDROLOJİK ANALİZ

IV.1 Aşağı Sakarya Nehrinde Akım Değişimlerinin Nehir Hidrolojisine Etkileri

Yukarı, Orta ve Aşağı Sakarya havzalarında inşa edilen baraj, regülatör ve sel kapanı gibi su biriktirme yapıları Aşağı Sakarya Nehri'nin akış rejimini oldukça

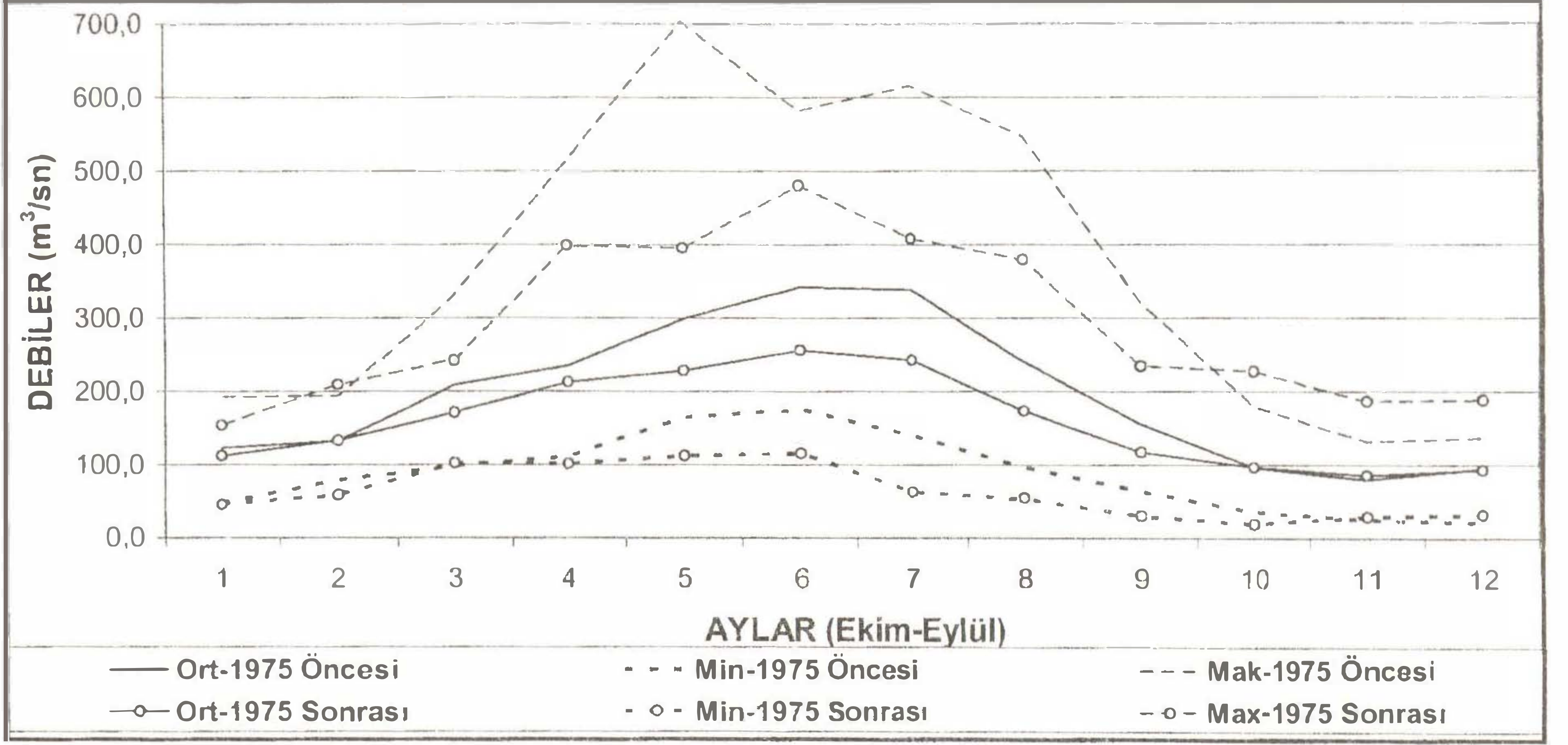
düzenlemiştir. Özellikle 1972 yılında Gökçekaya Barajı inşaatının bitmesinden sonra Aşağı Sakarya'da Doğançay ve Botbaşı Akım Gözlem İstasyonlarında 1975 yılı sonrası akımlarda pik değerlerin düştüğü tespit edilmiştir. Barajın tam kapasitesi ile 1975 yılında devreye girdiği esas alınarak, hesaplarda 1975 yılı öncesi ve sonrası akımlar karşılıklı olarak değerlendirilmiştir. Doğançay ve Botbaşı'nda 1975 yılı öncesi ve sonrası aylık ortalama, minimum ve maksimum akım değerleri Şekil 2 ve Şekil 3'de verilmiştir. 1975'ten önce Doğançay'da en düşük ortalama Ağustos ayında 61.9 m³/s ve en yüksek ortalama Nisan ayında 247.1 m³/s'dir. 1975'ten sonra ise en düşük ortalama Ağustos'ta 70.3 m³/s ve en yüksek ortalama Mart da 170 m³/s bulunmuştur. 20 yılın genel ortalaması 1975'ten önce ve sonra sırasıyla 136.9 ve 115.2 m³/s olarak elde edilmiştir [5]. En yüksek maksimum akım 1975'ten önce Şubat ayında 556 m³/s iken 1975'ten sonra Mart ayında 332.4 m³/s olarak gerçekleşmiştir. Minimum akım değerlerinin ortalaması 32.7'den 43.6 m³/s'ye yükselmiştir. Maksimum akımların ortalaması 305.4 m³/s'den 220.3 m³/s'ye düşmüştür. Botbaşı'nda 1975'ten önce en düşük ortalama Ağustos ayında 80.6 m³/s ve en yüksek ortalama Mart ayında 342.1 m³/s olarak tespit edilmiştir. 1975'ten sonra ise en düşük ortalama Ağustos'ta 86.3 m³/s ve en yüksek ortalama Mart'da 256.5 m³/s bulunmuştur. Doğançay'da 20 yılın genel ortalaması 1975'ten önce ve sonra sırasıyla 195.7 ve 160.5 m³/s'dir. Minimum akım değerlerinin ortalaması 88.7'ten 63.8 m³/s'ye düşmüştür.



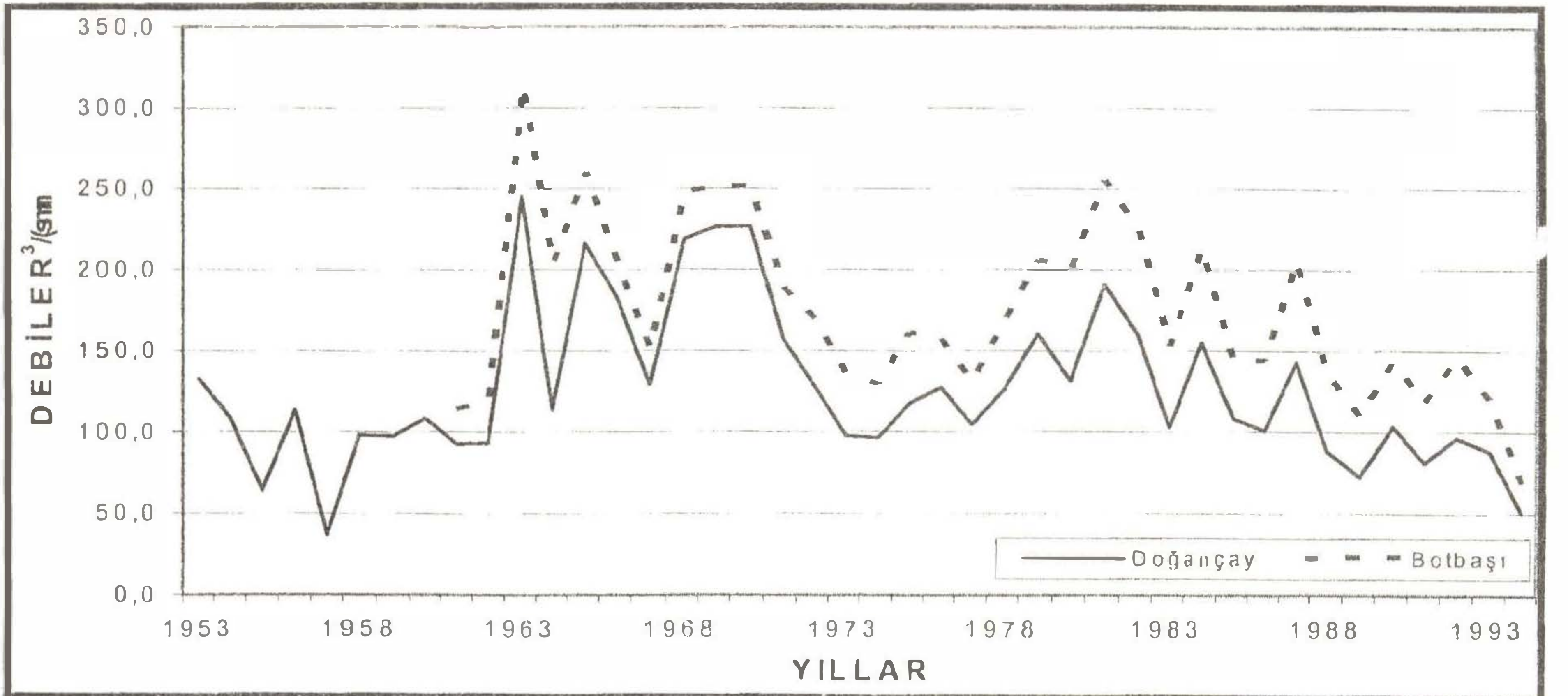
Şekil 2 1975 Sonrası Doğançay İstasyonundaki Akım Değerleri

Maksimum akımların ortalaması 371 m³/s'den 292.3 m³/s'ye düşmüştür. Her iki istasyonda görüldüğü üzere 1975 yılından sonra akım değerleri düzenlenmiştir. Genel olarak pik değerler azalırken minimum değerler artmıştır. Doğançay ve Botbaşı akım gözlem istasyonlarına ait yıllık ortalama akımların debi gidiş çizgisi Şekil 4'te verilmiştir. Doğançay ve Botbaşı istasyonlarına ait Debi Süreklilik

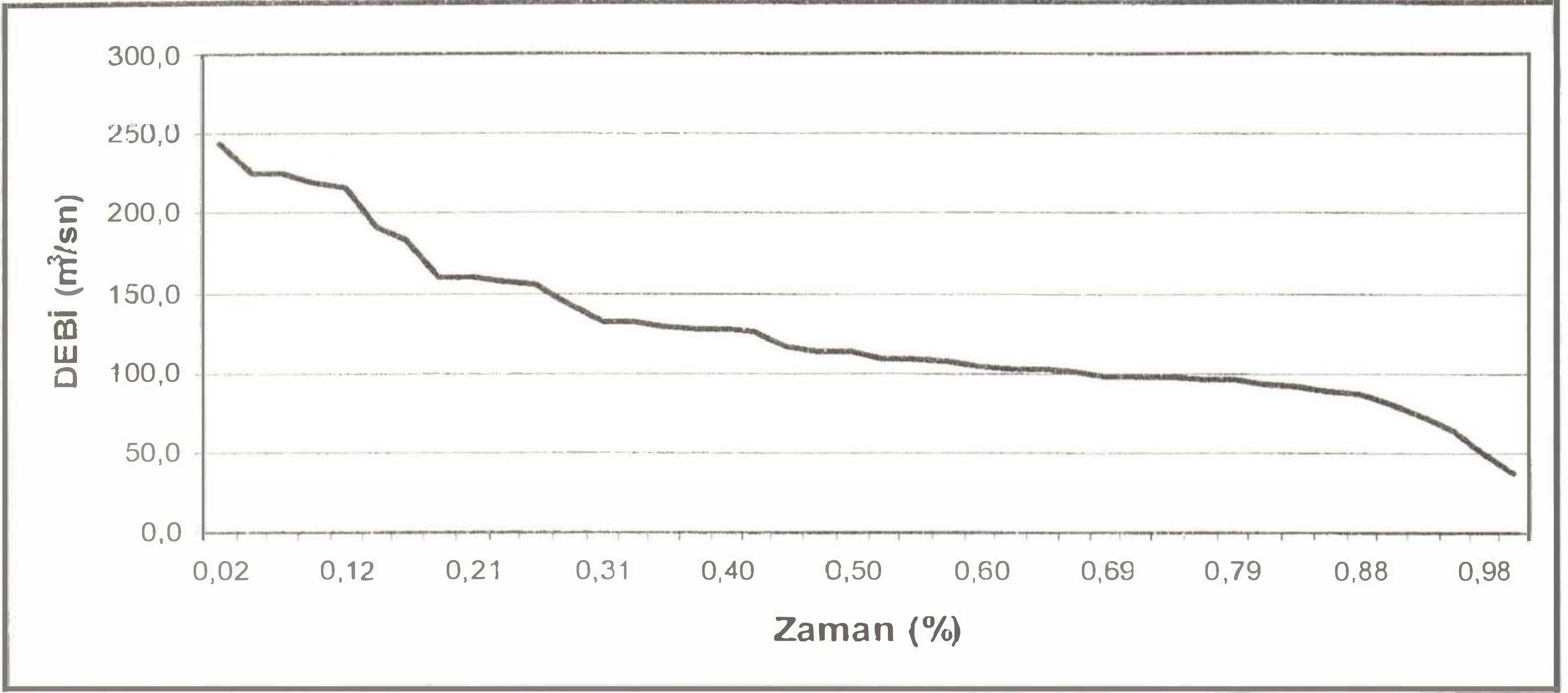
çizgileri ise Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir. Doğançay'da zamanın %50'sinde 113.5 m³/s'lik akım bulunmakta ve 100 m³/s ve üzeri akım, zamanın % 67'sinde nehirde mevcuttur. Botbaşı'da ise zamanın % 50'sinde, 161.3 m³/s'lik akım bulunmakta ve 100 m³/s ve üzeri akım, zamanın % 97'sinde nehirde mevcuttur.



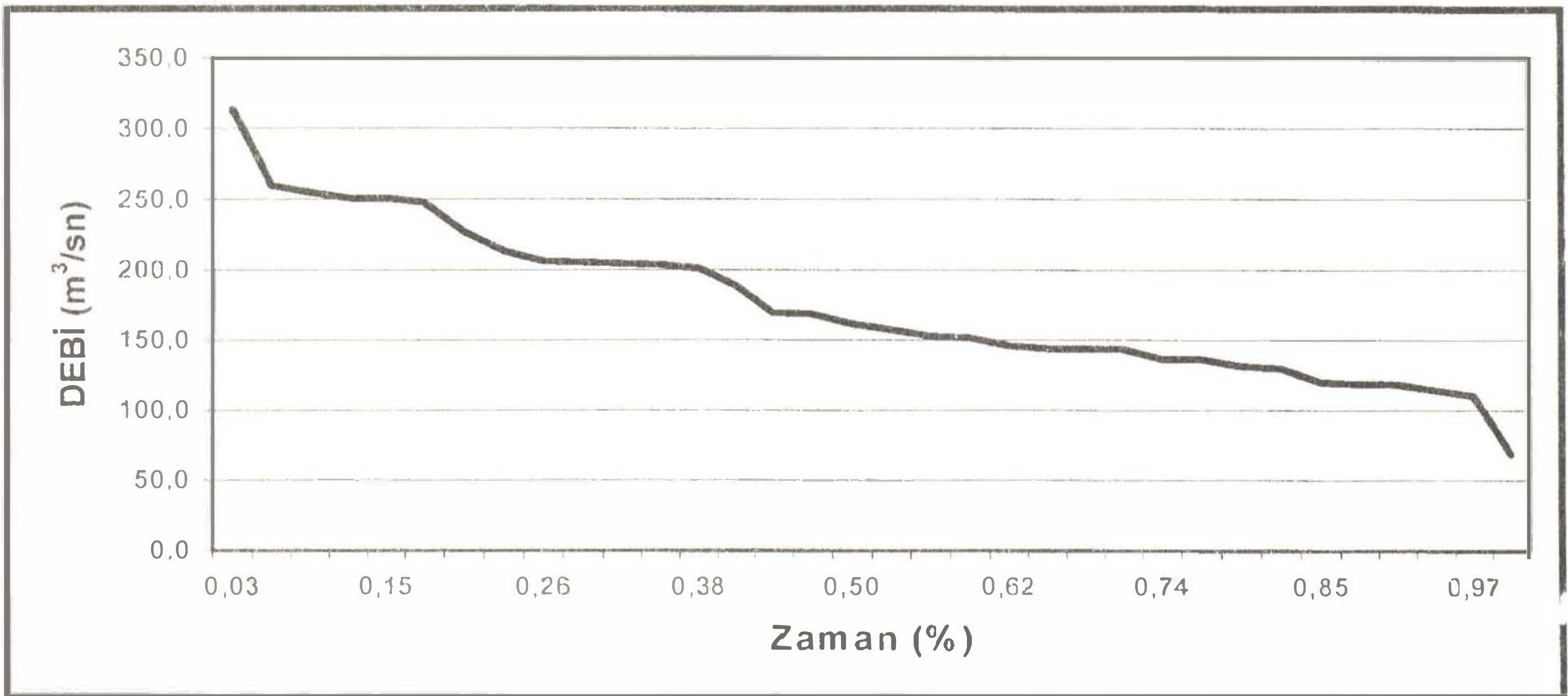
Şekil 3 1975 Sonrası Botbaşı İstasyonundaki Akım Değerleri



Şekil 4 Doğançay ve Botbaşı'na Ait Debi Gidiş Çizgileri



Şekil 5 Doğançay'a Ait Debi Süreklilik Çizgisi



Şekil 6 Botbaşı'na Ait Debi Süreklilik Çizgisi

IV.2 Taşkın Debileri

Doğançay için 1953-1994 ve Botbaşı için 1961-1994 yılları arası dikkate alınarak gelmesi muhtemel 25, 50, 100 ve 500 yıllık taşkınları hesap edilmiştir [3]. Yukarı, Orta ve Aşağı Sakarya havzalarında inşa edilen barajlar ve sel kapanları gibi su yapıları nehrin rejimini düzenleyici bir rol oynamışlardır. Özellikle 1972 yılında Gökçekaya Barajı'nın bitirilmesi ile Aşağı Sakarya'da pik değerlerde düşüş

olmuştur. Bundan dolayı taşkın debileri hesabında 1975 yılı öncesi ve sonrası akımlar değerlendirilmiştir.

Doğançay için 1953-1994, 1953-1975 ve 1975-1994 yılları arası Yıllık Anlık Maksimum Akım değerleri dikkate alınarak gelmesi muhtemel 25, 50, 100 ve 500 yıllık taşkınlar Gumbel metoduna göre hesap edilmiştir, hesap edilen bu taşkınlar Tablo 1'de verilmiştir.

Doğançay'da 50 yılda gelmesi muhtemel taşkın 1953-1994 arası, 1975 öncesi ve sonrası için sırasıyla 1074.3, 1292.5 ve 679.8 m³/s olarak elde edilmiştir. Yapılar yapıldıktan sonra muhtemel taşkınlarda % 47.4'lük bir azalma görülmüştür. 100 yılda gelmesi muhtemel taşkında ise 1447.3 m³/s'den 741.3 m³/s'ye inerek % 48.8'lik bir düşüş göstermiştir.

Benzer şekilde Botbaşı'nda 1961-1994, 1961-1975 ve 1975-1994 yılları arası Yıllık Anlık Maksimum Akım değerleri dikkate alınarak gelmesi muhtemel 25, 50, 100 ve

500 yıllık taşkınlar Gumbel metoduna göre hesap edilmiştir. Hesap edilen bu taşkınlar Tablo 2.'de verilmiştir. Botbaşı'nda 50 yılda gelmesi muhtemel 1961-1994 arası, 1975 öncesi ve sonrası için sırasıyla 995.8, 1187.0 ve 797.7 m³/sn olarak elde edilmiştir. Yapılar yapıldıktan sonra muhtemel taşkınlarda % 32.8'lik bir azalma görülmüştür. 100 yılda gelmesi muhtemel taşkında ise 1308.2 m³/s'den 860.8 m³/s'ye inerek %34.2'lik bir düşüş göstermiştir. Bu da gösterir ki yukarıda bahsettiğimiz gibi 1975'den sonra nehrin rejiminde bir düzenleme olmuş ve pik değerler düşmüştür [3].

Tablo 1 Doğançay İstasyonuna Ait Gelmesi Muhtemel Taşkınlar

TAŞKINLAR (yıl)	1953-1994 (m ³ /s)	75 ÖNCESİ (m ³ /s)	75 SONRASI (m ³ /s)	AZALMA (%)
25	947.1	1136.6	617.9	45.6
50	1074.3	1292.5	679.8	47,4
100	1200.5	1447.3	741.3	48,8
500	1492.1	1805.0	883.4	51,1

Tablo 2 Botbaşı İstasyonuna Ait Gelmesi Muhtemel Taşkınlar

TAŞKINLAR (yıl)	1953-1994 (m ³ /s)	75 ÖNCESİ (m ³ /s)	75 SONRASI (m ³ /s)	AZALMA (%)
25	900.1	1064.9	734.2	31.1
50	995.8	1187.0	797.7	32.8
100	1090.7	1308.2	860.8	34.2
500	1310.2	1588.4	1006.7	36.6

V. NEHİRDE KATI MADDE TAŞINIMI

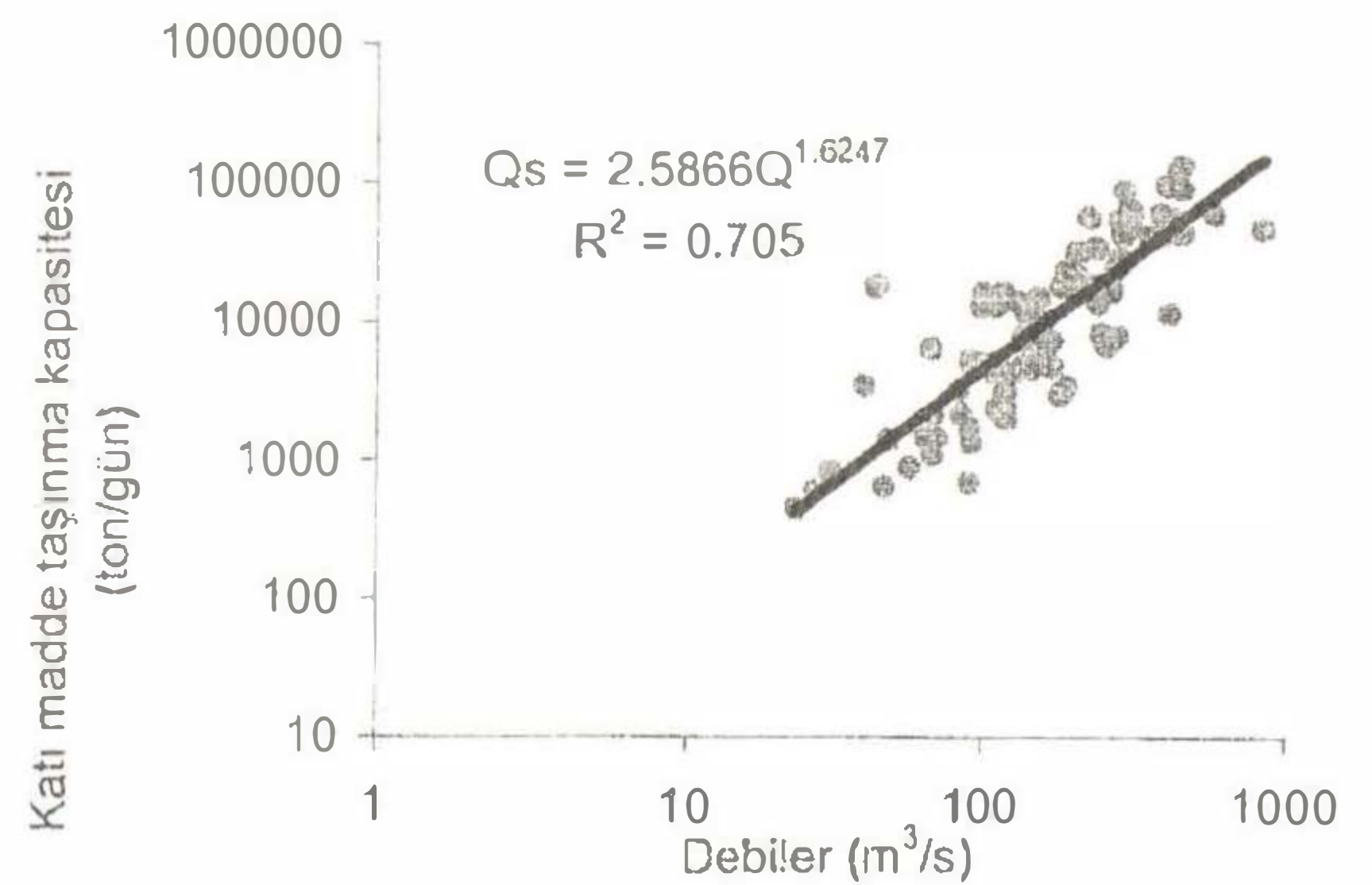
Aşağı Sakarya Nehrinde sadece Botbaşı istasyonunda 1964 yılından itibaren katı madde ölçümleri yapılmaktadır. 1964-1985 yılları arasında Botbaşı istasyonundan alınan askı maddesi numunelerine göre nehrin ortalama akımının taşıdığı katı madde konsantrasyonun yaklaşık 1200 ppm olduğu görülmüştür. Akımın taşıdığı askı maddesi toplam katı maddenin %30-%60'ı arasında değişiklik göstermektedir. Debinin büyük olduğu akımlarda katı madde konsantrasyonun 5000 ppm'in üzerine çıktığı görülmüştür [6].

1975 öncesi ölçülmüş akımlar için katı madde miktarlarının debi ile değişimi Şekil 7'de gösterilmiştir. Şekil 7'den su debisi ve katı madde taşıma kapasitesi arasındaki ilişki,

$$Q_s = 2.5866Q^{1.6247} \quad (1)$$

olarak elde edilmiştir. Burada, Q_s (ton/gün) katı madde taşınım miktarı Q (m³/s) su debisidir. Bu veriler için

korelasyon katsayısı 0.705 bulunmuştur. Denklem 1'den görüldüğü gibi katı madde taşıma kapasitesi su debisi arttıkça artmaktadır.



Şekil 7 1975 Öncesi Nehrin Katı Madde Taşıma Kapasitesi İle Debisi Arasındaki İlişki

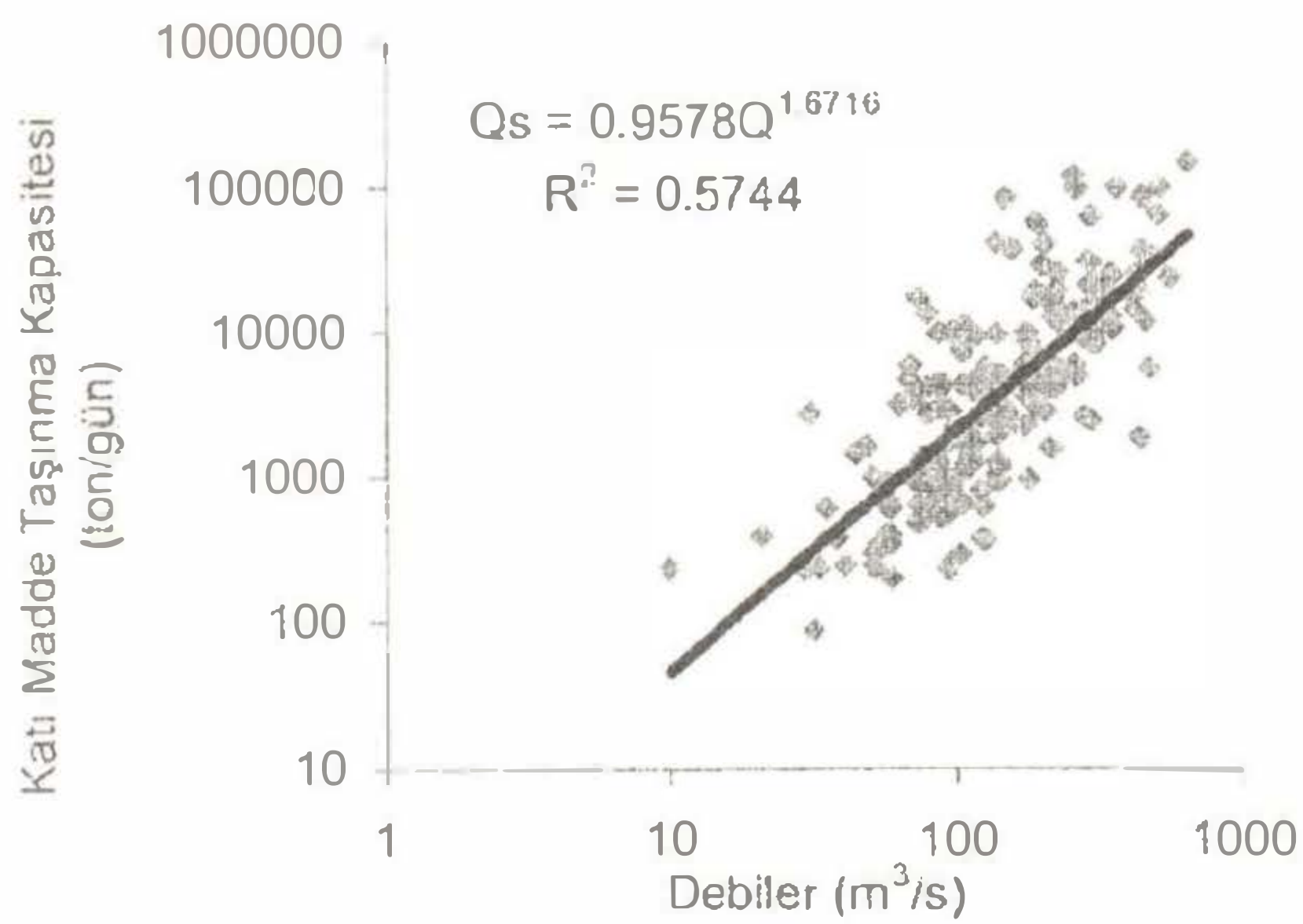
1975 sonrası Q_s ile Q arasındaki ilişki Şekil 8'de verilmiştir. Buradan katı madde miktarı ile debi arasındaki ilişki,

$$Q_s = 0.9578Q^{1.6716} \quad (2)$$

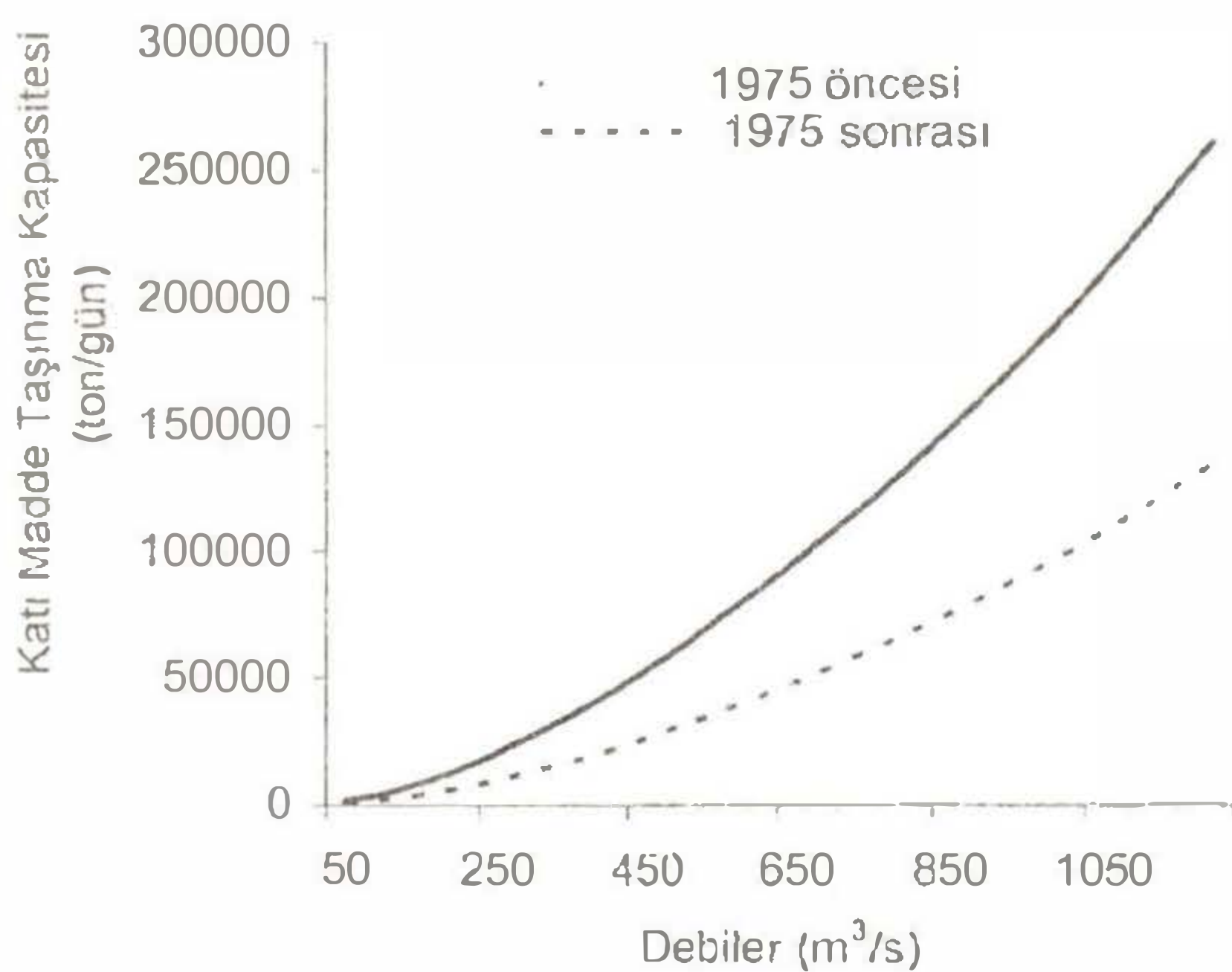
ile elde edilmiştir.

Bu durumdaki korelasyon katsayısı 0.5744 bulunmuştur.

Yukarıda bulunan denklemler kullanarak debi ile katı madde taşınım miktarı arasındaki ilişki, Şekil 9'da verilmiştir. Şekilden nehrin katı madde taşınım miktarının zamanla düştüğü görülmektedir.



Şekil 8 1975 Sonrası Nehrin Katı Madde Taşıma Kapasitesi İle Debisi Arasındaki İlişki



Şekil 9 1975 Öncesi Ve Sonrası Nehrin Katı Madde Taşıma Kapasitelerinin Karşılaştırılması

VI. SONUÇ

Bu çalışmada Aşağı Sakarya Nehrinde katı madde ve akım değişimleri incelenmiştir. Katı maddenin ve debi değişimlerinin bir çok nedeni ortaya konmuştur. Akımların değişmesine özellikle Orta ve Yukarı Sakarya Nehrinde yapılan yapıların neden olduğu yapılan hidrolojik analizle tespit edilmiştir.

Bu çalışmadan şu sonuçlar çıkarılabilir;

1. Aşağı Sakarya Nehrinde, 1975 sonrasında aylık nehir akımları düzenlenmiştir.
2. 1975'ten sonra Aşağı Sakarya Nehrinde gelmesi muhtemel pik akımlar %30-50 civarında düşmüştür.
3. Son 35 yılda katı madde taşıma kapasitesi %50 civarında düşmüştür.
4. Aşağı Sakarya Nehrinde nehir özelliklerinin değişimleri çok sayıda pratik sonuçlar vermiştir. Örneğin, su yüzeyi seviyesi düşmüştür. Çok büyük pik akımlarının geçmişte sıkça görüldüğü anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Ağırlioğlu, N., Çallı, İ., Saltabaş, L., Sümer, B., Eryılmaz, B., Gündüz, Z., Şaşal, M., Karpuz, S. ve Demir, İ. H., Aşağı Sakarya Nehri Ulaşım Projesi Fizibilite Çalışması, Sakarya Üniv., Sakarya, Ocak, 1998, 192 sayfa.
- [2] DSİ, Feasibility Report For Lower Sakarya Project, DSİ Matbaası, Ankara, December, 1965, 225 sayfa.
- [3] DSİ, Türkiye Akarsu Havzaları Maksimum Akımlar Frekans Analizi, Ankara, 1994.
- [4] DSİ, Aşağı Sakarya Fizibilite Raporu, Ankara, 1965.
- [5] EİE, Aylık Ortalama Akımlar (1935-1990), 1995, 389 sayfa.
- [6] EİE, Türkiyedeki Katı Madde Verileri ve Katı Madde Taşıma Miktarları, Ankara, 1993
- [7] Erkek, C., Ağırlioğlu, N., 1998. Su Kaynakları Mühendisliği, Beta Yayınları, Cağaloğlu, İstanbul.
- [8] Erkek, C., Müftüoğlu, F., Ağırlioğlu, N. ve Saltabaş, L., 1976. Aşağı Sakarya Nehrinde Navigasyon Olanaklarının İncelenmesi, Teknik ve Mali Fizibilite Ön Etüdü, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [9] Komura, S. And Simons, D. B., (1967). " River-Bed Degradation Below Dams ", J. of the Hydraulics Division, ASCE, 93 (4), PP. 1-14.
- [10] Simons, D. B. and Şentürk, F., 1992. Sediment Transport Technology, Water Resources Publications, Littleton, Colorado.
- [11] Sümer, M. B., Ünsal, İ. ve Bayazıt, M., 1983. Hidrolik, Birsen Yayınevi, İstanbul.