

AKARSULAR İÇİN KRİTİK DEBİ HESABI VE NÜMERİK UYGULAMASI

Recep İLERİ

*Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
54040 Esentepe, ADAPAZARI*

Özet - Arıtılmış atıksuların deşarj edildiği akarsuların kirlenme kontrolü çalışmalarında hesaplar, akarsuyun kritik debisine (minimum kurak devre debisi) göre yapılmaktadır. Bu çalışmada, kritik debi hesabında kullanılacak akarsu kritik debi hesabı metodu verilmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu metodun nümerik uygulaması Sakarya Nehri ve Çark Deresi'ne uygulanmıştır.

Abstract - Calculations related to study for control of pollution rivers discharged of treated wastewaters were given according to critical flowrate (minumum flowrate during dry periods). In this study, method of callucation of critical flowrate has been considered in order to calculate critical flowrate of rivers. In addition, a numerical application has been given for Sakarya River and Çark Creek.

I. GİRİŞ

Çeşitli maksatlarla kulanımlardan ortaya çıkan atık sular, belirli bir dereceye kadar atıldıktan sonra akarsu, göl, deniz veya arazi gibi bir alıcı ortama verilirler. Kullanılmış suların arıtma derecesi alıcı ortamın kirletici özümleme kapasitesine (kendi kendine tasfiye derecesine) bağlıdır. Bu sebeple alıcı ortam olarak kullanılacak akarsu, göl, deniz veya arazilerin kirletici tasfiye kapasitelerinin tespiti büyük önem taşır. Alıcı ortam olarak en çok kullanılan ortamlardan birisi de akarsulardır. Eskiden beri hem su temini hem de kullanılmış suları deşarj maksadıyla yerleşim birimlerinin genellikle akarsu kenarlarında kurulduğu görülmektedir. Bu sebeple su kirliliği ilk defa akarsularda görülmeye başlanmıştır.

Akarsuların kirletici özümleme kapasiteleri diğer bir çok faktörün yanında özellikle debilerine bağlıdır. Çünkü kullanılmış sular akarsuya verildiklerinde seyrelme ve kendi kendini tasfiye şeklinde iki yolla temizlenir.

Seyrelme oranı tamamen akarsuyun debisiyle ilgilidir. Kendi kendine tasfiye ise kullanılmış su-akarsu karışımındaki kirletici madde konsantrasyonuna, dolayısıyla akarsuyun debisine, akım hızına, karışım derecesine ve diğer şartlara bağlıdır. Akarsulara kullanılmış su deşarjı yapılırken akarsu hesap debisi olarak belirli bir periyodla kritik debi (en kurak devre debisi) alınmaktadır. Zira akarsu debisi yıllara ve mevsimlere göre büyük farklılık göstermektedir. Kurak devre debisinin seçimi konusu büyük bir önem arz etmekte ve bir takım istatistiki çalışmalar gerekmektedir. Her zaman istenen su kalitesinin sağlanması için hesap debisi olarak en küçük debinin alınması gerekir. Ancak bu durumda arıtma tesislerinin maliyeti çok fazla olmaktadır. Diğer taraftan hesap debisinin büyük seçilmesi akarsuyun kullanılma maksatlarını azaltmaktadır. Dolayısıyla optimum bir çözümün bulunması gerekmektedir.

Kurak devre debisinin bulunmasında, genellikle geçmiş yıllara ait akım değerlerini istatistiki metodlarla değerlendirme esasına dayanan stokastik metodlar kullanılmaktadır. Kurak devrelere ait (düşük) akımların istatistiki analizi ile ilgili ilk çalışma Gumbel (1) tarafından yapılmıştır. Gumbel yaklaşımında bir yıldaki günlük akışların en küçüğü o yıla ait kurak devre debisi olarak seçilmektedir. Bu yaklaşımın bir takım mahsurları dolayısıyla daha sonraki yıllarda kısmi süreli ekstremler yaklaşımı geliştirilmiştir (2). Bu yeni yaklaşımda kritik hesap debisi olarak aşağıdaki alternatiflerden birisi seçilmektedir:

- Su kalite standartlarının fonksiyonu olarak %5 riske karşı gelen akım.

Önceki yaklaşımların her ikisinde kuraklığı süresi hakkında bilgi vermemesi mahsurunu ortadan kaldırmak

için, önceleri "Minumum hareketli ortalamalar yaklaşımı" geliştirilmiştir (3,4). Girişler analizinde kuraklığın şiddeti, süresi, frekansı ve mevkii dağılımında dikkate alınmakta ve analiz genellikle haftalık akış serilerine uygulanmaktadır.

Kullanılmış su deşarjı için akarsu kritik hesap debisinin hesabı konusunda Türkiye de de bazı çalışmalar yapılmıştır. Öztürk (4), Türkiye'deki bazı nehirlerin rasat istasyonlarına ait uzun süreli ölçümleri, düşük akımların istatistiki analizi metoduyla incelenmiş ve bu nehirler için kritik hesap debisini tespit etmiştir. Diğer bir çalışmada; 7 , 15 ve 30 günlük minumum hareketli ortalamalarla elde edilen değerlerin eklenik frekans diyagramı vasıtasıyla kritik hesap debisinin belirlenmesini teklif etmişlerdir (4). Öztürk (3) düşük akımların istatistiki analizinin Çevre mühendisliğindeki önemini göstermiştir. Eroğlu 1980'de nehir havzalarındaki tasfiye tesisi verimlerinin düşük akımlar esas alınarak optimum planlamasını sağlayan bir model geliştirmiştir (4). Eroğlu ve Öztürk (5), çeşitli metodlarla bulunan nehir kritik kuraklık debilerinin arıtma maliyetine etkilerini incelemişler ve neticeyi nümerik bir örnek üzerinde göstermişlerdir. Eroğlu ve San (6), nehirlerdeki su kalitesinin optimazasyonu çalışmalarında, Sakarya - Porsuk havzasının ölçme istasyonları için kritik hesap debisini belirlemişlerdir. Öztürk (3), kritik debi hesabı için mevsimlik tasfiye ve objektif kesim seviyesi metodunu geliştirmiştir. Eroğlu, Akça ve Kınacı (7), TSE için kritik hesap debisinin tespitine ait bir kılavuz hazırlamışlardır.

Bu çalışmada, daha önceki araştırmalar da değerlendirilerek pratik maksatlar için yeterli oranda hassas, basit ve kolay uygulanabilir bir akarsu kritik hesap debisi metodu geliştirilmeye çalışılmış ve bu hesap metodu 1981-1991 tarihleri için Sakarya Nehri'ne, 1986-1993 tarihleri için Çark Deresine nümerik olarak uygulanmıştır.

II. İNCELENEN AKARSULAR HAKKINDA BİLGİ

II.A. Sakarya Nehri

Toplam uzunluğu 824 Km. olan Sakarya'nın 159.5 Km. lik bölümü Sakarya ili alaiundadır. Irmak, Pamukova güneyinden Sakarya ili topraklarına girer. Önce güneybatı - kuzeybatı istikametinde akar, Geyve Bağazı'na girmeden önce sağdan Karaçay deresini alır. Dar ve derin olan boğazdan çıktıktan sonra Karaçam ve Akçay derelerini de alarak Adapazarı'nın doğusundan geçer. Daha sonra yeniden kuzeydoğuya dönen akarsu, doğudan Mudurnu çayını alır ve kuzeye yönelir. Sapanca gölünün ayağını oluşturan Çark suyu ile birleşir. Alifuatpaşa ile Karaçam arasında vadi daralık ve vadinin doğusunda, batısında 1000 mt.yi bulan dağlar yükselir. Sapanca'dan sonra Sakarya nehri, hemen hemen dümdüz bir alanda akınaya başlar. Kuzeydeki plato sahasını bir boğazla geçtikten sonra kıyı ovasına varır. Karasu ilçesinin Yenimahalle semtinde

Karadeniz'e dökülür. Üzerinde Sarıyar barajı kurulduğu halde Mart ve Nisan aylarında sağnak yağışların başlamasıyla taşar, bazı sahaların sular altında kalmasına neden olurdu. Ancak 1982 yılında hizmete giren Pamukova Regülatörü nedeniyle taşkınlar büyük oranda önlenmiştir. Sakarya nehrinden geçiş Tavuklar, Trabzanlar, Sinanoğlu, Adatepe, Tuzla ve Yenimahalle köprüleriyle sağlanmaktadır.

II.B. Çark Deresi

Sapanca gölünün ayağı olan Çark suyu, Sakarya ırmağına boşalır. Uzunluğu 45 km. olan akarsu, Sapanca gölünün doğusundan çıkar ve batıdan Elmeli deresi, Kocadere ve Söğüt deresini alarak kuzey doğuya yönelir. Seyfiler köyü yakınında Sakarya Nehri'ne katılır. Adapazarı'nın içme ve kullanma suyu, uzun yıllar Çark suyundan sağlanmıştır.

III. KRİTİK HESAP DEBİSİNİN BELİRLENMESİ

III. A. Genel Esaslar

Tasfiye tesislerinin projelendirmesine ve deşarj standartlarının tespitine esas olacak kritik debinin (akarsu hesap debisi) belirlenmesinde çeşitli istaslar dikkate alınmakta ve muhtelif metodlar tatbik edilmektedir.

- Ekstrem değerler istatistiğinin düşük akımlara uygulanmasında her bir yıla ait günlük akım ölçümlerinin en küçük değeri düşük akım olarak alınıp, ekstra değerler istatistiği tatbik edilmektedir. Ancak su kalitesi kontrolünde bu hesap tarzı, bazı mahzurları dolayısıyla tatbik edilmemektedir.
- Yıllık en düşük akımlara ait serinin aritmetik ortalamasının veya,
- Yıllık en düşük akım serisinin ortanca (Medyan) değerinin, hesap debisi olarak alınması mümkün isede bu metodlarda kurak devrenin süresi hakkında bir bilgi ihtiva etmemektedir.

Su kalitesi denetiminde kritik debinin değeri yanında kurak devrenin süreside ehmiyet arz etmektedir. Bu yüzden "En Düşük Hareketli Ortalama" lar yaklaşımı olarak bilinen ardışık en düşük 7, 15 veya 30 günlük hareketli ortalamaların istatistiki değerlendirilmesi yoluyla kritik debilerin bulunması uygundur. Bu şekilde bulunan frekans dağılımlarının Log - Normal, Gumbel, Pearson gibi çarpık dağılımlara uyduğu anlaşılmıştır.

III. B. Akarsu Kritik Hesap Debisinin Tesbiti

III. B.1 Ana Hesap Prensibi

Bu çalışmada akarsulara deşarj standartlarının tesbitine esas olacak kritik debinin hesabında, ardışık minumum 7 günlük hareketli ortalamaların dikkate alınması ile kritik debinin Log - İhtimal dağılımında %

10'a tekabül eden değer olarak alınması prensib olarak kabul edilmiştir.

III. B.2. Debi Ölçümleri

Nehir havzalarının çeşitli noktalarda D.S.İ. ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi 'nin rasat istasyonları bulunmaktadır. Kritik debisi bulunması istenen akarsuya deşarj yapılacak noktanın menba tarafında o noktaya en yakın rasat istasyonuna ait değerler debi ölçüm değerleri olarak alınmalıdır. Ancak rasat istasyonunun yeri ile deşarj yapılan nokta arasında yan kol girişi veya çıkışı olmamalıdır. Böyle hallerde yan kollar içinde kritik debi hesaplanarak süreklilik denklemi yardımıyla istenilen noktadaki kurak devre debisi bulunabilir.

Deşarj noktasının menba tarafında rasat istasyonu bulunmayıp, mansap tarafında mevcut ise bu durumda deşarj debisinde dikkate alınmak üzere "Akarsu Kritik" debisi bulunabilir.

III. B.3. Kritik Debinin Hesaplanması

Akım yıllıklarından kritik debi hesabına esas olacak rasat istasyonuna ait her bir sene için en düşük 7 günlük ortalama debiler bulunarak, küçükten büyüğe doğru sıra numarası verilmek suretiyle;

$$p = \frac{m}{s + 1}$$

ifadesiyle ihtimalleri hesaplanmaktadır. Burada :

p : ihtimal yüzdesi,

m : sıra numarası,

s : ihtimal hesabında göz önünde alınan senelerin sayısıdır.

Yukarıdaki ifadeyle hesaplanan ihtimaller ve buna tekabül eden debi değerleri logaritmik ihtimal kağıdında noktalanmak suretiyle bu noktalara en iyi uyan doğru geçilir. İhtimal yüzdesi % 10'a tekabül eden debi değeri "Kritik debi" olarak alınır. Buna göre akarsuda zamanını % 90'ında kritik debiye eşit veya daha büyük akım bulunur, ancak % 10'unda kritik debiden daha düşük akım olabilir.

Kritik debi hesabında göz önüne alınan senelerin sayısının 10 yıldan az olmaması gerekir. Akım ölçmelerinin alındığı rasat istasyonunda çok uzun süreli ölçmeler varsa arzu edildiği takdirde ölçmelerin tamamı dikkate alınabilir. Aksi halde yayınlanmış ve ölçmeleri olan ardışık son 10 yılın değerleri dikkate alınır.

Rasat yıllıklarında her bir yıla ait minimum ardışık ortalama, 7 günlük ortalama değerleri elle bulunabileceği gibi, bu maksatla hazırlanacak bilgisayar proqramlarından da faydalanabilir.

III. B.4. Özel Haller

Bazı akarsularda uzun süreli akım ölçümleri olmayabilir.

Bu durumlarda kritik debinin bulunmasına dair hesaplar aşağıda gösterilmiştir:

a-) Rasat istasyonunu bulunması ancak ölçümlerin 10 yıldan az olması hali :

Mesela n yıllık akım ölçümü olan ve her yıla ait askari akımlar sırasıyla $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ olan bir akarsuya ait kritik debi:

$$Q_h = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad (n < 10 \text{ yıl için})$$

şeklinde hesaplanır.

b-) Göz önüne alınan akarsu için akım ölçümlerinin olmaması hali :

Bu durumda kritik debisi hesaplanacak akarsuya yakın olan debi ölçümleri bulunan bir değer akarsu için kritik debi hesaplanır. Daha sonra her iki akarsuya ait kritik debisi hesaplanacak nokta için direnaj alanı belirlenir. Akım ölçümleri olmayan akarsuyun kritik debisi, (Q_h)

$$Q_h = \frac{A_b}{A_h} Q_b$$

şeklinde hesaplanır. Burada :

Q_h, A_h : Sırasıyla kritik debisi hesaplanacak akarsu için hesap debisi ve direnaj alanı

Q_b, A_b : Sırasıyla yakın veya benzer akarsuyun hesap debisi ve direnaj alanıdır.

4. NÜMERİK UYGULAMA

4.A. Sakarya Nehri İçin Kritik Debi Hesabı

Sakarya Havzasında, Sakarya Nehri üzerinde, EİE İdaresi tarafından tesis olunmuş, 1243 Numaralı Botbaşı İstasyonuna ait 1981-1991 yıllarındaki 11 yıllık akım ölçümleri kullanılmıştır. Bu rasat istasyonuna ait EİE 1991 Su Yılı Akım Neticeleri' ne ait bilgiler Tablo 1' de verilmiştir.

Bu rasat istasyonuna ait 1981-1972 yılları arasındaki ardışık 7 günlük minimum debiler, hesaplanarak, sıra numaraları verilmek ve ihtimalleri hesaplanmak suretiyle aşağıdaki Tablo 2' de verimiştir.

Tablo 1. EİE 1243-Sakarya Nehri Botbaşı Rasad İstasyonuna Ait 1991 Su Yılı Akım Neticeleri

12 - SAKARYA HAVZASI

1243 - SAKARYA İÇİRHİ-BOTBAŞI

YERİ : (30° 30' 35" D - 40° 57' 54" K) Adapazara İline bağlı Karazı İlçe yolunun 20.km.sindeki beton köprüdedir.

YATIS ALANI : 55321.6 Km²

YAKLAŞIK KOT : 8 m.

GÖZLEM SÜRESİ : 10/01/1960 - 30/09/1991

ORTALAMA AKIMLAR : Gözlem süresinde 100.371 m³/sn. (31 Yıllık) 1991 Su yılında 117.736 m³/sn.

ANLIK EN ÇOK VE EN AZ AKIMLAR:

1991 Su yılında anlık en çok akım	:	731.	m ³ /sn	11/04/1991
1991 Su yılında anlık en az akım	:	23.9	m ³ /sn	29/08/1991
Gözlem süresinde anlık en çok akım	:	977.	m ³ /sn	20/02/1963
Gözlem süresinde anlık en az akım	:	15.0	m ³ /sn	27/08/1966

SEVİYE ÖLÇEĞİ

:Eşel-Limanigraf

DÜŞÜNCELER

:Su yılı içinde 12 akım ölçüsü yapılmıştır.Su yılı akım değerlendirilmesinde 19 nolu (01.10.1990/15.05.1991) ve 20 nolu (16.05.1991/30.09.1991) akım anahtar ölçerleri kullanılmıştır. AGİ dan sediment ve su kalitesi numuneleri alınmaktadır.

19 . Anahtar eĐrisi (Seviyeler cm. - Akımlar m³/sn.)

Seviye	Akım	Seviye	Akım	Seviye	Akım	Seviye	Akım	Seviye	Akım
60	12.5	110	35.7	160	68.7	250	149.	550	592.
70	16.2	120	41.6	170	76.3	300	207.	600	607.
80	20.5	130	47.8	180	84.4	350	270.	650	789.
90	25.2	140	54.4	190	93.0	400	341.	700	900.
100	30.2	150	61.4	200	102.	500	502.		

AKIMLAR 1 EKİM 1990 'DEN 30 EYLÜL 1991 'A KADAR SAHİYEDE METRE KÜP OLARAK

GÜN/AY	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	SUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AGUSTOS	EYLÜL
1	92.1	66.5	102.	120.	111.	170.	100.	100.	124.	79.5	80.4	60.3
2	74.0	76.3	111.	116.	136.	209.	104.	105.	111.	84.0	95.1	52.2
3	65.8	73.3	111.	107.	100.	209.	102.	102.	104.	82.2	108.	50.1
4	74.0	72.5	95.7	143.	171.	206.	104.	100.	94.1	106.	135.	52.9
5	117.	74.8	84.4	132.	120.	166.	122.	93.9	80.6	133.	82.2	63.5
6	126.	60.7	119.	131.	137.	171.	116.	91.3	89.5	123.	55.1	77.7
7	114.	74.0	113.	135.	149.	105.	110.	85.3	84.0	236.	58.1	60.3
8	105.	82.8	94.8	129.	150.	182.	105.	85.3	86.7	295.	100.	60.3
9	80.3	102.	82.8	131.	167.	153.	113.	87.0	84.9	214.	65.9	59.6
10	99.3	104.	97.5	125.	120.	142.	337.	82.0	99.0	141.	86.7	50.8
11	126.	103.	70.7	124.	113.	124.	651.	77.1	166.	135.	134.	42.0
12	106.	95.7	77.9	120.	124.	122.	617.	76.3	123.	102.	124.	48.0
13	111.	80.3	70.7	111.	157.	115.	470.	76.3	106.	94.1	75.1	56.6
14	87.0	72.5	74.0	115.	190.	122.	355.	75.5	107.	89.5	63.5	49.4
15	75.5	70.7	77.9	104.	212.	128.	203.	83.6	86.7	93.2	71.7	55.0
16	72.5	70.7	87.0	117.	311.	131.	247.	160.	85.8	84.9	96.0	61.1
17	57.9	73.3	118.	152.	304.	141.	241.	200.	80.6	70.6	76.0	50.1
18	53.7	82.0	127.	145.	362.	163.	223.	144.	89.5	78.6	80.4	40.7
19	56.5	82.0	144.	151.	297.	153.	191.	164.	84.0	76.0	61.1	55.8
20	54.4	71.0	130.	140.	302.	149.	182.	160.	77.7	61.9	44.0	40.7
21	49.8	73.3	130.	117.	386.	141.	160.	209.	76.8	62.7	34.0	53.6
22	52.4	81.2	155.	100.	355.	134.	152.	236.	77.7	70.8	38.2	55.8
23	88.7	71.0	170.	122.	265.	129.	143.	192.	79.5	87.6	34.0	84.0
24	134.	71.0	173.	100.	241.	124.	137.	150.	60.3	117.	45.3	64.3
25	124.	74.0	143.	102.	214.	125.	127.	132.	52.2	107.	34.0	65.9
26	108.	73.3	164.	109.	190.	120.	117.	122.	54.3	126.	30.6	77.7
27	89.6	60.7	169.	109.	199.	126.	100.	110.	91.3	100.	27.9	60.3
28	81.2	67.2	146.	83.6	197.	123.	111.	115.	115.	85.8	25.4	84.9
29	81.2	80.3	147.	83.6	-----	122.	110.	121.	86.7	70.6	28.4	109.
30	64.3	70.7	140.	122.	-----	121.	105.	160.	70.6	74.3	50.1	90.4
31	57.9	-----	134.	113.	-----	113.	-----	149.	-----	65.9	55.1	-----
TOPLAM	2679.	2352.	3692.	3709.	5956.	4547.	6051.	3870.	2761.	3363.	2103.	1890.
ORTALAMA	86.4	78.4	119.	120.	213.	147.	202.	125.	92.0	109.	67.8	63.0
LT/ŞM/KM²	1.56	1.42	2.15	2.16	3.05	2.65	3.65	2.26	1.66	1.96	1.23	1.14
AKIM MM.	4.18	3.67	5.77	5.79	9.30	7.10	9.45	6.04	4.31	5.25	3.28	2.95
MİL. M³	231.	203.	319.	320.	515.	393.	523.	334.	239.	291.	182.	163.
SU YILI (1991) YILLIK TOPLAM AKIM	42973. M³/ŞM.											
	3713. MİLYON M³				67.1 MM.				2.13 LT/ŞM/KM²			

1243 - SAKARYA İÇİRHİ-BOTBAŞI

Sözü edilen akım yıllarına ait ardışık 7 günlük minimum ortalama debilerin bulunmasına bir misal olmak üzere 1991 Yılı için aşağıda hesap yapılmıştır. EİE 1991 Su Yılı Akım Neticeleri Botbaşı rasad istasyonu için verilen değerlerin incelenmesinde Ağustos ayının son günlerinde debinin azaldığı görülmektedir. Bu arada yapılacak birkaç hesapla ardışık 7 günlük minimum debinin ortalamasının ne olacağı kolayca görülebilir. Örnek için 1991 yılına ait min Q_7 değeri:

1991 Ağustos (Günler)	Debi (m^3/s)
23	34.00
24	45.30
25	34.00
26	30.60
27	27.90
28	25.40
29	28.40
Toplam 7 gün	225.60

$$\min Q_7 = 225.60 / 7 = 32.22 \text{ m}^3/\text{s}$$

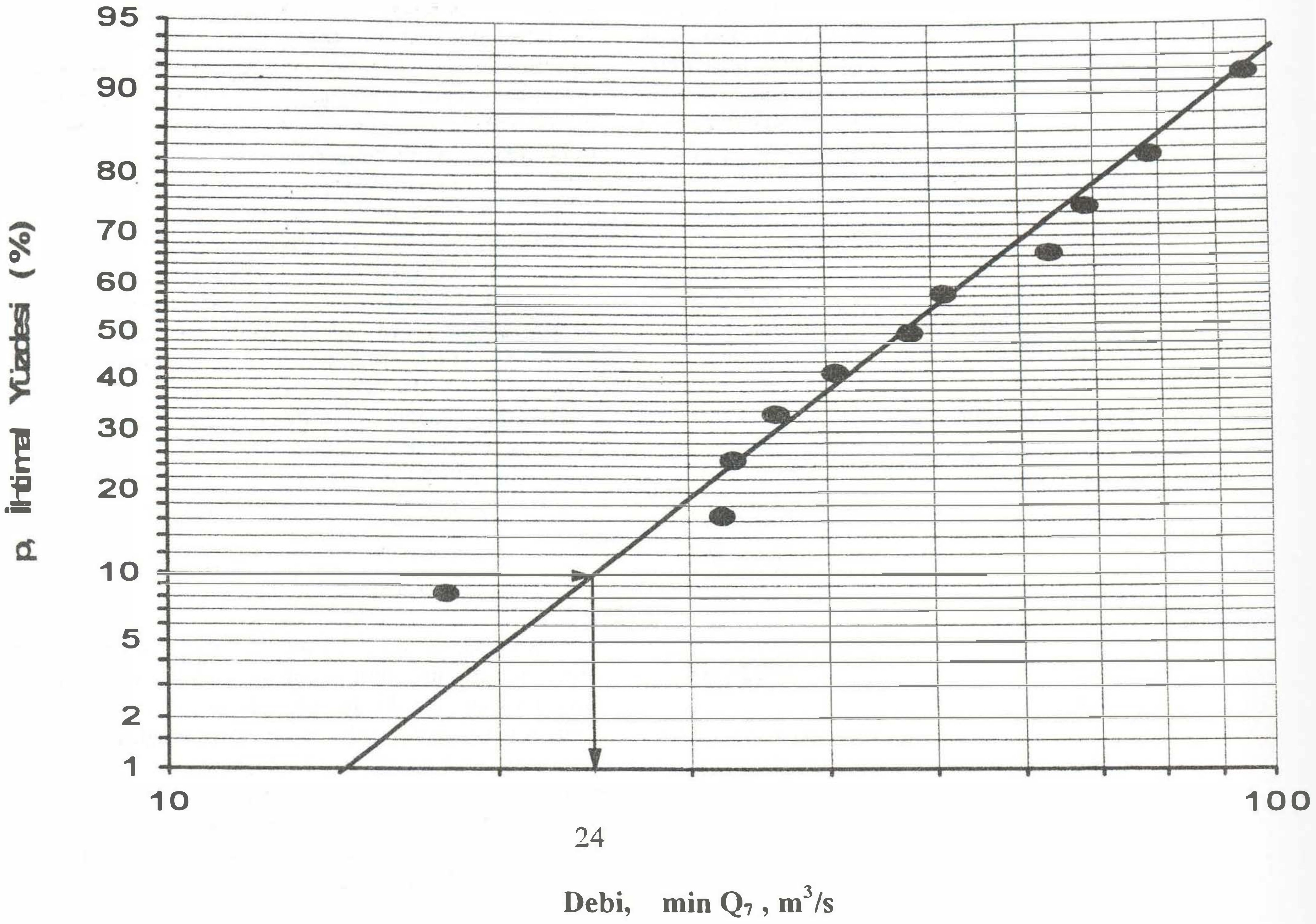
şeklinde hesaplanabilir. Diğer yıllar içinde benzer işlemler yapılmıştır. Bu hesapların bilgisayarla da yapılması mümkündür. Tablo 2 ' de bulunan değerler logaritmik ihtimal kağıdında noktalanmış ve bu noktalara uyan bir doğru geçirilmiştir. Şekil 1'de gösterilen grafikten Sakarya Nehri - Botbaşı için kritik debinin $24 \text{ m}^3/\text{s}$ olduğu görülmektedir. Bundan önce aynı bölgede yapılan bir incelemede kritik debi aynı istasyon için $28 \text{ m}^3/\text{s}$ bulunmuştur (4,7). Sakarya Havzası'nda E. I. E. tarafından (1963-1972) yılları arası bulunan asgari akım değerleri ve bu çalışmadaki (1981-1991) yılları arası kritik debi ve yıllık min Q_7 değerlerine bakacak olursak, aradan geçen yıllar sonucu Sakarya Nehri'nin Botbaşı mevkiinde kritik debide $4 \text{ m}^3/\text{s}$ ' lik bir düşüşle karşılaşmıştır. Bu kritik debi düşüşü, en azından Sakarya Nehri'ndeki suyun kirlilik seyrelme oranının ve akarsu kendi kendine temizleme kapasitesinin düşüşü anlamına gelmektedir. Kritik debisi düşük olan alıcı ortamın deşarj kirlilik hassasiyeti artıyor demektir.

4.B. Çark Deresi İçin Kritik Debi Hesabı

Çark Deresi'nin durumu özel hallerden, rasat istasyonunun bulunması ancak ölçümlerin 10 yıldan az olması haline uymaktadır. Çark Deresi için elde edilen, regülatör çıkışında DSİ tarafından ölçülmüş yıllık minimum ölçüm değerleri Tablo 3' de verilmiştir. Farklı yıllara ait sekiz adet minimum debinin aritmetik ortalaması kritik debiyi vermektedir. Bu halde kritik debi olarak, her bir su yılına ait askari akım değerlerinin aritmetik ortalaması alınır. Bu hesap yöntemine göre Çark Deresi Kritik debisi $Q_{kr} = 0.721 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak bulunmuştur.

Tablo 2. EİE 1243-Sakarya Nehri Botbaşı Rasad İstasyonuna Ait Ardışık 7 Günlük Minimum Debileri

Yıllar	min Q_7	Sıra (m)	İhtimal Yüzdesi (%) $p = m / (s+1)$
1981	95.57	11	91.66
1982	47.74	6	50.00
1983	68.85	9	75.00
1984	78.57	10	83.00
1985	40.77	5	41.60
1986	17.95	1	8.33
1987	63.87	8	66.67
1988	51.31	7	58.33
1989	36.07	4	33.33
1990	33.00	3	25.00
1991	32.22	2	16.60



Şekil 1. Logaritmik İhtimal Grafiğinden Kritik Debinin Bulunuşu

Tablo 3. Çark Deresi İçin Regülatör İstasyonunda Ölçülen Yıllık Minimum Debiler

Yıllar	Tarih	min Q (m ³ /s)
1986	10.04.1986	0.220
1987	18.08.1987	0.330
1988	06.07.1988	0.838
1989	26.07.1989	0.388
1990	18.07.1990	0.830
1991	30.09.1991	0.929
1992	14.10.1992	1.695
1993	23.06.1993	0.540

5. SONUÇLAR

Atıksuların arıtıldıktan sonra deşarj edildiği akarsuların kirlenme kontrolü çalışmalarında hesaplar, kritik debiye (minimum kurak devre debisi) göre yapılmaktadır. Bu çalışmada, kritik debi hesabında kullanılabilir metodlar genel hatlarıyla belirtildikten sonra teklif edilen ve Türkiye şartlarına uygun, basit ve uygulanabilir bir metod olabilecek kritik debi hesabı (7 günlük hareketli ortalamalar dikkate alınarak hesaplanan ihtimal yüzdesi 10 olan akım) ve karşılaşılabilecek özel haller için hesap esasları irdelenmiştir. Ayrıca çalışmada bu hesap yöntemleri, Sakarya Nehri ve Çark Deresi kritik debi hesapları birer istasyon için uygulanmıştır.

Bu çalışmada, Sakarya Nehri (Botbaşı İstasyonu) için kritik debinin (1981-1991) $Q_{kr} = 24 \text{ m}^3/\text{s}$ olduğu bulunmuştur. Bundan önce aynı bölgede yapılan bir incelemede (1963-1972) kritik debinin $Q_{kr} = 28 \text{ m}^3/\text{s}$ olduğu bulunmuştur. Aradan geçen yıllar boyunca Sakarya Nehri'nde (Botbaşı istasyonu) kritik debide $4 \text{ m}^3/\text{s}$ ' lik bir düşüşle karşılaşmıştır. Kritik debideki bu düşüş en azından Sakarya Nehri'ndeki suyun deşarj kirliliği seyrelme oranı ve temizleme kapasitesinin düşüşü anlamına gelmekte bu da akarsulardaki kirlilik miktarını artırıcı rol oynamaktadır.

Çark Deresi'nin durumu ise özel hallerden, rasat istasyonunun bulunması ancak ölçümlerin 10 yıldan az olması haline uymaktadır. Bu hesap yöntemine göre, Çark Deresi kritik debisi $Q_{kr} = 0.721 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak bulunmuştur.

Sonuç itibariyle kritik debilerin oluştuğu mevsimde, önceki yıllarda da olduğu gibi nehirlerimizde toplu balık ölümleriyle karşılaşmak istemiyorsak Sakarya Nehri için çıktığı Ankara ilinden başlamak üzere Karadeniz'e dökülünceye kadar özel koruma tedbirleri alınmalı, su kaynaklarımızın kullanma-koruma metodlarının yanında uzun vadeli havza su yönetim modelleri ortaya konmalı ve bu yönetim modelleri, su kaynaklarımız kaybolmadan acilen uygulamaya geçmeli, insanlar ve idareciler bu konularda bilinçlenmelidir. Unutmayalım ki; plan yapmamak, başarısızlık için plan yapmaktır.

KAYNAKLAR

- (1) Günibel, E.J., The Return Period of Flood Flows, Ann. Math. Statist., 12, 2, 1941.
- (2) Velz, J.C. Applied Stream Sanitation, John Wiley and Sons, New York, 1966.
- (3) Öztürk, I., Düşük Akımların İstatistiksel Analizi ve Çevre Mühendisliğindeki Önemi, Sakarya DMMA Dergisi, 9, 1980.
- (4) Kınacı, C., Eroğlu, V., Akça, L., Kullanılmış Su Deşarj Edilen Akarsular İçin Kritik Debi Hesabı, DSİ Teknik Bülteni, 66, 1988.
- (5) Eroğlu, V., Öztürk, I., Çeşitli Metodlarla Bulunan Nehir Kritik Kuraklık Debilerinin Tasfiye Maliyetine Tesirleri, TÜBİTAK VII. Bilim Kongresi, Çevre Bilimleri Sektörü, İstanbul, 1980.
- (6) Eroğlu, V., San, H.A., Nehirlerde Su Kalitesinin Optimizasyonu ve Porsuk-Sakarya Nehirlerine Tatbiki, TÜBİTAK VII. Bilim Kongresi, Çevre Bilimleri Sektörü, İstanbul, 1980.
- (7) Eroğlu, V., Akça, L., Kınacı, C., Akarsularda Deşarj Standartlarının Tesbitine Esas Olacak Kritik Debi Tesbit Klavuzu, İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Müh. Böl., İstanbul, 1985.

