



## ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE TOPLANAN VERİLERİN BİLGİYE DÖNÜŞÜMÜ

H. BOYACIOĞLU<sup>1</sup>, M. N. ALPASLAN<sup>2</sup>, D. DÖLGEN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kaynaklar Yerleşkesi, Buca 35160 İzmir.

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Araştırma ve Uygulama Merkezi, Kaynaklar Yerleşkesi, Buca 35160 İzmir.

**Öz:** Su ve atıksu arıtımında su karakterinin belirlenmesine yönelik verilerin artması, bu bağlamda veri üretiminde kullanılan analizlerin yüksek maliyetli olması, toplanan verilerin bilgiye dönüştürülme ihtiyacını zorunlu hale getirmeye başlamıştır. Bu dönüşümde kullanılan en güçlü araçlardan biri istatistik esaslı veri analiz yöntemleridir. Bu anlayışla bildiride alkol (suma) üretimi yapan bir endüstriyel atıksu arıtma tesisinin toplanan verileri değerlendirilerek, verinin bilgiye dönüştürülme sürecine ilişkin bir örnek uygulama sunulmuştur. Söz konusu veri arıtma tesisinin beş ayrı ölçüm noktasından iki ay süresince toplanmıştır. Çalışmada, toplanan verilerin tanımlayıcı istatistik değerleri (ortalama, standart sapma, mod, medyan, değişkenlik katsayısı, minimum ve maksimum) hesaplanmış ve veri setlerine frekans analizi uygulanmış, frekans histogramları çizilmiştir. Bu analizler için SPSS paket programı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, elde edilen bulgulara dayanılarak, tesiste yeralan ünitelerin performansı ortaya konmuş, tekil ve karşılıklı ilişkileri gözönüne alınarak verimleri araştırılmış, ve hesaplanan temel istatistik parametreleri yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Arıtma verimi, bilgi, frekans histogramı, tanımlayıcı istatistik, veri

## TRANSFER OF DATA TO INFORMATION IN INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS

**Abstract:** The increasing amount of data, collected from water and wastewater treatment plants, and also their higher measurement costs enforce operators, managers and decision makers to obtain maximum information from the existing data. One of the powerful tools that enables the transfer of data to information is statistical methods. This paper aims to demonstrate some information extraction methods of the data, gathered from the treatment plant of an alcohol (suma) production factory. The data are collected from the five sampling points of the treatment plant during the two months. The descriptive statistics (mean, standard deviation, mod, median, coefficient of variability, minimum and maximum values) are calculated, the frequency analyses are applied and the histograms of each data set are plotted. The analyses are carried out by using SPSS package program. The results of the analyses are interpreted and the performance of the units; their individual and combined efficiencies are determined.

**Keywords:** Data, descriptive statistics, frequency histogram, information, treatment efficiency

### GİRİŞ

Genelde tüm arıtma tesislerinin, özeldendüstriyel atıksu arıtma tesislerinin ortaya çıkan ihtiyaçlara paralel olarak artmasıyla, bu tesislerde toplanan veriler de çoğalmıştır. Mevcut yasa ve yönetmelikler, her arıtma tesisinde bir işletme defterinin tutulmasını ve bu deftere çeşitli işletme bilgileri ile birlikte, tesis büyüklüğüne bağlı olarak belli sıklıkla yapılması gereken analizlerin de kaydedilmesini zorunlu kılmaktadır. Toplanan verilerin sadece bir sayılar yığını olarak

kalmaması, bazı platformlarda sözü sıkça edilmeye başlanan “veri çokluğu-bilgi azlığı” sendromuna neden olmaması için bunların işlenmesi, bilgiye dönüştürülmesi ve elde edilen bilginin arıtma tesislerinin işletiminde olduğu kadar, yeni tesislerin tasarımında geri besleme (feed back) olarak kullanılması gerekmektedir. Kaldı ki söz konusu verilerin üretilmesi için ciddi oranda emek ve finans tüketimi gerekmektedir. Dolayısıyla yapılan işin maliyet-etkin bir özelliğe sahip olması için sayılar dizisi şeklinde olan verilerin “bilgi” ye dönüştürülmesi ve bu bilginin gerek planlama

gerekse işletme esnasında karar verme sürecine katkıda bulunması önemli olmaktadır.

Bu noktadan hareket edilerek, sunulan çalışmada alkol (suma) üretimi yapan bir endüstriyel atıksu arıtma tesisine ait toplanan veriler ele alınmış ve bazı istatistiksel yöntemler kullanılarak daha fazla bilgi üretebilme olanakları araştırılmıştır. Çalışmanın amacı incelenen arıtma tesisinin sorgulanması ve yargılanması olmayıp toplanan veriler ile gerek tesis işletimine taraf olan operatörlere, gerek idarecilere, gerekse denetleyicilere kısa sürede ve anlaşılır biçimde azami bilginin niceliksel ve niteliksel (görsel) olarak sağlanmasıdır. Ancak bu noktada elde edilecek faydanın gerçekçi olabilmesi için verilerin aynı gerçekçi ve dürüstlükte toplanmasının, biriktirilmesinin ve kullanılmasının gerekli olduğu unutulmamalıdır. Bildiri kapsamında, fabrikanın atıksu arıtma tesisine ait verilerin (analizlenen kalite değişkenleri) tanımlayıcı istatistik değerleri (ortalama, standart sapma, mod, medyan, değişkenlik katsayısı, minimum ve maksimum) hesaplanmış ve veri setlerine frekans analizi uygulanmış, frekans histogramları çizilmiş ve yorumlanmıştır. Elde edilen sonuçlardan tesiste yeralan ünitelerin performansı ortaya konmuş, tekil ve karşılıklı ilişkileri gözönüne alınarak bileşik verimleri araştırılmıştır.

### TESİSİN TANITIMI

İncelenen arıtma tesisi hammadde olarak yılın farklı dönemlerinde kuru üzüm, yaş üzüm ve incir kullanan, distilasyon ve fermantasyon prosesleri sonucu yılda ortalama 400 m<sup>3</sup> suma üreten bir fabrikanın atıksularını arıtmaktadır. Tesisin ortalama debisi 120 m<sup>3</sup>/gün civarında olup, ön arıtma ve biyolojik arıtma ünitelerinden oluşmaktadır. Atıksular fiziksel arıtmadan geçtikten sonra anaerobik arıtma ünitesine girmekte, ve aktif çamur esaslı aerobik arıtmanın ardından tesisten çıkmaktadır. Fiziksel arıtma (ön arıtma) kademesi mikro elek, 2 adet dengeleme tankı, 2 adet santrifüj ayırıcı ve pH kontrol ünitesinden oluşmaktadır (Şekil 1).

Biyolojik arıtma; anaerobik ve aerobik arıtma kademelerinden oluşmaktadır. Anaerobik kademede 1 adet reaktör, 1 ısıtıcı ve 1 lamelli separatör yeralmaktadır. Aerobik arıtma ünitesi girişinde, evsel ve endüstriyel atıksular ayrı bir dengeleme havuzuna gelmekte; buradan aktif çamur ünitesine verilmektedir. Aerobik arıtma ünitesi karbon ve nütrient (nitrifikasyon-denitrifikasyon) giderimini sağlayacak biçimde

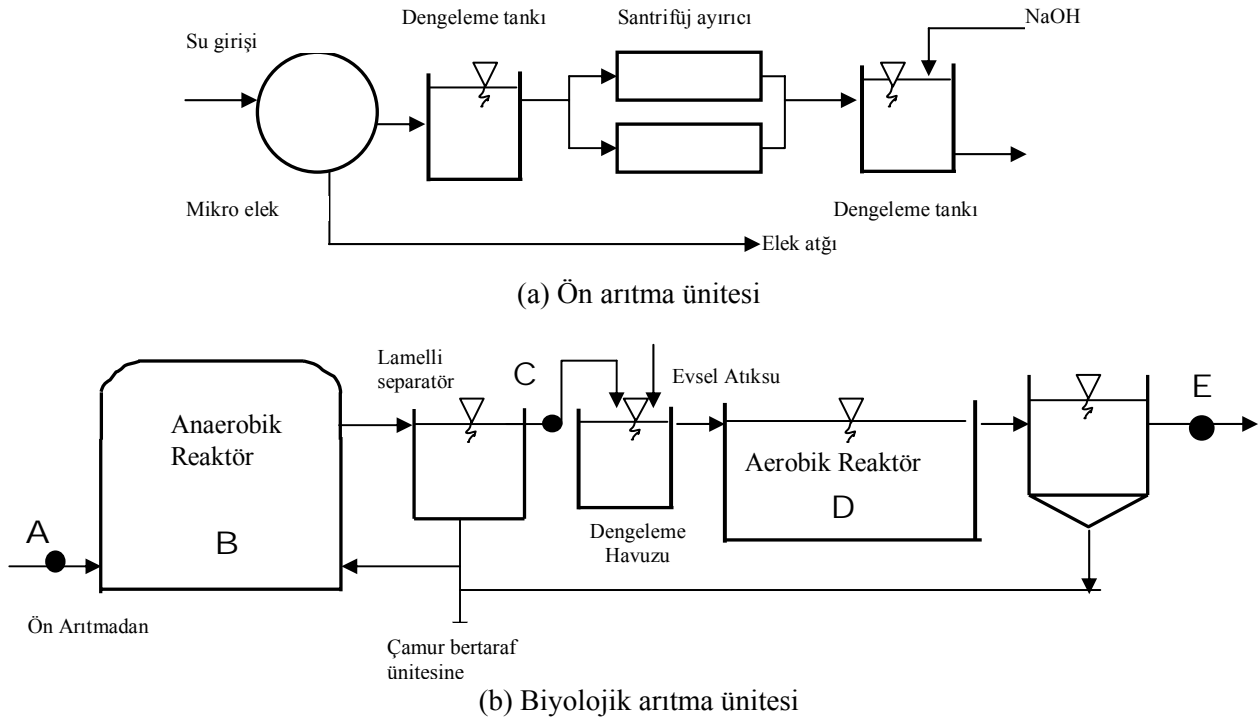
tasarlanmıştır. Son çökeltim havuzundan çıkan arıtılmış atıksular alıcı ortama deşarj edilmektedir. Tesiste oluşan çamur suyunun alınmasından sonra uzaklaştırılmaktadır (Dinçel, 2000). Akım diyagramı Şekil 1'de verilen arıtma tesisinin performansının izlenmesi amacıyla beş noktadan örnekleme yapılarak debi, pH, sıcaklık, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve askıda katı madde (AKM) parametreleri ölçülmektedir.

### VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İncelenen tesiste anaerobik reaktör girişi (A), anaerobik reaktör (B), anaerobik reaktör çıkışı-aerobik reaktör girişi (C), aerobik reaktör (D) ve aerobik reaktör çıkışı (E) olmak üzere toplam 5 ölçüm noktası bulunmaktadır (Şekil 1'e bakınız). Bu noktalarda yaklaşık iki ay süresince analizler yapılmış, ortak ve farklı değişkenlere ait toplanan veriler değerlendirilmiştir. Her noktada izlenen parametreler ve bunlara ait tanımlayıcı istatistikler (minimum ve maksimum değerler, değişim aralığı, ortalama, mod, medyan, standart sapma, değişkenlik katsayısı) toplu olarak Tablo 1'de sunulmaktadır.

Bu tabloda verilen istatistik analiz sonuçları (tanımlayıcı istatistikler) SPSS paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İzlenen parametrelerden debi sadece anaerobik reaktör ve aktif çamur havuzu girişinde; pH, sıcaklık, KOİ (aktif çamur havuzu hariç) ve AKM ise her gözlem noktasında izlenmiştir. Aynı gözlem periyodunda elde edilen veri sayısının farklı olmasından, analizlerin sürekliliğinin olmadığı anlaşılmaktadır. Bu durum istatistik analizlerin güvenilirliğini ve anlamlılığını azaltarak olumsuz etki yapmaktadır. Dolayısıyla sayılardan bilgiye dönüşüm sürecinde kullanılan istatistik araçların daha verimli katkı sağlayabilmesi için ölçümlerin sistematik olarak (aynı noktalarda, belli sıklıkta ve yeterli süre uzunluğunda) gerçekleştirilmesinde yarar olduğuna dikkat çekilmelidir.

Veri analizinin en basit ancak en etkili yöntemlerinden biri mevcut verinin (sayıların) grafiksel olarak çizilmesidir. Sayılar dizisi içinde gözle saptanamayan özellikler basit grafik gösterimlerle kolaylıkla farkedilebilmekte ve yorumlanabilmektedir. Böyle bir inceleme maksimum ve minimum değerlerin, değişim aralığının ve eğer varsa ölçüm hatalarına dayalı uç değerlerin (outlier) varlığını daha kolay bir şekilde ortaya koyabilmektedir.



Şekil 1. Arıtma tesisi akım diyagramı ve ölçüm noktaları (A, B, C, D, E)

Dolayısıyla verilerin grafiksel gösteriminin teşkili herhangi bir istatistiksel işleme başlamadan önce veri analizinin ilk aşaması olarak önerilmektedir. Bu yaklaşımla incelenen tesiste dengeleme tankı çıkışı için (A noktası) debi ve KOİ değerlerinin zamana göre noktalanmasından Şekil 2 ve 3 teki grafikler elde edilmektedir.

Bu grafikler her iki değişkenin önemli salınımlar gösterdiğini, dolayısıyla A noktası öncesi yer alan dengeleme havuzu performansının düşük olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Bu noktada, verilerin grafik gösteriminin o serinin gidişi (trend) hakkında da niteliksel bilgi vereceğine işaret etmekte yarar görülmektedir.

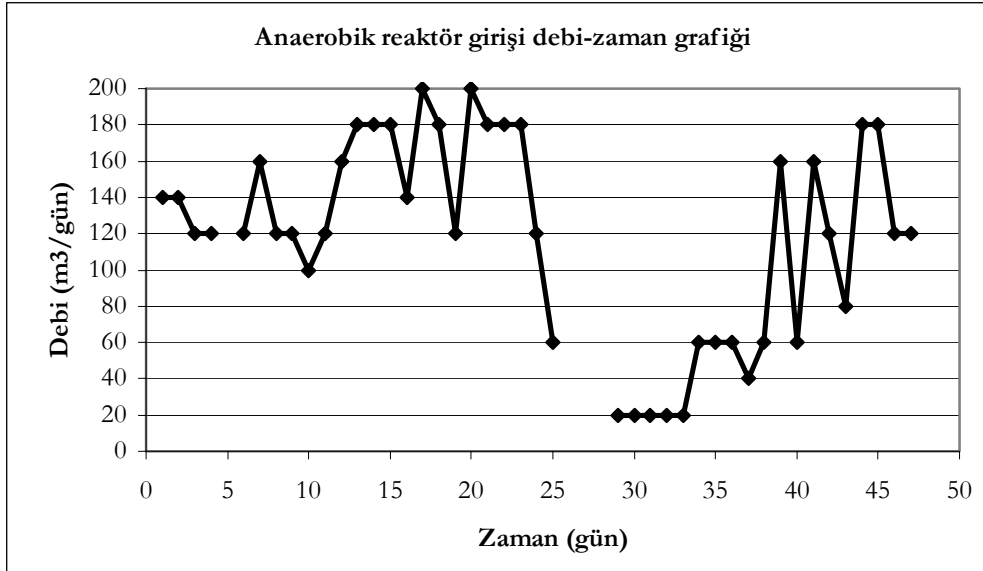
Tablo 1. Tanımlayıcı istatistik parametreleri

	Ölçülen parametreler	Veri sayısı	Minimum	Maksimum	Değişim			Standart Sapma	Değişkenlik katsayısı	
					Aralığı	Ortalama	Medyan			
Anaerobik Reaktör Girişi	Q giriş m <sup>3</sup> /s	43	20	200	180	118	120	56	0.48	
	pH	34	3.8	5.4	1.6	4.6	4.6	0.32	0.07	
	T (°C)	34	76	94	18	86.6	86.5	4.75	0.05	
	A KOİ (mg/l)	33	34800	100000	65200	60397	58000	68000	15433	0.26
	AKM (mg/l)	22	4300	28000	23700	17732	18650	23400	6147	0.35
Anaerobik Reaktör B	pH	34	6.5	7.4	0.9	7.1	7.1	0.23	0.03	
	T (°C)	33	57	59	2	58.2	58	0.48	0.01	
	KOİ (mg/l)	22	9300	32000	22700	19932	19100	24000	5615	0.28
	AKM (mg/l)	24	4700	12800	8100	8675	8650	7500	1719	0.20
Aerobik Ünite Girişi	Q m <sup>3</sup> /s	46	30	260	230	142	145	65	0.46	
	pH	40	5.6	7.8	2.2	7.2	7.3	0.45	0.06	
	T (°C)	38	50	60	10	54.8	56	2.26	0.04	
	C KOİ (mg/l)	35	1000	48000	47000	19949	18400	28000	11265	0.56
	AKM (mg/l)	29	500	18200	17700	7755	6800	1900	4286	0.55
Aktif Çamur Havuzu D	pH	30	7.3	8.8	1.5	8.11	8.05	0.32	0.04	
	T (°C)	30	22	28	6	24.3	24	1.92	0.08	
	AKM (mg/l)	28	500	14100	13600	6361	6500	5200	2839	0.45
Arıtma Tesisi Çıkışı E	pH	44	7.3	9	1.7	8.07	8.05	0.33	0.04	
	T (°C)	43	20	28	8	23.7	23	2.32	0.10	
	KOİ (mg/l)	40	84	300	216	199	202	50.5	0.25	
	AKM (mg/l)	29	100	6700	6600	637	250	1242	1.95	

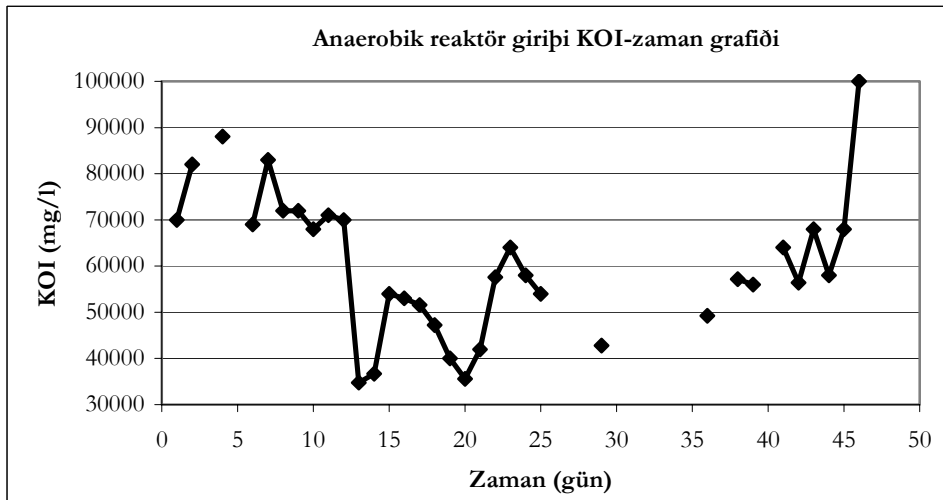
## Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesislerinde Toplanan Verilerin Bilgiye Dönüşümü

Öte yandan Tablo 1'den biyolojik arıtma kademesine gelen debinin 20-200 m<sup>3</sup>/s, KOİ'nin ise 34.800-100.000 mg/l arasında değiştiği görülebilir. Gerek debinin, gerek KOİ'nin maksimum ve minimum değerleri arasında böylesine geniş bir aralık olması biyolojik kademe öncesinde yer alan dengeleme havuzunun düşük verimle çalıştığının bir başka göstergesidir. Dengeleme havuzlarının performansı değerlendirirken, çıkış noktasındaki maksimum ve minimum değerlere (değişim aralığı) bakmak bir yaklaşım olarak kabul edilse de, bunun daha sağlıklı çözümü aynı analizin havuzun giriş değerleri için de yapılması ve iki sonucun kıyaslanmasıdır. Mevcut sistemde dengeleme havuzu öncesi herhangi bir ölçüm noktası yer almadığı için böyle bir çalışma yapılamamış, sadece çıkış değerlerinin aralığı ve değişkenlik katsayısına bakılarak yorum yapılması zorunlu olmuştur. Bu noktada minimum ve maksimum değerler saptanırken ölçüm hatalarına bağlı olarak

çıkabilecek ekstrem (uç) değerlerin gözardı edilmesi önemli bir noktadır. Ancak çevre mühendisliği uygulamalarında bunun saptanması zaman zaman subjektif olabilmekte, gözardı edilecek uç değer yapılan ölçümün doğru olması halinde değerlendirme yapanları güç duruma düşürmektedir. Bu nedenle alınacak kararlar konunun uzmanlarıyla birlikte değerlendirilmeli, mevcut birikim ve deneyimlerden yararlanılmalıdır. Dengeleme havuzlarının performansının saptanmasında uygulanabilecek bir başka yöntem ise frekans analizi yapılması ve frekans histogramının incelenmesidir. Frekans analizi, çok sayıda değişken içeren bir kümede söz konusu olan değişkene ait bilgileri özetleme yöntemlerinden en fazla kullanılanıdır. Bir anlamda veri kümesinin sınıflandırılmış veri kümesine dönüştürülmesidir. İyi çalışan dengeleme havuzlarında frekans analizi sonucu beklenen durum çizilen histogramın merkez değerler (ortalama) etrafında sivrileşmesi



Şekil 2. Anaerobik reaktör girişi debi-zaman grafiği



Şekil 3. Anaerobik reaktör girişi KOİ-zaman grafiği

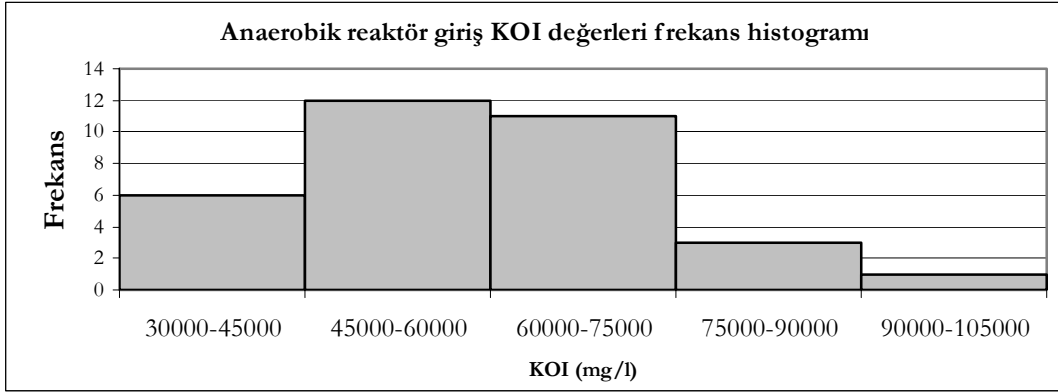
şeklindedir. İncelenen tesiste dengeleme çıkışı ölçüm yapılan A noktasındaki KOİ ve debi değerleri için çizilen frekans histogramlarından (Şekil 4 ve Şekil 5) dağılımların ortalama etrafındaki değişimlerinin fazla olduğu görülmekte, veriler tek bir aralıkta yoğunlaşmamaktadır. Buradan da dengeleme havuzu performansının düşük olduğu sonucuna varılabilmektedir.

Tesiste ölçülen pH datası (veri seti) incelendiğinde, A noktasındaki değerlerin 3.8-5.4 aralığında değiştiği görülmektedir. Verilerin çizilen frekans histogramından (Şekil 6) değişimin büyük oranda 4.0-4.5 ve 4.5-5.0 aralığında yoğunlaştığı anlaşılmaktadır. Öte yandan tesiste A noktası öncesi dengeleme havuzuna nötralizasyon için NaOH dozlaması yapıldığı düşünülürse bu işlemin amacına tam olarak ulaşmadığı yorumu yapılabilir.

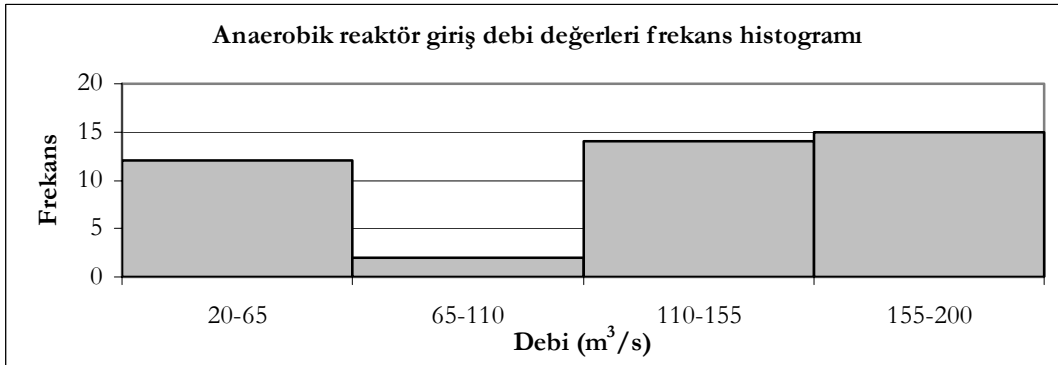
Benzer olarak Şekil 7 ve 8’de görülen; anaerobik reaktördeki KOİ ve pH değerleri için çizilen histogramlar anaerobik reaktörün büyük oranda hangi aralıkta çalıştığının görülmesi açısından fayda sağlamaktadır. Şekil 7’den de görüleceği

gibi, anaerobik reaktörde pH değerinin 7 civarında olması reaktörün tamponlama kapasitesinin bir göstergesi şeklinde yorumlanabilir.

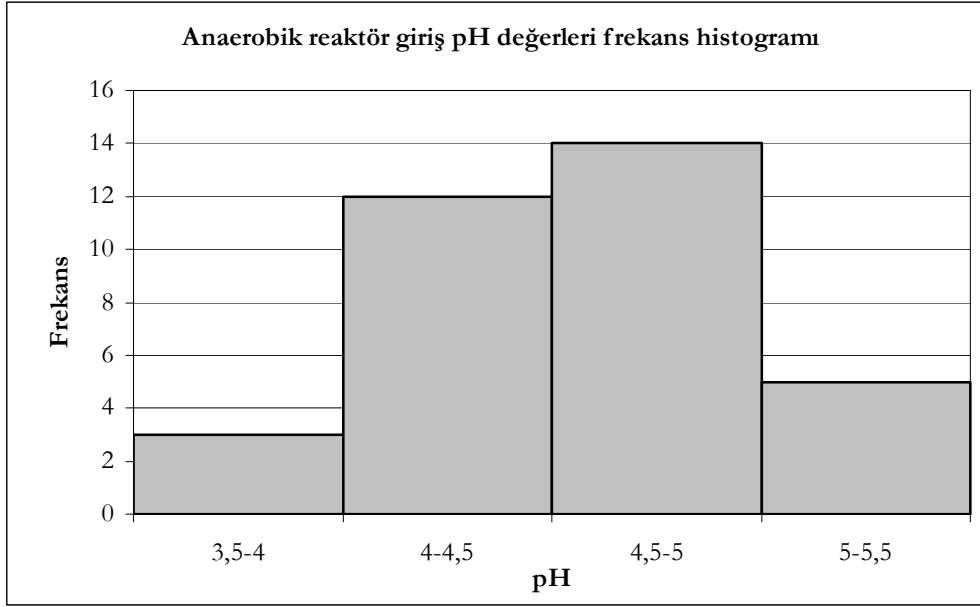
Anaerobik kademe çıkışında (C noktası) gözlenen KOİ konsantrasyonları için çizilen frekans histogramından verilerin 10.000-30.000 mg/l aralığında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 9). Öte yandan A ve C noktasındaki KOİ değerlerinin değişkenlik katsayıları kıyaslandığında değişkenliğin arttığı anlaşılmaktadır. Bu durum anaerobik reaktör çıkışındaki değişkenliğin girişe göre daha fazla olduğu şeklinde yorumlanabilir. Bir başka deyişle anaerobik reaktör, giriş KOİ salınımlarını tolere etmemekte, değişkenliği daha da arttırmaktadır. Bu sonuç anaerobik arıtma giriş KOİ değerlerine karşı çizilen verim grafiğinde (Şekil 10) de görülmekte ve anaerobik kademe çıkışında bir dengeleme havuzu gereksinimi sonucunu desteklemektedir. Tesis projesinde de bu amaçla bir dengeleme havuzu bulunmakta olup doğrudan doğruya KOİ konsantrasyonu dengeleme işlevine sahiptir.



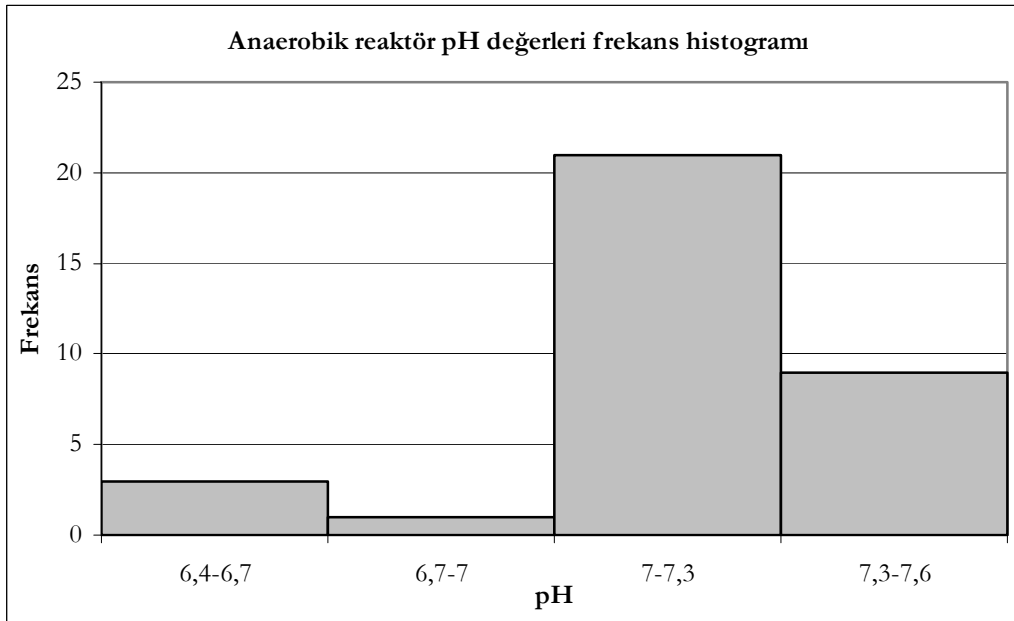
Şekil 4. Anaerobik reaktör giriş KOİ değerleri frekans histogramı



Şekil 5. Anaerobik reaktör giriş debi değerleri frekans histogramı



Şekil 6. Anaerobik reaktör giriş pH değerleri frekans histogramı



Şekil 7. Anaerobik reaktör pH değerleri frekans histogramı

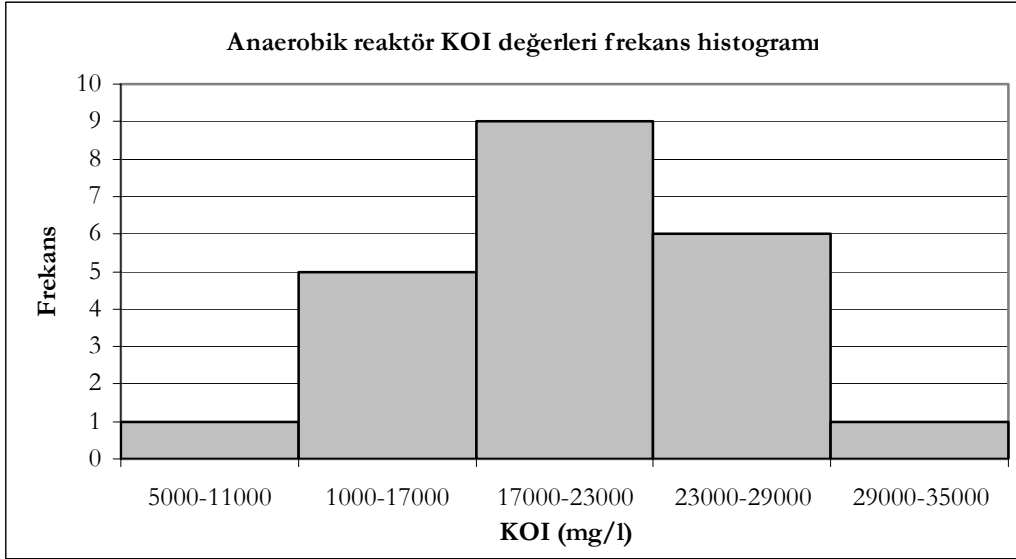
Çünkü dengeleme havuzu giriş debi verilerinin tanımlayıcı istatistik değerleri incelendiğinde, anaerobik reaktör girişine göre anlamlı bir farklılık görülmemektedir.

Aerobik kademe öncesi yer alan dengeleme havuzuna evsel atıksular da gelmektedir, ancak ünite çıkışında ölçüm yapılmadığı için havuzun performansının saptanması mümkün olamamıştır. Anaerobik kademe çıkış değerleri aynı zamanda aerobik ünite giriş suyu kalitesini ortaya koymaktadır.

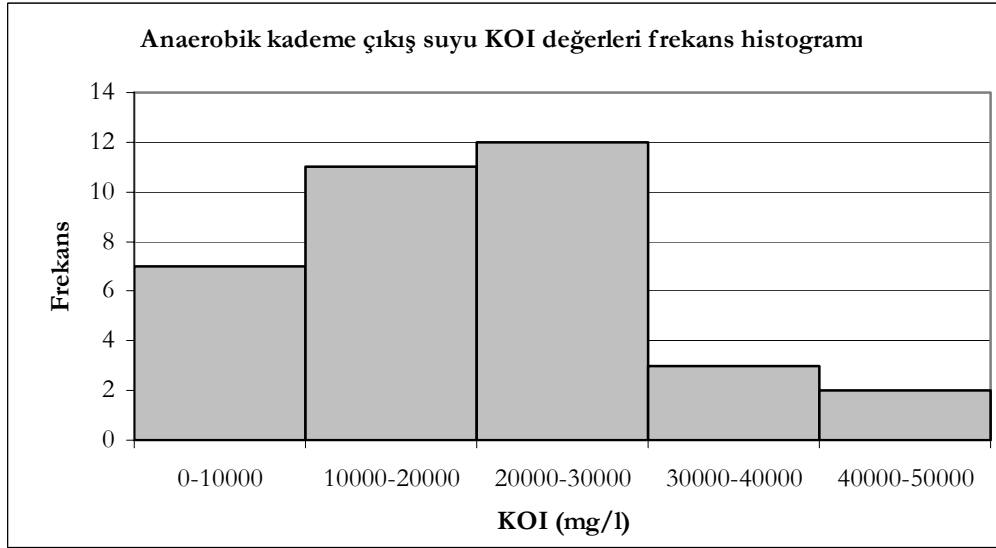
Tesiste aktif çamur havuzunda KOİ parametresi ölçümü yapılmamaktadır. Aerobik kademe çıkış suyu KOİ değerleri için hesaplanan tanımlayıcı

istatistiklere bakıldığında (Tablo 1) değişkenliğin tesis girişindeki mertebeye olduğu görülmektedir. Ancak bu değer aerobik kademenin performansının düşüklüğünün bir göstergesi değildir. Çünkü aerobik kademe kendi içinde değerlendirildiğinde (C ve E noktası) giriş ve çıkış değerleri için değişkenliğin 0.56'dan 0.25'e düştüğü görülmektedir. Söz konusu parametre için çizilen frekans histogramı da bu sonucu desteklemektedir (Şekil 11).

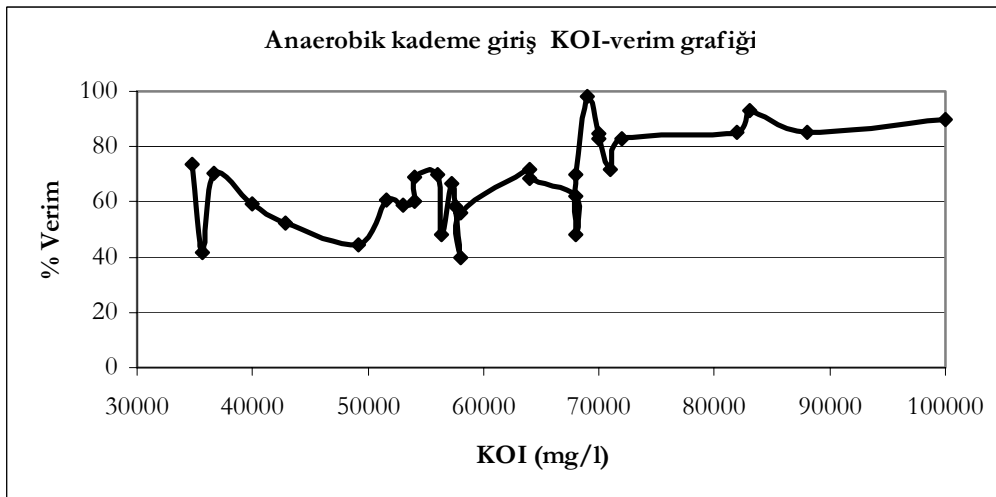
Aerobik kademe giriş suyu KOİ konsantrasyonlarına karşı çizilen giderim verimi grafiğinde (Şekil 12) aerobik kademenin yüksek performansla çalıştığı anlaşılmaktadır. Aerobik kademeden elde edilen arıtma verimi genellikle



Şekil 8. Anaerobik reaktör KOI değerleri frekans histogramı



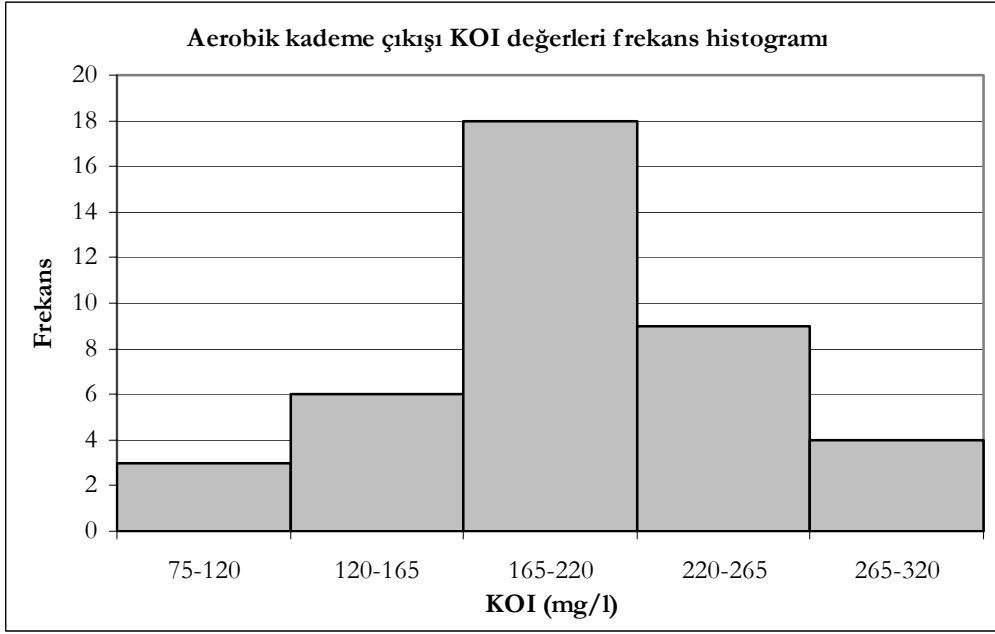
Şekil 9. Anaerobik kademe çıkış suyu KOI değerleri frekans histogramı



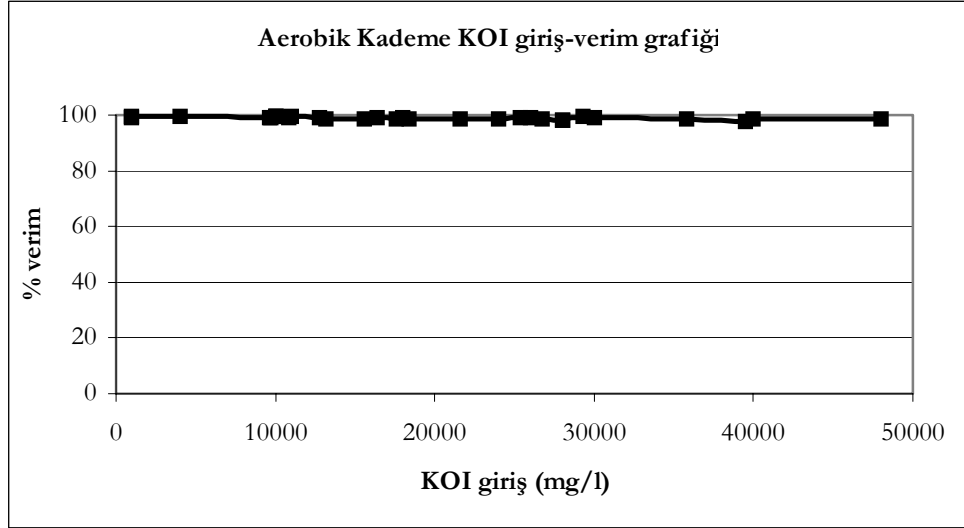
Şekil 10. Anaerobik kademe giriş KOI verim grafiği

%95'in üzerindedir. Şekil 13'de aerobik kademe için giriş KOI konsantrasyonlarına karşı çıkış KOI değerleri değişimi grafiksel olarak sunulmaktadır. Aynı grafik üzerinde Su Kirliliği

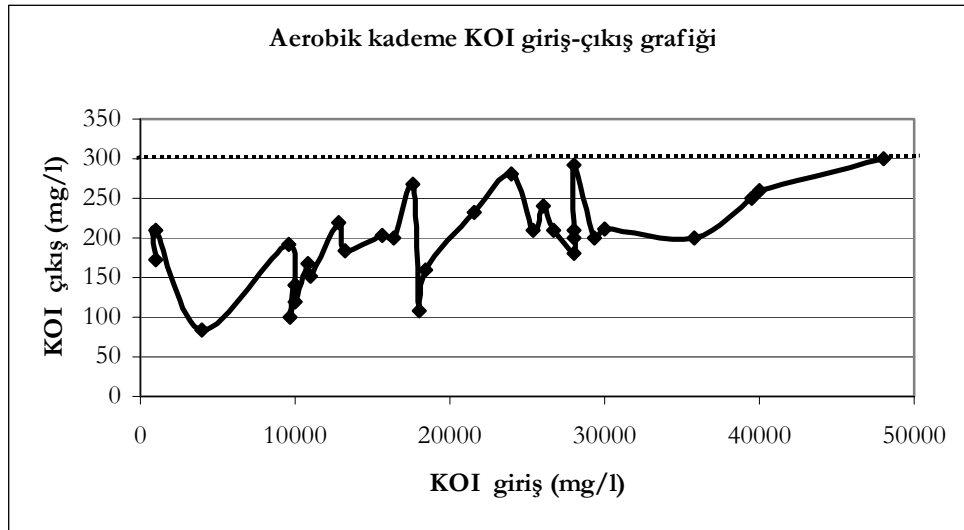
Kontrolü Yönetmeliği'nde yer alan standartlara göre arıtma tesisi çıkış suyu KOI konsantrasyonu (300 mg/l) da gösterilmektedir. Grafiğin incelenmesinden gözlenen değerlere dayanılarak KOI



Şekil 11. Aerobik kademe çıkışı KOİ değerleri frekans histogramı

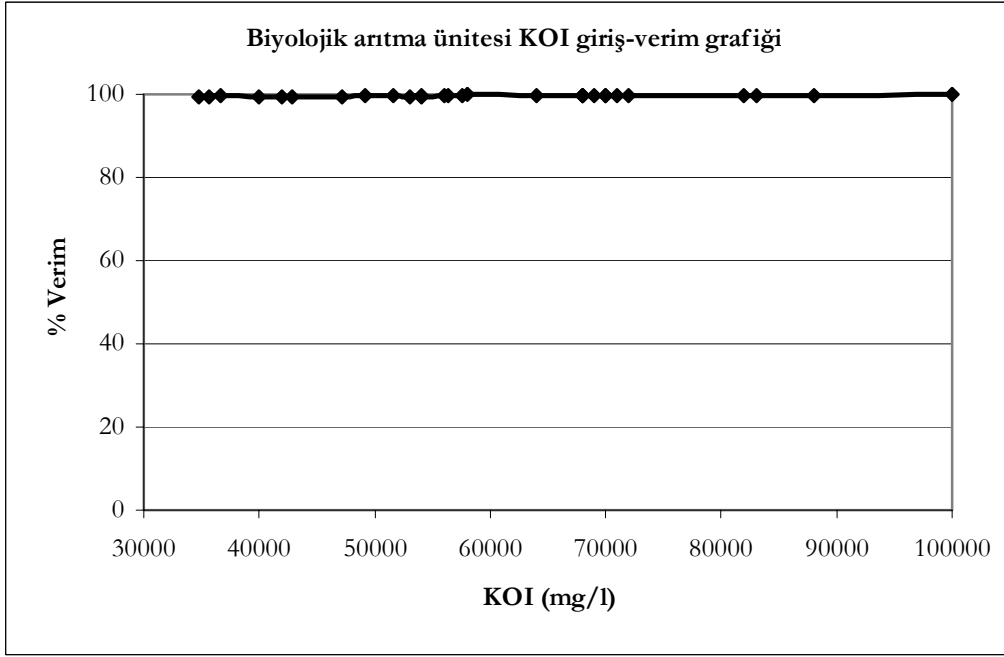


Şekil 12. Aerobik kademe KOİ giriş-verim grafiği



Şekil 13. Aerobik kademe KOİ giriş-çıkış grafiği





Şekil 14. Arıtma tesisi KOI giriş-verim grafiği

parametresi bakımından standardın aşılmadığı görülmektedir

Arıtma tesisi bir bütün olarak ele alınırsa, KOI konsantrasyonlarının medyan değerinin giriş suyu için 58.000, çıkış suyu için ise 200 mg/l mertebesinde olması, tesisin KOI giderim verimi açısından yüksek performansa sahip olduğunu göstermektedir. Giriş suyu KOI değerine karşı çizilen verim grafiğinde de tesisin %99 mertebesinde giderme verimi ile çalıştığı anlaşılmaktadır (Şekil 14). Ancak, bu noktada sayıların istatistiksel yöntemler sonucunda onayladığı sonuçların güvenilirliğinin çevre mühendisliği (mesleki) birikimleriyle de yeniden değerlendirilmesinin gerekliliği unutulmamalıdır.

## DEĞERLENDİRME

Atıksu arıtma tesislerinde yasa ve yönetmelikler gereği tutulan işletme defterlerine kaydedilen analiz sonuçları çoğu zaman sayılar yığını olarak kalmakta, veri çokluğu-bilgi azlığı sendromu yaşanmaktadır. Ayrıca suyun karakterizasyonu amacıyla uygulanan yöntemlerin getirdiği ekonomik yük işletmecilerin eldeki verilerden maksimum bilgiye ulaşmasını zorunlu kılmaktadır. Bu amaçla istatistiksel analiz yöntemleri kullanılması, gözlenen verilere dayanılarak çözüm yolları üretilmesine katkı sağlamaktadır. Her

tesisin kendine özgü işletme koşullarına sahip olması tasarım aşamasında faydalı olan literatür bilgilerinin işletme aşamasında kullanılması halinde yeterli ve gerçekçi olamayabilecektir. Dolayısıyla çözüm önerilerinin gözlenen verilere dayandırılması daha kısa sürede en iyi performansın alınmasına katkı sağlayabilecektir.

İstatistiksel yöntemler arıtma tesisinin tanınmasına ve işletme kararlarının daha doğru ve sağlıklı bir şekilde alınmasına olanak kılmaktadır. Ayrıca bu tür analizlerin güncel olarak tutulması tesislerin performansı hakkında üçüncü şahıslara (yöneticiler, denetleyiciler, yasa uygulayıcıları vb.) kısa sürede bilginin verilmesine imkan sağlamaktadır.

## KAYNAKLAR

- Dinçel. N. (2000) Wastewater characterization and anaerobic treatment of a suma distillery factory. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Yöneten: F. Şengül, İzmir.
- SPSS Inc (1998) SPSS (Statistical Package for Social Sciences), Version 9.
- Resmi Gazete (1988) Su kirliliği kontrolü yönetmeliği, Tarih:4.09.1988, Sayı: 19919, Ankara.