



## KOT BOYAMA TEKSTİL ATIKSUYUNDA KALICI KOİ'NİN BELİRLENMESİ

### (DETERMINATION OF THE INERT COD FOR THE JEANS DYING TEXTILE WASTEWATER)

Meltem ÇALIŞKAN\*, Mustafa DEĞİRMENCİ\*, Fehiman ÇİNER\*

#### ÖZET/ABSTRACT

Atıksuların arıtma tesisine girişteki karakteristiklerinin tanımlanması biyolojik arıtma tesislerinin tasarımı ve işletilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Atıksulardaki kompleks organik madde içeriği Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Toplam Organik Karbon (TOK) analizleri ile belirlenmektedir.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), atıksulardaki organik madde içeriğinin belirlenmesinde yaygın biçimde kullanılan bir parametredir. Bu parametre diğerlerine tercih edilmesine rağmen biyolojik olarak kolay ayrılan organik madde ile kalıcı organik madde arasındaki farkı belirleyememektedir.

Girişteki kalıcı çözülmüş organik madde (inert KOİ) biyolojik arıtma tesislerinde hiç bir değişikliğe uğramadan sistemden çıkmaktadır.

Kot boyama tekstil atıksuyunda çözülmüş kalıcı KOİ'nin hesaplanması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Kalıcı KOİ, toplam atıksu ve filtre edilmiş atıksu ile beslenen 2 L hacimli kesikli aerobik reaktörler kullanılarak hesaplanmıştır. Çözülmüş kalıcı KOİ konsantrasyonu ( $S_i$ ) 91 mg/l, çözülmüş mikrobiyel inert ürün konsantrasyonu ( $S_p$ ) 47 mg/l ve bu toplamın ( $S_i+S_p$ ) başlangıç toplam KOİ konsantrasyonuna ( $C_{T_0}$ ) olan oranı 21 olarak bulunmuştur.

*Determination of the characteristics of the influent wastewaters is very important in design and operation of biological treatment plants. Content of complex organic substrate in wastewaters is determined by analyzing Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Organic Carbon (TOC) parameters.*

*Chemical Oxygen Demand (COD) is the parameter to commonly used into determined content of organic substrate in wastewaters. Although this parameter is preferred to others it doesn't define discrimination between readily biodegradable material and inert substrate. Influent inert soluble organic substrate (inert COD) exits without change from system in biological treatment plants.*

*The aim of this study is to determine of inert soluble COD in wastewaters of the jeans dying textile effluents. Inert fraction of COD was determined by using 2-liter volume aerobic batch reactors fed with total wastewater and filtered wastewater. Inert Soluble COD ( $S$ ) concentration and residual soluble microbial products concentration ( $S_p$ ) was found as 91 mg/l and 47 mg/l which is about 21 ratios of Total Initial COD ( $C_{T_0}$ ).*

#### ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Biyolojik arıtma, Aktif çamur sistemleri, Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), Kalıcı KOİ  
*Biological treatment, Activated sludge systems, Chemical oxygen demand (COD), Inert COD*

## 1. GİRİŞ

Tekstil endüstrisi Türkiye'nin ekonomik kalkınmasında başta gelen sektörlerinden biridir. Ülkemiz toplam ihracat gelirlerinin % 36-39'u tekstil ürünlerinin ihracatından sağlanmaktadır (Eremektar vd., 1997). Ülkemiz açısından önemli bir yere sahip olan tekstil endüstrisinde ürünler doğal ve sentetik hammaddelerden değişik prosesler kullanılarak üretilir. Kullanılan hammadde ve kimyasal maddelerin, gerçekleştirilen işlemlerin, her işlem için uygulanan teknolojilerin çeşitliliği, su kullanımlarının çok farklı oluşu, endüstride yapının son derece değişken olduğunu gösterir. Bu dinamik yapı, atıksu karakterizasyonu ve uygulanan arıtma teknolojilerine de yansımakta, endüstri için tipik bir atıksu ve standart arıtma teknolojisinden söz etmek anlamsız hale gelmektedir (Germirli vd., 1990a).

Atıksuların aktif çamur sistemleri ile aerobik şartlarda biyolojik arıtımı atıksuyun bileşiminde bulunan organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından giderilmesi prensibine dayanır. İdeal bir aktif çamur sisteminin tasarlanmasında sadece reaktör özelliklerinin değil, aynı zamanda prosesin kinetik ve stokiometrik parametrelerinin de iyi seçilmesi ve uygunluğunun kontrol edilmesi gerekir. Atıksularda bulunan organik madde içeriğinin hesap ve tanımlama işlemleri arıtma tesislerinin tasarımı açısından önem taşır. Bu nedenle organik maddeler çeşitli parametreler kullanılarak belirlenir. Bu parametreler içerisinde en yaygın olarak kullanılanı ise KOİ parametresidir.

Aktif çamur tesisi çıkışında bir miktar organik madde arıtılmadan inert olarak kalmaktadır. Bu organik madde aktif çamur sisteminde kesinlikle ayrıştırılamamaktadır. Kalan organik madde KOİ parametresi ile ifade edildiğinde "kalıcı (inert) KOİ" adını alır ki bu parametre arıtma tesisi projelendirmesinde, deşarj standartlarının sağlanmasının kontrolünde göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmada kot boyama tekstil atıksuyundaki inert (kalıcı) KOİ belirlenmiş ve atıksuyun biyolojik arıtılabilirliği incelenmiştir.

## 2. ÇÖZÜNMÜŞ KALICI KOİ ÖLÇÜMÜ İÇİN ÖNERİLEN METOTLAR

Arıtma tesisi çıkışındaki atıksu KOİ'si giriş partiküler ve çözünmüş inert KOİ bileşenleri ( $X_I$  ve  $S_I$ ) ve biyolojik arıtma sırasında metabolik aktiviteler sonucu üretilen çözünmüş ve partiküler inert ürünlerden ( $S_P$  ve  $X_P$ ) oluşmaktadır.

Giriş akımındaki partiküler inert KOİ'yi belirlemek için tarafından 3 metot önerilmiştir (Orhon vd., 1994). İlk yöntem partiküler KOİ'nin izlenmesini gerektirmektedir. Bu metot, toplam KOİ ( $C_{TO}$ ) değerine sahip atıksu ve çok az miktarda biyokütle ilavesi yapılan bir sistemde zamana karşı toplam ve çözünmüş KOİ değerlerinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Tüm biyokütlenin mineralizasyonunu ve tüm ayrışabilen substratın tükenmesini sağlamak amacıyla ölçümler uzun bir reaksiyon süresince yapılmaktadır. Giriş akımındaki partiküler inert KOİ ve biyokütlenin ölümü sonucu üretilen kalıcı partiküler ürünlerin toplamı,  $X_T$ 'nin ölçülen değeri

$$X_T = X_I + X_P \quad (1)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Bu formülde;

$X_T$  = Toplam biyokütle konsantrasyonu (mg/l),

$X_I$  = Partiküler inert organik madde konsantrasyonu (mg/l),

$X_P$  = Partiküler inert mikrobiyel ürün konsantrasyonu (mg/l)'yi ifade etmektedir.

İkinci yöntemin esası, biri toplam atıksu ( $C_{T0}$ ) ve diğeri süzölmüş atıksu ( $S_{T0}$ ) ile beslenerek havalandırılan kesikli reaktörlerde yapılan deneysel çalışmaya dayanmaktadır. Her iki reaktöre atıksuya daha önceden aklime edilmiş ve kalıcı KOİ içermeyen çok düşük miktarda (10-50 mg UAKM/l) biyokütle ilave edilmektedir. Her bir reaktörde biyolojik olarak ayrışabilir tüm substratın tükendiğı ve tüm biyokütlenin mineralize olduğı, yalnız başlangıçtaki inert KOİ'nin ve kalıcı ürünlerin kaldığı eşik değerine ulaşınca kadar yeterince uzun bir süre toplam ve çözönmüş KOİ değerleri ölçümü yapılmaktadır.

Deney başlangıcında toplam atıksu ile beslenen reaktördeki toplam KOİ aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$C_{T0} = S_{SO} + X_{SO} + S_I + X_I \quad (2)$$

Bu formölde;

$C_{T0}$  = Girişteki filtre edilmemiş (toplam) substrat konsantrasyonu (mg/l),

$S_{SO}$  = Girişteki kolay ayrışabilir substrat konsantrasyonu (mg/l),

$X_{SO}$  = Girişteki yavaş ayrışabilir substrat konsantrasyonu (mg/l),

$S_I$  = Girişteki çözönmüş inert substrat konsantrasyonu (mg/l)'yi ifade etmektedir.

Süzölmüş atıksu ile beslenen reaktördeki toplam KOİ değeri ise

$$S_{T0} = S_{SO} + S_I \quad (3)$$

denklemleri ile verilebilir. Bu formölde;

$S_{T0}$  = Girişteki filtre edilmiş (süzölmüş) atıksu konsantrasyonu (mg/l)'yi ifade etmektedir.

Deney sonunda biyolojik olarak ayrışabilir organik madde tükendiğı için toplam ve çözönmüş KOİ değerleri sabit kalmaktadır. Bu durumda ayrışabilir substratın tamamı tüketildiğinden birinci reaktördeki toplam KOİ ( $C_{T1}$ ) ve çözönmüş KOİ ( $S_{T1}$ ) değerleri

$$C_{T1} = S_{P1} + S_I + X_I + X_{P1} \quad (4)$$

$$S_{T1} = S_{P1} + S_I \quad (5)$$

eşitlikleri ile ifade edilebilir. Bu formölde;

$S_{T1}$  = 1. reaktördeki çözönmüş substrat konsantrasyonu (mg/l),

$S_{P1}$  = 1. reaktördeki çözönmüş kalıcı mikrobiyel ürün konsantrasyonu (mg/l)

$X_{P1}$  = 1. reaktördeki partiküler inert mikrobiyel ürün konsantrasyonu (mg/l)'yi ifade etmektedir.

Deney sonunda, süzölmüş atıksu ile beslenen ikinci reaktördeki toplam KOİ ( $C_{T2}$ ) ve çözönmüş KOİ ( $S_{T2}$ ) değerleri ise sıra ile

$$C_{T2} = S_{P2} + S_I + X_I + X_{P2} \quad (6)$$

$$S_{T2} = S_{P2} + S_I \quad (7)$$

olarak formölde edilebilir. Bu formölde;

$S_{T2}$  = 2. reaktördeki çözönmüş substrat konsantrasyonu (mg/l),

$S_{P2}$  = 2. reaktördeki çözönmüş inert mikrobiyel ürün konsantrasyonu (mg/l),

$X_{P2}$ =2. reaktördeki partiküler inert mikrobiyel ürün konsantrasyonu (mg/l)'yi ifade etmektedir. Bu eşitlikler kullanılarak atıksudaki çözünmüş inert madde,  $S_I$  ve partiküler inert madde miktarları,  $X_I$  belirlenebilir.

Bu yöntemde göre,  $Y_H$  (dönüşüm oranı),  $b_H$  (biyokütle ölüm hızı katsayısı) ve  $f_{EX}$  (biyokütlelerin inert fraksiyonu) gibi diğer kinetik ve stokiometrik katsayılar gerekli değildir. Bu prosedür temel olarak çözünmüş ve partiküler mikrobiyel ürünleri ( $S_P$ ) ve girişteki biyolojik ayrışabilir KOİ ( $C_{S1}$ )'nin sabit bir kısmı olarak ifade edilen  $X_P$ 'yi kullanır. Buna göre, deneyin başlangıcında ve sonunda her iki reaktörden elde edilen toplam ve çözünmüş KOİ değerleri kullanılarak atıksuyun partiküler ve çözünmüş inert bileşenleri saptanmaktadır. Bu yöntem, metabolik olarak üretilen inert bileşenlerin ( $S_P$  ve  $X_P$ ), girişteki ayrışabilir KOİ'nin bir sabit fraksiyonu olarak oluştuğu savına dayanmaktadır.

Üçüncü yöntemde ise, ikisi atıksu ile üçüncüsü glikoz ile çalışan üç adet kesikli reaktör kullanılmaktadır. İlk reaktör toplam KOİ ( $C_{T0}$ ), ikinci reaktör toplam çözünmüş KOİ ( $S_{T0}$ ), glikoz reaktöründe ise başlangıç KOİ  $S_{T0}$ 'a eşit konsantrasyonda alınarak deneylere başlanmaktadır. Reaktörlerde çözünmüş KOİ profillerindeki değişme ayrışabilir KOİ'nin tam olarak tükendiği, KOİ değerlerinin sabit bir minimuma ulaştığı noktaya kadar gözlenmektedir. Glikoz reaktöründeki çözünmüş KOİ, glikozun çözünmüş bir bileşik olması ve başlangıçta inert fraksiyon içermemesi nedeniyle yalnızca  $S_{PG}$  düzeyindedir. Atıksu reaktöründe  $S_{T0}$  ile çalışılmaktadır. Çıkıştaki KOİ,  $S_I$  ve  $S_{P1}$ 'in toplamına eşit olan  $S_{R1}$  minimum düzeydedir. Atıksudaki  $S_I$  fraksiyonu

$$S_I = S_{R1} - S_{PG} \quad (8)$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada;

$S_{R1}$ =1. reaktördeki çözünmüş inert substrat konsantrasyonu (mg/l),

$S_{PG}$ =Glikoz reaktöründeki çözünmüş inert mikrobiyel ürün konsantrasyonu (mg/l)'yi ifade etmektedir.

$$(S_P)_{atıksu} \approx (S_P)_{glikoz} \quad (9)$$

kabulü yapılmaktadır.

Atıksuyun çözünmüş ayrışabilir ve partiküler fraksiyonlarıyla ( $C_{S0}$ ) çalışan ilk reaktör yüksek  $S_{P2}$  nedeniyle yüksek çözünmüş kalıcı KOİ ( $S_{R2}$ ) gösterecektir. Atıksudaki  $S_I$  fraksiyonu

$$S_{P2} = S_{R2} - S_I \quad (10)$$

şeklinde dir.

### 3. ATIKSU KARAKTERİZASYONU

Tekstil endüstrisi atıksuları bazı özel durumlar dışında evsel atıksulara oranla biyolojik olarak zor ayrışmaktadır. Genellikle tek kademe arıtma yeterli olmadığı için, kimyasal ve/veya biyolojik arıtma uygulanarak mümkün olabilecek en iyi verimin elde edilmesine

çalışılmaktadır. Biyolojik arıtma ve özellikle aktif çamur sistemleri en yaygın kullanıma sahip arıtma teknolojileridir (Sözen, 1991; Eremektar vd., 1997, Pınarlı vd., 1999).

Çalışmada kullanılan atıksuyun alındığı tekstil endüstrisinde pamuklu kumaş dokuması ve indigo mavisi ile kot boyama işlemleri yapılmaktadır ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde verilen alt kategorilerin hiçbirine uymamaktadır (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 1988). Eremektar vd. tarafından yapılan çalışmada da belirtildiği gibi Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde yer alan tekstil endüstrisi alt kategorileri yetersiz olmaktadır (Eremektar vd., 1997).

Tesiste boyama işlemleri haftanın ilk üç günü yapılmaktadır. Boyama atıksuları ve tesisin diğer yerlerinden (tuvalet vs.) gelen atıksular toplanmakta ve arıtma işlemine tabii tutulmadan Kızılırmak Nehri'ne deşarj edilmektedir. Çalışmada kullanılan atıksu kompozit numune halinde boyamanın yapıldığı son gün toplama kanalından alınmıştır. Atıksuyun mavi renkli olduğu ve çökelebilen katılarının az olduğu gözlenmiştir. Atıksu karakterizasyonunun belirlenmesi sırasında pH, AKM, KOI, BOI<sub>5</sub>, toplam Kjeldahl azotu ve toplam fosfor tayinleri yapılmıştır. Tüm analizler "Standard Methods" kitabındaki yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan kot boyama tekstil atıksuyunun karakterizasyonu Çizelge 1'de verilmiştir (APHA, 1989).

Çizelge 1. Deneysel çalışmada kullanılan atıksu karakterizasyonu

| Parametre                    | Atıksuda Ölçülen Değer |
|------------------------------|------------------------|
| Toplam KOİ (mg/l)            | 1400                   |
| Süzülmüş KOİ (mg/l)          | 1000                   |
| BOI <sub>5</sub> (mg/l)      | 775                    |
| AKM (mg/l)                   | 132                    |
| Toplam Kjeldahl Azotu (mg/l) | 19                     |
| Toplam Fosfor (mg/l)         | 1                      |
| PH                           | 9                      |

#### 4. YÖNTEM VE TEKNİKLER

Büyük miktarlarda partiküler KOI içeren atıksu örneklerinde giriş akımındaki biyolojik olarak ayrışamayan çözünmüş (S<sub>IO</sub>) ve partiküler kalıcı organik madde (X<sub>IO</sub>) tarafından geliştirilen 2. yöntem kullanılarak belirlenmiştir (Orhon vd., 1994). Bu yöntem daha önceki yaklaşımlarla ilgili temel problemleri ortadan kaldırmakta ve sadece KOI ölçümlerine dayanmaktadır. Bu amaçla toplam ve süzölmüş atıksu ile beslenen ve atıksuya daha önceden aklime olmuş, kalıcı KOİ içermeyen çok düşük miktarda 20-40 mgUAKM/L biyokütle ile aşılana 2 litre atıksu hacimli paralel olarak çalışan kesikli reaktörlerde zamana karşı hem toplam, hem de süzölmüş KOİ profilleri izlenmiştir. AKM ve UAKM tayininde AP40 tipindeki filtre kağıtları kullanılmıştır. Filtreden geçen kısım "çözölmüş organik madde" olarak kabul edilmiştir.

Çalışmada kullanılan aşu mikroorganizmalar üniversite kampüsü atıksu deşarj noktasının organik maddece yoğun olan bir bölümünden alınarak üretilmiştir. Evsel çamur reaktöründeki mikroorganizmalar tesis atıksuyuna 12 gün boyunca aklime edilmiştir. Pınarlı vd. tekstil endüstrisi atıksularında yaptıkları kimyasal ön arıtılabilirlik çalışmaları sonucunda % 64-% 70

arasında KOİ giderim verimi elde etmişlerdir (Pınarlı vd., 1999). Kimyasal arıtma ile % 50-60 aralığında KOİ gideriminin yapıldığı düşünülerek ve Eremektar vd. tarafından yapılan çalışmada KOİ konsantrasyonu bakımından % 50'ye yakın bir seyreltme yapıldıktan sonra biyolojik arıtılabilirlik yapıldığından bu çalışmada da atıksu % 50 oranında seyreltikten sonra deneylere başlanmıştır (Eremektar vd., 1997). Deneysel çalışmalarda İnert KOİ saptaması için reaktörlerden biri, başlangıç toplam KOİ 660 mg/l olacak şekilde %50 oranında seyreltilmiş atıksu örneği ile, diğeri ise %50 oranında seyreltilmiş süzölmüş atıksu ile beslenmiştir. Her iki reaktöre de daha önceden atıksuya aklime olmuş mikroorganizma ilave edilmiş, başlangıç biyokütle konsantrasyonu 40 mg/l UAKM'ye ayarlanarak F/M oranının 10-20 arasında olması sağlanmıştır. Çalışma, 20°C sabit sıcaklık koşullarında, pH değeri yaklaşık 7.0 civarında tutularak, yeterli seviyede oksijen temin edilerek ve C:N:P (100:5:1) oranını sağlamak için gerekli nütrient ihtiyacı solüsyon A ve B ilavesi yapılarak yürütölmüştür. Üç hafta boyunca her iki reaktörde toplam KOİ ve çözülmüş KOİ değerleri ölçölmüş, sabit değerler elde edildiğinde çalışmaya son verilmiş ve kalıcı maddeler kütle dengesi ifadeleri ile hesaplanmıştır. Yapılan tüm deneylerde “Standart Methods” kitabındaki yöntem uygulanmıştır (APHA, 1989).

## 5. BULGULAR

Reaktörler kurulduktan sonra 480 saat süren deneysel çalışma sonucu elde edilen bulgular Çizelge 2'de sunulmuştur. Toplam atıksu ve süzölmüş atıksu ile beslenen reaktörlerdeki KOİ'nin zamana bağlı olarak değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir.

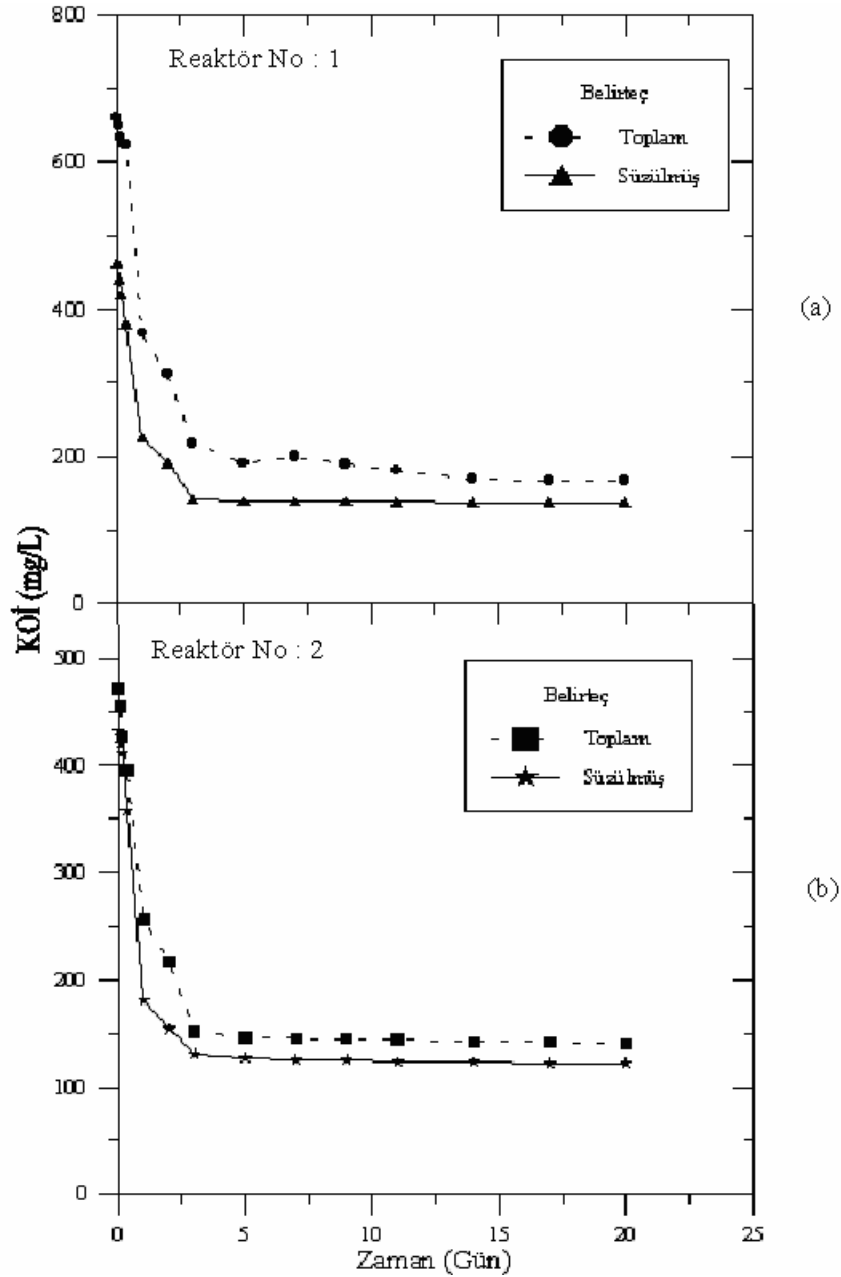
Çizelge 2. Toplam KOİ ve süzölmüş KOİ ile beslenen reaktörlerdeki KOİ'nin zamana bağlı değişimi

| ZAMAN<br>(saat) | 1.Reaktör<br>(toplam atıksu ile<br>beslenen)<br>KOİ (mg/l) |       | 2. Reaktör<br>(süzölmüş atıksu ile beslenen)<br>KOİ (mg/l) |       |
|-----------------|--|-------|--|-------|
|                 | $C_T$  | $S_T$ | $C_T$  | $S_T$ |
| 0               | 660  | 464   | 472  | 433   |
| 2               | 650  | 440   | 455  | 420   |
| 4               | 633  | 421   | 427  | 411   |
| 8               | 623  | 380   | 396  | 358   |
| 24              | 368  | 226   | 257  | 181   |
| 48              | 312  | 192   | 216  | 154   |
| 72              | 218  | 142   | 151  | 131   |
| 120             | 192  | 140   | 146  | 127   |
| 168             | 200  | 140   | 145  | 125   |
| 216             | 190  | 140   | 145  | 125   |
| 264             | 181  | 139   | 144  | 123   |
| 336             | 170  | 138   | 142  | 123   |
| 408             | 167  | 138   | 142  | 122   |
| 480             | 167  | 138   | 140  | 122   |

Deney sonuçları 464 mg/l olan başlangıç çözülmüş KOİ değerinin 138 mg/l'sinin ayrışmadan kaldığını göstermektedir. Çizelge 3'deki değerlendirme sonuçlarına göre, analiz edilen atıksu örneğinde 91 mg/l  $S_1$  ve 47 mg/l  $S_p$  saptanmıştır. Buna göre, 91 mg/l olan giriş

inert çözülmüş KOİ değeri deney süresi içerisinde oluşan metabolik ürünler nedeni ile 138 mg/l'ye yükselmiştir. Benzer durum partiküler KOİ değerlerinde de gözlenmiştir. Deneyin başlangıcında 196 mg/l olan partiküler KOİ'nin ( $X_p$ ) sadece 2 mg/l'si başlangıçta inert olan kısımdır.

Pınarlı vd., örgü kumaş üretimi yapan tekstil endüstrisi atıksuyunda Germirli, tarafından önerilen karşılaştırmalı yöntem esasına göre yaptıkları çalışmada kalıcı inert KOİ ( $S_I$ ) konsantrasyonunu 71 mg/l, mikrobiyel ürün ( $S_R$ ) konsantrasyonunu ise 18 mg/l bulmuştur (Pınarlı vd., 1999; Germirli, 1990 b).



Şekil 1.(a) Toplam atıksu ve (b)süzülmüş atıksu ile beslenen reaktörlerdeki KOİ'nin zamana bağlı olarak değişimi

Elde edilen deneysel bulgulardan inert KOİ'nin tarafından önerilen 2. metoda göre değerlendirmesi Çizelge 3'te verilmiştir (Orhon vd., 1994). Çizelge 3'e göre, 1. reaktör toplam atıksu numunesi ile beslendiği için toplam KOİ ( $C_{T1}$ ) ve çözülmüş KOİ ( $S_{T1}$ )'in farkı partiküler metabolik ürün konsantrasyonu ( $X_{P1}$ ) ve partiküler inert organik madde ( $X_I$ ) konsantrasyonunun toplamına eşittir. 2. reaktör süzölmüş atıksu numunesi ile beslendiği için toplam KOİ ( $C_{T2}$ ) ve çözülmüş KOİ ( $S_{T2}$ ) farkı partiküler metabolik ürün konsantrasyonu ( $X_{P2}$ )'ye eşittir. 1. ve 2. reaktördeki çözülmüş KOİ'lerin farkı ( $S_{T1}-S_{T2}$ ) birinci ve ikinci reaktördeki çözülmüş metabolik ürün konsantrasyonları farkı ( $S_{P1}-S_{P2}$ )'ye eşittir.

Çizelge 3. Deneysel bulgulardan inert KOİ'nin hesaplanması

| Parametre  | Atıksu Örneği, KOİ (mg/l)     |
|--|-------------------------------|
| $C_{T1} - S_{T1} = X_{P1} + X_I$                                     | $167 - 138 = 29$              |
| $C_{T2} - S_{T2} = X_{P2}$   | $140 - 122 = 18$              |
| $\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1}$                                    | $660 - 167 = 493$             |
| $\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2}$                                    | $464 - 140 = 324$             |
| $X_{P1} = X_{P2} \cdot (\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2})$              | $18 \cdot (493 / 324) = 27$   |
| $X_I = (C_{T1} - S_{T1}) - X_{P1}$                                   | $29 - 27 = 2$                 |
| $S_{T1} - S_{T2} = S_{P1} - S_{P2}$                                  | $138 - 122 = 16$              |
| $S_{P1} = (S_{T1} - S_{T2}) / [1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})]$ | $16 / [1 - (324 / 493)] = 47$ |
| $S_{P2} = S_{P1} - S_{T1} + S_{T2}$                                  | $47 - 138 + 122 = 31$         |
| $S_I = S_{T1} - S_{P1}$  | $138 - 47 = 91$               |
| $S_I = S_{T2} - S_{P2}$  | $122 - 31 = 91$               |

## 6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Atıksu örneğinden elde edilen inert KOİ değerlerinin oranları Çizelge 4'de verilmektedir. Çizelge 4'deki değerlere göre atıksudaki toplam KOİ ( $C_{T0}$ )'nin %14'ü girişteki inert çözülmüş KOİ ( $S_I$ ), % 0.3'ü girişteki partiküler inert KOİ ( $X_I$ ), kalan kısmı % 86'sı ise ayrışabilir KOİ ( $C_{S0}$ )'den oluşmaktadır. Ayrışabilir KOİ ( $C_{S0}$ ), biyolojik arıtma sırasında tüketilerek ortama inert metabolik ürünler ( $S_p$  ve  $X_p$ ) verilmektedir. Partiküler atıksu bileşenlerinin çamura geçerek sistemden ayrılması nedeniyle arıtma tesisi çıkış suyunda girişteki toplam KOİ'nin %21'lik bölümü çözülmüş bileşenler olarak kalmaktadır. Buna göre, 1400 mg/l'lik toplam KOİ'ye sahip atıksu arıtma tesisinde ancak 293mg/l'ye düşürülebilmektedir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre çıkış suyunda ortalama olarak (24 saatlik kompozit numune esasına göre) 200 mg/l'lik KOİ değerinin sağlanması gerekmektedir (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 1988). Kullanılan kot boyama tekstil atıksuyu için bu limite sadece biyolojik arıtma ile ulaşılması oldukça zor görülmektedir. Pınarlı vd. tekstil endüstrisi dengeleme havuzu çıkışından aldıkları atıksu örneğinde fiziko-kimyasal arıtma ile 500 mg/l  $FeSO_4$  kullanarak KOİ giderim verimini % 70 mertebesinde elde etmiştir (Pınarlı vd., 1999). Kimyasal arıtma sonrası yapılan biyolojik arıtılabilirlik çalışmalarında KOİ giderim verimi üzerinde yüksek performans elde edilmiş, arıtılmış suyun kalitesi "Su Kirliliği Kontrolü



Yönetmeliği”nde belirtilen söz konusu sektör için belirtilen deşarj standartlarını sağlamıştır. Tekstil sektöründe faaliyette bulunan tesislerin yüksek debide atıksu üretmeleri nedeniyle durumun önemi daha da artmaktadır.

Çizelge 4. Atıksu örneğindeki inert KOİ bileşenlerinin oranları

| ORAN                                    | $X_I / C_{T0}$ | $S_I / C_{T0}$ | $C_{S0} / C_{T0}$ | $S_P / C_{S0}$ | $S_I / S_0$ | $(S_I + S_P) / C_{T0}$ |
|---|----------------|----------------|-------------------|----------------|-------------|------------------------|
| $(\text{mg/l KOİ}) / (\text{mg/l KOİ})$ | 0.003          | 0.138          | 0.859             | 0.083          | 0.196       | 0.209                  |

Yapılan çalışma sonucunda söz konusu atıksuyun yalnızca biyolojik arıtmaya tabi tutulmasında istenen verimin elde edilemeyeceği görülmüştür. Bu çalışmada da atıksu arıtımında kimyasal+biyolojik arıtma ya da mevcut diğer teknolojilerin de bir arada kullanılacağı bir arıtma şekli önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- APHA, AWWA, WPRC (1989): “Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater”, Washington D.C., American Public Health Association.
- Eremektar G., Germirli F., Çeki S., Tünay O. (1997): “Tekstil Endüstrisi Atıksularında Inert KOİ-Örnek Uygulama”, Su Kirliliği Kontrolü Dergisi (SKKD), Cilt 7, Sayı 2, s.25-31.
- Germirli F., Orhon D., Tünay O. (1990a): “Tekstil Endüstrisinde Atıksu Özelliklerini Etkileyen Faktörler-Örnek Tesislerde Uygulama”, İTÜ, 2.Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu'90, s.95-108.
- Germirli F. (1990b): “The Incremental and Comparison Methods for the Assessment of Initial Soluble COD”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Orhon D., Artan N., Ateş E. (1994): “A Description of Three Methods for the Determination of the Initial Inert Particulate Chemical Oxygen Demand of Wastewater”, J. Chem. Tech. Biotechnol., 61 , pp.73 - 80.
- Pınarlı V., Kutlu Akal S., Yonar T. (1999): “Tekstil Endüstrisi Atıksuyunda Arıtılabilirlik Çalışmaları ve Kalıcı KOİ'nin Belirlenmesi”, Su Kirliliği Kontrolü Dergisi (SKKD), Cilt 9, Sayı 3, s.17-24.
- Sözen S. (1991): “Tekstil Endüstrisinde Kirlenme Kontrolü”, Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi, Cilt 1, Sayı 3, s.133-144.
- T.C. Başbakanlık Çevre Müsteşarlığı (1988): “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”, Ankara, Yayın No:7.