



**YUKARI AKIŞLI ANAEROBİK FİLTRE MODEL REAKTÖRÜNDE TEMİZ
YATAK HİDROLİK ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ**

**(EVALUATION OF HYDRAULIC CHARACTERISTICS IN UPFLOW ANAEROBIC
FILTER MODEL REACTOR WITHOUT BIOFILM)**

Sevgi TOKGÖZ*

ÖZET/ABSTRACT

Bu çalışmada, yukarı akışlı bir anaerobik filtre model reaktöründe hidrolik akım koşullarının belirlenmesi amacı ile izleyici çalışmaları yapılmıştır. İzleyici madde olarak Rodamin-B'nin kullanıldığı ani izleyici çalışmasında model reaktör temiz yatak durumunda ve ortam sıcaklığında (~20°C) değerlendirilmiştir.

Dispersiyonlu akım modeli ve pik zamanı metodu olmak üzere iki ayrı hidrolik modellemenin gerçekleştirildiği çalışma sonucunda, her iki modelden hesaplanan gerçek hidrolik alıkonma süreleri ve dispersiyon katsayılarının birbirlerini destekleyen yakın değerler olduğu saptanmıştır. Çalışmada, model reaktörün temiz yatak durumunda piston akım özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, literatür değerleri ile uyum göstermektedir.

Rhodamine-B was used as tracer in determining hydraulic characteristics of a packed column reactor as an upflow anaerobic filter. This study made in ambient condition (~20 °C) without biofilm and Rhodamine-B was used.

By application of experimental data to dispersed flow model and peak time method, actual detention times and dispersion coefficients corresponding to 1 and 2 hours of theoretical detention times were determined. The results indicated that the packed clean bed behaved like a plug flow reactor with dispersion coefficients of 0.095 and 0.075 for flow model for dispersion and with dispersion coefficients of 0.074 and 0.089 for peak time method respectively.

ANAHTAR KELİMELER/KEY WORDS

Yukarı akışlı anaerobik filtre, Hidrolik karakteristik
Upflow anaerobic filter, Hydraulic characteristic

* DEÜ Müh. Fak. Çevre Mühendisliği Bölümü, Kaynaklar Kampüsü, Buca, İZMİR

1. GİRİŞ

1960'lı yılların sonundan itibaren evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların arıtılması işlemleri için geliştirilerek pratikte uygulama alanları bulmaya başlayan anaerobik arıtma prosesleri, endüstriyel proseslerden kaynaklanan ve yüksek konsantrasyonlarda çözünmüş kirlilik içeren atıksuların arıtımında klasik aerobik sistemlere göre birçok avantaja sahiptir. Gerek arıtma veriminin yüksek oluşu ve gerekse işletme giderlerinin düşük olması nedeniyle bu tür sistemlerin kullanımı, özellikle son yıllarda gelişmiş ülkelerde aerobik sistemler yerine tercih nedeni olmaktadır. Yüksek organik yüklenme hızlarında çalıştırılabilmesi, havalandırma için enerji giderlerinin olmaması ve nihai ürün olarak CH₄ elde edilmesi bu tip sistemlerin en önemli avantajlarıdır.

Bu kapsamda, anaerobik arıtma sistemlerinden yukarı akışlı anaerobik filtre reaktöründe hidrolik akım koşullarının belirlenmesi sistemin karakterizasyonu açısından oldukça önemlidir.

2. MEVCUT ÇALIŞMALAR

Model hidrolik karakteristiklerinin belirlenmesine ilişkin çalışmalar, işletmeye alma periyodundan önce (temiz yatak) ve işletme periyodu (biyofilmlili yatak) süresince yapılmaktadır. Genellikle kullanılan izleme elementleri, tritium, Rodamin-B, NaCl vb.'dir. İzleme çalışmalarında, medya boyu, tipi ve yerleşiminin hidrolik karakteristikleri önemli ölçüde etkilediği ifade edilmektedir (Hickey vd., 1991).

Zamana göre konsantrasyonları belirleyen verilerin ayrıntılı istatistiksel değerlendirilmeleri sonucunda, gerçek hidrolik alıkonma süresi, gerçek çürütücü hacmi, dispersiyon katsayısı ve kısa devrenin derecesi tanımlanabilmektedir (Daigger ve Buttz, 1992).

Literatüre göre, yukarı akışlı anaerobik filtrelere ilişkin temiz yatak izleme çalışmalarında, atıksu dağıtım sisteminden dolayı reaktör girişinde tam karışım özelliklerinin etkili olduğu, reaktörün orta kısmında piston akım, reaktör çıkışında ise ara rejim özelliklerinin hakim olduğu ileri sürülmektedir. Young ve Young tarafından yapılan izleyici çalışmasında Reynolds sayısının 25'den küçük değerinde yukarı akışlı anaerobik filtrelerin hidrolik davranışı karakterize edilmiştir. Çalışma sonucunda, Reynolds sayısı ile piston akım koşullarının ters ilişkili olduğu saptanmıştır. Ayrıca, sistemin piston akım davranışındaki artışın medyanın özgül yüzey alanındaki artışla gerçekleştiği belirlenmiştir (Young ve Young, 1988).

Karışım karakteristikleri üzerinde medya özgül yüzey alanının etkisine ilişkin yapılan bir çalışmada, yüksek özgül yüzey alanına sahip filtre malzemesinde reaktörlerin tam karışımli sistemlerden ziyade piston akımlı çalıştığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, işletme periyodunda yeterli gaz üretimi, reaktördeki medya özgül yüzey alanından bağımsız olarak bir ölçüde karışım sağlayabilmektedir. İzleme çalışmalarında ayrıca, etkili hacim azalması ve kısa devrimlerin artması biyolojik katılar birikirken gözlemlenebilmektedir (Hickey vd., 1991).

Anaerobik filtrelerde gerçekleştirilen bir diğer izleyici çalışmasında ise reaktörün biyofilmsiz ortamda piston akım (dispersiyon sayısı= 0.03), biyofilmlili ortamda ise tam karışım (dispersiyon sayısı>10) özelliklerini gösterdiği ve reaktörde önemli ölçüde ölü bölgenin bulunduğu saptanmıştır (Ubay, 1993).

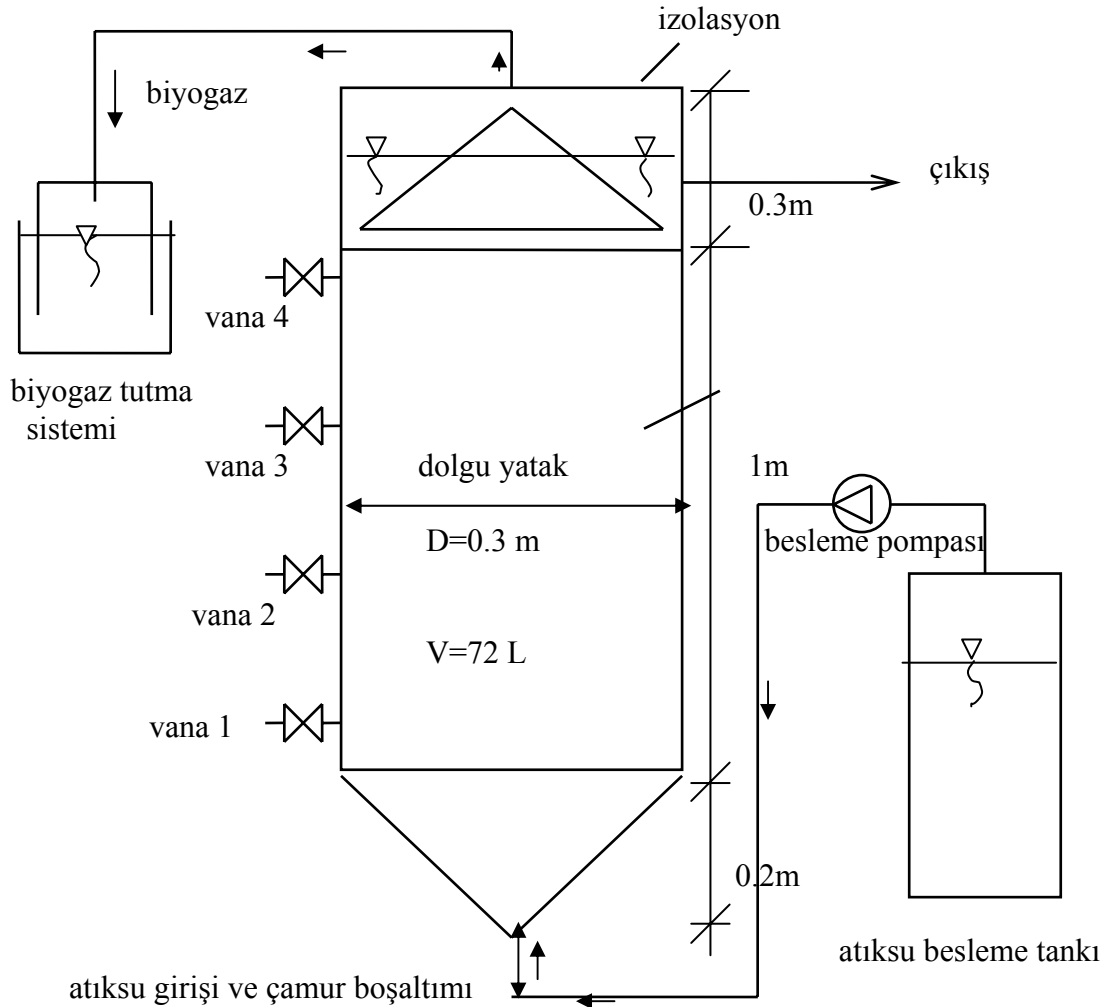
Öztürk ve Turan tarafından gerçekleştirilen temiz yatak izleme çalışmalarında izleyici elementin ortalama kalış süresi ile Pe/Re arasında doğrusal bir korelasyon olduğu saptanmıştır (Öztürk ve Turan, 1994). Dispersiyon katsayısındaki artış ise, hidrolik bekleme süresinde azalmaya neden olmaktadır. Bu araştırmacılar ayrıca, reaktördeki akımın hidrolik

rejiminin tanımlanmasında Gama Dağılım Modelinin rahatlıkla kullanılabileceğini saptamışlardır.

3. MATERYAL VE METODLAR

Pleksiglas malzemeden yaptırılan ve 72 L etkili hacme sahip olan yukarı akışlı anaerobik filtre model reaktörün şematik gösterimi Şekil 1’de verilmektedir. $D=0.3$ m çapında ve 1.5 m yüksekliğindeki reaktörde sabit dolgu yatak yüksekliği 1 m’dir. Reaktör içerisinde sabitlenen filtre dolgu malzemesi olarak iç ve dış yüzeyi yivli sert plastik hortum kullanılmıştır. Filtre malzemesi 1 cm uzunluğunda, 1.85 cm çapındadır ve %89 oranında poroziteye ve $313 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ’lük özgül yüzey alanına sahiptir.

Atıksu besleme düzeneği, atıksuyun depolandığı tank ve besleme pompasından oluşmaktadır. Atıksuyun ısıtılarak verileceği sistemde gerekli olan sıcaklığın sağlanması için, rezistans ve termometre depolama tankına monte edilmiştir. Anaerobik arıtım için gerekli sıcaklığın sağlanması amacıyla atıksuyun ısıtılmasının yanısıra, reaktördeki ısı kayıplarını minimuma indirmek için ana gövde cam yünü ile izole edilmiştir.



Şekil 1. Yukarı akışlı anaerobik filtre modelin şematik gösterimi

4. HİDROLİK MODELLEME

Reaktörde sıvı/gaz fazlarının ayrımını ve üretilen gazın toplanmasını sağlamak üzere 45°'lik eğimin verildiği sıvı/gaz düzeneği üstü kesik dik koni şeklinde reaktörün üst kısmında tasarlanmıştır.

Rodamin-B'nin izleyici olarak kullanıldığı bu çalışmada reaktör temiz yatak durumunda iken ani izleyici verilmesi durumu için değerlendirilmiştir (Tokgöz, 1998). Biyofilmsiz ortamda gerçekleştirilen bu çalışmada 0.5 gr/L Rodamin-B kullanılmak suretiyle 1 ve 2 saatlik teorik hidrolik alıkonma sürelerine karşılık gelen gerçek alıkonma süreleri ve dispersiyon katsayıları hesaplanmıştır. Her bir seride uygulanan teorik hidrolik alıkonma sürelerinin 3 katı bir süre boyunca konsantrasyonlar izlenmiştir. Rodamin-B'nin absorbans değerleri 553 nm'de "UV-260 (UV-visible recording) spectrophotometer" aletinde okunmuş ve kalibrasyon eğrisinden derişimler hesaplanmıştır.

4.1. Dispersiyonlu Akım Modeli

Reaktördeki hidrolik davranışın özelliklerini belirleyen dispersiyon sayısının saptanmasına yönelik yöntem, reaktör girişinde bir izleyici maddenin ani enjeksiyonuna ve çıkış suyunda bu maddenin zaman içerisindeki derişiminin izlenmesi esasına dayanmaktadır.

Konsantrasyon eğrilerinden dispersiyon sayısının saptanması için çeşitli analitik yöntemler geliştirilmiştir. Kapalı bir sistem için dispersiyon sayısı, Levenspiel tarafından 1972'de verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanabilmektedir (Baysal, 1980; Ubay, 1993).

$$t_{\text{gerçek}} = \frac{\sum tc}{c} \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum t_i^2 \cdot C_i}{\sum C_i} - t^2 = \frac{\sum t_i^2 \cdot C_i}{\sum C_i} - \left[\frac{\sum t_i \cdot C_i}{\sum C_i} \right]^2 \quad (2)$$

$$\sigma_{\theta}^2 = \frac{\sigma^2}{t^2} \quad (3)$$

$$\sigma_{\theta}^2 = 2d - 2d^2 \cdot \left(1 - e^{-\frac{1}{d}} \right) \quad (4)$$

Burada, C_i giriş izleyici konsantrasyonu, t_i zaman, t ortalama alıkonma süresi, σ^2 (T^2) varyans, σ_{θ}^2 boyutsuz varyans, d dispersiyon katsayısı ve $t_{\text{gerçek}}$ ise gerçek alıkonma süresini ifade etmektedir.

Gerçekleştirilen çalışmada 1 ve 2 saatlik teorik alıkonma sürelerinin 3 katını aşan sürelerde ve başlangıçtan itibaren eşit zaman aralıklarında reaktör çıkışında Rodamin-B derişimleri belirlenmiştir.

4.2. Pik Zamanı Yöntemi

Model reaktörün dispersiyon katsayısının hesaplanmasında

$$d = 4.027(10)^{-2} \frac{t_p}{t_0} \quad (5)$$

şeklinde verilen bir bağıntı da kullanılmaktadır (Baysal, 1980). Burada, t_p izleyici maddenin pik derişimi zamanı (gün) ve t_0 ise teorik alıkonma süresini (gün) ifade etmektedir.

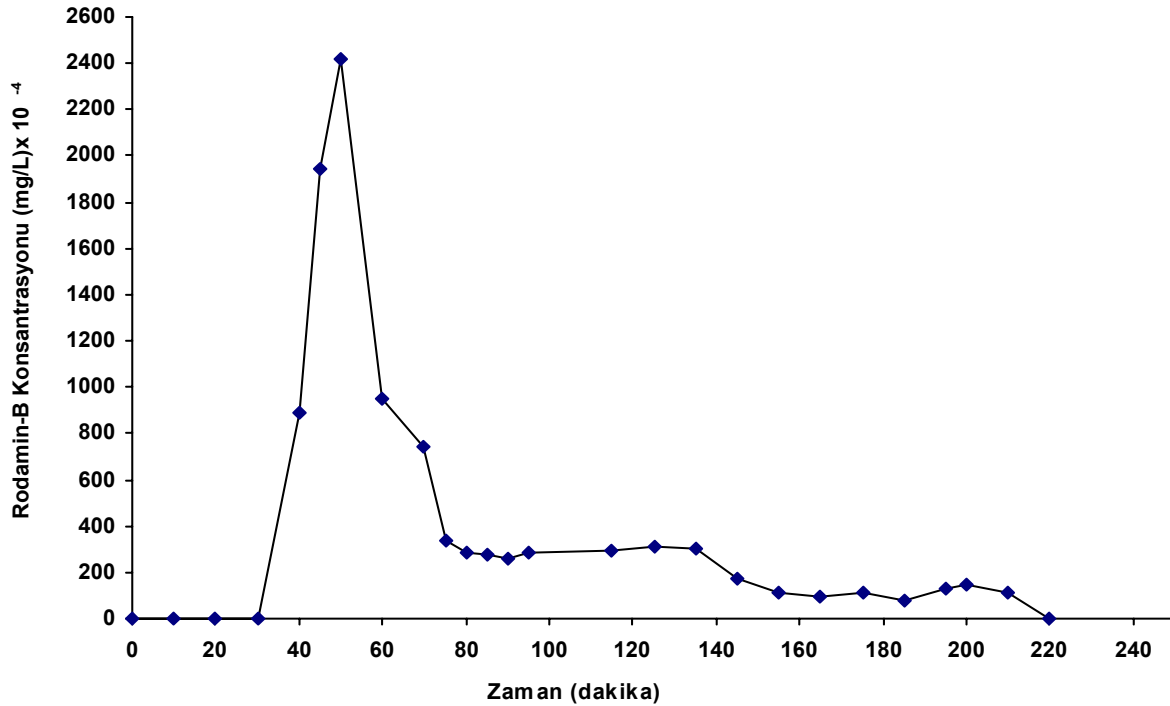
Başlangıçtan itibaren bir diğer değışle $t=0$ anından itibaren çıkış Rodamin-B konsantrasyonunun maksimum değerine ulaştığı sürenin saptanması suretiyle pik zamanı yöntemi ile reaktördeki gerçek alıkonma süresi ve dispersiyon katsayısı hesaplanmaktadır.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

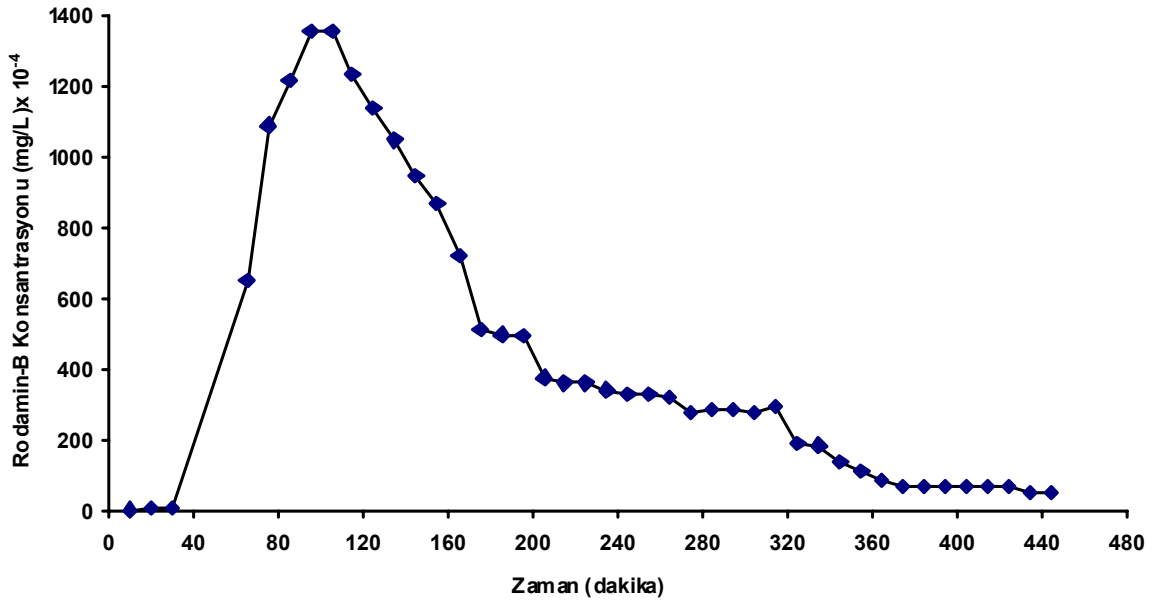
Tokgöz deneysel verileri Dispersiyonlu akım modeline uygulanması sonucunda 1 ve 2 saatlik teorik hidrolik alıkonma sürelerine karşılık gelen gerçek hidrolik alıkonma süreleri sırasıyla 1.24 saat ve 2.57 saat olarak hesaplanmıştır (Tokgöz, 1998). Dispersiyon sayıları ise, sırasıyla 0.095 ve 0.075 olarak hesaplanmıştır. Pik zamanı yönteminin uygulaması sonucunda ise, 1 ve 2 saatlik teorik hidrolik alıkonma sürelerine karşılık gelen gerçek hidrolik alıkonma süreleri sırasıyla 0.83 saat ve 1.35 saat ve dispersiyon sayıları ise, sırasıyla 0.074 ve 0.089 olarak hesaplanmıştır.

1 ve 2 saatlik teorik hidrolik alıkonma sürelerine ait derişim-zaman grafikleri Şekil 2 ve 3'de verilmektedir.

Elde edilen bu değerler model reaktörün temiz yatak hidrolik karakteristiğinin piston akım özelliklerine sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. Çıkış suyu Rodamin-B ve zaman grafiği (Hidrolik alıkonma süresi= 1 saat) (Tokgöz, 1998)



Şekil 3. Çıkış suyu Rodamin-B ve zaman grafiği (Hidrolik alıkonma süresi= 2 saat) (Tokgöz, 1998)

KAYNAKLAR

- Baysal B., (1980): “Pis Su Tasfiye Tesislerinde Enerji Tasarrufu İçin Derin Fakültatif Havalandırılmalı Havuzların Kullanılması”, Ege Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, İzmir.
- Daigger G.T., Buttz J.A., (1992): “Upgrading Wastewater Treatment Plants”, Water Quality Management Library , 2, 37-39.
- Hickey R.F., Wu W.M., Vegia M.C., Jones R., (1991): “Start-up, Operation, Monitoring and Control of High Rate Anaerobic Treatment Systems”, Water Science and Technology, Vol. 24, No. 8, 207-255.
- Öztürk İ., Turan, M., (1995): “Sabit ve Akışkan Yataklı Reaktörlerde Boyuna Dispersiyon-Kısım II: Biyofilmlili Ortamlar Hali”, Su Kirliliği Kontrolü Dergisi, cilt 5, sayı 1, sh.43-47.
- Tokgöz S., (1998): “Application of Anaerobic Filter Systems To Treat Concentrated Organic Waste”, PhD Thesis, Environmental Technology Program, Graduate School of Natural and Applied Sciences of Dokuz Eylül University, İzmir.
- Ubay G., (1993): “Evsel Atıksuların Havasız Biyolojik Arıtımı Üzerine Bir Araştırma”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul.
- Young H.W., Young J.C., (1988): “Hydraulic Characteristics of Upflow Anaerobic Filters”, Journal of Environmental Engineering, Vol. 114, No. 3.