



Anaerobik Reaktörlerde Ölü Bölge Sorgulaması



Ocak 2024

İçindekiler Tablosu

1. Giriş.....	3
2. İz Element Test Metodu.....	4
3. Anaerobik Reaktörde Ölü Bölgeler	6
4. İz Element Testleri.....	9
5. C ve F Eğrileri	10
6. E Eğrisi	12
7. Ölü Bölge Oluşumu ve Hesap Metodu	13
8. İz Madde Analizi.....	14
9. Son Söz	15

Şekil 1. Birkaç ideal CSTR, ideal bir tapa akışlı reaktör ve ideal olmayan bir sistem için kalma süresi dağılımı (RTD). Yatay eksen normalleştirilmiş süredir (1.0 = ortalama kalış süresi), dikey eksen ise reaktörde karşılık gelen süreyi harcayan moleküllerin normalleştirilmiş fraksiyonudur..... 5

Şekil 2. Anaerobik Reaktör İçinde Oluşan Ölü Bölge..... 7

Şekil 3. C ve F Eğrileri

Şekil 4. C Eğrisi Üzerinde Bekletme Süreleri

Şekil 5. E Eğrisi

1. Giriş

Fosil yakıtlara önemli bir alternatif olarak anaerobik çürütücüden (AD) elde edilen biyogaz, enerji geri kazanımına ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmuştur.

Türkiye'de toplam 108 adet biyogaz tesisi bulunmaktadır ve yılda 12,7 milyon ton digestat üretildiği tahmin edilmektedir.

Arıtma çamuru işleyen anaerobik tesis sayısı 33 ve endüstriyel anaerobik atıksu arıtma tesis sayısı ise yaklaşık 50 adettir.

Türkiye, 2 bin 300 megavatlık biyogaz biyokütle tesisine sahiptir.

1 ton sığır gübresi 33 m³ biyogaz, 1 ton kümes hayvanı gübresi 78 m³ biyogaz, 1 ton koyun gübresi 58 m³ biyogaz üretilebilir.

Türkiye'de, 4.500 adet biyogaz tesisi için potansiyel bulunmaktadır.

Konsantre atıksuların, hayvan gübrelerinin, tarımsal atıkların, evsel organik atıkların, arıtma çamurlarının ve benzerlerinin hem arıtılması hem de yenilebilir enerji üretilmesi amacıyla anaerobik çürütme reaktörleri kurulur.

Anaerobik reaktörlerde eksik veya verimsiz işletme, karıştırma, zayıf biyogaz üretimine veya enerji israfına neden olabilir. Bu nedenle karıştırma performansının belirlenmesi çürütücü tasarımı, işletimi ve maksimum biyogaz üretimi açısından anlamlıdır.

İster anaerobik çürütücüler (AD) ister diğer atıksu arıtma reaktör tankları olsun, zamanla ideal karıştırma koşullarından sapma eğilimindedir. Bunun tesis performansı üzerinde büyük bir olumsuz etkisi olabilir ve bu da bir dizi sorunlara yol açabilir.

Anaerobik çürütücülerin karıştırılmasında tesiste üretilen enerjinin yaklaşık %40'ı sadece çürütücülerde karıştırma için tüketilir ve bazı biyogaz tesislerinde karıştırma için enerji talebi daha da yüksek olabilir. Bu nedenle, anaerobik çürütücülerde optimum karıştırma, tesisin verimli çalışması ve biyogaz üretimi için temel bir koşuldur.

Anaerobik reaktörde karıştırma kalitesi, beslenen substratların çürütücüde hidrolik bekleme süresini, karıştırılan süspansiyonun homojenliğini, biyogaz verimini ve biyogaz tesislerinin toplam enerji tüketimini doğrudan etkiler.

Anaerobik çürütücülerde Lityum iz elementi testi, sorunsuz operasyonların sürdürülebilmesi için karıştırma verimliliğini sorgulamak ve homojen karışımı sağlamak için en etkili tekniklerden biri olarak kabul edilir.

2. İz Element Test Metodu

İz element test metodu, karıştırma verimliliği, tesis performansını devreye alma ve tesis operasyonları sırasında düzenli aralıklarla proje şartlarına göre sorgulamak için kullanılan yaygın bir ölçümdür.

Biyogaz tesisleri arızalarının ve verimsizliğinin yaklaşık %44'ü karıştırmadaki kusurlardan kaynaklanmaktadır.

Anaerobik reaktörlerin yetersiz karıştırılması, reaktörlerde kademeli kum, sediment ve ağır malzemelerin çökmesi veya birikmesi gibi faktörler;

- Karıştırma verimliliğini azaltarak aktif hacmin kısılması,
- Ölü bölgelerin ve kısa devrenin artması,
- Hacim azalması,
- Düşük metan gazı üretilmesi,
- Çürütücünün kapasitesinin ve metan gazı üretiminin azalması,
- Karıştırıcı verimliliğinin düşmesi,
- Çamurun tam olarak stabilize edilememesi,
- Arıtma veriminin düşmesi,
- Özellikle karıştırmada enerjinin israf edilmesi,
- İşletme giderlerinin artması,

olarak görülmekte; bunların tümü tesis performansı, güvenlik, izinlere uyulmaması ve daha düşük gelir üretimi üzerinde doğrudan etkiye sahip olabilir.

İdeal karıştırma ve proses optimizasyonu için anaerobik çürütücülerin işletilmesi zaman zaman gözden geçirilmelidir.

Operatörler, anaerobik reaktörlerin karıştırma verimliliklerini ve aktif hacmini sorgulamak için temel termal görüntüleme boyalara ve daha kapsamlı izleme testlerine kadar uzanan yöntemler arasından seçim yapabilir. Termal görüntüleme sorunları vurgulamak için hızlı bir test olsa da, özellikle yalıtımlı anaerobik reaktörler söz konusu olduğunda tam ve doğru bir değerlendirme yapmak oldukça zor olur.

En yaygın kullanılan iz maddeler NaCl, KCl, LiCl, LiCl·H₂O, LiOH·H₂O, Rhodamin-B ve Floresan Boyalardır.

Öte yandan iz element testi, öncesine göre daha fazla kaynak yoğun olmasına rağmen, reaktörler içinde ayrıntılı operasyonel parametreler sağlar. En az yılda bir defa düzenli aralıklarla gerçekleştirilen iz element izleme testleri değerli bilgiler sağlar ve operatörlerin gelirlerini en üst düzeye çıkarmak, büyük arıza olaylarını önlemek ve izinler dahilinde kalmak için proaktif, bilinçli kararlar almasına yardımcı olabilir.

Anaerobik Reaktörlerde Ölü Bölge Sorgulaması

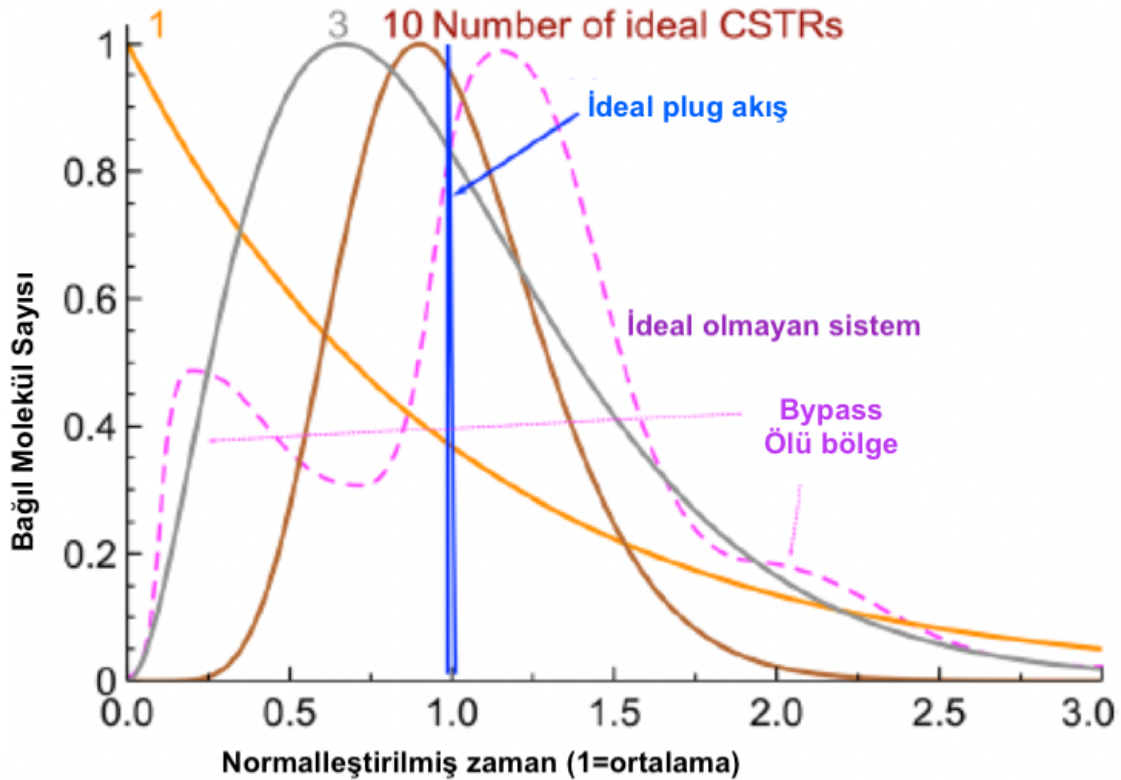
Anaerobik çürütme reaktörlerinde ölü bölgeler tespit edilmezse verimli biyogaz üretimi ve homojen karışım sağlanamaz, kısa devre oluşur, yani aktif hacim azalır ve reaktöre beslenen sıvı biyobozunur organik atık (substrat) biyogaz üretmeden ortamdaki deşarj edilmiş olur.

Bu yüzden anaerobik arıtma tesislerinde belli periyotlarda iz element testi yapılır, ölü bölgeler belirlenir. Kum, sediment ve benzerleri tarafından oluşturulan ölü bölgeler giderildikten sonra işletmenin devam etmesi sağlanır.

Bir molekülün veya "akışkan elementin, substratın" anaerobik reaktörde kalma süresi, reaktörde geçirdiği gerçek süredir. Bir reaktörde çok sayıda "akışkan element" bulunduğundan bunlar bir dağılıma neden olur. İki model reaktörün dağılımları **Şekil 1**'de gösterilmektedir:

- İdeal plug akışlı reaktörler aksel karışımın olmadığını varsayar; elementler reaktör içinde hareket ederken karışmaz.
- Tüm moleküller için aynı kalış süresine neden olan reaktör.
- İdeal CSTR'ler, kap içinde mükemmel bir karışım olduğunu, ürünlerin ve reaktanların geri karıştırıldığını varsayar.

Giriş akışı, kalma sürelerinin geniş bir dağılımına neden olur.



Şekil 1. Birkaç ideal CSTR, ideal bir tıpa akışlı reaktör ve ideal olmayan bir sistem için kalma süresi dağılımı (RTD). Yatay Eksen Normalleştirilmiş Süredir (1.0 = Ortalama Kalış Süresi), Dikey Eksen İse Reaktörde Karşılık Gelen Süreyi Harcayan Moleküllerin Normalleştirilmiş Fraksiyonudur.

3. Anaerobik Reaktörde Ölü Bölgeler

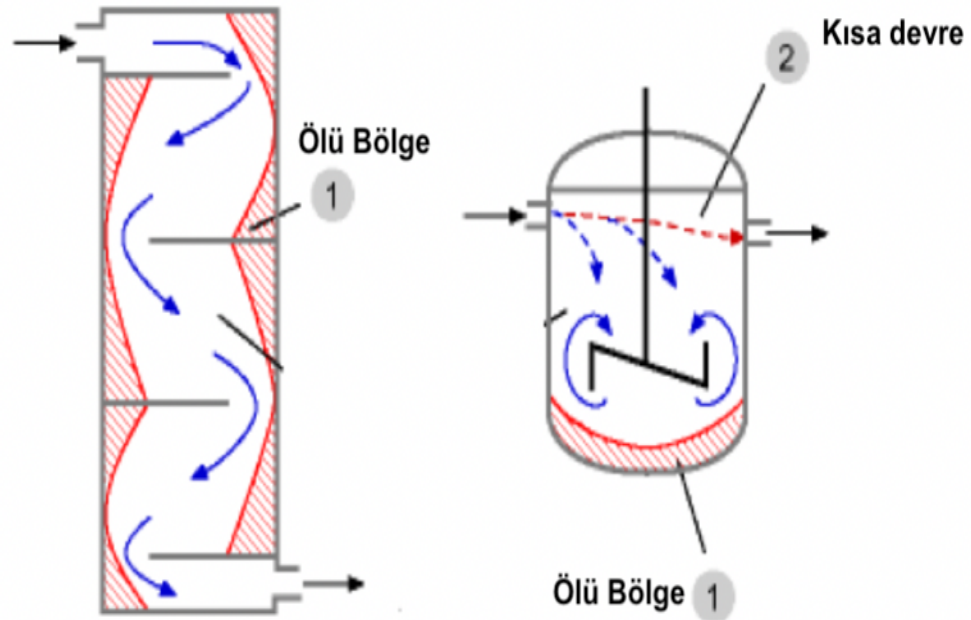
Anaerobik reaktörlerin yanlış işletilmesi, çürütücünün tabanında ve çevresinde kil ve sediment çökmesine, yüzeyde köpük oluşumuna, kısa devreye, sıcaklığın ve substratın eşit olmayan dağılımına ve ölü bölgelere neden olabilir.

Ayrıca, anaerobik çürütücüde aşırı karıştırmanın metan üretiminin bozulmasına ve gereksiz güç kullanımına yol açabileceğini kabul edilmektedir. Aşırı karıştırmanın olumsuz etkisi, yüksek kesme kuvvetlerinin mikrobiyal toplulukları ve metanojenler ile bakteriler arasındaki sentrofik ilişkileri bozduğu gerçeğiyle kabul edilmiştir.

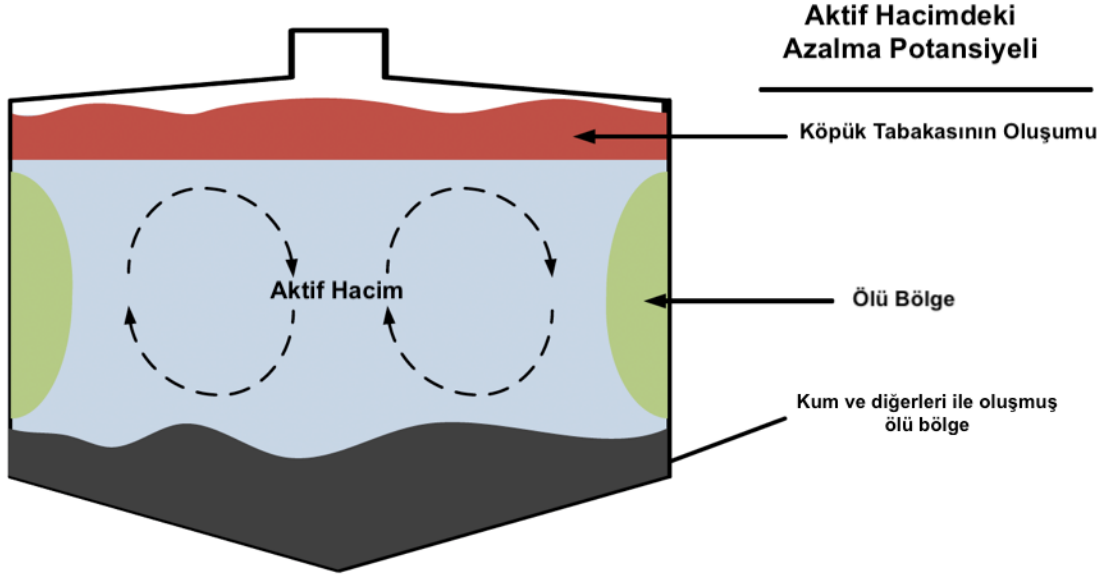
İdeal karıştırma derecesi anaerobik çürütücü içindeki homojenliğin korunmasına bağlıdır.

Anaerobik arıtma tesislerinde ölü bölgelerin tespiti reaktörün verimli çalıştırılmasında yardımcı olunur.

Anaerobik reaktör içinde oluşan ölü bölgeler **Şekil 2**'de verilmiştir.



Anaerobik Reaktörlerde Ölü Bölge Sorgulaması



Şekil 2. Anaerobik Reaktör İçinde Oluşan Ölü Bölge

Lityum iyonu iz elementi testi, karıştırma verimliliğini, kum ve sediment çökmesini, hidrolik bekleme süresini ve CSTR'ler veya tıkaç akış konfigürasyonlarındaki reaktör tanklarındaki kısa devreyi sorgulamak için en etkili tekniklerden biri olarak kabul edilir.

HRT (veya t) parametresi, substratların biyogaz tesisi çürütücülerindeki ortalama alıkonma süresini (gün olarak) belirlemek için kullanılır.

$$HBS = \frac{V \text{ çürütücü hacmi}}{Q \text{ substrate debisi}}$$

Burada;

V ; çürütücü hacmi (m^3)

Q ; Substrate debisi ($m^3/gün$)

Aktif çamur arıtma tesisleri tipik olarak tıkaç akışlıdır, AD reaktörleri ise CSTR'dir. Çürütücü çıkışındaki normalleştirilmiş boyutsuz izleyici konsantrasyonu $C = f(\Theta)$ şeklinde verilir.

$$C = \frac{C_i}{C_o}$$

Burada;

C_o , iz element konsantrasyonu (tamamen çözüldüğünde)

C_i ; çürütücü çıkışında ölçülen konsantrasyondur.

Boyutsuz zaman birimi için Θ parametresi zaman noktası ile orantılıdır ve aşağıdaki şekilde verilen (\bar{t}) ile ters orantılıdır:

Anaerobik Reaktörlerde Ölü Bölge Sorgulaması

$$\Theta = \frac{t_i}{\bar{t}},$$

Burada t_i iz elementinin eklendiği zamandan sonraki zaman noktasını temsil eder.

Anaerobik çürütücüde kum ve sedimentin çökerek birikimi aktif hacimde yılda %8-10'a varan azalmalara neden olabilir ve bu da tesis performansında ve enerji çıkışında hızında bir düşüşe neden olabilir. Bu, bazı durumlarda yıllık 100.000 £'dan fazla kayıp anlamına gelmektedir.

Örneğin, anaerobik çürütücüde kum, sediment ve benzerlerinin çökmesi sonucu etkin hidrolik bekleme süresini teorik ortalama olan 22 güne kıyasla yaklaşık 15 güne, hatta 10 güne düşebilir. Bu da anaerobik çürümeye maruz kalmadan kısa devre akışı demektir.

Kısıtlı işletme ve tesis bakım bütçeleri sık test ve önleyici bakım için bir engel teşkil etse de, düzenli bir test programının faydaları, tesis verimliliğini ve biyogaz üretiminden gelir elde etmeyi artırmanın yanı sıra güvenliği artırarak ve uygun olmayan saha izinleri veya tamamen tesis arızası nedeniyle para cezalarından kaçınarak test maliyetlerinden tartışmasız daha ağır basmaktadır. Ayrıca, iz element testi, özellikle de bakım gerektirmiyorsa, planlı bakım için bir tankı boşaltmaktan önemli ölçüde daha az maliyetlidir. Güncellenen izinlerin bir parçası olarak, Çevre İzni kapsamında faaliyet gösteren tüm AD tesislerinin düzenli olarak 'tank kapasitesi ve sediment/kum çökmesi değerlendirilmesi' yapması gereken şekilde artan düzenleyici faktörler de vardır.

Planlanmış iz element testinin, dayanıklılık stratejilerinin temel bir unsuru olması nedeniyle önleyici bakım ve varlık optimizasyon planlarının bir parçası olması gerekir.

İdeal karışım koşulu için konsantrasyon profili ile deneysel olarak belirlenen konsantrasyon arasındaki fark, aktif hacim, ölü bölgeler ve reaktör/tank içindeki kısa devre hakkında fikir verir.

Özellikle anaerobik çürütme (AD) endüstrisinde, reaktif bakımın değil, önleyici bakımın bir parçası olarak düzenli iz madde testi en az yılda bir defa yapılmalı.

Uygulamada kullanılan en yaygın iz madde, kullanım konsantrasyonlarında insan sağlığı açısından güvenli olan ve dolayısıyla işlenmesi ve taşınması güvenli olan lityum klorür ve sodyum flüorürdür. Lityum iyonu ayrıca suda yüksek çözünürlüğe sahiptir ve etkileşime girmemesi veya sorguladığı süreç tarafından tüketilmemesi gibi ek bir avantaja sahiptir.

İz madde testinin amacı; metan üretimini iyileştirmek ve artırmak için karıştırma sistemlerinin kumdan arındırılması veya iyileştirilmesi için yapılan harcamaları haklı çıkarmak; eski AD tesislerinin yenilenmesi veya yeni AD tesislerinin hizmete alınmasının ardından reaktör koşullarını sözleşme gerekliliklerine göre değerlendirmek; yıllık reaktör kapasitesi ve sedimentasyon değerlendirme gereklilikleri ile mevzuata uygunluğu göstermek; denenmiş ve test edilmiş yaklaşım aynıdır.

4. İz Element Testleri

İz element testleri, lityum iyonu (Li^+) ve Florür iyonu (F^-), gibi inert bir kimyasal, bir boya, radamin, potasyum klorür, radyoaktif iz madde olabilen bir iz madde reaktör girişine ani olarak verilmesinin ardından reaktör çıkışında düzenli aralıklarla çıkış suyunda iz maddenin konsantrasyonunun zamana bağlı olarak ölçülmesiyle gerçekleştirilir.

İz elementi test çalışması anaerobik reaktör normal çalışırken yapılır.

Akımın türünü belirleyen dispersiyon sayısının bulunması için iz elementi testleri yapılmaktadır. Bu deneylerde sistemin biyokimyasını etkilemeyecek kararlı bir yapıda ve kolay izlenebilecek maddeler iz madde olarak kullanılmaktadırlar.

İz elementi testlerinde, kullanılacak olan iz elementi sisteme ani veya sürekli bir şekilde bir anda enjekte edilmektedir. Biyolojik reaksiyona girmeyerek işleme tabi olan atık su ile birlikte reaktör içerisinde kalmakta ve daha sonra sistemi terk etmektedir. Sistem çıkışında iz elementi konsantrasyonları 0,5 ila 2 saat aralıklarla tespit edilir. Sonra numune alma aralığı kademeli olarak azaltılır. Örneğin, 0, 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 26, 38, 48, 96, 144, 192, 240, 360, 408, 480 ve 552 saat gibi izleme yapılabilir.

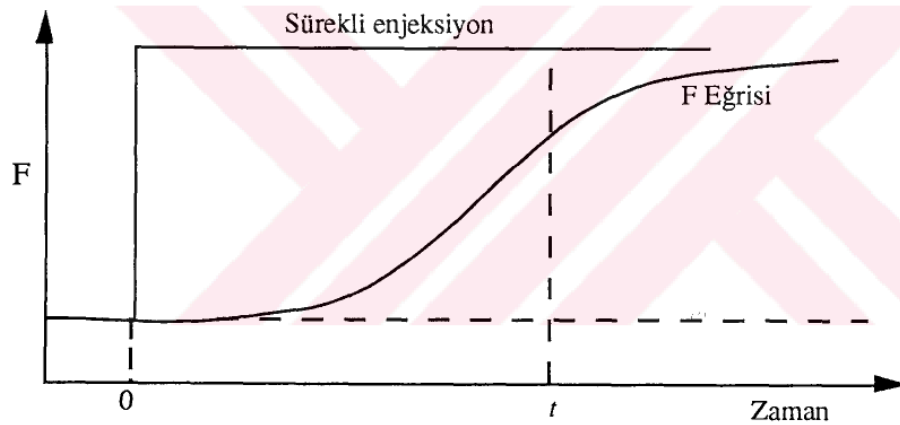
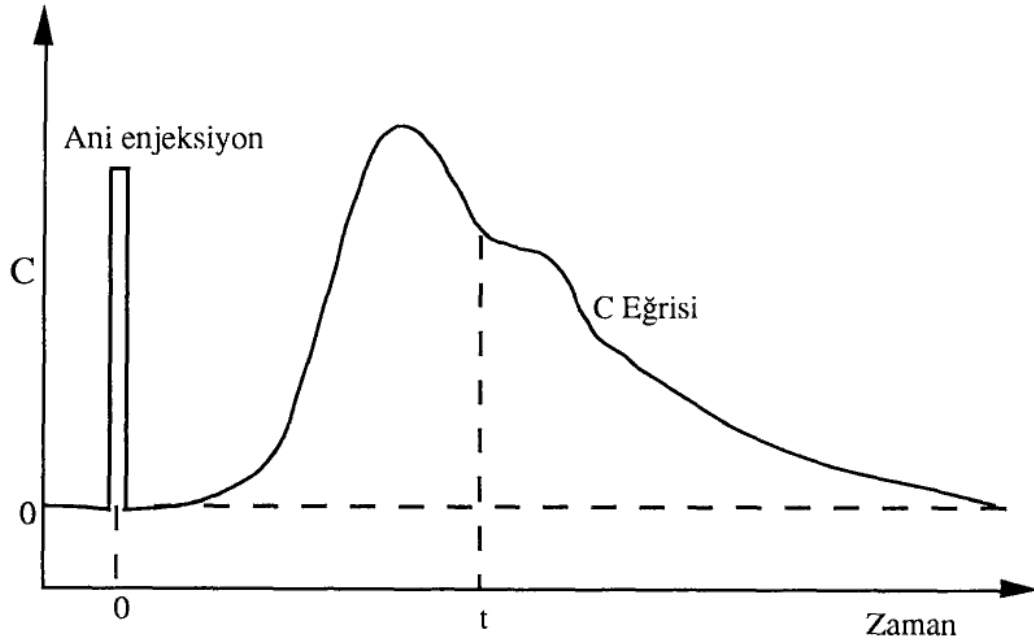
İz elementi konsantrasyonları (c) ile zaman (t) arasında çizilecek grafik reaktörde atık suyun reaktör içinde gerçek hidrolik bekleme süresini, buna bağlı olarak da sistem içerisindeki ölü bölgelerin bulunmasında temel oluşturmaktadır.

5. C ve F Eğrileri

İz elementi testleri, başlangıçta bünyesinde hiçbir iz elementi bulundurmeyen bir reaktöre üniform bir şekilde iz maddesi ani olarak bir anda enjekte edilerek; ve yine iz maddesinin çıkıştaki konsantrasyonu (c) zamana (t) bağlı olarak kaydedilirse ve zaman ile konsantrasyon arasında bir F-Eğrisi elde edilmektedir.

Ancak iz elementi, reaktör içerisine 10 mg/L ile 20 mg/L konsantrasyonda Li^+ iyonu ani enjeksiyon ile verilerek yine çıkış konsantrasyonları zamana bağlı olarak kaydedilerek; çıkış iz elementi konsantrasyonu ile zaman arasında bir C -Eğrisi elde edilmektedir. **Şekil 3**'de C ve F eğrileri verilmektedir.

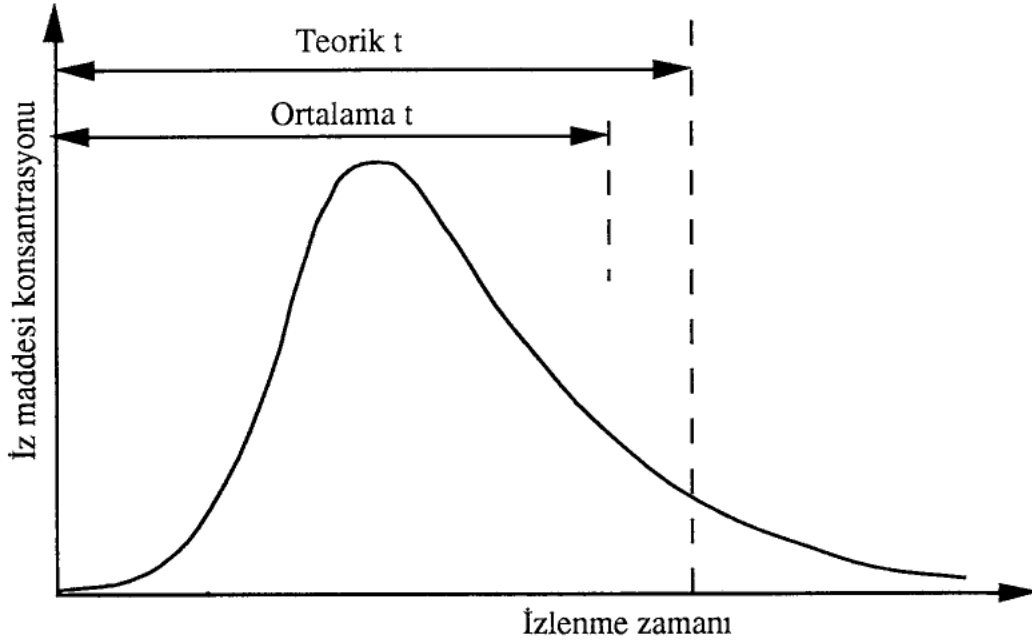
Li^+ iyonu anaerobik reaktöre ani olarak beslenir. Anaerobik reaktörde hidrolik bekleme süresinin (HBS) iki ila üç katı süreye kadar ($3 \cdot HBD$ (hidrolik bekleme süresi)) çıkışta belli süre ve aralıkta Li^+ konsantrasyonu ölçülür. Her bir t_i zamanda ölçülen c_i konsantrasyonu kaydedilir.



Şekil 3. C ve F Eğrileri

Anaerobik Reaktörlerde Ölü Bölge Sorgulaması

Şekil 4'de ani enjeksiyon halinde oluşan C eğrisi üzerinde teorik ortalama bekletme süreleri gösterilmektedir.



Şekil 4. C Eğrisi Üzerinde Bekletme Süreleri

Şekil 4'e göre;

Ortalama t /teorik $t = 1$ ise ölü bölge meydana gelmemekte;

Ortalama t /teorik $t < 1$ ise ölü bölge meydana gelmektedir.

İz element testi ile elde edilen çıkış süresi grafiklerine bakılarak testin gerçekleştirildiği reaktörde;

(a) önemli oranda baypas (çevirme) olup olmadığı

(b) büyük ölü bölge durumları,

(c) önemli derecede kanallanma ihtimali

vb. bulgular da elde edilebilir. İz elementi testlerinin esas hedefi, reaktörlerdeki fiziksel süreçleri yeterli derecede açıklayan basit bir matematik modelin yapılandırılabilmesidir.

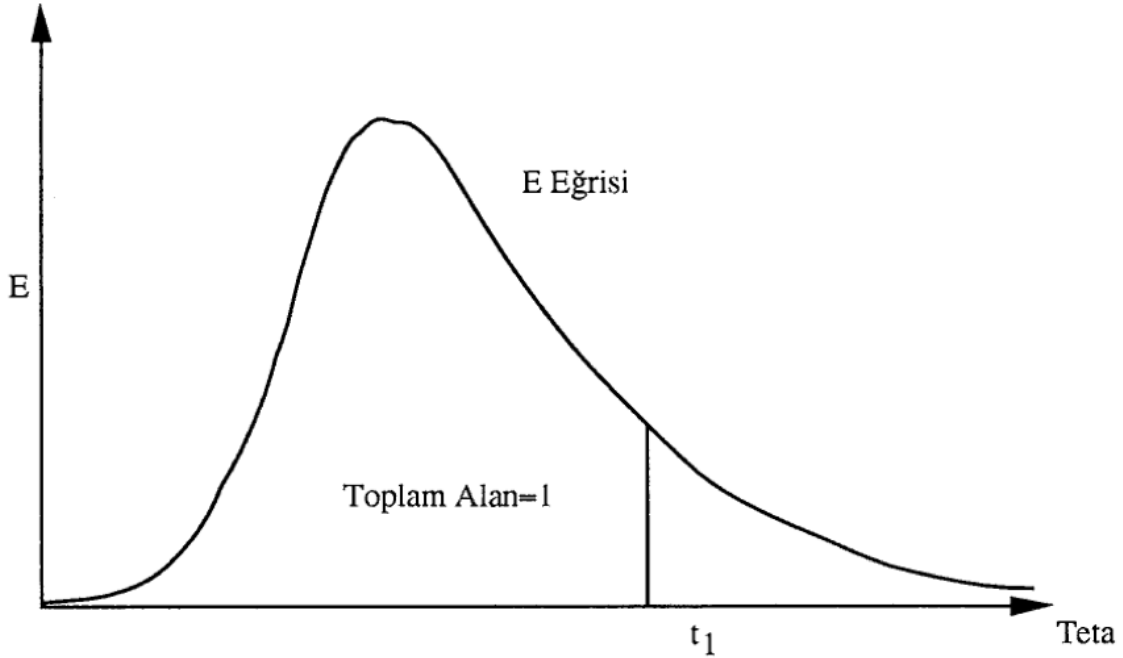
6. E Eğrisi

Reaktöre giren sıvı zerreciklerinin kalış süreleri farklı olmaktadır. Reaktörü terk eden sıvı içerisindeki iz elementinin, reaktördeki hidrolik bekletme süresinin zamana bağlı olarak göstermiş olduğu **Şekil 5'**de E Eğrisi olarak ifade edilmektedir. E Eğrisinin altındaki alanın gerçek hidrolik bekletme süresine eşit olması gerekmektedir.

$$\int_0^{\infty} E \cdot dt = 1 \quad (1)$$

Denklemleri ile hesaplanmaktadır.

Şekil 5'te dağılımın normalize edilmiş hali olan E Eğrisi verilmiştir.



Şekil 5. E Eğrisi

İz elementi kalış süresi dağılım eğrisi E; reaktör boyunca akan sıvı için aynı zamanda hidrolik bekleme süresi dağılımı olarak da adlandırılmaktadır. E Eğrisi özellikle ideal olmayan akım şartlarının ifade edilmesinde ihtiyaç duyulan bir dağılımdır.

7. Ölü Bölge Oluşumu ve Hesap Metodu

İdeal reaktörlerde belirli bir zamanda sıvı akımının geçtiği süre, $t=V/Q$ süresine eşit olmaktadır. Ancak akım şartlarındaki farklılıklar, vorteks oluşumu, sıcaklık farklarından meydana gelen termal akımlar, reaktörün giriş ve çıkış yapısındaki düzensizlikler veya biyolojik reaksiyonların oluşumunu olumsuz yönde etkileyen hadiseler sonunda, giren sıvı teorik geçiş süresinden daha kısa sürede reaktörü terk etmektedir. Bunun sonucu olarak da çalışan net hacim azalmakta yani ölü bölgeler oluşmaktadır.

Bir kapalı anaerobik reaktörde oluşan ölü bölgeler,

$$V_d / V = 1 - (V_a / V) \cdot \mu_a \quad (2)$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

Burada;

V_d = Reaktördeki ölü bölge hacmi,

V_a = C eğrisinin altında kalan alan,

V = Teorik olarak hesaplanan reaktör hacmi,

μ_a = Aşağıdaki denklemlerle hesaplanan dağılım ortalamasıdır.

$$\mu_a = \frac{\int_0^{\infty} x \cdot f(x) \cdot dx}{\int_0^{\infty} f(x) \cdot dx} = \frac{\sum x \cdot f(x)}{\sum f(x)} = \frac{\sum t_i \cdot c_i}{\sum c_i}$$

Burada eşit zaman aralıklarında okunan bir " t_i " anındaki iz maddesine ait konsantrasyon " c_i " ile gösterilmektedir.

Burada;

$$\sigma^2 = \frac{\sum t_i^2 \cdot c_i}{\sum c_i} - \left[\frac{\sum t_i \cdot c_i}{\sum c_i} \right]^2$$

ve

$$\sigma_{\theta}^2 = \sigma^2 / t^2$$

denklemleri ile bulunur.

Ölü bölgeler tespit edildikten sonra ölü bölge hacmine göre müdahale programı yapılır.

8. İz Madde Analizi

Lityum klorür genelde iz madde olarak kullanılır. Çünkü önceki çalışmalar lityumun mikroorganizmalar tarafından absorbe edilmediğini göstermiştir. Deneylerde çamur tarafından absorbe edilen maksimum lityum miktarının %10'den çok az olduğu sonucuna varılmıştır.

İz madde deneyleri her bir değişik organik yükleme hızı (OYH), hidrolik bekleme süresi (HBS) periyotları için ayrı ayrı yapılmıştır. İz madde olarak LiCl kullanılıp, sisteme ani besleme yapılmak sureti ile verilmiştir:

Reaktör çıkışında belirli zaman aralıklarında numuneler alınmıştır. Toplanan numuneler filtreleme işlemi yapıldıktan sonra Elvi 650 tipi flame fotometre cihazı ve ICP-OES Metodu (İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi) ile, önceden hazırlanmış 0,1-5 mg/lit aralığına tekabül eden kalibrasyon eğrisi yardımı ile her bir numunedeki Lityum iyonu miktarları tespit edilmiştir (Standart Methods, 1989) veya benzeri metotlar kullanılarak iz madde tayini yapılır.

Yapılan bir çalışmada Li^+ miktarının artması ile spesifik metanojenik aktivitenin azaldığı görülmektedir. Metanojenik aktiviteyi bozmayarak ve toksik etki yapmayarak ve emniyetli tarafta kalmayı sağlayacak şekilde reaktörde, ortalama 2 mg/lit Li^+ olacak şekilde besleme yapılmalıdır.

Li^+ iz elementi izleme süresi; teorik olarak hesaplanan hidrolik bekletme süresinin iki ila üç katı veya çıkış konsantrasyonlarının uzun süre aynı değeri vermesi sağlanıncaya kadar devam edilmiştir. İz madde deneyleri sonucunda elde edilen E eğrilerinde; bilindiği gibi $E(\theta)$ değeri, çıkışta okunan lityum konsantrasyonun, giriş lityum konsantrasyonuna oranı ile (C/C_0) ; θ (teta) yani boyutsuz konsantrasyon değeri ise t/\bar{t} ile hesaplanmaktadır.

Her bir deney için geri kazanılan Lityum iyonu miktarları hesaplanmış, çok büyük oranda lityumun geri kazanıldığı belirlenmiştir. Ve maksimum ve minimum ölü bölgeyi veren çalışma şartları için hesaplanan geri kazanılan lityum iyonu miktarları verilmiştir.

9. Son Söz

Uygulamada, biyogaz tesisleri ürettikleri toplam elektriğin yaklaşık %5-10'unu tüketmektedir. Özellikle üretilen enerjinin > %60'si ise karıştırma ünitesinin çalıştırılmasında tüketir. Ölü bölgeler, birim biyogaz üretimi başına enerji tüketimini artırır.

Bu çalışmanın ışığında ölü bölge oluşmaları dikkate alınarak karıştırma bölgeleri ve verimlilikleri ona göre değerlendirilir.

Ölü hacim olarak reaktör için hız büyüklüğü 0,02 m/s'nin altında olan bölgelerdir.

Hangi atık türü daha fazla ölü bölge oluştuğu periyodik testler sonucu belirlenebilir.

Ölü bölge tespiti yapılarak ne sıklıkta temizleme yapılması gerektiği belirlenir.

Ölü bölge oluşmasını önlemek veya azaltmak için alınması gereken yol haritası ortaya konabilir.

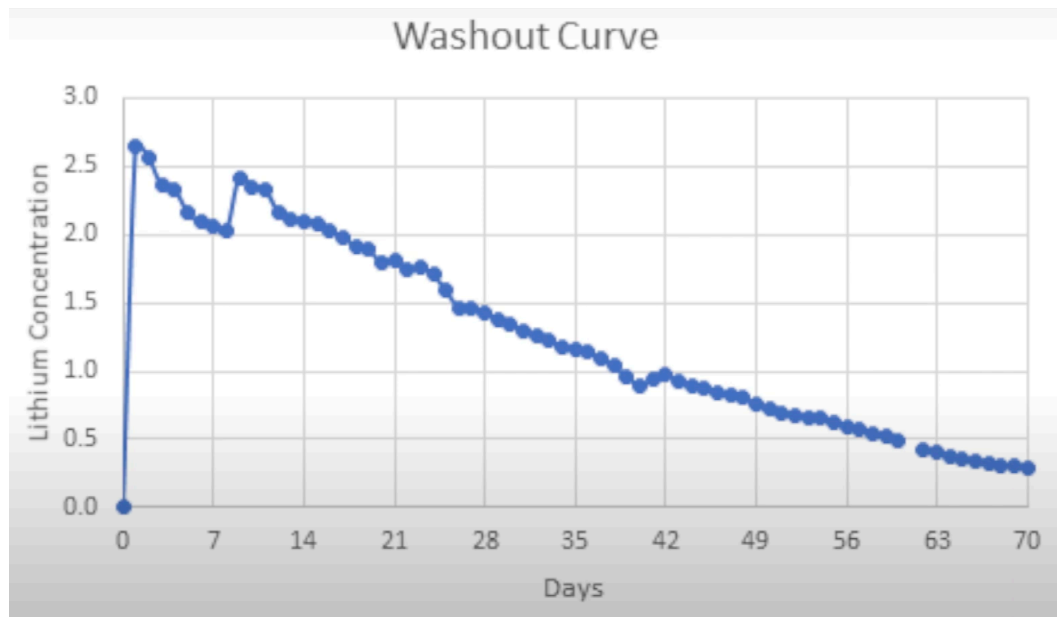
Ölü bölge oluşması, anaerobik çürütücüden çıkan fermente ürünün yeterince stabilize edilmediğini gösterir. Çürütücüden çıkan atığı susuzlaştırma ünitesinde verimli susuzlaştırılmasını sağlamak güçleşir.

Ölü bölgelerin oluşması önlenmiş anaerobik reaktörlerde, daha fazla biyogaz üretimi, daha az kil ve sediment çökmesinin oluşması, kirlilik yükü azaltılmış atıksu, daha kolay ve ekonomik çamur susuzlaştırılması ve daha verimli enerji tüketilmesi sağlanır.

Ölü bölgelerin oluşması çürütücüden çıkan fermente ürünün, tarım arazilerinde kullanıldığı zaman yaban otu ile mücadele gerektirebilir.

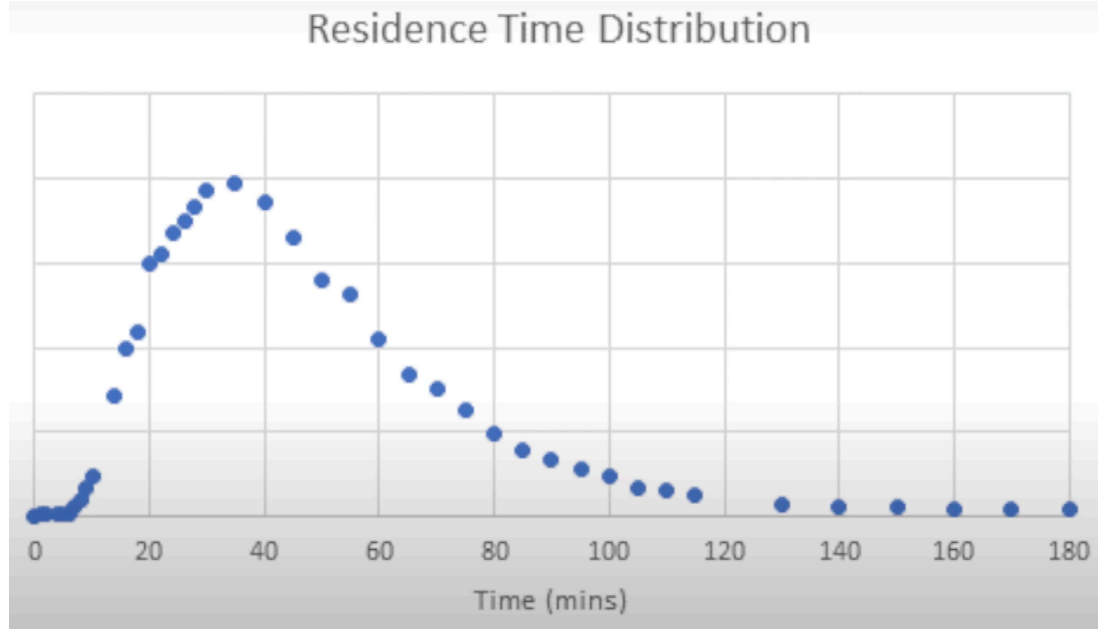
Kısaca;

1. Lityum iyonu ilave edilir ve reaktör çıkışında zamana bağlı olarak Li⁺ konsantrasyonu ölçülür.

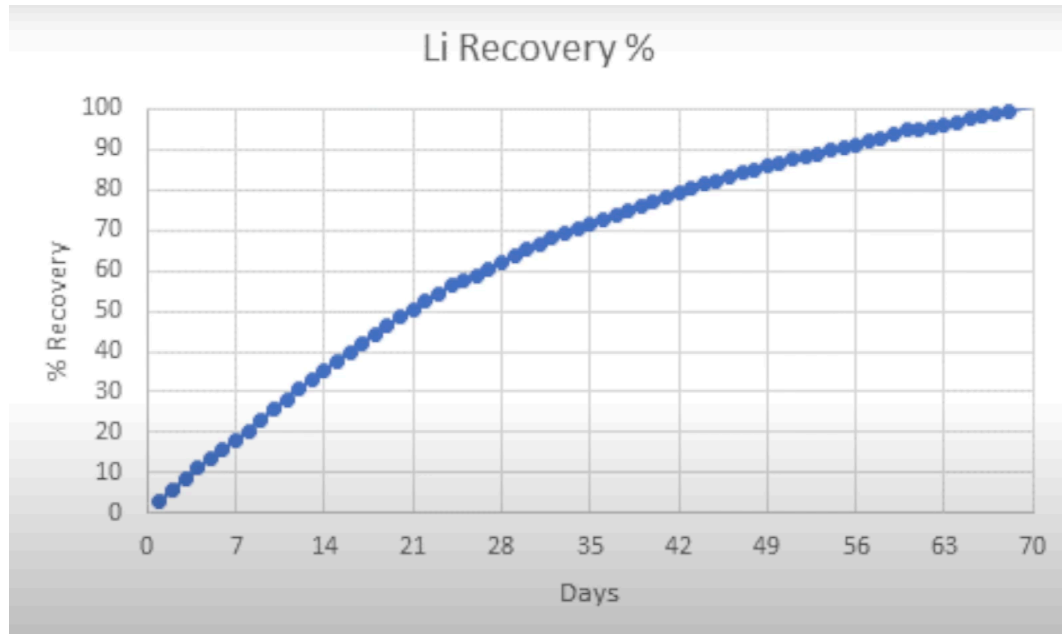


Anaerobik Reaktörlerde Ölü Bölge Sorgulaması

2. Ve zamana bağlı olarak lityum konsantrasyonu ölçülerek hidrolik bekleme süresi tespit edilir.



3. Son olarak, zamana bağlı olarak Li⁺ geri kazanma oranı tespiti grafiği hazırlanır.



UASB anaerobik reaktörlerdeki ölü alanın neredeyse tamamen ortadan kaldırılmasında gaz karışımının çok önemli bir rol oynadığını gösterir; ancak reaktörün özellikle düşük sıcaklık koşulları altında düşük mukavemetli seyreltik belediye atık sularını arıttığı durumlarda bu durum önlenemez.

Ölü bölgeler verimli dönüşüm hızı ile düşer. Ölü bölge ile dönme hızı arasında ters doğrusal ilişki vardır.

$$y = -0.1x + 94.067$$

Burada;



Anaerobik Reaktörlerde Ölü Bölge Sorgulaması

y: ölü bölge

x: pervane dönme hızı ((rpm)

Aşırı karıştırıcı dönme hızı verimsiz ve aşırı enerji tüketen işletme demektir.