

## ÖZET

### ORGANİK TORTUNUN PARÇALANMASI

Örneğim atık su arıtma tesisleri, gübre, biyokütle atık akışlarından çıkan tortu, en az üç adet anaerobik reaktörde anaerobik parçalama yoluyla seri olarak işlenebilir, burada giriş tortu akışının bir ana parçası, birinci bir reaktöre beslenir, birinci reaktörün çıkış sıvısının ana parçası, bir ikinci reaktöre beslenir, ikinci reaktörün çıkış sıvısının ana parçası, bir son reaktöre beslenir ve son reaktörün çıkış sıvısının ana parçası atılır ve/veya isteğe bağlı olarak tekrar işlem görür ve burada son reaktörün çıkış sıvısının bir kontrollü değişken parçası, birinci reaktöre beslenir ve giriş tortu akışının bir kontrollü değişken parçası, ikinci reaktöre beslenir; değişken parçaların seviyesi (birim zaman başına hacim), muhtemelen reaktörlerde üretilen gazın akış ve/veya bileşim değerleri ile birlikte, reaktörlerdeki pH ve redoks değerleri yoluyla kontrol edilir.

## İSTEMLER

1. Bir birinci, bir ikinci ve bir son reaktörü içeren en az üç anaerobik reaktörde  
5 tortunun seri olarak işlem görmesini içeren, anaerobik parçalama yoluyla  
organik tortunun işlem görmesine yönelik bir proses olup, özelliği giriş tortu  
akışının hacimce en az %50'sinin, söz konusu birinci reaktöre beslenmesi,  
söz konusu birinci reaktörün çıkış sıvısının hacimce en az %85'inin, söz konusu  
ikinci reaktöre beslenmesi,  
10 söz konusu ikinci reaktörün çıkış sıvısının hacimce en az %85'inin, söz konusu  
son reaktöre doğrudan veya dolaylı olarak beslenmesi ve  
söz konusu son reaktörün çıkış sıvısının hacimce en az %85'inin atılması  
ve/veya isteğe bağlı olarak tekrar işlem görmesidir ve  
burada söz konusu son reaktörün çıkış sıvısının kontrollü değişken parçası, söz  
15 konusu birinci reaktöre beslenir ve/veya  
giriş tortu akışının bir kontrollü değişken parçası, söz konusu ikinci reaktöre  
beslenir; söz konusu değişken parçaların seviyesi (birim zaman başına hacim)  
en azından söz konusu birinci reaktörde pH ve/veya redoks değerleri yoluyla  
kontrol edilir,  
20 burada söz konusu birinci reaktöre beslenen çıkış sıvısının kontrollü değişken  
parçası, birinci reaktördeki pH 6.0 veya daha az olduğunda ve/veya birinci  
reaktördeki redoks değeri - 330 mV'den fazla olduğunda artar ve birinci  
reaktördeki pH 6.8'den fazla olduğunda ve/veya birinci reaktördeki redoks  
değeri - 420 mV'den az olduğunda azalır,  
25 ve/veya burada ikinci reaktöre beslenen giriş tortu akışının kontrollü değişken  
parçası, birinci reaktördeki pH 6.0 veya daha az olduğunda ve birinci reaktöre  
geri dönüşüm akışının, verim hacminin %60 ile 100'ü arasında olduğunda ve  
ikinci reaktördeki pH, 6.8 veya daha fazla olduğunda ve/veya birinci reaktördeki  
redoks değeri, -330 mV'nin altında olduğunda artar ve burada ikinci reaktöre  
beslenen giriş tortu akışının kontrollü değişken parçası, ikinci reaktördeki pH  
30 6.0'dan az olduğunda ve/veya ikinci reaktördeki redoks değeri -300 mV'den  
fazla veya birinci reaktördeki redoks değeri - 330 mV'den fazla olduğunda azalır  
ve birinci reaktördeki pH 6.8'in üzerinde olduğunda ve/veya birinci reaktördeki  
redoks değeri - 420 mV'nin altında olduğunda azalır.

2. İstem 1'e göre proses olup, özelliği söz konusu en az üç reaktörün dört veya daha fazla reaktör olması ve söz konusu ikinci reaktör ile söz konusu son reaktör arasında bir üçüncü reaktör içermesidir, burada söz konusu ikinci reaktörün çıkış sıvısının hacimce en az %85'i söz konusu üçüncü reaktöre beslenir ve burada söz konusu üçüncü reaktörün çıkış sıvısının hacimce en az %85'i, doğrudan veya dolaylı olarak söz konusu son reaktöre beslenir.  
5
3. İstem 1 veya 2'ye göre proses olup, özelliği söz konusu en az üç reaktörün, tek bir tankın dikey olarak ayrılmış bölmeleri olmasıdır.  
10
4. İstem 3'e göre proses olup, özelliği söz konusu tek bir tankın, 5 ile 15 m arasında, tercihen 6 ile 11 m arasında yüksekliğe sahip olmasıdır.
5. Önceki istemlerin herhangi birine göre proses olup, özelliği söz konusu değişken parçaların seviyelerinin, söz konusu ikinci reaktördeki pH ve/veya redoks değerleri yoluyla kontrol edilmesidir.  
15
6. Önceki istemlerin herhangi birine göre proses olup, özelliği söz konusu değişken parçaların seviyesinin, kombine veya ayrı reaktörlerden toplanan gazın akış hızı ve/veya giriş tortu akışı yükü yoluyla kontrol edilmesidir.  
20
7. Önceki istemlerin herhangi birine göre proses olup, özelliği söz konusu reaktörlerin en az birinin, kontrol edilebilir karıştırma cihazları ile sağlanmasıdır.
8. Önceki istemlerin herhangi birine göre proses olup, özelliği strüvitin, söz konusu son ve/veya söz konusu üçüncü reaktörün alt kısmında toplanmasıdır.  
25
9. Önceki istemlerin herhangi birine göre proses olup, özelliği söz konusu birinci reaktöre beslenen söz konusu son reaktörün çıkış sıvısının söz konusu kontrollü değişken parçasının, birim zaman başına, atılan ve/veya tekrar işlem gören söz konusu hacimce en az %50 çıkış sıvısının hacmince %2 ile 10'u arasında olmasıdır.  
30
10. Önceki istemlerin herhangi birine göre proses olup, özelliği söz konusu son reaktörün çıkış sıvısının, karıştırılmış bir tank reaktöründe işlem görmesidir.  
35

11. Önceki istemlerin herhangi birine göre proses olup, özelliği reaktör dizilerindeki toplam hidrolik tutma süresinin (HRT), 3 ile 10 gün arasında, tercihen 4 ile 8 gün arasında olmasıdır.
12. En az bir birinci reaktör, bir ikinci reaktör ve bir son reaktörün bir dizisini içeren, organik tortunun anaerobik olarak parçalanmasına yönelik bir teçhizat olup, söz konusu birinci reaktör, tortu tedarikinden giriş, bir kontrol edilebilir karıştırıcı, bir pH ölçer ve/veya bir redoks ölçer, bir gaz çıkışı, söz konusu ikinci reaktöre bir sıvı taşma çıkışı, söz konusu son reaktörden bir sıvı girişi ve alt kısımda bir katı çıkışı ile sağlanır; söz konusu ikinci reaktör, bir tortu girişi, söz konusu birinci reaktörden bir sıvı taşma girişi, bir kontrol edilebilir karıştırıcı, bir pH ölçer ve/veya bir redoks ölçer, bir gaz çıkışı, bir üçüncü reaktöre veya söz konusu son reaktöre bir sıvı taşma çıkışı ve alt kısımda bir katı çıkışı ile sağlanır; söz konusu son reaktör, söz konusu ikinci reaktörden veya bir üçüncü veya diğer bir reaktörden bir sıvı taşma girişi, bir kontrol edilebilir karıştırıcı, bir gaz çıkışı, söz konusu birinci reaktöre bir sıvı çıkışı, sıvının atılmasına yönelik bir sıvı taşma çıkışı ve alt kısımda bir katı çıkışı ile sağlanır; burada düzenleyici cihazlar sağlanır, bu cihazlar, söz konusu birinci reaktördeki söz konusu son reaktörden en azından söz konusu sıvı girişimin ve söz konusu ikinci reaktördeki tortu tedarikinden söz konusu sıvı girişinin akışını düzenler, burada söz konusu cihazlar, birinci reaktörün ve ikinci reaktörün pH ve/veya redoks ölçerinden gelen pH ve/veya redoks bilgisi verilerine bağlı olarak söz konusu ikinci reaktörde tortu tedarikinden söz konusu sıvı girişinin akışını düzenler.
13. İstem 12'ye göre teçhizat olup, özelliği söz konusu dizide, söz konusu ikinci reaktörden bir sıvı taşma girişi, bir kontrol edilebilir karıştırıcı, bir gaz çıkışı, söz konusu son reaktöre bir sıvı taşma çıkışı ve alt kısımda bir katı çıkışı ile sağlanan üçüncü bir reaktörü içermesidir.
14. İstem 12'ye göre teçhizat olup, özelliği söz konusu dizinin, silindirik bir tank olması ve söz konusu birinci reaktör, ikinci reaktör, isteğe bağlı üçüncü reaktör ve bir son reaktörün, söz konusu silindirik tankın dikey olarak ayrılmış bölmeleri olmasıdır.

## TARİFNAME

### ORGANİK TORTUNUN PARÇALANMASI

5 Buluş, anaerobik parçalama yoluyla, atık su arıtma tortusu, gübre ve benzerleri gibi organik maddelerin işlenmesinin bir prosesi ile ilgilidir.

#### **ALTYAPI**

10 Atık su arıtma tortusu, biyokütle atık akıntıları, yiyecek endüstrisinin atık akıntıları ve benzerleri, yaygın olarak organik madde içeriğini azaltmak ve biyogaz üretmek amacıyla anaerobik parçalama yoluyla işlem görür. Burada kullanılan "tortu" ifadesinin, ağırlıkça %2 ila 12 arasında, tercihen ağırlıkça %3 ila 9 arasında kuru katı içeriğine sahip olan, bir aköz ortamda, genellikle çöp olarak kabul edilen herhangi bir organik materyal çamuru veya süspansiyonu anlamına geldiği anlaşılır. Bu oldukça kalın 15 tortuların, anaerobik parçalamaya yönelik klasik reaktörlerde parçalanması zordur. Metan (biyogaz içinde), atık su arıtma tesisinde (WWTP) (parçalama) proseslerinde enerji girdisine yönelik bir yakıt olarak kullanılabilir veya haricen satılabilir.

20 Anaerobik parçalama prosesi, dört ana enzim katalizli aşamaya sahiptir: (1) polimerik ve gliseridik yapıların, özellikle proteinler ve polisakkaritler ve yağların sırasıyla küçük peptitler ve amino asitlere, glikoz gibi monomerik şekerlere ve yağ asitlerine parçalanması ile sonuçlanan, mikroorganizmalar tarafından boşaltılan hidrolitik enzimler yoluyla hidroliz; (2) hidroliz ürünlerinin daha küçük yağ asitlerine, laktik aside, alkole (etanol, metanol) ve diğerlerine dönüşümü ile sonuçlanan asidojenez; (3) daha 25 küçük yağ asitleri ve alkollerin karbondioksit, hidrojen ve asetik aside dönüşmesi ile sonuçlanan asetojenez; ve (4) hidrojen, propiyonik asit ve asetik asidin, metan ve karbondioksite dönüşümü ile sonuçlanan metanojenez. Son üç aşama, ilgili bakterilerin hücreleri içerisinde meydana gelir. Birinci aşama olan hidroliz, genellikle bozulma prosesinin hız sınırlayıcı adımıdır.

30

Anaerobik parçalama, klasik olarak tam karıştırmalı tank reaktörlerinde (CSTR) gerçekleştirilir. Akış yönetimi, karıştırma, kalma süreleri gibi diğer proses özelliklerinin yanı sıra reaktörlerin şekli ve düzeneği büyük ölçüde değişebilir. Proses, 25 ila 45°C, tipik olarak yaklaşık 36°C sıcaklıklarında mezofiliktir veya 45 ila 60°C arasında veya 35 daha yüksek sıcaklıklarda ve tipik olarak yaklaşık 55°C'de termofiliktir.

CSTR içinde anaerobik parçalamanın gerçekleştirilmesinin bir dezavantajı, parçalanacak olan biyokütlenin bir parçasının, bütün procese dahil olmaması ve reaktörden işlem görmeden ayrılmasıdır. Ayrıca hidrolizden metanojeneze kadar, anaerobik parçalamanın dört aşaması, bütün proses aşamaları olmasa da, çoğuna  
5 yönelik optimum altı proses koşulları ile sonuçlanarak, eş zamanlı olarak gerçekleştirilir. Buna ek olarak tortu tutma süreleri (SRT) ve hidrolik tutma sürelerinin (HRT), CSTR'de aynı olması gerekir ve sonuç olarak bütün tortuların optimum bir şekilde işlenmesi genellikle sağlanamaz.

10 Anaerobik parçalamaya yönelik CSTR işleminin dezavantajlarının üstesinden gelme girişimleri, temel olarak tapa-akış işlemine veya tapa-akış ve CSTR işlemi kombinasyonlarına odaklanır. Bu tür düzenekler, daha yüksek verimlilikler veya dönüştürme hızları ile sonuçlanabilirken, bunlar, gerekli yüksek yükseklik/derinlik (H/D) oranları nedeniyle nispeten yüksek ekipman maliyeti gerektirmektedir.

15

WO 03/006387 (= US 2004/0172878), "kuru" biyokütlenin biyogaza anaerobik dönüşümüne yönelik bir teçhizatı açıklar, burada hidroliz ve metan fermantasyonu ayrılır ve fermantasyon iki fermantasyon tankında gerçekleştirilir, birincisi mezofilik, ikincisi ise termofilik sıcaklıklarda uygulanır. Bu belgeye ait dönüşüm akışı,  
20 konveyörlerden sızıntı su ve çarktan pres su ile ilgilidir; dönüştürülen tortu yoktur. WO 2011/112736, anaerobik CSTR reaktöründe (reaktörlerinde) biyokütleden biyogaz üretime yönelik bir teçhizatı açıklar. Reaktördeki oksidasyon-redüksiyon potansiyeli (ORP), pH, sıcaklık ve gaz üretimi izlenir ve reaktöre beslenen biyo kütlenin miktarının kontrol edilmesi için kullanılır ve reaktör içindeki biyokütle tutma süresi, sıvı fazın  
25 ayrılmasından sonra bir biyokütle dönüşümü yoluyla artırılır. Gelen akıştaki dalgalanmaların denkleştirilmesi için depolama haricinde hiçbir yol sunulmamaktadır. Her iki belge, (kompleks) organik substratların temel olarak metan ve karbondioksit bozunmasında farklı mikrobiyolojik adımların optimizasyonunu sağlamaz. EP2345090, nitrojenin çıkarılmasını optimize etmek üzere atık suyun aerobik olarak işlenmesinin  
30 kontrolüne yönelik pH ve redoks ölçerlerin bir kombinasyonunu açıklar ve metanojenezde farklı aşamaların kontrol edilmesini amaçlamaz. US6,015,496, söz konusu boru ağında uygun duruma getirilmiş tortunun beslenmesi adımını içeren, atık suyun toplanması ve taşınmasına yönelik bir boru ağında atık suyun işlenmesinin bir yöntemini açıklar, böylece söz konusu uygun duruma getirilmiş tortu, nitrifiyan  
35 organizmalar, aerobik organizmalar, fakültatif organizmalar, anaerobik organizmalar,

metanojenik organizmalar ve bunların kombinasyonlarından oluşan gruptan seçilen organizmaları içerir.

### ***Buluşun kısa açıklaması***

5

Yukarıda açıklanan tortunun anaerobik parçalanmasının toplam verimliliğinin, en az üç reaktörün bir dizisinde anaerobik parçalama gerçekleştirilerek, bir tapa-akış prosesi ve bir CSTR işleminin avantajları bir araya getirilerek büyük ölçüde geliştirilebilir, bu durum, anaerobik parçalamanın parçalı proseslerinin (hidroliz, asidojenez, asetojenez ve metanojenez) daha optimum koşullar altında gerçekleştirilmesine olanak sağlar. Koşullar, reaksiyon (pH, redoks) ve akış (tortu yükü, gaz üretimi) veri girdisi yoluyla reaktörler arasındaki akışların kontrolü ile gelişmiş reaktör düzeneğinin bir araya getirilmesi yoluyla daha fazla optimize edilir.

15

### ***Buluşun açıklaması***

Buluş, dolayısıyla anaerobik ayrışma yoluyla tortunun işlenmesine yönelik bir proses ve bir teçhizat ile ilgilidir. Buluşun prosesinde tortu, bir birinci, bir ikinci ve bir son reaktörü içeren en az üç anaerobik reaktörde seri olarak işlenir, burada:

20

giriş tortu akımının hacimce en az %50'si, söz konusu birinci reaktöre beslenir, söz konusu birinci reaktörün çıkış sıvısının hacimce en az %85'i, söz konusu ikinci reaktöre beslenir,

söz konusu ikinci reaktörün çıkış sıvısının hacimce en az %85'i, söz konusu son reaktöre doğrudan veya dolaylı olarak beslenir ve

25

söz konusu son reaktörün çıkış sıvısının hacimce en az %85'i yerleştirilir ve/veya isteğe bağlı olarak tekrar işlenir ve

burada söz konusu son reaktörün çıkış sıvısının kontrollü bir değişken parçası, söz konusu birinci reaktöre beslenir ve/veya

30

giriş tortu akımının kontrollü bir değişken parçası, söz konusu ikinci reaktöre beslenir;

söz konusu değişken parçaların seviyesi (süre birimi başına hacim), en azından söz konusu birinci reaktörde pH ve/veya redoks değerleri yoluyla kontrol edilir,

burada söz konusu birinci reaktöre beslenen son reaktörün çıkış sıvısının kontrollü değişken parçası, birinci reaktördeki pH, 6.0 veya daha az olduğunda

35

ve/veya birinci reaktördeki redoks değeri, - 330 mV üzerinde olduğunda artar ve

birinci reaktördeki pH, 6.8'den fazla olduğunda ve/veya birinci reaktördeki redoks değeri, - 420 mV'den az olduğunda azalır,  
 ve/veya burada ikinci reaktöre beslenen giriş tortu akışının kontrollü değişken parçası, birinci reaktördeki pH, 6.0 veya daha az olduğunda ve birinci reaktöre dönüşüm akışı, verim hacminin %60 ila 100'ü arasında olduğunda ve ikinci reaktördeki pH, 6.8 veya bunun üzerinde olduğunda ve/veya birinci reaktördeki redoks değeri, -330 mV'nin altında olduğunda artar ve burada ikinci reaktöre beslenen giriş tortu akışının kontrollü değişken parçası, ikinci reaktördeki pH, 6.0'ın altında olduğunda ve/veya ikinci reaktördeki redoks değeri, -300 mV'nin üzerinde olduğunda veya birinci reaktördeki redoks değeri - 330 mV'nin üzerinde olduğunda azalır ve birinci reaktördeki pH, 6.8'in üzerinde olduğunda ve/veya birinci reaktördeki redoks değeri - 420 mV'nin altında olduğunda azalır.

Buluşun prosesi ve teçhizatı, tercihen söz konusu ikinci reaktör ile söz konusu son reaktör arasında bir üçüncü reaktörü içerir, burada söz konusu ikinci reaktörün çıkış sıvısının bir ana parçası, üçüncü reaktör yoluyla söz konusu son reaktöre beslenir, diğer bir deyişle ikinci reaktörün çıkış sıvısının bir ana parçası- özellikle bütün çıkış sıvısı - üçüncü reaktöre beslenir ve üçüncü reaktörün çıkış sıvısının bir ana parçası, son reaktöre beslenir. İstenirse beşinci ve hatta altıncı bir reaktör, üçüncü ve son reaktörler arasında sağlanabilir; ancak bu diğer reaktörler, reaktör dizisinin anaerobik dönüşüm hızını ve/veya verimliliğini yalnızca çok az geliştirir.

Anaerobik parçalamanın bütün aşamaları, her bir reaktörde meydana gelebilirken, hidroliz (aşama 1), birinci reaktörde ve ayrıca ikinci ve hatta üçüncü reaktörde yaygın olarak meydana gelir. Asidojenez ve asetojenez, bütün reaktörlerde meydana gelir ve hidroliz prosesi tarafından oluşturulan ara ürünlerin üretimine büyük ölçüde bağlıdır. Asidojenez ve asetojenez de büyük oranda bağımsızdır. Metanojenez, asetik asidin bütün aşamalarda meydana gelmesi ve son reaktörün ana prosesi olması nedeniyle, bütün reaktörlerde meydana gelir.

Yukarıdaki giriş kısmında açıklandığı üzere, buluşun prosesinde işlenen organik materyal veya tortu, örneğin bir (aerobik veya anaerobik) atık su arıtma tesisi (WWTP), gübre, biyokütle atık akışları, yiyecek endüstrisinden ve mezbahalardan atık akışlar ve benzerlerinden açığa çıkan tortu olabilir. Tortu, selüloz, hemiselülozlar, nişastalar, gamlar, diğer lifler gibi çeşitli polisakkaritler, ayrıca düşük şekerler, proteinler ve yağlar,

ayrıca alkoller, organik asitler, hidrokarbonlar, ligninler gibi diğer düşük seviyeli biyolojik materyaller ve benzerlerini içerebilir, bunların hepsi, en azından bir noktada kolay biyoçözünürlük derecesine bağlı olarak parçalanır.

- 5 Burada bir reaktörün "çıkış sıvısı", sıvı ve sıvı içinde süspansedilen veya yüzen herhangi bir katı veya yarı katı anlamına gelecek şekilde anlaşılır. Dolayısıyla sıvı, sıvıda mevcut olan tortunun yoğunluğunu (organik/biyolojik, diğer bir deyişle anaerobik floranın bakterileri ve enzimlerini içeren) içerir. Bu tür bir reaktörden diğerine bu tür süspansedilen veya (yarı)-katı materyalin transferi, mevcut buluşta önemlidir. Bu tür
- 10 süspansedilen veya katı materyal (tortu), bir miktar karıştırmaya rağmen reaktörde çökecek olan katı, parçalanamayan materyalden ayrılmaktadır.

- Genellikle anaerobik parçalama sistemine eklenen, aynı zamanda buluşa ait olan, reaktör sisteminde dönüştürülemez katı materyal, kum, kil benzeri materyal ve
- 15 çökeltiler gibi bu tür parçalanamayan, büyük oranda inorganik materyali içerecektir. Bu parça, giriş sıvısının toplam kuru katılarının yaklaşık %10 ila yaklaşık %40'ı arasında değişebilir. İnorganik materyalin daha ağır olan parçası, reaktörlerin herhangi birinden, tercihen en azından birinci reaktörden, bu inorganik materyalin genellikle daha yüksek yoğunluğu kullanılarak uygun çökeltme yoluyla boşaltılabilir. İnorganik materyalin
- 20 çökeltmeyen parçası ve yeni oluşan çökeltiler, çıkış sıvısı ile birlikte son reaktörden ayrılacaktır ve istenirse alt akıştan ayrılabilir.

- Buluşa ait proses ve teçhizatla, anaerobik parçalama sırasında oluşan katı materyal, özellikle strüvit (amonyum magnezyum fosfat), ayrıca bir veya daha fazla reaktörün,
- 25 tercihen sondan ikinci (dördüncü) reaktörün alt kısmında toplanabilir. Gerekirse, işlenen tortunun fosfor yükünün stokiyometrisine karşılık gelen seviyelerde magnezyum, optimum strüvit verimi ve dolayısıyla optimum fosfat geri kazanımına yönelik olarak, reaktöre (reaktörlere) eklenebilir. Magnezyum, uygun bir şekilde bunun tuzu olarak, örneğin magnezyum klorür, hidroksit, oksit, asetat veya sülfat olarak
- 30 eklenebilir. Parçalayıcının içinde strüvit oluşturularak gerçekleştirilen parçalama prosesi sırasında fosfat yoğunluğu düşürülerek, parçalayıcıların ardından plansız strüvit oluşumu önlenir.

- Avantajlı olarak reaktörler, kontrol edilebilir karıştırma cihazları ile sağlanır, bu durum
- 35 tortunun karıştırılmasına, aynı zamanda SRT'nin HRT'ye oranının kontrol

edilebilmesine olanak sağlar. Tercihen en azından birinci ve ikinci reaktör, bu tür karıştırma cihazları ile sağlanır.

Buluşun prosesi ve teçhizatının avantajlı bir düzenlemesinde, en az üç reaktör, tek bir tankın dikey olarak ayrılan bölmeleridir. Tek tank, etkili bir biçimde, çeşitli reaktörleri oluşturan üç veya dört veya daha fazla radyal olarak ayrılan bölmeye sahip silindirik bir konteyner tankı olabilir, ancak farklı bölmelere yönelik diğer şekiller veya hatta ayrılan reaktörler, kusursuz bir biçimde mümkündür. Reaktörlerin ve tankın yüksekliği, 4 metrelik minimum yüksekliğin genellikle tercih edilmesine rağmen, anaerobik parçalamanın işleyişi açısından kritik değildir. Tipik olarak yükseklikler, pratik sebeplerle 5 ila 15 m arasında, tercihen 6 ila 11 m arasındadır. Önceki tekniğe ait mevcut tapa-akış parçalayıcılara nazaran, performansta herhangi bir azalma olmaksızın daha düşük yükseklik, buluşun önemli bir avantajını oluşturmaktadır. Tank çapı (silindirik olarak radyal bölünmüş bir tank için), avantajlı olarak 10 ila 25 m arasında, tercihen 15 ila 22 m arasında olabilir, bu durum 750 ila 4000 m<sup>3</sup> arasında, tercihen 1500 ila 3000 m<sup>3</sup> arasında etkili toplam reaktör içeriğini sağlar. Ancak daha küçük ve daha büyük ekipmanlar, temel olarak aynı şekilde etkili olacaktır.

Yukarıda açıklandığı gibi bir reaktörden diğer bir reaktöre beslenen bir çıkış sıvısının "ana parçası" (veya aynı şekilde "bir" "ana parçası"), en az %85 (birim zaman başına ilgili reaktörden gelen toplan çıkış sıvısının hacmince), tercihen en az %90, en çok tercih edildiği üzere en az %96'dır. Son reaktörden atılan (ve/veya isteğe bağlı olarak tekrar işlem gören) çıkış sıvısının "ana parçası", en az %50 (herhangi bir geri dönüşüm dahil olmak üzere toplam çıkış sıvısının hacmince), daha fazla tercih edildiği üzere en az %70, özellikle en az %85, daha öncelikli olarak en az %90'dır. Tutarlı giriş sıvısı özellikleri ile dağıtılmamış sabit işlem altında, ana parçalar, çıkış sıvısının bir kısmı veya tamamı için %100 olabilir, diğer bir deyişle geri dönüşüm olmaz. Bir alt akış reaktöründen bir daha üst akış reaktörüne beslenen kontrollü değişken ("ikincil") parça, dolayısıyla tercihen %15'ten az (hacimce), tercihen %10'dan azdır. Geri dönüştürülen kontrollü değişken parçalar, tercihen karıştırılır, diğer bir deyişle parçanın tahliye edildiği reaktör içeriği ile aynı tortu seviyelerini içerir; gerekli olması durumunda reaktör içeriği, değişken parçanın bir üst akış reaktörüne beslenmesi öncesinde veya sırasında karıştırılır; diğer yandan çıkış sıvısının bir reaktörden bir daha üst akış reaktörüne dönüştürülmesi, anaerobik bakteriler dahil olmak üzere, yarı katı (süspanse edilmiş) materyalin en az bir parçası geri dönüştürülen çıkış sıvısı ile birlikte taşındığı sürece,

besleme materyaline bağılı olarak reaktör içeriğinin ön karıştırması olmaksızın gerçekleştirilebilir. Burada birim zaman başına veya gün başına hacimlere referans yapıldığında, bir veya birkaç saat veya günlük daha uzun bir periyot boyunca birim zaman başına ortalama hacimler olarak anlaşılmalıdır, dolayısıyla geri dönüşüm olaylarından kaynaklanan olası kısa vadeli değişikliklerin ortalamasının alınması, 5 yüklenme olaylarından daha seyrek olmaktadır.

Söz konusu birinci reaktöre beslenen söz konusu son reaktörün çıkış sıvısının kontrollü değişken parçası, diğer geri dönüşüm akışlarından tercihen bir miktar daha yüksektir, 10 atılan ve/veya tekrar işlem gören çıkış sıvısının söz konusu ana parçasının hacimce birim zaman başına en az %2'dir, örneğin %10'a kadardır. Daha fazla tercih edildiği üzere, örneğin daha zor ve/veya daha değişken besleme akışlarının uyum sağlamasına olanak sağlamak amacıyla, son reaktörden birinci (ve isteğe bağılı olarak kısmen ikinci) reaktöre beslenen kontrollü değişken parça, son reaktörden çıkan toplam 15 çıkış sıvısının %2 ila 50'si arasında (hacimce), daha fazla tercih edildiği üzere tercihen %5 ila 30 arasında, en çok tercih edildiği üzere son reaktörden toplam çıkış sıvısının %10'u ila 20'si arasındadır. Toplam reaktör içeriği açısından geri dönüşüm hızı, tercihen günlük toplam reaktör içeriğinin hacimce %0 ila 15'i arasında, daha fazla tercih edildiği üzere günlük hacimce %0.5-12.5, en çok tercih edildiği üzere hacimce %1.25 20 ila 7.5 arasında veya hatta günlük hacimce %2.5 ila 5 arasındadır.

Ayrıca söz konusu son reaktörün çıkış sıvısının kontrollü bir değişken parçası, söz konusu ikinci reaktöre beslenebilir. Bu parça, genellikle yalnızca birinci reaktörde değil (pH çok düşük, örneğin 6.0'ın altında, özellikle 5.0'ın altında), aynı zamanda ikinci 25 reaktörde (pH örneğin 6.5'in altında, özellikle 6.0'ın altında) asitlik çok yüksek olmazsa, son reaktörden birinci reaktöre geri dönüştürülen parçadan daha küçük olacaktır. Son reaktörden ikinci reaktöre geri dönüştürülen parça, tercihen son reaktörden (birinci ve ikinci reaktörlerin ikisine birden) geri dönüştürülen toplam hacmin %0 ila 50'si arasında, daha fazla tercih edildiği üzere %0 ila 25'i arasında, en çok tercih edildiği üzere birim 30 zaman başına, örneğin günlük %0 ila 10'u arasındadır. Son reaktörden çıkan toplam çıkış sıvısı açısından, ikinci reaktöre beslenen parça, tercihen %0 ila 30 (hacimce) arasında, daha fazla tercih edildiği üzere %0 ila 10 arasındadır, aynı zamanda ikinci reaktörün çok yüksek asitliği olması durumunda, %5 ila 30 arasında, tercihen %10 ila 25 olabilir. Alternatif bir tanımlamada, sonuncudan ikinci reaktöre beslenen parça, 35 hacimce tercihen %0 ila 25 arasında, daha fazla tercih edildiği üzere atılan ve/veya

tekrar işlem gören çıkış sıvısının söz konusu ana parçanın hacmince %0 ila 10 arasında, daha fazla tercih edildiği üzere %0 ila 4 arasındadır. Giriş sıvısının tamamının birinci reaktöre beslenmesi ve ikinci reaktördeki pH'nin azalmaması durumunda, en çok tercih edildiği üzere birim zaman başına temel olarak hacimce %0  
5 (toplam çıkış sıvısı bazında, toplam geri dönüşüm bazında veya geri dönüştürülmemiş parça bazında veya reaktör içeriği bazında), ikinci reaktöre geri döner. Ancak ikinci reaktörün pH'sinin azalması durumunda, söz konusu son reaktörün çıkış sıvısı, toplam geri dönüşümün hacmince maksimum %25'e kadar, söz konusu ikinci reaktöre beslenebilir.

10

Alternatif olarak veya ek olarak, söz konusu sondan ikinci reaktörün (ikinci reaktör olabilen, son reaktörden önceki veya tercihen üçüncü reaktör) çıkış sıvısının kontrollü bir değişken parçası, birinci reaktöre beslenebilir. Bu kontrollü parça örneğin, hacimce %0 ila 25 arasında, tercihen %0 ila 10 arasında, tercihen sondan ikinci reaktörün çıkış  
15 sıvısının hacimce %0 ila 4'ü arasındadır.

Bir istisna olarak birinci reaktöre beslenen giriş tortu akışının "ana parçası", %50 kadar düşük olabilir. Söz konusu ikinci reaktöre beslenen giriş tortu akışının kontrollü değişken parçası, büyük oranda giriş tortu akışının hacim özelliklerine göre değişkenlik  
20 gösterir. Örneğin giriş tortu akışının, bir derece hidrolizden geçmiş olması veya yüksek bir kolay çözünebilir materyal miktarına sahip olması durumunda, doğrudan ikinci reaktöre beslenen ("pas geçilen) kontrollü parça, nispeten yüksek, %50 kadar yüksektir. Tercihen daha sabit koşullar altında, birinci reaktöre beslenen ana parça ve ikinci reaktöre beslenen kontrollü değişken parça, sırasıyla %75'ten fazla ve %25'ten  
25 azdır. Tercihen ikinci reaktöre beslenen giriş sıvısının kontrollü değişken parçası ("ikincil parça"), pH ve/veya redoks ölçümü ile kontrol edilecek olan, birinci reaktörden geçebilen miktara bağlı olarak, mümkün olduğu kadar düşüktür.

Buluşun prosesi ve teçhizatının önemli bir özelliği, en azından ilk iki reaktörde, ancak  
30 tercihen bütün reaktörlerde pH ve/veya redoks potansiyeli (oksidasyon-redüksiyon potansiyeli, ORP) ölçülerek elde edilebilen, pas geçme ve geri dönüşümler dahil olmak üzere bir reaktörden diğerine akış kontrolüdür. Ayrıca giriş sıvısı ve çıkış sıvısı akış hızları, özellikle gelen tortunun (hacimce) ve çıkan (biyo)gazın (hacimce) akış hızı, çeşitli geri dönüşüm ve pas geçmelerin akışını kontrol etmek amacıyla kullanılabilir.  
35 Dolayısıyla bir reaktörden diğerine, özellikle son reaktörden birinci ve/veya ikinci

reaktöre, aynı zamanda giriş sıvısından ikinci reaktöre beslenen, böylece birinci reaktörü pas geçen söz konusu değişken parçaların seviyesi, işlem görecektir olan ölçülen giriş sıvısı yükü ile birlikte birinci ve ikinci reaktörde ölçülen pH ve/veya redoks değerleri yoluyla ve tercihen ayrıca, kombine edilen reaktörlerin veya her bir reaktörün

5 ölçülen gaz üretimine dayanarak kontrol edilir. pH, redoks ve akış hızlarının girdi verisi, reaktör dizisinin karakteristik özelliklerine ve işlem görecektir olan tortunun çeşitleri ve miktarlarına ayarlandığında, ilgili valfleri açarak (genişleterek) veya kapatılarak (daraltarak) veya farklı pompa akışlarını kontrol ederek pas geçme veya geri dönüşüm akış hızlarının biri veya daha fazlasını artırmak veya azaltmak üzere girdiyi

10 dönüştürecektir.

pH ve redoks potansiyeli söz konusu olduğunda,  $E_h$  ve bir solüsyonun pH'sinin genellikle ilişkili olduğu bilinir. Bir yarı göze denklemi için, redüksiyon olarak yazılan (elektronlar sol tarafta):

$$15 \quad aA = bB - n[e^-] = h[H^+] = cC - dD$$

Yarı göze standart gerilimi  $E_0$  aşağıdaki gibi verilir:

$$E_0(\text{volts}) = -\frac{\Delta G^\circ}{nF}$$

burada  $\Delta G^\circ$ , standart Gibbs serbest enerji değişimidir,  $n$ , ilgili elektronların sayısıdır ve

20  $F$ , Faraday sabitidir. Nernst denklemi, pH ve  $E_h$  ile ilgilidir:

$$E_h = E_0 - 0.05916/n * \log \left( \frac{\{A\}^a \{B\}^b}{\{C\}^c \{D\}^d} \right) - 0.05916/h.n * \text{pH}$$

burada süslü parantezler, aktiviteleri gösterir ve üsler klasik şekilde gösterilir. Bu eşitlik, -0.05916h/n volt eğim ile bir pH işlevi olarak  $E_h$  için düz bir hattın eşitliğidir (pH, birime sahip değildir). Bu eşitlik, daha yüksek pH değerlerinde daha düşük  $E_h$  öngörür. Bu

25 durum,  $H^+$  ile  $H_2$  redüksiyonu ve  $O_2$  ile  $OH^-$  redüksiyonu için gözlemlenir.

6.0 değerinde bir pH düşük olurken, anaerobik (CSTR) reaktörlerinde pH için normal bir aralık, 6.0 - 8.0 aralığındadır, reaktörün asidifikasyon riski artar. Çok düşük pH değerleri yoluyla aktivite kaybının önlenmesi amacıyla, geri dönüşüm akışı, teçhizatı

30 optimum koşulda tutmak üzere kontrol edilir. Performansın izlenmesi ve akışların kontrolüne yönelik yalnızca pH kullanılmasının bir sorunu, pH değerlerinin, bir yönde karbonat dengesinden (reaksiyon karışımının alkalitesi) ve diğer yönde yağ asidi yoğunluklarından etkilenir, bu durum tek başına pH ölçümünü, parçalama prosesini

kontrol etmek için fazla güvenilir olmayan bir değer haline getirir. Redoks ölçümü, ortamdaki oksitleşen ve azalan iyonların toplam miktarının bir göstergesini sağlar ve birkaç bileşenin etkisinin düzleşmesine daha az bağlıdır. Giriş sıvısı akışı ve çözünme hızına bağlı olarak, daha düşük bir pH (6.5'ten az veya hatta 6.0'dan az), birinci ve/veya ikinci reaktörde bir süre sürdürülebilir.

Geri dönüşüm ve pas geçme akışlarının pH kontrolü, örneğin aşağıdaki gibi gerçekleştirilebilir: birinci reaktördeki pH, giriş sıvısı pH'sine nazaran yeteri kadar düşmediğinde, diğer bir deyişle 7.3 civarında veya daha fazla olduğunda ve son reaktörden geri dönüşüm düşük olduğunda, daha fazla hidroliz süresine ihtiyaç duyan kompleks giriş sıvısı bileşenleri nedeniyle, bu durum birinci reaktörün parçalama kapasitesinin yetersiz olduğunu gösterir. Bu tür bir durumda, ikinci reaktöre beslenen giriş sıvısının parçası ("pas geçme"), artırılabilir. pH, yaklaşık 7.0'ın altına, özellikle 6.8'in altına düştüğünde, pas geçme akışı azalabilir. Diğer yandan birinci reaktördeki pH düşüşü çok fazla, örneğin 6.5 derecesine veya daha düşük olduğunda, son reaktörden (ve isteğe bağlı olarak daha az oranda sondan ikinci, örneğin üçüncü reaktörden) geri dönüşüm akışı, örneğin yaklaşık %25 ile %43'e veya hatta %100'e (günlük giriş akışı hacmince) artırılabilir, bu değerler, son reaktörün toplam çıkış sıvısı hacminin sırasıyla %20'si veya %30'u veya %50'sine karşılık gelir. %3-6 veya hatta %6-10 seviyeleri (son reaktörün toplam çıkış sıvısının hacmince) de mümkündür. pH 6.8'in üzerine yükseldiğinde, son reaktörden geri dönüşüm parçasının akışı, azalabilir.

Tipik olarak birinci reaktörün pH'si, 4.5 ile 7.5 arasında, tercihen 5.0 ile 7.3 arasında, özellikle 6.0 ile 7.3 arasında tutulacaktır. İkinci reaktörün pH'si, tipik olarak 6.0 ile 8.0 arasında, tercihen 6.5 ile 7.5 arasında olacaktır. Üçüncü reaktörün (varsa) ve sondan önceki herhangi bir diğer reaktörün pH'si, tipik olarak 6.8 ile 8.0 arasında olurken, son reaktörün pH'si, tercihen 7.0 ile 8.0 arasında, ideal olarak 7.0 ile 7.5 arasında olacaktır. Ancak bu tipik aralıklar dışındaki sapmalar, özellikle birinci ve ikinci reaktörlerde, en azından geçici olarak kabul edilebilir.

Gaz üretiminin, birim zaman başına işlem görebilen maksimum miktarın üzerinde olması durumunda, gelen tortu akışı azalabilir veya toplam gelen akış, ilk iki reaktör yerine yalnızca birinci reaktöre beslenebilir. Çözünürlük ve dolayısıyla gaz üretimi, birinci reaktörün yükünün optimum yük üzerine artması durumunda düşecektir. Gelen akışın yalnızca birinci reaktörde, işlem göremeyecek kadar yüksek olması durumunda,

akışın parçası, ikinci reaktöre koyulabilir. Gelen tortunun akışının redüksiyonu, gelen tortunun bir parçası bir tampon tankına yönlendirilerek ve örneğin gaz üretimi maksimum seviyenin altına düştüğünde döndürülerek etkinleştirilebilir. Böylece gaz üretim verileri, çeşitli akışları, pas geçmeyi ve geri dönüşümleri adapte etmek üzere kullanılır. Ayrıca gaz bileşimi, bu amaçla kullanılabilir. Bu nedenle toplam gaz üretiminin veya özellikle birinci ve ikinci reaktörden çıkan gazın nispeten yüksek metan içeriği, nispeten hızlı bir parçalanma prosesinin göstergesidir, bu durum, sonuncudan birinci reaktöre (reaktörlere) geri dönüşümün azalmasına ve/veya birinci reaktörün pas geçilmesinin adapte edilmesine olanak sağlar. Bunun aksine, örneğin toplam gaz üretiminin veya özellikle sonuncu (ve muhtemelen sondan ikinci) reaktörden çıkan gazın örneğin karbon dioksit içeriğine nazaran nispeten düşük bir metan içeriği, sonuncudan birinci reaktöre (reaktörlere) geri dönüşümün artırılması yoluyla geliştirilebilen bir optimum olmayan parçalama prosesinin göstergesidir.

15 Geri dönüşüm ve pas geçme akımlarının redoks kontrolü, benzer şekilde gerçekleştirilebilir. Örneğin birinci reaktördeki redoks potansiyelinin nispeten yüksek olması durumunda (= daha az negatif, örneğin  $> -330$  mV, özellikle  $> -300$  mV), bu durum, birinci reaktörün anaerobik kapasitesinin yetersiz olmasının bir göstergesidir ve birinci reaktöre beslenen son reaktörün çıkış sıvısının geri dönüşüm oranı, yaklaşık %20 veya hatta %50'ye kadar artar (son reaktörün toplam çıkış sıvısına bağlı olarak). Diğer yandan redoks potansiyelinin çok düşük olması, örneğin  $-420$  mV'den düşük, özellikle  $< -450$  mV olması durumunda, son reaktörden geri dönüşüm azalabilir ve/veya ikinci reaksiyona pas geçme hızı artırılabilir. Gösterge olarak kullanılması gereken redoks potansiyelinin tam seviyeleri ve dolayısıyla çeşitli akışların ayarlanmasına yönelik bir kontrol kriteri, tortu çeşitlerine bağlı olacaktır ve teknikte uzman kişi tarafından rutin olarak belirlenebilir. Yukarıda belirtildiği gibi redoks potansiyelinin kullanılmasının bir avantajı, pH etkisi (asitleşme), giriş sıvısı karışımının daha yüksek alkalinitesi yoluyla saptırılabilirken, anaerobik parçalama prosesinin daha doğrudan bir göstergesi olmasıdır. Bu nedenle pH ve redoks potansiyeli, avantajlı olarak geri dönüşüm ve pas geçme akışlarının kontrol edilmesi için kullanılır.

Bu nedenle buluşun prosesinde, birinci reaktöre beslenen son reaktörün çıkış sıvısının kontrollü değişken parçası, birinci reaktördeki pH 6.0 veya bunun altında ve/veya birinci reaktördeki redoks değeri  $-330$  mV'den yüksek olduğunda, özellikle  $-300$  mV'den yüksek olduğunda artırılabilir. Diğer yandan birinci reaktöre beslenen söz konusu son

reaktörün çıkış sıvısının kontrollü değişken parçası, birinci reaktördeki pH 6.8'den fazla ve/veya birinci reaktördeki redoks değeri -420 mV'den az olduğunda, özellikle -450 mV'den az olduğunda azaltılabilir.

5 Benzer şekilde, ikinci reaktöre beslenen (diğer bir deyişle birinci reaktörü pas geçen) giriş tortu akışının kontrollü değişken parçası, birinci reaktördeki pH 6.0 veya daha az olduğunda ve birinci reaktöre geri dönüşüm akışının, verim hacminin %60 ila 100'ü arasında, özellikle %80 ile 100'ü arasında (diğer bir deyişle atılan veya tekrar işlem gören çıkış sıvısı ile aynı hacme sahip) olduğunda ve ikinci reaktördeki pH, 6.8 veya  
10 bunun üzerinde olduğunda ve/veya birinci reaktördeki redoks değeri, -330 mV'nin altında veya -300 mV'nin altında olduğunda artırılabilir. İkinci reaktöre beslenen giriş tortu akışının kontrollü değişken parçası, ikinci reaktördeki pH, 6.0'dan az olduğunda ve/veya ikinci reaktördeki redoks değeri -300 mV'den fazla veya -330 mV'den fazla olduğunda azalır.

15

Kostik veya asit ilavesi yoluyla birinci reaktördeki pH kontrolünün sağlanması mümkündür, ancak genellikle gerekli değildir veya hatta istenmemektir. Ancak çeşitli reaktörlerde, özellikle birinci ve ikincideki pH'nin, yukarıda açıklandığı gibi pas geçme ve/veya geri dönüşüm akışlarının ayarlanması yoluyla kontrol edilmesi çok tercih  
20 edilmektedir.

Giriş sıvısı akışları ve çıkış sıvısı akışları ve -uygulandığında- pas geçme ve/veya geri dönüşüm akışları, reaktörler serisinde (üç, tercihen dört veya daha fazla) toplam hidrolik tutma süresinin (HRT), 3 ila 10 gün arasında, tercihen 4 ve 8 gün olacağı  
25 şekilde ayarlanır. Her bir reaktördeki (veya bölmedeki) HRT, 1 ila 3 gün arasında, tercihen 1.25 gün (30 saat) ve 2 gündür. Bu nedenle, örneğin sonuncudan birinci reaktöre geri dönüşümün artışı, sonuncu reaktörden geri dönüşüm için ilave bir akışın boşaltılması ve çıkış sıvısının geri dönüşmeyen parçasının (boşaltılacak veya tekrar işlem göreceğ olan alt akış) akış hızı temel olarak sabit tutularak etkinleştirilir.

30

Buluşun prosesi, sürekli, yarı-sürekli veya kümeler halinde gerçekleştirilebilir. Tercihen proses, bir yükleme evresi ve bir reaksiyon evresini içeren yarı-sürekli modda işler. Yükleme evresinde giriş akışının önceden belirlenen bir hacmi, birinci reaktöre ve isteğe bağlı olarak ayrıca ikinci reaktöre yüklenir ve sonuç olarak benzer bir hacim, bir  
35 reaktörden sonraki reaktöre transfer edilir ve benzer bir hacim, son reaktörden

boşaltılır. Reaksiyon evresinin birinci kısmında reaktörlerin içeriği, özellikle birinci ve ikinci reaktörde karıştırılabilir. reaksiyon evresinin ikinci kısmında, karıştırma kesintiye uğrayabilir ve katıların durulması sağlanır; ancak bakteriyel tortunun en az bir kısmı, karıştırmanın kesintiye uğramasına rağmen süspansiyonda kalacaktır ve sonraki

5 yüklenme evresinde transfer edilecektir. Çeşitli evrelerin uzunlukları değişiklik gösterebilir; örneğin yüklenme evresi, bir dakika veya daha azı ile örneğin 10 dakika arasında sürebilir, karıştırma evresi, örneğin 5 dakika kadar kısa veya örneğin bir saat kadar uzun olabilir ve durulma evresi, örneğin 10 dakika ile bir saat arasında değişebilir. Durulma evresinde, ağır katılar - daha hafif (bakteriyel) tortudan ayırt

10 edildiği üzere - reaktörün alt kısmında toplanacaktır ve örneğin yüklenme evresinin öncesinde veya bu sırada sürekli olarak veya periyodik olarak boşaltılabilir. Bu, son veya daha fazla tercih edildiği üzere sondan ikinci (üçüncü) reaktörde -eklenen magnezyum tuzların yardımıyla- çöktülen strüvit ( $1.5$  ila  $1.7$   $g/cm^3$  derecesinde spesifik bir yoğunluğa sahip) için özellikle geçerlidir. Geri dönüşüm işlemleri sürekli

15 olabilir veya bunlar yüklenme evreleri ile denk gelebilir veya bunlar, yüklenme evrelerine nazaran daha sık veya daha aralıklı olabilir.

Son reaktörün çıkış sıvısı, parlatmaya yönelik bir karıştırılmış tank reaktörü (CSTR) içinde anaerobik olarak veya su boşaltma teçhizatı gibi, tortunun son işlemine

20 doğrudan olmak üzere çeşitli şekillerde işlem görebilir. Ayrıca, son reaktörün çıkış sıvısının, burada açıklanan en az üç anaerobik parçalama reaktörünün ikinci grubunun birinci reaktörüne beslenmesi, diğer bir deyişle diziler halinde buluşun iki reaktör grubunun kullanılması mümkündür. Ancak fazla seviyelerdeki giriş sıvısı tortusunun düzeltilmesi ve bulundurulmasına yönelik bir CSTR tipi reaktörün kullanılması tercih

25 edilir. Çoğu durumda, parçalayıcı tankların birinin değiştirilmesi yoluyla mevcut parçalama teçhizatlarının, özellikle dört (veya üç veya beş) reaktörün, tek bir tankın bilmeleri olması durumunda, yeni parçalayıcı konseptinin bir konfigürasyonuna güncellenmesi mümkündür.

30 Buluşun organik tortusunun anaerobik parçalanmasının gerçekleştirilmesine yönelik teçhizat, en az bir birinci reaktör, bir ikinci reaktör ve bir son reaktörün bir dizisini içerebilir. Birinci reaktör, bir tortu girişi, bir kontrol edilebilir karıştırıcı, bir pH ölçer ve/veya bir redoks ölçer, bir gaz çıkışı, söz konusu ikinci reaktöre bir sıvı (taşma) çıkışı, söz konusu son reaktörden bir sıvı taşma girişi ve alt kısımda bir katı çıkışı ile sağlanır.

35 İkinci reaktör, bir tortu girişi, söz konusu birinci reaktörden bir sıvı taşma girişi, bir

kontrol edilebilir karıştırıcı, bir pH ölçer ve/veya bir redoks, bir gaz çıkışı, üçüncü reaktöre veya söz konusu son reaktöre bir sıvı taşma çıkış ve tercihen alt kısımda bir katı çıkışı ile sağlanır. Son reaktör, söz konusu ikinci reaktörden veya üçüncü veya diğer bir ara reaktörden bir sıvı (taşma) girişi, bir kontrol edilebilir karıştırıcı, bir gaz çıkışı, söz konusu birinci reaktöre bir sıvı taşma çıkışı, sıvının atılmasına yönelik bir sıvı taşma çıkışı ve alt kısımda bir katı çıkışı ile sağlanır. Düzenleyici cihazlar, söz konusu pH ve/veya redoks ölçerlerden gelen pH ve/veya redoks bilgisi ve tercihen ayrıca, gelen tortu akışı verisi ve boşaltma (biyo)gaz akışı verisinin girdisi kullanılarak söz konusu sıvı taşma çıkışlarının en az birinin akışının düzenlenmesi için sağlanır. Farklı bölmelerin gaz toplama sistemi kombine edilebilir ve bir gaz akışı ölçüm cihazı ile sağlanabilir.

Bütün reaktörler, ayrı reaktörler veya bir veya daha fazla tanktaki bölmeler olabilir. Örneğin reaktör dizisi, avantajlı olarak silindirik bir konteynerdir ve söz konusu birinci reaktör, ikinci reaktör, opsiyonel üçüncü reaktör, diğer ara reaktörler ve son bir reaktör, söz konusu silindirik konteynerin dikey olarak ayrılmış bölmeleridir. Bağlantı hatları (birinci reaktörden çıkış ile ikinci reaktöre giriş; ikinci reaktörden çıkış ile sonraki (üçüncü) reaktöre giriş ve benzerleri), ilgili iki reaktöre komşu dikey alt kısımlar veya borular olabilir, burada önceki reaktörden çıkış, üst kısımdaki bir taşma yeridir ve sonraki reaktöre giriş, ayrıca Şekil 2'de gösterildiği gibi alt kısımdadır.

Açıklanan teçhizat, söz konusu dizide, söz konusu baştan ikinci reaktörden bir sıvı taşma girişi, bir kontrol edilebilir karıştırıcı, bir gaz çıkışı, söz konusu son reaktöre bir sıvı taşma çıkışı ve alt kısımda bir katı çıkışı ile sağlanan üçüncü bir reaktörü içerir. Çeşitli reaktörlerin, özellikle birinci ve son reaktörün alt kısmında katı çıkışları basitçe, düz veya tercihen eğimli olabilen, reaktörün alt kısmının en düşük noktasındaki açıklıklar olabilir ve katıları pompalar veya jet akışları gibi çıkış açıklıklarına taşımak amacıyla cihazlar ile sağlanabilir.

Avantajlı olarak teçhizat ayrıca, tampon tankında depolanmak üzere gelen tortunun parçasını yönlendirmek ve daha sonra depolanan tortuyu reaktör dizisine beslemek amacıyla tedarik hattına döndürmek üzere kontrol edilebilir valfler yoluyla tortu tedarik hattına bağlanabilen bir tampon tankı ile sağlanabilir.

35 **Şekillerin açıklaması**

Şekil 1, buluşa göre bir reaktör dizisini gösterir. Şekil, dört anaerobik reaktöre (1, 2, 3, 4) sahip bir teçhizatı gösterir. Her bir reaktör, bir karıştırma ünitesi (11, 21, 31, 41), bir sıvı/tortu girişi (12, 22, 32, 42), bir sıvı/tortu çıkışı (13, 23, 33, 43), bir jet akışı (gösterilmemiştir) gibi katıların çıkış yönlendirilmesine yönelik araç ile sağlanan alt kısımda bir katı çıkışı (14, 24, 34, 44), gaz hatlarına (16, 26, 36, 46) bağlanan bir gaz çıkışı (15, 25, 35, 45), bir pH ve/veya redoks ölçer (17, 27, yalnızca reaktörler 1 ve 2 için gösterilmiştir) ve reaktörlere ve reaktörlerden tortunun ana parçalarını besleyen ve boşaltan sıvı/tortu hatları (10, 19-20, 29-30, 39-40, 49) ile donatılır. Sıvı/tortu çıkışları (13, 23, 33, 43), reaktörün içinde veya dışında konumlandırılabilen Şekil'deki taşma boruları olarak düzenlenir.

Gelen tortu (7), akış ölçerden (75) geçişin ardından hat (71) boyunca birinci reaktöre beslenir. Pas geçme hatları (72, 73 ve 74), gelen tortunun ikincil bir parçasını ikinci ve isteğe bağlı olarak üçüncü ve dördüncü reaktöre geçirmek üzere sağlanabilir, çeşitli akışlar, valfler (99) aracılığıyla kontrol edilir. Çıkış hatları (29, 39 ve 49), sırasıyla ikinci, üçüncü ve dördüncü reaktörlerin çıkış sıvısının ikincil parçasının, birinci ve isteğe bağlı olarak ikinci reaktöre geri dönüştürülmesi amacıyla yan hatlar (91, 92, 95) ile sağlanır, burada hatlar (92 ve 95), sırasıyla hatlara (93, 94 ve 96) bölünebilir.

Çıkışlardan (14 ve 24) boşaltılan birinci ve isteğe bağlı olarak ikinci reaktörden (ve istisnai olarak üçüncü, gösterilmemiştir) gelen katılar, büyük oranda başlangıç tortusunda mevcut olan inorganik katılar ve kumdan oluşur ve hatlar boyunca (81 ve 82), bir inorganik katı atım yerine (85) veya parçalanan tortu tamponuna taşınır. Sırasıyla çıkışlardan (34 ve 44) boşaltılan dördüncü ve/veya üçüncüden (ve istisnai olarak ikinci reaktör, gösterilmemiştir) gelen katılar, büyük oranda ilgili reaktörde (reaktörlerde), tipik olarak üçüncü reaktörde oluşan strüvitten oluşur ve hatlar boyunca (83) bir strüvit atım yerine (86) taşınır. Bir magnezyum tuzu (örneğin magnezyum klorür) tedariki (87), hat (88) boyunca üçüncü reaktöre beslenir. Reaktörün (3) besleme hattı (40) ile kombine edilmesinin yerine, reaktöre (3) girebilir veya örneğin besleme hattı (40) ile birlikte reaktöre (4) beslenebilir.

Çeşitli reaktörlerden çıkan gaz, hatlar (16, 26, 36 ve 46) boyunca taşınır ve kombine edilmenin ardından, gaz bileşiminin değerlendirilmesine yönelik bir üniteyi içerebilen bir akış ölçer (64) içinden geçer ve bir biyogaz toplama ünitesine (67) beslenir. Gaz akış hızları ve gaz bileşimleri, ayrıca her bir reaktörden gelen gaz akışlarına yönelik olarak,

diğer bir deyişle her bir hattaki (16, 26, 36 ve 46 (gösterilmemiştir)) gaz bileşimi değerlendirme ünitesi ve akış ölçerler yoluyla ölçülebilir.

pH ve redoks ölçerlerden (17, 27) gelen veri, gelen tortu akış göstergesi (75), gaz çıkış sıvısı akışı (ve isteğe bağlı olarak bileşim) göstergeleri (64 (her bir hattaki (16, 26, 36 ve 46) göstergeler olabilen) ve isteğe bağlı olarak 66) ve isteğe bağlı olarak çıkış sıvısı akış göstergesi (62), sırasıyla bağlantılar (18, 28, 76, 63, 65) yoluyla (kablolu veya kablolu olmayan), veri işleme ve kontrol birimine (6) beslenir. Çeşitli valflere (99) yönelik kontrol sinyalleri ve karıştırma cihazları (11, 21, 31, 41), işleme ve kontrol biriminden (66) çıkışlar (61) yoluyla iletilir (valflere giden hatlar gösterilmemiştir).

Anaerobik reaktörler grubunun alt akışında, bir CSTR reaktörü (5) gibi bir bitirme reaktörü sağlanabilir. Bu, besleme hattı (50), karıştırma cihazı (51), sıvı girişi (52), sıvı çıkışı (53), hat (56) boyunca biyogaz toplama birimine (67) bağlanan gaz çıkışı (55) ve göstergeye (66) sahiptir. İşlem gören sıvı, hat (56) boyunca boşaltılır ve son işlem görür veya boşaltılır.

Şekil 2, buluşun teçhizatının alternatif bir düzeneğinin kesitsel bir görünümünü gösterir, burada reaktörler (1, 2, 3 ve 4), bir silindirik tankın (9) bölmeleridir. Şekil 1'de olduğu gibi aynı numaralar aynı parçaları temsil eder. Bu nedenle her bir bölme, bir karıştırma cihazı (11, 21, 31, 41) ve ayrıca Şekil 1'e benzer girişler, çıkışlar, hatlar, valfler, ölçme aletleri ve cihazlar ile donatılır (ayrı ayrı Şekil 2'de gösterilmemiştir). Tedarik hattı (10) boyunca gelen tortu, bir taşma yeri yoluyla veya bir pompa dahil olmak üzere harici bir hat yoluyla, reaktöre (1) yönelik bir tortu girişi olarak işlev gören sütuna (12) taşınır. Taşma çıkışları (13, 23 ve 23), reaktörler arasında bağlantı sağlar, dolayısıyla ayrı (harici hatları) önler. Reaktör (4), tortunun hat (49) boyunca bir su boşaltma tesisatı/ünitesi öncesinde bir tortu tamponuna taşındığı milden (43) oluşan bir tortu çıkışı ile sağlanır.

Şekil 3, 9 hatlı buluş prosesinin işleyişi (■), yalnızca bir CSTR kullanılan bir referans prosesi (□) ve bir Termal Basınç Hidroliz ünitesine sahip bir parçalayıcı (▲) ile tortunun bozunması açısından (% Organik Kuru Madde: ODS) karşılaştırmalı sonuçları gösterir. Eğriler, 4 gün boyunca taşıma ortalamaları kullanılarak çizilmiştir.

35 **Örnek**

2011'den beri başvuru sahibi, hiçbir ilave uygulama bulundurmayan bir referans reaktörü ile kıyaslanarak çok sayıda farklı tortu ile buluşun yeni parçalayıcı konseptini test etmiştir. Karşılaştırmalı testler, tamamen kontrollü koşullar altında uygulanmıştır. Her bir test, 20 litre CSTR Lab reaktörünün, WWTP'de tam ölçek teçhizat ile karşılaştırıldığı bir stabilizasyon periyodundan oluşmaktadır. CSTR Lab reaktörlerinde örneğin 20 günlük bir HRT sağlamak üzere, bir WWTP'nin bir parçalayıcısından çıkan 1 litrelik besleme tortusu, günlük olarak yarı sürekli bir şekilde reaktörlere pompalanır. CSTR Lab reaktörünün, tam ölçek CSTR sonuçları ile karşılaştırılması durumunda, yeni parçalayıcı konsepti, iki Lab CSTR reaktörünün birinin ön tarafına yerleştirilir. 6 günlük bir HRT'ye sahip yeni parçalayıcı, önceki stabilizasyon periyodundan parçalanmış tortu ile doldurulur. Referans reaktörü, bütün test periyodu boyunca aynı koşullarda tutulur. 8.5 1 yeni parçalayıcı konseptinin CSTR'nin ön tarafına yerleştirilmesinin ardından, besleme akışı, toplam HRT'yi 20 günde tutmak üzere 1.43 1/d'ye artırılır.

15

Sonuçlar, Şekil 3'te gösterilir. Test periyodu boyunca, ayrıca Termal Basınç Hidroliz (TPH) etkisi, üçüncü bir paralel reaktörde test edilmiştir, burada tortu, 2 saat boyunca 6-8 bar değerinde 160 °C'de ön işleme tabi tutulmuştur. Organik atığın redüktif işleme yönelik TPH teknolojisi, örneğin WO96/09882 (Cambi) içinde açıklanır. Grafikte görülebildiği gibi, yeni parçalayıcı konsepti sonuçları, TPH işlemine yakındır. TPH ile kıyaslandığında yeni parçalayıcı konseptinin avantajı, pozitif enerji dengesi için yüksek oranda istenen yüksek basınç veya yüksek sıcaklıkların gerekli olmamasıdır.

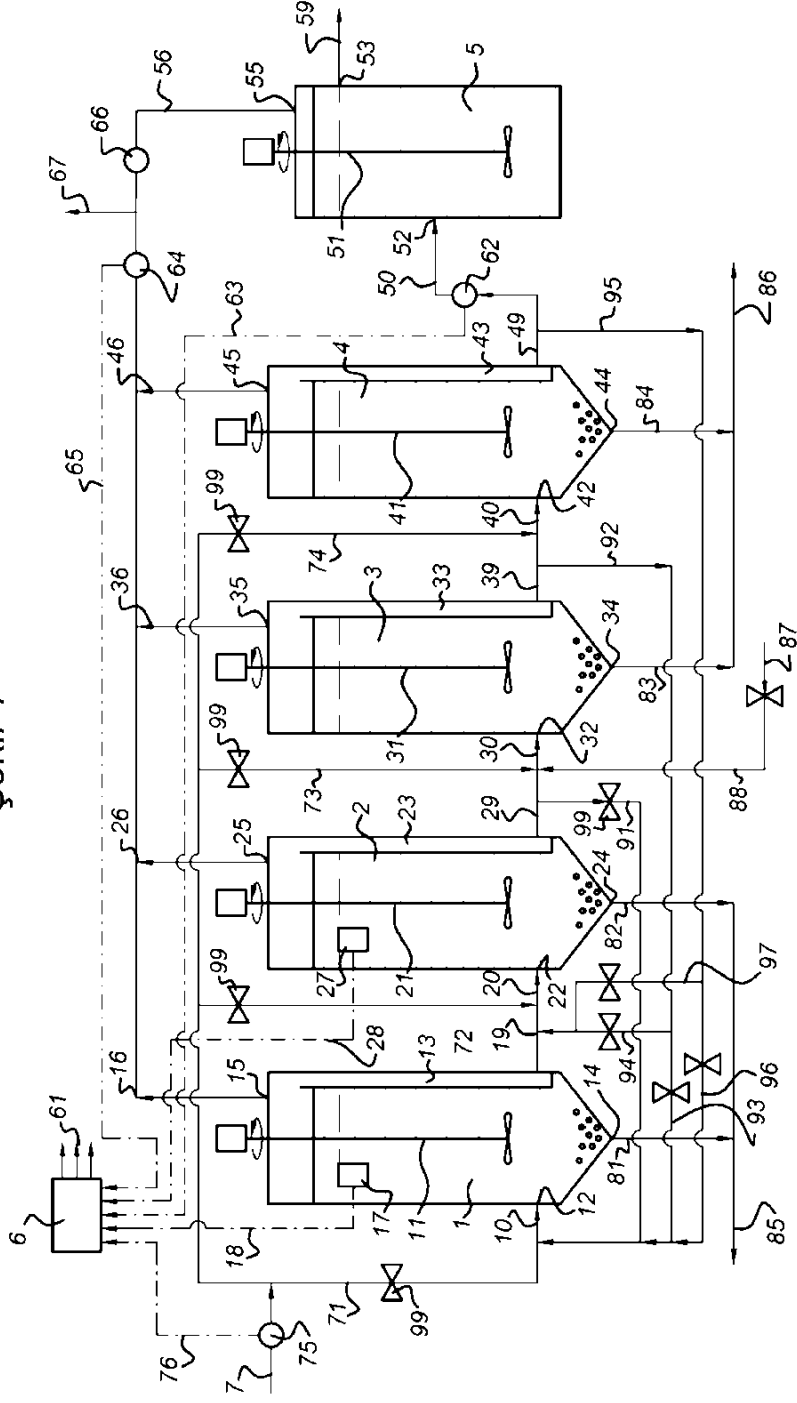
20

Test periyodu boyunca referans reaktöründeki ortalama bozunma, %42 ve yeni parçalayıcı konsepti ve bir CSTR ile birlikte %50 olmuştur. TPH reaktöründe organik madde redüksiyonu, %53 miktarında olmuştur. Bu sonuçların tam ölçek teçhizata çevrilmesi durumunda, yalnızca yeni parçalayıcı konsepti, TPH'de olduğu gibi ilave enerji gerektirmemesi nedeniyle, WWTP'nin büyük ölçüde daha düşük işlem maliyetlerine olumlu bir katkı sağlar.

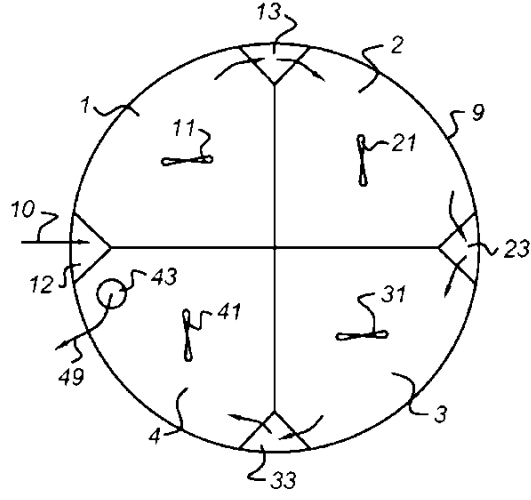
25

30

Şekil 1



Şekil 2



Şekil 3

