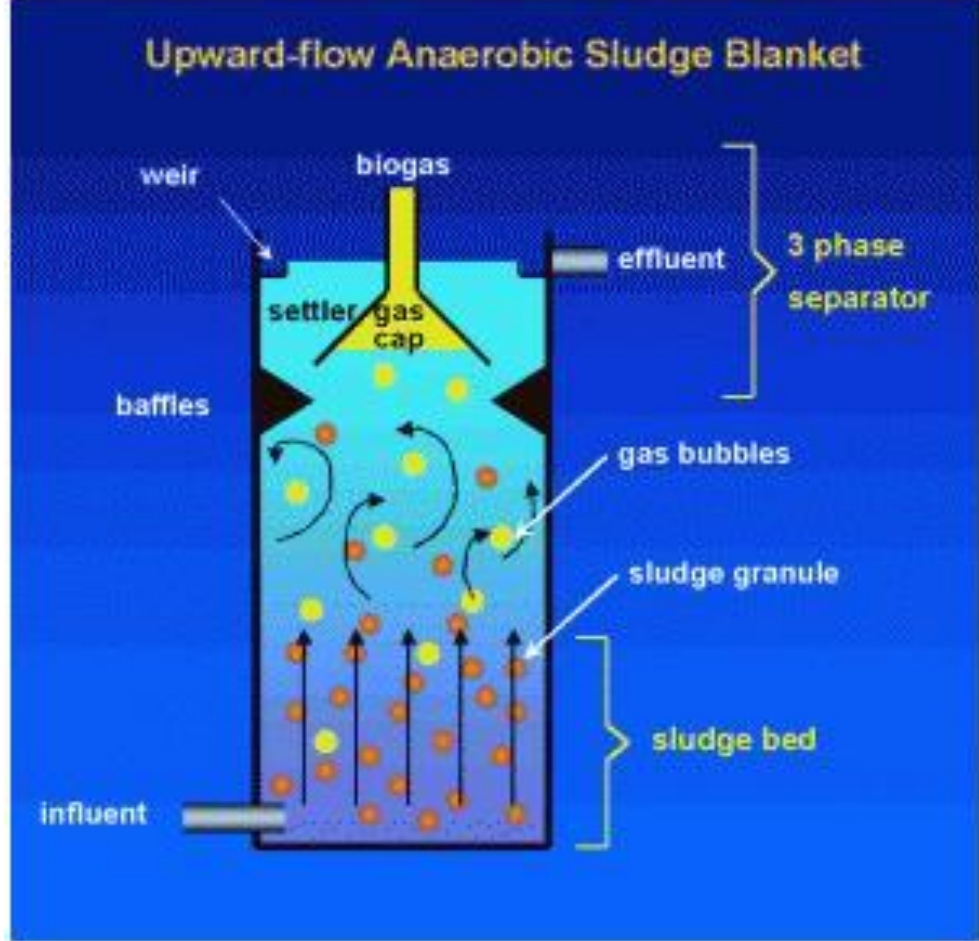


ATIKSULARIN HAVASIZ ŞARTLARDA ARITIMI ESASLARI



Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK
Müsteşar
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

ANKARA-2018

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	3
2. HAVASIZ BİYOLOJİK ARITMAYA GENEL BAKIŞ	4
2.1 Havasız Biyolojik Arıtmanın Diğer Arıtma Teknolojilerinden Üstünlüğü Ve Ekonomik Olduğu Koşullar	4
2.2 Havasız Arıtmanın Kısıtları	6
3. HAVASIZ ARITMANIN ESASLARI.....	7
3.1 Havasız Arıtmadaki Mikrobiyolojik Faaliyetler	7
3.1.1 Hidroliz	8
3.1.2 Asit Üretimi	8
3.1.3 Metan Üretimi	9
3.1.4 Anaerobik Mikroorganizmalar Arasındaki Karşılıklı İlişkiler.....	9
3.2 Biyokimya	11
3.2.1 Polissakkaritler (Şekerler).....	11
3.2.2 Proteinler	11
3.2.3 Azotlu Bileşikler.....	12
3.2.4 Yağlar	12
3.2.5 Anaerobik Mikroorganizmaların Enerji Kazanma Yolları	13
4. İŞLETMEYE ALMA VE PROSES KONTROLÜ.....	17
4.1 İşletmeye Alma	17
4.1.1 İşletmeye Alma Dönemi Süresi.....	17
4.1.2 Optimum Çevre Şartlar	18
4.2 Proses Kontrolü	25
4.2.1 Havasız Süreçlerin İzlenmesi ve Kontrolü.....	25
4.2.2 Prosesteki Kararsızlıkların Kaynakları ve Çözüm Yolları	27
4.2.3 Havasız Reaktörlerde Prosesin Yeniden Kararlı Hale Getirilmesi .	28
5. HAVASIZ ARITMA UYGULAMA ÖRNEĞİ OLARAK ANASON ATIKSULARINI ARITAN BİR ENDÜSTRİYEL ARITMA TESİSİ	30
5.1 Arıtma Tesisi Proses Raporu	31
5.1.1 Anaerobik Arıtma Hattı	31
5.1.2 Aerobik Arıtma Hattı	33
5.1.3 Arıtma Tesisi Çamur Hattı.....	34
5.2 Anaerobik Arıtma Birimine Ayrıntılı Bakış	35

1. GİRİŞ

Son yıllarda atıksu arıtma uygulamasındaki artışlar sebebiyle havasız arıtma teknolojisi, yüksek oranda organik madde yüküne sahip tarımsal atık suların (hayvan çiftlikleri atıksuları gibi), gıda sanayi (şeker fabrikaları, nişasta üretimi, bira fabrikaları gibi), çöp depolama alanlarında oluşan sızıntı suları ve evsel karakterli arıtma çamurlarının arıtılmasında yoğun olarak uygulanmaktadır. Bu gibi atık suların kirlilik yükleri çok yüksektir. Bu tür sanayilerde ve faaliyetlerde oluşan atık sular arıtılmadan alıcı ortamlara verildiği zaman yüksek miktarda temiz suyu kirletmektedir.

Tüketimin artması buna paralel olarak da insanların doğrudan temasta olduğu ekosistemi bozması ve yaşamını sürdürebilmesi için kullanması zorunlu olduğu kaynakları kirletmesi sonucunda da insanların zarar görmeye başlaması ve ileride daha çok zarar göreceğinin anlaşılması insanları her türlü israfı minimuma indirmeye, sanayide en az ve en zararsız atık veren proses teknolojisini kullanmaya ve atıklardan madde ve enerji kazanımı sağlayan arıtma teknolojilerini kullanmaya zorlamıştır. Havasız şartlarda arıtma da atıklardan enerji üretmeyi sağlayan ve nihai olarak uzaklaştırılması gerekli atığı en az olan bir biyolojik arıtma teknolojisidir. Havasız şartlarda arıtma ile atıksu içindeki organik maddeleri enerji amacı ile kullanılabilir biyogaza dönüştürmek mümkündür. Böylece hem atık suyun kirlilik yükünü düşürmek hem de biyogaz üretmek mümkündür.

Çevre dostu bir arıtma teknolojisinden beklentileri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Arıtma sonucu atık miktarını azami ölçüde azaltmalıdır.
- Arıtma verimi yüksek olmalıdır.
- Yatırım maliyeti düşük ve enerji üretimi yüksek olmalıdır.
- İşletme ve bakımı kolay olmalıdır.
- Atık maddelerin yeniden kullanılmasına ve geri kazanılmasına imkan vermelidir.

2. HAVASIZ BİYOLOJİK ARITMAYA GENEL BAKIŞ

2.1 Havasız Biyolojik Arıtmanın Diğer Arıtma Teknolojilerinden Üstünlüğü Ve Ekonomik Olduğu Koşullar

Havasız şartlarda arıtma biyobozunur organik atıkların oksijensiz ortamda biyokimyasal indirgenmesi sonucunda atığın içeriğine bağlı olarak metan (CH_4), karbon dioksit (CO_2), amonyak (NH_3), hidrojen sülfür (H_2S) ve biyokütle gibi nihai ürünlere dönüştüğü biyolojik süreç olarak tanımlanır. Havasız şartlarda arıtma, son yıllarda atık su arıtma maliyetlerinin yükselmesi, çamur depolama alanlarının kısıtlanması sonucunda bu kısıtları ortadan kaldıracak iyi bir alternatif arıtma teknolojisi olarak hemen hemen her türlü biyobozunur atığın arıtımında kullanılmaya başlanmıştır. Hele çok yüksek konsantrasyonlarda organik madde ihtiva eden atık suların ekonomik olarak arıtılmasında havasız arıtma teknolojilerinin kullanımı şarttır.

Atıksu arıtma sistemi seçiminde göz önüne alınacak hususlar:

- Sistemin BOI, AKM ve nütrient giderme verimliliği yeterli olmalıdır.
- Koku problemi olmamalıdır.
- İşlem sonucunda oluşan çamur miktarı az ve bertaraf maliyeti ekonomik olmalıdır.
- İşletme emniyeti yüksek olmalı, tesisi çalıştıranlar yeterli bilgi ve tecrübe birikimine sahip olmalıdır.
- Madde ve/veya enerji geri kazanma imkan vermelidir.
- Alan ihtiyacı az olmalıdır.
- Proseste debi ve kirlilik yüklerindeki değişimleri kolay tolere edebilir olmalıdır.
- Sistem enerji kesilmesinden, şok yüklerden, kesikli besleme ve toksik maddelerden az etkilenmelidir.

Havasız şartlarda arıtmanın havalı şartlarda arıtmaya göre üstünlüklerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- KOI>1500 mg/lit olan atıksuların havasız şartlarda arıtımı havalı şartlarda arıtmaya göre önemli oranda ekonomik olmaktadır.
- Havasız şartlarda arıtmada oluşan çamur miktarı havalı şartlarda arıtmanın yaklaşık onda biridir.
- Havasız şartlarda arıtma sonucunda biyoenerji (CH₄) geri kazanımı vardır. 1000 kg KOI giderildiğinde 2700 kw-saat eşdeğerinde net enerji üretilebilir. Giderilen biyolojik olarak bozunabilir organik karbonun % 90-98'i biyogaza (metan ve karbon dioksit) dönüşür. Buna karşın havalı arıtmada 500~2000 kW-saat/1000kg-KOI'lik havalandırma enerjisine ihtiyaç vardır.
- Havasız şartlarda arıtmanın mekanik-ekipman maliyeti daha düşüktür.
- Havasız şartlarda arıtmanın alan ihtiyacı daha azdır.
- Havasız şartlarda arıtmanın hidroliz safhasını tamamlamış atıkların havasız arıtımı çok daha ekonomik ve en uygun çözüm olmaktadır.
- Yüksek KOI konsantrasyonlu atıksuların ekonomik olarak arıtılabilmesi için, tek başına değil ama, kesinlikle (alternatifsiz olarak) uygulanması gerekli bir arıtma prosesidir. Böyle hallerde havasız+havalı arıtmanın entegre tatbiki en iyi çözüm olmaktadır.
- Hacimsel organik yükleme, havalı arıtmadan 5~10 kat daha fazladır.
- Nütrient ihtiyacı, havalı arıtmanın %5~20'sidir.
- Anaerobik biyokütle aktivitesini kaybetmeksizin aylarca durabilir.

Havalı ile havasız şartlarda arıtmanın ekonomik açıdan mukayesesi yapıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Daha az biyolojik çamur oluşumu: 500kg ç./1000KOI_{gid}, 50\$/1000KOI_{gid}
- Daha az nütrient ihtiyacı: 50\$/1000KOI_{gid}
- Havalandırmaya ihtiyaç göstermemesi: 50\$/1000KOI_{gid}

- Üretilen metanın enerji eşdeğeri: 60\$/1000KOI_{gid}

Ekonomik modellemeler sonucunda havasız arıtmanın 1000 mg BOI₅/lt den daha fazla konsantrasyonlu atıksular için daha ekonomik olduğu ortaya çıkartılmıştır. Sıcaklığın yeterli olduğu ılıman iklimlerde evsel atıksu arıtımı için de havasız arıtma sistemleri başarıyla uygulanabilmektedir.

2.2 Havasız Arıtmanın Kısıtları

Yukarıda bahsedilen birçok üstünlüklerinin yanında havasız şartlarda arıtma atığının karakterine bağlı olarak kısıtları da bulunmaktadır. Bunları da şöyle sıralayabiliriz:

- İşletmeye alma devresinin uzun olması,
- Seyreltik ve karbonhidratlı atıklarda düşük alkaniteye bağlı ilave alkanite ihtiyacı,
- Bazı hallerde yüzeysel sulara deşarj kriterlerinin sağlanamaması (Toplam azot (N), toplam fosfor (P)),
- Seyreltik atıklarda üretilen biyogazın reaktörlerin istenilen sıcaklığa ulaştıracak ısıyı karşılamaması,
- Sülfatlı atıksularda H₂S ve koku problemi,
- Nitrifikasyon imkanının olmayışı,
- Düşük sıcaklıklarda arıtma hızının düşük olması sebebiyle böyle hallerde ilave ısı ihtiyacının olması,
- Yüksek biyokütle aktivitelerinin oluşabilmesi için NH₄ konsantrasyonunun 40-70 mg/lt gibi yüksek seviyelerde tutulma gereği,
- Bazı tür endüstriyel atıklarda reaktör içinde ve boru cidarında ciddi inorganik çökelti ve taşlaşma oluşması,

Yukarıda bahsettiğimiz kısıtların çoğunun bulunması, havasız arıtmanın ekonomikliğinin kaybolması ve işletmede sıkıntıların yaşanacağı kanaatinin oluşması halinde havalı arıtma seçilmesi daha uygun olabilir.

3. HAVASIZ ARITMANIN ESASLARI

3.1 Havasız Arıtmadaki Mikrobiyolojik Faaliyetler

Havasız şartlarda arıtma çeşitli mikroorganizma gruplarının üstlendiği kompleks bir biyokimyasal süreçtir. Bununla birlikte bu görevi 2 ana grubun üstlendiği bilinmektedir. Bunlar asit bakterileri ve metan bakterileridir ve her biri 2 alt gruba ayrılır.

- Asit bakterileri \Rightarrow Butirik ve propiyonik asit üretenler
 $\Downarrow \Rightarrow$ Asetik asit üretenler
- Metan bakterileri \Rightarrow Asetik asit kullananlar
 $\Downarrow \Rightarrow$ Hidrojen kullananlar

Biyolojik olarak bozunabilir organik maddelerin havasız şartlarda ayrışması genel olarak aşağıdaki safhalardan meydana gelmektedir.

- 1) Yüksek molekül ağırlıklı katı ve çözülmüş organik maddelerin hidrolize edilmesi,
- 2) Hidrolize edilerek daha düşük moleküllü parçalara ve yapı taşlarına ayrılan organik maddelerin asit bakterilerince uçucu yağ asitlerine ve müteakiben asetik aside dönüştürülmesi,
- 3) Asetik asit, H_2 ve CO_2 'den metan üretimi

Havasız reaktörlerdeki mikroorganizmalarca kullanılan biyobozunur organik maddeler hücre sentezi için karbon ve enerji kaynağıdır. Havasız süreçte bir üst kademe ürünleri müteakip safha için besi maddesi durumundadır ve sistemin başarısı olayda rol alan mikroorganizma topluluklarının organize ve kolektif çalışmalarına bağlıdır. Asit üretimi safhasında gerekli hızla asetik asit üretilmemesi metan safhasına hemen yansır ve asetat kullanan metan bakterilerinin CH_4 üretimi engellenmiş olur.

3.1.1 Hidroliz

Hidroliz, hücre enzimlerince gerçekleştirilen oldukça yavaş bir süreç olup bu safhanın hızını etkileyen en önemli faktörler pH ve sıcaklıktır. Karbonhidratların hidrolizi kolay ve hızlı yağların, selüloz, lignin ve bunun gibi kompleks yapıları kimyasal bağları kuvvetli organik maddelerin hidrolizi zor ve oldukça yavaş olup bu tür organik maddelerin çoğunluğunu içeren atıksuların havasız şartlarda arıtımında hidroliz safhası hız kısıtlayıcı safha olarak bilinmektedir.

3.1.2 Asit Üretimi

Asit üretimi safhasında hidroliz ürünleri asetik asit veya reaktördeki işletme şartlarının kararlı olmaması halinde ise propiyonik, bütirik, izobütirik, valerik ve izovalarik asit gibi ikiden fazla karbonlu yağ asitlerine dönüştürülür. Kararlı havasız süreçlerde yağ asitleri konsantrasyonu düşük seviyelerde bulunur (100-300 mgHAc/lt). İşletmeye alma safhasında ise uçucu asit konsantrasyonununun 1000-1500 mg HAc/lt'yi geçmemesi istenir. Bu safhada iki farklı asit grubunun görev yaptığını daha evvel ifade etmiştik. Bu bakteri grupları farklı olmasına karşın termodinamik şartlardan dolayı birbirine bağlı ve süreci birlikte tamamlamaktadırlar. İlk grup organik maddeyi belli bir seviyeye kadar oksitler, elde ettiği enerjiyi yaşamak ve çoğalmak için kullanır, ikinci grup organik maddeyi bu ara safhadan alarak asetik asit, karbondioksit ve hidrojene oksitler. Birinci grup bakteriler fermantasyon veya asidojenik bakteriler olarak adlandırılmakta olup organik polimerlerin hidrolizinde ve müteakiben de açığa çıkan oligomer ve monomerler gibi hidroliz ürünlerinin organik asit ve solventlere dönüştürülmesinde rol alırlar. Asetik asit bakterileri de bu organik asit ve solventleri asetik asit, CO₂ ve H₂ ye parçalayarak ihtiyaç duyduğu enerjiyi sağlar. Asetik asit bakterileri sadece H₂ kullanan mikroorganizma alt gurupları ile birlikte yaşarlar.

Düşük sülfat (SO₄⁻²) konsantrasyonlarında belirgin olmamakla birlikte sülfat gideren bakteriler metan üretimini çeşitli şekillerde etkileyebilmektedir. Sülfür bakterileri bir taraftan bazı organik asitleri ve alkolleri asetik aside

oksitlerken bir taraftan da sülfatları H_2S 'e dönüştürmektedir. H_2S metan bakterileri için gerekli bir nütriyent olup yeterli olmadığı hallerde sülfatı kullanması lazım gelir. Bunun yanında SO_4^{-2} konsantrasyonunun çok yüksek olduğu zamanlarda sülfat giderimi sonucu oluşan H_2S zehirli olabilecek seviyelere ulaşabilir ve sülfür bakterileri metan bakterileri ile H_2 için rekabete gireceğinden metan fazının hızını yavaşlatır. Ortamda yeterince SO_4^{-2} olmaması halinde sülfat gideren bakteriler asetik asit üretimine katkıda bulunmuş olurlar.

3.1.3 Metan Üretimi

Metan üretim yavaş bir süreç olup genellikle havasız şartlarda arıtmada hız sınırlayıcı safha olarak kabul edilir. Metan, asetik asidin parçalanması ve/veya CO_2 ile H_2 'nin sentezi sonucunda üretilir. Havasız reaktörlerde üretilen CH_4 'ün takriben %30'u H_2 ve CO_2 den %70'i ise asetik asidin parçalanmasından oluşmaktadır (Jeri ve Mc Carty). H_2 ve CO_2 den metan üreten bakteriler, asetik asit kullanan bakterilere nazaran çok daha hızlı çoğalmaktadırlar. Dolayısı ile ortamda yeterince H_2 ve CO_2 olduğu ve H_2 kısmi basıncı da uygun olduğu sürece bu yolla CH_4 üretimi devam eder.

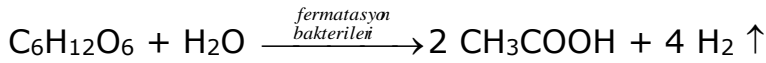
Metan bakterileri fizyolojik yapıları gereği pH=6.7-8.0 aralığında en etkin faaliyeti gösterirler. Grup halinde metan bakterilerinin kullanabilecekleri besin maddeleri oldukça sınırlı olup bunlar asetik asit, H_2 ve tek karbonlu bileşiklerdir.

3.1.4 Anaerobik Mikroorganizmalar Arasındaki Karşılıklı İlişkiler

Havasız şartlarda arıtma hakkında edinilen bilgiler 3 grup bakterinin beraber çalışması gerektiğini ortaya koymuştur. Asetat kullanan metan bakterileri fermantasyon bakterileri ile müşterek çalışarak asetik asit konsantrasyonu ve pH yı kontrol ederler. Asetat kullanan metan bakterilerinin çoğalma hızları nispeten yavaş (minimum ikilenme süreleri 2/3 gün , $T=35^{\circ}C$), buna karşın fermantasyon bakterilerinin ise oldukça hızlıdır (2-3 saat, $T=35^{\circ}C$). Dolayısı

ile organik yükün artması durumunda asit üretimi istenen derecede gerçekleştiği halde, metan üretimi aynı hızla gerçekleşmeyebilir ve reaktörde aşırı uçucu asit birikimi meydana gelir.

Havasız reaktörlerde arıtma sürecinin durumu biyogazdaki H₂ konsantrasyonunu izlemek suretiyle hassas bir şekilde ortaya konulabilir. Gaz fazındaki H₂ konsantrasyonunun artması halinde hidrojen kullanan bakterilerce H₂ ve CO₂ den metan üretimi azalmaktadır. Bu durumu şu şekilde açıklayabiliriz.



Glikozun asetik asit ve hidrojene parçalanması yukarıdaki reaksiyon uyarınca gerçekleşmektedir. Bu denklemden hareketle glikozun şok yükler halinde beslenmesi sonucunda fermantasyon bakterileri bu şok yüke kısa süre içinde uyum sağlayarak yukarıdaki reaksiyona göre asetik asit üretirler. Bu durum pH'yı düşürür ve metan bakterilerinin sürdürdüğü reaksiyonların hızlarını yavaşlatarak ortamda H₂ birikmesine yol açar. Reaktörde H₂ konsantrasyonunun artması;

1. Toplam asit üretim hızının düşmesine yol açar.
2. Bütirik ve propiyonik asit konsantrasyonlarının artmasına sebep olur. Bu da asetik asit üretimini ve asetat kullanan metan bakterilerinin metan üretmelerini engeller.
3. Hidrojen daha artması propiyonik asit üretimini hızlandırır ve reaktörde pH daha da düşer.

Kompleks organik maddelerin metana indirgenmesinde hidrojen üreten ve kullanan bakterilerin özel önemi vardır. Hidrojen gazı üreten ve kullanan bakteriler için hidrojenin kısmi basıncı ile serbest enerji seviyesi arasındaki ilişki konunun önemi daha net bir şekilde ortaya koymaktadır. Propiyonik asidin asetik asit ve hidrojene parçalanabilmesi için hidrojenin kısmi basıncının 10⁻⁴'ü aşmaması gerekmektedir. Bu düşük basınç ortamında hidrojen kullanan metan bakterileri için gerekli enerji kısmi basıncın 1 atm olmasına göre önemli ölçüde azaltılmış olmakta ve sonuç olarak reaksiyon

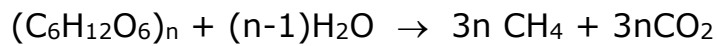
kolaylaşmaktadır. Diğer bir deyişle birim hacim hidrojen kullanmak için daha az bakteriye ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden yapılan çalışmalar hidrojen kullanan metan bakterilerinin azami hızda metan üretebilmesi için H₂'nin kısmi basıncının 10⁻⁴ ile 10⁻⁶ atm arasında olması arzu edilir.

3.2 Biyokimya

Havasız reaktörlerde karşılaşılan organik maddelerin başlıcaları; polissakkaritler lignin, proteinler, azotlu bileşikler ve lipitlerdir. Bunlardan lignin havasız arıtma bakımından inert kabul edilmektedir. Havasız süreçte oluşacak organik maddelerin ve sürecin daha iyi anlaşılabilmesi açısından arıtma giren organik maddelerin yapılarını tanıyalım.

3.2.1 Polissakkaritler (Şekerler)

Polissakkaritler, selüloz ile hemiselüloz ve pektinleri ihtiva etmektedirler. Saf selüloz tıpkı nişasta gibi glikozun bir polimeri olmakla birlikte kimyasal bağlarının kuvvetli olması sebebiyle hidrolizi zor olmaktadır. Hemiselüloz ve pektinler, selülozun aksine belirsiz yapıdaki maddelerin heterojen karışımlarıdır ve muhtelif çözücülerdeki çözünürlükleri ile ayırt edilirler. Polissakkaritler glikozun polimerleri olarak ele alındıklarında tam anaerobik fermantasyonu aşağıdaki gibi olur;

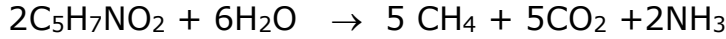


Reaksiyon stokiyometrisine göre üretilen biyogazın %50 oranında CH₄ ihtiva etmesi beklenir. Ancak CO₂'in çözünmesi sebebiyle metanın oranı artmaktadır. Bu denklemden hareketle genel formülü C_nH_{2n}O_n olan bir karbonhidratın polimerleri için standart şartlarda gaz veriminin giderilen kg uçucu katı maddenin 0.75 m³ olduğu hesap edilir.

3.2.2 Proteinler

Proteinler yirmi kadar doğal proteinin kombinasyonları sonucunda oluşan polimerlerdir. Havasız fermantasyon öncesinde proteinlerin bünyesindeki azot; amonyak, asetat, propiyonat ve bütirat gibi belli başlı fermantasyon

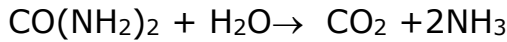
ürünlerine çevrilir. Proteinlerin havasız süreç ile parçalanma reaksiyonu aşağıdaki gibi gerçekleşmektedir.



Ortalama olarak 6,5 gram protein içerisinde 1 gram N olduğu kabul edilmektedir. Yukarıdaki denkleme göre proteinlerin fermantasyonu sonucu gaz üretim veriminin $0.99 \text{ m}^3/\text{kg-UKM}_{\text{gid}}$ olması gerekir. Ancak NH_4 konsantrasyonunun artması CO_2 'in sudaki çözünürlüğünü artıracığı için gaz fazındaki CH_4 'ün yüzdesi %50'den fazla olabilir.

3.2.3 Azotlu Bileşikler

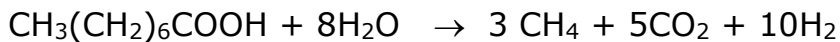
Bilinen en önemli azotlu bileşik hayvansal bir organik atık olan üre ($CO(NH_2)_2$)'dir. Üre aşağıdaki reaksiyon uyarılığınca amonyak ve CO_2 'e parçalanır.



Üre, suda çözüldüğü için, havasız reaktörlerin çıkış suyunda önemli oranda azot bulunabilir.

3.2.4 Yağlar

Yağlar suda çözünmeyen ancak organik çözücülerde çözünebilir heterojen organik bileşiklerdir. Yağ asitlerinin genel formülleri $CH_3(CH_2)_nCOOH$ olup β oksidasyonu ile asidin $COOH$ kökünden asetil grupları ardışık olarak koparılarak asetik asit ve H_2 'ye dönüştürülür. Anaerobik β oksidasyonu ile doymuş ve 14 ile 18 karbonlu yağ asitleri önce asetata sonra da CO_2 ve CH_4 'e dönüştürülür. Uzun zincirli yağ asitlerinin anaerobik süreçte parçalanarak asetata dönüştürülmesi sistemin gaz üretimi ve KOI giderimi bakımından sınırlayıcı olmaktadır. Yağ asitlerinin tam anaerobik ayrışması sonucunda yüksek verimle biyogaz üretilebilir. Stearik asidin tam anaerobik ayrışması aşağıdaki gibi olmaktadır.



3.2.5 Anaerobik Mikroorganizmaların Enerji Kazanma Yolları

ATP, canlı hücrelerin ortak enerji temin kaynakları olup ATP'e elde edilen enerjinin fosfat bağı olarak depolanması sonucu sentezlenir. Çeşitli maddelerdeki ATP değerleri canlı hücre miktarı ve aktif mikroorganizma biyokütlesinin tahmininde kullanılabilir. Mikroorganizmalar ATP sentezini iki farklı şekilde gerçekleştirebilmektedirler. Bulardan birincisi organik bileşiklerin bir biyokimyasal metabolik yolla yükseltgenmesi sırasında gerçekleştirilen ATP sentezidir. Bu asit üretimi reaksiyonları sırasındaki ATP sentez mekanizması olup havasız reaktörlerdeki en önemli ATP kaynağıdır. İkincisi ise, ETS de elektronların veya hidrojenlerin transferi sırasında ATP sentezidir. Bu mekanizmayı metan bakterilerinin gerçekleştirdiği sanılmaktadır. Ayrıca organik bileşiklerin biyolojik oksidasyonunda NAD^+ , $NADP^+$, FAD ve FMN gibi koenzimlerin hidrojeni taşımaları da bu oksidasyonun tamamlanması ve enerji üretilmesinde rolü büyüktür

3.2.5.1 Asit Üretimi Yolu

Koenzimler mikroorganizma bünyesinde az miktarlarda bulunur. Bu yüzden NAD^+ , asit üretimi (fermantasyon) yolunda hidrojen alıcı olarak bir fonksiyon görebilir ancak asit üretiminin devam ettirilebilmesi için ortaya çıkan $NADH$ 'ın yeniden oksitlenmesi gerekmektedir. Asit bakterileri bu oksidasyonun gerçekleşmesi için çeşitli yollar izler. Glikozu asit fermentasyonu ile parçalanmasındaki daha kompleks bir yol ise son ürün olarak bütirat, H_2 ve CO_2 in üretildiği fermentasyon yoludur. Bu halde COA (koenzim, A) ile demirli redoks bileşiği Ferrodoksin de H_2 üretimi yoluyla prüvatın parçalanmasında rol oynar. Prüvatın fermentasyonunda diğer bir alternatif de bakterilerin asetil-COA vasıtasıyla ekstra 2 ATP'lik enerji kazandıkları yoldur. Buna hidrojen üreten asetik asit bakterilerinin asetat ve H_2 oluşturmak için takip ettikleri yol hidrojenin kısmi basıncına çok bağlıdır ve herhangi bir alternatif bulunmamaktadır. Ortamdaki H_2 konsantrasyonu ferrodoksin oksidasyon redüksiyon prosesi için belli değerlere ulaştığında enerji üretimi durur ve belli bir müddet sonra mikroorganizmalar ölmeye

başlar. Hidrojen üreten asetik asit bakterileri propiyonat, bütirat ve yüksek moleküllü yağ asitleri ile aromatik bileşikleri parçaladıkları için, ortamdaki H₂ konsantrasyonunun yükselmesi halinde bu tür bileşikler konsantrasyonlarında da birikme ve net metan üretim veriminde düşüş gözlenir. Sistemdeki toplam uçucu asit konsantrasyonundaki ani artış, metan üretim hızının düşmesi dolayısı ile toplam gaz hacminde de bir azalmaya yol açar. Bu gibi durumlarda ilk acil tedbir olarak reaktörün beslenmesi durdurulur ve uçucu asit birikmesine yol açan sebepler araştırılır. Havasız reaktörlerde uçucu asit birikmesi problemi aşırı ısıtma, aşırı yükleme, gaz geri devir hattından içeriye hava emilmesi, atık bileşimindeki ani değişiklikler dolayısı ile çok düşük veya çok yüksek NH₄⁺ seviyeleri, alkalinitenin düşerek pH'daki kararlılığı bozması ve atıksu içersine toksit maddelerin karışması gibi faktörlerin bir veya birkaçının bir araya gelmesinden kaynaklanabilir.

Gerçekte uçucu asitler doğrudan toksit değildir. Evsel atıksu arıtma çamuru çürütme tesislerindeki tipik uçucu asit konsantrasyonu 400 mg/lt asetik asit civarındadır. Böyle bir reaktöre, asetat konsantrasyonunu 4500 mg/lt'ye yükseltecek şekilde ani bir sodyum asetat yüklemesi yapıldığında dahi mikroorganizmalar asetati birkaç gün içersinde tamamen CH₄ ve CO₂'e dönüştürebilmektedir. Tavuk gübresi atıklarının çürütüldüğü reaktörlerde de başlangıçta 2000 mg/lt civarında olan uçucu asit konsantrasyonunun birkaç yıl sonra ihmal edilebilecek mertebelere düştüğü tespit edilmiştir. Dolayısı ile havasız reaktörlerin işletilmesinde hedeflenmiş kesin bir UA seviyesi bulunmamaktadır. Uçucu asit konsantrasyonundaki ani artış reaktördeki havasız arıtma sürecinin normal gitmediğinin ve H₂ konsantrasyonunun yükselmesi sebebiyle metan bakterilerinin faaliyetlerinin engellendiğinin bir göstergesidir. Bu yüzden havasız sistemlerde stabilizesinin izlenmesi açısından en iyi parametre ortamdaki H₂ konsantrasyonu veya kısmi basıncıdır.

3.2.5.2 Metan Gazı Üretimi Yolu

Metan bakterilerinin havasız çürütme sürecindeki temel fonksiyonu, H₂ konsantrasyonunun düşük tutularak karbon akışının asetat üretimine doğru

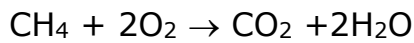
yönlendirilmesi olarak bilinmektedir. Metan bakterilerinin enerji kaynağı olarak kullandıkları maddeler sınırlıdır ve başlıcaları aşağıda verilmiştir.

<u>Sınırlayıcı</u>		<u>Kullanılabilir Serbest</u>
<u>Besi Maddesi</u>	<u>Reaksiyon</u>	<u>Enerji ΔG kJ/mol</u>
H ₂	$4H_2 + HCO_3^- + H^+ \rightarrow CH_4 + 3H_2O$	35,6
Format	$4HCOO^- + H_2O + H^+ \rightarrow CH_4 + 3HCO_3^-$	130,4
Asetat	$4HCOO^- + H_2O \rightarrow CH_4 + HCO_3^-$	-31,0
Metanol	$4CH_3OH \rightarrow 3CH_4 + HCO_3^- + H_2O$	-106,6

Sentez edilen ATP için birim mol'ü başına gerekli enerji miktarının 28,4 ile 36,5 kJ olduğu ileri sürülmektedir. Enerji kaynağı olarak H₂ veya Formaldehit kullanılması halinde ATP sentezi için gerekenden fazla enerji üretimi mümkün olabilmekte buna mukabil asetatın enerji kaynağı olması durumunda ATP sentezi ancak mümkün olabilmektedir.

3.2.5.3 Biyogaz Üretimi ve Enerji Geri Kazanımı

Havasız şartlardaki süreçte nihai ürün olarak üretilen metanın giderilen KOI başına üretim miktarını belirlenmesi;



Yukarıdaki denkleme göre 1 mol CH₄'ın oksidasyonu için 2 mol (64 gr) O₂ gereklidir. PV=nRT ideal gazlar bağıntısından giderilen 1 gr KOI başına standart şartlarda (0 °C,1atm basınç) 0.35 lt metan ve mezofilik havasız arıtma koşullarda ise 0.395 lt metan üretileceği sonucu çıkarılır. **Anaerobik sistemlerin aerobik sistemlerle ekonomik anlamda rekabet edebilmesi için arıtılacak atığın KOI değerinin 2500 mg/lt nin üzerinde olması tavsiye edilir.** Mezofilik işletme şartlarında endüstriyel havasız arıtma sistemlerinde, 0,2-0,5 lt (ortalama0,3 lt) metan/gr-KOI_{gid.} mertebesinde biyogaz geri kazanımı gerçekleşmektedir. Bu değer şeker, bira, süt vb. gıda sanayinde 0,5 lt, buna karşın inhibitör tesirlerin söz konusu

olduğu endüstrilerde 0,2 lt'ye yaklaşır. %65-80 oranında metan içeren bir biyogazın enerji değeri 6,5-8 kW-saat/m³ olarak alınabilir. Biyogazı buhar kazanlarında yakma verimi en yüksek olup bu değer yaklaşık %80'dir. Biyogazın buhar kazanlarında yakıldığı zaman 1kg KOI nin enerji eşdeğeri $0.3 \times 0.80 \times (6.5-8) = 1.56-1.92$ kW-saat olarak hesaplanabilir. Bu enerjinin %1-1.5'nin arıtma tesisinin ihtiyaı için kullanıldığını düşünürsek ortalama olarak bu değeri 1.50 kW-saat/kg-KOI_{gid} olarak alabiliriz. Bu değer KOI>2500 olan organik madde miktarının orta ve yüksek seviyedeki atıkların havasız şartlarda arıtımı için çok cazip olduğunu gösteriyor. Standart şartlarda 1 m³ biyogazın enerji eşdeğeri 3.8-8.5 kW-saat'tir ve bu değer de yaklaşık olarak 0.5 lt fuel-oil'ün enerjisine eşdeğerdir. Tablo 3'de farklı organik atıkların havasız olarak arıtımı sonucunda elde edilen biyogaz miktarları ve bunların ısıl değerleri verilmiştir.

Tablo 3. Çeşitli Atıklardan Üretilen Biyogazların Metan Muhtevaları ve Isıl Değerleri

Biyogaz Tipi	CH₄ (%)	Isıl Değer (kW-saat/m³)
Çamur ürütücü gazı	60-70	6-7
Havasız endüstriyel atıksu arıtma tesisi gazı	50-85	5-8,5
Çiftlik atıklarının havasız arıtımı	55-75	5,5-7,5
öp depolama sahası gazı	35-55	3,5-5,5

4. İŞLETMEYE ALMA VE PROSES KONTROLÜ

Havasız şartlardaki süreçlerin yaygın tatbikatını yavaşlatan en önemli engeller bu sistemlerin havalı sistemlere göre işletmeye alma devrelerinin uzun olması ve proses kontrolünün hassas olmasıdır. Bundan dolayı araştırmaların çoğu işletmeye alma devrelerinin minimizasyonu ile daha kolay ve etkili proses kontrolü stratejilerinin geliştirilmesi üzerine yoğunlaştırılmıştır.

4.1 İşletmeye Alma

4.1.1 İşletmeye Alma Dönemi Süresi

Biyokütle birikim hızı doğal olarak organik maddenin biyokütle dönüşüm hızına(Y) bağlıdır. İşletmeye alma döneminin süresi hedeflenen hacimsel organik yüke(L_v) göre değişir. Düşük hızlı reaktörlerde ($L_v=1-5\text{kg-KOI/m}^3\text{-gün}$) işletmeye alma süresi daha düşük biyokütle konsantrasyonlarında ve daha kısa sürelerde tamamlanır. Buna karşın yüksek hızlılarda($L_v=5-25\text{ kg-KOI/m}^3\text{-gün}$) daha yüksek biyokütle konsantrasyonlarına dolayısıyla da daha uzun sürelere ihtiyaç vardır. F/M oranı 0.5-1.0 kg BOI_5 /kg UKM-gün için düşük ve yüksek hızlı havasız şartlardaki reaktörlerde olması gerekli aktif biyokütle konsantrasyonları sırasıyla 2,000-10,000 mg/lit ve 10,000-50,000 mg/lit aralıklarında kalmalıdır. Düşük biyokütle sentezi, aşı özellikleri ve biyokütle birikme verimine bağlı olarak yüksek hızlı havasız sistemlerde kararlı mikrobiyolojik denge haline ulaşabilmesi için 2-12 aylık süreler gerekebilir. Termofilik şartlardaki sistemlerde Y değeri daha düşük olduğu için bu süre bir yılı bulabilir. İşletmeye alma süresine etki eden faktörler aşağıda belirtilmiştir:

- Hedeflenen organik yük ve/veya biyokütle konsantrasyonu,
- Aşı çamuru kalitesi ve miktarı,
- Biyokütle birikme verimi,

- Reaktöre giren atık su içindeki organik maddenin biyokütleyle dönüşüm oranı

Anaerobik sistemlerin işletmeye alma devresinde karşılaşılan esas problem arıtılacak atık suya uygun mikroorganizma grubunun yetiştirilmesidir. Uygun nitelikte bir aşı çamuru kullanılarak bu süre kısaltılabilir. Metan bakterilerinin üreme hızının düşük olması sebebiyle sistemde arzu edilen organik yüklerde kararlı işletme durumuna ulaşılması 4-8 ay sürebilir.

Anaerobik reaktörlerde işletmeye alma süresinin kısaltılabilmesi için bu dönemdeki biyokütle kaybının asgari tutulması gereklidir. Bu maksatla yüksek oranda geri devir uygulanabilir veya sistemi terk eden biyokütle geçici olarak tesis edilen Ultrafiltrasyon biriminde tutularak reaktöre geri döndürülebilir.

Havasız reaktörlerde alıştırma 0.1 kg KOI/kg UAKM-gün veya 1-2 kg KOI/m³-gün'lük bir organik yükü başlatılabilir. Mümkünse reaktördeki uçucu askıda katı madde miktarı (UAKM) 10-20 kg/m³ olacak şekilde veya reaktör hacminin %15-20 sine eşit hacimde aşı çamuru temin edilmelidir. Gaz debisi arttıkça organik yükte kademeli olarak arttırılması gereklidir. Şartlar uygun olduğu takdirde organik yükleme her hafta % 50 oranında arttırılabilir.

4.1.2 Optimum Çevre Şartlar

Havasız şartlarda arıtmanın kararlı olarak devam etmesi ve maksimum verimin sağlanması açısından optimum çevre koşullarının sağlanması gereklidir. Tablo 4.1.'de sağlanması gerekli optimum çevre koşulları belirtilmiştir.

Tablo 4. 1. Anaerobik Mikroorganizmalar İçin Optimum Çevre Şartları

Parametre	Optimum Şartlar
Aritılan atığın bileşimi	Karbon, temel (N,P) ve iz elementler bakımından dengeli olmalı, O ₂ , NO ₃ , H ₂ O ₂ , SO ₄ ⁻² gibi oksitleyici maddeler, toksit ve inhibitör maddeler ihtiva etmemeli
KOI/N/P	300/5/1
pH	6,5-8,2
Alkalinite	1000-4000(2000) mg/lit CaCO ₃
TUA (Toplam Uçucu Asit)	<1000-1500 mg/lit asetik asit
TUA/Alkalinite	<TUA/Alkalinite

4.1.2.1 Sıcaklık

Havasız şartlarda arıtmada başlıca iki sıcaklık aralığı vardır. Bunlar mezofilik 25~40°C (opt. 35°C) ve termofilik 50~60°C (opt. 55°C) sıcaklık kademeleri olarak adlandırılır. Metan gazı üretimi hızı sıcaklık arttıkça artarak ~35°C de birinci pik değerine ulaşır. Ancak 45 °C civarında bir sınır ayırt edilir. Bu değer üzerinde termofilik kademe başlar ve metan gazı üretimi 55 °C de maksimum değerine ulaşınca kadar artar. Bu sebeple havasız reaktörler mezofilik kademedede ~35 + 2 °C, termofilik kademedede ise 55 + 2 °C sıcaklıklarda işletilir.

Havasız şartlarda arıtmada sıcaklık etkisi çamur yaşıyla da yakinen ilgilidir. Çamur yaşı arttıkça, daha düşük sıcaklıklarda dahi KOI giderim verimlerini muhafaza edebilir. Havasız şartlarda arıtmada sıcaklığın olabildiğince sabit tutulması ve gün içinde ±2 °C den fazla değişmemesi gerekir. Çünkü çoğalma hızları yüksek olan asit bakterileri sıcaklık değişimlerine daha çabuk uyum sağlar. Ancak metan gazı bakterileri bu değişime aynı hızda uyum

sağlayamadıklarından sistemde kararsızlık olabilir ve uçucu asit birikimi (artması) gözlenir.

4.1.2.2 Uygun pH

Metan bakterilerinin optimum pH aralığı 6,5-8,2 olarak kabul edilir. pH >8,0 için metan gazı bakterilerinin aktivitelerinin aniden düşmesi ortamdaki serbest (iyonize olamamış) NH₃ miktarı ile de ilgilidir.

4.1.2.3 Oksitleyici Maddeler

Havasız şartlarda arıtmada kararlılığın sağlanabilmesi için ortamda kesinlikle serbest oksijen bulunmamalıdır. Oksijen kimyasal olarak bağlı olsa bile arıtma sürecini olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden NO₃⁻, H₂O₂, SO₄⁻², HS⁻ vb. maddeler havasız şartlardaki sistemlerin verimliliğini olumsuz etkilerler. Pektin imalatından kaynaklanan ve yüksek konsantrasyonlarda (3000-5000 mg/lit) NO₃⁻ ihtiva eden atıksuların artıldığı bir havasız şartlardaki reaktörlerde ilk yıllarda yüksek uçucu asit ve yetersiz metan üretimi söz konusu olduğu halde havasız arıtmadan önce bir ön denitrifikasyon yapılması sistemin verimini istenilen seviyelere getirmiştir.

Kimyasal işlemlerle birlikte tatbik edilen termo mekaniksel odun hamuru prosesi atıksuları yüksek konsantrasyonlarda H₂O₂ ihtiva etmektedir. Havasız şartlarda arıtma öncesi H₂O₂'nin giderilmesi sonucu havasız şartlardaki reaktörün organik yükünün H₂O₂ giderilmeyen atıksularla besleme durumuna göre yedi misli artırılabilirdiği belirlenmiştir. Melas, kağıt, pektin, hayvan gübresi, fermantasyon ve yemeklik yağ gibi pek çok endüstrilerin atıksuları yüksek konsantrasyonlarda sülfat ihtiva etmektedir. Sülfat havasız ortamda sülfat gideren bakteriler tarafından elektron alıcısı olarak kullanılır. Elementel sülfür ve organik sülfür bileşikleri oluşmakla birlikte reaksiyon sonucu ana ürün olarak H₂S açığa çıkar. Metan bakterilerinin başlıca enerji kaynakları asetik asit ve hidrojenidir. Sülfat gideren bakterilerde aynı enerji kaynağını kullanır ve bu yüzden metan bakterileri ile rekabete girerler. Bunun sonucunda, sülfat bakterileri enerjistik olarak metan bakterilerinden daha

avantajlı olduğundan asetik asit ve hidrojenin sülfat giderimi için kullanılacağından metan üretimi düşecektir.

Tablo 4. 2. Standart Şartlarda Sülfat giderimi ve Metan Üretiminin Enerji Verimlerinin Mukayesesi

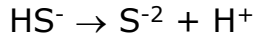
Reaksiyon	Kj/reaksiyon
Metan Üretimi	
$4\text{H}_2 + \text{HO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	-135.9
$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{HCO}_3^-$	-31.0
Sülfat Giderimi	
$4\text{H}_2 + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{HS}^- + \text{H}_2\text{O}$	-152.6
$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{HS}^- + 2\text{HCO}_3^-$	-71.7

Sülfat gideren bakteriler pH ve sıcaklık değişimlerine karşı daha az hassastırlar. Diğer önemli bir etkileri de ortaya çıkan H_2S in yüksek konsantrasyonlarda havasız şartlarda arıtmayı inhibe etmesidir. Sülfür bileşiklerinin zehirlilik etkileri;



şeklinde sırasına göre arttığı tespit edilmiştir. 5000 mg/lit den daha az konsantrasyondaki sülfatın metan bakterilerinin aktivitelerini önemli ölçüde inhibe etmediği belirtilmiştir. Ortamdaki H_2S konsantrasyonunun 250 mg/l ye ulaştığında asetattan CH_4 üretiminin tamamen inhibe edildiği tespit edilmiştir. Ayrıca (H_2S , HS^- ve S^{-2}) formundaki toplam çözünmüş sülfür konsantrasyonunun 50-100 mg/lit olması halinde havasız reaktörlerde önemli bir inhibisyona yol açmadığı ve reaktörün 200 mg/lit ye kadar ki konsantrasyonlara alıştırılabildiği belirtilmiştir.

H₂S suda iki adımda çözünür:



Havasız şartlarda arıtmada pH<8'den küçük olması hallerinde hemen hemen hiç S²⁻ ye rastlanmadığı için ikinci safha ihmal edilebilir. Sıvı fazdaki HS⁻ konsantrasyonu pH'ya bağlıdır. pH<7 den küçük olması halinde toplam sülfürün %50'si H₂S iken pH=7.5 ise bu değer %20'ye düşer. Bu yüzden pH=7.0-8.0 aralığında ortamdaki iyonize olmamış H₂S konsantrasyonunda ani azalma gözlenir. Çözünmüş H₂S'in bir kısmı sıvı fazdan gaz faza geçer ve bu olayda etkili esas faktör sıvı üzerindeki gaz fazı H₂S kısmi basıncının değeridir. Dolayısı ile havasız reaktörlerdeki H₂S transferi,

Gaz: H₂S

↑

Sıvı: H₂S → HS⁻ + H⁺

şeklinde gösterilebilir. H₂S sıvı fazdan gaz faza transfer olduğunda reaksiyonun yönü sola döner ve daha fazla serbest H₂S teşekkül eder. Biyogaz üretimindeki artış, gaz fazındaki H₂S kısmi basıncını düşürür ve sıvı fazdan H₂S hızlandırır. Atıksudaki KOI/(SO₄²⁻-S²⁻) oranının 100 gr/gr büyük olması halinde H₂S inhibisyonunun önemsiz olduğunu belirtilmiştir. H₂S inhibisyonunun önlenmesi ile ilgili olarak demir tuzları ile çökeltme, gaz içerisindeki H₂S i bir sıvıda tutarak geri kazanma ve pH kontrolü ile pH'yı 7.5-8 arasında tutarak sıvı fazdaki çözünmüş H₂S'i azaltma gibi teknikler uygulanmaktadır.

4.1.2.4 Nütrientler, Uçucu Asitler ve Alkalinite

Arıtılan atığın KOI/N/P bakımından dengeli olması çok önemlidir. Böyle bir denge yoksa üre, H₃PO₄ veya amonyum gibi bazik kimyasal madde ilavesi ile denge sağlanmalıdır.

Biyokütle oluşumunun hızlı olduğu işletmeye alma dönemlerinde KOI/N/P oranı 300/5/1 ≈ 500/5/1 aralığında tutulur. Kararlı işletme hallerinde ise 700/5/1 oranı uygulanabilir.

N ve P gibi makro nütrientler yanında Na, K, Mg, Fe, Ni, Co, Se gibi iz elementlerinin havasız şartlarda arıtma için gerekli olduğu tespit edilmiştir. Özellikle diğer çevre şartları optimum olduğu halde yeterli KOI giderimi ve düşük UA seviyeleri elde edilmezse iz elementlerin eksikliği söz konusu olabilir. Bu durumda asgari Fe, Co ve Ni gibi üç önemli iz elementinin reaktörde 0,1 mg/lit elde edilecek miktarda özel bir formül halinde dozlanması gerekir. İz elementlerinin yüksek seviyelerde kesikli olarak beslenmesi, bu maddelerin mikroorganizmalarca daha etkin kullanımı bakımından tercih edilmelidir.

Alıştırma devresinde sıcaklık, pH, debi ve atıksu kompozisyonundaki ani değişikliklerden kaçınmalı ve özellikle TUA konsantrasyonu dikkatle izlenmelidir. pH değerinin 6,2'nin altına düşmesi CH₄ gazı üretimini büyük ölçüde düşürür. TUA değeri 1000-1500 mg/lit (HAC)'i aşmamalıdır, aksi halde organik yükün azaltılması gerekir.

Anaerobik reaktörlerde UA birikiminin muhtemel sebepleri aşağıda izah edilmiştir:

- İz elementi eksikliği,
- Zehirlilik etkisi,
- Aşırı organik yükleme,
- Hidrolik kısa devre,
- N veya P yetersizliği,
- H₂ kısmi basıncının yüksek oluşu,

Emniyetli bir işletme için mümkünse yükleme stratejisi, TUA/Alkalinite oranı 0,1'i geçmeyecek şekilde ayarlanmalıdır. TUA/TA oranı 0,3'e yaklaştığında sebebi araştırılmalı ve gerekli kontrol tedbirleri alınmalıdır.

4.1.2.5 Zararlı Maddeler

Mikroorganizmaların faaliyetlerini yavaşlatan veya durduran zararlı maddelerin daha sonraki işletme safhasında olduğu gibi alıştırmaya döneminde de dikkatli kontrolü gerekir. Bu tür zararlı maddelerin ayrışma sürecini ileri derecede yavaşlatan konsantrasyonları Tablo 4.3'de verilmiştir.

Yüksek seviyede NH_4 ve/veya protein ihtiva eden atıksularda NH_3 toksiditesi önemli bir sorundur. Su ortamındaki serbest (iyonize olmamış) NH_3 yüzdesi pH ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. Optimum şartlarda, 8500 mg NH_4^+-N gibi yüksek değerlerde (pH=7 de 84 mg/lt NH_3-N) herhangi bir inhibisyona sebep vermeden havasız süreç devam eder. Ancak pH>7.5 ve artan sıcaklıklarda NH_3 inhibisyonu önemlidir. Zehirli ve zararlı maddelerin kaynağında kontrolü, seyreltilmesi ve/veya mikroorganizmalara yeterli alışma sürelerinin sağlanması gereklidir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Zararlı Maddelerin Havasız Ayrışma Sürecini Engelleyen Konsantrasyonları

Madde	Zararlı Konsantrasyon Seviyesi (mg/lt)
NH_4, NH_3	1500-2000*
Çözünmüş H_2S, HS^-, S^{2-}	100-150
Na	4000-6000
K	3000-5000
Ca^{+2}	3000-5000
CN^-	0,5-1,0
Alkil benzen sülfonat	500-700

*Özellikle pH>7,5 halinde zararlı

Bakterilerin büyümesinde toksik etki yapan bazı maddelerin konsantrasyonları Tablo 4. 4'de verilmiştir.

Tablo 4. 4. Anaerobik Arıtmada Çeşitli Engelleyicilerin Engelleme Seviyesi

Engelleyiciler	Engelleme Seviyesi (mg/lt)
Sülfat (SO₄⁻²)	5.000
Sodyum klorür ve genel tuzlar (NaCl)	40.000
Nitrat (N olarak hesaplanmış)	0.05
Bakır (Cu⁺²)	100
Krom (Cr⁺³)	200
Nikel (Ni⁺²)	200-500
Sodyum (Na⁺¹)	3.500-5.500
Potasyum (K⁺¹)	2.500-4.500
Kalsiyum (Ca⁺²)	2.500-4.500
Magnezyum (Mg⁺²)	1.000-1.500
Mangan (Mn⁺²)	1.500 üzeri

4.2 Proses Kontrolü

4.2.1 Havasız Süreçlerin İzlenmesi ve Kontrolü

Havasız şartlarda ayrışmanın istenilen şekilde olabilmesi için arıtma sisteminin yakinen izlenmesi ve gerekli tedbirlerin zamanında alınması gerekir. Etkili bir işletme ve izleme sonucu yüksek verimli bir arıtmanın sağlanması, metana dönüşüm oranının maksimum kılınması ve olabildiğince az arıtma çamuru elde edilmesi gibi hedeflere ulaşılabilir.

Proses kontrolünün gayesi arıtma tesisindeki düzensizliklerin mümkün olan en kısa sürede teşhisidir. Havasız şartlarda arıtmanın proses kontrolü

bakımından dikkatle izlenmesi gerekli parametreler ve izlenme sıklıkları Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4. 5. Havasız Arıtmada Proses Kontrolü Maksadı ile İzlenmesi Gereken Parametreler

Parametreler	İzleme Sıklığı
Sıcaklık	Sürekli
(*) pH	Sürekli
(*) Alkalinite	Günlük
(*) Toplam uçucu asit(TUA)	3/hafta
(*)Gaz debisi, Q_g	Sürekli
(*) Gaz kompozisyonu($\%CH_4$, $\%CO_2$)	3/hafta
Organik yük ,KOI ve arıtma verimi	3/hafta

Prosesin izlenmesi maksadı ile bu parametrelere ilaveten özellikle çamur yaşı ve atık kompozisyonun da kontrolü gerekebilir. Tablo 4.5’de (*) işareti ile belirtilen parametreler prosesin durumu hakkında doğrudan ve pratik bilgiler sağlayan esas kontrol parametreleridir. Arıtma prosesinde bir dengesizlik halinde esas kontrol parametrelerinde ani azalma ve ani artışlar gözlenir. Değerlerinde ani artış gözlenen parametreler: **Toplam Uçucu Asit(TUA)**, **$\%CO_2$** ve değerinde ani artış gözlenen parametreler: **pH**, **Alkalinite**, **Q_g** , **$\%CH_4$** .

Biyoenerji proseslerin, ayrışma prosesinin kararlılığının bozulması genellikle TUA konsantrasyonunun artması ve müteakiben de pH’nın 6 civarına düşmesi ile kendini gösterir. Organik yük azaltılarak ve/veya NaOH, kireç gibi kimyasallar kullanılarak pH istenilen değerlere getirilebilir. Sistemin pH’sı kontrol altına alındıktan sonra kararsızlığın sebebi araştırılmalıdır.Şayet geçici bir kararsızlık söz konusu ise reaktörde optimum çevre şartları sağlanarak ve pH dikkatlice izlenerek eski işletme koşullarına kısa sürede ulaşılır. Uzun süreli ve ciddi kararsızlıklar söz konusu ise, dengesizliğin sebebi ortadan kaldırılarak pH kontrolü yapılırsa dahi arıtmayı gerçekleştiren,

zarar görmüş mikroorganizmaların kararlı haldeki sistemden beklenen verimi sağlayacak miktara ulaşmaları, tıpkı alıştıma döneminde olduğu gibi uzunca bir zaman isteyebilir.

Havasız sistemlerde, uçucu asit yükselmesi ve pH düşmesi ile ortamdaki H₂ kısmi basıncı arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Reaktördeki H₂'nin kısmi basıncı 10⁻⁴ atmosferi aştığında propiyonik asitin asetik aside parçalanması durmakta ve bunun sonucunda TUA konsantrasyonu yükselerek metan gazı üretimi safhası zarar görmektedir. Bu hal özellikle çamur yaşının 10 günden az olduğunda ortaya çıkmaktadır. Havasız şartlardaki reaktörlerde H₂ kısmi basıncı izlenebildiği taktirde daha reaktörde pH düşmeden önce sistemin kararlılığının bozulmaya başladığı an tespit edilerek gerekli müdahale bir gün önce yapılabilir. Dolayısıyla pH'nın düşmesi reaktördeki düzensizliğin başlangıcını değil sonucunu yansıtmakta ve takriben bir günlük bir gecikmeye yol açmaktadır. Bu şekilde hidrojen iyonu konsantrasyonu izlenebilmesi halinde daha etkili bir proses kontrolü sağlanabilir.

Herhangi bir sebeple kararsızlığını yitiren bir anaerobik reaktörde, dengesizlik ilk önce sistemdeki TUA konsantrasyonunun artması sonucu pH da ani bir düşüş ile kendini gösterir. pH'daki düşüşü bir süre sonra (takriben bir gün) alkalinitedeki ani bir azalma izler. Bu sırada metan gazı üretiminin yavaşlaması dolayısı ile gaz debisinde ve gazdaki metan yüzdesinde bir azalma gözlenir. Bunların sonucu olarak da çıkıştaki KOI konsantrasyonu artar ve sistemin verimi düşer.

4.2.2 Prosesteki Kararsızlıkların Kaynakları ve Çözüm Yolları

Sistemde kısa ve uzun süreli olmak üzere iki tür kararsızlık gözlenir. Kısa süreli kararsızlıklar;

- Ekipman arızaları,
- Sıcaklıktaki ani değişiklikler,
- Organik yükteki ani artış veya,

- Atığın bileşimindeki değişikliklerden ileri gelebilir.

Uzun süreli kararsızlıklar ise;

- Atıksu içerisindeki zararlı maddelerden,
- Arıtılan atıksuyun veya reaktörün pH'sındaki ani düşüşlerden veya
- Alıştırma devresindeki mikroorganizmaların çoğalma hızlarının yavaş oluşu gibi faktörlerin biri veya birkaçının sonucundan olabilir.

4.2.3 Havasız Reaktörlerde Prosesin Yeniden Kararlı Hale Getirilmesi

Proses stabilitesi bozulan bir havasız reaktörün tekrar kararlı hale getirilebilmesi için başlıca dört esas safhadan oluşan bir çözüm yöntemi izlenebilir. Bu safhalar;

- pH'nın nötr değer civarına getirilmesi,
- Kararsızlığa sebep olan etkilerin belirlenmesi,
- Kararsızlığın sebeplerinin uygun tedbirlerle giderilmesi,
- Sistem kararlı duruma gelinceye kadar pH'nın dikkatli izlenmesi,

Reaktördeki kararsızlık sonucu 6,4 ve daha aşağıya doğru düşen pH'nın yeniden uygun seviyelere yükseltilebilmesi için kireç kullanılabilir. Kireç ilavesinin pH'nın 6.5 ve daha aşağıya düştüğü durumlarda yapılması gereklidir. pH'nın 6.5'den büyük olması halinde kirecin sudaki çözünürlüğü hemen hemen sıfıra yaklaştığından bundan sonra ilave edilecek kireç CaCO_3 olarak çökeleceğinden bir faydası olmayacaktır. Kirecin diğer bir mahzuru da kalsiyum ortamdaki fosforu kalsiyum orto fosfat olarak kendine bağlayarak nütrient eksikliğine sebep olmasıdır. Endüstri tipi havasız reaktörlerde pH kontrolü genellikle sodyum hidroksit, NaOH , ve sodyum bikarbonat, NaHCO_3 , birlikte kullanılarak sağlanılmaktadır. Gerekli HCO_3 alkalitesi ise NaHCO_3 ilave etmek sureti ile ayrıca sağlanır. Herhangi bir çökelti vermediği için NaHCO_3 alkalinite sağlayıcı madde olarak uygundur. Ancak, pH'nın fazla düştüğü anlarda NaOH ile birlikte kullanıldığında Na konsantrasyonunun

kritik değeri aşıp aşmadığına dikkat edilmelidir. Bu durumda NaHCO_3 yerine KHCO_3 veya NH_4HCO_3 kullanılabilir.

Kararsızlık gözlenen bir reaktörde bazı hallerde fazla HCO_3 ilave edilerek pH'nın ayarlanmasına ve organik yükün önemli oranda azaltılmasına, hatta beslemenin durdurulmasına rağmen sistemdeki uçucu asit konsantrasyonu düşmeyebilir. Bu uçucu asidin propiyonik asit ağırlıklı olduğunu gösterir. Böyle durumlarda, reaktörde birikmiş uçucu asidin süratle yıkanmasını sağlamak üzere sistemi iyice seyreltilmiş ve hatta bazen musluk suyu ile beslenmesi yoluna gidilebilir. Reaktördeki uçucu asit konsantrasyonunun asetik asit ağırlıklı olması halinde organik yükün azaltılması veya beslenmenin durdurulması ile birlikte mikroorganizmalarca hızla tüketilerek normal seviyelere düşer. Uçucu asit konsantrasyonu normale döndüğünde organik yük tekrar tedrici olarak arttırılabilir.

Gaz debisindeki düşme ve metan yüzdesindeki azalma havasız reaktörlerdeki dengesizliğin iyi bir göstergesidir. Özellikle metan gazı yüzdesinin %65'in altına düşmesi ileri derecede bir dengesizliğin göstergesidir. İyi işletilen bir reaktörde normalde metan yüzdesi %70 üzerindedir. Seyreltik atıkların arıtılması halinde oluşan CO_2 çözünmesi sebebiyle bu oran daha da yüksektir.

5. HAVASIZ ARITMA UYGULAMA ÖRNEĞİ OLARAK ANASON ATIKSULARINI ARITAN BİR ENDÜSTRİYEL ARITMA TESİSİ

Havasız şartlarda arıtmanın başarı ile uygulandığı ve kararlı halinin hiç bozulmadığı bir örnek olarak İstanbul Beykoz İlçesi Paşabahçe Semtinde faaliyetini sürdüren İstanbul Tekel Fabrikası proses ve evsel atıksularını arıtan havasız şartlarda arıtma tesisi incelenmiştir. Arıtma tesisinin akım şeması aşağıda gösterilmiştir. Projeye esas debi ve parametre konsantrasyonları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Anason Ünitesi Atıksuyu Özelliği:

- Debi: Ortalama: 56 m³/gün, pik değer:40 m³/saat (iki kazan birlikte 11 dakikada boşaltılıyor)
- KOI: 30,000 mg/lit, KOI (Filtre edilen):26,000 mg/lit
- BOI: 15,000 mg/lit
- Toplam N:400mg/lit
- Toplam P:60 mg/lit
- SO₄⁻²: 60 mg/lit
- Ca⁺²: 200 mg/lit
- pH :5,45

Evsel Atıksular:

- Debi:150 m³/gün

Evsel atıksular arıtılmak üzere aerobik arıtma tesisine alınmıştır.

5.1 Arıtma Tesisi Proses Raporu

5.1.1 Anaerobik Arıtma Hattı

5.1.1.1 Dengeleme Tankı

40 m³ hacminde olan bu tank anason ünitesinden kesikli olarak gelen yüksek organik madde kirlilik yükü içeren akımın dengelenmesi amacı ile düşünülmüş olup organik yüklemdeki değişimlerden önemli ölçüde etkilenen bu proses için bu birimin yapılması zorunluluk arz etmektedir. Atıksu dengeleme havuzuna gelmeden önce yüksek oranda anason tohumu içerdiğinden askıda katı maddeleri gidermek için 1mm lik ince elekten geçirilmektedir.

5.1.1.2 Hızlı Karıştırma Havuzu

Bu birimde atıksuyun pH sınırın 7 civarına getirilmesi ve çökeltme öncesi kimyasal ilave edilerek hızlı karıştırma yoluyla kimyasalın homojen dağılımı ve temasının sağlanması amaçlanmaktadır. Kimyasal olarak proje aşamasında kireç ilavesi planlanmış ancak işletme esnasında karşılaşılan çökelmelerin sebep olduğu sorunlar ve anaerobik mikroorganizmaların aktivitelerini yavaşlatması sebebiyle sadece polieloktrolit kullanımı gerçekleştirilmekte ve çökeltmeden beklenen performans elde edilmektedir. Tank hacmi 1.5 m³'dür.

5.1.1.3 Yavaş Karıştırma Tankı

Yavaş karıştırma tankında tedrici olarak çökelen kimyasal bağlı askıda katı maddelerin yumak haline getirerek daha hızlı çökelmelerini sağlamak amacıyla tesis edilmiştir. Tank hacmi 1,5 m³'dür

5.1.1.4 Çökeltme Tankı (Ön Çökeltme)

Yavaş karıştırma tankında oluşan yumakların çökertilmesiyle sudan ayrılması sağlanır. Çökelen katı maddeler tank dibinden alınarak yoğunlaştırıcıya verilir. Arındırılmış su tank üzerinden savaklanarak resürkülasyon tankına geçirilir. Havuz hacmi 18 m³'dür.

5.1.1.5 Resürkilasyon Tankı

Resürkilasyon tankında, atıksu anaerobik arıtmaya uygun hale getirmek için pH, organik yük, nütrient ve parametre homojenliği sağlanır. Bu tanka pH ve organik seyrelmeyi sağlamak amacı ile anaerobik ve aerobik arıtma çıkış suları bu tanka basılmaktadır. Ayrıca anason atıksuyu içerisinde nütrient olmadığından tanka KOI/N/P oranı 350/5/1 olacak şekilde nütrient ilavesi yapılmaktadır. Sisteme giriş suyunun sıcaklığını 35°C civarında tutmak için sıcak anason prosesi suları bu üniteye getirilmektedir. pH ve alkalinite ayarlaması yapmak için tanka kimyasal madde dozlama ünitesi bağlanmıştır. pH'nın 6.4'ün altına düşmesi halinde resürkilasyon tankına optimum pH'yı sağlayana kadar kostik otomatik olarak basılır. Havasız reaktöre homojen yüklemeyi sağlamak amacı ile tanka gelen bu akımlar bir karıştırıcı ile karıştırılır. Tank hacmi 6 m³'dür.

5.1.1.6 Yukarı Akışlı Çamur Yataklı Reaktör(YAÇYR)

Anaerobik reaktörün hacmi 143 m³'dür. Tek kademeli olan bu birimde hidroliz, asidojenik ve metanojenik faz aynı reaktör içerisinde gerçekleşir. Atıksu reaktör tabanından tabana yerleştirilmiş dağıtıcılar (blower gibi) vasıtası ile reaktöre homojen dağıtılmaya çalışılmaktadır. Reaktörün 1,5 m yüksekliğindeki hacmi mikroorganizma yatağı olarak kullanılmaktadır. Atıksu granül yatağından geçerken asidojenik ve metanojenik fazlardan geçerek organik kirlilik %70-80 oranında metan ve CO₂'e dönüştürülür. Granüler çamur yatağı üzerinde bulunan bir separatör hem çökelen mikroorganizmaları tutar hem de oluşan biyogazı toplar.

Anaerobik reaktör, korozyona karşı korunması ve reaktör dışına sızıntının engellenmesi amacı ile su depolarındaki uygulama gibi polyesterle yalıtılmıştır.

Reaktör üzerindeki separatörler vasıtasıyla tutulan gaz, gazın harcanma durumuna göre düşünülmüş bir depolama, dengeleme görevi yapacak bir tanka alınır. Bu dengelemeden sonra kullanılmayan gaz belli bir basıncı aştıktan sonra GAZ FLEAR yardımı ile yakılarak atmosfere salınmaktadır.

Uygulamada depolama birimi kaldırılmış olup gazın tümü kapalı içten yanmalı yanma odasına cazibeli olarak gelmekte ve yüksek basınç oluştuğunda otomatik olarak düşük basınçlı elektronik ventillerle yakılmaktadır.

Anaerobik reaksiyon sonucunda atıksudaki sülfat, SO_4^{-2} , konsantrasyonuna bağlı olarak H_2S gazı oluşacaktır. Bu da tesiste koku problemine sebep olacaktır. Bunun engellenmesi açısından ön çökeltme tankı, resürkilasyon tankı, anaerobik reaktör ve granül çamur deposu üzerine teşkil edilmiş bir gaz emici ile emilerek 1.kademe havalandırma havuzuna gönderilir. H_2S gazı burada oksitlenir ve böylelikle koku problemi önlenmiş olur.

Anaerobik reaktör yatağında zamanla oluşan fazla çamur granül çamur deposuna alınır. Depolanan bu fazla çamur çok kaliteli bir aşı çamuru olup hem ticari anlamda satılarak para kazandırmakta hem de tesiste çıkabilecek herhangi bir sorun sonucunda sistemin devre dışı kaldığında mikroorganizmaların aktivitelerini yitirmesi sonucunda sisteme sokularak zaman kaybetmeden arıtmaya devam edilmesini temin eder.

5.1.1.7 Granül Çamur Deposu

Depo hacmi $45 m^3$ olup, bu depoda mikroorganizmalar bir yıl saklanabilmektedir. Reaktörde bir bakım gerektiğinde veya çalışmadığı süreler boyunca mikroorganizmalar bu depoda saklanacaktır. Fabrika yeniden çalışmaya başlayıp atıksu oluştuğu zaman mikroorganizmalar pompa ile granül deposundan çekilerek reaktöre alınır ve hemen arıtmaya geçilebilir.

5.1.2 Aerobik Arıtma Hattı

5.1.2.1 Kademe Havalandırma Tankı

Tank hacmi $350 m^3$ 'dür. Anaerobik arıtma çıkış suyu kirlilik parametreleri deşarj edilebilecek değerlere ulaşmadığından havalandırma ünitesi ilave edilmiştir. Havalandırma için yüzeysel havalandırıcılar kullanılmaktadır. Havalandırma tankında mikroorganizma konsantrasyonu 3000-4000 mg-

AKM/It civarında tutulmaktadır. Ayrıca azot ve fosfor ilavesi de yapılmaktadır.

5.1.2.2 Kademe Çökeltme Havuzu

Havuz hacmi 79 m³'tür. Havalandırma havuzunda oluşan bakteriyel floklar çökeltilerek %70 oranında havuza geri devrettirilir, fazla çamur geri devir hattından yoğunlaştırıcıya gönderilir.

5.1.2.3 Kademe Havalandırma Havuzu

Havuz hacmi 300 m³'dür. İki kademe havalandırma havuzu yerine ikisinin toplamı hacminde tek bir havalandırma havuzu arıtma için ayrılan yerin dar olması sebebiyle tercih edilememiştir. Deşarj standartları sağlanamayacağından ikinci kademe havalandırma havuzu inşa edilmiştir. Bu birime ayrıca evsel atıksular da gönderilmektedir.

5.1.2.4 Kademe Çökeltme Havuzu

İkinci kademe çökeltme havuzunda birinci kademedeki gibi bakteriyel floklar çökeltilerek, çökeltinin %70 havuza geri devrettirilip, fazla çamur yoğunlaştırıcıya gönderilmektedir. Havuz hacmi 110 m³'dür.

Tesis çıkış suyu II.kademe çökeltme havuzunu terk ettikten sonra bir terfi haznesine alınır. Buradan da seyreltme ihtiyacına göre resürkülasyon havuzuna seyreltme suyu olarak basılmaktadır. Arıtmasını tamamlamış su bu havuzdan savaklanarak atılır.

5.1.3 Arıtma Tesisi Çamur Hattı

5.1.3.1 Yoğunlaştırıcı

I. ve II.kademe aerobik sistemden gelen fazla çamur ile ön çökeltim havuzundan gelen askıda katı maddeler ve kimyasal maddeler yoğunlaştırıcıya alınarak katı madde muhtevası yükseltilir. Yoğunlaştırıcı üst suyu pompa ile resirkülasyon havuzuna basılır.

5.1.3.2 Filtre Pres

Çamur susuzlaştırma ünitesi olarak filtre pres kullanılmaktadır. Bu üniteye de polielektrolit (P₃ Ferroyl 8766) ilavesi yapılmakta ve iyi bir susuzlaştırma verimi elde edilmektedir.

5.2 Anaerobik Arıtma İşletmesine Ayrıntılı Bakış

İşletme halindeki tesisin işletme parametre değerleri aşağıdaki gibidir:

Tesis girişi: KOI:30,000 mg/lit AKM:5,000 mg/lit pH:3.5

Ön çökeltme çıkışı: KOI:22,000 mg/lit AKM:1,000 mg/lit pH:4.0

Resürkilasyon çıkışı: KOI:4,000 mg/lit AKM:600 mg/lit pH:6,5

Anaerobik Reaktör Atık su Girişi:

KOI:4,000 mg/lit AKM:600 mg/lit pH:6,5 UYA:12.3 Alk:18.5 mg/lit

Anaerobik Reaktör Arıtılmış Su Çıkışı:

KOI:1,000 mg/lit AKM:250 mg/lit pH:7.0 UYA:2.50 Alk:34.7 mg/lit

I. Çökeltme Havuzu Çıkışı: KOI:250 mg/lit AKM:60 mg/lit pH:7.4

Arıtma Tesisi Çıkışı: KOI:100 mg/lit AKM:30 mg/lit pH:7.7

I.Havalandırmada AKM :8500 mg/lit

II.Havalandırmada AKM :4000 mg/lit

Anason Atıksu Debisi :60 m³/gün

Evsel Atıksu Debisi :155 m³/gün

Gaz Debisi :85 m³/gün

Anaerobik Reaktör İçin Boyutlandırma:

Reaktöre gelen organik yük=60*4.0=240.0 kg/gün

Organik yükleme=240/143=1.68 kg-KOI/m³/gün

Hidrolik Bekletme Süresi=Çamur Yaşı=143/60=2.38 gün

Gaz Çıkışı=85(m³/gün)/240(kg/gün)=0.354 m³/kg-KOI_{gid}

Daha öncede belirttiğimiz gibi havasız şartlarda arıtmanın tipi Yukarı Akışlı Çamur Yataklı Reaktördür. Yüksekliği yaklaşık 5 m. olup, hacmi 143 m³'tür. Reaktör içi bir poliyesterle kaplanarak korozyon ve sızmaya karşı korunmaya çalışılmaktadır. Çıkan gaz bakalit malzemeli sabit şapka şeklindeki bir kapakla toplanıp içten yanmalı kapalı bir bacaya alınıp, belli bir basınç aşıldığında otomatik olarak elektronik ateşleyicilerle yakılmaktadır. Yakma maliyeti konusunda herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Reaktörde şu anda işletme parametreleri olarak alkalinite, pH ve uçucu yağ asitleri analizleri yapılmakta olup SO₄⁻² analizi hakkında bir bilgi bulunmamaktadır. Muhtemelen sistem kararlı işlediği için böyle bir çalışmaya ihtiyaç duyulmamıştır.

Reaktörden çamur ortalama 2-3 ayda bir atılmaktadır. Çamur atma zamanı çamur yatağındaki mikroorganizmanın yatak yüksekliğine bakılarak belirlenmektedir. Çamur yüksekliği 2,0 – 2,5 m yüksekliğe ulaştığında ≈ 0,5 m'ye düşünceye kadar ≈% 80-90 oranında bir çamur çekilmektedir. Çekilen çamur, çamur depolama tankına alınmaktadır. Depolanan çamur havasız arıtma sistemleri için aşı çamuru olarak satılmaktadır. Şimdiye kadar 600 ton çamur satılmıştır. Başka amaç için hiç kullanılmamıştır.

Oluşan biyogaz daha evvel blowerlarla çekildiği için gazın su oranı yüksek olduğundan yakmada sıkıntılar meydana geliyormuş. Ancak şimdi gaz kendi basıncı ile cazibeli olarak kapalı yakma odasına gelmektedir. Bu yüzden nem oranı azalmıştır.

Atıksu reaktöre reaktör tabanından blowerlarla yukarı doğru verilmektedir. Reaktörde şimdiye kadar bir defa sorun yaşanmıştır. O da resirkülasyon havuzunun karıştırıcısı bozulmuş ve zamanında değişmediğinden reaktöre homajen sıcaklık, pH ve KOI'de atıksu verilemediğinden sistemin kararlılığı bozulmuştur. Bu devrede atıksu beslemesi kesilerek özel karbonhidratlı düşük organik yüklemeye besleme yapılmış ve sistem kendini 10 günde toparlamıştır.