

BİYOLOJİK AZOT GİDERİMİ

Mart 20

1

Azot atıksularda çeşitli şekillerde (organik, amonyak, nitrit ve nitrat) bulunabilir. Ancak genel olarak evsel atıksularda azot, organik veya amonyak şeklinde bulunur. Evsel atıksularda azot konsantrasyonu 25-35 mg/L aralığında değişir.

Atıksu arıtma tesislerinin ön çökeltme havuzlarında toplam azot konsantrasyonunun %20' si çökelerek giderilir. Biyolojik arıtmada organik azotun önemli bir kısmı amonyağa çevrilir. Amonyağın da %20'lik bir kısmı yeni hücre oluşumunda kullanılır. Geriye kalan %60'lık azot miktarı alıcı ortama deşarj edilir.

Mart 20

2

Nitrit ve nitrat genelde evsel atıksuda bulunmaz. Ancak nitrat, endüstriden yada yer altı suyunun karışması ile kanalizasyona ulaşabilir. Burada ortam anoksik ise nitratın bir kısmı indirgenir. Gece saatlerinde kanalizasyonun elverişsiz olduğu durumlarda tesis girişinde nitrat bulunabilir.

Konvansiyonel arıtma sistemlerinde, organik azotun büyük bir kısmı, hidroliz reaksiyonu ile amonyum azotuna çevrilir. Bu sistemde nitrifikasyon olmadığı için, azot ancak biyokütle bünyesine alınma yolu ile giderilir. Bu şekilde giderilen azot çok kısıtlı olduğundan ancak nitrifikasyon ve denitrifikasyon yoluyla ileri seviyede azot giderimi sağlanır.

Mart 20

3

Azot bir nütrient olduğundan mikroorganizmalar amonyak azotunu asimile ederler ve ardından yeni hücre yapımında kullanırlar. Hücrelerin atıksudan uzaklaştırılması ile hücre bünyesindeki azot da giderilmiş olur. Ancak çoğunlukla atıksularda, mikroorganizmaların asimilasyon yolu ile giderebileceği miktarın çok daha üzerinde bir azot konsantrasyonu vardır.

Nitrifikasyon-denitrifikasyon işleminde azot giderimi iki adımda gerçekleşir. Nitrifikasyon adımı amonyak nitrate okside olurken, denitrifikasyon adımı oluşan bu nitrat azot gazına dönüşerek atıksudan uzaklaşır.

Mart 20

4

Atıksulardan biyolojik olarak azot bileşenlerini gidermek için üç temel proses mevcuttur:

Sentez: Hücre büyümesinin sonucu olarak azotun mikrobiyal kütleye katılmasıdır.

Nitrifikasyon: Amonyak ve organik azotun nitrifikasyon bakterileri tarafından nitrata okside edilmesidir.

Denitrifikasyon: Nitratin, denitrifikasyon bakterileri tarafından azot gazı formuna dönüştürülmesidir.

Tüm biyolojik azot giderim sistemleri bu aşamalardan geçer. Yüksek giderim verimi, proses kararlılığı, proses kontrolünün kolaylığı, arazi ihtiyacının azlığı ve düşük maliyet gibi avantajları nedeni ile nitrifikasyon ve denitrifikasyon en çok uygulanan azot giderim yöntemleridir.

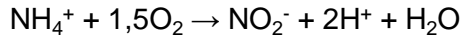
Biyolojik azot giderimi 3 şekilde uygulanır.

- 1) Ayrı bölmede karbon oksidasyonu, diğer bölmede nitrifikasyon ve denitrifikasyon
- 2) Birleşik olarak karbon oksidasyonu ve nitrifikasyon ve ayrı bölmede denitrifikasyon
- 3) Birleşik olarak karbon oksidasyonu, nitrifikasyon ve denitrifikasyon

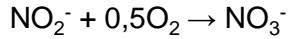
Nitrifikasyon

Biyolojik nitrifikasyonda amonyak iki adımda nitrata okside olur. İlk adımda amonyak nitrite dönüşürken, ikinci adımda nitrit, nitrata dönüşür. Bu dönüşüm reaksiyonları ve reaksiyonlarda rol alan bakteriler yazılacak olursa;

Nitrosomonas tarafından amonyağın nitrite dönüşümü;



Nitrobakter tarafından nitritin nitrata dönüşümü;



İki reaksiyon birleştirilirse amonyağın nitrata dönüşümü şu şekilde ifade edilebilir:



Mart 20

7

Nitrifikasyon bakterileri oldukça hassas olup çevre şartlarından önemli ölçüde etkilenirler. Nitrifikasyon prosesine etki eden faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- (1) amonyak ve nitrit konsantrasyonu,
- (2) BOI_5 / TKN oranı,
- (3) çözünmüş oksijen konsantrasyonu,
- (4) sıcaklık ve
- (5) pH dır.

Nitrifikasyon için çözünmüş oksijen konsantrasyonu 1 mg/L' nin üzerinde olmalıdır. Sıcaklık ve pH'ın etkisi de oldukça önemlidir. İstenen optimum pH aralığı 7,5-8,6 arasındadır, ancak eğer sistem daha düşük pH' a alıştırılmışsa nitrifikasyon yine de başarılı olabilir.

Mart 20

8

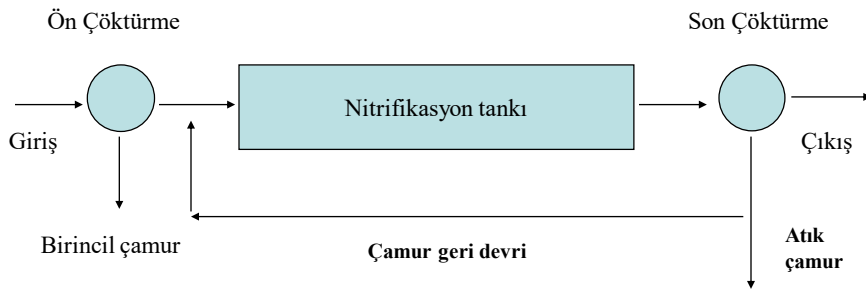
Nitrifikasyon Proseslerinin Sınıflandırılması

Nitrifikasyon prosesleri, karbon oksidasyonu ve nitrifikasyon reaksiyonlarının birlikte veya ayrı meydana gelmesine bağlı olarak sınıflandırılır. Karbon oksidasyonu ve nitrifikasyonun bir reaktör içinde meydana gelmesi durumunda sisteme “birleşik (tek çamurlu) sistem” denir.

“Ayrık (çok çamurlu) sistem”de ise karbon oksidasyonu ve nitrifikasyon farklı reaktörlerde meydana gelir ve heterotrofik ile ototrofik mikroorganizmalar bir arada bulunmazlar.

Mart 20

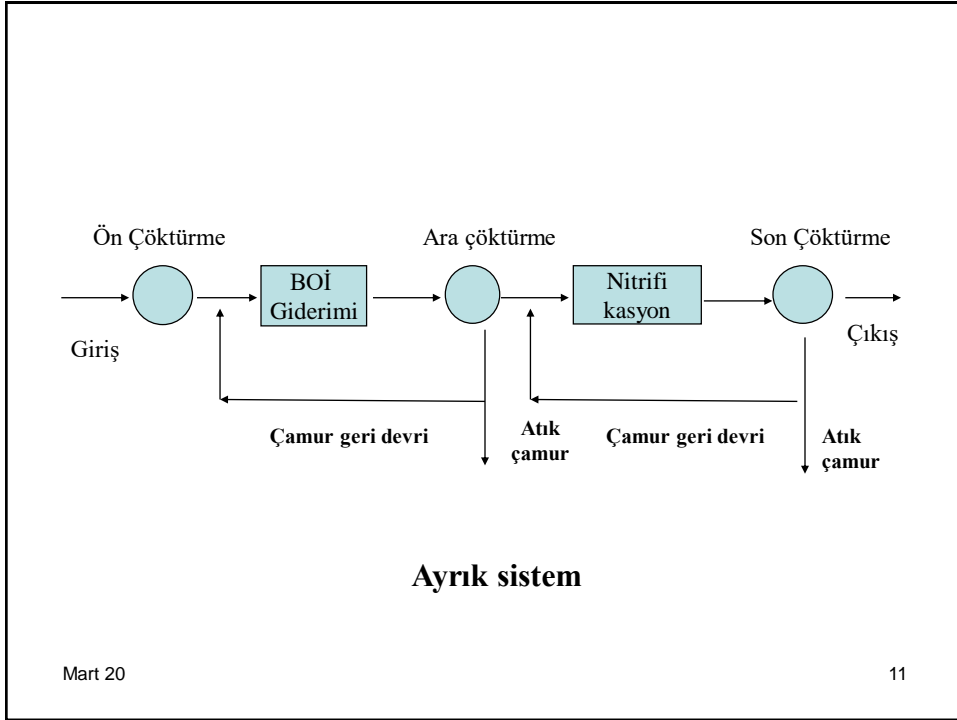
9



Birleşik (tek çamurlu) sistem

Mart 20

10



Nitrifikasyon bakterileri, genel olarak havalı arıtma sistemlerinde az sayıda bulunurlar. Aktif çamur sistemlerinde nitrifikasyonun gerçekleşebilmesi BOI_5/TKN oranı ile ilişkilidir. Bu oranın 1 ile 3 arasında olması durumunda sistem çok çamurlu nitrifikasyon sistemidir.

BOI_5/TKN oranı 1 ile 3 arasında değişmesi durumunda nitrifikasyon bakterilerinin oranı 0,21'den 0,083'e kadar farklı değerler almaktadır. Pek çok klasik aktif çamur sisteminde BOI_5/TKN oranı 5'den büyük olduğu için nitrifikasyon bakterileri fraksiyonu 0,083'den az olmaktadır ve buna bağlı olarak da nitrifikasyon tek çamurlu sistemde gerçekleştirilir.

BOİ₅/TKN oranı ile nitrifikasyon bakterileri oranı arasındaki ilişki

BOİ/TKN oranı	Nitrifikasyon bakterileri fraksiyonu	BOİ/TKN oranı	Nitrifikasyon bakterileri fraksiyonu
0,5	0,35	5	0,054
1	0,21	6	0,043
2	0,12	7	0,037
3	0,083	8	0,033
4	0,064	9	0,029

Mart 20

13

Birleşik (Tek Çamurlu) Sistemler

Nitrifikasyon bakterileri hemen hemen bütün biyolojik arıtma proseslerinde bulunurlar ancak sayıları oldukça azdır. Nitrifikasyon prosesi, kesikli, tam-karışıklı, uzun havalandırmalı veya çeşitli modifikasyonlarında gerçekleştirilebilmektedir. Nitrifikasyon prosesinin bu sistemlerde meydana gelmesi nitrifikasyon bakterilerinin büyümesiyle ve dolayısıyla gerekli çevre şartlarının nitrifikasyon bakterilerine göre ayarlanmasıyla sağlanmaktadır. Örneğin, ılıman iklimlerde artan nitrifikasyon hızı ve artan çamur miktarı daha fazla hava gereksinimini de beraberinde getirir. Böylece mevsimsel olarak önlem alınmalıdır.

Mart 20

14

Damlatmalı filtre ve dönen biyodisk sistemleri, karbon oksidasyonu ve nitrifikasyonun beraber meydana geldiği biyofilm sistemlerine örnektir. Tam karışımli sistemlerde olduğu gibi, biyofilmli sistemlerde de nitrifikasyon için işletme şartları önemlidir. İşletme parametlerine örnek olarak organik yükleme verilebilir. Yüklemenin (F/M'in) azaltılmasıyla nitrifikasyon artacaktır.

Mart 20

15

Ayrık Nitrifikasyon Sistemleri

Askıda ve yüzeyde tutunarak çoğalan sistemlerin her ikisi de ayrık veya birleşik nitrifikasyon prosesi için kullanılmaktadır. Nitrifikasyonun ayrı reaktörde olması, büyük bir proses esnekliği ve emniyeti sağlamaktadır. Karbon giderimi ve nitrifikasyon prosesleri birbirlerinden bağımsız olarak işletilebilmektedir. Ayrıca, nitrifiyerler için toksik olabilecek organik bileşiklerin potansiyel etkisi de karbon oksidasyonu sırasında azaltılabilmektedir.

Mart 20

16

Denitrifikasyon

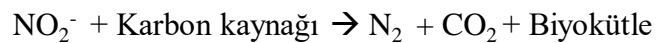
Yüzeysel sularda yeterli miktarda oksijen bulunmaması halinde denitrifikasyon olayı gerçekleşir. Denitrifikasyon anoksik koşullar altında nötrale yakın pH değerlerinde ve organik hidrojen vericilerin bulunması halinde mümkün olmaktadır.

Nitrifikasyon sonucu oluşan nitrat ve nitrit konsantrasyonları belli bir seviyenin üzerine çıktığında toksik etki yaratır. Bu yüzden denitrifikasyon ile nitrat nitrite ve daha sonra azot oksitler aracılığı ile moleküler azota indirgenerek ortamdan uzaklaştırılır.

Mart 20

17

Denitrifikasyon basamakları;



Mart 20

18

Denitrifikasyon hızı, havuzdaki çözünmüş oksijene karşı çok hassastır. Çözünmüş oksijen değerinin 0,1-0,2 mg/L'ye kadar çıkması bile denitrifikasyonu durdurabilir. Maksimum çözünmüş oksijen konsantrasyonunun **0,1 mg/L** olması sağlanmalıdır.

pH 6,5-8,0 aralığında kaldığı sürece, denitrifikasyon pH değişiminden pek etkilenmez. Denitrifikasyon sırasında, nitrifikasyonda üretilen alkalinitenin yaklaşık yarısı kadar alkalinite üretilir. Denitrifikasyon, sıcaklık değişiminden de etkilenir. Bu nedenle sıcaklık düzeltilmesi yapılmalıdır.

Mart 20

19

Anoksik şartlarda meydana gelen denitrifikasyon, *Pseudomonous*, *Alcaligenes* gibi fakültatif bakteriler tarafından gerçekleştirilir. Bu bakteriler oksijen yerine nitratı ve nitriti hidrojen ve elektron alıcısı olarak kullanır ve enerjiyi karbon bileşiklerinden sağlar. Metanol ve melas gibi bileşikler karbon kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Denitrifikasyon bakterileri heterotrof olduğundan büyüme hızları ve biyokütle verimleri nitrifikasyon bakterilerine göre daha yüksektir.

Optimum denitrifikasyon şartları, pH ın 6.5 – 7.5 ve sıcaklığın 20 - 25⁰ C olduğu durumlardır.

Mart 20

20

Birleşik Karbon Oksidasyonu, Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon Prosesi

Maliyetinin yüksek oluşu dolayısıyla karbon oksidasyonu, nitrifikasyon ve denitrifikasyon tek sistem içinde gerçekleştirilir ve ara adım uygulanmaz. Bu proseslerin aşağıda belirtildiği gibi pek çok üstünlüğü vardır.

- Nitrifikasyon ve BOİ giderimi için gerekli olan oksijen kullanımını azdır.
- Denitrifikasyonun tamamlanması için karbon kaynağı ilavesi gerekmemektedir.
- İlave çöktürme havuzuna ve çamur geri dönüşüne gerek duyulmamaktadır.

Mart 20

21

Birleşik karbon oksidasyonu-nitrifikasyon-denitrifikasyon prosesinde hem atıksudaki karbon hem de mikroorganizmaların içsel solunumu denitrifikasyon için kullanılabilir. Bu üç işleminde aynı havuzda gerçekleşebilmesi için bir dizi aerobik ve anoksik bölgenin olması gerekir.

Bu sistemlerin çoğu toplam azotun %60-80'inin arıtabilmektedir. Anoksik ortam oksijenin kontrolü ile oksidasyon hendeğinde de sağlanabilmektedir. Bunlara alternatif olarak ardışık kesikli reaktörlerde de havalı ve anoksik şartlar oluşturularak nitrifikasyon ve denitrifikasyon reaksiyonları birlikte gerçekleştirilmektedir.

Mart 20

22

Bardenpho Prosesi (Dört basamaklı)

Dört basamaklı Bardenpho prosesinde denitrifikasyonun olabilmesi için karbon kaynağı olarak hem atıksudaki karbon, hem de içsel solunum hidrolizi sonucu oluşan karbon kullanılır. Karbon oksidasyonu, nitrifikasyon ve denitrifikasyon için havuzda ayrı bölümler kullanılır. Atıksu öncelikle anoksik olan denitrifikasyon reaktörüne girer. Bu reaktöre aynı zamanda karbon oksidasyonu-nitrifikasyon reaktörü çıkış suyu da geri döndürülerek verilmektedir. Atıksudaki karbon, geri döndürülen sudaki nitratı denitrifiye etmek için kullanılır. Organik yükleme yüksek olduğundan, denitrifikasyon da hızlıdır.

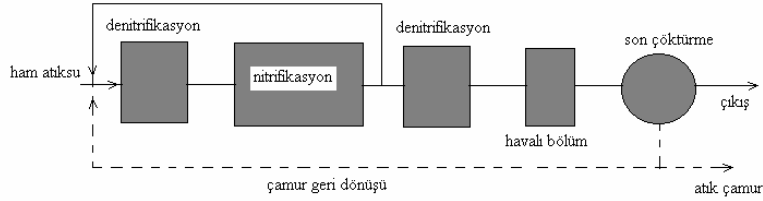
Mart 20

23

Atıksudaki amonyum ilk anoksik ortama girmektedir ve hiçbir değişime uğramadan sistemdeki ilk havalandırma tankına gelir. Bu tanktan çıkan nitrifiye olmuş atıksu, ikinci anoksik reaktöre girer. Bu ikinci reaktörde içsel solunum ile karbon sağlanır ve denitrifikasyon gerçekleştirilir. İkinci havalı reaktör nispeten küçük olup, azot gazının ortamdan uzaklaştırılması için kullanılır. İkinci anoksik reaktörde son havalandırmada nitrifiye olmuş çamurdan ayrılan amonyağın denitrifikasyonu gerçekleştirilir.

Mart 20

24



Dört basamaklı Bardenpho Prosesi

Mart 20

25

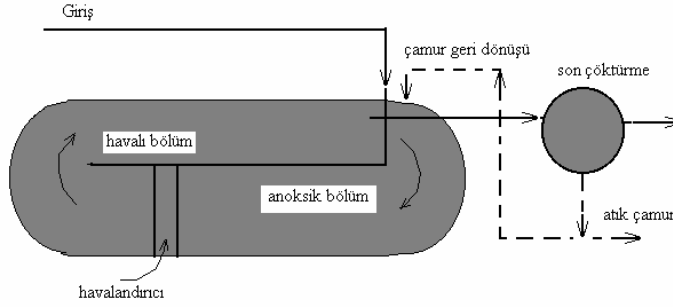
Oksidasyon Hendeği

Oksidasyon hendeği nitrifikasyon ve denitrifikasyon reaksiyonları için de kullanılmaktadır. Oksidasyon hendeğinde atıksu havalandırıcılarla havalandırılır ve aynı zamanda iterek kanalda düşmesi sağlanır. Hendeğe havalı bölüm havalandırıcının yönlendirdiği su akışının önünde, anoksik bölüm ise havalandırıcının arkasında oluşur.

Atıksuyun anoksik bölümden geçiş hızı kontrolü ile karbon kaynağının bir kısmının denitrifikasyon için kullanılması sağlanmaktadır. Atıksu çıkışı reaktörün havalandırmalı bölümünden yapılmaktadır. Sistemde yalnız bir tane anoksik bölüm olduğundan, azot giderimi Bardenpho prosesine kıyasla daha düşüktür.

Mart 20

26



Oksidasyon Hendeği

Mart 20

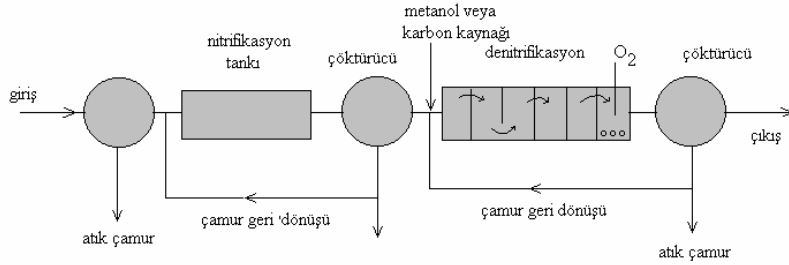
27

Ayırık Denitrifikasyon Sistemleri

Askıda büyüyen denitrifikasyon sistemleri organik madde gideriminde kullanılan aktif çamur sistemlerine birçok konuda benzerlik göstermektedir. Tam karışımlı ve kesikli reaktörlerin her ikisi de kullanılabilir. Denitrifikasyon prosesinde ortama bırakılan azot gazı, genellikle biyokütleyle yapışık halde olduğundan, reaktör ve çöktürme tankı arasında biyokütleyi ayırmak için azot gazı giderme adımı yer alır. Bu nedenle, floklara yapışmış azot gazını ortamdan uzaklaştırmak için, biyolojik reaktör ile çöktürme tankı arasındaki kanalda veya kısa kalma zamanlı (5-10 dakika) ayrı bir tankta havalandırma yapılır.

Mart 20

28



Azot gideriminde iki basamaklı biyolojik arıtım prosesi akım diyagramı

Mart 20

29

Evsel atıksudan azotun gideriminde iki kademeli biyolojik arıtma sisteminin tasarım parametreleri

Arıtma prosesi	Reaktör tipi	Tasarım parametreleri				
		$\theta_c, \text{gün}^a$	θ, saat^a	UKM mg/l	pH	Sıcaklık Katsayısı ^b
Tek-basamak Nitrifikasyon	Kesikli	8-20	6-15	2000-3500	7-8 ^c	1,08-1,1
Denitrifikasyon ^d	Kesikli	1-5	0,2-2	1000-2000	6,5-7	1,14-1,16

^a 20°C'deki değerler

^b $K_T = K_{20} \theta^{T-20}$

^c düşük değerler bulunmuştur

^d metanol gereksinimi yukarıdaki eşitliğe göre bulunur

^e katı taşıyıcısının derecesine göre yüksek değerler gözlenebilir.

Mart 20

30

Biyolojik Fosfor Giderimi

Fosfor atıksularda, inorganik, ortofosfat veya kompleks fosfatlar olarak organik formda bulunur. Kompleks fosfatlar sentetik deterjanlardan kaynaklanır ve atıksudaki fosfatın yaklaşık yarısını oluşturur. Kompleks fosfatlar biyolojik arıtmada ortofosfata hidrolize olurlar.

Evsel atıksularda ortalama fosfor konsantrasyonu 5-9 mg/L arasında değişir. Ön çöktürme esnasında fosforun %10' u çökelir, biyolojik arıtma esnasında ise %10-20' si yeni hücrelere dönüşür. Kalan yaklaşık %70' lik kısım ise alıcı ortama deşarj edilir.

Mart 20

31

Son yıllarda kimyasal arıtmaya alternatif olarak birçok biyolojik fosfor giderim prosesleri geliştirilmiştir. Fosforun biyolojik olarak giderilmesi, ortofosfat, polifosfat ve organik bağlı fosforun mikroorganizma hücre dokusuyla bağlanması esasına dayanır.

Biyolojik fosfor gideriminde mikroorganizmalar sırasıyla havasız ve havalı şartlar altında kalırlar. Değişen şartlar mikroorganizma üzerinde baskı yaratır ve ortamdan normalin üzerinde aşırı fosfor alırlar. Fosfor yalnızca hücre bakımı, sentezi ve enerji aktarımı amacıyla kullanılmaz, depolanarak sonraki safhada mikroorganizmaların kullanımı için de saklanır.

Mart 20

32

Fosfor gideren tipik biyolojik arıtma sistemleri;

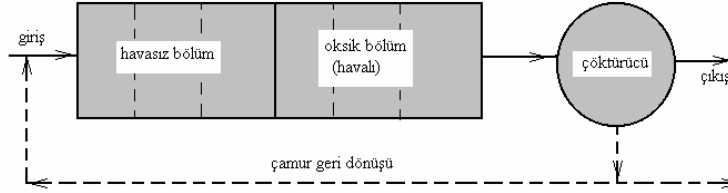
- A/O prosesi,
- Phostrip prosesi,
- Ardışık kesikli reaktörler (AKR)

AKR'ler düşük debili atıksular için uygun olup, aynı zamanda esnek işletme şartları da sağlarlar. Bu reaktörlerde fosfor yanında azot giderimi de olur.

A/O prosesi

A/O prosesi, atıksulardan karbon ve fosfor gideriminde kullanılır. Askıda büyüyen tek sistem olup havalı ve havasız bölümler bir tankta oluşturulmuştur. Havalı bölümde gerekli kalma zamanı oluşturulduğunda nitrifikasyon için uygun şartlar sağlanmış olur. Sistemde çöken çamur geri döndürülerek giriş atıksuyu ile karıştırılır. Havasız şartlardaki bölümde, geri dönen çamurda tutunmuş fosfor ortama geri verilir. Bu safhada BOİ arıtımı olur.

Ortama verilen fosfor, havalı şartlarda tekrar mikroorganizma tarafından tutulur. Böylece atıksudaki fosfor konsantrasyonu azalmış olur. Fosfor arıtma verimi, atıksuyuda BOİ'nin P oranına bağlıdır. Bu oran 10/1'i aştığında çıkış suyundaki fosfor konsantrasyonu 1mg/l veya daha altına düşer. BOİ/P oranının 10/1'den daha küçük olması durumunda metal tuzları ile fosfor ilave giderimi yapılır.



A/O prosesi

Mart 20

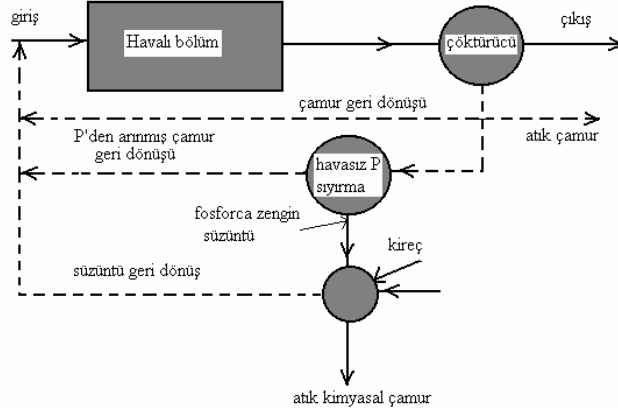
35

PhoStrip Prosesi

PhoStrip prosesinde arıtma sistemi geri devir çamurunun bir kısmı havasız fosfor sıyırma tankına alınır. Sıyırma tankında kalma zamanı 8-10 saat arasında değişir. Sıyırma tankında fosfor tutunmuş halde bulunduğu çamur fazından sıvı faza geçer, böylece çamurun fosfor konsantrasyonu düşmüş, atıksuyunki ise yükselmiştir. Bu çamur tekrar sisteme geri döndürülür. Fosfor bakımından zengin atıksu ise ayrı bir tanka alınarak, fosfor, kireç veya koagülantlarla çöktürülür. Bu sistemde fosfor kimyasal olarak ortamdaki uzaklaştırılmış olur. Bu sistemler çıkış suyunda ki fosforu 1,5 mg/l'ye kadar düşürebilir.

Mart 20

36



Phostrip prosesi

Mart 20

37

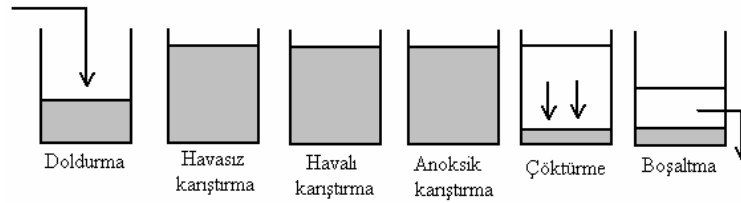
Ardışık Kesikli Reaktör

Bu reaktörler, hem karbon oksidasyonu, hem de azot ve fosfor giderimi için kullanılırlar. Gerekli arıtma reaktörün işletme şartlarını değiştirerek gerektiğinde kimyasal ilavesi ile sağlanabilir. Fosfor, koagülant ilavesi ile veya biyolojik olarak giderilebilir. Bu sistemde reaksiyon zamanı 3 ile 24 saat arasında değişebilir. Havali ve havasız reaksiyon süreleri değiştirilerek nitrifikasyon ve denitrifikasyon reaksiyonları da aynı sistemde gerçekleştirilebilir.

Ortamin havali ve havasız (veya anoksik) olması durumlarında sıvı fazdaki fosfat konsantrasyonunda sırasıyla artma ve azalma görülür. Anoksik şartlarda organizmalar ortama fosfat verdiği için sıvı fazda fosfat konsantrasyonu yükselir. Havali şartlarda ise fosfat organizmalar tarafından tutulduğundan sıvı fazdaki fosfat konsantrasyonu azalır.

Mart 20

38



Karbon, azot ve fosfor gideriminde ardışık kesikli reaktör

Mart 20

39

Biyolojik Fosfor giderim proseslerinin tipik tasarım bilgileri

Tasarım parametreleri	Birim	Proses		
		A/O	PhoStrip	Ardışık kesikli reaktör
F/M oranı	mgBOI/mgUAKM.gün	0,2-0,7	0,1-0,5	0,15-0,5
θ_c çamur kalma yaşı	gün	2-25	10-30	-
X	mgUAKM/l	2000-4000	600-5000	2000-3000
Hidrolik kalma zamanı, θ	saat			
Havasız bölüm		0,5-1,5	8-12	1,8-3
Havalı bölüm		1-3	4-10	1-4
Çamur geri devir yüzdesi	Besleme debi %si	25-40	20-50	-
İç çevrim yüzdesi	Besleme debi %si		10-20 ^a	

^a Havasız fosfor sıyrıcı alt akımı

Mart 20

40

Azot ve Fosforun Biyolojik Olarak Giderimi

Azot ve fosforun birlikte arıtımı için birçok biyolojik proses geliştirilmiştir. Bunların çoğu özel sistemler olup, azot ve fosfor giderimi için havalı, havasız ve anoksik bölümlerin bileşiminden oluşmuş aktif çamur prosesi formundadır. Bu proseslerin bazıları temelde fosfor giderimi için geliştirilmiş olup, daha sonra azot ve fosforun birlikte arıtılabileceği sistemlere dönüştürülmüştür.

Çok yaygın olarak kullanılan sistemler:

- A2/O prosesi,
- Beş basamaklı Bardenpho prosesi,
- UCT prosesi,
- VIP prosesidir.

Mart 20

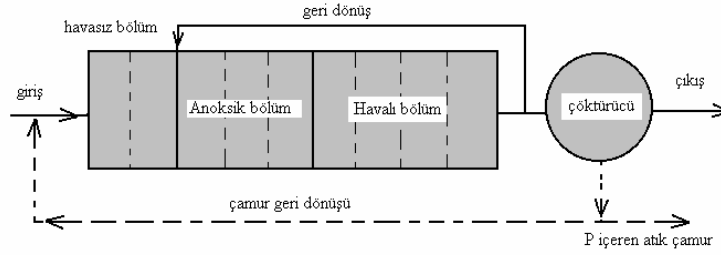
41

A2/O Prosesi

A2/O prosesi, A/O prosesinin bir modifikasyonu olup, denitrifikasyon için anoksik bölüm de içermektedir. Anoksik bölümde kalma zamanı yaklaşık olarak bir saattir. Anoksik bölümde çözünmüş oksijen düşüktür, ancak nitrit ve nitrat formundaki kimyasal bağlı oksijen havalı bölümden geri devirle sisteme verilmektedir. Çıkışta filtrasyon olmaksızın, 2 mg/l'den daha az fosfor konsantrasyonu olabilmektedir. Çıkış suyunun filtrasyonu ile fosfor konsantrasyonu 1.5mg/l'den daha düşük olabilir.

Mart 20

42



A2/O prosesi

Mart 20

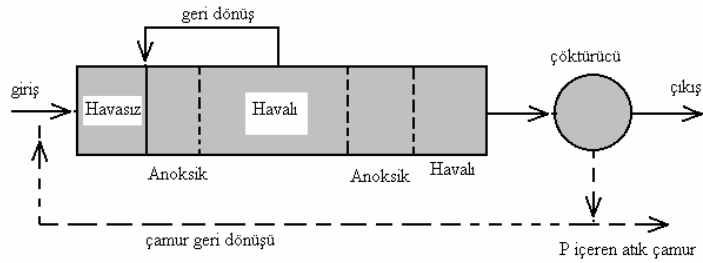
43

Bardenpho Prosesi (Beş basamaklı)

Azot gideriminde kullanılan Bardenpho prosesinin, azot ve fosfor giderimi için değiştirilmiş şeklidir. Fosfor giderimi amacıyla ortama beşinci basamak (havasız) konulmuştur. Beş basamaklı sistemde havali, havasız ve anoksik bölümler fosfor, azot ve karbon gideriminde rol oynarlar. İkinci anoksik bölüm, havali bölümde oluşan nitrati elektron alıcı, içsel organik karbonu ise elektron verici olarak kullanıp ilave denitrifikasyonu sağlar. Son havali bölüm ise kalıntı azot gazını çözeltiden sıyırmak ve son çöktürücüde fosfor açığa çıkmasını en aza indirmek için kullanılır. Sıvı karışım birinci havali bölümden anoksik bölüme geri beslenir. Uzun çamur yaşında çalıştırıldığından dolayı (10-40 gün) karbon oksidasyon kapasitesi de yüksektir.

Mart 20

44



Beş-basamaklı Bardenpho prosesi

Mart 20

45

Aktif çamur ve Bardenpho proseslerinin çıkış suyu özelliklerinin karşılaştırılması

Parametre	Aktif çamur	Bardenpho
BOİ ₅	20	<5
KOİ	80-120	15-40
Toplam azot	50-70	1-2
Nitrat	<1	2-3
Amonyum	15-30	<0,5
AKM	30	<10
Fosfor	15-25	0,5-1

Mart 20

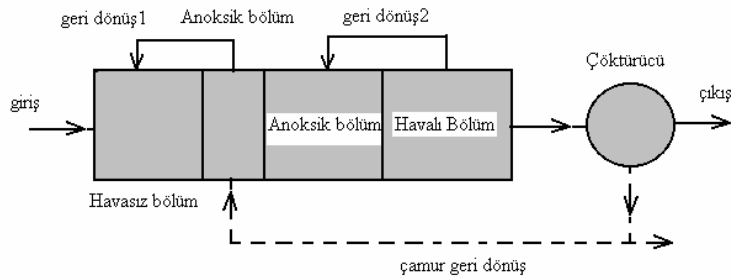
46

UCT Prosesi

Cape Town üniversitesi tarafından geliştirilen UCT prosesi, iki durum hariç A2/O prosesine benzemektedir. Aktif çamur, havalı bölüm yerine, anoksik bölüme geri döndürülür ve iç döngü ise anoksik bölümden havasız bölüme doğrudur. Aktif çamurun anoksik bölüme geri döndürülmesi ile nitrat havasız bölüme girmez, böylece havasız bölümde fosforun daha iyi açığa çıkması sağlanır. İç döngü ise havasız bölümde organik kullanımı artışı sağlar. Anoksik bölümdeki karışım, önemli miktarda çözünmüş BOİ ve az miktarda nitrat içerir. Anoksik karışımın geri dönüşü, havasız bölümde fermentasyon hızı için optimum şartları sağlar.

Mart 20

47



UCT prosesi

Mart 20

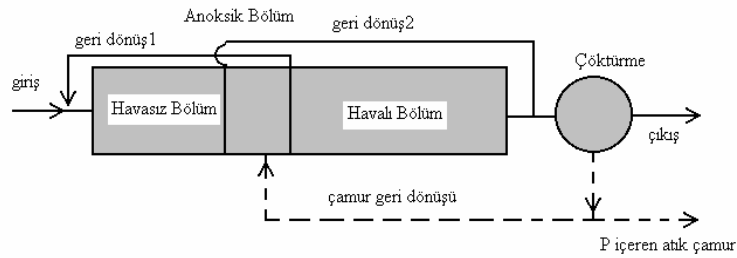
48

VIP Prosesi

VIP prosesi, geri döngüler hariç A2/O ve UCT proseslerine benzer. Aktif çamur geri dönüşü, havalı bölüm geri dönüşü ile birlikte anoksik bölüme verilir. Anoksik bölümün karışımı havasız bölüme geri beslenir. Deneysel verilere dayanarak, atıksudaki organik maddenin bir kısmı havasız mekanizma tarafından stabilize olur, bu da prosesin oksijen ihtiyacını azaltır.

Mart 20

49



VIP prosesi

Mart 20

50