



AKTİF ÇAMUR PROSESİ

I. Bölüm



Prof.Dr. Özer ÇINAR
Yıldız Technical University
Department of Environmental Engineering
İstanbul, Turkey

BİYOLOJİK ARITMA ÜNİTELERİ AKTİF ÇAMUR PROSESİ

- Kirleticilerin, mikroorganizmalar tarafından besin ve enerji kaynağı olarak kullanılmak suretiyle atıksudan uzaklaştırılmaları esasına dayanmaktadır.
- Biyolojik arıtma, atıksuda bulunan ayrışabilen organik madde, biyokimyasal süreçlerin sonunda, elektron verip yükseltgenerek (oksitlenme) kararlı son ürün olan CO_2 ve H_2O 'ya dönüşmektedir.
- Ayrışabilen organik maddelerin bir kısmı biyokütle, diğer kısmı ise enerjiye çevrilmektedir.

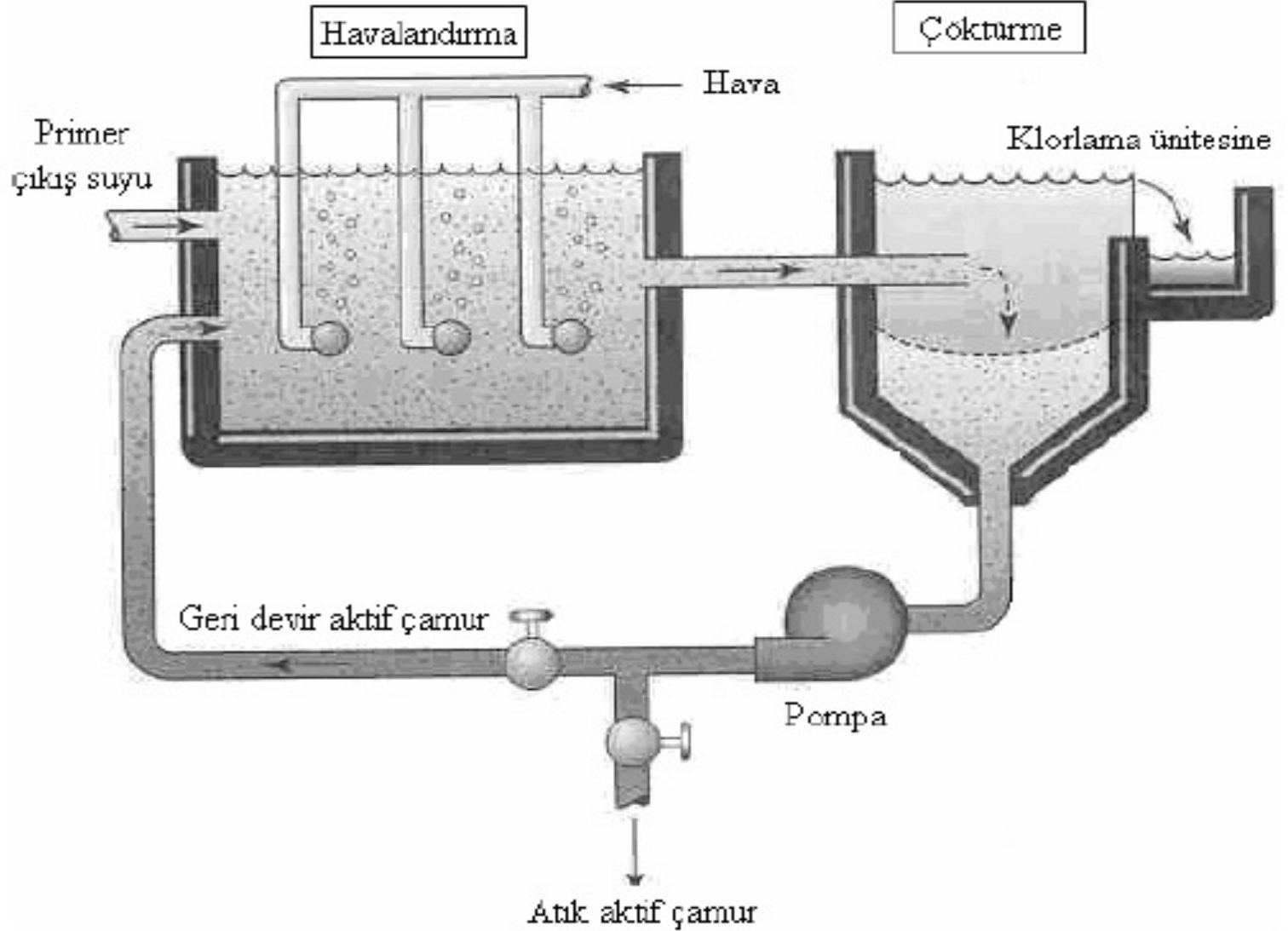
- Biyolojik arıtmada kullanılan en yaygın yöntem **aktif çamur** sistemleridir.
- Bu sistem organik kirliliğin, askıda tutulan mikroorganizmalar (heterotrofik bakteriler) yardımıyla giderildiği bir arıtma metodudur.
- Deşarj standartlarına bağlı olarak; aktif çamur sistemleri:
 - karbonlu organik madde giderimi
 - nitrifikasyon, denitrifikasyon
 - aşırı biyolojik fosfor giderimi için

uygun reaktör konfigürasyonları ile etkin olarak çalıştırılabilir.

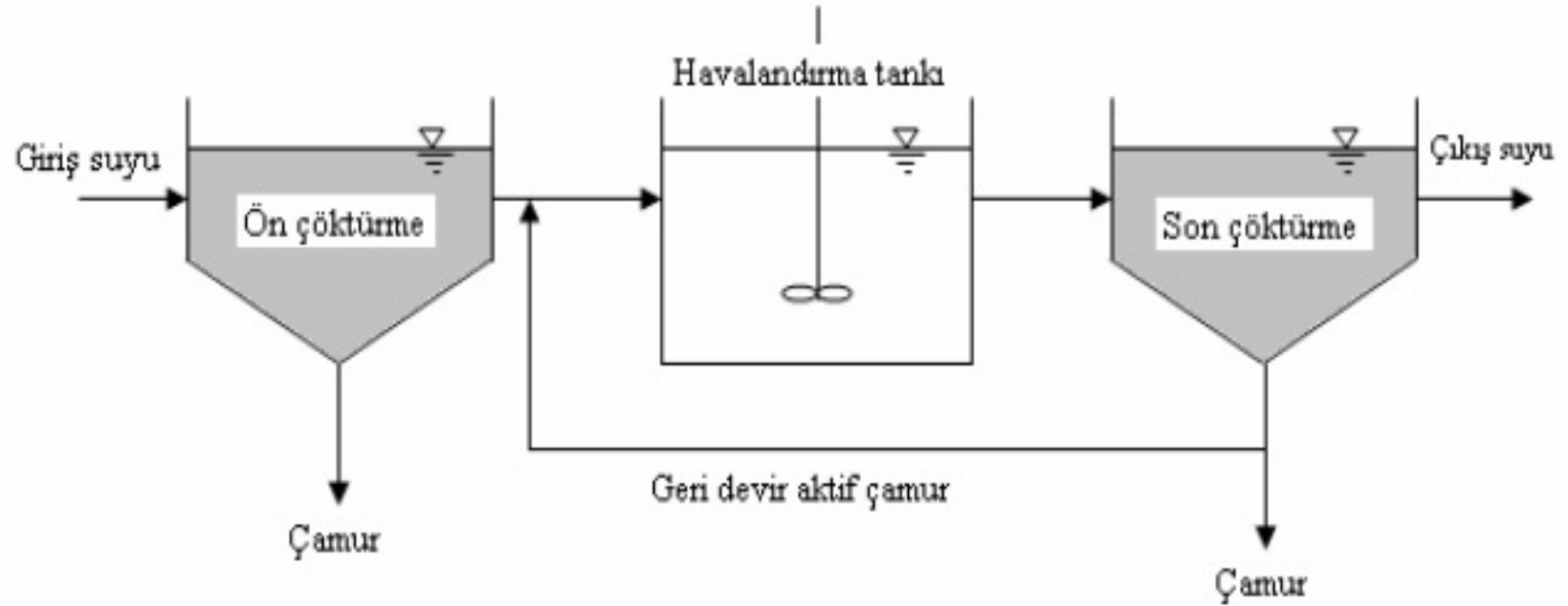
- Proses şartlarına bağlı olarak aktif çamur reaktörü;
 - aerobik,
 - anoksik ve
 - anaerobikşartlarda olabilir.
- Son çöktürme tankında çökelen çamur aktif çamur havuzuna geri devrettirilerek uygun biyokütle konsantrasyonu sağlanmış olur.
- Öngörülen biyokütle miktarından fazlası ise fazla çamur olarak sistemden atılır.

- Havalı prosesler oksijenli ortamda **organik madde giderimi ve/veya nitrifikasyon** prosesleri için kullanılmaktadır.
- **Nitrifikasyon** prosesinde ototrof bakteriler amonyum azotunu oksijenli ortamda nitrate kadar yükseltmektedir.
- Bu prosesler, mikroorganizmaların konumuna göre;
 - Askıda çoğalma,
 - Yüzeyde çoğalma ve
 - İkisinin birlikte uygulandığı kombine (hibrid) sistemler olarak sınıflandırılır.
- Birden fazla prosesin ardışık olarak kullanıldığı sistemler de mevcuttur.

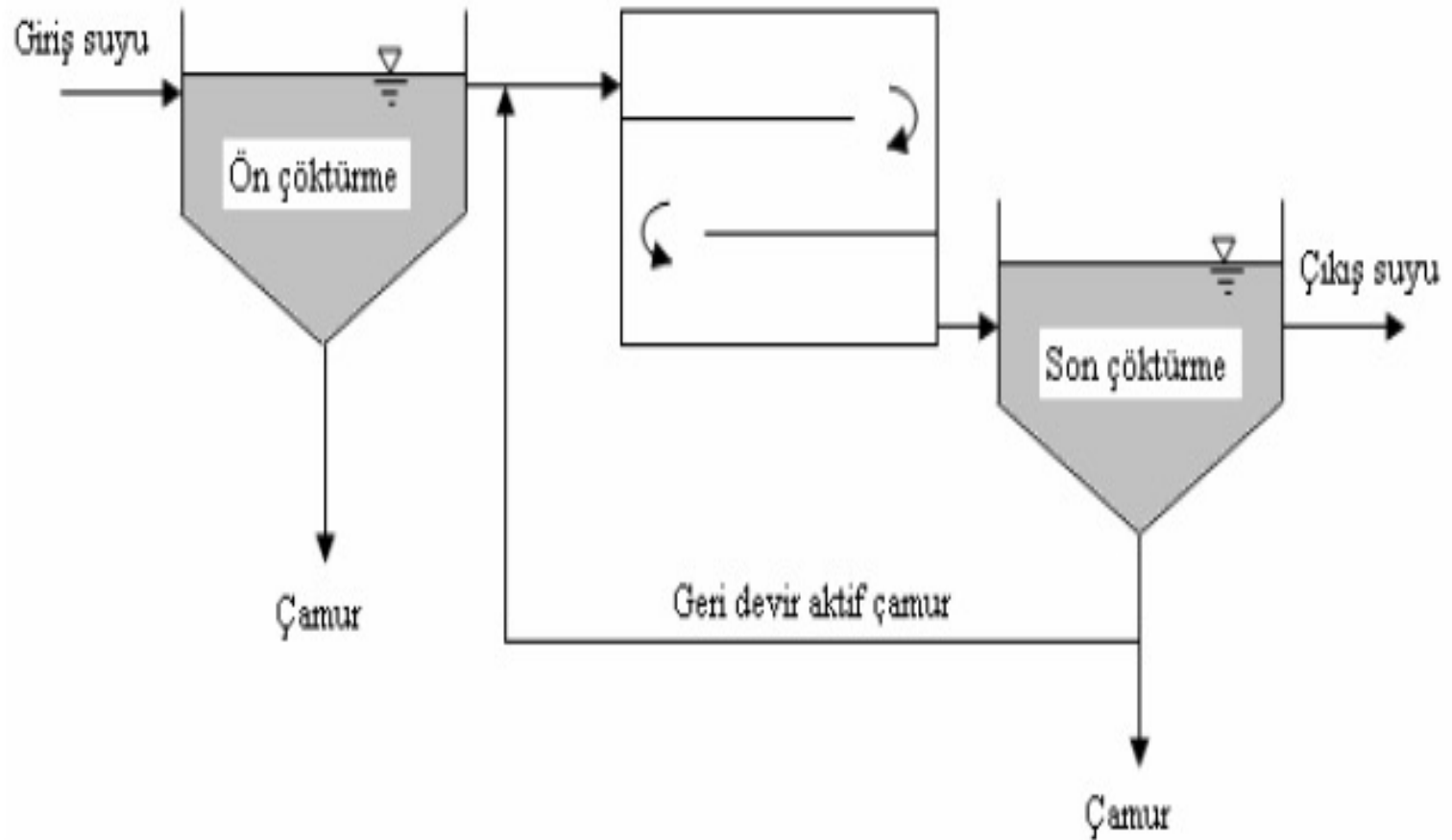
- Askıda büyüyen sistemler, Aktif çamur havuzu içindeki biyokütlenin havalandırma ya da mekanik karıştırma ile askıda tutulması ve atıksu ile homojen karıştırılarak uygun koşullarda istenilen reaksiyonların oluşturulması esasına dayanmaktadır.
- Bu amaçla, genellikle **difüzörler** veya **yüzeysel havalandırıcıların** kullanımı oksijen transferi ve tam karışımın sağlanması açısından yeterli olmaktadır.
- Havalandırma havuzuna oksijen transferi günlük ve mevsimlik ihtiyacı karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır.



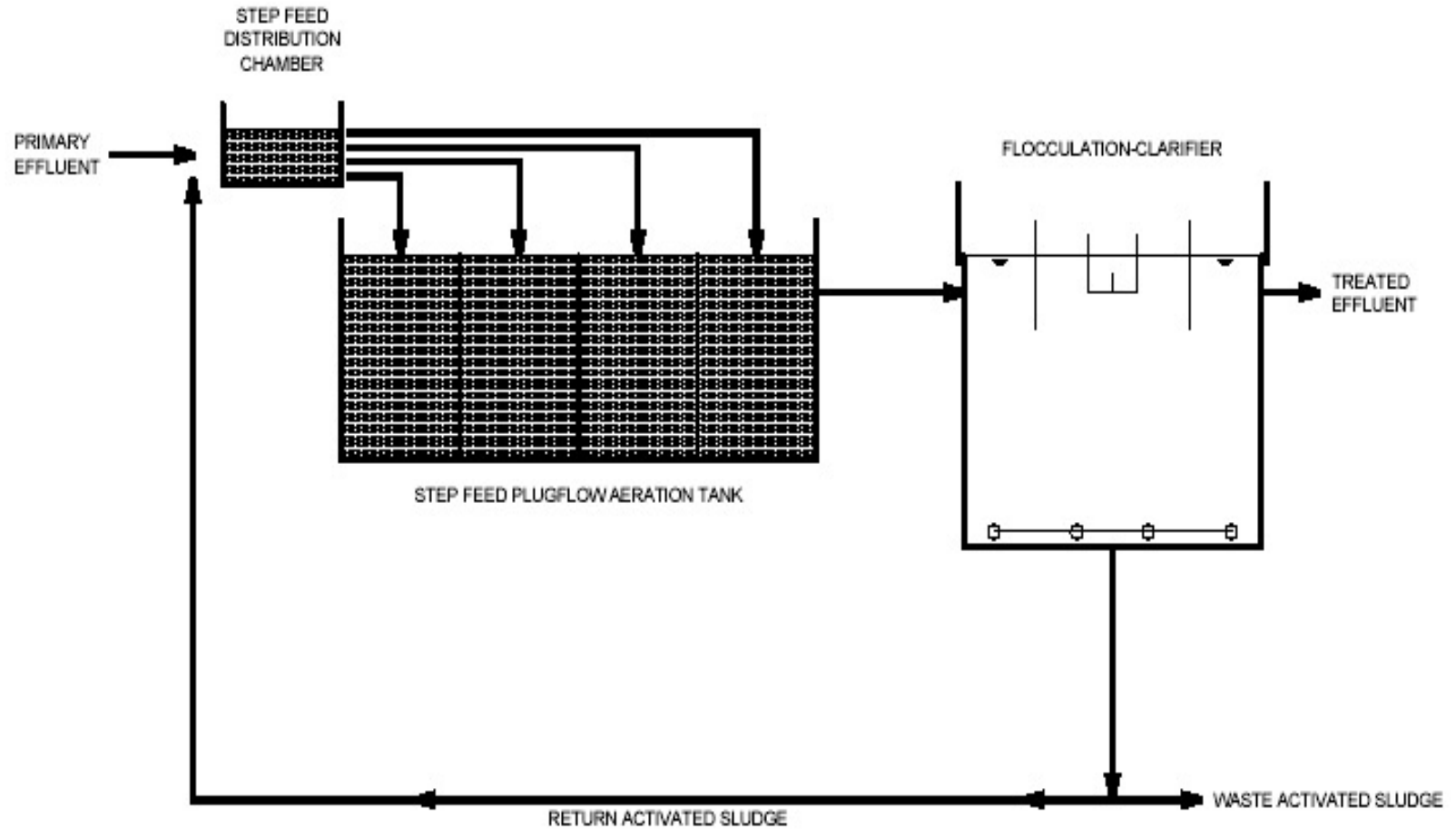
- Tam karışımli veya piston akımlı reaktör olarak projelendirilebilen aktif çamur havuzlarında atıksu, havalandırma **havuzundan sonra son çöktürme havuzuna** yönlendirilir.
- Son çöktürme tanklarında yerçekimi etkisi ile arıtılmış su biyokütleden ayrılarak sonraki arıtma ünitelerine (dezenfeksiyon, filtrasyon vb.) iletilir veya deşarj edilir.
- Burada dikkat edilmesi gereken husus, aerobik aktif çamur tanklarında sadece organik madde ve amonyum azotu gideriminin (nitrat azotuna çevrilmesi) sağlanmasıdır.



Tam karışımli reaktör



Piston akımlı reaktör



Kademeli Beslemeli Aktif Çamur Prosesi

- Askıda çoğalan aktif çamur sistemleri organik madde giderimi ve nitrifikasyon prosesi, sistemin (aerobik) **çamur yaşına** bağlıdır.
- Organik madde giderimi yapan **heterotrofik bakteriler**, nitrifikasyonu sağlayan **ototrofik bakterilere** göre daha az **hassastır**.
- Dolayısı ile normal şartlarda, nitrifikasyonun sağlandığı koşullarda **organik madde giderimi** de sağlanmaktadır.
- Öncelikle, nitrifikasyon prosesi için gerekli olan (aerobik) **çamur yaşı soğuk hava şartları** gözönüne alınarak hesaplanmalı ve **reaktör hacmi** buna göre hesaplanmalıdır.
- Pratikte **nitrifikasyon** karbonlu organik maddenin giderilmesi için kullanılan reaktörde gerçekleştirilebileceği gibi, ayrı bir reaktörde de sağlanabilmektedir.

- Nitrifikasyon prosesinde 1 gram amonyum azotunun ($\text{NH}_4\text{-N}$) oksitlenmesi sonucu 7,14 gram CaCO_3 alkalinitesi tüketilmektedir.
- Dolayısı ile nitrifikasyon prosesi için atıksudaki alkalinitenin kontrol edilmesi gerekmektedir.
- Çamur yaşının belirli seviyede seçilmesi ile ($\theta_c \leq 10$ gün) sadece organik karbon giderimi de sağlanabilir.

Biyolojik Nutrient Giderimi için Aktif Çamur Prosesleri

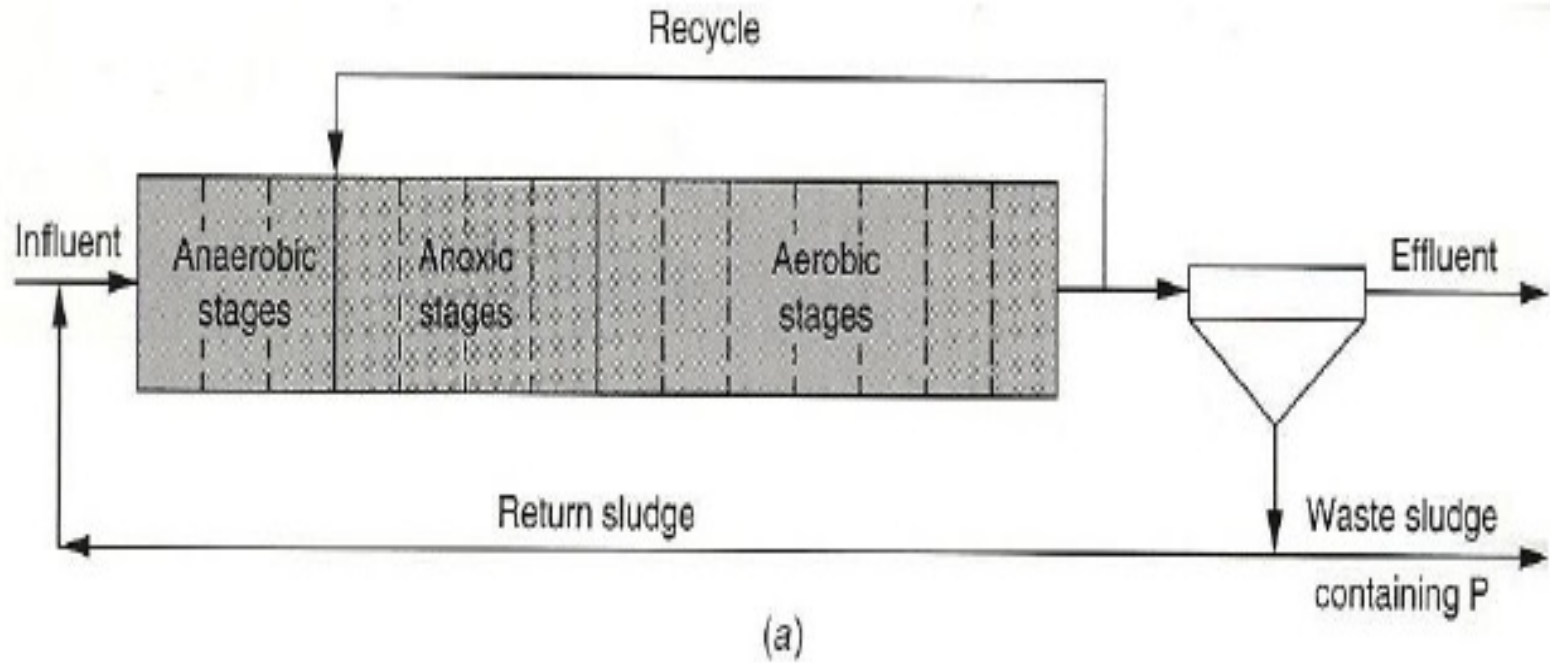
- Tek Kademeli Nitrifikasyon
- Ayrı Kademedede Nitrifikasyon
- Tek Kademeli Nitrifikasyon-Denitrifikasyon
- Azot ve Fosfor Giderimi

- **Biyolojik azot ve fosfor** giderimi yapan aktif çamur sistemleri kısa ve/veya uzun süreli değişken çevresel koşullara ve kirlilik yüklerine maruz kaldığından en uygun giderim veriminin sürdürülebilirliğinin sağlanması için bu sistemlerin;
 - uygun ve yerinde ölçüm cihazları,
 - proses kontrol ekipmanları ve
 - otomasyon sistemleriile donatılması gerekmektedir.

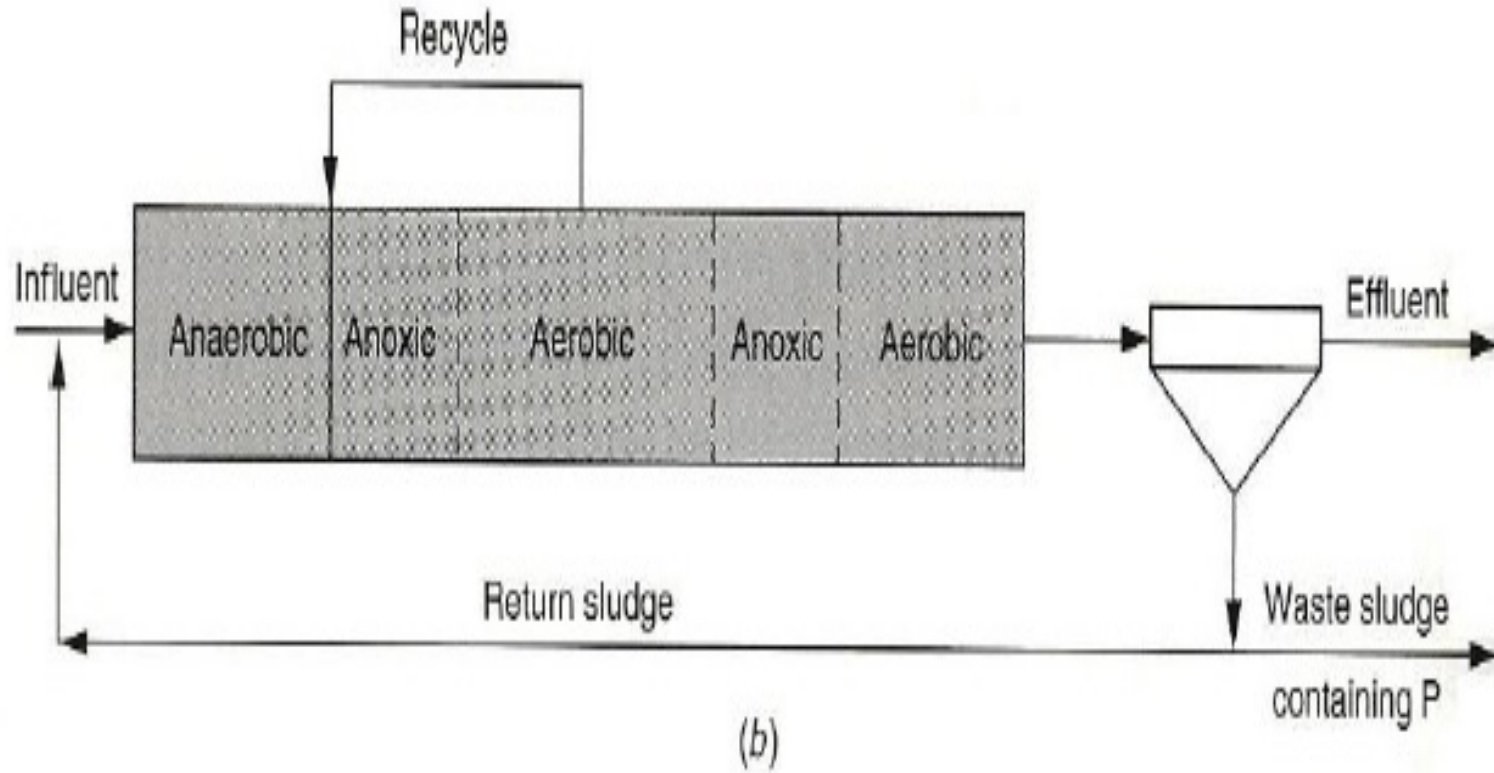
- Biyolojik azot ve fosfor giderimi için;
 - Tasarıma öncelikle **nitrifikasyon** prosesinden başlanmalı ve sistemin olumsuz çevresel koşullar altında verimli çalışması için gerekli önlemler alınmalıdır.
 - İkinci adımda **denitrifikasyon** prosesi için gerekli olan hacimler belirlenmelidir.
 - Son olarak **biyolojik fosfor giderimi** için gerekli tasarım kriterleri oluşturularak tank hacimleri hesaplanmalıdır.

- Biyolojik nütrient giderimi için tasarlanan aktif çamur sistemi seçimi;
 - Atıksu karakterizasyonuna
 - Çevresel koşullara
- Bunun yanında **endüstriyel katılımların** yüksek olduğu atıksular evsel atıksu karakterizasyonundan çok büyük farklılık gösterebileceğinden, bahsedilen tasarım kriterlerinin uygulanması açısından sıkıntı olabilir.
- Özellikle **endüstriyel atıksu oranı yüksek kentsel atıksularda** ayrışabilen organik madde miktarı, türleri ve ayrışma hızlarının yanında azot ve fosfor parametreleri de farklılık gösterebileceğinden, biyolojik azot-fosfor giderimi açısından prosesin uygunluğunun detaylı olarak araştırılması gerekmektedir.

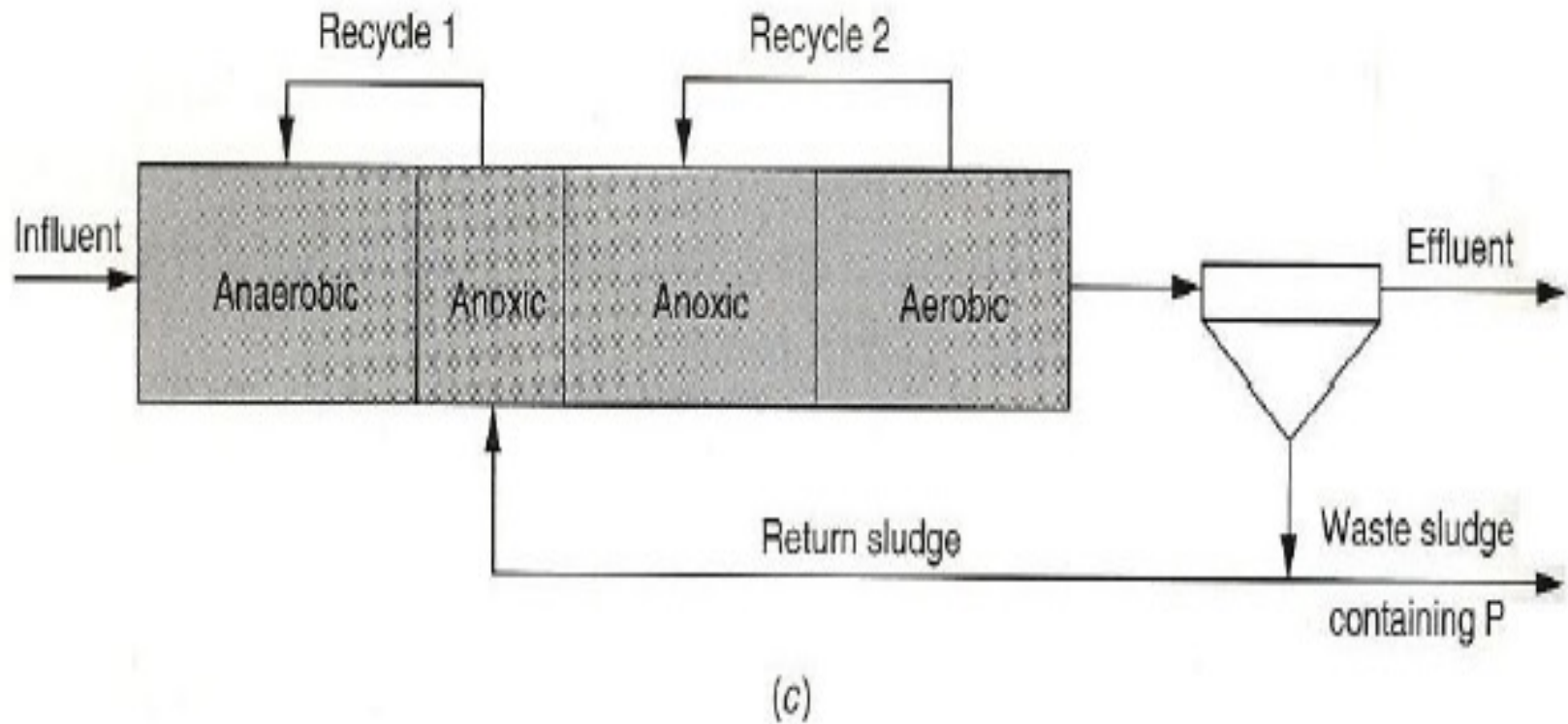
- Biyolojik fosfor giderimi verimi atıksudaki **uçucu yağ asidi (UYA)** konsantrasyonuna bağlıdır.
- Yüksek konsantrasyonlarda UYA, **biyolojik fosfor giderimi** için biyolojik azot gideriminden önce konulacak **anaerobik reaktörlerin** daha küçük hacim oranlarında (havasız reaktör hacminin toplam biyolojik reaktör hacmine oranı) projelendirilmesini sağlayacaktır.
- Örneğin, **UYA içeriği yüksek olan atıksular için** %5 civarında bir anaerobik hacim oranı yeterli olacaktır.
- Öte yandan, **UYA içeriği düşük atıksular için** fermentasyon prosesinin verimli olmasını sağlayacak yüksek anaerobik hacim oranlarına (**%15-%25**) ihtiyaç duyulacaktır.
- Dolayısıyla anaerobik reaktörün hidrolik bekletme süresi **90 dakika mertebesine** ulaşabilecektir.



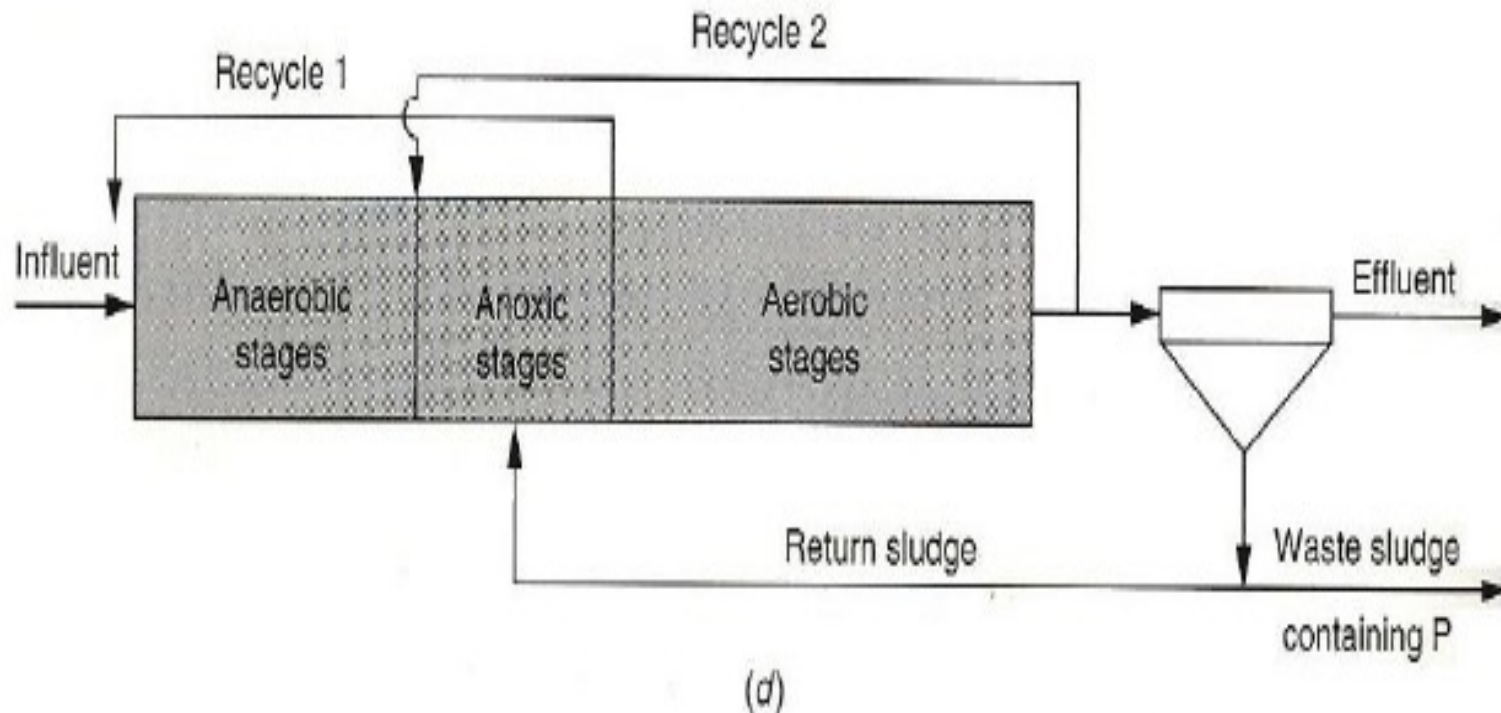
A²/O prosesi



Beş Kademeli Bardenpho prosesi



UCT (University of Cape Town) prosesi



VIP (Virginia Initiative Plant) prosesi

- Atıksuda nispeten düşük $KOİ/TKN$, $KOİ/\Delta P$ seviyelerinde biyolojik fosfor giderimi için UCT, VIP tipi aktif çamur sistemleri tercih edilmelidir.
- Bunun sebebi havasız tanka geri devir ile (içsel geri devir ve çamur geri devri) giren nitrat ve oksijen yükünün azaltılmasını sağlamaktır.
- Evsel atıksular için $KOİ/TP$ değerinin düşük olması durumunda UCT, VIP tipi aktif çamur sistemleri biyolojik fosfor giderimi açısından A^2O sistemine göre daha avantajlı olmaktadır.
- Ancak, UCT ve VIP sistemlerinde daha yüksek havasız hacim oranlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Tabloda ΔP , atıksu arıtma tesisi girişindeki toplam fosfor ile çıkısındaki çözünmüş fosfor arasındaki farkı ifade etmektedir.

Farklı $BOI_5/\Delta P$ ve $KOI/\Delta P$ seviyeleri için önerilen sistemler

Proses	$BOI_5/\Delta P$ mg BOI_5 /mg P	$KOI/\Delta P$ mg KOI /mg P
VIP*, UCT**	15-20	26-34
A ² O*** AO****	20-25	34-43
Bardenpho	>25	>43

* Virginia Initiative plant

* University of Cape Town

** Anaerobik-Anoksik-Aerobik

*** Anoksik-Aerobik

- ΔP , atıksu arıtma tesisi girişindeki toplam fosfor ile çıkışındaki çözülmüş fosfor arasındaki farkı ifade etmektedir.

- Atıksu içinde yavaş ayrıışan organik madde konsantrasyonu yüksek ise biyolojik arıtma ünitesinden önce **çamur yaşı 3-5 gün olan ön fermentasyon tankları** eklenebilir.
- Bunun yanı sıra, **ön çökeltme tanklarında** çamur örtüsü belirli bir seviyede tutularak ön fermentasyon işlemi için kullanılabilir.
- **Çamur yaşının 4-5 günden fazla olması**, metanojenik aktivitenin artmasına ve biyolojik nutrient giderimi için gerekli UYA potansiyelinin kaybolmasına yol açmaktadır.

- Heterotrofik bakteriler çoğalma sırasında nütrient ihtiyacı olarak fosforu bünyelerine almaktadır.
- Bu durumda **fosfor giderimi %10-30** mertebesinde olmaktadır.
- Ancak, biyolojik aşırı fosfor gideriminde, fosfor depolayan mikroorganizmalar fosfatı nütrient ihtiyacından daha fazla miktarda depolamakta olup sistemin **fosfor giderimi % 85-95** mertebesine kadar ulaşmaktadır.
- Fosfor depolayan heterotrofik mikroorganizmalar nitrat ve çözünmüş oksijenin bulunmadığı anaerobik koşullarda, **atıksudaki uçucu yağ asitlerini depolayarak bünyesinde tuttuğu fosforu hücre dışına salmaktadır.**
- Bunu takip eden **anoksik ve/veya aerobik koşullarda** ise depolama ürünlerini hücre sentezinde kullanarak saldıgı fosfordan daha fazlasını bünyesinde depolamaktadır.

- Geri devir akımları ile havasız reaktörlere dönen nitrat ve oksijen konsantrasyonları minimum seviyede tutulmalıdır.
- Biyolojik fosfor giderimi için giriş suyundaki kolay ayrışabilen organik madde miktarı (fermente olabilen maddeler, uçucu yağ asitleri vb.) büyük önem taşımaktadır.
-
- Geri devir akımlarındaki nütrient yükleri açısından kütle dengesi hesaplanması gereklidir.
- Gerekli görüldüğünde arıtma tesisine dönen çamur geri devir akımlarında uygun ilave arıtma işlemleri (kimyasal çöktürme vb.) de uygulanmalıdır.

- Evsel atıksularda biyolojik azot giderim verimi biyolojik arıtmaya giriş atıksuyundaki **KOİ/TKN oranına** bağlıdır.
 - **KOİ/TKN < 10** olması durumunda ön denitrifikasyon sistemleri etkin olarak kullanılabilir.
 - **Oranın (KOİ/TKN) 10'dan büyük olması durumunda ise sonda denitrifikasyon sistemleri avantajlıdır.**
 - Bu durumda birden fazla anoksik reaktöre sahip; önde ve sonda denitrifikasyon sistemlerinin avantajlarının birleştiği **Bardenpho** tipi aktif çamur sistemi kullanılabilir.