

ALMAN ATV-DVWK STANDARTLARI ATIKSU-ATIK

STANDART ATV-DVWK – A 131 E

Tek Aşamalı Aktif Çamur Tesislerinin Boyutlandırılması

Mayıs 2000

HAZIRLIK

Bu ATV Standardı, ATV-DVWK Uzman Komitesi KA 5 ve KA 6 tarafından özenle hazırlanmıştır.

Uzman Komite KA 5 in üyeleri “ Çökeltme Proseslerini” hazırlamışlardır:

Prof. Dr. Ing. Günthert, München (Başkan)	Dr. Ing. Resch, Weisenburg
Prof Dr. Ing. Billmeier, Köln	Prof. Dr. Ing. Rosenwinkel, Hannover
Dipl. Ing Born, Kassel	Dr. Ing. Rölle Stuttgart
Dr. Ing. Andrea Deininger, Weyarn	Dr. Ing. Schulz, Essen
Dr. Ing. Grünebaum, Essen	Prof. Dr. Ing. Seyfried, Hannover
Dr. Ing. Kalbskopf, Dinslaken	Dr. Ing. Stein, Emsdetten

Uzman Komite KA 6 nın üyeleri “ Aerobik Biyolojik Atıksu Arıtma Proseslerini” hazırlamışlardır:

Prof. Dr. Ing. Kayser, Braunschweig (Başkan)	Dr. Lemke, Leverkusen
Dipl. Ing. Beer, Cottbus	Dr. Hilde Lemmer, München
Dr. Ing. Bever, Oberhausen	Prof. Dr. Ing. Londong, Wuppertal
Prof. Dr. Ing. Bode, Essen	Prof. Dr. Matsche, Wien
Dr. Ing. Boll, Hannover	Dipl. Ing. Peter-Fröhlich, Berlin
Prof. Dr. Ing. Gujer Zürich	Prof. Dr. Ing. Rosenwinkel, Hannover
Prof. Dr. Rer. Nat. Huber, München	Dipl. Ing. Schleypen, München
Prof. Dr. Ing. E. H. Imhoff, Essen	Dr. Ing. Teichgraber, Essen
Prof. Dr. Ing. Krauth, Stuttgart	Dipl. Ing. Ziess, Haan-Gruiten

Alman Kütüphanesi – CIP- Einheitsaufnahme

ATV-DVWK Standardı

A 131E. Tek Aşamalı Aktif Çamur Tesislerinin Boyutlandırılması- 2000

ISBN 3-935669-82-8

Tamamının ya da bir kısmının başka bir dile çevrilmesi yasaktır. Bu Standardın herhangi bir parçasının herhangi bir şekilde; fotokopi, mikrofilm ya da başka bir işlemle yeniden üretilmesi veya makinelerde, veri işlem makinelerinde kullanılabilecek bir dile çevrilmesi yazarın basımcının ismini belirtmeden yasaktır.

© GFA- Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.
(ATV-DVWK, Su, Atıksu, Atık Basım Şirketi), Hennef 2000)

Orijinal Alman basımı: DCM, Meckenheim

İçindekiler	sayfa
Hazırlık	2
Kullanıcılar için notlar	5
Önsöz	5
1 Uygulama Alanları	6
1.1 Giriş	6
1.2 Amaç	6
1.3 Konu	6
2 Semboller	7
3 Proses tanımı ve boyutlandırma prosedürü	13
3.1 Genel	13
3.2 Biyolojik reaktör	14
3.3 İkincil Çöktürme Tankı	17
3.4 Boyutlandırma Prosedürü	18
4 Debinin ve yüklerin ölçümlendirilmesi	20
4.1 Atıksu yükü	20
4.2 Sıvı çamur ve harici çamur	22
5 Biyolojik Reaktörün Boyutlandırılması	23
5.1 Pilot çalışmalara dayalı olarak boyutlandırma	23
5.2 Deneyimlere dayalı olarak boyutlandırma	24
5.2.1 Gerekli çamur yaşı	24
5.2.1.1 Nitrifikasyonsuz arıtma	24
5.2.1.2 Nitrifikasyonlu arıtma	24
5.2.1.3 Nitrifikasyonlu ve denitrifikasyonlu arıtmalar	25
5.2.1.4 Aerobik çamur çürütmeli (stabilization) arıtma	27
5.2.2 Denitrifikasyon reaktörü hacminin oranının belirlenmesi	27
5.2.3 Fosfor giderimi	30
5.2.4 Çamur üretiminin belirlenmesi	31
5.2.5 Çamur hacim indeksi ve mixed liquor suspended solid (MLSS- biyokütle) yoğunluğu varsayımları	32
5.2.6 Biyolojik reaktörün hacmi	34
5.2.7 Gerekli resirkülasyon ve devir zamanı	34
5.2.8 Oksijen transferi	35
5.2.9 Alkalinite	38
5.3 Aerobik selektörün boyutlandırılması	39

6	İkinci Çöktürme Tankının Boyutlandırılması	39
6.1	Uygulama limitleri ve çıkış suyu özellikleri	39
6.2	Çamur hacim indeksi (SVI) ve izin verilen yoğunlaştırma zamanı	41
6.3	Geri devir çamurunda askıda katı madde konsantrasyonu	41
6.4	İkincil çöktürme tankına giden giriş çamurunun geri devir oranı ve askıda katı madde konsantrasyonu	43
6.5	Yüzey savak oranı ve çamur hacmi yüzey yükü oranı	43
6.6	Çöktürme tankı yüzey alanı	44
6.7	Çöktürme tankı derinliği	44
6.8	Mevcut ikinci çöktürme tanklarının test edilmesi ve yeniden hesaplanması	47
6.9	Çamur ayırma sisteminin tasarımı	48
6.9.1	Çamur ayırma ve sıyırıcı tasarımı	48
6.9.2	Kısa devirli çamur debisi ve katı madde dengesi	48
6.9.3	Yatay akışlı dairesel tanklardan çamur ayırma	48
6.9.4	Dikdörtgen tanklarla çamur ayırma	50
6.9.5	Katı madde dengesinin gerçekleşmesi	51
7	Planlama ve işletme durumları	51
7.1	Biyolojik reaktör (havalandırma tankı)	51
7.1.1	Tank tasarımı	51
7.1.2	Köpük birikmesi ve çamurun yüzmesi	51
7.1.3	İç resirkülasyon pompalarının düzenlenmesi	52
7.1.4	Nitrifikasyon için boyutlandırılmamış tesislerde nitrit formasyonu	52
7.2	İkincil çökeltme tankları	52
7.2.1	Genel	52
7.2.2	Başlıca yatay akışlı tanklar	52
7.2.3	Başlıca düşey akışlı tanklar	53
7.3	Geri devir çamuru	54
8	Dinamik Simülasyon	55
9	Maliyet ve çevresel etkileri	56
10	İlgili [Alman] yönetmelik, yönerge ve standart şartnameleri	56

Literatür

Ekler: KOİ' ye dayalı olarak karbon giderimi için çamur üretiminin ve oksijen tüketiminin belirlenmesi

- A1 Boyutlandırma Prensipleri
- A2 KOİ dengesi
- A3 Çamur üretiminin hesaplanması
- A4 Oksijen ihtiyacının hesaplanması

Kullanıcılar için Notlar

Bu ATV-DVGW onurlu bir çalışmanın sonucudur, uygulanabilir prensipler (ATV ve ATV Standardı ATV-A 400 prosedürünün tüzükleri, kuraları) doğrultusunda elde edilmiş teknik-bilimsel/ekonomik işbirliğidir. Bunun için geçmişteki örneklerle göre, gerçek bir varsayım mevcuttur ki, bu metinsel ve teknik olarak doğrudur ve ayrıca genel olarak kabul edilmiştir.

Bu standardın uygulanması herkese açıktır. Bununla beraber, uygulama için yasal ya da idari düzenlemelerden, bir sözleşme veya diğer yasal nedenden bir zorunluluk ortaya çıkabilir.

Bu Standart önemlidir, fakat, doğru çözümler için tek bilgi kaynağı değildir. Bunun uygulanmasıyla hiç kimse kendi hareketlerinden veya özel durumlar için doğru uygulamalardan dolayı sorumluluktan kaçamaz; bu, Standartta tanımlanmış sınırların doğru kullanımı için özel olarak uygulanabilir.

Önsöz

Bu ATV Standardının (1988-90) önceki baskılarının zamanında, sadece nitrojen ve fosfor giderimi yapan izole edilmiş aktif çamur tesisleri vardı, ve bundan boyutlandırma ve işletme için işletme sonuçlarının bilgisi anlaşıyordu. Bu yüzden, birçok sorularla birlikte, sadece araştırmaların sonuçlarına güvenmek zorunda kalıyordu. Bu arda, büyük sayıda bunun gibi tesisler görevlendirildi ,böylece uygulamalardan da (pratik)gelen geniş bir veritabanı yeniden gözden geçirmek için artık mevcuttur.

Şubat 1991 yılında basılan ATV Standardı ATV-A 131 ile karşılaştırılırsa, aşağıdaki önemli değişiklikler yapılmıştır:

- Herhangi büyüklükte aktif çamur tesisleri için geçerlilik (şimdiye kadar ≥ 5.000 yaşayanların toplam sayısı ve nüfus eşdeğeri PT)
- Dizayn akışlarının ve yüklerinin türetildiği bölüm çıkarılmıştır, çünkü her tip atıksu arıtma prosesleri için ayrı ATV Standardı ayrıntılı hazırlanmıştır.
- Bir biyolojik reaktörün esnek dizaynı yaklaşımı altında, nitrojen giderimi için boyutlandırma sıcaklığı Alman Atıksu Yönetmeliği (AbwV) Ek 1'e göre (önceden $T = 10^{\circ}\text{C}$) $T = 12^{\circ}\text{C}$ olmuştur.
- Ek biyolojik fosfor giderimi için boyutlandırmanın entegrasyonu
- Denitrifikasyon kapasitesinin modifikasyonu
- Gerekli oksijen transferinin belirlenmesinden değişiklik
- Anaerobik bir reaktörün boyutlandırılmasında entegrasyon
- Kimyasal oksijen ihtiyacını (COD) baz alan boyutlandırma için seçenek
- İkincil çöktürme tanklarının çamur hacmi yük oranının izin verildiği kadar artırılması
- Bölgesel derinliklerin belirlenmesinde, yoğunlaştırma (thickening) derinliğinin belirlenmesinde ve ikincil çöktürme tanklarının çamur ayırma bölgesinin belirlenmesinde modifikasyon

Bu standart temel olarak tek aşamalı aktif çamur tesisleri için uygulanmaktadır. Daha küçük kanalizasyon arıtma tesislerindeki özelliklere göre ATV-A 122E, ATV-A 126-E ve DIN 4261 e dikkat edilmelidir.

Evler, ticarethaneler veya tarımsal amaçlardan dolayı oluşan atıksu için uygulanan bu standart, atıksuyun evlerden çıkan suların biyolojik arıtılmasındaki başarı gibi oluncaya kadar atıksuyun zararı azaltılmalıdır.

2 Semboller

A_{ST}	m^2	İkincil çöktürme tanklarının alanı
A	-	Dairesel çöktürme tanklarında sıyrıcılardaki kürek (blade) sayısı
$B_{d,BOD}$	kg/gün	Günlük BOI_5 yükü
$B_{d,XXX}$	kg/gün	Diğer bir parametre için günlük yük
$B_{R,BOD}$	kg/(m^3 .gün)	BOI_5 hacim yükü oranı
$B_{R,XXX}$	kg/(m^3 .gün)	Başka bir parametre için hacim yükü oranı
$B_{SS,BOD}$	kg/(kg.gün)	BOI_5 çamur yükü oranı
$B_{SS,XXX}$	kg/(kg. gün)	Başka bir parametre için çamur yükü oranı
b	$gün^{-1}$	Çürüme katsayısı
C_S	mg/l	Sıcaklığa ve basınca bağlı çözünmüş oksijen doygunluk konsantrasyonu
C_X	mg/l	Havalandırma tankındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu (DO)
D_{ST}	m	İkincil çöktürme tanklarının yarıçapı
DSV	l/m^3	30 dakikada çökmüş seyreltilmiş çamur hacmi (genel bir durum olarak eğer SV_{30} 250 L/m^3 den büyük ise belirlenir)
F_T	-	Endojen solunum için sıcaklık faktörü
f_c	-	Karbon solunumu için en yüksek (peak) faktör
?	-	Amonyum oksidasyonu için en yüksek (peak) faktör
f_{SR}	-	Çamur ayırma faktörü, çamur sıyrıcının çeşidine bağlıdır
h_1	m	İkincil çöktürme tanklarındaki duru (temiz su) bölgenin derinliği
h_2	m	İkincil çöktürme tanklarındaki ayırma /geri devir akışı bölgesinin derinliği
h_3	m	İkincil çöktürme tanklarındaki yoğun (density) akışın ve depolama bölgesinin derinliği
h_4	m	İkincil çöktürme tanklarındaki çamur yoğunlaştırma ve ayırma bölgesinin derinliği
h_{In}	m	İkincil çöktürme tanklarındaki giriş deliğinin merkezinin derinliği
h_{SR}	m	Sıyrıcı kürek ya da direk yüksekliği
h_{tot}	m	İkincil çöktürme tanklarındaki toplam su derinliği

L_{FS}	m	Dikdörtgen bir tankta flight sıyrıcının uzunluğu ($L_{FS} \sim L_{ST}$)
L_{RW}	m	Dikdörtgen bir çöktürme tankında sıyrıcı köprüsünün runaway (köprünün ucundaki sıyrıcı olmayan kısım) kısmının uzunluğu ($L_{RW} \sim L_{ST}$)
L_{SL}	m	Dikdörtgen bir çöktürme tankında sıyrıcı kürek tarafından hareket eden çamur tabakasının uzunluğu ($L_{SL} \sim 15 \cdot h_{SR}$)
L_{SR}	m	Dikdörtgen bir ikincil çöktürme tankında sıyrıcı kürek veya sıyrıcı direk uzunluğu ($L_{SR} \sim W_{ST}$)
L_{ST}	m	Dikdörtgen ikincil çöktürme tanklarının uzunluğu
$M_{SS,AT}$	kg	Biyolojik reaktör/havalandırma tankında askıda katı madde kütlesi
OC	kg/saat	$C_x = 0$, $T = 20^\circ C$ ve hava basıncının $p = 1013hPA$ olduğu ortamda, bir havalandırma ünitesindeki temiz suda oksijen transferi
αOC	kg/saat	$C_x = 0$, $T = 20^\circ C$ ve hava basıncının $p = 1013hPA$ olduğu ortamda, bir aktif çamur ünitesindeki temiz suda oksijen transferi
$OU_{C,BOD}$	kg/kg	BOİ ₅ bağlı karbon giderimi için oksijen ihtiyacı
$OU_{d,C}$	kg/gün	Karbon giderimi için günlük oksijen ihtiyacı
$OU_{d,D}$	kg/gün	Karbon giderimi için denitrifikasyonla karşılanan gerekli oksijen ihtiyacı
$OU_{d,N}$	kg/gün	Nitrifikasyon için günlük oksijen ihtiyacı
OU_h	kg/saat	Saatlik oksijen ihtiyaç oranı
PT_{XXX}	l	XXX parametrelerine bağlı ,mesela BOİ ₅ , KOİ vs., toplam canlı nüfusu ve nüfus eşdeğeri
Q	m ³ /saat	Giriş debisi, debi , baştan sona debi
$Q_{DW,d}$	m ³ /gün	Kuru havada günlük atıksu giriş debisi
$Q_{DW,h}$	m ³ /saat	2 saatlik ortalama şeklinde saatlik kuru hava debisi
$Q_{WW,h}$	m ³ /saat	Birleşik ve ayrı kanal sistemlerinden yağışlı havada peak (en yüksek, doruk) debisinin hesaplanması
Q_{RS}	m ³ /saat	Geri devir (aktif) çamur debisi
Q_{IR}	m ³ /saat	Denitrifikasyon prosesinde ön-anoksik bölgede iç geri devir debisi
Q_{RC}	m ³ /saat	Denitrifikasyon prosesinde ön-anoksik bölgede toplam geri devir debisi ($Q_{RS} + Q_{IR}$)
Q_{Short}	m ³ /saat	İkincil çöktürme tanklarında kısa devir çamur debisi
Q_{SR}	m ³ /saat	Çamur ayırma debisi
$Q_{WS,d}$	m ³ /saat	Günlük atık (aktif) çamur debisi
q_A	m/saat	İkincil çöktürme tanklarının savak debisi
q_{SV}	l/(m ² · gün)	İkincil çöktürme tanklarının çamur hacmi yüzey yükü
RC	-	Denitrifikasyon prosesinde ön-anoksik bölgede toplam geri devir oranı ($RC = Q_{RC} / Q_{DW,h}$)

RS	-	Geri devir çamur oranı ($RS = Q_{RS}/ Q_{DW,h}$ veya $Q_{RS}/ Q_{WW,h}$)
SF	-	Nitrifikasyon için güvenlik faktörü
SP _d	kg/gün	Günlük atık aktif çamur üretimi (katı)
SP _{d,C}	kg/gün	Karbon gideriminden üretilen günlük çamur
SP _{d,P}	kg/gün	Fosfor gideriminden üretilen günlük çamur
SS _{C,BOD5}	kg/kg	BOD ₅ a bağlı karbon gideriminden üretilen çamur miktarı
SS _{AT}	kg/m ³	Biyolojik reaktör/ havalandırma tankındaki askıda katı madde konsantrasyonu (MLSS-biyokütle)
SS _{AT,Step}	kg/m ³	Aşamalı besleme denitrifikasyonu olan biyolojik reaktörlerdeki ortalama askıda aktı madde konsantrasyonu ($SS_{AT,Step} > SS_{EAT}$)
SS _{BS}	kg/m ³	İkincil çöktürme tanklarının dibindeki çamurun askıda katıda madde konsantrasyonu
SS _{EAT}	kg/m ³	Biyolojik reaktör/ havalandırma tankının çıkışındaki askıda katı madde konsantrasyonu (genellikle $SS_{EAT} = SS_{AT}$)
SS _{RS}	kg/m ³	Geri devir (aktif) çamurdaki askıda katı madde miktarı
SS _{WS}	kg/m ³	Atık (aktif) çamurdaki askıda katı madde miktarı
SVI	l/kg	Çamur havim indeksi
T	°C	Biyolojik reaktör/havalandırma tankındaki sıcaklık
T _{ER}	°C	Çıkıştaki nitrojen değerleri gerekliliğini karşılayacak biyolojik reaktördeki sıcaklık
T _{Dim}	°C	Boyutlandırmada temel alınan biyolojik reaktör/ havalandırma tankı sıcaklığı
T _W	°C	Biyolojik reaktördeki kış sıcaklığı, $T_W < T_{Dim}$
t _D	saat,gün	Aralıklı (intermittent) proseslerde denitrifikasyon fazının süresi
t _N	saat,gün	Aralıklı (intermittent) proseslerde nitrifikasyon fazının süresi
t _R	saat,gün	Bekleme süresi (mesela; $t_R = V_{AT} : Q_{h,DW}$)
?	saat	Sıyırıcı küreğinin yükseltilmesi ve alçaltılması için gereken süre
t _{SR}	saat	Çamur ayırma aralığı (sıyırıcının bir döngüsü için gereken zaman periyodu)
t _{SS}	gün	V _{AT} ye bağlı çamur yaşı
t _{SS,dim}	gün	Hangi boyutlandırma temel alındıysa ona bağlı çamur yaşı
t _{SS,aerob}	gün	V _N ye bağlı aerobik çamur yaşı
t _{SS,aerob,dim}	gün	Nitrifikasyon için hangi boyutlandırma temel alındıysa ona bağlı aerobik çamur yaşı
t _T	saat	Aralıklı (intermittent) proseslerde devir süresi ($t_T = t_D + t_N$)
t _{Th}	saat	İkincil çöktürme tankındaki çamurun yoğunlaşma (thickening) süresi
V _{AT}	m ³	Biyolojik reaktör/havalandırma tankının hacmi
V _{BioP}	m ³	Biyolojik fosfor giderimi için olan bir anaerobik karıştırma tankının hacmi

V_D	m^3	Denitrifikasyon için biyolojik reaktörün hacmi
V_N	m^3	Nitrifikasyon için biyolojik reaktörün hacmi
V_{Sel}	m^3	Anaerobik bir reaktörün hacmi
V_{ST}	m^3	İkincil çöktürme tankının hacmi
V_{ret}	m/h	Sıyırıcının köprüsünün geri dönme hızı
V_{SR}	m/h	Sıyırıcı köprüsünün hızı (dairesel tanklarda çevrede)
W_{ST}	m	Dikdörtgen ikincil çöktürme tankların genişliği
Y	mg/mg	Dönüşüm katsayısı (verim sabiti) (mg biodegradable (ayrışabilir) KOİ başına oluşan biyokütle (KOİ))
α	-	Aktif çamurda ve temiz suda oksijen transferi katsayısı

Kimyasal parametreler ve konsantrasyonlar:

C_{XXX}	mg/l	Homojenleştirilmiş numunede XXX parametresinin konsantrasyonu
S_{XXX}	mg/l	Süzülmüş (filtrelenmiş) numunede XXX parametresinin konsantrasyonu (0,45 μm membran filtre)
X_{XXX}	mg/l	Filtre tortusunun (katı) konsantrasyonu , $X_{XXX} = C_{XXX} - S_{XXX}$

Sıklıkla kullanılan parametreler:

C_{BOI}	mg/l	Homojenleştirilmiş numunede BOI_5 konsantrasyonu
C_{KOI}	mg/l	Homojenleştirilmiş numunede KOİ konsantrasyonu
$C_{COD,deg}$	mg/l	Biodegradable (ayrışabilir) KOİ konsantrasyonu
C_N	mg/l	Homojenleştirilmiş numunede N cinsinden toplam nitrojen konsantrasyonu
C_P	mg/l	Homojenleştirilmiş numunede P cinsinden toplam fosfor konsantrasyonu
C_{TKN}	mg/l	Homojenleştirilmiş numunede Kjeldahl nitrojeni konsantrasyonu ($C_{TKN} = C_{orgN} + S_{NH4}$)
C_{orgN}	mg/l	Homojenleştirilmiş numunede organik nitrojen konsantrasyonu ($C_{orgN} = C_{TKN} - S_{NH4}$ veya $C_{orgN} = C_N - S_{NH4} - S_{NO3} - S_{NO2}$)
S_{ALK}	mmol/l	Alkalinite
S_{BOI}	mg/l	0,45 μm ile filtre edilmiş numunedeki BOI_5 konsantrasyonu
S_{COD}	mg/l	0,45 μm ile filtre edilmiş numunedeki KOİ konsantrasyonu
$S_{COD,deg}$	mg/l	Çözünmüş, biodegradable KOİ konsantrasyonu
$S_{COD,inert}$	mg/l	Çözünmüş, tepkimeye girmeyen (inert) KOİ konsantrasyonu
$S_{COD,ext}$	mg/l	Denitrifikasyonun gelişmesi için dışardan eklenen karbon olarak çözünmüş KOİ konsantrasyonu

S_{inorgN}	mg/l	İnorganik nitrojen konsantrasyonu ($S_{\text{inorgN}} = S_{\text{NH}_4} + S_{\text{NO}_3} + S_{\text{NO}_2}$)
S_{NH_4}	mg/l	Filtre edilmiş numunede N cinsinden amonyum nitrojen konsantrasyonu

S_{NO3}	mg/l	Filtre edilmiş numunede N cinsinden nitrat nitrojen konsantrasyonu
S_{NO2}	mg/l	Filtre edilmiş numunede N cinsinden nitrit nitrojen konsantrasyonu
$S_{NO3,D}$	mg/l	Denitrifike edilecek nitrat nitrojeni konsantrasyonu
$S_{NO3,D,ext}$	mg/l	Dış karbonla denitrifikasyon olacak nitrat nitrojeninin konsantrasyonu
$S_{NH4,N}$	mg/l	Nitrifike edilecek amonyum nitrojen konsantrasyonu
S_{PO4}	mg/l	P (çözünmüş) cinsinden fosfat konsantrasyonu
$X_{COD,BM}$	mg/l	Biyokütlenin KOİ konsantrasyonu
$X_{COD,deg}$	mg/l	Partikül, biodegradable (inert) KOİ konsantrasyonu
$X_{COD,inert}$	mg/l	Partikül, tepkimeye girmeyen (inert) KOİ konsantrasyonu
$X_{orgN,BM}$	mg/l	Biyokütleyle iyice yerleşen organik N konsantrasyonu
$X_{P,BM}$	mg/l	Biyokütleyle iyice yerleşen fosfor konsantrasyonu
$X_{P,Prec}$	mg/l	Simültane çökeltme (precipitation) ile ayrılan fosfor konsantrasyonu
$X_{P,BioP}$	mg/l	Biyolojik ek fosfor giderme prosesi ile giderilen fosfor konsantrasyonu
X_{SS}	mg/l	Atıksudaki askıda katı madde konsantrasyonu (0,45 µm membran filtrenin 105°C’de kurutulmasından sonra)
$X_{org,SS}$	mg/l	Atıksudaki organik askıda katı madde konsantrasyonu
$X_{inorgSS}$	mg/l	Atıksudaki inorganik askıda katı madde konsantrasyonu

Numunenin alam yeri veya amacı hakkında indeksler (her zaman en son)

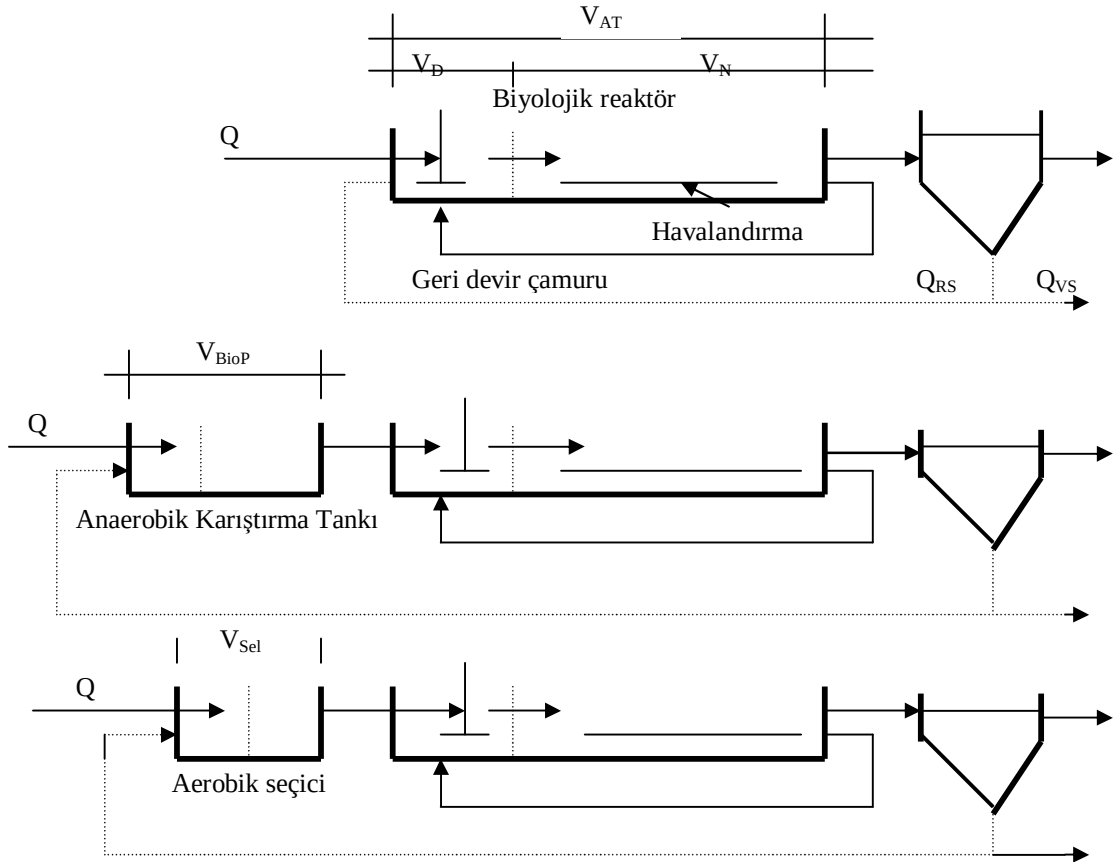
I	Atıksu arıtma tesisine giden giriş suyundan numune
IAT	Biyolojik reaktöre giden giriş suyundan numune, eğer uygun ise anaerobik karıştırma tankına giden giriş suyu, mesela $C_{COD,IAT}$
EAT	Biyolojik reaktörün çıkışından numune, mesela $S_{NO3,EAT}$
EDT	Denitrifikasyon tankı çıkışından numune, mesela $S_{NO3,EAT}$
ENT	Nitrifikasyon tankı çıkışından numune, mesela $S_{NO4,ENT}$
EST	İkincil çöktürme tankı çıkışından numune, mesela $C_{BOD,EST}$, $X_{SS,EST}$
WS	Atık (aktif) çamurdan numune
RS	Geri devir (aktif) çamurdan numune
ER	Tanımlanmış numune prosedürü ile çıkış gereksinimleri

3 Proses Tanımı Ve Boyutlandırma Prosedürü

3.1 Genel

Aktif çamur prosesi ünitelerden oluşmuş bir sistem olup, bunlar birbirine geri devir çamuru dolaşımı ile bağlanmış havalandırma aletleri olan biyolojik reaktör (aktif çamur tankı) ve ikincil çöktürme tankıdır.

Çamurun çökebilme özelliği, çamur hacim indeksi (SVI) ve mixed liquor suspended solids (MLSS) yoğunluğu (SS_{AT}) ile tanımlanır ve ikincil çöktürme tankı ve biyolojik reaktörün boyutunu etkiler. Çamur hacim indeksini hem atıksuyun karakteri hem de arıtmanın amacı etkilediği gibi biyolojik reaktörün şekli de etkiler. Tam karıştırma tankı olarak sayılan biyolojik reaktörler, genellikle daha yüksek çamur indekslerine ulaştırırlar ve fakültatif bakterilerin büyümesinin gelişmesi yönünde yoğunluk eğimi olan (mesela kaskat (cascade) olarak oluşturulmuş ya da piston akışlı olduğu) tanklara göre daha çok eğilim gösterirler. Hazır olarak yüksek biodegradable (biyolojik ayrışabilir) organik madde oranına sahip olan atıksulara bir üst akıntı selektör eklemek yardımcı olur, çünkü ileri biyolojik fosfor gideriminde üst akıntı anaerobik karıştırma tankları selektör etkisi oluşturmaktadır, (bakınız şekil 1). Bu şekil bilimsel sınıflandırmanın işine yaramaktadır, ve bir aerobik tank ya da selektörün aktif çamur tesisinin bütünleşmiş bir parçası olması gerektiği anlamına gelmemektedir. Bununla birlikte, selektör kullanmanın her durumda fakültatif organizmaların büyümesinin kontrol edileceği anlamına gelmediği bilinmelidir.



Şekil 1: Biyolojik fosfor giderimi veya aerobik bir selektör için nitrojen giderimi için üst akıntı anaerobik karıştırma tankları olan ve olmayan aktif çamur tesisinin bilimsel sınıflandırması için akış diyagramı

Şekil 1 de görülen ön-anoksik denitifikasyon prosesi bölgesinin yerine, hemen hemen bütün diğer nitrojen giderimi prosesleri ve hatta sadece organik karbonun giderimini sağlayan havalandırma tankları aerobik bir selektör veya anaerobik bir fosfor giderimi (V_{BioP}) ile birleştirilebilirler. Aerobik bir selektörün hacmi (V_{Sel}) ya da fosfor giderimi için bir anaerobik karıştırma tankının hacmi (V_{BioP}) biyolojik reaktörün (V_{BB}) bir bölümü olarak hesaba katılmıyor. Sadece karbon giderimi için dizayn edilen tesislerde bir aerobik selektörün hacmi havalandırma tankının bir parçası olarak hesaba katılabilir.

Biyolojik reaktördeki çamur yumaklarının bekleme (retention) süresi ile yaklaşık olarak uygun gelen çamur yaşı (t_{SS}), biyolojik reaktörün boyutlandırılmasında ilgili parametrelerden biridir. Bu, biyolojik reaktördeki askıda katı maddelerin (kuru) kütlelerinin ($V_{AT} * SS_{AT}$) atık(fazla) aktif çamurdaki kuru maddelerin günlük kütlelerine bölümüdür.

Eğer biyolojik reaktörün denitrifikasyon için (V_D) anoksik bölgeleri varsa, aerobik çamur yaşı ($t_{SS,aerob}$); biyolojik reaktörün aerobik tarafındaki çamurdaki kuru maddenin kütlelerinin ($V_N = V_{AT} - V_D$) atık(fazla) aktif çamurun günlük kütlelerine bölümüdür.

İkincil çöktürme tankının çıkış suyundaki oluşan kirlilik, büyük oranda çözünmüş ve koloidal maddelerden ve bir parça da askıda (aktif çamur) katı maddeden ileri gelmektedir. Bu ikincil çöktürme tankının verimine bağlıdır. İkincil çöktürme tankının çıkışındaki askıda katı madde yoğunluğunun 1 mg/l kuru katı madde olması aşağıdakileri şu şekilde artırır:

C_{BOD} **è** 0,3'den 1 mg/l
 C_{COD} **è** 0,8'den 1,4 mg/l
 C_N **è** 0,08'den 0,1 mg/l
 C_P **è** 0.02'den 0,04 mg/l ve üzeri

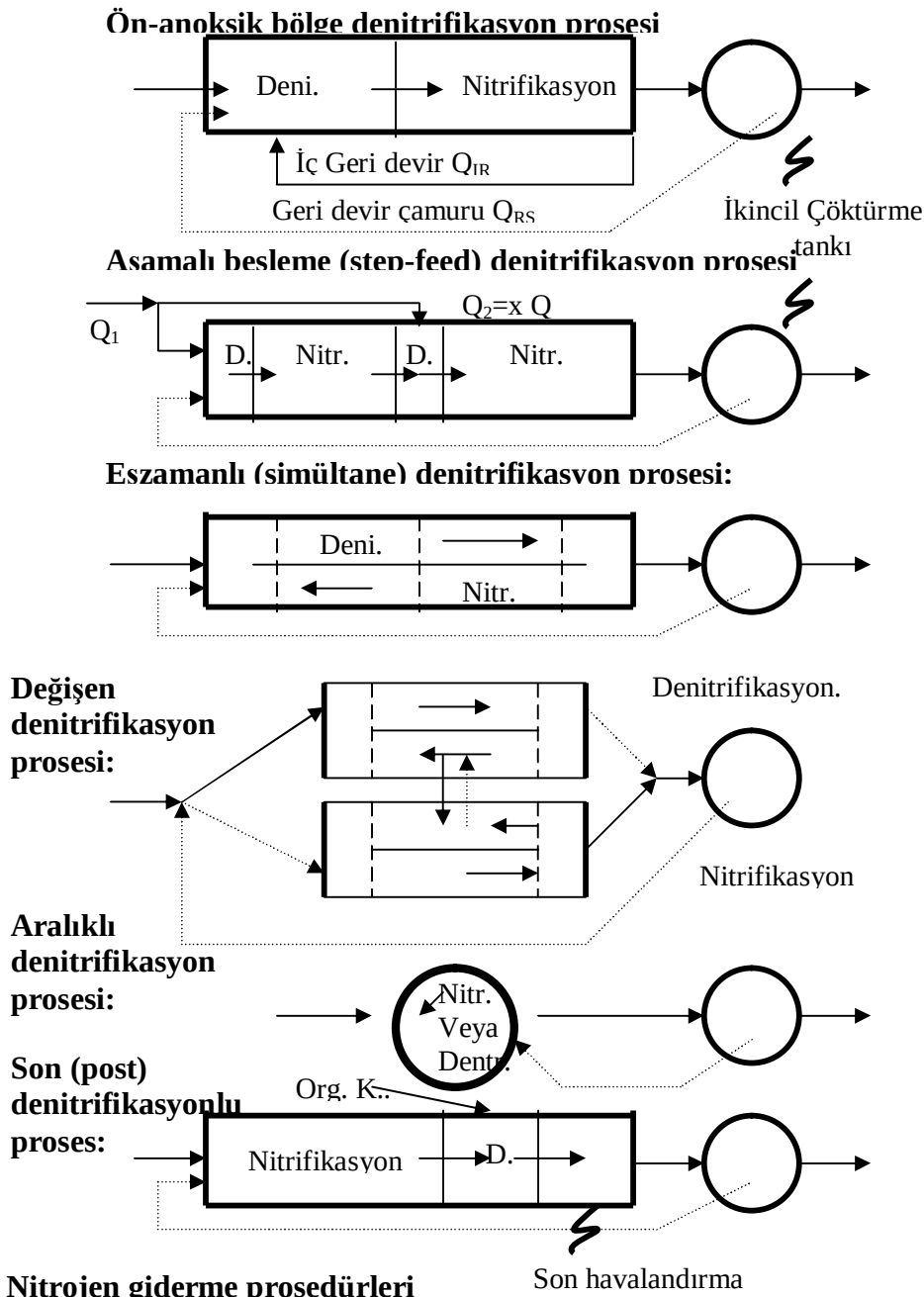
3.2 Biyolojik Reaktör

Atıksuyun aktif çamur prosesi ile arıtılması, proses teknolojisi, işletme ve ekonomik yönlere göre, biyolojik reaktörde (havalandırma tankı) aşağıdaki gereksinimleri karşılamaktadır:

- biyokütlenin yeterli zenginleşmesi, aktif çamurdaki mixed liquor suspended solids(MLSS) konsantrasyonu (SS_{AT}) miktarıdır;
- oksijen ihtiyacını karşılamak için yeterli oksijen transferi ve farklı işletme ve yük durumlarının eşleştirilmesinin kontrol edilmesi;
- çamurun tankın dibinde sürekli birikmesini engelleyen yeterli karışma vardır. Bir kural olarak havalandırma tanklarında havalandırmadan dolayı kesin sağlanmaktadır, gerekli görüldüğünde karıştırıcılarla desteklenebilmektedir. Çözünmüş hava veren havalandırma aletlerinin bulunduğu aşağı kısımların dışındaki alanlardaki aşağı kısım hızının hafif (light) çamur için 0,15 m/sn ve ağır (heavy) çamur içinse 0,30 m/sn olarak tahmin edilebilir. Anaerobik ve anoksik karıştırma tanklarında karıştırma, karıştırma aletleriyle sağlama alınır. Tank boyutuna ve şekline bağlı olarak 1-5 W/m³ güç normaldir.
- koku, aerosol, gürültü ve titreşim (vibrasyon) tarafından oluşan hiçbir sıkıntı yoktur.

Nitrojen giderimi için birçok reaktör yapıları ve işletme yolları mümkündür (şekil 2). Bunlar aşağıdaki gibi tanımlanabilmeli ki (5.2.5 ve 5.3.2 ile karşılaştırınız) yukarıdaki listedeki gereksinimler de her zaman gözlenebilinsin.

- Ön-anoksik bölge denitrifikasyon prosesi: atıksu, geri devir çamuru ve içsel geri devir akışının karıştığı denitrifikasyon tankıdır. Hem denitrifikasyon hem de nitrifikasyon tankları kaskat (cascade) olarak yapılandırılabilirler. İşletme esnekliğini artırmak için, akış yönünde görüldüğü gibi, denitrifikasyon tankının son kısımları havalandırılmaya açık olabilmelidir. Denitrifikasyondaki yüksek çözünmüş oksijen yükünün negatif etkilerini en aza indirmek için içsel geri devir tamamen gerekli olduğu miktara kadar düşürülmelidir.



Şekil 2: Nitrojen giderme prosedürleri

- Aşamalı besleme (step-feed) denitrifikasyon prosesi: her biri ya ön-anoksik bölgeye veya eşzamanlı (simültane) denitrifikasyonlu iki ya da daha fazla biyolojik reaktör birbiri

ardına sıralanmıştır. Atıksu bölüştürülür ve denitrifikasyon tankları sıraya göre beslenir. Bu yüzden kural olarak, içsel geri devirden vazgeçilir. Nitrifikasyon tankından sıradaki denitrifikasyon tankına transfer yapılırken yüksek oksijen konsantrasyonu denitrifikasyonu yavaşlatır. Nitrojen giderimle birlikte, proses, ön-anoksik denitrifikasyon prosesine denktir. Atıksuyun ayrı olarak beslenmesinden ötürü, ilk tanktaki **mixed liquor** konsantrasyonu ikincil çöktürme tankına giden çıkış suyundaki konsantrasyondan yüksektir, 5.2.5.4 ile karşılaştırınız.

- eşzamanlı (simültane) denitrifikasyon prosesi: pratikte sadece döner (carousel) tanklarda gerçekleşmektedir. Tankı içinde dolaşan akış denitrifikasyon ve nitrifikasyon bölgelerinden geçmektedir. Bu simültane denitrifikasyon, ön-anoksik denitrifikasyon bölgesinin yüksek içsel devir oranı olan bir tipi olarak sayılabilir. Havalandırmanın otomatik kontrol edilmesi, mesela nitrat konsantrasyonu, amonyum konsantrasyonu, redoks potansiyelinde kırılma veya oksijen ihtiyacı oranına bağlı oksijen içeriği, gereklidir. Seyreltmeye göre, döner tanklar yaklaşık olarak tam karıştırılmalı tanklardır.
- değişen denitrifikasyon prosesi (BİOdenitro): iki havalandırılmalı tanklar birbirine içsel bağlı olarak birbiri ardına sıralanmışlardır, bu şekilde su havalandırmasız tanktan diğer havalandırma tankına ve oradan da ikincil çöktürme tankına akmaktadır. Bu akma süresi, denitrifikasyon süresi ve nitrifikasyon süresi bir kural olarak zaman kontrollüdür. Nitrifikasyon fazının en sonundaki yüksek oksijen konsantrasyonu denitrifikasyonu zayıflatmaktadır. Buradaki karıştırma olayı tam karıştırma ile piston akışlı tanklar arasındadır.
- aralıklı denitrifikasyon prosesi: nitrifikasyon ve denitrifikasyon prosesleri bir reaktörde aynı zamanda birbirleri ardına gelirler. Bir fazın süresi, bir timer (süre ölçer) tarafından ölçülebileceği gibi, otomatik kontrol edilebilir, mesela nitrat konsantrasyonu, amonyum konsantrasyonu, redoks potansiyelinde kırılma veya oksijen ihtiyacı oranı. Nitrifikasyon fazının en sonundaki yüksek oksijen konsantrasyonu denitrifikasyonu zayıflatmaktadır. İçsel denitrifikasyonlu reaktörler tam karıştırılmalı tanklardır olarak değerlendirilebilirler.
- Son (post) denitrifikasyonlu proses: bu proses, eğer atıksuyun C/N oranı çok düşük ise uygulanır, böylece dıştan karbon eklenmesi kaçınılmaz olur. Denitrifikasyon tankı nitrifikasyon tankından sonra gelmektedir ve güvenlik için son-havalandırma tankı da mevcuttur.

[İlave (orijinal Alman metinde bulunmamaktadır): Nitrifikasyon tanklarında ve nitrifikasyon fazının iç proseslerinde yeterli çözünmüş oksijen (DO) ulaşmak için havalandırma, normalde otomatik olarak kontrol edilmektedir.]

Yukarıda adı verilen prosedürlerinden başka patentli özel bir dizi nitrojen giderimi prosesi vardır, karşılaştırın [1], 5.2.5.

Ardışık kesikli (sequencing batch) aktif çamur tesisleri (SBR) de nitrojen giderimi için uygundur. Daha fazla bilgiyi ATV Danışma Broşürü ATV-M 210 ve [1], 5.3.3 de bulabilirsiniz.

Önemli derecede ek biyolojik fosfor giderimi, nitrojen giderme için olan bir çok aktif çamur üst akıntı anaerobik tank olmasa da gözlenmiştir.

Ek biyolojik fosfor giderimi için her bir biyolojik reaktörün ya da bir grup biyolojik reaktörün yukarı akışı atıksu ve geri devir çamuru için anaerobik karıştırma tankı koyulur (karşılaştırın [1],

5.2.6 ve 5.3.2), Şekil 1. Eğer anaerobik tank kaskat (cascade) olarak dizayn edilirse verimlilik artabilir, böylece geri devir çamurunda bulunan nitrat bir bölümde giderilir ve diğer bölümde tamamen anaerobik şartlara ulaşılır. Özel prosedürler için [1], 5.2.6 ya dikkat edilmelidir. Simültane fosfor çökmesi (precipitation) için olan yapılar, birçok fazla biyolojik fosfor giderimi olan tesislerde sağlanıyorlar. Çökeltici dozlama (precipitant dosing) mümkün olduğunca otomatik kontrollü olmalıdır ki böylece havalandırma tankının çıkışında bir kontrol sistemi tercih edilsin.

Çamur yaşının en az 2-3 gün olduğu sadece karbon giderimi için kullanılan aktif çamur tesislerinde de ek biyolojik fosfor giderimi olmaktadır.

3.3 İkincil Çöktürme Tankı

İkincil çöktürme tanklarının ana amacı; aktif çamuru biyolojik olarak temizlenmiş atıksudan ayırmaktır.

Bir aktif çamur tesisinin yük kapasitesi, aktif çamurdaki askıda aktı maddelerin konsantrasyonu (SS_{AT}) ve havalandırma tankının hacmi ile belirlenir. Askıda katı maddenin konsantrasyonu esas olarak ikincil çöktürme tanklarının işlevsel kapasitesi ile birlikte değişken (fluctuating) hidrolik besleme, çamur hacim indeksi ve çamur giderimi ve bunların yanında geri devir çamur oranı ve atık çamur giderimine de bağlıdır.

İkincil çöktürme tanklarının boyutlandırılması, dizaynı ve donatımı öyle olmalıdır ki aşağıdaki görevleri yerine getirebilsin;

- Çökme ile aktif çamurun arıtılmış atıksudan ayrılması;
- Çökmüş aktif çamurun, yoğunlaştırılması ve biyolojik reaktöre (havalandırma tankı) geri devri için ayrılması;
- Yağmurlu havalarda giriş debisinin çok olması durumuna karşı havalandırma tankından çıkan aktif çamurun ara mamul olarak depolanması.

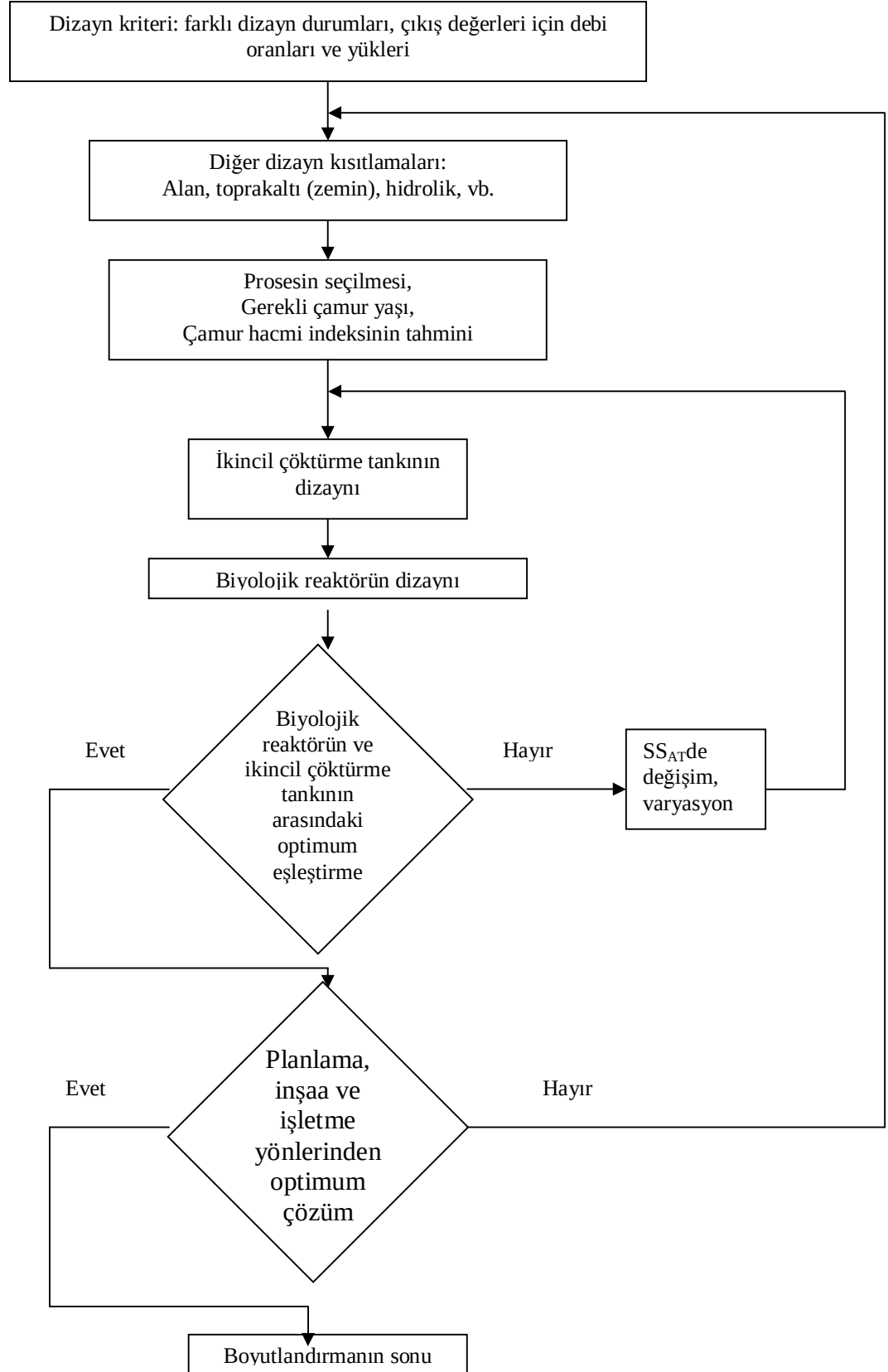
İkincil çöktürme tankındaki çöktürme prosesi; giriş bölgesindeki yumaklaşmadan, ikincil çöktürme tankındaki hidrolik durumdan (giriş ve çıkış dizaynları ve geçerli yoğunluk), geri devir çamur oranı ve çamur ayırma prosedüründen etkilenmektedir. Çökmüş çamur, tankın dibindeki çamur tabakasında yoğunlaşmaktadır. Burada ulaşılan yoğunlaştırma (thickening), çamur özelliklerine (SVI), çamur tabakasının derinliğine, yoğunlaştırma süresine ve çamur ayırma sisteminin tipine bağlıdır.

Yağmursuyu girişinin olmasıyla aktif çamur, havalandırma tankından ikincil çöktürme tankına artarak taşınır. Bu yüzden ikincil çöktürme tankı havalandırma tankından çıkan çamuru da depolayacak kapasitede olmalıdır. Bunun için, yeterli büyüklükte depolama hacmi, verimli çamur ayırma sitemi ve çamur geri devri için tahsis edilmiş tesisler (pompalar vb) gereklidir.

Metodun fonksiyonuna göre yatay ve dikey akışlı ikincil çöktürme tanklarının arasında ayrım yapılmalıdır. Dairesel ve dikdörtgen tanklar dizaynlarına göre ayrılmaktadırlar. Çökmüş ve yoğunlaşmış çamur, otomatik olarak çamur oluşuna akmaması için, kürek ya da **flight** sıyrıcılar ya da direk olarak emme aletleriyle transfer edilir.

3.4 Boyutlandırma Prosedürü

Aktif çamur prosesi tekrarlanarak meydana gelmektedir ve birçok faktör birbirini karşılıklı etkilemektedir, bakınız Şekil 3. Aşağıda verilen hesaplama yolu, pratik olarak bir hesaplamayı temsil etmektedir ve hesaplamaları yeni varsayımlar için tekrar etmek gerekli olabilir.



Şekil 3. Planlama ve boyutlandırma sırası, düzeni

Aşağıdaki adımlar önerilmektedir:

- 1 tesisin boyutlandırma kapasitesinin, ilgili debileri ve biyolojik reaktöre gelecek yüklerin belirlenmesi, Bölüm 4'e bakını.
- 2 Prosesin seçimi: eğer nitrojen giderimi gerekiyorsa, hangi nitrifikasyon/denitrifikasyon prosesinin gerektiğine karar verilmelidir. Ek olarak, çökme özelliklerinin gelişmesi için aerobik selektörün mü yoksa ek biyolojik fosfor giderimi için anaerobik karıştırma tankının mı üst akışa yerleştirilmesi belirlenmelidir.
- 3 gerekli güvenlik faktörünün (SF) belirlenmesinde, tesisin boyutlandırma kapasitesi ve bu durumda günlük yük değişimleri hesaba katılmalıdır. Sadece nitrifikasyon giderimi için dizayn edilen tesislerde, çamur yaşı ($t_{SS,aerob,dim}$), boyutlandırma sıcaklığı hesaba katılarak belirlenmelidir. Her ikisi de aerobik çamur stabilizasyonun da dahil edilmezler.
- 4 nitrojen giderimi olan tesislerde, denitrife olması gereken nitrat, nitrojen dengesi ortalamasıyla belirlenmelidir. Eğer nitrojen gideriminin oranı sürdürülemiyor da konsantrasyon değeri sürdürülebiliyorsa, giriş konsantrasyonu çok büyük etkilenmektedir; eğer rasgele bir numunedeki konsantrasyon karşılık gelirse (mesela; Almanya'daki Atıksu Yönetmeliğine göre yeterli rasgele numune) bu boyutlandırmada özellikle hesaba katılmalıdır.
- 5 Denitrifikasyon prosesinin seçimini hesaba katarsak, gerekli denitrifikasyon hacminin biyolojik reaktör hacmine oranı (V_D/V_{AT}) belirlenmelidir. Buna bağlı olarak de çamur yaşı ($t_{SS,dim}$) hesaplanmalıdır. Kombine aerobik çamur stabilizasyonu için çamur yaşı seçilmelidir, eğer ayrı iseler ilgili atıksu sıcaklığı uyumlu olmalıdır.
- 6 çamur hacmi indeksinin seçiminde; atıksuyun bileşimi, biyolojik reaktörün karıştırma özelliklerinin yanında aerobik selektör mü yoksa anaerobik karıştırma tankı mı olduğu hesaba katılmalıdır.
- 7 ikincil çöktürme tankında çamur yoğunlaştırma süresinin (t_{Th}) seçilmesi, seçilen biyolojik prosese bağlıdır ve alttaki çamurun askıda katı (kuru) maddesinin yoğunluğunun (SS_{BS}) belirlenmesi SVI ve t_{Th} e bağlıdır.
- 8 geri devir çamuru askıda katı madde konsantrasyonunun (SS_{RS}) belirlenmesine dip çamurdaki askıda katı madde konsantrasyonu ile ulaşılmaktadır ve çamur ayırma akıntısının seyrilmesi ise seçilmiş çamur ayırma sistemine bağlıdır.
- 9 Geri devir çamur oranının (RS) seçilmesi ve izin verilebilen biyolojik reaktördeki aktif çamurun askıda katı madde miktarının (SS_{AT}) hesaplanması. Aktif çamurdaki **mixed liquor** askıda aktı madde (MLSS-biyokütle) konsantrasyonu, biyolojik reaktörlerin ve ikincil çöktürme tanklarının hacmini ters yönde etkilemektedir. SS_{AT} artarken biyolojik reaktörün hacmini azaldığı ve artan SS_{AT} ile de ikincil çöktürme tankının yüzey alanının ve ek olarak derinliğini arttığına dikkat edilmelidir

- 10 ikincil çöktürme tankının yüzey alanının (A_{ST}), savak oranı (q_A) ya da çamur hacmi yük oranının(q_{SV}) müsaade verdiği şekilde belirlenmesi.
- 11 fonksiyonel bölgeler ve diğer şartnameler için ikincil çöktürme tanklarının derinliğinin kısmi/bölümsel (partial) derinliklerden belirlenmesi.
- 12 seçilmiş yoğunlaştırma (thickening) süresinin çamur ayırma (sıyırıcı) performansı ile gerçekleşmesi için önceden olması zorunlu olan şey ikincil çöktürme tankının boyutlarıdır.
- 13 atık çamur üretiminin (SP_d) belirlenmesi, eğer gerekli ise fosfor gideriminden gelen atık çamur ve belki denitrifikasyon için dışardan karbon dozlanmasının hesaba katılmasıyla olur.
- 14 seçilmiş çamur yaşı için biyolojik reaktördeki gerekli katı maddenin kütlesinin ($M_{SS,AT}$) hesaplanması.
- 15 biyolojik reaktörün hacminin hesaplanması.
- 16 eğer gerekli ise, biyolojik fosfor giderimi için anaerobik karıştırma tankının boyutlandırılması.
- 17 ön-anoksik bölge denitrifikasyonu veya aralıklı (kesikli) denitrifikasyon proseslerinin devir süresi için gerekli iç yeniden devir (recirculation) akış oranının hesaplanması.
- 18 havalandırma tesisinin dizaynı için ilgili oksijen tüketiminin belirlenmesi.
- 19 kalan alkaliniteyi kontrol etmede ve/veya alkali çökeltinin dozlanması gerektiğinde amonyaklaştırma, nitrifikasyon, denitrifikasyon ve fosfat çökmesinde alkalinite tüketimi ve kazancı ve bunların yanında oksijen tüketimi ve difüzör derinliği (sadece biyolojik reaktördeki pH'ı belirlemek için) hesaba katılır.
- 20 eğer gerekli ise, aktif çamurun çökme özelliğinin gelişmesi için bir aerobik selektörün boyutlandırılması.

Boyutlandırma parametreleri, bilimsel model konseptleri temel alınarak hazırlanabilir ve tecrübeyle desteklenebilir ya da kısmen sahada yapılmış olan tecrübelerden çıkarılabilir.

4. Debinin ve yüklerin ölçümlendirilmesi

4.1 Atıksu Yüğü

Atıksu arıtma tesisi boyutlandırılması değeri $B_{d,BOD,1}$ (BOI_5 –ham- kg/gün), Alman Atıksu Yönetmeliğı EK 1'e göre Boyut Sınıfı için sınıflandırılmada kullanılmaktadır ve Su Kanununda belirtilen boyutlandırma kapasitesinin elde edilmesinde tesise gelen atıksuyun BOI_5 yükünün kuru hava değeri en az %85 i alınarak ve artı planlanmış kapasite rezervi alınarak hesaplanır. Eğer boyutlandırma kapasitesi, bağlantısı bulunan kişi sayısı temel olarak

hesaplanıyorsa, Tablo 1'deki ham atıksu için yaşayanlara bağlı BOD₅ yükü kullanılmalıdır.

Buradaki uygulanan prensip, kanal sistemi ve kanalizasyon arıtma tesisi aynı atıksu girişi ve çıkışı için işletilmelidir.

Boyutlandırma için, giriş suyundan biyolojik reaktöre aşağıdaki önemli değerler sağlanmalıdır ve eğer uygulama çamur arıtmadan geri devire ilave giriş var ise (bakınız 4.2):

- uygun en düşük ve en yüksek sıcaklık. İki ya da üç yılın üzerinde 2-haftalık ortalama belirlenir.
- çamur üretiminin belirlenmesinde uygun organik yükü ($B_{d,BOD}$ $B_{d,COD}$), uygun askıda katı madde yükü ($B_{d,SS}$) ve fosfor yükü ($B_{d,P}$) ve böylece boyutlandırma sıcaklığı için havalandırma tankının hacminin hesaplanması.
- en yüksek uygun sıcaklık (kural olarak) için havalandırma ünitesinin dizaynında uygun organik yük ve nitrojen yükü.
- denitrife olacak nitratın belirlenmesi için uygun nitrojen konsantrasyonu (C_N) ve uygun organik maddelerin (C_{BOD} , C_{COD}) konsantrasyonu.
- giderilecek olan fosforun belirlenmesi için uygun fosfor konsantrasyonu (C_P).
- anaerobik karıştırma tankının dizaynı ve iç geri devir debisi için maksimum kuru hava giriş debisi $Q_{DW,h}$ ($m^3/saat$).
- İkincil çöktürme tanklarının dizaynı için giriş debisinin boyutlandırılması $Q_{WW,h}$ ($m^3/saat$).

Günlük yükler sadece hacimsel veya akış orantılı 24 saatlik bileşik numune ve ilgili günlük giriş debisinden hesaplanabilir. Uygun yükler isteğe göre seçilen günlerdeki ölçümler temel alınarak belirlenir mesela yağışlı havalardaki debi artışı.

Eğer yıllık bir grafik organik yüklerde ve/veya organik yükün nitrojen yüküne oranında periyodik değişimler gösteriyorsa, birçok yük durumları araştırılmalıdır.

Uygun konsantrasyonlar, uygun yükler ve birleşik günlük atıksu girişleriyle belirlenir. Uygun atıksu sıcaklığındaki periyotlardaki uygun yükler, çamur yaşıyla orantılı olan bir zaman periyodundaki ortalama değerden elde edilir. Basitleştirsek, nitrifikasyon ve denitrifikasyon için ortalama iki-haftalık ortalama ve çamur stabilizasyonu için dört-hafta ortalama elde edilir. Eğer gerekli numune yoğunluğu yoksa (haftada en az dört kullanılabilir günlük yük), haftalık ortalamlar elde edilemez, böylece günlerin en az %85 indeki yükler uygundur ki bu sayede en az 40 yük değeri kullanılmalıdır.

Eğer veri yeterli değilse ya da mesela küçük tesislerde araştırmaların maliyeti kullanmak için bağlantılı değilse, yükler ve konsantrasyonlar bağlantısı bulunan kişi sayısı artı endüstriyel-ticari ve diğer yükler temel alınarak belirlenir.

Uygun yükler ve konsantrasyonların belirlenmesindeki detaylar ATV-DVWK-A 198 [hazırlanmakta] Standardında “ Atıksu sistemleri için boyutlandırma değerlerinin birleştirilmesi ve türetilmesi” [3] bulunabilir.

Eğer uygun yükler bağlantısı bulunan kişi sayısı ile tahmin edilecekse, Tablo 1’deki değerler kullanılabilir. Birleşik giriş akışı tahmini ATV-DVWK Standardıyla [3] uygun ele alınmalıdır. Bu Standardın basılmasına kadar atıksu girişi ATV-A 131 (1991) [İngilizce’ye çevrilmedi] Standardına uygun ele alınmalıdır.

Tablo 1: Çamur sıvısını hesaba katmadan günlerin en az %85 i olan evsel yükler (g/l • gün)

Parametre	Ham atıksu	Q _{h,DW} ile birlikte ilk çöktürme fazında akış süresi	
		0,5-1,0 saat	1,5-2,0 saat
BOİ ₅	60	45	40
KOİ	120	90	80
DS	70	35	25
TKN	11	10	10
P	1,8	1,6	1,6

Dikkatli atıksu araştırmaları ve yüklerin belirlenmesi iki-dört hafta mümkün değilse, kural olarak, birinin zaman aralığını kaydedip etmediğinden emin olmadığında direk olarak kullanın. Bunlar, yine de mevcut veritabanına ilave için pratiktirler. Bu gibi araştırmalarda, giriş debileri mutlaka numune aralıklarıyla her zaman kayıt edilmelidir. Böylece, f_N (bakınız 5.2.8) değerinin belirlenmesi için günlük TKN eğrileri kayıt edilmelidir. Nadiren askıda katı madde konsantrasyonu ($X_{SS,IAT}$) veya alkalinite ($S_{ALK,IAT}$) gibi analiz edilen değerler yetebilir. Deri devir iç alışların yükleri mesela çamur arıtmadan, bu gibi araştırmaların kapsamında kayıt edilebilir.

4.2 Sıvı Çamur Ve Harici Çamur

Yoğunlaştırılmış ve susuzlaştırılmış (anaerobik) çürütülmüş (digested) çamurdan gelen su yüksek konsantrasyonda amonyum içermektedir. Çamur çürütücüye gelen organik nitrojenin % 50’sinin amonyum nitrojen olarak serbest bırakıldığı tahmin edilebilir. Eğer sıvı çamur sadece ve sadece haftanın tek günlerinde günlük birkaç saatte üretiliyorsa, dozlanan girdi için ara bir depolama gereklidir.

Fosfor ve organik maddeli (BOD₅ ve COD) geri devir yükleri kural olarak digested çamurun susuzlaştırılmasındakinden küçüktür. Bu yüzden bir geri evir yükü eklenmeyebilir, mesela, atıksudan gelen bütün yüklerin tamamına oranı gibi.

Aerobik çamur stabilizasyonu için çamur silolarında, kural olarak, az ya da çok anaerobik çamur prosesi meydana gelir. Bununla, eğer ek fosfor giderimi uygulanırsa amonyum serbest kalabilir ve fosforun yeniden çözünmesi mümkündür. Biyolojik arıtmanın bozulmasını engellemek için

- çamur sıvısı düzenli olarak küçük miktarlarda çıkarılmalıdır
- susuzlaştırma yapılırken filtrelenmiş ya da centrate silo içeriği, benzer büyüklükteki silolarda toplanmalı ve uzun bir zaman periyodunun üstünde beslenmelidir.

Eğer dışardan gelen çamur (diğer atıksu artıma tesislerinden, dışkı çamuru ya da benzeri) deşarj ediliyorsa arıtma yapılmış çamur eklemek yerine orta seviyede bir depolama akıllıca olur.

5. Biyolojik Reaktörün Boyutlandırılması

5.1 Pilot Çalışmalara Dayalı Olarak Boyutlandırma

Pilot tesisleri veya bir tesisin bir kısmının kullanılmasıyla yapılan pilot testler proses konseptinin ve model parametrelerinin uygulamaya yönelik koşullarda incelenmesinin sağlar.

Bunun için pilot tesisler en azından yarı-teknik ölçekli kurulmalıdır ve uygulamaya yönelik şartlarda işletilmelidir ve yarım yıldan az olmamalı ki soğuk mevsimi de kapsasın. Birisi en zayıf-nokta analizlerini dinamik simülasyon yardımıyla önce tamamlayabilir.

Bu gibi araştırmalar doğrultusunda boyutlandırma, kural olarak daha doğru olur ve genellikle maliyet düşer. Sonuçları kullanarak deneyler sırasında kayıt edilmemiş işletme şartlarının dinamik simülasyonu için geliştirilmiş bir temel böylece oluşturulur.

Bölüm 3.4 de verilen bazı boyutlandırma parametreleri bununla belirlenebilir, bunlardan bazıları:

- çamur üretimi ve gerekli çamur yaşı.
- biyolojik reaktörün kullanışlı şekilde bölünmesi (anaerobik, anoksik ve aerobik), eğer gerekiyorsa çeşitli mevsimler ve /veya yükleme şartlarına göre de bölünebilir.
- Oksijen tüketimi ve oksijen transferinin otomatik kontrolü için gereklilikler; böylece oksijen ihtiyacı oranını sık sık kontrol edilmek zorunda kalınır.
- çözünmüş kalan KOİ ($S_{COD,EST}$)

5.2 Deneyimlere Dayalı Olarak Boyutlandırma

5.2.1 Gerekli Çamur Yaşı

5.2.1.1 Nitrifikasyonsuz Arıtma

Nitrifikasyonsuz aktif çamur tesisleri çamur yaşı dört günden beş güne göre boyutlandırılmaktadır, bakınız Tablo 2.

Tablo 2: Çamur yaşının (gün) arıtma amacı, ve sıcaklığına ve bunların yanında tesis büyüklüğüne bağlı olarak boyutlandırılması (ara değerler tahmin edilmelidir)

Arıtma Amacı	Tesisin büyüklüğü $B_{d,BOD,l}$			
	1.200 kg/gün'e kadar		6.000 kg/gün'den fazla	
Boyutlandırma sıcaklığı	10°C	12°C	10°C	12°C
Nitrifikasyonsuz	5		4	
Nitrifikasyonlu	10	8,2	8	6,6
Nitrojen gideriminde $V_D/V_A =$	0,2	12,5	10,3	10,0
	0,3	14,3	11,7	11,4
	0,4	16,4	13,7	13,3
	0,5	20,0	16,4	16,0
Nitrojen giderimini içeren çamur stabilizasyonu	25		Belirtilmemiş	

5.2.1.2 Nitrifikasyonlu Arıtma

Nitrifikasyonu sürdürebilmek için (aerobik) boyutlandırma çamur yaşı:

$$t_{SS,aerob,dim} = SF \cdot 3,4 \cdot 1,103^{(T-15)} \quad [d] \quad (5-1)$$

3,4 değeri, 15°C de (2,13 gün) ve 1,6 çarpanıyla amonyum oksidanlarının (nitrosomonas) maksimum büyüme oranlarının karşılığında elde edilmiştir. Buradan da yeterli oksijen transferi var ve hiçbir negatif etkileyen faktör yok ise yeterli nitrifikasyon gelişebileceğini ve aktif çamurda tutunabileceğini garanti eder (bakınız [1] 5.2.4). 2,13 günlük (15° C) çamur yaşıyla nitrifikasyon yapan bakteriler çoğalamazlar.

Güvenlik faktörünü kullanarak (SF) aşağıdakiler hesaba katılabilir:

- Atıksudaki bazı maddeler, kısa dönemli sıcaklık ve/veya pH değişiklikleri maksimum büyüme oranında değişikliklere neden olur.
- amonyumun ortalama çıkış konsantrasyonu.
- Giriş nitrojen konsantrasyonundaki değişikliklerin çıkış nitrojen konsantrasyonundaki değişikliklere oranı.

Bundan önceki bütün tecrübelerle dayanarak boyutlandırma kapasitesi $B_{d,BOD,l} = 1.200 \text{ kg/güne}$ (20.000 PT) kadar olan belediye tesislerinde etkili giriş yükü değişiklikleri yüzünden $SF = 1,8$ alınması ve $B_{d,BOD,l} \geq 6.000 \text{ kg/gün}$ (100.000 PT) için $SF = 1,45$ alınması tavsiye edilir. Bununla, ortalama çıkış konsantrasyonu $S_{NH_4,EST} = 1.0 \text{ mg/l}$ de tutulabilir, böylece nitrifikasyon yapan bakterilerin maksimum büyüme oranlarından hiçbir negatif etki olmaz.

Eğer $B_{d,BOD,l} < 6.000 \text{ kg/gün}$ olan tesislerde ölçülen f_N değeri 1,8 in altındadır (bakınız 5.2.8) ve SF 1,45 e kadar düşebilir.

Yükün günlük olarak dengelenmesi için bir buffer (tampon) tankı planlanıyorsa güvenlik faktörünün $SF = 1.45$ den küçük varsaymamak iyi olur.

Eğer kışın biyolojik reaktörün çıkış akışının sıcaklığı çıkıştaki nitrojen gerekliliklerini sağlamak için zorunlu olan (T_{ER}) sıcaklığının altına düşerse, kontrol edilen sıcaklıkta sabit bir nitrifikasyon sağlamak için denklem 5-1 deki $T_{dim} = (T_{ER} - 2)$ boyutlandırma değeri uygulanmalıdır. Tesis büyüklüğüne bağlı olarak kontrol sıcaklığı $T_{ER} = 12^\circ \text{ C}$ için aşağıdaki çamur yaşlarından birini seçmek için yukarıda verilen güvenlik faktörlerini hesaba katılması önerilmektedir:

$B_{d,BOD,l} = 1.200 \text{ kg/güne}$ kadar olan tesisler için
 $t_{SS,aerob,dim} = 10 \text{ gün}$

$B_{d,BOD,l} = 6.000 \text{ kg/günden}$ fazla olan tesisler için
 $t_{SS,aerob,dim} = 8 \text{ gün}$

Bu değerler Tablo 2 de verilmiştir. Ara değerler bulunmalıdır.

Eğer atıksuyun sıcaklığı her zaman kontrol sıcaklığından fazla ise, o zaman sıcaklığın en düşük iki-haftanın ortalaması boyutlandırma sıcaklığı olarak seçilebilir.

Alkalinitenin nitrifikasyondan dolayı yüksek tüketimini sınırlamak için (bakınız 5.2.9) işletmeyle ilgili sebeplerden dolayı kısmi (partial) akış planlanması (bakınız 5.2.1.3) tavsiye edilir.

5.2.1.3 Nitrifikasyonlu ve Denitrifikasyonlu Arıtmalar

Nitrojen giderimi için önkoşul güvenli bir nitrifikasyondur (bakınız 5.2.1.2).

Nitrifikasyon ve denitrifikasyon için boyutlandırma çamur yaşı sonuçları:

$$t_{SS,dim} = t_{SS,aerob} \cdot \frac{1}{1 - (V_D - V_{AT})} \quad [\text{gün}] \quad (5-2)$$

Denklem 5-1 ile;

$$T_{SS,aerob,dim} = SF \cdot 3,4 \cdot 1,103^{(T-15)} \cdot \frac{1}{1 - (V_D - V_{AT})} \quad [\text{gün}] \quad (5-3)$$

$V_D - V_{AT}$ nin hesaplanması için Bölüm 5.2.2 ye bakılmalıdır.

Denklem 5-3 de boyutlandırma sıcaklığı olarak kullanılacak sıcaklık nitrojen giderimi için gerekli sıcaklığı olmalıdır ($T_{dim} = T_{ER}$); böylece Alman Atıksu Yönetmeliği ile uyumlu olarak $T_{dim} = T_{ER} = 12^\circ \text{C}$ olur.

Kışın 12°C den küçük olan atıksu sıcaklıkları için, kural olarak ispat edilmelidir ki, en düşük iki haftanın sıcaklığının aritmetik ortalamasında nitrifikasyonun bozulmaz. Bunun için boyutlandırma çamur yaşının korunmalı ve en düşük sıcaklık için (T_W) $V_D - V_{AT}$ oranı denklem 5-4 e göre hesaplanır.

Eğer atıksuyun sıcaklığı için mevcut kabul edilebilir ölçülmüş hiçbir değer yoksa $2^\circ - 4^\circ \text{C}$ düşen t_{ER} sıcaklığı denklem 5-4 de T_W için uygulanabilir. (2° ; eğer atıksuyun soğuması iki haftalık aritmetik ortalama tahmin edilmeyen 10°C nin altında ise ve 4° ; eğer uç durumlarda ağır soğumalar tahmin ediliyorsa).

Eğer düşük sıcaklıklarda organik yük ($B_{d,BOD,I}$) boyutlandırma yapılırken temel alınandan değişik ise, asıl çamur yaşı denklem 5-4 de $t_{SS,dim}$ yerine uygulanmalıdır.

$$V_D / V_{AT} = \frac{SF \cdot 3,4 \cdot 1,103^{(15-T_W)}}{T_{SS,dim}} \quad [-] \quad (5-4)$$

Bu, biyolojik reaktörün esnek bir dizaynı olduğunu kanıtlar ki bu sayede denitrifikasyon bölgesinin nitrifikasyon bölgesinin lehine azaltılabilir olmalıdır. Eğer iç resirkülasyon uygun bir şekilde dizayn edildiyse, ön-anoksik bölge nitrifikasyonundaki V_D hacmine imkan dahilinde anaerobik karıştırma tankı dahil edilebilir.

Denklem 5-4 göre V_D / V_{AT} için negatif bir değer vardır, o zaman $V_D / V_{AT} = 0$ uygulanır ve güvenlik faktörü denklem 5-4 ü kullanarak hesaplanmalıdır. $SF = 1,2$ ye kadar indirilebilir yoksa reaktör hacmi artmalıdır.

Eğer 12°C nin altında bir boyutlandırma sıcaklığı gerekirse, biri ona göre devam edebilir. 8°C nin altındaki sıcaklık için tesislerin boyutlandırılmasıyla ilgili mevcut tecrübe yoktur.

Bütün durumlar için alkalitenin yeterli olup olmadığının kanıtlanması gerekir, bakınız bölüm 5.2.9.

Eğer çıkışın amonyum nitrojen ihtiyacı $S_{NH_4,ER} < 10 \text{ mg/l}$ ile belirleniyor veya giriş yükleri hava kuru olsa bile çok yüksek değişiklikleri olası kılıyorsa ve izleme rasgele bir numunede veya 2 saatlik bileşik numunede yapılıyorsa güvenlik faktörünün artırılması veya dinamik simülasyonla bir verifikasyon sağlanmalıdır. Bu, uygun günlük yük değişimleri için varsayılr.

5.2.1.4 Aerobik Çamur Çürütmeli (Stabilization) Arıtma

Aerobik çamur (birleşik-) stabilizasyonu ve nitrifikasyonu için boyutlandırılan çamur yaşının boyutlandırılmasında $t_{ss, dim} \geq 25$ gün olmalıdır.

Eğer daha fazla denitrifikasyon gerekiyorsa çamur yaşı $t_{ss, dim} \geq 25$ gün olmalıdır. Eğer biyolojik reaktördeki iki haftalık sıcaklığın aritmetik ortalaması 12°C den büyük ise çamur yaşı denklem 5-5 e göre azaltılabilir:

$$t_{ss, dim} \geq 25 \cdot 1,072^{(12-T)} \quad [\text{gün}] \quad (5-5)$$

Eğer sıcak mevsimdeki organik yükler soğuk mevsimdeki organik yükten büyük ise, gereken çamur hacmi $M_{SS,AT}$ (bakınız 5.2.6) her iki durum için de ayrı ayrı denklem 5-5 kullanılarak hesaplanmalıdır. Daha büyük çıkan çamur hacmi biyolojik reaktörün hacmi için uygundur.

Eğer çamur havuzları veya tankları, sıvı çamurun anaerobik olarak tekrar stabilizasyonu için en az bir yıl bekleme süresine uygunsa, o zaman daha fazla denitrifikasyon gerekiyorsa bile çamur yaşı $t_{ss, dim} = 20$ gün olacak şekilde azaltılabilir.

Denitrifikasyon olacak nitratın ve hacim oranının V_D/V_A hesaplanması Bölüm 5.2.2. ye göre yapılmalıdır. V_D/V_A nın çamur yaşını hesaplamada hiçbir etkisi yoktur, fakat daha çok aralıklı denitrifikasyonda oksijen transferini hesaplarken kullanılır.

5.2.2 Denitrifikasyon Reaktörü Hacminin Oranının Belirlenmesi

Günlük denitrifike olacak nitrat konsantrasyonunun sonuçları aşağıdaki gibidir:

$$S_{NO3,D} = C_{N,IAT} - S_{orgN,EST} - S_{NH4,EST} - S_{NO3,EST} - X_{orgN,BM} \quad [\text{mg/l}] \quad (5-6)$$

Giriş nitrojen konsantrasyonu ($C_{N,IAT}$) $T = 12^{\circ}\text{C}$ için belirlenen uygun değer olması suretiyle uygulanmalıdır. Eğer yıl boyunca yüksek sıcaklığın olduğu zamanlarda yüksek $C_{N,IAT} / C_{COD,IAT}$ oranları belirlenirse, bu durumda birçok yük çeşitleri göz önüne alınmalıdır.

Giriş nitrat konsantrasyonu ($S_{NO3,IAT}$) genelde kayda değmeyecek kadar küçüktür. Yüksek süzülme oranlarında (yer altı suyu nitrat içerir) veya bazı ticari ve sanayi tesislerinden gelen girişlerde $S_{NO3,IAT}$ yi $C_{N,IAT}$ içinde saymak gerekebilir.

Anaerobik çamur çürütmesi olan tesislerde ve sahada mekanik susuzlaştırmada, giriş konsantrasyonunu ($C_{N,IAT}$) çamur sıvısının nitrojenini kapsamalıdır, eğer ayrı bir çamur sıvısı arıtması yoksa bakınız Bölün 4.2. çıkıştaki organik nitrojen konsantrasyonu $S_{orgN,EST} = 2 \text{ mg/l}$ ye sabitlenebilir. Bazı ticari atıksu girişlerinde konsantrasyon yüksek olabilir. Güvenli kısımda olmak için boyutlandırma için çıkıştaki amonyum içeriği, kural olarak, $S_{NH4,EST} = 0$ varsayılır. Biyokütleyle dahil olan nitrojen $X_{orgN,BM} = 0,04$ 'den $0,05 \cdot C_{BOD,IAT}$ veya $0,02$ 'den $0,05 \cdot C_{BOD,IAT}$ şeklinde basitçe hesaplanabilir.

Günlük ortalama olarak uygulanacak uygun çıkış nitrat konsantrasyonu, eğer Almanya'daki gibi izleme rasgele yapılanların veya 2 saatlik bileşik numunelerin aritmetik ortalaması alınıyorsa,

çıkış için gerekli inorganik nitrojenden ($S_{inorgN,ER}$) önemli derecede daha küçük konsantrasyondan seçilmelidir. $S_{NO3,EST} = 0,8$ den $0,6 \cdot S_{inorgN,ER}$ olarak belirlemek pratiktir ki onun sayesinde giriş yüklerinde yüksek varyasyonlar olan tesisler için küçük değerler uygulanır.

Biyolojik reaktöre (ya da anaerobik karıştırma tankı)giden giriş akışındaki uygun BOD_5 ile $S_{NO3,D} / C_{BOD,IAT}$ oranı elde edilir, böylece gerekli denitrifikasyon kapasitesi elde edilir.

Eşzamanlı ve aralıklı denitrifikasyon prosesi için aşağıdaki V_D / V_A hesaplaması uygulanabilir, bakınız [1], 5.2.5.3:

$$\frac{S_{NO3,D}}{C_{BOD,IAT}} = \frac{0,75 \cdot OU_{C,BOD}}{2,9} \cdot \frac{V_D}{V_{AT}} \quad [mg \text{ N/mg } BOD_5] \quad (5-7)$$

[Çevirmen notu (orijinal Alman metinde yoktur): Denklem 5-7 tam karıştırmalı biyolojik reaktördeki denitrifikasyon bölgesindeki oksijen kütlesi dengesinden türetilmiştir.]

$$\frac{Q_d \cdot 2,9 \cdot S_{NO3,D}}{1000 \cdot \square} = V_D \cdot 0,75 \cdot \frac{OU_{d,C}}{V_{AT}} \quad [kg/gün]$$

Sol taraf günlük denitrife olacak nitrat yükü için gerekli oksijeni temsil etmektedir. Sağ taraf ise denitrifikasyon bölgesindeki günlük oksijen ihtiyacını göstermektedir. 0,75 faktörü ise çözünmüş oksijenin ihtiyaç oranının nitratın toplam düşük ihtiyaç oranına karşılaştırılmasıdır.

Boyutlandırma çamur yaşı ve boyutlandırma sıcaklığı için olan denklem 5-24 ile uyumlu olarak $OU_{C,BOD}$ belirlenir ya da Tablo 7 den alınmalıdır. 10° den 12° C ye kadar olan sıcaklık aralığı için Denklem 5-7 yi kullanarak hesaplanan değerler Tablo 3 de verilmiştir.

Denitrifikasyon için hazır biodegradable (ayrışabilir) olmuş organik maddenin sadece küçük bir bölümünün kaybolduğu ön-anoksik denitrifikasyon prosesler ve karşılaştırılabilir prosesler için teorik olarak türetilmiş şekil 5.2.5-3 de uygulanan değerlere eğilim gösteren deneysel (ampirik) değerler tablo 3’de verilmiştir. Önceden olması gereken şudur ki denitrifikasyon bölgesine gelen bütün girişlerde çözünmüş oksijen içeriğinin 2 mg/l den az olmasıdır.

Tablo 3: Sıcaklık 10° C den 12° C ye kadar olan kuru hava için denitrifikasyonun boyutlandırılması için standart değerler ve ortak koşullar (kg giriş BOD_5 başına denitrifike olacak kg nitrat nitrojeni)

V_D/V_{AT}	$S_{NO3,D}/C_{BOD,IAT}$	
	Ön-anoksik bölge denitrifikasyonu ve karşılaştırılabilir prosesler	Eşzamanlı ve aralıklı denitrifikasyon
0,2	0,11	0,06
0,3	0,13	0,09
0,4	0,14	0,12
0,5	0,15	0,15

10° den 12° C aralığındaki sıcaklıklarda boyutlandırma için Tablo 3’de verilen denitrifikasyon kapasitesi değerlerinin kullanılması tavsiye edilir. $V_D/V_{AT} = 0,2$ den küçük ve $V_D/V_{AT} = 0,5$ den büyük denitrifikasyon hacimleri boyutlandırma için tavsiye edilmez.

Değişimli denitrifikasyon prosesli denitrifikasyon kapasitesi ön-anoksik bölge ve aralıklı denitrifikasyon arasındaki ortalama olarak varsayılabilir.

12° C den yüksek sıcaklıklar için denitrifikasyon kapasitesi 1° C başına %1 şeklinde artırılabilir.

Eğer boyutlandırma veya yeniden hesaplama KOİ temel alınarak yapılırsa, $S_{NO3,D} / C_{COD,IAT} = 0,5 \cdot (S_{NO3,D} / C_{BOD,IAT})$ şeklinde hesaplanabilir.

$V_D/V_A = 0,1$ değeri için yeniden hesap yapılırsa ön-anoksik bölge denitrifikasyonu için $S_{NO3,D} / C_{BOD,IAT} = 0,08$ ve simültane ve aralıklı denitrifikasyon içinse $S_{NO3,D} / C_{BOD,IAT} = 0,03$ olarak hesaplanabilir. Eğer yeniden hesaplama yapıldığında $V_D/V_{AT} < 0,1$ değeri elde edilirse $S_{NO3,D} / C_{BOD,IAT} = 0$ olarak alınmalıdır.

Eğer gerekli denitrifikasyon kapasitesi $S_{NO3,D} / C_{BOD} = 0,15$ den büyük ise V_D/V_{AT} nin daha fazla artması tavsiye edilmez. Birincil çöktürme tankı hacminde azalma veya kısmi **by-pass** olup olmadığı araştırılmalıdır ve/veya eğer mümkünse amacı karşılamak için ayrı bir çamur arıtma yardımcı olur. Bir alternatif de ilave dışardan karbon eklenmesi için bir plan yapmaktır. Eğer güvenli işletme tecrübesi mümkün ise uygun ünitelerin inşasına öncelikli başlanır.

Harici karbon için gerekli olan KOİ miktarı denitrife olacak nitrat nitrojenin kg başına 5 kg KOİ dir. Bununla aşağıdaki KOİ deki ortama artışı elde edilir:

$$S_{COD,Ext} = 5 \cdot S_{NO3,D,Ext} \quad [mg/l] \quad (5-8)$$

Ticari karbon bileşiklerindeki KOİ miktarı Tablo 4’den alınabilir. Karbonun diğer kaynakları için KOİ ve eğer gerekli olursa denitrifikasyon kapasitesi de belirlenmelidir. Metanolün sadece uzun-vadeli uygulamalar için uygun olması özel denitrifikasyon bakterilerinin büyümesi suretiyle olduğuna dikkat edilmelidir.

Tablo 4: Harici karbon kaynaklarının özellikleri

Parametre	Birim	Metanol	Etanol	Asidik asit
Yoğunluk	kg/m ³	790	780	1.060
KOİ	kg/kg	1,5	2,09	1,07
KOİ	kg/l	1,185	1,630	1,135

5.2.3 Fosfor Giderimi

Fosfor giderimi, eşzamanlı (simültane) çökelme, ek biyolojik fosfor gideriminin eşzamanlı çökelme ile birleşmesiyle ve ön veya son çökelme ile olabilir (bakınız [1] 5.2.6 ve 7.4).

Biyolojik fosfor giderimi için olan anaerobik karıştırma tankları, minimum 0.5'den 0.75 saat temas süresine için maksimum kuru hava debisi ve geri evir çamur debisine ($Q_{DW,h} + Q_{RS}$) göre boyutlandırılmalıdırlar. Biyolojik fosfor gideriminin kademesi temas süresinden başka geniş derecede biodegradable olmuş organik madde konsantrasyonunun fosfor konsantrasyonu oranına bağlıdır. Eğer kışın anaerobik hacim denitrifikasyon için kullanılırsa o zaman bu dönemde daha düşük bir fosfor giderimi olur.

Çökecek (precipitated) olacak fosforun belirlenmesinde eğer gerekirse farklı çeşitteki yükler için aşağıdaki denge kurulmuştur:

$$X_{P,Prec} = C_{P,IAT} - C_{P,EST} - X_{P,BM} - X_{P,BioP} \quad [mg/l] \quad (5-9)$$

$C_{P,IAT}$, biyolojik reaktöre gelen giriş akışındaki toplam fosfordur. Çıkış konsantrasyonu ($C_{P,EST}$) ise çıkışta gerekli fosfor gereksimine ($C_{P,ER}$) bağlı olarak seçilmelidir, mesela $C_{P,EST} = 0,6$ dan $0,7$ ye $C_{P,ER}$. Hetetrofik biyokütlenin ($X_{P,BM}$) oluşması için gerekli olan fosfor $0,01 C_{BOD,IAT}$ veya $0,005 C_{COD,IAT}$ olarak belirlenmelidir. Normal bir evsel atıksuda ek biyolojik fosfor giderimi ($X_{P,BioP}$) için aşağıdakiler yerine getirilebilir:

- anaerobik üst akıntılı tanklarda $X_{P,BioP} = 0,01$ den $0,015 C_{BOD,IAT}$ veya $0,005$ den $0,007 C_{COD,IAT}$.
- eğer üst akıntılı anaerobik tanklarda düşük sıcaklıklarda, $S_{NO3,EST} 15$ mg/l den büyük veya eşit olacak şekilde artarsa $X_{P,BioP} = 0,005$ den $0,01 C_{BOD,IAT}$ veya $0,0025$ den $0,005 C_{COD,IAT}$ olacak şekilde alınabilir.
- anaerobik tankı olmayan ön-anoksik bölge denitrifikasyonunda veya aşamalı besleme (step-feed) denitrifikasyonda ek biyolojik fosfor giderimi olarak $X_{P,Bio} \leq 0,005 C_{BOD,IAT}$ ya da $0,002 C_{COD,IAT}$ olarak alınabilir.
- eğer düşük sıcaklıklarda ön-anoksik bölgenin iç resirkülasyonu anaerobik tanka deşarj oluyorsa, $X_{P,Bio} \leq 0,005 C_{BOD,IAT}$ ya da $0,002 C_{COD,IAT}$ olarak hesaplanabilir.

Ortalama çökelme ihtiyacı; $1,5 \text{ mol Me}^{3+} / \text{mol } X_{P,Prec}$ kullanılarak hesaplanabilir. Çevirme yapılarak aşağıdaki çökelme ihtiyacı değerleri elde edilir:

Demir kullanarak çökelme

$2,7 \text{ kg Fe/kg } P_{Prec}$

Alüminyum kullanarak çökelme

1,3 kg Al/ kg P_{Prec}

Kireç kullanılan simültane çökelmelerde kural olarak ikincil çöktürme tankının girişine pH 1 artırmak için kireç sütü dozlanır ve bu da çökelme kıvamına getirir. İlk defada kireç ihtiyacı alkaliniteyi bağlıdır. ATV Standardı ATV-A 202 deki [henüz İngilizcesi yok] testler herhangi bir durum için tavsiye edilir.

Kaliteli rasgele bir C_{P,ER} < 1,0 mg/l kontrol değerleri için mesela C_{P,ER} = 0,8 mg/l tek-aşamalı aktif çamur tesisleri boyutlandırılmaz. Uygulamada buna rağmen C_{P,ER} < 1,0 mg/l değerleri uygun şartlar altında başarılabilir.

5.2.4 Çamur Üretiminin Belirlenmesi

Bir aktif çamur tesisinde üretilen çamur, katı maddenin ayrışması ve depolanması sonucu oluşur ve ayrıca fosfor gideriminden de çamur oluşur:

$$SP_d = SP_{d,C} + SP_{d,P} \quad [\text{kg/gün}] \quad (5-10)$$

Çamur üretiminin ve çamur yaşının ilişkisi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$t_{SS} = \frac{M_{SS,AT}}{SP_d} = \frac{V_{AT} \cdot SS_{AT}}{SP_d} = \frac{V_{AT} \cdot SS_{AT}}{Q_{WS,d} \cdot SS_{WS} + Q_d \cdot X_{SS,EST}} \quad [\text{gün}] \quad (5-11)$$

İkincil çöktürme tankının çıkış suyunun filtre edilebilir madde yükünü (Q_d • X_{SS,EST}) kural olarak hesaba katılmayacak kadar küçük ise çamur üretimi (SP_d) günlük atık çamurla (Q_{WS,d} • SS_{WS}) ile aynı olarak alınabilir.

Karbon gideriminden oluşan çamurun hesaplanması için Hartwig katsayılarını kullanarak aşağıdaki ampirik denklem kullanılabilir (bakınız, [1], 5.2.8.2) :

$$SP_{d,C} = B_{d,BOD} \cdot (0,75 + 0,6 \cdot \frac{X_{SS,IAT}}{C_{BOD,IAT}} - \frac{(1-0,2) \cdot 0,17 \cdot 0,75 t_{SS} \cdot F_T}{1 + 0,17 \cdot t_{SS} \cdot F_T}) \quad [\text{kg/gün}] \quad (5-12)$$

Endojen solunum için sıcaklık faktörü:

$$F_T = 1,072^{(T-15)} \quad [-] \quad (5-13)$$

Denitrifikasyonun gelişmesi için harici karbon düzenli olarak dozlanmak zorunda ise, o zaman denklem 5-12de basitleştirilen S_{COD,Ext} ≥ 10 mg/l (S_{NO3,D,Ext} ≥ 2 mg/l) ile B_{d,BOD}, Q_d • 0,5 • S_{COD,Ext} / 1000 değeri ile artmalıdır ve denklem 5-12 ve tablo 5 deki gibi C_{BOD,IAT} ise 0,5 • S_{COD,Ext} değeri ile artırılmalıdır. S_{COD,Ext} ≤ 10 mg/l ile ilave çamur üretimi yok sayılır.

Tablo 5 deki değerler denklem 5-12 kullanılarak T = 10° C ve T = 12° C için hesaplanmış ve ortalamaları alınmıştır.

Tablo 5: 10°-12° C de özel çamur üretimi $SP_{C,BOD}$ [kg SS / kg BOD₅]

$X_{SS,IAT}/C_{BOD,IAT}$	4	8	10	15	20	25
0,4	0,79	0,69	0,65	0,59	0,56	0,53
0,6	0,91	0,81	0,77	0,71	0,68	0,65
0,8	1,03	0,93	0,89	0,83	0,80	0,77
1,0	1,15	1,05	1,01	0,95	0,92	0,89
1,2	1,27	1,17	1,313	1,07	1,04	1,01

Fosfor gideriminden gelen çamur üretimi, ek biyolojik fosfor gideriminden ve simültane çökeltmeden katı maddeden oluşmaktadır.

Ek biyolojik fosfor giderimi için biyolojik giderilen fosforun gramı başına 3 gr SS hesaba katılabilir. Simültane çökeltmeden gelen katı madde çökeltinin türüne ve dozlama miktarına bağlıdır, bakınız Bölüm 5.2.3. Kg demir başına 2,5 kg SS ve kg alüminyum başına 4 kg SS çamur üretilmesi hesaplanabilir. Fosfor gideriminden oluşan toplam çamur ($SS_{d,P}$) aşağıdaki gibidir:

$$SP_{d,P} = Q_d \cdot (3 \cdot X_{p,BioP} + 6,8 \cdot X_{p,Prec,Fe} + 5,3 \cdot X_{p,Prec,Al}) / 1000 \quad [kg/gün] \quad (5-14)$$

Eğer kireç çökeltme için kullanılacaksa kg kalsiyum hidroksit ($Ca(OH)_2$) için 1,35 kg SS çamur üretilir; ayrıca ATV Standart ATV-A 202 ye bakınız.

5.2.5 Çamur Hacim İndeksi ve **Mixed Liquir** Askıda Katı Madde (MLSS- Biyokütle) Yoğunluğu Varsayımları

Çamur hacim indeksi atıksuyun içeriğine ve havalandırma tankının karıştırma özelliğine bağlıdır. Ticari ve endüstriyel atıksuda bulunan yüksek oranda biodegradable (ayrışmış) olmuş organik maddenin yüksek çamur hacim indeksi olur.

Çamur hacim indeksinin doğru olarak tahmin edilmesi boyutlandırma için önemli bir kısımdır. Eğer biyolojik proses modifikasyonu olmadan yalnızca ikincil çöktürme tankının genişletilmesi gerekiyorsa, boyutlandırma için çamur hacim indeksi için kritik mevsimler için işletme kayıtları baz alınmalı veya alternatif olarak günlerin en az %85 inin değeri olmalıdır. Bununla birlikte, eğer biyolojik proses modifikasyonları planlandıysa, işletme kayıtları ile birlikte Tablo 6'daki değerler çamur hacim indeksinin tahmin edilmesinde yardımcı olur. Eğer geçmişte çamur hacim indeksleri $SVI > 180 \text{ l/m}^3$ olarak gözlemleniyse azaltma önlemleri alınmalıdır.

[İlave (orijinal Almanca metinde bulunmamaktadır: Eğer yarım saat bekleme süresinden sonra çamur hacmi 250 ml/l yi geçerse çamur sıvısı son çıkış suyuyla seyreltilmelidir, böylece 100 ve 250 ml/l arasında çamur hacmi ölçülür. Seyreltme oranları hesaba katılarak seyrelmiş çamur hacmi DSV elde edilir.]

Tablo 6: Çamur hacim indeksi için standart değerler

Aritma hedefi	SVI (l/kg)	
	Endüstriyel/ ticari atıksu girişi Uygun	Uygun olmayan
Nitrifikasyonsuz	100-150	120-180
Nitrifikasyonlu (ve denitrifikasyon)	100-150	120-180
Çamur stabilizasyonu	75-120	100-150

Eğer hiç kullanılabilecek veri yoksa, kritik işletme şartlarını hesaba katarak yapılacak boyutlandırmada Tablo 6’da değerler tavsiye edilmektedir.

Çamur hacim indeksi için düşük değerler aşağıdaki koşullarda uygulanabilir;

- ön çöktürme olmadığında,
- bir selektör ya da anaerobik karıştırma tankı üst akışa yerleştirilirse,
- biyolojik reaktör kaskat (piston akışlı) olarak dizayn edildiyse.

Mixed liquor askıda katı madde (SS_{AT}) yoğunluğu ikincil çöktürme tankının boyutlandırılması prosesinde belirlenir. Biyolojik reaktörün ön boyutlandırılması için SS_{AT} , şekil 4’den alınabilir.

Şekil 4: $SS_{RS} = 0,7 \cdot SS_{BS}$ için çamur hacim indeksine bağlı biyolojik reaktördeki mixed liquor suspended solids (MLSS) konsantrasyonu için yaklaşık değerler.

5.2.6 Biyolojik Reaktörün Hacmi

Denklem 5-1 e göre biyolojik reaktördeki gerekli askıda katı maddenin kütlesi:

$$M_{SS,AT} = t_{SS,Dim} \cdot SP_d \quad [kg] \quad (5-15)$$

Biyolojik reaktörün hacmi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$V_{AT} = \frac{M_{SS,AT}}{SS_{AT}} \quad [m^3] \quad (5-16)$$

Karşılaştırmalı sayılar olarak BOİ₅ hacim yük oranları (B_R) ve çamur yük oranı (B_{SS}) aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$B_R = \frac{B_{d,BOD}}{V_{AT}} \quad [kg \text{ BOD}_5 / (m^3 \cdot d)] \quad (5-17)$$

$$B_{SS} = \frac{B_R}{SS_{AT}} \quad [kg \text{ BOD}_5 / (m^3 \cdot d)] \quad (5-18)$$

5-16 ve 5-18 denklemlerinde aşamalı besleme (step-feed) denitrifikasyon prosesi olan tanklarda SS_{AT} yerine $SS_{AT,Step}$ kullanılmalıdır. Bu suretle $SS_{AT,Step} > SS_{EAT}$ veya SS_{AT} , bakınız [1], 5.2.5.4.

[İlave (orijinal Almanca metinde bulunmamaktadır: RS = 1 ile işletilen eşit büyüklükteki birimlerle ve bütün denitrifikasyon tanklarında benzer çamur yük oranına ulaşmak için besleme (feed) dağıtımli bir aşamalı besleme (step-feed) prosesi varsayın. O zaman iki adımlı bir proses için $SS_{AT,Step} \sim 1,14 \cdot SS_{EAT}$ ve üç adımlı bir proses için $SS_{AT,Step} \sim 1,20 \cdot SS_{EAT}$ alınır.]

5.2.7 Gerekli resirkülasyon ve devir zamanı

Nitrife olacak amonyum nitrojen konsantrasyonunu $S_{NH4,N}$ kullanarak çıkan ön-anoksik bölge denitrifikasyonu sonuçları için gerekli toplam resirkülasyon akış oranı (RC) aşağıdaki gibidir (bakınız [1], 5.2.5.4):

$$RC = \frac{S_{NH4,N}}{S_{NO3,EST}} - 1 \quad [-] \quad (5-19)$$

Aşağıdaki uygulanır:

$$RC = \frac{Q_{RS}}{Q_{DW,h}} + \frac{Q_{IR}}{Q_{DW,h}} \quad [-] \quad (5-20)$$

Günlük en yüksek oksijen ihtiyacı oranı (OU_h) aşağıdakinden elde edilir:

$$OU_h = \frac{f_c \cdot (OU_{d,C} - OU_{d,D}) + f_N \cdot OU_{d,N}}{24} \quad [\text{kg O}_2 / \text{h}] \quad (5-27)$$

En yüksek (peak) faktör, karbon giderimi için en yüksek (peak) saatteki oksijen ihtiyacı oranının ortalama günlük oksijen ihtiyacı oranına oranıdır. Katı maddenin hidrolizinin eşitlenme etkisinden dolayı uygun BOD_5 yüklerinin oranı değildir. Hesaplamaların detayları için bakınız [1], 5.2.8.3. En yüksek (peak) faktör, en yüksek 2 saatlik TKN nin 24 saatlik ortalama TKN yüküne oranına eşittir.

Tablo 7: Özel oksijen ihtiyacı $OU_{C,BOD}$ [kg O₂/kg BOD₅] , $C_{COD,IAT} / C_{BOD,IAT} \leq 2,2$ için geçerlidir

T°C	Çamur yaşı (gün)					
	4	8	10	15	20	25
10	0,85	0,99	1,04	1,13	1,18	1,22
12	0,87	1,02	1,07	1,15	1,21	1,24
15	0,92	1,07	1,12	1,19	1,24	1,27
18	0,96	1,11	1,16	1,23	1,27	1,30
20	0,99	1,14	1,18	1,25	1,29	1,32

Kural olarak nitrifikasyon için peak oksijen ihtiyacı karbon giderimi için pik oksijen ihtiyacının ortaya çıkmasından önce ortaya çıkar ve denklem 5-27 kullanılarak iki hesaplama yapılır, birisi $f_c = 1$ ve belirlenen/tahmin edilen f_N değeri ile ve birisi de $f_N = 1$ ve tahmin edilen/belirlenen f_c değeri ile.

Tablo 8: Oksijen ihtiyaç oranı için peak faktörler (eğer hiçbir ölçüm mevcut değilse, 2 saatlik peak değerleri 24 saatlik ortalamalarla karşılaştırmak için)

	Çamur yaşı (gün)					
	4	6	18	10	15	25
f_c	1,3	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1
$BOD_{d,BOD,I}$ için $f_N \leq 1200$ kg/gün	-	-	-	2,5	2,0	1,5
$BOD_{d,BOD,I}$ için $f_N > 6000$ kg/gün			2,0	1,8	1,5	-

Sürekli havalandırılan tanklarda gerekli oksijen ihtiyacı aşağıdaki gibi olur:

$$\text{gerekli } \alpha\text{OC} = \frac{C_S}{C_S - C_X} \cdot OV_h \quad [\text{kg O}_2/\text{saat}] \quad (5-28)$$

Aralıklı havalandırılan tanklar için havalandırma yapılmayan süreler de hesaba katılmalıdır. Aşağıdaki uygulanır:

$$\text{gerekli } \alpha\text{OC} = \frac{C_S}{C_S - C_X} \cdot OV_h \cdot \frac{1}{1 - V_D/V_{AT}} \quad [\text{kg O}_2/\text{saat}] \quad (5-29)$$

Havalandırma tankının havalandırılan bölümünde çözünmüş oksijen konsantrasyonu (DO), $C_X = 0,5 \text{ mg/l}$ olarak alınıp havalandırma ünitesinin boyutlandırılmasında kullanılmalıdır. Yüzey havalandırıcılı devridaimli akışlı tanklar için, çözünmüş oksijen konsantrasyonu tankın çevresinde testere dişi (saw-tooth) şekilli profil oluşturmamasından dolayı simültane denitrifikasyon için $C_X = 0,5 \text{ mg/l}$ olarak hesaba katılabilir. Bu da gösteriyor ki, uygulamalı işletmelerde, boyutlandırma için kullanılan farklı çözünmüş oksijen konsantrasyonu ile çalışılabilir.

Oksijen transferi bütün uygun yük şartları için belirlenmelidir. Yıl boyunca gelen yükte periyodik değişimler göstermeyen tesislerde en yüksek oksijen tüketimi yazın olur. Yazın biyolojik reaktörde daha düşük çamur yaşıyla ve paralel olarak daha küçük askıda katı madde konsantrasyonlarıyla çalışmaya izin vardır ve bunlar hesaplama yapılarak hesaba katılmalıdır. Eğer ölçülmüş veri yok ise, $T = 20^\circ \text{C}$ için hesaplamalar alınmalıdır. Eğer birisi kışın düşmüş denitrifikasyon hacmi ile çalışıyor ve sonuç olarak çıkış suyunda yüksek nitrat konsantrasyonu oluyorsa bunun için de sağlama (verifikasyon) yapılmalıdır. Eğer hiçbir sıcaklık verisi yok ise kışın $T = 10^\circ \text{C}$ için hesaplamalar yapılabilir.

Eğer tesisin yükleme oranı iş günlerinin ortalaması olarak alınıyorsa ve bu da boyutlandırma yük oranının %30 undan fazla ise bunun için oksijen transferi de $f_N = 1$ ve $f_C = 1$ kullanılarak havalandırma ünitesinin derecelendirilmesi için referans değer için hesaplanmalıdır.

Oksijen transferi için boyutlandırma yük oranı ile kullanılan yük oranı arasında büyük farklar var ise, öncelikli küçük bir havalandırma kapasitesini dizayn etmek pratik olacaktır ve ilerideki muhtemel genişlemeler için de plan yapılmalıdır.

Havalandırılmalı ünitelerde temiz sudaki oksijen transferi ile sunmak normaldir. İşletme şartlarına çevirmek için α değeri, hem atıksuyun türüne hem de aktif çamurun özelliklerine bağlı olduğu gibi havalandırmaya da bağlıdır. Bununla ilgili bilgi [1], 5.4.2.4 den alınmalıdır.

İşletmenin ekonomisi için ve denitrifikasyonun güvenliği için havalandırma kapasitesinin derecelendirilmesindeki yeterlilik önemlidir. Bir haftada saatlik oksijen ihtiyaç oranındaki değişim miktarı en az 7 : 1 oranında olmalıdır. Dizayn kapasitesi ile işletme gereklilikleri arasındaki alan, tam olarak henüz dolmamış tesislerde hala çok büyüktür, yukarı bakınız. en düşük oksijen tüketimi hafta sonları görülmektedir ve de genellikle N: BOD₅ oranı da uygun olmamaktadır. Aralıklı havalandırmada, havalandırma aletinde açma-kapama düğmesi olmalıdır. Ön-anoksik denitrifikasyonda, normal koşullarda iç resirkülasyon ile büyük bir miktar oksijen denitrifikasyon tankına transfer edilmektedir. Her iki durumda da denitrifikasyon derecesi düşmektedir.

5.2.8 Alkalinite

Alkalinite (hidrojen karbonat konsantrasyonu, DIN 38 409 Bölün 7'ye göre belirlenir [İngilizcesi mevcuttur]), hem nitrifikasyonla hem de fosfor gideriminde eklenen metal tuzlarıyla (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}) azalır. Bu ayrıca pH değerinde de azalmaya neden olur.

Biyolojik reaktöre giren akıştaki alkalinite ($S_{ALK,IAT}$, mmol/l) öncelikli içme suyunun alkalinitesinden (sertliğinden) ve bunun yanında ürenin ve organik nitrojenin ammonitrifikasyonundan (aamonitrification) oluşur.

Nitrifikasyondan ve fosfat çökmesinden gelen alkalinite (denitrifikasyonsan gelen geri almanın (recovery) eklenmesiyle) aşağıdaki gibi azalır:

$$S_{ALK,EAT} = S_{ALK,IAT} - [0,07 \cdot (S_{NH4,IAT} - S_{NH4,EST} + S_{NO3,EST} - S_{NO3,IAT}) + 0,06 \cdot S_{Fe3} + 0,04 \cdot S_{Fe2} + 0,11 \cdot S_{AL3} - 0,03 \cdot X_{P,Prec}] \quad [mmol/l] \quad (5-30)$$

Burada alkalinite değerleri mmol/l olarak koyulmalı, diğer değerlerin konsantrasyonları mg/l olarak koyulmalıdır. Belirli çökeltilerin serbest asiti ve alkali kısımları ayrı ayrı hesaba katılmalıdır.

En istenmeyen yük durumu için ortalama kalan alkalinitenin belirlemesi gerekir, mesela; kural olarak, ileri nitrifikasyon ve sınırlı denitrifikasyon ile ve en yüksek çökeltme dozu için gibi. Eğer şartlar uygun olarak oluşmazsa, bir çok yük çeşitler araştırılmalıdır.

Alkalinite, $S_{ALK,EAT} = 1,5$ mmol/l değerinin altına düşmemelidir, eğer gerekirse alkalinite nötrleyici maddeler kireç sütü gibi eklenmelidir.

Yüksek oksijen transfer verimi olan derin havalandırma tanklarında (≥ 6 m) yeterli alkaliniteye rağmen, karbon dioksit (CO_2) üreten biyokütlelerin çok düşük **stripping** oranları yüzünden pH değeri 6,6'nın altına düşebilir. Referans değerler Tablo 9'dan alınabilir, eğer gerekli ise daha kesin hesaplamalar için [1] 5.2.1. veya [4] e göre hesaplanması tavsiye edilir ve uygun şartlarda nötrleşme olmalıdır.

Tablo 9: [4] e uyumlu olarak hesaplanan oksijen transfer verimine ve alkaliniteye bağlı havalandırma tankı pH ı. Oksijen transfer verimi işletme şartlarına için belirlenmelidir.

$S_{ALK,EAT}$ [mmol/l]	Ortalama oksijen transfer veriminin				
	%6	%9	%12	%18	%24
	olan havalandırma tankında pH değerleri				
1,0	6,6	6,4	6,3	6,1	6,0
1,5	6,8	6,6	6,5	6,3	6,2
2,0	6,9	6,7	6,6	6,4	6,3
2,5	7,0	6,8	6,7	6,5	6,4
3,0	7,1	6,9	6,8	6,6	6,5

5.3 Aerobik Seçicinin Boyutlandırılması

Aerobik selektörler, yüksek oranda biodegradable (ayrışmış) olmuş organik madde içeren atıksuda ve tam karışımli havalandırma tankının önünde tehlikeli filaman bakterilerinin azalması için kullanışlıdır. BOI_5 in veya KOI nin azalmasının denitrifikasyon üzerinde negatif etkisi olabilir.

Ek biyolojik fosfor giderimi için olan anaerobik karıştırma tanklarının çamur hacim indeksi üzerinde aerobik selektörlerle benzer etkileri vardır.

Aerobik selektörün hacmi için bir kılavuz değer olarak hacimsel yük oranı

$$B_{R,BOD} = 10 \text{ kg BOD}_5 / (\text{m}^3/\text{gün}) \text{ veya}$$

$$B_{R,COD} = 20 \text{ kg KOI} / (\text{m}^3/\text{gün})$$

olarak tavsiye edilir.

Oksijen transfer sistemi gün başına her tank için $\alpha OC = 4 \text{ kg O}_2 / \text{m}^3$ olarak dizayn edilebilir.

Tank en az bir kere (2-tank kaskat) bölünmelidir. Daha fazla bilgi özellikle de yiyecek üretiminden gelen konsantre atıksu için [5] ve “Aktif çamur tesislerinde kabaran (bulking) çamur, yüzen çamur ve köpüğün sebepleri ve mücadele yöntemleri” ATV Raporunda [6] [İngilizcesi mevcut] bulunabilir.

6 İkincil Çöktürme Tanklarının Boyutlandırılması

6.1 Uygulama Limitleri ve Çıkış Suyu Özellikleri

Boyutlandırmanın temelleri; yağmur suyuyla birlikte maksimum giriş debisi (En Yüksek Islak Hava Debisi) $Q_{WW,h}$ (m^3/h) bakınız Bölüm 4, çamur hacim indeksi SVI (l/kg) ve ikincil çöktürme tankının girişindeki askıda katı madde konsantrasyonu SS_{EAT} (kg/m^3). Aşamalı besleme (Step-feed) denitrifikasyonunun (ve lamella ayırıcılarıyla donanmış havalandırma tankları) hariç tutulmasıyla SS_{EAT} , SS_{AT} ye eşit olur.

İkincil çöktürme tankının dizaynının yapılmasında aşağıdakiler belirlenmelidir:

- ikincil çöktürme tanklarının şekli ve boyutları,
- izin verilen çamur depolama ve yoğunlaştırma (thickening) süresi,
- geri devir çamur debisi ve kontrolü,
- çamur ayırma sisteminin tipi ve işletme metodu,
- giriş ve çıkışın düzeni ve dizaynı.

Belirtilen boyutlandırma kuralları aşağıdakiler için uygulanır:

- uzunluğu ya da yarıçapı yaklaşık 60 m ye kadar olan ikincil çöktürme tankları,
- çamur hacim indeksi $50 \text{ L/kg} \leq SVI \leq 200 \text{ L/kg}$,
- seyrelmiş çamur hacmi $DSV \leq 600 \text{ L/m}^3$,

- geri devir çamur oranları
 $Q_{RS} \leq 0,75 \cdot Q_{WW,h}$ (yatay akışlı tanklar), veya
 $Q_{RS} \leq 1,0 \cdot Q_{WW,h}$ (dikey akışlı tanklar),
- ikincil çöktürme tankının girişindeki askıda katı madde konsantrasyonu $SS_{EAT} \cdot SS_{AT} > 10,0 \text{ kg/m}^3$

Eğer ileri bir arıtma safhası dip akıntıya yerleştirilirse, ikincil çöktürme tankının çıkış suyunda yüksek konsantrasyonda çökebilir ve/veya filtre edilebilir katılara izin verilebilir. Bunu için, yüksek çamur hacmi yüzey yük oranı ve yüzey savak yüküne izin verilir. Burada, dip akıntı safhasının askıda katı maddelerin oluşmasına müsaade ve kontrol etmesi zorunludur.

Yüzey savak oranına bağlı birleşik tankların (havalandırma-çöktürme) ikincil çöktürme bölgelerinin boyutlandırılmasında ayrıca bu standart da göz önüne alınmalıdır. Geri devir çamur akışı kendinden olan aktif çamur tesislerinde yeterli geri devir çamur oranı garantiye alınmalıdır.

Boyutlandırma ve dizayn için temel bilgiler ATV Manual [2] ve IAWQ Raporu No: 6 [7] de bulunabilir.

6.2 Çamur Hacim İndeksi (SVI) ve İzin Verilen Yoğunlaştırma Zamanı

İkincil çöktürme tankındaki çamur hacim indeksi (bakınız Bölüm 5.2.5) ile birlikte yoğunlaştırma süresi (t_{Th}) dip çamurun askıda katı madde konsantrasyonunu (SS_{BS}) belirler. Yeniden çözünmeyi (fosfat) ve ikincil çöktürme tankında istenmeyen denitrifikasyon sonucu oluşan yüzen çamuru engellemek için yoğunlaştırmada çöken çamurun bekleme süresi ve çamur ayırma bölgesi mümkün olduğunda kısa tutulmalıdır. Diğer taraftan çamur daha geniş çamur alanının ve bekleme süresinin daha uzun olmasıyla bu bölgede daha iyi yoğunlaşma olur.

İkincil çöktürme tanklarının boyutlandırılmasında yoğunlaşma süresi t_{Th} ın özel bir önemi olmasından dolayı atıksu arıtmanın derecesine bağlı olarak Tablo 10 da tavsiyelerde bulunulmuştur.

Tablo 10: Atıksu arıtma derecesine bağlı olarak tavsiye edilen yoğunlaştırma (thickening)süresi

Atıksu Arıtma Tipi	Yoğunlaştırma süresi t_{Th} (saat)
Nitrifikasyonsuz aktif çamur tesisleri	1,5 – 2,0
Nitrifikasyonlu aktif çamur tesisleri	1,0 – 1,5
Denitrifikasyonlu aktif çamur tesisleri	2,0 – (2,5)

Yoğunlaştırma süresinin $t_E = 2,0$ saati aşması biyolojik reaktörde çok ileri bir denitrifikasyon gerektirir. Bu yoğunlaştırma süreleri sadece düşük çamur hacim indeks değerleri ve küçük çamur geri devir oranına uygun olarak sağlanır.

Çamur ayırma sistemi, izin verilen yoğunlaştırma süresini aşmayacak şekilde boyutlandırılmalıdır.

6.3 Geri Devir Çamurunda Askıda Katı Madde Konsantrasyonu

Çamur ayırma debisi Q_{SR} ve kısa devir çamur debisinden Q_{Short} oluşan geri devir çamur debisi Q_{RS} , girişten çamur hunilerine çamur sıyrıcılarıyla ve yoğunlaştırma tabakasının üzerindeki emme (suction) ünitelerinden oluşan bir debidir. Ve Kısa-devir çamur debisi Q_{Short} , çamur ayırma debisine ve geri devir çamur debisine bağlıdır.

Dip çamurda ulaşılması gereken askıda katı madde konsantrasyonu SS_{BS} (çamur ayırma akışında ortalama askıda katı madde konsantrasyonu) çamur hacim indeksi SVI ve yoğunlaştırma süresi t_{Th} a bağlı olarak ampirik şekilde aşağıdaki gibi tahmin edilebilir (ayrıca Şekil 5'e de Bakınız):

$$SS_{BS} = \frac{1000}{SVI} \cdot \sqrt[3]{t_{Th}} \quad [kg / m^3] \quad (6-1)$$

Şekil 5: Çamur hacim indeksi ve yoğunlaştırma süresine bağlı dip çamur askıda katı madde konsantrasyonu

Aktif çamurun çökme hızını kullanarak SS_{BS} nin hesaplanması mümkündür.

Kısa devir çamur akışının seyrelmesiyle oluşan geri devir çamuru askıda katı madde konsantrasyonu (SS_{RS}) aşağıdaki şekilde basitleştirilebilir:

sıyırıcı üniteleriyle $SS_{RS} \sim 0,7 \cdot SS_{BS}$

suction üniteleriyle $SS_{RS} \sim 0,5$ den $0,7 \cdot SS_{BS}$

Çamur ayırma donanımı olmayan düşey akışlı ikincil çöktürme tanklarında $SS_{RS} \sim SS_{BE}$ alınabilir.

6.4 İkincil Çöktürme Tankına Giden Giriş Çamurunun Geri Devir Oranı ve Askıda Katı Madde Konsantrasyonu

Havalandırma ve ikincil çöktürme tankının işletme şartları, karşılıklı olarak ikincil çöktürme tankına giden giriş suyundaki **mixed liquor** askıda katı madde konsantrasyonunun SS_{EAT} , geri devir çamuru **mixed liquor** askıda katı madde konsantrasyonunun SS_{RS} ve bunların yanında geri devir oranının $RS = Q_{RS}/Q$ birbirlerine bağlı olmasından etkilenmektedir. Denge durumu için, askıda katı madde dengesinden çıkan aşağıdaki sonuç ve $X_{SS,EST}$ yi ihmal edersek:

$$SS_{AT} = \frac{RS \cdot SS_{RS}}{1 + RS} \quad [kg / m^3] \quad (6-2)$$

İkincil çöktürme tanklarını ve havalandırma tanklarının boyutlandırılmasında maksimum geri devir çamur debisi $Q_{RS} = 0,75 \cdot Q_{WW,h}$ temel alınır. İşletmeye ait sebeplerden dolayı geri devir çamuru pompalarının genel kapasitesi (yedek dahil), geri devir çamuru debisi $Q_{RS} = 1,0 \cdot Q_{WW,h}$ olacak şekilde tasarlanmalıdır. Farklı debilerle pompaların farklı devirde çalışmalarıyla çeşitli geri devir çamur oranları elde edebiliriz. Giriş debisinin geri devir çamur debisiyle Sürekli uyuşması buna rağmen gerekli değildir.

Düşey akışlı ikincil çöktürme tanklarında maksimum değer $Q_{RS} = 1,0 \cdot Q_{WW,h}$ mümkündür; geri devir çamur pompalarının (yedek dahil) düzenlenmesi işletme ayarı olarak Q_{RS} yi maksimum $1,5 \cdot Q_{WW,h}$ olarak yapabilir.

Ana olarak yatay ve ana olarak dikey akışlı tanklar arasında geçiş için geri devir çamur oranları RS Tablo 11 den alınabilir.

Daha yüksek çamur oranları ve geri devir çamur akışının düzensiz artışları, çökme prosesini artan debiler yüzünden zayıflatır. $RS = 0,5$ den küçük geri devir çamur oranları, eğer sadece düşük çamur hacim indeksi ve uzun bir yoğunlaştırma süresiyle elde edilen geri devir çamurunda yüksek askıda katı madde konsantrasyonu gerekiyorsa engellenmelidir.

6.5 Yüzey Savak Oranı ve Çamur Hacmi Yüzey Yüğü Oranı

Yüzey savak oranı q_A çamur hacmi yük oranı q_{SV} ve seyrelmiş çamur hacminden DSV hesaplanır:

$$q_A = \frac{q_{SV}}{DSV} = \frac{q_{SV}}{SS_{EAT} \cdot SVI} \quad [m/h] \quad (6-3)$$

$X_{SS,EST}$ askıda katı madde konsantrasyonunu ve oluşan KOİ ve fosfor konsantrasyonunu yatay akışlı ikincil çöktürme tanklarının çıkış suyunda düşük tutabilmek için aşağıdaki çamur hacmi yük oranı q_{SV} aşılmamalıdır::

$$X_{SS,EST} \leq 20 \text{ mg/l için } q_{SV} \leq 500 \text{ l / (m}^2 \cdot \text{saat)}$$

Ana olarak düşey akışlı ikincil çöktürme tanklarında, kapalı bir çamur battaniyesinin oluşmasında veya kolayca yumaklaşan aktif çamurda aşağıdaki uygulanır:

$$X_{SS;EST} \leq 20 \text{ mg/l için } q_{SV} \leq 650 \text{ l / (m}^2 \cdot \text{saat)}$$

Çamur hacmi yük oranı ve tankın derinliği arasında bir optimasyonun yapılması tavsiye edilir.

Baskın yatay akışlı tanklar, girişten su yüzeyine olan mesafenin (düşey bölme, h_m) su seviyesi yüksekliğinde girişten çıkışa yatay mesafenin (yatay bölme) oranının 1: 3 den küçük olduğu tanklardır. Baskın düşey akışlı tanklar ise bu oranın 1 : 2 den büyük olduğu tanklardır. Bu ikisi arasında olan oranlar için izin verilecek çamur hacmi yük oranı doğrusal olarak ara değer bulunabilir. Boyutlandırma için Tablo 11 deki değerlerin kullanılması tavsiye edilir.

Baskın yatay akışlı ikincil çöktürme tanklarında yüzey savak oranı q_A 1,6 m/saati geçmemelidir ve Baskın düşey akışlı ikincil çöktürme tanklarında yüzey savak oranı q_A 2 m/saati geçmemelidir. Tablo 11 den geçiş bölgesi için değerler alınabilir.

Tablo 11: Baskın yatay ve baskın düşey akışlı ikincil çöktürme tankları arasından geçiş alanı için izin verilen değerler

Oran ^{*)}	$\geq 0,33$	$\geq 0,36$	$\geq 0,39$	$\geq 0,42$	$\geq 0,44$	$\geq 0,47$	$\geq 0,5$
$q_{SV} (\text{l/m}^2\text{h})$	≤ 500	≤ 525	≤ 550	≤ 575	≤ 600	≤ 625	≤ 650
$\leq q_A (\text{m/h})$	$\leq 1,60$	$\leq 1,65$	$\leq 1,75$	$\leq 1,80$	$\leq 1,85$	$\leq 1,90$	$\leq 2,00$
RS (-)	$\leq 0,75$	$\leq 0,80$	$\leq 0,85$	$\leq 0,90$	$\leq 0,90$	$\leq 0,95$	$\leq 1,00$

^{*)} düşey bölmenin yatay bölmeye oranı mesela; $1 : 2,5 = 0,4$

6.6. Çöktürme Tankı Yüzey Alanı

Gerekli olan ikincil çöktürme tanklarının yüzey alanı aşağıdaki gibi çıkmıştır:

$$A_{ST} = \frac{Q_{WW,h}}{q_A} \quad [\text{m}^2] \quad (6-4)$$

Genellikle sadece yatay akışlı ikincil çöktürme tanklarında giriş dağıtım bölgesi için ilave bir alan gerekmektedir. Dağıtım bölgesinin uzunluğu yaklaşık olarak tankın yan duvarının derinliğine eşittir.

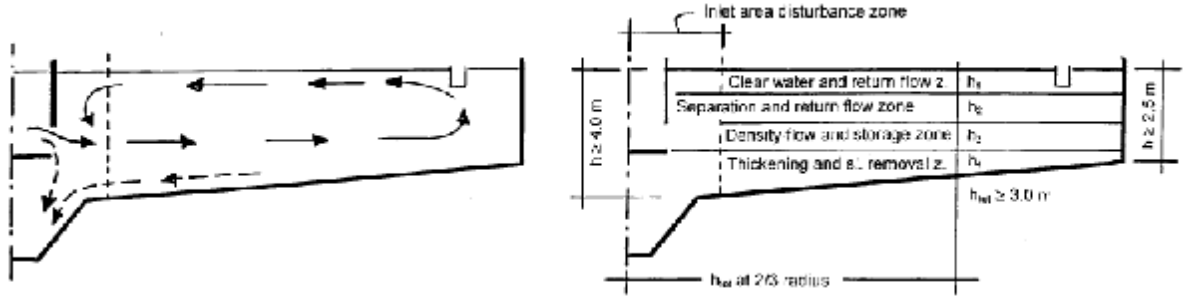
Dikey akışlı ikincil çöktürme tanklarının etkili yüzey alanı giriş deliği ile su seviyesinin orta noktasında olur, Şekil 8 e bakınız. bununla normal bir tankın şekli hesaba katılır.

6.7 Çöktürme Tankı Derinliği

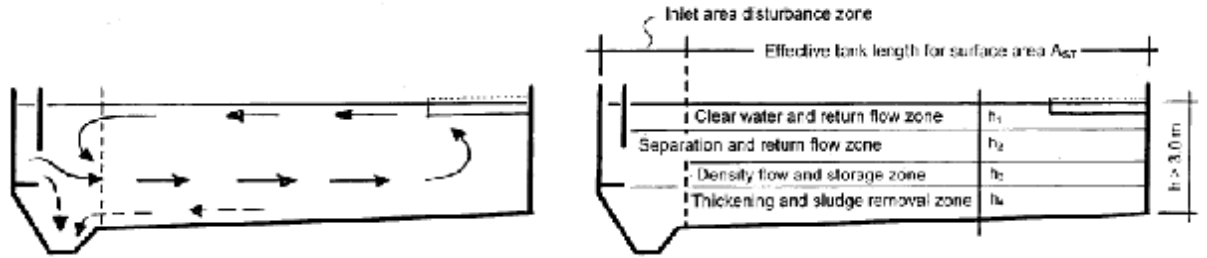
İkincil çöktürme tanklarının birçok prosesleri, fonksiyonel vaziyetteki etkili hacimlerin yardımıyla açıklanmıştır, bakınız Şekil 6 ve 7.

İkincil çöktürme tanklarının gerekli derinliği fonksiyonel bölgelerin özel kısmi derinliğinden hesaplanır:

- h_1 : temiz su bölgesi
- h_2 : ayırma bölgesi/ geri devir bölgesi
- h_3 : yoğun akış ve depolama bölgesi
- h_4 : yoğunlaştırma (thickening) ve çamur ayırma bölgesi



Şekil 6: Yatay akışlı dairesel ikincil çöktürme tanklarında akışın ana yönleri ve fonksiyonel tank bölgeleri



Şekil 7: Yatay akışlı dikdörtgen ikincil çöktürme tanklarında akışın ana yönleri ve fonksiyonel tank bölgeleri

Fonksiyonel bölgelere ayırmakla o bölgede hangi prosesin gerçekleştiğini görebiliyoruz. Gerçekte prosesler yatay tabakalı bölgelerde gerçekleşmezler, fakat her birbiri birbirine sızabilir. Tankın giriş ve çıkış bölgelerinde ilave hidrolik şartlarda ayırım bölgeleri mevcuttur ve bunlar giriş ve çıkış bölgeleri boyunca mümkün olduğunca küçük tutulmalıdır.

Temiz su bölgesi, minimum derinlik $h_1 = 0,50 \text{ m}$ olan güvenlik bölgesidir.

Rüzgarla gelen istenmeyen etkileri, yoğunluk farklarını veya ani yüzey yüklerini dengelemek için bu bölge vardır. Temiz su bölgesi genellikle dönen akışın alanında bulunur.

Dalgıç çıkış borularında (tüpleri) ile ayırma bölgesinin üst köşesi ile boruların giriş açıklıklarının arasında 30 cm mesafe olması yeterlidir. Çıkış borularına yüzen çamurun girmesinin engellenmesi için, su seviyesinin giriş açıklıklarının üzerinde en az 20 cm olması gerekir.

Giriş alanında yoğunlaştırma ve depolama bölgelerinin üzerinde **ayırma bölgesi** bulunur. Giriş alanında ayırma bölgesi, yoğun akış ve depolama bölgesi bir ünite oluştururlar. Burada çamur-su karışımı gelir ve dağıtılır. Çamur çökmesini destekleyen yumaklaşma prosesi burada gerçekleşir. Giriş alanının dışında yoğun akış ve depolama bölgesinin üzerinde **geri devir akış bölgesi** bulunmaktadır. Süreklilik denkleminde göre; güvenlik bölgesi temiz su bölgesini içerirken düşük askıda katı madde konsantrasyonu olan atıksu akışı giriş alanına geri döner.

Ayırma/geri devir akış bölgesi, geri devir çamurunu da kapsayan ve serbest su hacmine bağlı giriş akışının bekleme süresi 0,5 saat olacak şekilde boyutlandırılmalıdır. Bundan çıkan sonuç:

$$h_2 = \frac{0,5 \cdot q_A \cdot (1+RS)}{1 - DSV/1000} \quad [m] \quad (6-5)$$

Yoğun akış ve depolama bölgesinde ortaya çıkan atıksu-çamur karışımı, yüksek yoğunluğundan dolayı aşağıdaki çamur tabaksına doğru batır ve buradan da tankın dış köşesine doğru akar. Burada, tanktaki maksimum akışlar meydana gelir. Yağış suyunun artmasıyla yoğun akış ve depolama bölgesi genişler. Yüksek çamur oranı seçilmesine rağmen havalandırma tankından gelen çamur depolanır.

Yoğun akış ve depolama bölgesi öyle boyutlandırılmalıdır ki, yağışlı havalarda $Q_{WW,h}$ havalandırma tankından gelen 500 l/m^3 yoğunluk değerinde ilave çamurun hacmi $(0,3 \cdot SS_{EAT} \cdot SVI)$ ile hesaplanır. Bu dönemde yoğunlaştırma bölgesinde aktif çamur çöker ve ikincil çöktürme tankının yüzey alanında A_{ST} dağıldığı varsayılır.

Yoğun akış ve depolama bölgesinin derinliği aşağıdaki gibidir:

$$h_3 = \frac{1,5 \cdot 0,3 \cdot q_{SV} \cdot (1+RS)}{500} \quad [m] \quad (6-6)$$

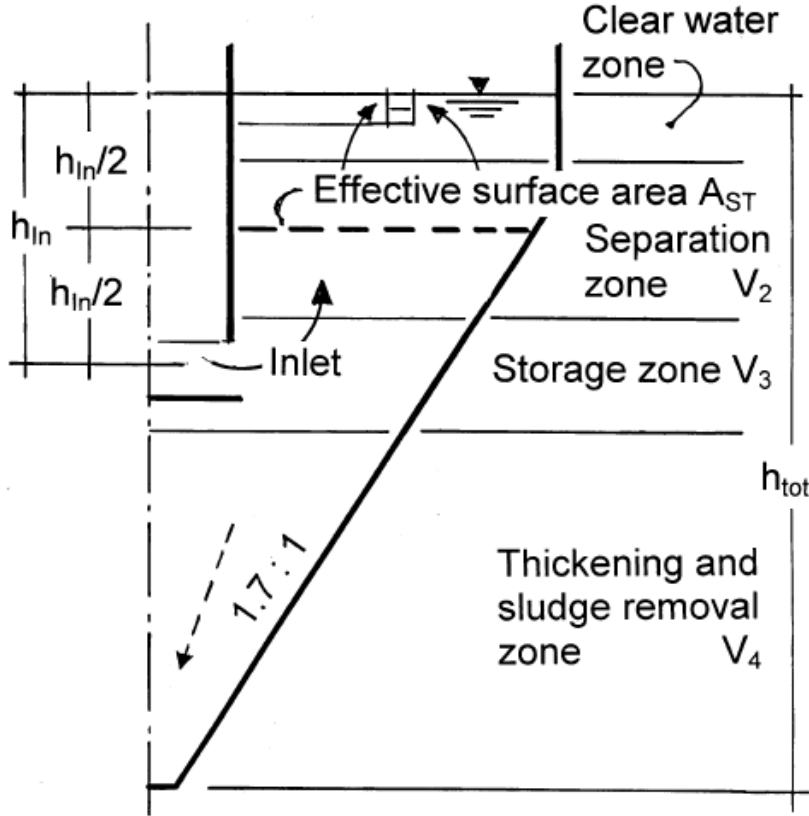
Çöken çamurun yoğunlaşması **yoğunlaştırma ve çamur ayırma bölgesinin** dibinde meydana gelir. Burada bir çamur tabakası mevcuttur ve bu çamur, çamur hunisine dökülür.

Yoğunlaştırma ve çamur ayırma bölgesi, yoğunlaştırma süresi t_{Th} olan askıda katı madde konsantrasyonu SS_{EAT} olan giriş çamur yükünün dip çamur konsantrasyonu SS_{BS} kadar yoğunlaşacağı kadar büyük olmalıdır. İkincil çöktürme tankının yüzeyinde çamur kütlesinin düzgün yayılacağını varsayarsak yoğunlaştırma ve çamur giderme bölgesinin yüksekliği:

$$h_4 = \frac{SS_{EAT} \cdot q_A \cdot (1+RS) \cdot t_{Th}}{SS_{BS}} \quad [m] \quad (6-7)$$

Yatay akışlı ikincil çöktürme tanklarının eğimli tank dibi ile birlikte hesaplanmış toplam derinliği h_{tot} , akış yönü veya yarıçapın üçte ikisi olacak şekilde tutulmalıdır. En az 3 m. olmalıdır. Dairesel ikincil çöktürme tanklarında yan kenar su derinliği 2,5 m.den az olmamalıdır.

Düşey akışlı çöktürme tanklarında (bakınız Şekil 8, ters koni ve huni) V_2 den V_4 e alt hacimler; ayırma bölgesi, depolama bölgesi ve yoğunlaştırma bölgesi, h_2 den h_4 e yaklaşık bölge derinliklerinin yüzey alını A_{ST} ile çarpılmasıyla hesaplanır (bakınız Bölüm 6.6).



Şekil 8: Düşey akışlı tanklarda (ters koni) fonksiyonel bölgeler ve derinlikler

6.8 Mevcut İkinci Çöktürme Tanklarının Test Edilmesi ve Yeniden Hesaplanması

Mevcut ikincil çöktürme tanklarda veya özel bölgesel koşullarda (yüksek yeraltı suyu seviyesi gibi), çamur hacmi yük oranı mevcut veya muhtemel tank derinliğiyle uyumlu veya boyutlandırma durumu için büyük ölçekli yükleme testleriyle doğruluğu kanıtlanmalıdır.

İkincil çöktürme tanklarının boyutlandırılmasında izin verilen maksimum değerin çamur hacim yük oranı q_{SV} ye göre seçilmesi gerekli değildir. Mevcut ikincil çöktürme tanklarının verifikasyonu ile q_{SV} hesaplanan derinlik asıl derinlikle aynı oluncaya kadar tekrarlanarak düşürülebilir. Tank yüzey alanı, çamur hacim oranı ile sonradan sağlanmalıdır.

Eğer mevcut tank derinliği, gerekli minimum değerin altındaysa, kabul edilebilir maksimum giriş debisinin düşürülmesi gerekir, yoksa çok küçük tank derinliği yüzünden hidrolik karışıklıklar meydana gelir. Toplam derinliği 2,0 metreden az olan mevcut ikincil çöktürme tanklarının kullanılması genelde ekonomik değildir ve işletmede pratik değildir.

6.9 Çamur Ayırma Sisteminin Tasarımı

6.9.1 Çamur Ayırma ve Sıyırıcı Tasarımı

Çamur ayırma debisi ve geri devir çamur debisi ikincil çöktürme tankında aktif çamurun bekleme süresini belirler.

İkincil çöktürme tanklarının farklı çeşitleri için birçok çamur sıyırıcıları ve geri devir çamurunu nakletme ekipmanı vardır. Yatay akışlı dairesel tanklarda çamur sıyırıcıları ve emme (suction) üniteleri vardır. Yatay akışlı dikdörtgen tanklarda, çamur sıyırıcıları ve emme ünitelerine ilaveten **flight** sıyırıcılar da kullanılır. Eğer baskın düşey akışlı tanklarda ya da çapraz akışlı çöktürme tanklarında çamur ayırma gerekli ise, yukarıda adı geçen sistemlerde kullanılabilir.

Çamur ayırma ekipmanının boyutlandırılması için tankın boyutlarının ve askıda katı madde yüklerinin belirlenmesi gerekir.

Çamur ayırma sisteminin düzenlenmesi için ATV-DVWK Raporuna [8] ve düzeltmeye [9] ve bunların yanında 3.5.4 de yer alan durumlara [2] dikkat edilmelidir.

Çamur sıyırıcılar için rehber değerler Tablo 12 den alınabilir.

6.9.2 Kısa Devirli Çamur Debisi ve Katı Madde Dengesi

Çamur ayırma debisi Q_{SR} genellikle geri devir çamur debisinden Q_{RS} den küçük olduğu için, çamur sıyırıcılarla girişle çamur ayırma noktası (huni) arasında bir kısa-devir çamur debisi Q_{Short} oluşur ve emme üniteleriyle de bölgeden yoğunlaştırma bölgesinin üzerine kadar oluşur. Aşağıdaki uygulanır:

$$Q_{Short} = Q_{RS} - Q_{SR} \quad [m^3/saat] \quad (6-8)$$

Denklem 6-8 deki kısa-devir çamur debisinin Q_{Short} , geri devir çamur debisine bağlı olarak $0,4-0,8 \cdot Q_{RS}$ arasında olduğu deneyimlerle bulunmuştur.

Kısa-devir debisi Q_{Short} un seyreltme etkisinden dolayı çamur ayırma akışında geri devir çamurunun askıda katı maddesinin konsantrasyonu SS_{RS} dip çamurun askıda katı madde konsantrasyonunun SS_{BS} altındadır. Aşağıdaki aktı madde dengesi uygulanır:

$$Q_{RS} \cdot SS_{RS} = Q_{SR} \cdot SS_{BS} + Q_{Short} \cdot SS_{EAT} \quad [kg/saat] \quad (6-9)$$

6.9.3 Yatay Akışlı Dairesel Tanklardan Çamur Ayırma

Dairesel tanklarda ayırma aralığı sıyırıcı köprüsünün bir devri için geçen süreye eşittir.

$$t_{SR} = \frac{\pi \cdot D_{ST}}{V_{SR}} \quad [h] \quad (6-10)$$

Dairesel tanklarda çamur sıyrıcılar için çamur ayırma debisi:

$$Q_{SR} = \frac{h_{SR} \cdot a \cdot v_{SR} \cdot D_{SR}}{4 \cdot f_{SR}} \quad [m^3/saat] \quad (6-13^{**})$$

** Orijinal Alman Standardındaki denklemlere aynı numarayı alması için Denklemler (6-11), (6-12), (6-16) ve (6-17) çıkarılmıştır.

Köprü hızı v_{SR} tankın çevresine bağlıdır. Sıyrıcı kollarının sayısı “a” tankın çapına D_{SR} ve gerekli ayırma debisine bağlı olarak seçilmelidir.

[**İlave (orijinal Almanca metinde bulunmamaktadır:** tankın yarıçap uzunluğuna bağlı olarak sıyrıcı kürek a = 1 kol olarak kabul ediliyor.]

Emme üniteleri (genellikle araç (organ) tipi borular) için çamur ayırma debisi ile kısa-devir çamur debisi arasında ayırım yapmak mümkün değildir, çünkü dip çamuru genellikle arıtılmış su ile seyrelir (çoğunlukla tankın köşesinde).

Emme borularında (yükselticiler) debi 0,6-0,8 m/sn arasında olmalıdır ve emme boruları arasında mesafe 3-4 metreyi geçmemelidir. Köprü hızı v_{SR} sıyrıcı köprülerinininkiyle aynı olmalıdır. İlave hidrolik yükü küçük tutmak için emme kapasitesi tankın ortasından dışına doğru safhalar halinde olmalıdır.

Tablo 12: Çamur sıyrıcılarının dizaynı için rehber değerler

	Kısaltma	Birim	Dairesel tanklar	Dikdörtgen tanklar	
			Çamur sıyrıcılar	Çamur sıyrıcılar	Flight sıyrıcılar
Sıyrıcı ya da kürek yk.	h_{SR}	m	0,4-0,6	0,4-0,9	0,15-0,30
Köprü Hızı	V_{SR}	m/saat	72-144	mak. 108	36-108
Geri devir hızı	V	m/saat	-	mak. 324	-
Ayırma faktörü	f_{SR}	-	1,5	$\leq 1,00$	$\leq 1,0$

*) Ayırma faktörü, bir ayırma aralığında hesaplanan çamur ayırma debisinin ve asıl çamur ayırma debisinin katsayısıdır.

[**İlave (orijinal Almanca metinde bulunmamaktadır:** Ayırma faktörü $f_{SR} = 1,5$ dip eğimi 1 : 15 olan dairesel çöktürme tanklarından türetilmiştir ve sıyrıcı kürek yüksekliğinde çamur tabakasını tam olarak ayırmak için spiral şeklinde sıyrıcı kürek: 1,5 köprü devri gerekmektedir. Sıyrıcı verimi, ayırma faktörünün tersi olarak düşünülebilir.]

6.9.4 Dikdörtgen Tanklarla Çamur Ayırma

Çamur sıyırıcıları için, sıyırıcı küreği kaldırmak ve indirmek için gerekli süreyi t_S (saat) ve sıyırıcı köprüsünün geçit uzunluğunu ($L_{RW} \approx W_{ST}$) hesaba katarak ayırma aralığı:

$$t_{SR} = \frac{L_{RW}}{V_{SR}} + \frac{L_{RW}}{V_{ret}} + t_S \quad [\text{saat}] \quad (6-14)$$

Ayırma debisini Q_{SR} yi hesaplamak için aşağıdaki varsayılmalıdır: Sıyırıcı küreği teorik olarak en fazla sıyırıcı küreğin yüksekliğinin 15 katı ($L_{SL} = 15 \cdot h_{SR}$) kadar çamur sıyırabilir. Sıyırıcı küreğin uzunluğu L_{SR} ($\sim b_{ST}$ dikey duvarları olan tanklarda) olduğunda ayırma debisi şu şekle gelir:

$$Q_{SR} = \frac{h_{SR} \cdot L_{SR} \cdot L_{SL}}{f_{SR} \cdot t_{SR}} \quad [m^3/\text{saat}] \quad (6-15)$$

Dikdörtgen tanklar için uygun uzunluk 60 m.nin altındadır. Belirli bir mesafeyle (tank uzunluğunun yarısından az) ayrılan çamur hunilerinin iki küreği içim 40 metrenin üzerinde uzunluk tavsiye edilir.

Kürek sıyırıcılar ve **flight** sıyırıcılar için ayırma faktörü $f_{SR} < 1,0$ olması çamur tabakasının üstünde kürek ya da **beam** in yüksekliği ile ilave bir çamur tabakasının transfer edildiğine işaret eder.

Flight sıyırıcının uzunluğunun ($L_{FS} \approx L_{ST}$) olduğu **flight sıyırıcılar** için ayırma aralığı:

$$t_{SR} = \frac{L_{FS}}{V_{SR}} \quad [h] \quad (6-18^{**})$$

Flight sıyırıcılar için çamur ayırma debisi:

$$Q_{SR} = \frac{V_{SR} \cdot L_{SR} \cdot h_{SR}}{f_{SR}} \quad [m^3/\text{saat}] \quad (6-19)$$

Beamlerin arasındaki mesafe beam yüksekliğinin yaklaşık 15 katı olmalıdır.

Dikdörtgen tanklarda emme ünitelerinin dizaynı için Bölüm 6.9.3.deki detaylar uygulanır. Köprü hızı 36-72 m/saat olmalıdır. Emme üniteleri, köprünün anlık yerine bağlı olarak tankın boylamsal ekseninde kaçınılmaz dairesel, ilave hidrolik yüke sebep olur.

** Orijinal Alman Standardındaki denklemlere aynı numarayı alması için Denklemler (6-11), (6-12), (6-16) ve (6-17) çıkarılmıştır.

6.9.5 Katı Madde Dengesinin Gerçekleşmesi

Çamur ayırma sistemi öyle dizayn edilmelidir ki çamur ayırma debisi Q_{SR} katı madde dengesini denklem 6-9 a göre karşılasın. Buna göre:

$$Q_{SR} \geq \frac{Q_{RS} \cdot L_{SR} - Q_{Short} \cdot SS_{EAT}}{SS_{BS}} \quad [m^3/saat] \quad (6-20)$$

Burada SS_{RS} için Bölüm 6.3 de verilen geri devir çamuru askıda katı madde konsantrasyonu kullanılmalıdır.

7 Planlama ve İşletme Durumları

7.1 Biyolojik Reaktör (Havalandırma Tankı)

7.1.1 Tank Tasarımı

Karıştırma ya da havalandırma tanklarında toplam debiye bağlı olarak 10 dakika ya da daha az bekleme süreleriyle birlikte, kısa-devir akışlar dizayn ölçümleri kullanılarak en aza indirilmelidir.

İnce kabarcıklı havalandırma elemanlarıyla tabanı kaplanan tanklarda bile, homojen olduğu varsayılan kesintisiz akış bölgesel olarak engellenebilir (tıkanabilir). Havalandırma bölgeleri yanında ve altındaki kısa-devir akışları ve by-pass akışlar arıtma performansını zayıflatır; devir üniteleri (pervaneler) homojen olmayan akış profilleri oluşturur, akış atlamaları gibi. Yukarıda belirtilen durumlarda ince kabarcıklı difüzör hava sistemlerinde asıl oksijen transfer oranı boyutlandırma için alınandan küçük olabilir.

Temel olarak, doğru işletmeyi sürdürürken tankın içine yerleştirilmiş ekipmanın tamirine olanak sağlayacak esas önlemler alınmalıdır. Aktif çamurun toplanması için olan kanal ve pompa tünelleri tankın boşaltılması için faydalı olur.

7.1.2 Köpük Birikmesi ve Çamurun Yüzmesi

Köpük ve yüzen çamur, **Microthrix parvicella** oluşumuyla, havalandırma tankı üstünde, bununla birlikte denitrifikasyon tanklarının üstünde ve belli koşullarda anaerobik tankların üstünde bile oluşabilir. Köpüklü çamurun oluşmasını en aza indirmek için tanklardaki bölme duvarları her zaman taşkın şeklinde olmalıdır. Doldurma ve boşaltma sırasında dibe yakın küçük açıklıklarla ayırma duvarlarının üzerine bir taraftan gelen yüksek su basıncı engellenir. Aynı sebepten dolayı havalandırma tanklarının çıkış kanallarının önünde köpük tabakası (**scum**) toplayıcılarının bulunması pratik değildir. Genellikle kanaldaki köpük taşan (savak) su ile parçalanır.

Microthrix Parvicella nın oluşumu şimdiye kadar anlaşılamadığından dolayı köpük tabakasının (scum) ayrılması için bir olanak, koruyucu bir önlem olarak planlanmalıdır. Bu, ikincil çöktürme tankına olan dağıtıcıda veya havalandırma tanklarının ortak, açık çıkış kanallarında olabilir.

Burada uygun bir emme ekipmanının kurulması mümkün olmalıdır. Ayrılan köpük, ileri bir arıtma olmadan çürütücüyü beslememelidir; mesela kurutma yataklarına uygulanabilir.

7.1.3 İç Resirkülasyon Pompalarının Düzenlenmesi

İç resirkülasyon sisteminin su **head**indeki küçük farklılıklardan dolayı, birçok durumda sadece pompanın debisi yaklaşık olarak belirlenebilir. Denitrifikasyon bölgesinden çok yüksek bir resirkülasyonu ve bundan dolayı yüksek oksijen transferini engellemek için kısmak veya daha iyisi uzaktan kontrol etmek mantıklı olur.

7.1.4 Nitrifikasyon İçin Boyutlandırılmamış Tesislerde Nitrit Formasyonu

Belli koşullar altında (yüksek sıcaklık, düşük yük), karbon giderimi için tasarlanmış tesislerde bazen nitrifikasyon oluşabilir. Bununla oksijen tüketimi artar ve çıkış suyunda nitrit konsantrasyonunun arttığı hesaplanır. Bu ters etkilere, daha yüksek oksijen transferi ile veya bu mümkün değilse çamur yaşının küçültülmesiyle (atık çamur debisinin artması) karşı koyulabilir.

7.2 İkincil Çökeltme Tankları

7.2.1 Genel

Bu STANDARTTA, sadece boyutlandırmayı etkileyen ya da boyutlandırmayı ilgilendiren dizayn yönleriyle ilgilenilmiştir. Dizayn ve düzenlemenin ileri planlama yönü, saha ya da yer altı kısıtlamaları, inşaat prosesleri, trafik güvenliği gibi benzer durumlar burada açıkça listelenmemiştir. Bunun için ATV El Kitabı [2], Bölüm 3.5 ve ATV Raporu'na [10] bakınız.

7.3.2 Temelde Yatay Akışlı Tanklar

Tank boyutu

Dairesel tanklar için genel tank yarıçapları 30 ila 50 metre arasındadır. Çevresel savaklar ile büyük dairese tanklardan temiz suyun ayrılması rüzgarın etkisiyle zarar görebilir. Çapı 20 metreden az olan dairese tanklar düşey akışlı tanklar gibi hesaplanmalı ve dizayn edilmelidir (Bölüm 6.5 ve 6.7).

Girişler

Girişin dizaynı, ikincil çöktürme tanklarında ayırma performansını çok etkiler.

Atıksu ve çamurun karışımından oluşan giriş akışı mümkün olduğunca çabuk şekilde giriş alanına dağıtılmalıdır ve ayırma bölgesine ya da yoğun akış ve depolama bölgesine sırayla yatay olarak deşarj edilmelidir. Düşük yatışlı giriş delikleri var ise kısa-devir akışlarına dikkat edilmelidir.

Yumaklaşma ve gaz **stripping** hacimleri, çökeltme bölgesine girmeden önce özellikle derin havalandırma tanklarında yararlı olmaktadır. Gaz **stripping**, giriş bölgesinde, dağıtım kanallarında ya da havalandırma tankının en son bölümünde gaz alma alanı kullanılarak yapılabilir. Yüzen çamurun gideriminin de burada gerçekleşmesi varsayılabilir. Yumaklaşma, giriş alanına tanka giriş yapana kadar orta seviyede debiyle 40 cm/sn ye kadar 3 ila 5 dakikalık

periyotla desteklenebilir. Dairesel tanklara giriş hızının ideal bir yatay bileşeni 10 cm/sn yeye kadar hesaplanması tavsiye edilir. Dikdörtgen tanklarda akış hızın yatay bileşeni 0,25 ila 0,33

cm/sn yeyi geçmemelidir, çünkü yüzey yük oranı sınırlanmıştır. Dairesel tankların giriş hacimleri ve dikdörtgen tanklarının dağıtım kanalları geri devir çamurunu kapsayan en yüksek (peak) yağışlı hava debisine ($Q_{ww,h} \cdot (1+RV)$) göre tema süresi 1 dakika olacak şekilde boyutlandırılmalıdır.

Çıkışlar

Tankta gerçekleşen atıksuyun ve çamurun ayrılma işlemi hidrolik elverişli çıkış dizaynı ile garantiye alınmalıdır. Bu nedenle, iç savaklar yan duvara yeterli mesafede olacak şekilde sabitlenmelidirler. Savak taşkın oranı $10 \text{ m}^3 / (\text{m saat})$ le sınırlanmalıdır ve savaklar her iki yanda $6 \text{ m}^3 / (\text{m saat})$ debiyle beslenmelidir. 150 kg/l den çok çamur hacim indeksi için bu değerler azaltılmalıdır.

Çıkış yüzey alanından daha düzenli bir geri alma, temiz suyun sarsıntısız bir şekilde alınması gerekliliğini destekler. Bu, radyal olarak düzenlenmiş, batırılmış, delinmiş çıkış tüpleriyle veya birçok savakla sağlanabilir. Su seviyesinde mümkün varyasyonlar hesaba katılmalıdır. Yüzen çamurun taşmasını engellemek için bir **scumboard** savaktan 30 cm mesafede yerleştirilmelidir. Dalma derinliği 20 cm olmalıdır.

Çamur hunileri

Eğer ilave yoğunlaştırma gerekmiyorsa çamur sıyrıcıları olan ikincil çöktürme tanklarının büyük çamur hunilerine ihtiyacı yoktur. Huniler öyle dizayn edilmelidir ki, hiç çamur tortusu beklenmemelidir. Huninin duvarları mümkün olduğunca düz (pürüzsüz) olmalıdır ve en az 1,7 : 1 eğimi olmalıdır. Ters piramit şeklinde hunileri olan boylamsal tanklarda tepelerin yuvarlanmasına dikkat edilmelidir.

7.3.3 Temelde Düşey Akışlı Tanklar

Düşey akışlı ikincil çöktürme tankları dairesele ya da dikdörtgen tanklar olarak inşaa edilebilirler. Normalde bunlar yatay akışlı ikincil çöktürme tanklarından derin olurlar. Tankın dış duvarında su seviyesi yüksekliğinde düşey bileşenin h_{in} yatay bileşene oranı, çamur battaniyesi oluşması için 1 : 2 den yüksek olmalıdır.

Dairesel ve huni-tabanlı tanklar

Huni şeklinde tanklar (Dortmund tankı), düşey akışlı ikincil çöktürme tankları için en çok tercih edilen inşaat şeklidir. Huni (konik) şekli, akışın yukarı doğru düzgün bir dağılımda olmasını ve çamur battaniyesinin oluşmasını ve sürekliliğini sağlar. Tank derinliğinin en az %75 lik kısmı huni şeklinde olmalıdır. Huninin eğiminin 1,7 : 1 olması uygundur. 1,4 : 1 doğru **flatter** eğimler sadece çok düz ve özel dikkatle üretilmiş duvar yüzeylerinde mümkündür. Genellikle huni eğimi yoğunlaştırma hacmine kadar devam eder, böylece çamur ayırma sistemine gerek kalmaz.

Düz tabanlı olan dairesele tanklarda, bir sıyrıcının çamuru ayırma noktasına transfer etmesi zorunludur.

Dikdörtgen tanklar

Düşey akışlı dikdörtgen tanklar genellikle düz tabanlı boylamsal tanklar olarak inşaa edilirler. Çaprazlamasına hızlı bir şekilde hareket ederler ki bu şekilde giriş akışının bütün tank boyunca eşit dağılması özel bir önemle gerçekleşir. Çamur ayırma, tercihen organ boru emme ağızlı bir köprü ünitesiyle boylamsal hareket eden veya 25 metreye uzunluğu kadar küçük tanklarla oluk şekilli tank tabanı üzerinde emme borusu kullanarak gerçekleşir.

Giriş

Düz tabanlı dikey akışlı dikdörtgen ve dairesel tankların giriş dizaynı yatay akışlı ikincil çöktürme tanklarıyla aynıdır.

Huni şekilli tankların girişi merkezde batık silindirli ve tanka girişte akış yönünü değiştiren bir yapıdır. Batık silindirin aşağı tarafı yoğunlaştırma bölgesinin üzerinde bitmelidir ve tavsiye edilen yer depolama bölgesinin ortasında bitmesidir. Giriş silindirinin çapı, ilgili boyutlandırılmış yüzey alanının yarıçapının 1/5 ila 1/6 sı oranında seçilmelidir.

Çapraz akışlı dikdörtgen tanklarda giriş akışı derin olmalıdır ve tanka eşit şekilde dağıtılmalıdır.

Çıkış

Düşey akışlı ikincil çöktürme tanklarının çıkışlarının dizaynı yatay akışlı tanklarınkine benzer inşaa edilebilirler.

Dairesel tanklarda ve huni tabanlı tanklarda olukların radyal yerleştirilmesi veya radyal çıkış tüpleri ikincil çöktürme alanına düzgün bir akışın olmasına yardımcı olurlar. Bununla, dalgıç çıkış tüplerinin köpükleşmiş çamurun ayrılmasıyla tıkanmaması avantajına sahip olurlar. Dikdörtgen tanklarda temiz suyun alınmasının düzlemsel olması hidrolik verimliliği destekler.

7.4 Geri devir çamuru

Geri devir çamuru debisinin kontrolü veya düzenlenmesi çok önemlidir. İşletme stratejisinin amaçları şöyle olmalıdır:

- havalandırma tankında istenen **mixed liquor** askıda katı madde konsantrasyonunun devamlılığı için gerekli geri devir aktif çamurunun sağlanması,
- çökeltme, yoğunlaştırma, çamur alma prosesleri ve havalandırma tankı arasındaki çamur sirkülasyon döngüsünün kapanması,
- eğer gerekli ise, ikincil çöktürme tanklarının hidrolik beslenmesi dengelenmesinin desteklenmesi,

Deri devir çamur debisinin giriş debisine (RS sabit) sürekli veya yarı-sürekli otomatik kontrolü için kuru hava giriş debisinin $Q_{DW,h}$ yaklaşık 0,75 ila 1 katı sabit bir debi sağlanmalıdır. Yağmur

suyunun giriş debisine katılmasıyla oluşan yüksek hidrolik yükü engellemek için geri devir çamur debisinin artırılması süre olarak ertelenmelidir ve düzgün bir şekilde başlamalıdır.

Elde edilen geri devir çamur debisinin kaydedilmesi gereklidir ve ek olarak en az bir ikincil çöktürme tankındaki çamur battaniyesinin yüksekliğinin kaydedilmesi istenir.

8 Dinamik Simülasyon

Dinamik modellemeyle sistem ve proses bilgilerini hesaba katarak aktif çamur tesislerinin proses tanımlanmasında yeni bir adım atılmıştır. Üniversite seviyesinde bu gibi modellerin çalışması ilk başlarda sınırlıydı. “Aktif Çamur Modeli No:1” [12] nin yayınlanmasından ve PC programlarına uygun hale dönüştürülmesinden sonra dinamik simülasyon önemli olmuştur.

Bugün statik boyutlandırılmış aktif çamur tesislerinin işletme davranışların kontrol etmek için dinamik simülasyon sık sık kullanılmaktadır. Burada, proses konfigürasyonu ve ölçüm ve kontrol teknolojisi çeşitlidir ve optimizasyon detaylandırılmıştır.

Bir aktif çamur modeli ile birleşen basit (bir boyutlu) ikincil çöktürme tankı modellerinde biyolojik reaktör ve ikincil çöktürme tankı arasındaki yerleşen çamur dinamik olarak kayıt edilebilir ve bununla aktif çamur prosesinin modellenmesinin bilgisayar değeri gelişir. Hidrodinamik modellerin (2 ve 3 boyutlu) yardımıyla ön-boyutlandırılmış ikincil çöktürme tanklarının fonksiyonu incelenebilir ve akış teknolojisi için dizayn yapısı optimize edilebilir. Farklı çeşitteki modellerin uygulanma alanları ve limitleri ATV Raporunda [14] tartışılmıştır.

Özel olarak temel modele dayanan simülasyon yardımıyla hangi özel görevler detaylandırılabilir. Bir model, sadece modelin oluşmasından hesaba katılan bu gibi soruları başarılı bir şekilde tanımlayabilir. Tecrübesiz bir kullanıcı için bir tehlike vardır ki o da sadece sorunun gidiş yolunun basitçe ele almaktır. Gerçek şudur ki, kural olarak boyutlandırma sadece bir çeşit yük için geçerlidir ve sadece bir çeşit yüke bağlı simülasyon durumuna götürür.

Simülasyonun doğasında yatan belirsizlikler ve dar boğazlar modelleme ile tahmin edilemez, fakat buna rağmen çeşitli durumlar için uygun varsayımlar (işletme kavramları, yük çeşitleri ve duyarlılık etmenleri) ilerleme, değerlendirme ve göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

Bu yüzden, simülasyon modeli kullananlara yüksek gereksinimler koyulmalıdır ve bunlar sadece model bilgisine değil ayrıca yük çeşidini seçmek ve proses özelliklerine de bağlı olmalıdır.

Bu önceden olması zorunlu düzenlemeler altında aktif çamur tesisleri güvenlik ve ekonomik verimliliğe bağlı olarak bu dinamik simülasyon kullanılarak optimize edilebilir.

9 Maliyet ve Çevresel Etkileri

Standart, bir önceki versiyonuyla karşılaştırılarak boyutlandırılmaya ve işletme tecrübelerine dayanmaktadır ve bu arada güvencedir. Bu açıdan önceden sadece tahmin ya da varsayımlara dayanılarak koyulan bazı şartnameler şimdi kesin olarak açık ifadeler ve etkili parametlerin belirtilmesiyle ve birçok durum için teyit edilmiştir.

Bu Standartta, planlamacılar ve araştırmacılar tek-fazlı aktif çamur tesislerinin boyutlandırılması için ayrı bir çalışma temeli almışlardır. Bundan ve proses teknik yönünden onlar gerekli çevresel korumaya da bağlı kalarak en uygun ve ekonomik çözümü geliştirmişlerdir. Burada, değişik ve hassas araştırmaların mümkünatı ve bundan genel planlama prosesi içine gelişmiş bir entegrasyon olacağı üzerinde durulmalıdır.

Bu Standartta, yüzey sularına deşarj edilecek atıksuyun kalitesi için gereklilikler basılmamıştır; bunlar yasal olarak hazırlanmıştır ya da yasal şartnamelerin dönüşmesiyle belirlenir. Bu Standart, uygun şartnamelerin ve ekonomik işletmenin güvenli şekilde ayarlanmasını amaçlamıştır.

10 İlgili [Alman] Yönetmelik, Yönerge ve Standart Şartnameleri [Çevirmen notu: bilinen çeviriler Türkçe verilmiştir, eğer yoksa resmi olmayan çeviriler parantez içinde verilmiştir.]

- **Abwasserverordnung [Atıksu Yasası]**

Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (AbwV)
Atıksuyun Yüzey Sularına Deşarjındaki Gereklilikler Yasası, Bundesgesetzblatt 1999, 18.02.99 tarihli Bölüm 1, No.6

- **ATV Kuralları ve Standartları**

ATV-A 122E

Bağlantı Değeri 50 ve 500 Arasında Oturanı ve Nüfus Eşdeğeri Olan Aerobik Biyolojik Arıtma Sistemi Olan Küçük Kanal Arıtma Tesislerinin Boyutlandırılması, İnşaatı ve İşletmesi, basım 06/91

ATV-A 126E

Bağlantı Değeri 500 ve 5.000 Arasında Oturanı ve Nüfus Eşdeğeri Olan Kanal Arıtma Tesislerinde Atıksu Arıtımının Çamur Stabilizasyonu ile Birlikte Aktif Çamur Prosesine Göre Arıtılmasının Prensipleri, basım 12/93

ATV-A 128E

Birleşik Kanallarda Yağmursuyu Yapısının Boyutlandırılması ve Dizayn Standartları, basım 04/92

ATV-A 202

Verfahren zur Elimination von Phosphor aus Abwasser
Atıksuda fosfor giderim metodları, basım 10/92

ATV-M 209E

Aktif Çamur Havalandırma Tanklarında Temiz Su ve **Mixed Liquor** da Oksijen Transferinin Ölçülmesi, Basım 06/96

ATV-M 210

Belebungsanlagen mit Aufstaubetrieb

Impoundage işletmeli aktif çamur tesisleri, basım 1997

ATV-M 256

Steuern und Regeln der N-Eliminaiton beim Belebungsverfahren

[Aktif çamur proseslerinde azot gideriminin kontrolü ve düzenlenmesi], basım 1997

ATV-M 265

Regulung der Sauerstoffzufuhr beim Belebungsverfahren

[Aktif çamur prosesinde oksijen transferinin düzenlenmesi]

ATV-M 271

Peersonalbedarf für den Betrieb kommunaler Klaranlagen

Kentsel kanal arıtma tesislerinin işletilmesinde personel gerekliliği, basım 09/98

- **Standart Şartnameler**

DIN EN 1085

Atıksu arıtma- kısa sözlüğü; Üç dilli versiyonu EN 1085-1997

DIN 4045

Atıksu mühendisliği – Kısa sözlüğü

DIN 4261, Bölüm 2

Küçük kanalizasyon arıtma tesisleri; kanalizasyon havalandırılmalı tesisler; uygulama, dizayn, inşaat ve test etme

DIN 18202

Bina inşaatında boyutsal toleranslar; Binalar

DIN 19558

Überfallwehr mit Tauchwand, getauchte Ablaufrohre in Becken; Baugrundsätze, Hauptmasse, Anwendungsbeispiele

[Köpük bordası olan taşkın savağı, tanklarda batmış çıkış boruları; inşaat prensipleri, ana boyutlar, uygulama örnekleri]

DIN 19569-1

Kanalizasyon arıtma tesisleri için yapı ve teknik ekipmanın dizayn prensipleri; Genel Prensipler

DIN 19569-2

Kanalizasyon arıtma tesisleri için yapı ve teknik ekipmanların dizayn prensipleri; katı maddelerin ayrılması ve yoğunlaştırılması için yapılar

Taslak DIN EN 12255-1

Atıksu arıtma tesisleri; Bölüm 1: Genel inşaat prensipleri

Taslak DIN EN 12255-4

Atıksu arıtma tesisleri; Bölüm 4: Ön çöktürme safhası

Taslak DIN EN 12255-6

Atıksu arıtma tesisleri; Bölüm 6: Aktif çamur prosesi

Taslak DIN EN 12255-8

Atıksu arıtma tesisleri; Bölüm 8: Çamur arıtma ve depolama

Taslak DIN EN 12255-10

Atıksu arıtma tesisleri; Bölüm 10: Güvenlik prensipleri

Literatür

[Çevirmen notu: bilinen çeviriler Türkçe verilmiştir, eğer yoksa resmi olmayan çeviriler parantez içinde verilmiştir.]

1. ATV (yayımcı): ATV-Handbuch “Biologische und weiter gehende Abwasserreinigung”
[ATV El kitabı “Biyolojik ve ileri atıksu arıtma]. 4. Basım, Berlin: Ernst & Sohn, 1997.
2. ATV (yayımcı): ATV-Handbuch “Mechanische Abwasserreinigung”
[ATV El Kitabı “Mekanik atıksu arıtma”]. 4. basım, Berlin: Ernst & Sohn, 1997.
3. ATV-Arbeitsblatt “Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen”
[ATV Standart “Atıksu sistemleri için boyutlandırma değerlerinin birleştirilmesi ve türetilmesi] (hazırlık aşamasında].
4. Nowak, O.: Nitrifikation im Belebungsverfahren bei massgebendem Industrieabwassereinfluss.
[Endüstriyel atıksu girişi olan aktif çamur proseslerinde nitrifikasyon]
Wiener Mitteilungen Wasser, Abwasser, Gewasser, Vol.135 (1996).
5. Prendl, L.: Beitrag zu Verständnis und Anwendung aerober Selektoren für die Blahsclammvermeidung.
[Kabaran çamurdan korumak için aerobik selektörlerin anlaşılması ve uygulanması hakkında makale]
Wiener Mitteilungen Wasser, Abwasser, Gewasser, Vol.139 (1997)

6. ATV Raporu “Aktif çamur tesislerinde kabaran çamur, yüzen çamur ve köpüğün sebepleri ve önlemleri”. Korrespondenz Abwasser 45 (1998), 1959-1968 ve 2138
7. Ekama, G.A.;
Bernard, J.L.;
Günthert, F.W.;
Krebs, P.;
McCorquodale, J.A.;
Parker, D.S.;
ve Wahlberg, E.J. İkincil çöktürme tankları. IAQW Bilimsel ve Teknik Rapor No:6, Londra: IAQW 1977.
8. ATV Raporu “Schlammraumsysteme für Nachklärbecken von Belebungsanlagen”
[Aktif çamur tesislerinde ikincil çöktürme tankları için çamur temizleme sistemleri]
Korrespondenz Abwasser 35 (1988), 263 ff.
9. Düzeltme: ATV Raporda düzeltmeler [8]. Korrespondenz Abwasser 35 (1988), 611.
10. ATV Raporu “Konstruktive Aspekte der Planung von Nachklärbecken von Belebungsanlagen”
[Aktif çamur tesislerinde ikincil çöktürme tanklarının planlanmasında dizayn durumu].
Korrespondenz Abwasser 44 (1997), 2061-2064 ve 45 (1998), 549.
11. ATV Raporu “Bemessung und Gestaltung getauchter, gelochter Ablaufrohre in Nachklärbecken”
[İkincil çöktürme tanklarında dalgıç, delikli deşarj borularının boyutlandırılması ve dizaynı].
Korrespondenz Abwasser 42 (1995), 1851-1852 ve 44 (1997), 322-324.
12. Henze, M.;
Grady, C.P.L.jr.;
Gujer, W.;
Marais, G.v.R.;
Matsuo, T. Aktif Çamur Modeli No.1. IAWPRC Bilimsel ve Teknik Raporlar No.1. Londra: IAWPRC (1987).
13. ATV Raporu “Simulation von Kläranlagen”
[Kanalizasyon arıtma tesislerinde simülasyon].
Korrespondenz Abwasser 44 (1997), 2064-2074.
14. ATV Raporu “Grundlagen und Ersatzbereich der numerischen Modellierung der Nachklärbecken von Belebungsanlagen”
[Aktif çamur tesislerinde ikincil çöktürme tanklarının nümerik modellenmesinde temeller ve konular].
Korrespondenz Abwasser 47 (2000).

Ekler

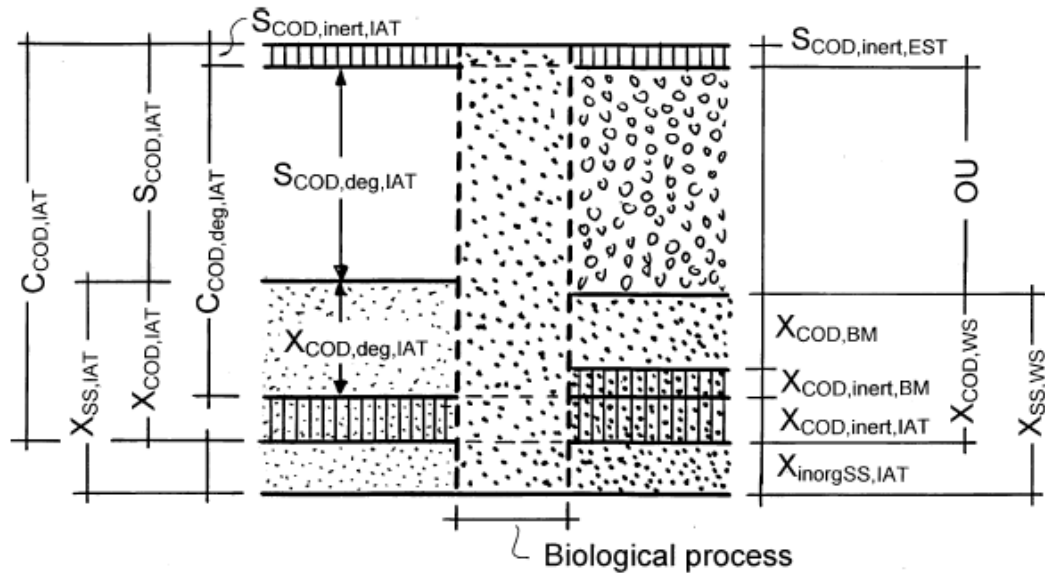
KOİ' ye dayalı olarak karbon giderimi için çamur üretiminin ve oksijen tüketiminin belirlenmesi

A1 Boyutlandırma Prensipleri

Hesaplamalar için, biyolojik reaktöre gelen günlük giriş akışı, ilgili yükler veya konsantrasyonlar aşağıdakilere ihtiyaç duymaktadır:

$C_{COD,IAT}$	Kimyasal Oksijen ihtiyacı (KOİ)
$S_{COD,IAT}$	Süzüntünün KOİ'si (0,45 µm membran filtre)
$X_{COD,IAT}$	Filtre edilebilir katı maddeler KOİ'si
$X_{SS,IAT}$	Filtre edilebilir katı maddeler (0,45 µm membran filtre)
$X_{inorgSS,IAT}$	Filtre edilebilir katı maddelerin inorganik tortusu ($X_{SS,IAT}$)

İlgili yükler Bölüm 4 e göre belirlenmelidir.



Şekil A1: Biyolojik arıtmayla KOİ nin ve filtrable katı maddenin değişimi (prensip diyagramı)

A2 KOİ Dengesi

Biyolojik reaktör giriş akışının KOİ'si çözünebilir ve tanecikli bölüm olmak üzere bölünebilir. Burada, bütün konsantrasyonların atıksu giriş akışına bağlı olduğuna dikkat edilmelidir; bunun ayrıca OV, $X_{COD,SP}$ vb. için de uygulanabilir, bakınız Şekil A1.

$$C_{COD,IAT} = S_{COD,IAT} + X_{COD,IAT} \quad [mg/l] \quad (A1)$$

Her iki bölüm de bir biodegradable ve bir tepkimeye girmeyen (inert) bölümü vardır:

$$C_{COD,IAT} = S_{COD,deg,IAT} + S_{COD,inert,IAT} + X_{COD,deg,IAT} + X_{COD,inert,IAT} \quad [mg/l] \quad (A2)$$

Çözünmüş tepkimeye girmeyen bölüm çözünmüş çıkış konsantrasyonuna yaklaşabilir:

$$S_{COD,inert, IAT} = S_{COD,inert, EST} \quad [mg/l] \quad (A3)$$

Tepkimeye girmeyen çözünmüş KOİ, 0,05 ila 0,1 $C_{COD,IAT}$ arasındadır. Eğer hiçbir çalışma mevcut değilse kentsel atıksu için $S_{COD,inert,IAT} = 0,05 C_{COD,IAT}$ şeklinde hesap yapılması tavsiye edilir. Tanecikli KOİ nin tepkimeye girmeyen kısmı ise toplam tanecikli KOİ nin parçası olarak sayılabilir:

$$X_{COD,inert, IAT} = A \cdot X_{COD,IAT} = A \cdot (C_{COD,IAT} - S_{COD,IAT}) \quad [mg/l] \quad (A4)$$

Atıksuyun cinsine ve birincil çöktürme tanklarında bekleme süresine bağlı olarak, A 0,2 ila 0,35 arasındadır. Kentsel atıksu için A = 0,25 olarak hesaplama yapılabilir.

Biodegradable KOİ ($C_{COD,deg, IAT}$) aşağıdaki gibi verilebilir:

$$C_{COD,deg, IAT} = C_{COD,IAT} - S_{COD,inert, IAT} - X_{COD,inert,IAT} \quad [mg/l] \quad (A5)$$

Eğer denitrifikasyonu artırmak için dışardan karbon ilave ediliyorsa, $S_{COD,deg, IAT}$ nin $S_{COD,IAT}$ değeri kadar artırılması gerekir (bakınız denklem 5-8). $S_{COD,Ext} \leq 10$ mg/l ise hesaba katılmaz.

Giriş akışının filtrable katı maddeleri ($X_{SS,IAT}$) organik ve inorganik bölümler içerir; geri kalan $C_{COD,IAT}$ nin kısmı değildir.

$$X_{SS,IAT} = X_{ordSS,IAT} + X_{inorgSS,IAT} \quad [mg/l]$$

veya:

$$X_{inorgSS,IAT} = B \cdot X_{SS,IAT} \quad [mg/l] \quad (A6)$$

B değeri 0,2 ila 0,3 (%70 ila %80 organik) arasında alınabilir. Eğer hiçbir çalışma mevcut değilse ham atıksu için B = 0,3 ve birincil çöktürme tankından çıkış için B = 0,2 alınması tavsiye edilir.

Birçok ölçümden sonra giriş akışındaki organik kuru katı maddenin 1,45 g KOİ/ g org SS olduğu belirlenmiştir. Bununla aşağıdaki düzeltme yapılabilir:

$$X_{COD,inert,IAT} = C_{COD,IAT} - S_{COD,IAT} = X_{SS,IAT} \cdot 1,45 \cdot (1 - B) \quad [mg/l] \quad (A7)$$

Eğer $S_{COD,IAT}$ bilinmiyorsa, fakat $X_{SS,IAT}$ ölçüldüyse, $S_{COD,IAT}$ bu denklemden hesaplanabilir.

Biyolojik arıtma sonucunda ikincil çöktürme tankından çıkan suyun KOİ'si (bu çözünmüş tepkimeye girmeyen KOİ, biodegradable olmamış çözünmüş KOİ ve filtrable katı madde gelen KOİ dir) ve atık aktif çamur olarak ölçülen KOİ ($X_{COD,SP}$) kalır. Fark solunum için kullanılan oksijen olarak temsil edilir (OU). Eğer çıkıştaki biodegradable olamamış ve çözünmüş

biodegradable KOİ yi hesaba katmazsa ve çıkıştaki askıda katı maddeyi yanlış yönlendirilmiş atık çamur olarak varsayarsa, aşağıdaki dönüşüm denklemi elde edilir:

$$C_{COD,IAT} = S_{COD,inert,EST} + X_{COD,SP} + OV \quad [mg/l] \quad (A8)$$

Yüksek çamur yaşı olduğunda bütün biodegradable tanecikli maddelerin ($X_{COD,deg,IAT}$) ve biodegradable çözünmüş maddelerin ($S_{COD,deg,IAT}$) dönüşümü olduğu varsayılabilir. Tepkimeye girmeyen çözünmüş KOİ nin ve bunun yanında biodegradation prosesleri sonucunda inorganik katı madenin çok az artması ileri varsayımlar için göz önüne alınmaz.

A3 Çamur Üretiminin Hesaplanması

KOİ olarak ölçülen üretilen çamur ($X_{COD,SP}$) girişteki tepkimeye girmeyen tanecikli KOİ den, oluşan biyokütleden ($X_{COD,BM}$) ve biyokütlenin endojen bozulmasından (çürümesinden) kalan tepkimeye girmeyen katı maddeden ($X_{COD,inert,BM}$) den oluşur.

$$X_{COD,SP} = X_{COD,inert,IAT} + X_{COD,BM} + X_{COD,inert,BM} \quad [mg/l] \quad (A9)$$

Biyokütlenin oluşumu ve endojen çürüme için aşağıdaki düzeltme uygulanır:

$$X_{COD,BM} = X_{COD,deg,IAT} \cdot Y - X_{COD,BM} \cdot t_{SS} \cdot b \cdot F_T \quad [mg/l] \quad (A10)$$

$$X_{COD,BM} = X_{COD,deg,IAT} \cdot Y \cdot \frac{1}{1 + b \cdot t_{SS} \cdot F_T} \quad [mg/l] \quad (A11)$$

$$F_T = 1,072^{(T-15)} \quad (A12)$$

Dönüşüm katsayısı $Y = 0,67 \text{ g KOİ/ g KOİ}_{deg}$ ve 15° C de çürüme katsayısı $b = 0,17 \text{ gün}^{-1}$ Aktif Çamur Modeli No. 1 [12] dekine benzer varsayılabilir.

Endojen çürümeden geriye kalan tepkimeye girmemiş katı madde çürümüş biyokütlenin %20 si olarak alınabilir:

$$X_{COD,inert,BM} = 0,2 \cdot X_{COD,BM} \cdot t_{SS} \cdot b \cdot f_T \quad [mg/l] \quad (A13)$$

KOİ olarak kayıt edilen katı maddenin kütlesi %80 ni organiktir. Eğer $1,45 \text{ g KOİ/ g SS}$ alınırsa ve girişteki inorganik filtre edilebilir maddeler hesaba katılırsa, şu elde edilir:

$$SP_{d,C} = Q_d \cdot \left(\frac{X_{COD,SP}}{0,8 \cdot 1,45} + X_{inorgSS,IAT} \right) / 1000 \quad [kg \text{ SS/ gün}] \quad (A14)$$

veya:

$$SP_{d,C} = Q_d \cdot \left(\frac{X_{COD,SP}}{0,8 \cdot 1,45} + B \cdot X_{SS,IAT} \right) / 1000 \quad [kg \text{ SS/ gün}] \quad (A15)$$

A4 Oksijen İhtiyacının Hesaplanması

Oksijen ihtiyacı denklem A.8 in yeniden düzenlemesiyle aşağıdaki gibi çıkar:

$$OU = C_{COD,IAT} - S_{COD,inert,EST} - X_{COD,SP} \quad [mg/l]$$

$$OU_{d,C} = Q_d \cdot (C_{COD,IAT} - S_{COD,inert,EST} - X_{COD,SP}) / 1000 \quad [kg \text{ O}_2/\text{gün}] \quad (A16)$$

Daha ileri hesaplamalar Bölüm 5.2.8 e göre yapılır.