HAVALANDIRMA HAVUZU TASARIMI

## Havalandırma havuzunun I. Kademedeki işletimi için proses hesapları

Tasarlanacak sistemde, biyolojik fosfor, azot ve karbon giderimi hedeflenmektedir. Ön çöktürme havuzundan gelen atıksuyun debisi Tablo 1’deki gibidir.

**Tablo 1.** Ön çöktürme havuzundan sisteme gelen debi

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Debi** | **I. Kademe (2042)** | | | **II. Kademe (2057)** | | |
| **m3/gün** | **m3/sa** | **m3/sn** | **m3/gün** | **m3/sa** | **m3/sn** |
| **Q max** | 49200 | 2050 | 0,569444 | 86256 | 3594 | 0,998333 |
| **Q ort** | 34800 | 1450 | 0,402778 | 60960 | 2540 | 0,705556 |
| **Q min** | 21192 | 883 | 0,245278 | 37128 | 1547 | 0,429722 |

### Biyofosfor Havuzları Boyutlandırılması

Biyofosfor havuzları, atıksuyun tankta 0,5-0,75 saat kalması sağlanacak şekilde tasarlanır. Bu örnekte anaerobik çamurun biyofosfor tankında bekletilme süresi 0,5 saat olarak seçilmiştir. Ayrıca anaerobik havuzun 2 adet tasarlanması uygun görülmüştür. Buna göre;

Qtoplam, tasarım = 60900 m3/gün Tank başına düşen debi miktarı

2

Qtank

= 60.900 𝑚3/𝑔ü𝑛 = 30450 𝑚3/𝑔ü𝑛 olarak hesaplanmıştır.

Buna göre her bir biyofosfor havuzunun hacmi;

V bioP, tank

= (HRT) \* Q

tank

= 0,5 saat \* 30.450 = 634,375 m3 olmalıdır.

Her bir tankın uzunluğunu 30 m, genişliğini 6 m ve aktif yüksekliğini 3,6 m olarak tasarladığımızda, biyofosfor havuzu yeterli gelmektedir.

24

### Oksik/Anoksik Tankların Boyutlandırılması

Havalandırma havuzu tasarımında baz alınan varsayımlar şu şekildedir:

* Atıksuyun minimum sıcaklığı: 10°C
* Atıksuyun maksimum sıcaklığı: 25°C
* Çamurun SVI değeri: 100 mL/g
* Tank sayısı: 4

Bu tasarımda kullanılan debi, anaerobik havuza gelen debi ile aynıdır. Havuz tasarlanırken kullanılacak olan debi, 60.900 m3/gün’dür. Ancak tasarlanacak olan tank sayısı 4 olduğundan, tank başına düşen debi miktarı:

Qtank

60.900 𝑚3/𝑔ü𝑛 = 15225 𝑚3/𝑔ü𝑛

4 𝑡𝑎𝑛𝑘

=

Ön çöktürme tankı çıkışında, havalandırma havuzuna giren kirleticilerin konsantrasyonları şu şekildedir:

**Tablo 2.** 2042 yılında havalandırma havuzuna giren atıksuyun karakterizasyonu

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kirlilik** | **I. Kademe** | | | |
| **Ön çöktürme çıkış konsantrasyonu** | **Geri devir hattı (R=0,75)** | **Havalandırma havuzu çıkış konsantrasyonu** | **Havalandırma havuzu giriş konsantrasyonu** |
| **BOİ, mg/L** | 300 | 25 | 10 | 182,14 |
| **AKM, mg/L** | 185 | 35 | 10 | 120,71 |
| **TKN, mg/L** | 60 | 4 | 2 | 36 |
| **org N** | 36 | 2 | 1 | 21,43 |
| **NH4-N** | 24 | 2 | 1 | 14,57 |
| **NO3-N, mg/L** | 0 | 6 | 8 | 2,57 |
| **TN, mg/L** | 60 | 10 | 10 | 38,57 |

Tasarlanacak olan sistemde, azot giderim verimi, karbon konsantrasyonuna bağlıdır. Hedeflenen azot giderimin gerçekleşmesinin mümkünlüğü, “Gerekli Denitrifikasyon Kapasitesi” denen değere bağlıdır. Bu değer şu şekilde hesaplanır:

(𝑇𝐾𝑁𝐻𝑎𝑣𝑎𝑙𝑎𝑛𝑑𝚤𝑟𝑚𝑎 ℎ𝑎𝑣𝑢𝑧𝑢𝑛𝑎 𝑔𝑖𝑟𝑒𝑛 𝑚𝑔) − (𝑇𝐾𝑁𝐻𝑎𝑣𝑎𝑙𝑎𝑛𝑑𝚤𝑟𝑚𝑎 ℎ𝑎𝑣𝑢𝑧𝑢𝑛𝑑𝑎𝑛 ç𝚤𝑘𝑎𝑛 𝑚𝑔)

𝐺𝑒𝑟𝑒𝑘𝑙𝑖 𝑑𝑒𝑛𝑖𝑡𝑟𝑖𝑓𝑖𝑘𝑎𝑠𝑦𝑜𝑛 𝑘𝑎𝑝𝑎𝑠𝑖𝑡𝑒𝑠𝑖 =

𝐿

𝑚𝑔

𝐿 − 0,04

(𝐻𝑎𝑣𝑎𝑙𝑎𝑛𝑑𝚤𝑟𝑚𝑎 ℎ𝑎𝑣𝑢𝑧𝑢𝑛𝑎 𝑔𝑖𝑟𝑒𝑛 𝐵𝑂İ, 𝐿 )

Yukarıda formülasyonu verilen bu parametrenin, 0,15’ten küçük olması gerekir. Bu değerin 0,15’ten büyük olması halinde, hedeflenen azot miktarının giderilebilmesi için yeterli karbon yok demektir.

Verilen formülasyon sistemimize uyarlandığında, denitrifikasyon kapasitesi:

𝐺𝑒𝑟𝑒𝑘𝑙𝑖 𝑑𝑒𝑛𝑖𝑡𝑟𝑖𝑓𝑖𝑘𝑎𝑠𝑦𝑜𝑛 𝑘𝑎𝑝𝑎𝑠𝑖𝑡𝑒𝑠𝑖 = (36)−(2) − 0,04 = 0,1467 olarak bulunur. Bu değer

(182,14)

0,15’ten küçüktür. Sistem bu haliyle istenen verimde çalışabileceği için, ön çöktürme tankının sistemde kalması uygundur.

Havalandırma havuzu tasarımı yapılırken ilk olarak sisteme beslenen BOD yükü hesaplanır: BODYük = BOD0 \* Qtank = (182,14 mg/L) \* (15.225 m3/d) = 2773,1 kg/gün

FT = 1.072(T-15)

* FT = 1.072(10-15) = 0,70636

Çamur yaşı, tank hacmi, atılacak çamur miktarı gibi parametrelerin hesabı için bir başlangıç VD/VT değeri seçilmelidir. İterasyona bu değerle başlanır. Amaç, hesaplamanın sonunda bulunan “denitrifikasyon potansiyeli (DNpot)” ve “denitrifikasyonda giderilmesi hedeflenen azot miktarı (NDN veya DNcap)”in birbirine eşitlenmesidir. Değerler birbirine eşit değilse, belirlenen ilk değer küçük adımlarla çoğaltılır. İlk değer olarak 0,2 verilir. Çıkılabilecek maksimum değer 0,5 olmalıdır. Buna göre, başlangıç değeri olarak 0,2 alındığında:

Çamur yaşı şu şekilde hesaplanır:

3.4

SRT = SF \* 1−𝑉𝑑/𝑉𝑡

\* (1.103)(15-T)

ATV tasarım kriterlerine göre, güven payı (SF) 1,45 olarak alınır. Buna göre:

* + SRT = 1.45 \* 3.4

1−0,2

\* (1.103)(15-10) = 10,06 gün **> 5,55 gün** 

Tankta oluşan çamur miktarının (PXT) saptanması için öncelikle içsel solunum hızı ile mikrobiyal oluşum hızının (Yobs) bilinmesi gerekir.

𝑆𝑅𝑇∗𝐹𝑡 10,06 ∗ 0,706

ER (Endogenous Respiration) = (1+0.17∗𝐹𝑡∗𝑆𝑅𝑇) = (1+0.17∗10,06 ∗0,706) = 3,218

Yobs,H = 0.75 + 0.60 \* (SS0 / BOD0) – 0.102 \* (ER)

Yobs,H = 0.75 + 0.60 \* ((120,7 mg/L) / (182,14 mg/L)) – 0.102 \* (3,218)

* Yobs,H = 0,819

PXT = Yobs,H \* BODLoad = (0,819) \* (2773,1 kg/d) = 2272,2 kg/d

X değerinin bulunması için, XR değerinin hesaplanması gereklidir.

X = 0.70 \* 106 3√𝑡

𝑆𝑉𝐼

R

𝑇ℎ

ATV tasarım kriterlerine göre, tTh değeri 2.5 saat olarak alınabilir. Buna göre;

6

10 3

XR = 0.70 \* 100 √2.5 = 9500 mg/L

𝑅

X = XR \* (1+𝑅)

R değeri 0,75 olarak alındığı için;

0.75

X = (9500mg/L) \* (1+0.75) = 4071 mg/L

Buna göre 4 tankın her birinin hacmi;

VT =

Pxt ∗SRT

𝑋

(2272,2 kg)∗(10,06 gün)

= gün

(4071 𝑚𝑔)

𝐿

= 5614,57 m3 olarak bulunur.

***NOT:*** Tank hacmini kesinleştirmek ve boyutlandırmasını yapmabilmek için *DNpot=DNcap koşulunun sağlandığından emin olmak gerekir*.

OUC = 0,56 + 0,15 \* ER = 0,56 + 0,15 \* (3,218)

* OUC = 1,04

OURC = OUC \* BODYük = 1,04 \* 2773 kg/gün = 2891 kg O2/gün

𝑎∗(0.75)∗𝑂𝑈𝑅𝑐

DNPot = 2,9 \* (VD /VT)

α değeri, farklı formüllerle hesaplanabilmektedir. Ancak bu örnekte Kayser et al. tarafından geliştirilen formülasyon kullanılmıştır:

α Kayser

= 2,95 \* (100 \* 𝑉𝑑 ) -0.235 = 1,459

1,459 ∗ (0,75) ∗(2891 𝑘𝑔)

𝑉𝑡

2,9

DNPot

= 𝑔ü𝑛 \* (0, 2) = 218,23 kg N/gün

1 𝑔ü𝑛

DNPot = 218,23 kg N/gün \* 15.225 𝑚3 = 14,33 mg/L

Denitrifikasyon potansiyeli ile eşitliğin gerçekleşip gerçekleşmediğinin kontrolü için, denitrifikasyon kapasitesi de hesaplanır. Bunun için öncelikle WASN, TKNtüketilen değerleri bulunmalıdır:

DNkapasitesi = denitrifikasyonda tüketilmesi gereken nitrat = (NN) + (NO3N0 - NO3Neff) NN = TKN tüketilen – WASN

SRT>10 gün olduğu için;

WASN = 0.04\*BOD0 → SRT>10 gün için WASN = 0.05\*BOD0 → SRT<10 gün için

WASN = 0.04 \* (182,14 mg/L) = 7,286 mg/L

TKN tüketilen = (36 mg/L) – (2 mg/L) = 34 mg/L

* NN = (34 mg/L) – (7,286 mg/L) = 26,7 mg/L

DNkapasitesi = [(26,7 mg/L) + (2,57 mg/L – 8 mg/L)] = 21,28 mg/L

 DNkapasitesi ≠ DNPot olarak bulunmuştur. Bu sebeple, **VD/VT** değeri DNkapasitesi = DNPot olacak şekilde değiştirilir. Bu eşitliğin sağlanması için gerekli sayıda iterasyonun yapılması gerekir. DNkapasitesi ve DNPot değerlerinin, **VD/VT** değerine bağlı değişimi Tablo 3’te verilmiştir.

**Tablo 3.** VD/VT değerine göre DNpot ve DNcap değerlerinin değişimi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **VD/VT** | **DNpot** | **DNcap** |
| 0,2 | 14,33 | 21,28571 |
| 0,24 | 16,656 | 21,28571 |
| 0,26 | 17,8 | 21,28571 |
| 0,32 | 21,23 | 21,28571 |
| 0,32099 | 21,2857 | 21,28571 |

Buna göre, **VD/VT** değeri 0,32 olmalıdır. Bu değer baz alınarak hacim hesaplandığında, uygun koşulları sağlayan gerekli tank hacminin 6420 m3 olduğu görülür.

*İlk kademe için* (Qtotal=60.900 m3/gün) 4 adet tankın tasarlanması planlanmıştır. Bu durumda, her bir

15.225 m3/gün’lük debiyi karşılayacak gerekli olan hacim 6420 m3 olarak hesaplanmıştır. Tankın boyu (L) 80 metre, eni (W) 20 metre, yüksekliği (h) ise 4,05 m olarak seçilirse,

VT = W \* L \* H = (80 m) \* (20 m) \* (4,05 m) = 6480 m3’lük hacmi ile tank boyutlandırmasının tamamlandığı görülebilir.

## Havalandırma havuzunun II. kademedeki işletimi için proses hesapları

2042 yılında tasarlanmış, giriş debisinin tamamını (34.800 m3/gün) karşılayan ve her biri ~950 m3’lük 2 adet biyofosfor giderim tankı ve her biri 6480 m3’lük 4 adet havalandırma havuzu inşa edilmiştir. 2057 yılında karşılanması istenen debi ise 60.960 m3/gün’e ulaşmaktadır.

İlk kademede konvansiyonel bir atıksu arıtma tesisi (ön çöktürme+BNP giderim tankları+son çöktürme) yapılmış olup, bu sistem 2057 yılında aynı şekilde kullanılacaktır. Yetersiz kalan 26.160 m3/gün’lük debi ise yeni tasarlanacak olan havuzlara aktarılacak ve atıksu bu yeni tanklarda arıtılacaktır. Yeni sistemde işletilecek olan havalandırma havuzları membran biyoreaktörler olarak işletilecektir. Bu sebeple havuzların içerisine sisteme batık membranlar yerleştirilecektir. Tasarlanan bu yeni sistemde son çöktürme tankları bulunmayacaktır. Anaerobik havuz için gerekli olan bir iç geri devir hattı yerleştirilecek ve iç sirkülasyon ile fosfor giderimi sağlanacaktır. 2057 yılı için tasarlanan bu yeni kısmın iç sirkülasyon oranı (R) 0,5 olacak şekilde tasarlanmıştır.

### Biyofosfor Havuzları Boyutlandırılması

Var olan sistemde her bir tankın hacmi 648 m3’tür ve bu tanklar, gelen debinin 34.800 m3/gün’lük kısmını 0,5 saat hidrolik bekletme süresiyle kaldırabilmektedir. 2057 yılındaki toplam debi ise 60.960 m3/gün’dür. Bu sebeple kalan debiyi karşılayacak yeni anaerobik havuzlara ihtiyaç duyulmaktadır. 2057 yılında, anaerobik havuza beslenen debi 39.240 m3/gün’e ulaşmaktadır. Yeni tasarlanan tank sayısı da 2 olarak belirlenmiştir. Buna göre anaerobik havuzdaki hidrolik bekletme süresi 0,75 sa olarak seçildiğinde;

Vanaerobik tank = 19.620 m3/gün \* 0,75 sa = ~613 m3’lük tankların tasarlanabileceği görülmektedir. Tankların uzunluğu 30 m, genişliği 6 m ve derinliği 3,6 m olarak seçilmiştir.

### Oksik/Anoksik Tankların Boyutlandırılması

2057 yılında, 2042 yılı için tasarlanmış tanklar kullanılacaktır. Ancak debi, 2042 yılından daha fazla olduğu için II. kademeye özel yeni havalandırma havuzları da tasarlanacaktır.

Var olan sistem, 2042 yılında beslenen debi ile aynı debide beslenecektir. Ancak gelen atıksuyun kirlilik yükleri değişecektir. 2057 yılında, var olan sisteme beslenen atıksu karakteristiği Tablo 4’te verilmiştir.

**Tablo 4.** 2057 yılında, 2042 yılı için tasarlanmış havuzlara beslenen atıksuyun karakterizasyonu

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kirlilik** | **Ön çöktürme sonrası (%100)** | **Geri devir hattı (R=0,75)** | **Havalandırma havuzu çıkış** | **Ortalama** |
| **BOİ, mg/L** | 280 | 25 | 10 | 170,71 |
| **AKM, mg/L** | 160 | 35 | 10 | 106,43 |
| **TKN, mg/L** | 55 | 4 | 2 | 33,14 |
| **org N** | 33 | 2 | 1 | 19,71 |
| **NH4-N** | 22 | 2 | 1 | 13,43 |
| **NO3-N, mg/L** | 0 | 6 | 8 | 2,57 |
| **TN, mg/L** | 55 | 10 | 10 | 35,71 |

Tablo 4’te karakterizasyonu verilen atıksu, 2042 yılı için tasarlanmış olan her birinin hacmi 6480 m3’ten oluşan 4 tanka beslenecektir. Ancak sistemin C/N oranının yeterli geldiğinden emin olmak için gerekli denitrifikasyon kapasitesinin kontrol edilmesi şarttır.

𝐺𝑒𝑟𝑒𝑘𝑙𝑖 𝑑𝑒𝑛𝑖𝑡𝑟𝑖𝑓𝑖𝑘𝑎𝑠𝑦𝑜𝑛 𝑘𝑎𝑝𝑎𝑠𝑖𝑡𝑒𝑠𝑖 = (33,14)−(2) − 0,04 = 0,142

<0,15

(170,71)

Buna göre, II. kademede bu tanklar aynı şekilde (ön çöktürme+BNP+son çöktürme) işletilmeye devam edecektir.

*Not: Havalandırma havuzunun bu atıksu karakteristiğinde de aynı hacimde kaldığı varsayılmıştır.*

2057 yılında gelen fazla debinin karşılanması için yeni anaerobik havuzun yanı sıra yeni havalandırma havuzları tasarlanacaktır. Yeni tasarlanan havalandırma havuzları membran biyoreaktör olarak işletilecektir. Anaerobik havuzdan gelen atıksu direkt olarak havalandırma havuzuna giriş yapacaktır.

Sistem membran biyoreaktör olarak işletileceği için son çöktürme tankı tasarlanmayacaktır. Ancak daha önce de bahsedildiği gibi, R=0,5 olduğundan, bir geri devir hattı yerleştirilecektir.

Bu sebeple yeni havalandırma havuzları tasarlanırken kullanılacak olan debi 39.240 m3/gün olacaktır. Membran biyoreaktörlerin 2 adet tasarlanması planlanmaktadır. Buna göre tank başına düşen debi;

Q = 𝑄𝑡𝑜𝑡𝑎𝑙 =

39240 𝑚33

𝑔ü𝑛 = 19.620 𝑚

olacaktır.

tank

𝑡𝑎𝑛𝑘 𝑠𝑎𝑦𝚤𝑠𝚤 2

𝑔ü𝑛

2057 yılı için yeni tasarlanacak olan anaerobik havuzun başlangıç noktasına gelen atıksuyun karakteristiği ise Tablo 5’te verilmiştir.

**Tablo 5.** 2057 yılında, yeni tasarlanacak havuzlara gelen atıksuyun karakterizasyonu

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kirlilik** | **Ön çöktürme sonrası (%100)** | **Havalandırma havuzu devir hattı (R=0,5)** | **Ortalama** |
| **BOİ, mg/L** | 280 | 10 | 190 |
| **AKM, mg/L** | 160 | 10 | 110 |
| **TKN, mg/L** | 55 | 2 | 37,3 |
| **Org N** | 33 | 1 | 22,3 |
| **NH4-N** | 22 | 1 | 15 |
| **NO3-N, mg/L** | 0 | 8 | 2,67 |
| **TN, mg/L** | 90 | 10 | 63,3 |

Tasarıma başlanmadan önce, gelen atıksuyun “gerekli denitrifikasyon kapasitesi” kontrol edilmelidir.

𝐺𝑒𝑟𝑒𝑘𝑙𝑖 𝑑𝑒𝑛𝑖𝑡𝑟𝑖𝑓𝑖𝑘𝑎𝑠𝑦𝑜𝑛 𝑘𝑎𝑝𝑎𝑠𝑖𝑡𝑒𝑠𝑖 = (37,3)−(2) − 0,04 = 0,146 olarak bulunur. Bu değer 0,15’ten küçüktür. Buna göre sistem bu haliyle istenen verimde çalışabilecektir.

(190)

BOİYük = BOİ0 \* Qtank = (190 mg/L) \* (19.620 m3/d) = 3727,8 kg/gün FT = 1.072(T-15)

* FT = 1.072(10-15) = 0,70636

VD/VT değeri, 1. basamakta yapılan iterasyon yöntemiyle bulunur. Yapılan iterasyon sonucunda VD/VT değeri 0,324 olarak bulunur.

3.4

Çamur yaşı = SRT = SF \* 1−𝑉𝑑/𝑉𝑡

\* (1.103)(15-T)

* SRT = 1.45 \* 3.4

1−0,324

\* (1.103)(10-15) = 11,91 gün **> 5,55 gün** 

Tankta oluşan çamur miktarının (PXT) hesaplanması için ER ve Yobs,H değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır:

𝑆𝑅𝑇∗𝐹𝑡 11,91 ∗ 0,706

ER (Endogenous Respiration) = (1+0.17∗𝐹𝑡∗𝑆𝑅𝑇) = (1+0.17∗11,91 ∗0,706) = 3,46

Yobs,H = 0.75 + 0.60 \* (SS0 / BOD0) – 0.102 \* (ER)

Yobs,H = 0.75 + 0.60 \* ((110 mg/L) / (190 mg/L)) – 0.102 \* (3,46)

* Yobs,H = 0,744

PXT = Yobs,H \* BODLoad = (0,744) \* (3727,8 kg/gün) = 2774 kg/gün

X değeri, son çöktürme tankından gelen geri devir konsantrasyonuna bağlı bir değişkendir. Ancak tasarlanan bu sistemde son çöktürme tankı olmadığı için X değeri son çöktürme tankından bağımsız belirlenecektir. Bu sistemde havalandırma havuzu içerisindeki MLSS konsantrasyonunun 10.000 mg/L olmasına karar verilmiştir.

Buna göre 2 tankın her birinin hacmi;

VT =

Pxt ∗SRT

𝑋

(2774 kg)∗(11,91 gün)

= gün

(10.000 𝑚𝑔)

𝐿

= 3304 m3 olarak bulunur.

***NOT:*** Tank boyutlandırmasını yapmak için DNpot=DNcap koşulunun sağlandığından emin olmak gerekir.

OUC = 0.56 + 0.15 \* ER = 0.56 + 0.15 \* (3,46)

* OUC = 1.079

OURC = OUC \* BODYük = 1.079 \* 3727,8 kg/gün = 4023 kg O2/gün

𝑎∗(0.75)∗𝑂𝑈𝑅𝑐

DNPot = 2.9 \* (VD /VT)

α Kayser

= 2.95 \* (100 \* 𝑉𝑑 ) -0.235 = 1,3024

1.3024 ∗ (0.75) ∗(4023 𝑘𝑔)

𝑉𝑡

2.9

DNPot

= 𝑔ü𝑛 \* (0,324) = 439,5 kg N/gün

1 𝑔ü𝑛

DNPot = 439,5 kg N/gün \* 19.620 𝑚3 = 22,4 mg/L

Denitrifikasyon kapasitesi ile eşitliğin gerçekleşip gerçekleşmediğinin kontrolü için, denitrifikasyon kapasitesi de hesaplanır. Bunun için öncelikle WASN, TKNtüketilen değerleri bulunmalıdır:

DNkapasitesi = denitrifikasyonda tüketilmesi gereken nitrat = (NN) + (NO3N0 - NO3Neff)

NN = TKN tüketilen – WASN

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| WASN = 0.04\*BOD0 | → | SRT>10 gün için |
| WASN = 0.05\*BOD0 | → | SRT<10 gün için |

SRT>10 gün olduğu için;

WASN = 0.04 \* (190 mg/L) = 7,6 mg/L

TKN tüketilen = (37,3 mg/L) – (2 mg/L) = 35,3 mg/L

* NN = (35,3 mg/L) – (7,6 mg/L) = 27,73 mg/L

𝑚3

1000 𝐿

1 𝑘𝑔

DNkapasitesi = [(27,73 mg/L) + (2,67 mg/L – 8 mg/L)] \* 19.620𝑔ü𝑛 \*

 DNkapasitesi = DNPot olarak bulunmuştur.

1 𝑚3 \* 106𝑚𝑔 = 22,4 kg N/gün

Bu durumda, 2057 yılında, H: 4 m, W: 14 m, L: 60 m olarak tasarlanan, her birinin hacmi ~3360 m3 olan 2 yeni tank tasarlanacaktır.

Tasarlanan yeni sistem, membran biyoreaktör olarak işletileceğinden, gerekli membranın seçilmesi ve alan hesabının yapılması gerekmektedir. Bunun için Koyuncu vd. (2018)\*’nin kitabından alınan örnekteki membran türü kullanılmış ve projelendirmede kullanılmıştır. Buna göre bu örnekte baz alınan membranın özellikleri Tablo 6’daki gibidir.

**Tablo 6.** Membran modül özellikleri\*

|  |  |
| --- | --- |
| Membran alanı | 555 m2 |
| Standart koşullarda süzüntü akısı | 20 L/m2/sa |
| Havayla sıyırma debisi | 0,2-0,4 m3/m2/sa |
| *Boyutlar* |  |
| Genişlik | 1100 mm |
| Uzunluk | 1350 mm |
| Yükseklik | 2650 mm |

\*: Koyuncu vd., (2018). Su/Atıksu Arıtılması ve Geri Kazanılmasında Membran Teknolojileri ve Uygulamaları, *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Türkiye Çevre Koruma Vakfı.*

Belirlenen tasarım akısından, atıksuyun toplam debisi için gerekli olan membran yüzey alanı hesaplanmalıdır. Buna göre gerekli membran alanı;

39.240 𝑚3

= 𝑔ü𝑛 = 81750 𝑚2 𝑜𝑙𝑎𝑟𝑎𝑘 𝑏𝑢𝑙𝑢𝑛𝑢𝑟.

𝑚2𝑠𝑎

20

𝐿

Bir modülde bulunan membran yüzey alanı 555 m2 olduğuna göre, gerekli olan toplam modül sayısı

81.750 𝑚2

𝑚2

𝑚𝑜𝑑ü𝑙

555

= 147,3 ≈ 150 𝑚𝑜𝑑ü𝑙𝑑ü𝑟.

150 𝑚𝑜𝑑ü𝑙

Buna göre tank başına ihtiyaç duyulan modül sayısı

2 𝑡𝑎𝑛𝑘 = 75 olacaktır.

Her bir kasetin hacmi: (1.1 m) x (1.35 m) x (2.65 m) = 3,93 m3 ≅ 4 m3 olarak bulunur. Bu da, membranların her bir tankta 4 m3 x 75 = 300 m3’lük bir alan kaplayacağı anlamına gelmektedir.

Ayrıca her bir tankta kasetlerin yerleştirilmesi için, ihtiyaç duydukları alanın da belirlenmesi gerekir. Tank yüksekliği yaklaşık 4 m ve membranın yüksekliği 2.65 m olduğundan, membranlaın üst üste konulması bu örnekte mümkün değildir. Bu sebeple tüm modüller yan yana yerleştirilecektir. Buna göre ihtiyaç duyulan alan;

= 1.1 𝑚 ∗ 1.35 𝑚 ∗ 75 𝑚𝑜𝑑ü𝑙 = 111.375 𝑚2′𝑑𝑖𝑟

metin, ekran görüntüsü, yazı tipi, grafik tasarım içeren bir resim

Açıklama otomatik olarak oluşturuldu

**Şekil 1.** ATV tasarımının basamakları

**Ref:** [**http://suatiksu.org/**](http://suatiksu.org/) **-** Hazırlayan: Prof. Dr. Ahmet Mete Saatçi

### Proses İçin Gerekli Olan Oksijen Miktarının Hesaplanması

* + 1. ***I. Kademe (2042 yılı)***

### Gerçek Oksijen İhtiyacı (AOR)

OUc : Karbon giderimi için gerekli olan oksijen (kg O2/ kg BOD5) miktarı.

𝑂𝑈𝐶

= 0,56 + 0,15 𝑥 𝑆𝑅𝑇 𝑥 𝐹𝑇

1 + 0,17 𝑥 𝑆𝑅𝑇 𝑥 𝐹𝑇

T = 25°C alınmalıdır.

FT = 1,072(T-15) = 1,072 (25-15) = 2,004

SRT = 11,85 gün (Proses hesapları sırasında bulunmuştur)

𝑂𝑈𝐶

= 0,56 + 0,15 𝑥 11,85 𝑥 2,004

1 + 0,17 𝑥 11,85 𝑥 2,004

= 1,267 𝑘𝑔 𝑂2

/𝑘𝑔 𝐵𝑂𝐷



*OURc*

 15,225*m*3 *x* 180,14 *mg* x

# 1 kg x 1000 L

 0,56 

# 0,15 x 11,85 x 2,004

  3514 kg O

# /gün

2

*L* 106 mg x 1 m3 



# 1  0,17 x 11,85 x 2,004 

*QURN*

#  4,30 

*NN*  x

# Qd 1000

𝑂𝑈𝑅𝑁 = 4,30 𝑥 (26,7

# 𝑚𝑔) 𝑥

𝐿

# 15225 𝑚3/𝑔ü𝑛

1000 = 1748,9 𝑘𝑔 𝑂2/𝑔ü𝑛

*OURDN*

 *Qd* x 2,90 x DNcap

# 1000

 15225 x 2,90 x 21,28  939,8 kgO

# 1000

2/gün

*AOR*  *fc* x (OURC - OURDN )  fN x OURN (kgO 2 /gün)

fC = 0,1072 ln(SRT) + 1,441 = 0,1072 ln(11,85) + 1,441 = 1,706 (Karbon giderimi için pik faktör) fN = -0,7887 ln(SRT) + 3,6306 = -0,7887 ln(11,85) + 3,6306 = 1,68 (Azot giderimi için pik faktör)

AORfC = 1,706 (3514 kg O2/gün – 939 kg O2/gün) + 1 \* 1748,9 kg O2/gün = 6140,7 kg O2/gün AORfN = 1 \* (3514 kg O2/gün – 939 kg O2/gün) + 1,68 \* 1748,9 kg O2/gün = 5513,6 kg O2/gün

Tasarım maksimum saatlik oksijen ihtiyacı olarak karbon giderimi kaynaklı pik oksijen ihtiyacı seçilmiştir.

## AOR = 6140,7 kg O2/gün

Hesaplanan oksijen miktarı, stokiyometrik olarak gerekli oksijen miktarı olup, bu değerin belirli bir katsayı ile çarpılarak güvenli bir değere çekilmesi gerekmektedir. Bu amaç için seçilen güven payı, 2 olmuştur

Buna göre, gerekli oksijen miktarı;

AORgüvenli = 6140,7 kg O2/gün \* 2 = 12.281,4 kg O2/gün

Sisteme verilen havanın, %50 verimle kullanılabildiği varsayılırsa;

Gerekli hava miktarı = 𝐴𝑂𝑅𝑔ü𝑣𝑒𝑛𝑙𝑖 = 12281,4

= 3668,29 m3/sa hava

(% 𝑣𝑒𝑟𝑖𝑚)∗ 𝑘𝑔 𝑂2

3

𝑚 ℎ𝑎𝑣𝑎

(% 50)∗ 0,279

### Difüzör Sayısının Hesaplanması

* Bir difüzörden çıkan hava miktarı = 2,50 m³/saat/diffüzör (REF: [http://www.etaekipman.com/mp-include/uploads/2016/09/edi-flexair-disk-difuzor-bilgi-](http://www.etaekipman.com/mp-include/uploads/2016/09/edi-flexair-disk-difuzor-bilgi-foyu.pdf) [foyu.pdf](http://www.etaekipman.com/mp-include/uploads/2016/09/edi-flexair-disk-difuzor-bilgi-foyu.pdf))
* Gerekli hava miktarı : 3668,3 m3/saat
* 3668,3 𝑚3/𝑠𝑎𝑎𝑡 2,50 m³/saat/diffüzör

= 1467,32 ≅ 1500 𝑑𝑖𝑓ü𝑧ö𝑟

Difüzörler yerleştirilirken aşağıda verilen örnekte olduğu gibi, belli başlı bazı hususlar dikkate alınmalıdır:

* Difüzörlerin duvardan uzaklıklarının ~50 cm olması gerekmektedir.
* Her bir difüzörün arasında ~20 cm olması gerekmektedir.

**NOT:** Gerekli hava miktarı ve difüzör sayısının 2057 yılı için yeni tasarlanan membran biyoreaktörler için de hesaplanması gerekir.