

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE PARALEL
AKIŞLI ÖN ÇÖKELTME HAVUZ KESİT
TİPLERİ İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Özgür ÜNSAL**

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

**Programı : HİDROLİK VE SU KAYNAKLARI
MÜHENDİSLİĞİ**

HAZİRAN 2006

**ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE PARALEL AKIŞLI
ÖN ÇÖKELTME HAVUZ KESİT TİPLERİ İÇİN YENİ BİR
YAKLAŞIM**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Özgür ÜNSAL

(501031520)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006

Tezin Savunulduğu Tarih : 15 Haziran 2006

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Ali UYUMAZ

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. İlhan AVCI (İ.T.Ü)

: Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK (İ.T.Ü)

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Çevre sağlığı açısından önemli olan arıtma tesisleri günümüzde Avrupa Birliği uyum yasaları açısından daha da önem kazanmıştır. Uyum yasaları gereği her belediyenin bir arıtma tesisinin olması zorunlu kılınmıştır. Bu çalışmada arıtma tesislerinin önemli bir bölümü olan ön çökeltme havuzlarına hidrolik olarak değişik bir açıdan yaklaşılmıştır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasının hazırlanmasında danışman hocam Yrd. Doç.Dr. Ali UYUMAZ'a, jüri üyeleri Prof. Dr. İlhan Avcı ve Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca hem çalışıp hem yüksek lisans eğitimime devam etmemdeki desteklerinden dolayı Denizli (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisindeki Proje müdürüm Sn Murat BEŞER'e, şantiye şefim Sn. Muhiddin YAMAN'a ve tüm KAYA İnşaat çalışanlarına, çalışmama katkılarından dolayı arkadaşlarım Bahadır SALIBAŞI ve Emre TÜRE'ye, D.S.İ Arıtma Tesisleri Şube Müdürü Cengiz ÖZCAN'a ve aileme şükranlarımı sunarım.

Haziran 2006

Özgür ÜNSAL

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xii
1.GİRİŞ	1
1.1 Problemin tanıtımı	1
1.2 Atıksuların Çökeltmesi	1
1.3 Çökeltme Teorisi	1
1.3.1 Münferid Serbest Çökeltme	2
1.3.2 Yumaklaşmalı Serbest Çökeltme	4
1.3.3 Engellenmiş Çökeltme	5
2.ÇÖKELTME HAVUZLARI	6
2.1 Çökeltme Havuzları Hakkında Genel Bilgiler	6
2.1.1 Çökeltme Havuzlarındaki Bölgeler ve Akım Şekilleri	10
2.1.2 Çökeltme Havuzlarının Yaklaşım Yapıları	11
2.1.3 Çökeltme Havuzlarının Giriş Tertibatı	11
2.1.3.1 Çeşitli Giriş Şekillerinin Sağlaması Gereken Şartlar	11
2.1.3.2 Çeşitli Giriş Tipleri	12
2.1.4 Çökeltme Havuzlarının Çıkış Yapıları	15
2.2 Denizli(Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi	18
2.2.1 Proses açıklaması	18
2.2.2 Tesis Üniteleri	20
2.2.2.1 Ön Arıtma Üniteleri	20
2.2.2.2 Biyolojik Arıtma Üniteleri	20
2.2.2.3 Çamur Giderme Sistemleri	21
2.2.2.4 Diğer Üniteler	21
3. HAVUZLARIN BOYUTLANDIRILMASI	22
3.1 Boyutlandırma Kriterleri	22
3.1.1 Yüzeysel Hidrolik Yük	22
3.1.2 Derinlik	23
3.1.3 Bekletme Süresi	23
3.2 Dikdörtgen Şekilli Çökeltme Havuzları	25
3.3 Denizli(Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi Proses Özel Şartnamesi	25
3.3.1 Projelendirmeye Esas Hesap Debileri	26
3.3.1.1 Mevcut projedeki dikdörtgen ön çökeltme havuzları	26
3.3.1.2 Önerilen Yarım daire kesitli ön çökeltme havuzlarının inc.	29
3.3.1.3 Önerilen Trapez kesitli ön çökeltme havuzlarının incelenmesi	32
3.4 Grafikler	36
3.4.1 Karşılaştırmalı Debi-Alan Grafikleri	36

3.4.2 Karşılaştırmalı Debi-Yatay Hız Grafikleri	38
3.4.3 Karşılaştırmalı Debi-Bekletme Süreleri Grafikleri	39
4. HAVUZLARIN HİDROLİK HESAPLARI	41
4.1 Mevcut dikdörtgen ön çökeltme havuzları için yapılan hidrolik hesaplar	41
4.1.1 Dağıtım Yapısı 1- Ön Çökeltme Havuzları Giriş Kanalı Arası Yük Kayıpları	41
4.1.2 Ön Çökeltme Havuzu Giriş Kanalı Hidrolik Hesabı	43
4.1.3 Ön Çökeltme Havuzu Giriş Yapısı Hidrolik Hesabı	46
4.1.4 Ön Çökeltme Havuzu Çıkış Savakları	47
4.1.5 Ön Çökeltme Havuzu Çıkış Kanalı	52
4.2 Yarım daire kesitli ön çökeltme havuzları için yapılan hidrolik hesaplar	53
4.2.1 Dağıtım Yapısı 1- Ön Çökeltme Havuzları Giriş Kanalı Arası Yük Kayıpları	53
4.2.2 Ön Çökeltme Havuzu Giriş Kanalı Hidrolik Hesabı	55
4.2.3 Ön Çökeltme Havuzu Giriş Yapısı Hidrolik Hesabı	58
4.2.4 Ön Çökeltme Havuzu Çıkış Savakları	59
4.2.5 Ön Çökeltme Havuzu Çıkış Kanalı	64
4.3 Trapez kesitli ön çökeltme havuzları için yapılan hidrolik hesaplar	65
4.3.1 Dağıtım Yapısı 1- Ön Çökeltme Havuzları Giriş Kanalı Arası Yük Kayıpları	65
4.3.2 Ön Çökeltme Havuzu Giriş Kanalı Hidrolik Hesabı	67
4.3.3 Ön Çökeltme Havuzu Giriş Yapısı Hidrolik Hesabı	70
4.3.4 Ön Çökeltme Havuzu Çıkış Savakları	71
4.3.5 Ön Çökeltme Havuzu Çıkış Kanalı	76
5. YAPILAN ÇALIŞMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ	77
6. SONUÇLAR	80
KAYNAKLAR	82
EKLER	84
ÖZGEÇMİŞ	88

KISALTMALAR

BOİ	: Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
DSİ	: Devlet Su İşleri
USD	: Amerikan Doları

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3-1 :Çökeltme havuzları proje kriterleri	24
Tablo 3-2 :En çok karşılaşılan havuz boyutları	24
Tablo 3-3 :Dikdörtgen planlı çökeltme havuzu boyutlandırma kıstasları	25
Tablo 3-4 :Projelendirmeye esas hesap debileri	26
Tablo 3-5 : Dikdörtgen kesitli havuzlar için 2005 yılı değerleri	28
Tablo 3-6 : Dikdörtgen kesitli havuzlar için 2025 yılı değerleri	28
Tablo 3-7 : Yarım daire kesitli havuzlar için 2005 yılı değerleri	31
Tablo 3-8 : Yarım daire kesitli havuzlar için 2025 yılı değerleri	31
Tablo 3-9 : Trapez kesitli havuzlar için 2005 yılı değerleri	34
Tablo 3-10 : Trapez kesitli havuzlar için 2025 yılı değerleri	34

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2-1 : Sonsuz zincir şeklindeki sınıyıcı için bir örnek	7
Şekil 2-2 : Denizli(Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi ön çökeltme havuzları genel görünümü	8
Şekil 2-3 : Denizli(Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi ön çökeltme havuzları doğrusal sınıyıcılar	8
Şekil 2-4 : Denizli(Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi ön çökeltme havuzları doğrusal sınıyıcılar	9
Şekil 2-5 : Çökeltme havuzlarında akış yönleri	10
Şekil 2-6 : Bir dikdörtgen çökeltme havuzundaki dört bölge	11
Şekil 2-7 : Dikdörtgen havuzlar için Stengel sistemi giriş	13
Şekil 2-8 : Stengel sistemi giriş	13
Şekil 2-9 : Denizli(Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi ön çökeltme havuzları giriş tertibatı	14
Şekil 2-10 : Stengel yapıları	14
Şekil 2-11 : Çökeltme bölgesinin dışında teşkil edilmiş çıkış kanalı	15
Şekil 2-12 : Çıkış savaklarının tertip şekli	15
Şekil 2-13 : Dalgıç perdelerin tertip şekli	16
Şekil 2-14 : Üçgen savaklar ve çökeltme bölgesi	17
Şekil 2-15 : Denizli(Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi ön çökeltme havuz çıkış yapısı	17
Şekil 2-16 : Aktif çamur sistemi akım şeması	19
Şekil 2-17 : Tesis akım şeması	21
Şekil 3-1 : Yarım daire kesitli çökeltme havuzu	29
Şekil 3-2 : Trapez kesitli çökeltme havuzu	32
Şekil 3-3 : Debi-alan grafiği (2005 yılı)	36
Şekil 3-4 : Debi-alan grafiği (2025 yılı)	37
Şekil 3-5 : Debi-yatay hız grafiği (2005 yılı)	38
Şekil 3-6 : Debi-yatay hız grafiği (2025 yılı)	38
Şekil 3-7 : Debi-bekletme süresi grafiği (2005 yılı)	39
Şekil 3-8 : Debi-bekletme süresi grafiği (2025 yılı)	40
Şekil 4-1 : Ön çökeltme havuzu çıkış savakları	47
Şekil 4-2 : Ön çökeltme havuzu çıkış savakları	59
Şekil 4-3 : Ön çökeltme havuzu çıkış savakları	71

SEMBOL LİSTESİ

A	:Alan
b	:Taban genişliği
C	:Çelik borular için yersel yük kaybı katsayısı
C_D	:Katı tanecikler için direnç katsayısı
C_w	:Savak katsayısı
d	:Tane çapı
F_D	:Direnç kuvveti
F_h	:Hareketlendirici kuvvet
F_r	:Froude sayısı
g	:Yerçekimi ivmesi
h	:Derinlik
h_c	:Kritik derinlik
h_{kyersel}	:Yersel yük kaybı
h_{ksürekli}	:Sürekli yük kaybı
h_{kT}	:Toplam yük kaybı
h_{max}	:Maksimum su derinliği
h_{min}	:Minimum su derinliği
h_{smax}	:Savaktaki maksimum su yüksekliği
h_{smin}	:Savaktaki minimum su yüksekliği
h_o	:Dökülme noktasındaki oluşacak su derinliği
J	:Enerji çizgisi eğimi
k	:Boru cidar pürüzlülüğü ve Strickler katsayısı
L	:Savak boyu
n	:Manning pürüzlülük katsayısı
q	:Birim genişlikten geçen debi
q_{max}	:Savak üzerindeki h _{max} değerindeki su yükü
q_{min}	:Savak üzerindeki h _{min} değerindeki su yükü
q_w	:Bir savaktan geçen su miktarı
Q	:Debi
Q_{max}	:Maksimum debi değeri
Q_{min}	:Minimum debi değeri
Q_{ort}	:Ortalama debi değeri
Q_{proje}	:Proje debisi değeri
R	:Hidrolik yarıçap
R_e	:Reynolds sayısı
s	: γ_s/γ_w oranı
t	:Bekletme süresi

V	:Hız
V	:Hacim
V_s	:Tane çökelme hızı
ρ_s	:Tanenin özgül kütlesi
ρ_w	:Suyun özgül kütlesi
ν	:Kinematik viskozite
λ	:Sürtünme katsayısı
γ_s	: Danenin özgül ağırlığı
γ_w	: Suyun özgül ağırlığı

ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE PARALEL AKIŞLI ÖN ÇÖKELTME HAVUZ KESİT TİPLERİ İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM

ÖZET

Bu tez çalışmasında atıksu arıtma tesislerinde paralel akışlı ön çökeltme havuz kesit tipleri için yeni bir yaklaşım yapılmıştır. Bu çalışmada ön çökeltme havuzları ile ilgili boyutlandırma kriterleri ve hidrolik hesaplar açısından Denizli(Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi proje değerleri temel alınmıştır.

Ön çökeltme havuzları boyutlandırılırken mevcut dikdörtgen kesitli havuzlar yerine yarım daire kesitli ve trapez kesitli havuzlar önerilmiş ve bu iki yeni kesit proje kriterleri içerisinde boyutlandırılmıştır. Hidrolik olarak tesis bütünlüğünün bozulmaması düşünülerek havuzların giriş ve çıkış yapıları mevcut tesiste bulunan giriş ve çıkış yapılarıyla aynı alınmıştır. Havuzlarda giriş yapısı için borulardan meydana gelen Stengel tipi giriş yapıları seçilmiştir. Çıkış yapısında keskin kenarlı üçgen savaklar kullanılmıştır. Havuzlarda sıyırıcı sistemi olarak mekanik doğrusal sıyırıcılar kullanılmıştır. Etkin bir sıyırma işlemi için havuz tabanlarına 1/100 eğim verilmiştir.

Yarım daire ve trapez kesitli havuzların boyutlandırılması yapılırken ilk olarak tesiste mevcut olan dikdörtgen kesitli havuzların hesapları incelenmiş daha sonra önerilen yarım daire ve trapez kesitli havuz tipleri için yeni hesaplar yapılmıştır. Havuzların boyutları belirlendikten sonra üç havuz kesiti için aynı debi değerlerine göre debi- yüzey alanı, debi-yatay hız ve debi-bekletme süreleri grafikleri çizilmiş ve bu üç tip havuz bu grafiklere göre karşılaştırılmıştır.

Yarım daire ve trapez kesitli havuz tipleri için yapılan hidrolik hesaplarda mevcut dikdörtgen kesitli havuzlar için yapılan hesap adımları izlenmiş ve yeni tip havuzlar için hidrolik hesaplar irdelenmiştir.

Bu çalışmada esas olan, önerilen yeni havuz kesitlerinin hidrolik açıdan incelenmesidir.

A NEW APPROACH TO CROSS SECTION TYPES OF PRIMARY SETTLING TANKS WITH PARALLEL FLOW IN WASTE WATER TREATMENT FACILITIES

SUMMARY

In this study a new approach to cross section types of primary settling tanks design with parallel flow in waste water treatment facilities. Design criteria related with settling tanks and regarding hydraulic accounts, project values of Denizli (Centre) Waste Water Treatment Facilities are taken as basis.

While sizing settling tanks, half circle sectional and trapezoid sectional tanks are proposed in place of current rectangular tanks sectional tanks and these two new sections are designed within project criteria. Entry and exit structure of tanks are taken as same structure in the present facility. For the entrance structure in tanks, Stengel type entrance structures occurring in pipes are chosen. In the exit structure, sharp crest triangular weirs are used. Mechanical horizontal scrapers are used in pools as scraping system. For an effective scraping procedure an inclination of 1/100 is given to borders of tanks.

While performing the sizing of half circles and trapezoid sectional tanks, firstly calculations of rectangular sectional tanks available in the facility are examined, then new calculations are made for the proposed half-circled and trapezoid sectional tank types. After determination of the sizes of tanks, graphics for discharge - surface area, discharge – horizontal velocity and discharge – awaiting periods are drawn according the same values for discharges for the three tank sections and these three types of tanks are compared with regards these graphics.

In hydraulic calculations made for half circled and trapezoid sectional tanks, calculation steps made for present rectangular sectional tanks are followed and hydraulic calculations for new type of tanks are examined.

The basis of this study is the hydraulic design procedure finds new tank sections.

BÖLÜM 1 GİRİŞ

1.1 Problemin tanıtımı

Bu çalışmada atıksu arıtma tesislerinde kullanılan ön çökeltme havuzları hidrolik açıdan incelenecektir. Pratikte dikdörtgen veya daire olarak yapılan çökeltme havuzları, bu çalışmada yarım daire ve trapez kesitli olarak boyutlandırılarak hidrolik açıdan uygunlukları incelenecektir. Çalışmada Denizli(Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi referans alınmış olup hesaplar için gerekli kriterler, debi değerleri, giriş çıkış yapıları, savaklar tesisteki gibi tasarlanacaktır.

1.2 Atıksuların Çökeltilmesi

Atıksular fazla miktarda katı madde içerirler ve çürüme özelliği gösterirler. Bu sebeple atıksu tasfiyesinin çökeltme ünitelerinde bekletme süreleri fazla tutulmaz ve sık sık çamur tahliyesi gerekir. Atıksu tasfiyesinde iyi çökmemiş sular, özellikle son çökeltme havuzlarından çıkan sular, yüzeysel suları kirletir ve buralarda çamur yığınları meydana getirir [1].

Çökeltme havuzlarının uygun boyutlandırılabilmesi için çökeltme olayına etki eden faktörlerin hesaba dahil edilmesi veya bunların olay üzerine etkisinin mertebesinin bilinmesi gereklidir. Özellikle kullanılmış su tasfiyesinde kullanılan çökeltme havuzlarında havuza gerekenden fazla boyut vermek çökeltme işlemi yönünden emniyetli tarafta olduğu anlamına gelmez. Gerekenden fazla havuz boyutları tabana çökelmiş çamurun septik hale geçmesine ve ayrışma ürünü olarak hasıl olan gazlarla bir kısım çökelmiş çamurun su yüzüne çıkmasına sebep olur [2].

1.3 Çökeltme Teorisi

Çökmenin teorisi aslında, su içinde bulunan alçak yoğunluklu askı maddeler üzerindeki yer çekimi tesirinin incelenmesi demektir. Yoğunluğu 1,0 den büyük olan

herhangi bir tane su içinde, yer çekimi kuvveti altında gittikçe artan bir hızla çökelmeye başlayacaktır. Bu hız artışı ancak, suyun taneye karşı gösterdiği mukavemet tanenin efektif ağırlığına eşit oluncaya kadar devam eder. Bundan sonra, artık tanenin çekme hızı artmaz; sabittir ve tanenin büyüklüğüne, biçimine, yoğunluğuna ve viskozitesine bağlıdır. Tamamen teorik bir çökme incelemesi yapabilmek için tanelerin küresel olduğu kabul edilmektedir. Diğer şekillerdeki tanelerin çökme hızları küreye kıyasla bulunabilir [3].

Çökeltme işlemine etki yapan başlıca parametreler şunlardır:

- Yerçekimi
- Tane büyüklüğü ve özgül ağırlığı
- Tanelerin birbirleri ile birleşme ve yapışmaları
- Havuz derinliği ve biçimi
- Suyun sıcaklığı ve viskozitesi
- Konveksiyon ve başka akımların varlığı
- Elektriksel olaylar
- Biyolojik olaylar
- Havuz işletme metodu

Çökeltme tipleri ise aşağıda maddelerin cinsine bağlı olarak üç tiptir:

- a) Münferid serbest çökeltme
- b) Yumaklaşmalı serbest çökeltme
- c) Engellenmiş serbest çökeltme [4].

Kullanılmış suların tasfiyesinde kum tutucularda kumların ayrılması münferid, ön çökeltme havuzlarında çökelebilen katı tanelerin ayrılması kısmen münferid ve kısmen münferid olmayan, son çökeltme havuzlarındaki işlem ise münferid olmayan çökeltme tipindedir [2].

1.3.1 Münferid Serbest Çökeltme

Bu tip çökeltmede çökeltme sırasında taneciklerin çap, ağırlık ve şekilleri değişmez [4]. Eğer katı madde durgun bir sıvı içerisine bırakılırsa bu tane yerçekimi etkisi ve akışkanın gösterdiği direnç kuvvetinin etkisi altında ivmelenerek aşağı doğru hareket edecektir, artan çökeltme hızıyla beraber direnç kuvveti de artacak ve bu, direnç

kuvveti hareket ettirici kuvvete eşit oluncaya kadar devam edecek, sonuç olarak tane uniform bir hızla düşey doğrultuda çökelecektir [2].

Hareket ettirici kuvvet:

$$F_h = (\rho_s - \rho_w)gV \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada:

F_h : Taneyi hareket ettirici kuvvet

V : Tane hacmi, m^3

ρ_s : Tanenin özgül kütlesi, $kg.s/m^4$

ρ_w : Suyun özgül kütlesi, $kg.s/m^4$

g : Yerçekimi ivmesi, m/s^2

Suyun taneye karşı direnç kuvveti ise : [5]

$$F_D = C_D A \frac{\rho V_s^2}{2} \quad (2.2)$$

ile ifade edilmektedir. Burada da :

C_D : Direnç katsayısı

A : Tanenin çökme doğrultusuna dik yönde alınan alan

ρ : Suyun özgül kütlesi, $kg.s/m^4$

V_s : Çökme hızı, m/s

Çökme hızını bulmak için, harekete sebep olan kuvvetle, engelleyen kuvvetin eşitliğinden yararlanılır. ($F_h = F_D$)

$$(\rho_s - \rho_w)Vg = \frac{1}{2} C_D \rho A V_s^2 \quad (2.3)$$

Küre şeklindeki taneler için :

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{g}{C_D} \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right) d} \quad (2.4)$$

γ_s / γ_w oranını s ile gösterirsek 2.4 denklemini aşağıda görüldüğü şekilde yazılabilir.

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{g}{C_D} (s-1) d} \quad (2.5)$$

Bu ifadede

γ_s : Tanenin özgül ağırlığını,

γ_w : Sıvının özgül ağırlığını,

d : Tane çapını göstermektedir.

C_D değeri Reynolds sayısına bağlı olarak değişmektedir. $Re < 1$ için $C_D = 24/Re$ olur. Tane etrafındaki akışkanın hareketi laminerdir, direnç sadece viskoz kuvvetler nedeniyle ve C_D Reynolds sayısının tersi ile orantılıdır [2]. Bu ifade 1845 yılında teorik olarak Stokes tarafından çıkartılmıştır. Reynolds sayısının bu değeri için çökme hızı:

$$V_s = \frac{g}{18} \frac{d^2}{\nu} (s-1) \quad \text{olarak elde edilir [4].} \quad (2.6)$$

C_D değeri $Re > 2000$ için akışkanın tane etrafındaki aşağıdan yukarıya olan hareketi tam türbülanslıdır, çalkantı hareketi hâkimdir ve C_D sabittir ($C_D = 0,4$). Geçiş bölgesinde ise ($1 < Re < 2000$) viskoz ve çalkantı dirençleri aşağı yukarı aynı mertebededir [2].

1.3.2 Yumaklaşmalı Serbest Çökme

Süspansiyonun çeşitli büyüklükte tanelerden meydana gelmesi durumunda, çökme sırasında çapı ve çökme hızı küçük olan taneler, büyük taneler tarafından geçilir. Bu esnada taneler birbirlerini etkileyerek yumaklar oluşturur. Derinlik arttıkça çökme hızı fazlalaşır. Buna sebep olan oluşan yumakların ağırlığının gitgide artmasıdır. Münferid çökmeye benzer şekilde, yumaklı çökmede de çökme verimi yüzey yükü $(V_s)_0$ azaldıkça artar. Çökme verimi aynı zamanda derinlikle arttığından, bekleme süresi:

$$T = H \left(\frac{1}{(V_s)_0} \right) \quad (2.7)$$

yumaklı çökmede çok önemli bir faktördür [4] .

1.3.3 Engellenmiş Çökelme

Bir süspansiyon aynı büyüklükte tanelerden meydana geliyorsa, taneler bir bütün olarak çöklerler ve süspansiyon ile su arasında net bir arakesit yüzeyi meydana gelir. Çökelme, taneli süspansiyonda sabit hızlı, yumaklı süspansiyonda artan bir hızla meydana gelir [4].

Katı tanenin çökmesinden meydana gelen akım alanı, üzerinde su hızlarının sıfır olduğu duvarların bulunmasından etkilenir. Ölçmeler göstermiştir ki Reynolds sayısının artması ile duvar veya cidar etkisi azalır [2].

Çok sayıda tanenin çökmesi söz konusu ise bunların hız alanları birbirini etkiler, aşağıdan yukarıya doğru önemli miktarda akışkan hareketi olur ve tane çökelme hızı azalır veya başka bir ifade ile çökelme engellenir [2].

BÖLÜM 2 ÇÖKELTME HAVUZLARI

2.1 Çökeltme Havuzları Hakkında Genel Bilgiler

Atıksu arıtma tesislerinde, genellikle ızgara ve kum tutucudan sonra ilk ön arıtma sisteminden atıksular ön çökeltme havuzuna alınarak çökelmeye tabi tutulur. Ön çökeltme havuzunun esas fonksiyonu, atıksudaki çökebilir maddeleri uzaklaştırmaktır. Bu suretle biyolojik arıtma kısmına gelen atıksuyun organik yüküde azalmış olur. Diğer bir faydası da, şok yükleri bir ölçüde dengelemesidir [6].

Ham atıksu veya aktif çamur çökmesinin genel olarak iki sonucu vardır. Bunlar savaklanan su fazının askıda maddelerden arınması; yani durulanması ve dibe çökelen çamurun yoğunlaşmasıdır. Ön çökeltme havuzlarında durulanma olayı önemlidir ve tasarımda bu husus göz önüne alınır. Bununla birlikte tabana çökelen çamurun yoğunlaşması da arzu edilen bir durumdur. Durulanma, taneli çökelmeye tekabül eder. Bu durumda taneciklerin birbiri üzerine etkisi yoktur. Çökelden dolayı konsantrasyon arttıkça tanecikler birbirini etkilemeye başlar. Bu noktadan itibaren engelli çökeltme olayı görülür. Engelli çökeltmenin ilk devresinde, konsantrasyonun ve çökeltme hızının sabit kaldığı, belli bir kısmın kütle halinde çökeldiği gözlenir. Bu safhaya bölge çökeltmesi veya piston akımlı çökeltme denir. Daha sonra, konsantrasyonun artmaya başladığı yoğunlaşma devresi gelir. Yoğunlaşma tabakasının en alt kısımlarında, çökeltmiş taneciklerin ve suyun hidrostatik basıncından dolayı konsantrasyon daha da artabilir [6].

İdeal bir çökeltme havuzu 4 şartı sağlamalıdır:

- a) Havuza giriş bölümünde akış hızıyla gelen çamurun dağıtılmasının kolaylaştırılmasının sağlanması gerekir. Eğer giriş bölümü kötü dizayn edilirse çökeltme verimliliği kısa devreye uğrayabilir.
- b) Çökeltmiş olan çamur dağıtılmadan önce çıkış kanalının toplama bölgesinde toplanmalıdır. Keskin kenarlı savaklarla su ile çökeltmiş çamur ince bir tabaka halinde ayrılmalıdır.

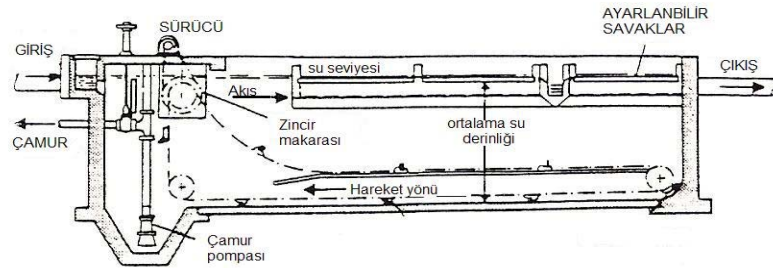
c) Çökeltme bölgesi havuz kapasitesinin asıl göstergesidir. Bu bölgede çökeltme olayı etkili bir şekilde gerçekleşmelidir.

d) Depolama bölgesi katı çökeltilerin genellikle mekanik sıyırıcılarla veya manuel olarak toplandığı yerdir. Havuz çamursuzlaştırma için yeterli çamur toplama kapasitesine sahip olmalıdır [7].

Atıksu tasfiyesinde çökeltme havuzları daire veya dikdörtgen planlı olarak yapılabilir. Havuzlara su mümkün olduğu kadar türbülanssız olarak girmelidir. Bu amaçla özel giriş yapıları yapılır. Dairesel havuzlarda akım radyal olup hız merkezde fazla, çevrede çok küçüktür. Bu sebeple akımın stabilitesi her yerde sağlanamaz. Bu nedenden dolayı dikdörtgen havuzlar çökeltme verimi bakımından daha elverişlidir. Ayrıca daha az yer kaplarlar. Fakat çamur tahliyesi, dairesel havuzlar kadar kolay ve verimli olmaz, mekanik araçlara (çamur ayırıcılarına) ihtiyaç duyulmaktadır [1].

Dikdörtgen çökeltme havuzları genel olarak akış havuz boyunca paralel şekilde beton veya çelik olarak tasarlanırlar. Havuz tabanına giriş bölümüne doğru çöken çamurların rahat hareket etmesi için bir eğim verilir [8].

Dikdörtgen havuzlarda, çamur sıyırıcısı, çıkış savaklarından çamur çukuruna doğru hareket ederek tabana çökelmiş maddeleri sürükler. Çamur çukuruna gelince sıyırma levhası yukarı kalkar ve iş yapmayarak geri gider. Sonsuz zincir şeklindeki sistemlerde ise, hareketli pek çok parça mevcut olup sıyırma işi masraflıdır [1]. Denizli (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisinde ön çökeltme havuzlarında doğrusal sıyırıcılar (Şekil 2.2 , 2.3 ve 2.4), son çökeltme havuzlarında ise sonsuz zincir şeklindeki sistemle çalışan sıyırıcılar (Şekil 2.1) kullanılmaktadır.



Şekil 2.1 Sonsuz zincir şeklindeki sıyırıcı için bir örnek [9]



Şekil 2.2 Denizli (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi ön çökteltme havuzları genel görünümü



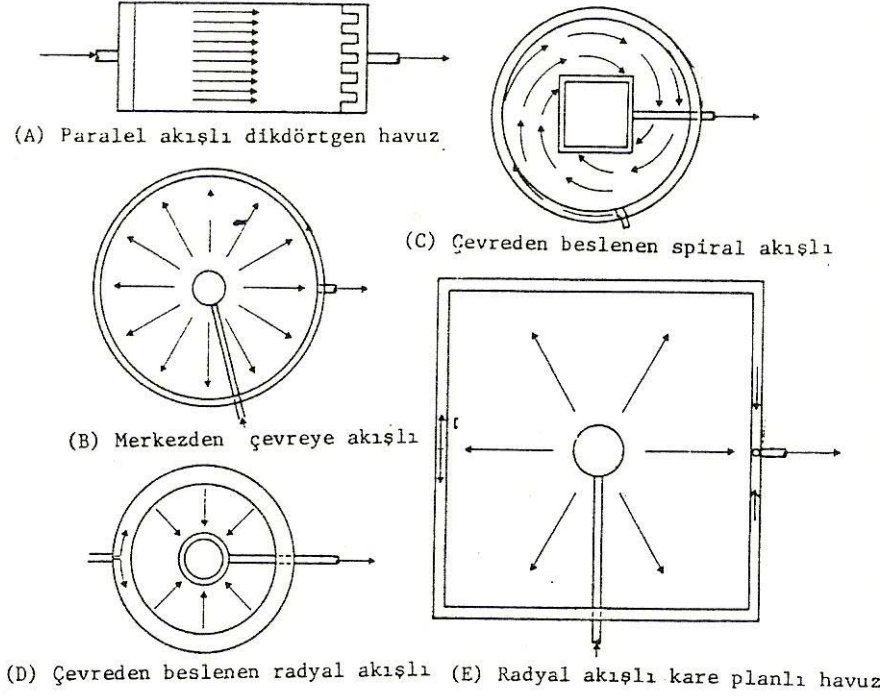
Şekil 2.3 Denizli (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi ön çökteltme havuzları doğrusal sıyrıcılar



Şekil 2.4 Denizli (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi ön çökeltme havuzları doğrusal sıyırıcılar

Çökeltme havuzlarının verimliliği, giderilecek olan askıdaki maddelerin özelliklerine ve çökeltme havuzunun hidrolik karakteristiklerine bağlıdır. Çökeltme havuzlarının hidrolik karakteristiklerini havuzun geometrisi ve suyun havuzdaki akış şekli belirler. Çökeltme havuzlarındaki akım çeşitleri Şekil 2.5'te gösterilmiştir [10].

Dikdörtgen çökeltme havuzlarında akış ekseriya paralel akış şeklindedir. Yani akış çizgileri paralel ve sadece bir yöndedir. Yatay akışlı havuzların projelendirilmesinde amaç, çökeltme bölgesinde her bir düşey üzerindeki bütün noktalarda hızın eşit olmasını sağlamaktır [10].



Şekil 2.5 Çökeltme havuzlarında akış yönleri [8]

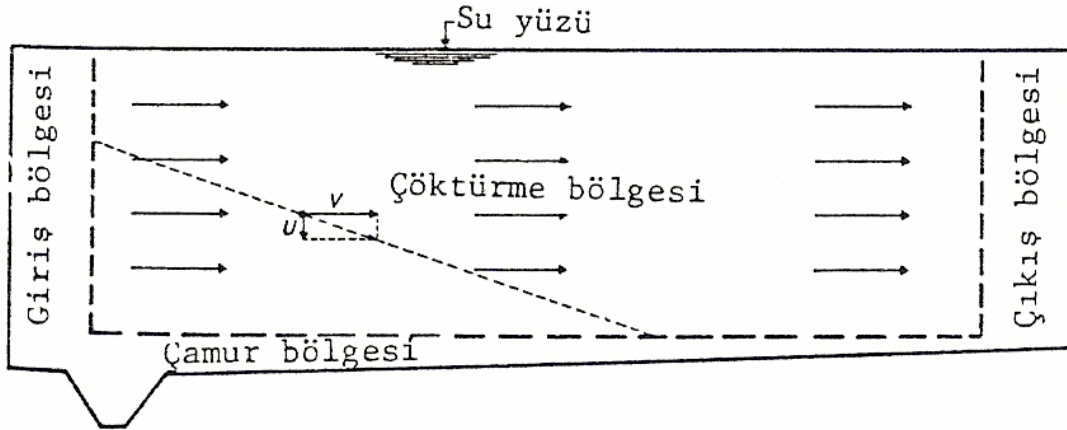
2.1.1 Çökeltme Havuzlarındaki Bölgeler ve Akım Şekilleri

Çökeltme havuzları akım tarafından askı halinde taşınmakta olan katı madde tanelerinin tabana çökeldiği, ortalama akım hızı ve türbülans çalkantıları az olan akım bölgeleridir. Bu havuzlarda askı maddesi konsantrasyonu akım doğrultusunda azaldığı için katı madde hareketi uniform değildir [11].

Çökeltme havuzları gördükleri işlere göre dört bölgeye ayrılabilir (Şekil 2.6). Bunlar:

- Giriş Bölgesi:** Giren suyun sakin bir geçişle çöktürme bölgesinde istenen üniform, kararlı akım şekline dönüşmesini sağlar.
- Çökelme Bölgesi:** Çökebilen katı maddelerin sudan uzaklaştırıldığı bölgedir.
- Çıkış Bölgesi:** Çöktürme bölgesinden çıkış kanalına suyun sakin bir şekilde geçişini sağlar.

d) Çamur Bölgesi: Çökelen katı maddelerin, çökeltme işlemini engellemeyecek bir şekilde toplandığı bölgedir [10].



Şekil 2.6 Bir dikdörtgen çökeltme havuzundaki dört bölge

2.1.2 Çökeltme Havuzlarının Yaklaşım Yapıları

Çökeltme havuzlarının yaklaşım yapıları ve giriş tertibatı, su getiren ve dağıtan kanal kısımlarından meydana gelir. Yaklaşım yapılarının sonunda suyun havuza geçtiği giriş delikleri bulunur. Yaklaşım yapıları, atıksuyun çürümelerini önleyecek, taban çökelmelerine meydan vermeyecek ve temizleme işlemlerini kolaylaştıracak biçimde tasarlanmalıdır [1].

2.1.3 Çökeltme Havuzlarının Giriş Tertibatı

2.1.3.1 Çeşitli Giriş Şekillerinin Sağlaması Gereken Şartlar

Yaklaşım yapısı, çöktürülecek suyu çökeltim havuzuna sevk eder ve bu su giriş tertibatı ile içerisinden çökeltim havuzuna alınır. Bunların değişik tipleri vardır. Genel olarak hepsinin sağlaması gereken şartlar şöyle sıralanabilir.

- 1) Suda süspansiyon halinde dağılan maddeler giriş tertibatı içerisinde tabana çökmemelidir.
- 2) Giriş tertibatı içerisinde meydana gelen toplam yük kaybı fazla olmamalıdır.
- 3) Su ve içerisindeki maddeler, giriş tertibatı vasıtası ile havuzlara uniform olarak dağıtılmalıdır.
- 4) Giriş tertibatı içinden çökeltim havuzuna geçiş, ana akım yönüne paralel olmalıdır. İyi bir çökeltmenin meydana gelebilmesi için akımın çökeltme bölgesinde mümkün

olduğunca türbülanssız, uniform ve paralel olması gerekir. Bu nedenle giriş tertibatı, dalgıç perdeler ve akımın yönünü değıştirici çeşitli düzenler yardımı ile fazla enerjiyi kırmalı ve akım, giriş bölgesinden çökeltim bölgesine geçtiğinde sakinleşmiş olmalıdır.

5) Sürtünme ve türbülans sayesinde akımın enerjisinin kırılması sadece havuzun giriş bölgesinde etkili olmalıdır.

6) Giriş tertibatının yapısı basit, tamir ve bakımı kolay olmalıdır [1].

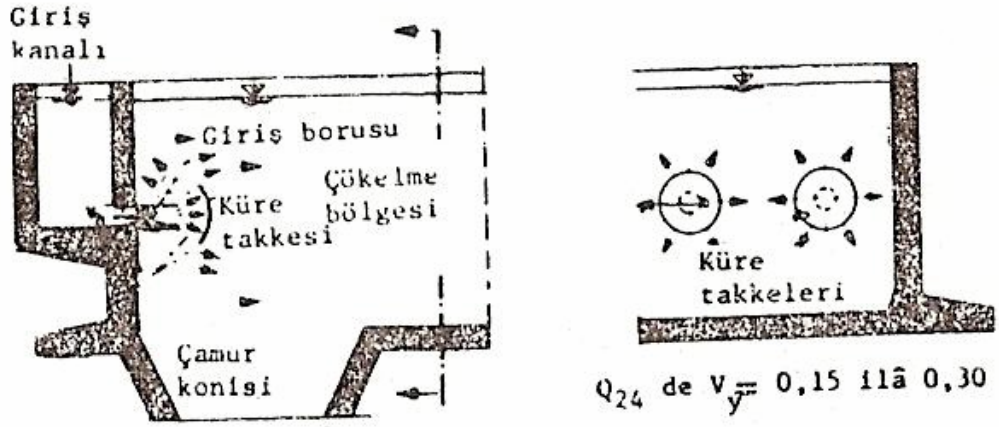
2.1.3.2 Çeşitli Giriş Tipleri

1. Izgara şeklindeki giriş tertibatı
2. Savak şeklindeki giriş tertibatı
3. Borulardan meydana gelen giriş tertibatı
4. Borulardan meydana gelen, fakat su jetlerinin yön değıştirmesine sebep olan düzenlerle teçhiz edilmiş giriş tertibatı
 - a) Stengel tipi giriş
 - b) Geiger tipi giriş
 - c) Clifford tipi giriş
 - d) Stuttgart tipi giriş
5. Delik ve yarıklardan meydana gelen giriş tertibatı
6. Silindir şeklinde giriş tertibatı [1]

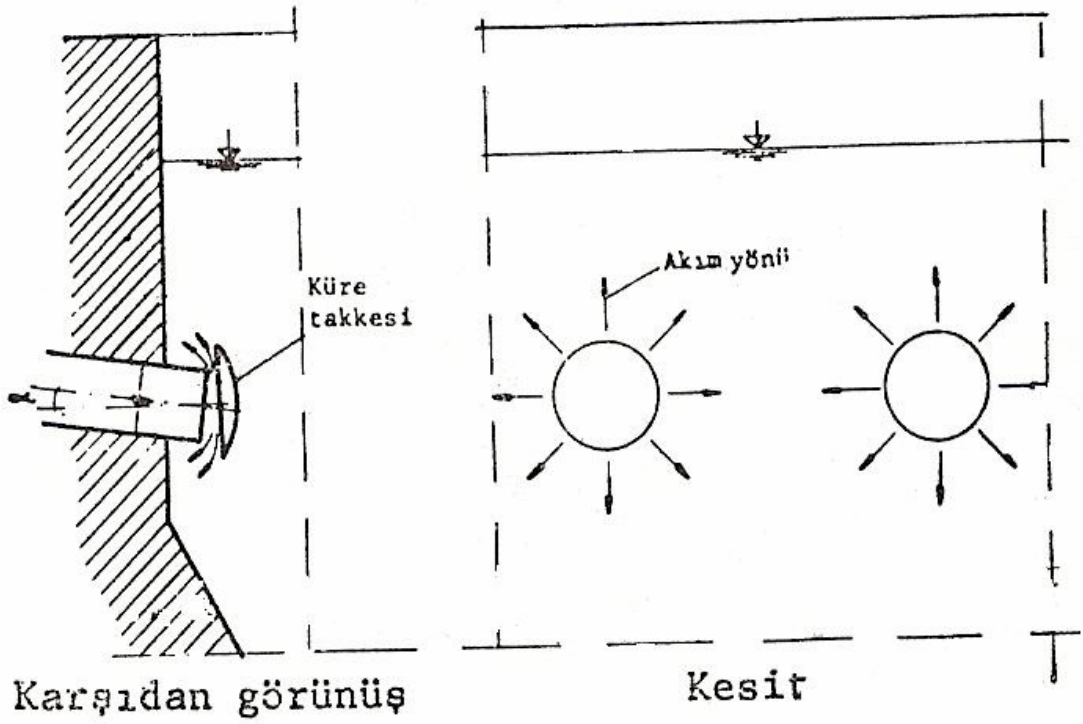
Denizli (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisinde borulardan meydana gelen stengel tipi giriş tertibatı kullanılmıştır ve bu tez çalışmasında da aynı tertibat göz önüne alınmıştır (Şekil 2.9 ve 2.10).

Stengel Giriş Tertibatı

En çok kullanılan giriş tertibatlarındanıdır. Bu giriş tertibatı, ana akış istikametinde konulmuş yatay borulardan meydana gelir. Yalnız borulardan çıkan jetler borunun ucuna 5–10 cm uzaklıkta yerleştirilen küre takkesi şeklindeki kapaklara çarparak geriye, çökeltim havuzuna doğru dönerler ve oradan yansıyarak tekrar ana akış istikametine yönelirler (şekil 2.7 ve şekil 2.8). Stengel tipi giriş tertibatı hem dikdörtgen, hem de dairesel havuzlarda kullanılır [1].



Şekil 2.7 Dikdörtgen havuzlar için Stengel sistemi giriş



Şekil 2.8 Stengel sistemi giriş



Şekil 2.9 Denizli (merkez) Atıksu Arıtma Tesisi ön çökeltme havuz giriş tertibatı

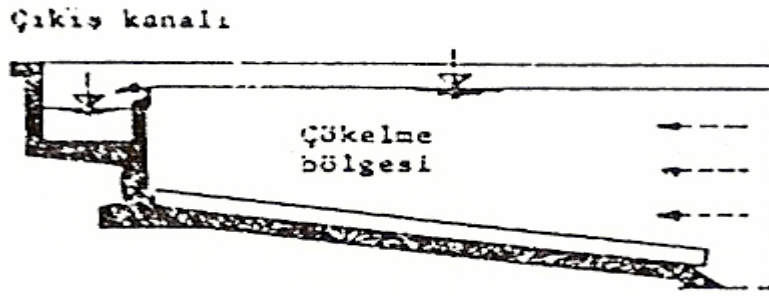


Şekil 2.10 Stengel yapıları

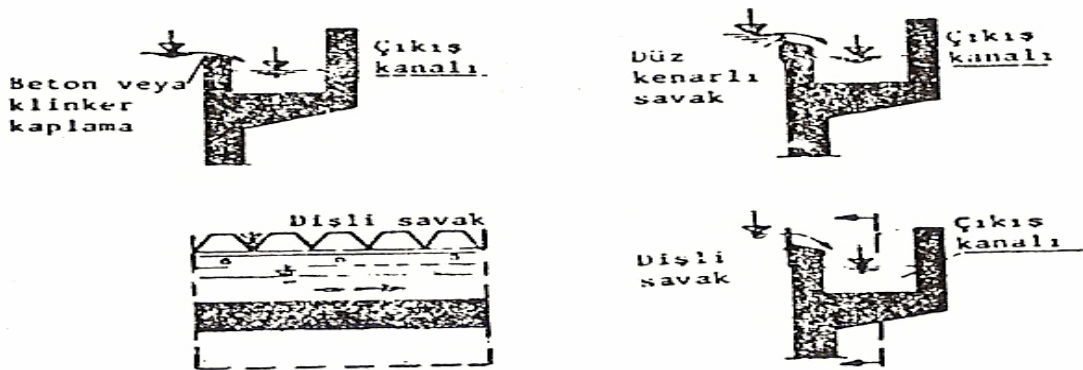
2.1.4 Çökeltme Havuzlarının Çıkış Yapıları

Süspansiyon maddelerinden temizlenmiş olan atıksular, çıkış savakları üzerinden kanallara alınırlar. Bu esnada, savakların yakınında, yukarıya doğru yönelmiş bir akım oluşur. Tabana çökelmiş maddelerin su ile birlikte tekrar sürüklenmemesi için bu akımın hızının çok küçük tutulması gerekir. Beher metre savak uzunluğu başına düşen debi belirli sınırlar arasında tutulduğu zaman, bu şart yerine getirilmiş olur. Çıkış kanallarında su seviyesi daima, savak sırtının (kret seviyesinin) altında kalmalı, yani savaklar batmış hale gelmemeli, serbest naplı olarak çalışmalıdır [1].

Normal olarak dikdörtgen veya daire planlı havuzlarda çıkış kanalları çökeltme bölgesinin dışında tertip edilir. Klinkerle kaplı olan veya kaplamasız olarak teşkil eden basit beton savakların tam olarak yatay yapılması zordur. Bunun için çelik levhalardan, sentetik malzemeden veya prese edilmiş ahşaptan yapılmış ayarlanabilir eşikler kullanılır (Şekil 2.11) [1].



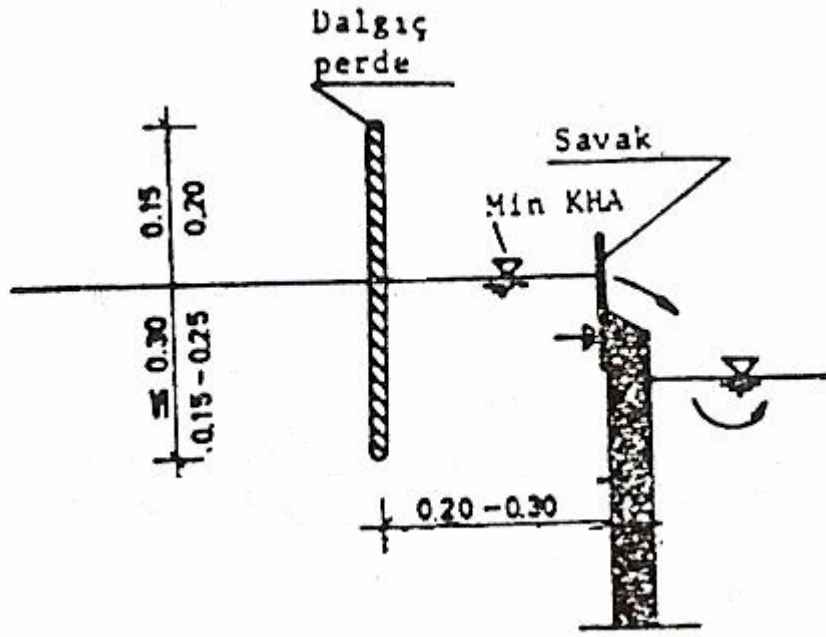
Şekil 2.11 Çökeltme bölgesinin dışında teşkil edilmiş çıkış kanalı



Şekil 2.12 Çıkış savaklarının tertip şekli

Yağ ve gres gibi yüzücü maddelerin dışarı kaçmasını önlemek için, genişliği fazla olmayan bir dalgıç perde, çıkış savağının yeterli mesafe önüne konulabilir (şekil 2.13).

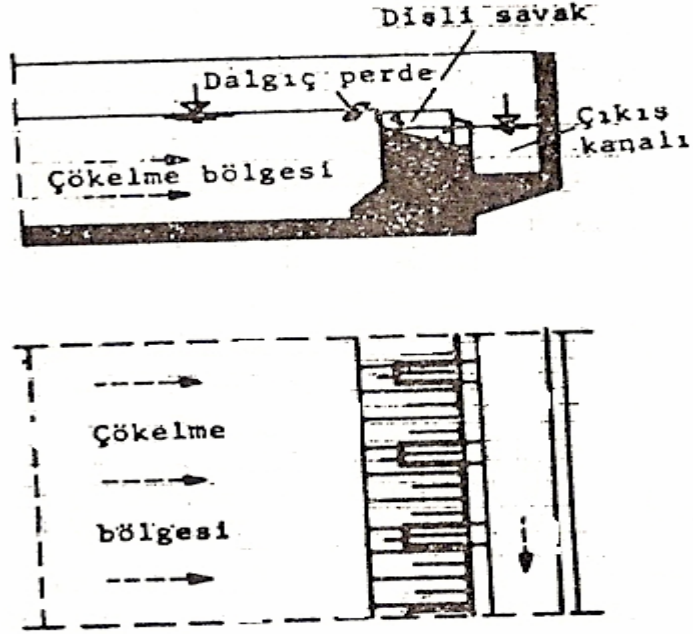
Ölü hacimlerin ve su seviyesindeki kabarmanın fazla olmaması için, bu perdeler 0,30 m den daha fazla suya dalmış olmamalıdır. Bu dalgıç perdeler, özellikle çok yüzücü madde içeren atıksularla, damlatmalı filtreden çıkan suların çöktürülmesinde uygulanırlar [1].



Şekil 2.13 Dalgıç perdelerin tertip şekli

Birim boya düşen debileri çok küçük olan çok uzun savaklarda, savak üzerindeki su derinliği de çok küçük olur. Katı madde yığılması, yapının eşit olmayarak oturması ve rüzgâr tesiri gibi sebeplerle, savağın birim uzunluğundan geçen debinin her noktada aynı kalması zorlaşır. Bu durumda üçgen şeklindeki dişlerden meydana gelen savaklar kullanılır. Üçgen savakların asıl kullanılma sebebi, debi değişiminin fazla olmasıdır. Bilindiği gibi atıksuların debisi, günlük ve mevsimlik değişimler gösterir. Özellikle birleşik sistemlerden gelen atıksuları temizleyen tesislerde maksimum ve minimum debi arasındaki oran daha da büyüktür. Minimum debide, zaten küçük olan savak yükü o derece azalır ki, debinin eşit olarak dağıtılması çok güç olur. Çelik levhalar üzerinde 0,3 m aralıklarla V şeklinde açılmış dişlerden meydana

gelen ayarlanabilir, üçgen savaklarla, minimum debide daha büyük bir savak yükü elde edilebilir. Bu tip savaklar havuz oturma yapsa bile tam olarak yerine monte edilebilirler[6].



Şekil 2.14 Üçgen savaklar ve çökelme bölgesi



Şekil 2.15 Denizli (merkez) Atıksu Arıtma Tesisi ön çökelme havuz çıkış yapısı

(çıkış kanalları ve üçgen savaklar)

2.2 Denizli (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi

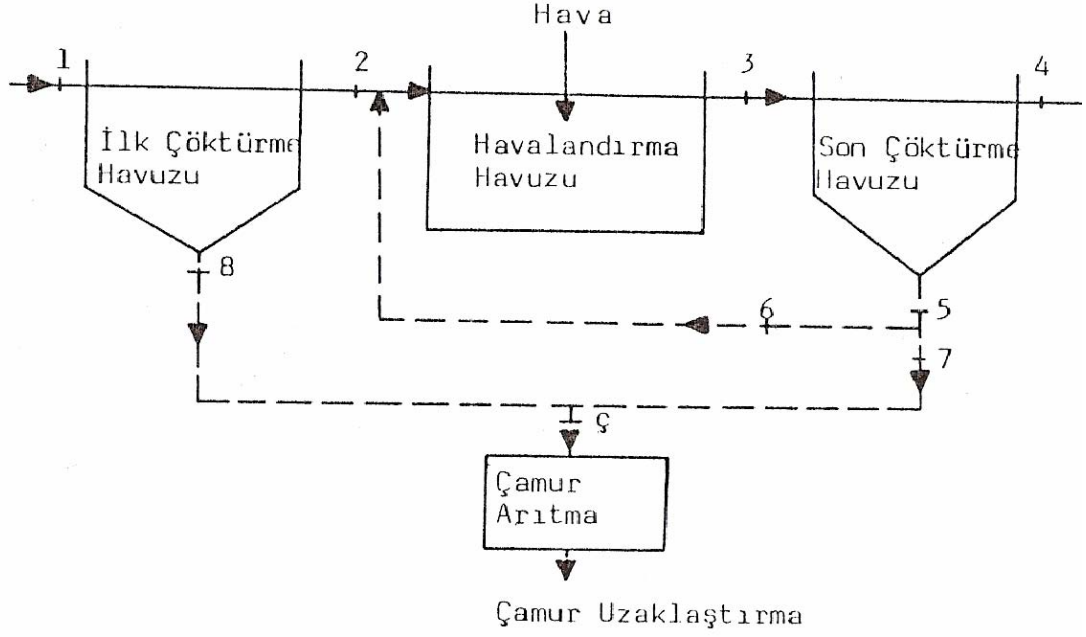
Denizli (Merkez) atık su arıtma tesisi Denizli ili atık sularının en ekonomik biçimde, mevcut yasa ve yönetmeliklere uygun arıtılması amacı ile İller Bankası Genel Müdürlüğü tarafından yaptırılmaktadır. Tesisin inşaatı tamamlandıktan sonra 1 yıllık işletme süresinden sonra Denizli Belediyesine teslim edilecektir. Tesis inşaatı 1995 yılında başlamış olup 2006 Ağustos-Eylül döneminde işletmeye alınması planlanmaktadır. Tesisin inşa maliyeti 1995 yılı fiyatları ile 550.000.000.000 TL'dir (beş yüz elli milyar Türk Lirasıdır)(11.000.000 USD).

Arıtma tesisi iki kademe olarak planlanmış olup tesisin 1.kademesinin 2005 yılında, 2.kademesinin ise 2025 yılında işletmeye alınması öngörülmüştür. Tesisin 1. kademesi 378.353 kişilik bir nüfusa, 2. kademesi ise 703.838 kişilik bir nüfusa hizmet verecek şekilde dizayn edilmiştir. Nüfus değerleri İller Bankası nüfus hesaplama yöntemleri ile hesaplanmıştır [12].

Arıtma tesisinde arıtılan su organik tarımda kullanılmak üzere D.S.İ sulama kanalına verilecektir.

2.2.1 Proses Açıklaması

Arıtma tesisi klasik aktif çamur prosesine göre dizayn edilmiştir (Şekil 2.16). Tesis 2005 ve 2025 yıllarına göre iki kademe inşa edilecektir. Atıksu tesise 1600 mm çaplı kollektör ile gelmektedir. Atıksu kollektörden tesis giriş yapısına gelmekte buradan kaba ve ince ızgaralardan oluşan mekanik temizleme ünitesine girmektedir. Iızgaralarda kaba malzemeli tutulan atıksu havalandırılmalı kum tutucu kanalına gelir. Burada kum vb. inorganik maddelerin sudan ayrılması sağlanmaktadır. Atıksuyun debisi kum tutucu çıkışındaki parshall savağında ölçülmektedir. Parshall savağı iki kademe için bir adettir. Parshall savağında geçen su Dağıtım Yapısı I' gelir. Atıksu, burada ikiye ayrılarak 1400 mm çaplı borularla ön çökeltme havuzları giriş kanalına gelmektedir [12].



Şekil 2.16 Aktif çamur sistemi akım şeması [6]

Ön çökeltme havuzlarında kum tutucuda tutulamayan inorganik ve bazı organik maddeler çökerek sudan ayrılır. Ön çökeltme havuzları dikdörtgen formda yapılmıştır. Ön çökeltme havuzu içerisinde tabanda biriken çamuru çamur çukuruna sıyrılan doğrusal sıyrıcı mekanizma bulunmaktadır. Ön arıtmadaki BOI(Biyokimyasal oksijen ihtiyacı) giderme verimi %30 kabul edilmiştir. Ön çökeltme havuzunun savaklarında toplanan sular çıkış kanalına gelir. Ön çökeltme çıkış kanalı havalandırma havuzları giriş kanalına bağlanmaktadır [12].

Biyolojik arıtma ünitesi olan havalandırma havuzları atıksuyun tam karışımli bir havuz içerisinde havalandırılması sonucu organik maddelerin askıda büyüyen mikroorganizmalar tarafından parçalanması prensibiyle çalışırlar. Havalandırma havuzunun çıkış savağında toplanan aktif çamur su karışımı son çökeltme havuzuna gelir. Son çökeltme havuzunda suyun içerisinde bulunan aktif çamur burada çökmek suretiyle sudan ayrılır. Çökeltme havuzunun savaklarında toplanan sular çıkış kanalına gelir. Buradan 1400 mm çaplı borular ile klorlama ünitesine gelir. Klorlama havuzundan çıkan su kollektör hattı ile DSİ sulama kanalına bağlanacaktır [12].

Sistemden atılması gereken fazla çamur ve ön çökeltme çamuru çamur yoğunlaştırıcıya gelir. Karışım çamuru yoğunlaştırıcı mekanizma ile karıştırılarak

yoğunlaştırılır. Yoğunlaştırma havuzlarından alınan yoğun çamur pompalarla anaerobik çamur çürütme havuzlarına iletilmektedir [12].

Anaerobik çamur çürütme havuzları iki kademeli yüksek hızlı olarak projelendirilmiştir. İkinci kademe çamur çürütme havuzları çamurun depolanması, soğuması ve çürümüş çamurun katı, sıvı ve köpük fazları halinde ayrılarak farklı işlemlere sokulabilmesini sağlamaktadır. Çürümüş çamur tankın dibinden alınarak Belt filtre prese basılır. Belt filtre preste mekanik olarak suyundan ayrılan çamur katı atık olarak uzaklaştırılır. Süzüntü suyu ise tesisin başına gönderilmektedir [12].

Klorlama sistemi için tesiste klor binası bulunmaktadır. Tesis by-passı giriş yapısından kapaklar aracılığı ile yapılmakta ve BOX kesitli kanal ile çıkışa bağlanmaktadır.

2.2.2 Tesis Üniteleri

Denizli (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi üniteleri ön arıtma, biyolojik arıtma, çamur giderme sistemleri ve diğer üniteler olarak dört ana başlıkta toplanmıştır. Tesiste bulunan üniteler aşağıda sıralanmıştır.

2.2.2.1 Ön Arıtma Üniteleri

- a. Tesis giriş hattı
- b. Izgara yaklaşım kanalı
- c. Kaba ızgara
- d. İnce ızgara
- e. Havalandırmalı kum tutucu
- f. Ön çökeltme havuzları

2.2.2.2 Biyolojik Arıtma Üniteleri

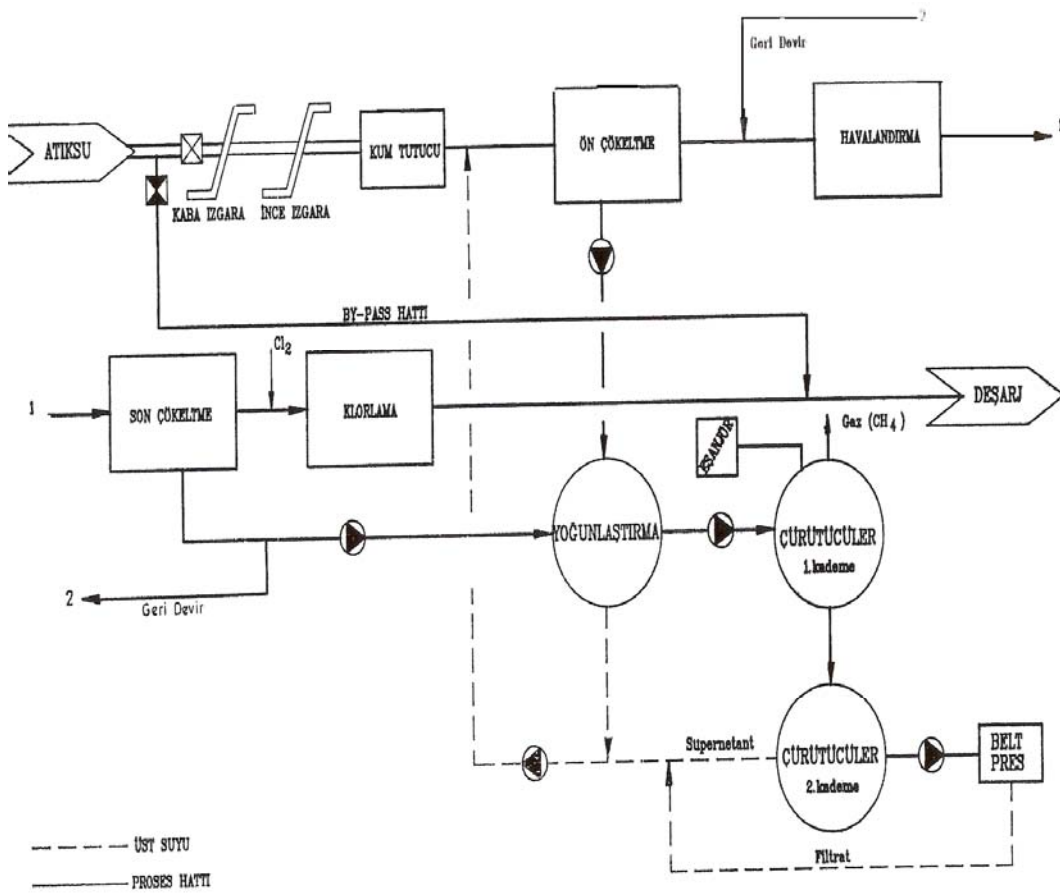
- a. Havalandırma havuzları
- b. Son çökeltme havuzları
- c. Klorlama havuzları

2.2.2.3 Çamur Giderme Sistemleri

- Çamur yoğunlaştırma havuzları
- Anaerobik çamur çürütme havuzları
- Çamur susuzlaştırma ünitesi (Belt Filtre Press Ünitesi)

2.2.2.4 Diğer Üniteler

Tesiste lojman binası, işletme binası, yoğun çamur pompa odası, fazla çamur pompa odası, geri devir pompalarının bulunduğu boru galerisi üniteleri bulunmaktadır. Tesis genel işleyişi Şekil 2.17 deki tesis akım şemasında gösterilmiştir.



TESİS AKIM ŞEMASI

Şekil 2.17 Tesis akım şeması

BÖLÜM 3 HAVUZLARIN BOYUTLANDIRILMASI:

3.1 Boyutlandırma kriterleri:

Çökeltme havuzlarının boyutlandırılması, yüzeysel hidrolik yük, bekletme süresi ve derinlik parametrelerine göre yapılır [1].

Çökeltme havuzları laminer akım şartlarına ne kadar yakınsa, yani Re Reynolds sayısı ne kadar küçükse, çökeltme verimi o kadar iyi olur. Fakat bu halde de hız küçük olduğundan akım stabilitesini kaybeder. Türbülansın olmaması için

$$Re = \frac{VR}{\nu} < 2000 \quad [13] \quad (3.1)$$

V=yatay hız, R= Hidrolik yarıçap

Akımın stabilitesini kaybetmemesi için de

$$Fr = \text{Froude sayısı} = \frac{V^2}{gR} > 10^{-5} \quad (3.2)$$

olmalıdır. Bu iki şart birbirine zıttır ve her ikisini birden gerçekleştirmek imkânsızdır. Bu nedenle bir orta yol bulup bunlardan birinden bir parça sapmayı göze almak gerekir. Pratikteki boyutlarda, çökeltme havuzlarında akım daima türbülanslıdır. Uygun giriş ve yaklaşım yapılarıyla akımın türbülansının mümkün olduğu kadar kırıılarak sakinleştirilmesine çalışılır [1].

3.1.1 Yüzeysel hidrolik yük:

Ön çökeltme havuzlarının projelendirilmesi için yüzeysel hidrolik yük 16 ila 32 m³/m²/ gün arasında alınır. (Ekseriya 24 m³/m²/ gün değeri ile hesap yapılır). Yüzeysel hidrolik yük, aynı zamanda çökelen çamurun yoğunluğuna da etki eder. 24 m³/m²/ gün değerinden daha küçük hidrolik yüklerde çökelmiş katı maddeler havuzun tabanında yoğunlaşma eğilimi gösterirler. Çünkü bu halde çamur sıyrıcısı,

tabana yığılmış çamuru daha az bir hızla hareket ettirir. $32 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{gün}$ 'den daha büyük hidrolik yükler, çamurun konsolidasyonunu önleyen su hareketleri meydana getirirler. Aşırı yüklü bir çökeltme havuzu sadece kabarmış (çok sulandırılmış) çamurlar hasil etmekle kalmaz, savaklanan suların bulanık bir hal almasına da sebep olur [1] .

3.1.2 Derinlik :

Yatay akışlı çökeltme havuzlarının bütün tiplerinde derinlik normal olarak 3,5 ila 6,0 metre arasında değişir. Ortalama olarak derinlik 4,8 m kabul edilebilir. Çamur paylarıyla da bu derinlikler 7,5 metreye kadar çıkabilir [3] .

3.1.3 Bekletme süresi :

Tatbikatta birim zamanda gelen suyun havuz hacmini doldurması için geçen zamana **teorik bekleme süresi** veya sadece **bekleme süresi** denir. Yani teorik bekleme süresi, havuz hacminin gelen suyun debisine bölümüne eşittir. Bu zaman geçiş süresinden uzundur. Geçiş süresi, havuzdan aynı debi geçmesi halinde, bir parça suyun havuza girmesi ile çıkması arasında geçen ortalama zamana denir [3]. Yapılmış havuzlardaki teorik bekletme süresi bir saatin kesri ile birçok gün arasında değişmektedir. Fakat, askı maddelerinin büyük kısmının çökmesi bu sürelerin başında meydana geldiğinden, çökeltme havuzlarında teorik bekleme süresi ekseriye bir günden kısa, yani saat olarak alınır [3].

Atıksuları çökeltme havuzların projelendirilmesi sırasında göz önünde tutulacak değerler Tablo 3.1 'de gösterilmiştir. En çok karşılaşılan havuz boyutları ise tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Çökeltme havuzları proje kriterleri [14]

Çökeltme Havuzunun Türü	Değişme Bölgesi	Tavsiye Edilen Değer
İkinci Kademedeki Tasfiyeden Önce Gelen Ön Çökeltme Havuzları;		
Ortalama Debide Bekletme Zamanı, saat	1,5-2,5	2,0
Yüzeysel Hidrolik yük, $m^3/m^2/gün$		
Ortalama Debide	32-48	-
Max Debide	80-120	100
Birim Genişlikten Savaklanmasına Müsaade Edilen Debi, $m^3/m/gün$	125-500	250

Tablo 3.2 En çok karşılaşılan havuz boyutları [1]

Çökeltme Havuzu Cinsi	Değişme	Tavsiye Edilen
Dikdörtgen Planlı Havuzlar		
Derinlik, m	3,0-5,0	3,6
Uzunluk, m	15-90	25-40
Genişlik, m	3-24	6-10
Sıyırıcıların Hareket Hızı,	0,6-1,2	1,0
Daire Planlı Havuzlar		
Derinlik, m	3,0-5,0	4,5
Çap, m	3,6-60,0	12-45
Taban Eğimi, mm/m	60-160	80
Sıyırıcıların Hızı, m/dk	0,02-0,05	0,03

3.2 Dikdörtgen Şekilli Çökeltim Havuzları

Denizli (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisinde klasik tip havuzlar boyutlandırılmıştır. Bu havuzlarda genişlik : uzunluk oranı Hosang'a göre en fazla (1:4) olmalıdır. Yani, genişliklerinin en aşağı 4 misli uzunlukta yapılmalıdır. Pöpel'e göre bu oran (1:3) ile (1:4,5) arasında değişir. Bu tip çökeltim havuzlarının genişlikleri en az 5 m olur [1] (Tablo 3.3).

Tablo 3.3 Dikdörtgen planlı çökeltme havuzu boyutlandırma kıstasları[15]

Parametre	Aralık	Yaygın Değer
Derinlik, m.	1.5-5.0	1.8-3.6
Uzunluk, m.	15-90	25-40
Genişlik, m.	3-24	6-10
Taban Eğimi,	1:100,1:200	1:100
Sıyırıcı Hızı, m/dk	0.6-1.2	1.0
Yatay Su Hızı, mm/s	<10	<6
Savak Yüğü,1/s.m	<10	<4

3.3 Denizli(Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi Proses Özel Şartnamesi:

Denizli (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi Proses Özel Şartnamesine göre ön çökeltme havuzları; Imhoff konisinde iki saatte çökelebilen katı miktarının en az % 50- 60'ını çökeltecek şekilde projelendirilecek ve BOİ giderme verimi % 25-35 arasında olacaktır [16].

Ön çökeltme havuzlarında atıksuyun kalma süresi proje debisinde 1,0-2,0 saat arasında, yüzeysel yükleme ise 1,5-2,0 m/saat arasında seçilecektir [16].

Dikdörtgen ön çökeltme havuzlarında, havuz eni 4-10 m, havuz boyu 20-60 m, havuz derinliği 2-4 m arasında seçilecektir. Boy/en oranı 4/1 - 8/1 arasında olacaktır. Havuz tabanına %1 eğim verilecektir. Havuzda atıksuyun yatay hızının

0,01 m/sn'den küçük olması temin edilecektir. Havuz girişinde en az 2 adet çamur biriktirme çukuru tertiplenecek, çökelen çamurları çamur biriktirme çamuruna sıyrarak şekilde üzerine sıyrıcıların monte edileceği gezer bir köprü projelendirilecektir. Gezer köprünün hareketi raylar üzerinde sağlanacaktır. Havuz tabanı 2/1 eğimle yan dik duvarlara birleştirilecektir [16].

Ön çökeltme havuzlarına atıksu, bir dağıtma yapısı aracılığıyla veya uygun şekilde projelendirilmiş kanal ağları ile havuzlara mümkün olduğu kadar eşit oranda dağıtılacaktır. Havuz giriş borularında hız 0,3–1,2 m/s olacak şekilde boru çapı seçilecektir. Havuz giriş yapısı, pis suyun giriş hızını düşürecek, debiyi havuz en kesitine eşit şekilde yayacak ve kısa devreyi önleyecek şekilde projelendirilecektir [16].

Ön çökeltme havuzlarını terk edecek atıksuyu toplayacak olan çıkış savakları 90° V çentikli veya U çentikli yapılacaktır. Savaklar ayarlanabilir olacak, savak yükünün tercihen 2–3 l/m-s olması ve hiçbir zaman 6 l/m-s'yi geçmemesi sağlanacaktır [16].

3.3.1 Projelendirmeye esas hesap debileri:

Tablo 3.4 Projelendirmeye esas hesap debileri

Yıllar	2005	2025
Proje debisi (l/s)	1692	2806
Max. debi (l/s)	2123	3608,79
Min. debi (l/s)	736	1317,78
Ortalama debi (l/s)	1333	2137,78

Not: Debi değerleri Denizli(Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi Kesin Proje raporundan alınmıştır [12] (Tablo 3.4).

3.3.1.1 Mevcut projedeki dikdörtgen ön çökeltme havuzları:

Bu çalışmada esas alınan Denizli(Merkez) Atıksu Arıtma Tesisinde 2005 yılı için 8 adet 2025 yılı için 16 adet ön çökeltme havuzu olması öngörülmüştür. Yapılan bu çalışmanın asıl amacı genelde kullanılan dikdörtgen kesit yerine yarım daire kesitli ve trapez kesitli ön çökeltme havuzlarının tavsiye edilmesi ve dolayısıyla bu havuz

tiplerinin karşılaştırılması olduğu için bir adet ön çökeltme havuzu için üç ayrı kesit durumu dikkate alınarak incelemeler yapılmıştır.

Şartnamede, ön çökeltme havuzlarında proje debisindeki bekletme süresi 1–2 saat, yüzeysel yükleme 1,5–2,0 m³/m² saat olarak verilmiştir. Tesiste dikdörtgen ön çökeltme havuzları kullanılmaktadır. Şartnamede havuz eni, 4–10 m, boyu 20–60 m, derinliği 2–4 m arasında verilmiştir. Boy/en oranı 4:1–8:1 arasında olacaktır. 2005 yılı için 8 adet, 2025 yılı için 16 adet 10*44 m boyutunda ön çökeltme havuzları seçilmiştir [12].

2005 yılı için:

$$Q_{\text{proje}} = 6091 \text{ m}^3/\text{saat}$$

Yüzeysel yük 1,70 m³/m² saat alındığında yüzey alanı

$$A = \frac{6091 \text{ m}^3/\text{saat}}{8 * 1,70 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{saat}} = 449 \text{ m}^2 \quad (3.3)$$

Ortalama su derinliği, h=3,00 m alınarak bir havuzun hacmi;

$$V = 10 * 44 * 3,00 = 1320 \text{ m}^3 \quad (3.4)$$

Bekletme süresi;

$$t = \frac{1320 * 8}{6091} = 1,73 \text{ saat olarak bulunur.} \quad (3.5)$$

2025 yılı Maksimum debisi için yatay hız tahkiki;

$$V_y = \frac{Q}{A} = \frac{3,609 \text{ m}^3 / s}{16 * 10 * 3,00} = 0,008 \text{ m/s} \quad (3.6)$$

Yatay hızın 0,01 m/s den küçük olması istendiği için havuz kesit alanı yeterlidir.

Seçilen havuz boyutları

Havuz eni = 10 m

Havuz boyu = 44 m

Ortalama su derinliği = 3 m

Taban eğimi = 1/100

Yüzey alanı = 440 m²

Hacim = 1320 m³

Çeşitli debiler için bekletme süresi, yüzey yükü ve yatay hız değerleri aşağıdaki gibidir (Tablo 3.5 ve tablo 3.6).

Tablo 3.5 Dikdörtgen kesitli havuzlar için 2005 yılı değerleri

2005 Yılı	Maksimum	Proje	Ortalama	Minimum	Havuz Sayısı
Debi (m ³ /saat)	7644	6091	4797	2650	
Yüzeysel yük (m ³ /m ² /saat)	2,17	1,73	1,36	0,75	8
Bekletme süresi (saat)	1,38	1,73	2,20	3,98	
Yatay hız (m/s)	0,009	0,008	0,005	0,003	

Tablo 3.6 Dikdörtgen kesitli havuzlar için 2025 yılı değerleri

2025 Yılı	Maksimum	Proje	Ortalama	Minimum	Havuz Sayısı
Debi (m ³ /saat)	12992	10103	7696	4744	
Yüzeysel yük (m ³ /m ² /saat)	1,84	1,43	1,09	0,67	16
Bekletme süresi (saat)	1,62	2,09	2,74	4,45	
Yatay hız (m/s)	0,008	0,006	0,005	0,003	

Ön çökeltme havuzunun çıkış savakları, birim boydan eşit miktarda su savaklanması için çelik levhalar üzerinde belli aralıklarla V şeklinde açılmış dişlerden meydana gelen üçgen savaklardan oluşmaktadır. Havuz içinde iki taraftan savaklanma olacak şekilde kutu savak olarak projelendirilen savak kanallarında DIN 19558 FORM B tipi V savaklar kullanılmıştır [12].

Savak uzunluğu 70 m. seçilerek savak yükü

$$q = \frac{12992 \text{ m}^3 / \text{saat}}{70 * 16} = 11.60 \text{ m}^3 / \text{m.saat} = 3,22 \text{ l / m.s} \quad (3.7)$$

olarak bulunur. Şartnamede savak yükünün 2–3 lt/ m.s olması 6 lt/m.s'yi geçmemesi istenmektedir. Seçilen savak boyu sınırlar arasında kaldığı için uygundur.

Ön çökeltme havuzunun giriş yapısında, atıksuyun havuz eksenine boyunca eşit dağılımını sağlamak amacıyla delikli bir perde yapılmıştır. Giriş deliklerinin çapı su hızının 0.08–0.16 m/s değerleri civarında olmasını sağlayacak şekilde projelendirilmiştir.

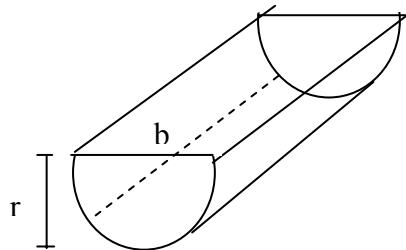
300 mm'lik 18 adet boru parçası bırakılır ise delik alanı;

$$A_d = 18 * \frac{0,30^2 * \pi}{4} = 1.27 \text{ m}^2 \quad (3.8)$$

İlk kademe için maksimum debide atıksuyun geçiş hızı;

$$V = \frac{2.123}{8 * 1.27} = 0.2 \text{ m/s} \text{ olarak bulunur.} \quad (3.9)$$

3.3.1.2 Önerilen Yarım daire kesitli ön çökeltme havuzlarının incelenmesi:



Şekil 3.1 Yarım daire kesitli çökeltme havuzu

Yarım daire kesitli ön çökeltme havuzları boyutlandırılırken dikdörtgen çökeltme havuzları için verilen proje kriterleri göz önüne alınmıştır. Bu duruma göre 2005 yılı için 8 adet, 2025 yılı 16 adet olmak üzere havuz eni (b) 8 m, ortalama su derinliği (h) 4m, havuz boyu ise 50 m seçilmiştir.

2005 yılı için:

$$Q_{\text{proje}} = 6091 \text{ m}^3/\text{saat}$$

Yüzeysel yük $1,90 \text{ m}^3/\text{m}^2$ saat alındığında yüzey alanı

$$A = \frac{6091 \text{ m}^3/\text{saat}}{8 * 1,90 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{saat}} = 401 \text{ m}^2 \quad (3.10)$$

Ortalama su derinliği, $h=4,00$ m alınarak bir havuzun hacmi;

$$V = (\pi * 8^2 / 8) * 50 = 1256 \text{ m}^3 \quad (3.11)$$

Bekletme süresi;

$$t = \frac{1256 * 8}{6091} = 1,65 \text{ saat olarak bulunur.} \quad (3.12)$$

2025 yılı Maksimum debisi için yatay hız tahkiki;

$$V_y = \frac{Q}{A} = \frac{3,609 \text{ m}^3 / s}{16 * \pi * 8^2 / 8} = 0,009 \text{ m/s} \quad V_y < 0,01 \text{ m/s} \quad (3.13)$$

Yatay hızın $0,01$ m/s den küçük olması istendiği için havuz kesit alanı yeterlidir.

Seçilen havuz boyutları

Havuz eni = 8 m

Havuz boyu = 50 m

Ortalama su derinliği = 4 m

Taban eğimi = 1/100

Yüzey alanı = 400 m^2

Hacim = 1256 m^3

Çeşitli debiler için bekletme süresi, yüzey yükü ve yatay hız değerleri aşağıdaki gibidir (Tablo 3.7 ve tablo 3.8).

Tablo 3.7 Yarım daire havuzlar için değerler (2005 yılı)

2005 Yılı	Maksimum	Proje	Ortalama	Minimum	Havuz Sayısı
Debi (m ³ /saat)	7644	6091	4797	2650	
Yüzeysel yük (m ³ /m ² /saat)	2,39	1,90	1,49	0,83	8
Bekletme süresi (saat)	1,31	1,65	2,09	3,79	
Yatay hız (m/s)	0,01	0,008	0,007	0,004	

Tablo 3.8 Yarım daire havuzlar için değerler (2025 yılı)

2025 Yılı	Maksimum	Proje	Ortalama	Minimum	Havuz Sayısı
Debi (m ³ /saat)	12992	10103	7696	4744	
Yüzeysel yük (m ³ /m ² /saat)	1,92	1,58	1,20	0,74	16
Bekletme süresi (saat)	1,55	1,99	2,61	4,23	
Yatay hız (m/s)	0,009	0,007	0,005	0,003	

Ön çökeltme havuzunun çıkış savakları, birim boydan eşit miktarda su savaklanması için çelik levhalar üzerinde belli aralıklarla V şeklinde açılmış dişlerden meydana gelen üçgen savaklardan oluşmaktadır. Havuz içinde iki taraftan savaklanma olacak

şekilde kutu savak olarak projelendirilen savak kanallarında DIN 19558 FORM B tipi V savaklar kullanılmıştır [12].

Savak uzunluğu 56 m. seçilerek savak yükü

$$q = \frac{12992 \text{ m}^3 / \text{saat}}{56 * 16} = 14.50 \text{ m}^3 / \text{m.sa}at = 4,03 \text{ l} / \text{m.s} \quad (3.14)$$

olarak bulunur. Şartnamede savak yükünün 2–3 lt/ m.s olması 6 lt/m.s'yi geçmemesi istenmektedir. Seçilen savak boyu sınırlar arasında kaldığı için uygundur.

Ön çökeltme havuzunun giriş yapısında, atıksuyun havuz eksenine boyunca eşit dağılımını sağlamak amacıyla delikli bir perde yapılmıştır. Giriş deliklerinin çapı su hızının 0.08–0.16 m/sn değerleri civarında olmasını sağlayacak şekilde projelendirilmiştir.

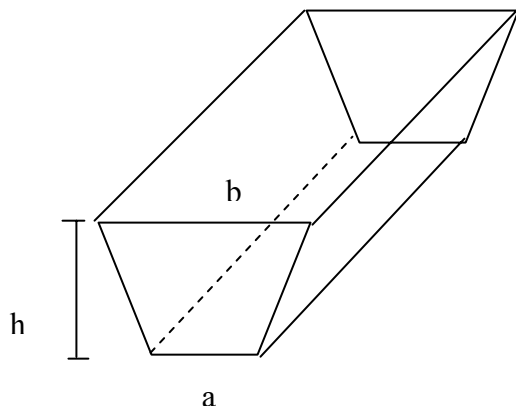
300 mm'lik 18 adet boru parçası bırakılır ise delik alanı;

$$A_d = 18 * \frac{0,30^2 * \pi}{4} = 1.27 \text{ m}^2 \quad (3.15)$$

İlk kademe için maksimum debide atıksuyun geçiş hızı;

$$V = \frac{2.123}{8 * 1.27} = 0.20 \text{ m/s} \text{ olarak bulunur.} \quad (3.16)$$

3.3.1.3 Önerilen Trapez kesitli ön çökeltme havuzlarının incelenmesi:



Şekil 3.2 Trapez kesitli ön çökeltme havuzu

Trapez kesitli ön çökeltme havuzları boyutlandırılırken dikdörtgen çökeltme havuzları için verilen proje kriterleri göz önüne alınmıştır. Bu duruma göre 2005 yılı için 8 adet, 2025 yılı 16 adet olmak üzere havuz alt taban genişliği (a) 6 m, havuz üst genişliği (b) 9,50m, ortalama su derinliği (h) 3,50m, havuz boyu ise 44 m seçilmiştir.

2005 yılı için:

$$Q_{\text{proje}} = 6091 \text{ m}^3/\text{saat}$$

Yüzeysel yük $1,82 \text{ m}^3/\text{m}^2$ saat alındığında yüzey alanı

$$A = \frac{6091 \text{ m}^3/\text{saat}}{8 * 1,82 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{saat}} = 418 \text{ m}^2 \quad (3.17)$$

Ortalama su derinliği, $h=3,50 \text{ m}$ alınarak bir havuzun hacmi;

$$V = \frac{1}{2} (6,00 + 9,50) * 3,50 * 44 = 1194 \text{ m}^3 \quad (3.18)$$

Bekletme süresi;

$$t = \frac{1194 * 8}{6091} = 1,57 \text{ saat olarak bulunur.} \quad (3.19)$$

2025 yılı Maksimum debisi için yatay hız tahkiki;

$$V_y = \frac{Q}{A} = \frac{3,609 \text{ m}^3 / s}{16 * (\frac{1}{2} (6,00 + 9,50) * 3,50)} = 0,008 \text{ m/s} \quad (3.20)$$

Yatay hızın $0,01 \text{ m/s}$ den küçük olması istendiği için havuz kesit alanı yeterlidir.

Seçilen havuz boyutları

Havuz eni(alt taban)	= 6m
Havuz eni(üst)	= 9,50 m
Havuz boyu	= 44 m
Ortalama su derinliği	= 3,50 m
Taban eğimi	= 1/100
Yüzey alanı	= 418 m ²
Hacim	= 1194 m ³

Çeşitli debiler için bekletme süresi, yüzey yükü ve yatay hız değerleri aşağıdaki gibidir (Tablo 3.9 ve tablo 3.10).

Tablo 3.9 Trapez havuzlar için değerler (2005 yılı)

2005 Yılı	Maksimum	Proje	Ortalama	Minimum	Havuz Sayısı
Debi (m ³ /saat)	7644	6091	4797	2650	
Yüzeysel yük (m ³ /m ² /saat)	2,29	1,82	1,43	0,79	8
Bekletme süresi (saat)	1,25	1,57	1,99	3,60	
Yatay hız (m/s)	0,01	0,008	0,006	0,003	

Tablo 3.10 Trapez havuzlar için değerler(2025 yılı)

2025 Yılı	Maksimum	Proje	Ortalama	Minimum	Havuz Sayısı
Debi (m ³ /saat)	12992	10103	7696	4744	
Yüzeysel yük (m ³ /m ² /saat)	1,94	1,51	1,15	0,71	16
Bekletme süresi (saat)	1,47	1,89	2,48	4,03	
Yatay hız (m/s)	0,008	0,007	0,005	0,003	

Ön çökeltme havuzunun çıkış savakları, birim boydan eşit miktarda su savaklanması için çelik levhalar üzerinde belli aralıklarla V şeklinde açılmış dişlerden meydana gelen üçgen savaklardan oluşmaktadır. Havuz içinde iki taraftan savaklanma olacak

şekilde kutu savak olarak projelendirilen savak kanallarında DIN 19558 FORM B tipi V savaklar kullanılmıştır [12].

Savak uzunluğu 66,50 m. seçilerek savak yükü

$$q = \frac{12992 \text{ m}^3 / \text{saat}}{66,50 * 16} = 12,21 \text{ m}^3 / \text{m.saat} = 3,39 \text{ l / m.s} \quad (3.21)$$

olarak bulunur. Şartnamede savak yükünün 2–3 lt/ m.s olması 6 lt/m.s’yi geçmemesi istenmektedir. Seçilen savak boyu sınırlar arasında kaldığı için uygundur.

Ön çökeltme havuzunun giriş yapısında, atıksuyun havuz eksenine boyunca eşit dağılımını sağlamak amacıyla delikli bir perde yapılmıştır. Giriş deliklerinin çapı su hızının 0.08–0.16 m/sn değerleri civarında olmasını sağlayacak şekilde projelendirilmiştir.

300 mm’lik 18 adet boru parçası bırakılır ise delik alanı;

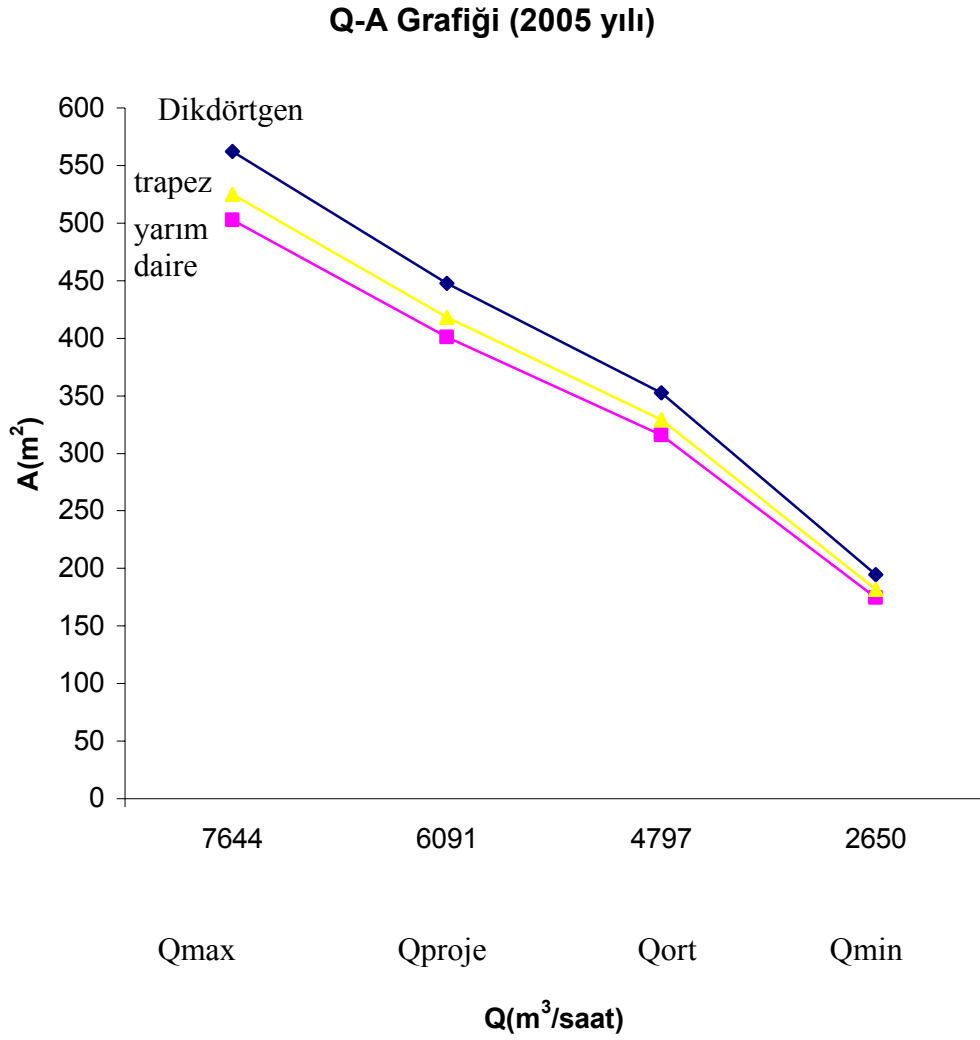
$$A_d = 18 * \frac{0,30^2 * \pi}{4} = 1.27 \text{ m}^2 \quad (3.22)$$

İlk kademe için maksimum debide atıksuyun geçiş hızı;

$$V = \frac{2.123}{8 * 1.27} = 0.20 \text{ m/s} \text{ olarak bulunur.} \quad (3.23)$$

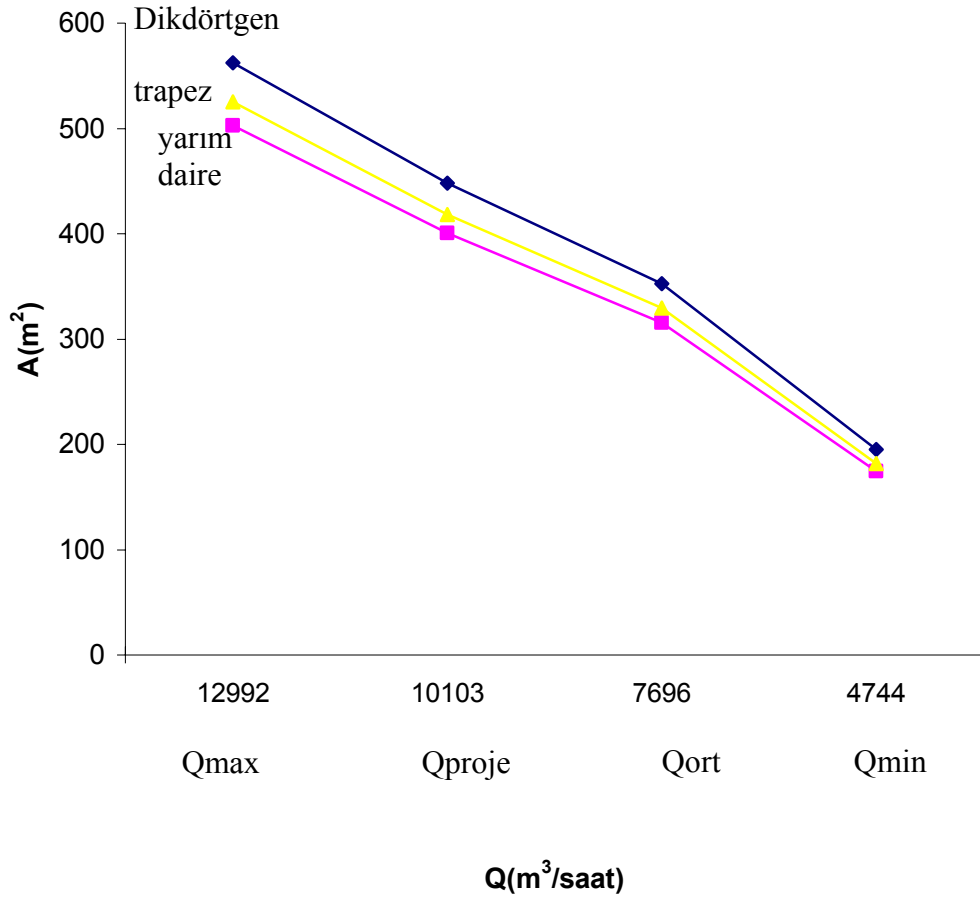
3.4 Grafikler:

3.4.1 Karşılaştırmalı Debi-Alan Grafikleri:



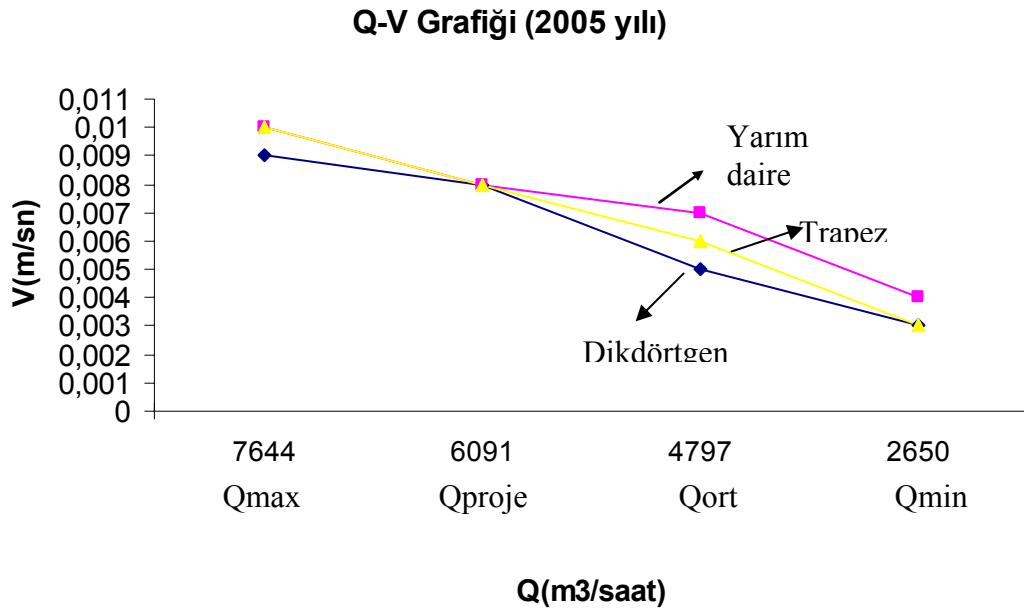
Şekil 3.3 Debi-alan grafiği(2005 yılı için)

Q-A Grafiği (2025 yılı)

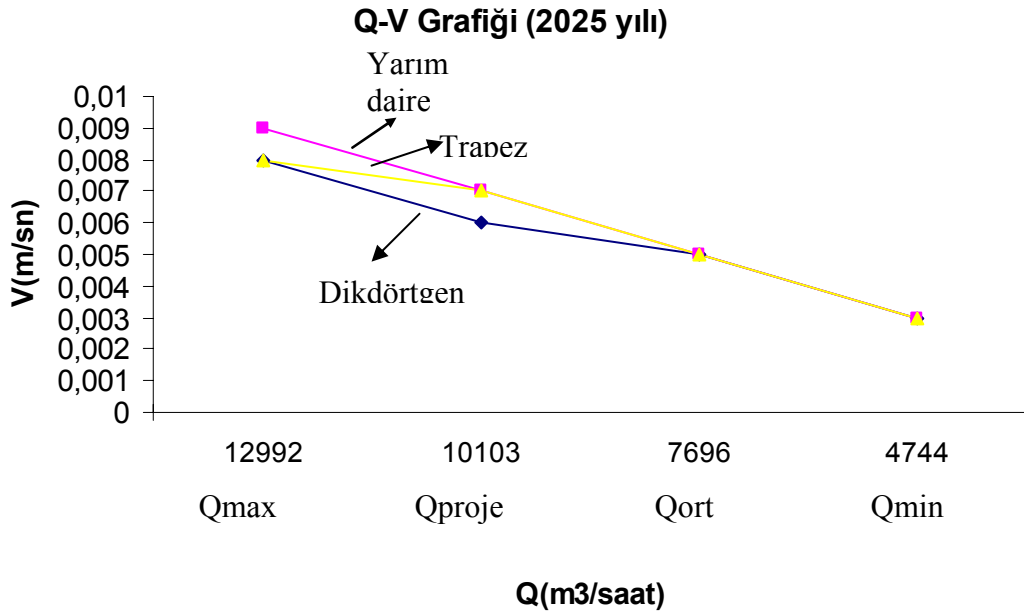


Şekil 3.4 Debi-alan grafiği(2025 yılı için)

3.4.2 Karşılaştırmalı Debi-Yatay Hız Grafikleri:

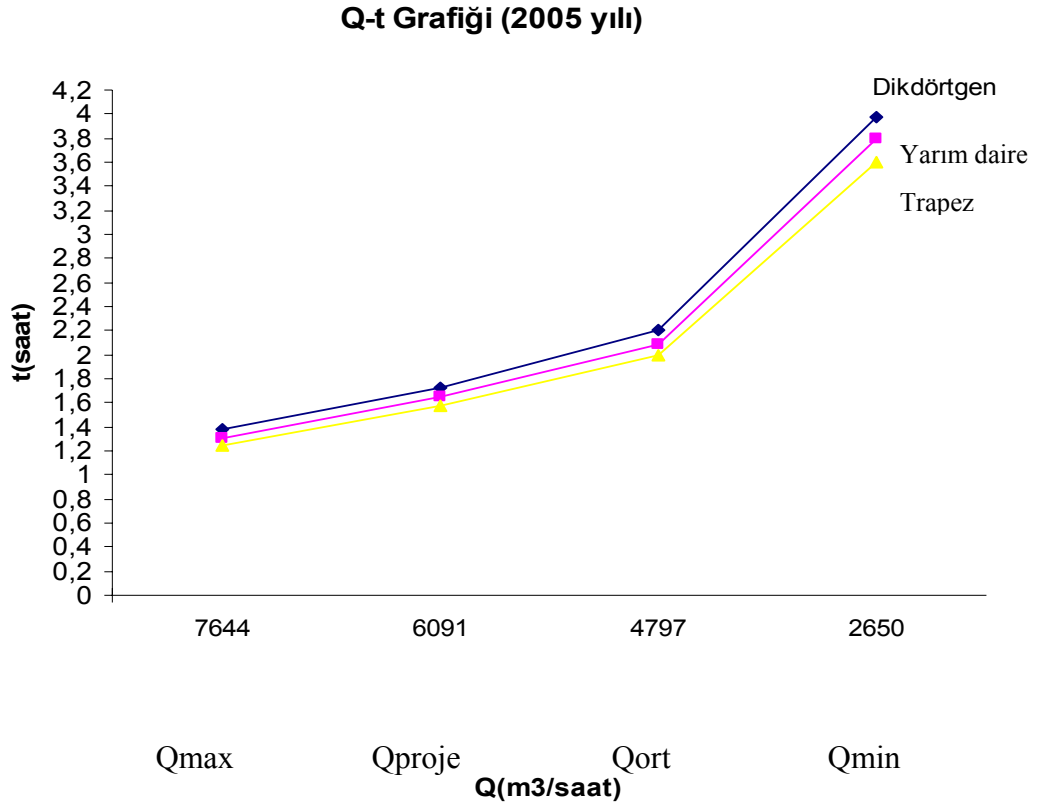


Şekil 3.5 Debi-yatay hız grafiği(2005 yılı için)



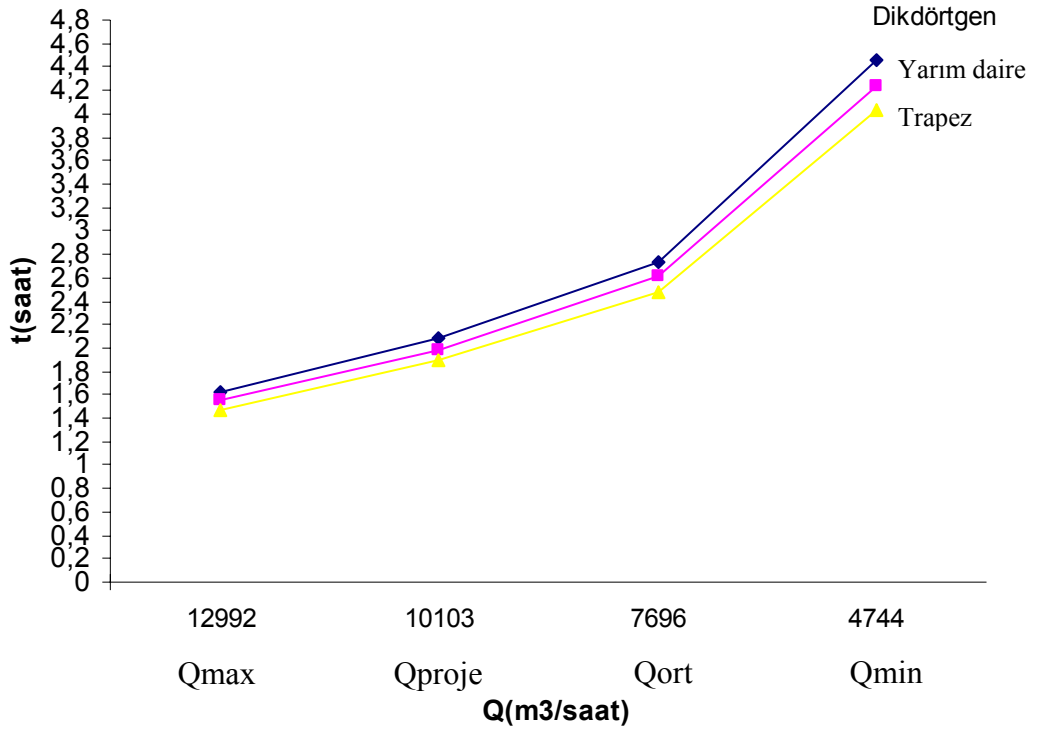
Şekil 3.6 Debi-yatay hız grafiği(2025 yılı)

3.4.3 Karşılaştırmalı Debi-Bekletme Süresi Grafikleri:



Şekil 3.7 Debi-bekletme süresi grafiği(2005 yılı)

Q-t Grafiği (2025 yılı)



Şekil 3.8 Debi-bekletme süresi grafiği(2025 yılı)

BÖLÜM 4 HAVUZLARIN HİDROLİK HESAPLARI:

4.1 Mevcut dikdörtgen ön çökeltme havuzları için yapılan hidrolik hesaplar:

Hidrolik hesaplar yapılırken mevcut kesin proje raporu hesap adımları izlenmiştir.

4.1.1 Dağıtım Yapısı 1 - Ön Çökeltme Havuzları Giriş Kanalı Arası Yük Kayıpları:

Atıksu şekil 1.2 te tesis akım şemasında görüldüğü gibi dağıtım yapısından ön çökeltme havuzlarına geçmektedir. Dağıtım yapısında ikiye ayrılan atıksu 1400 mm çaplı çelik boru ile ön çökeltme havuzlarına iletilecektir.

2005 yılı

$$Q_{\max} = 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{2,123 \cdot 4}{\pi \cdot (1,4)^2} = 1,4 \text{ m/s} \quad (4.1)$$

Yersel kayıplar

2 adet 90° dirsek, $k=0,29$

Hazneden boruya geçiş $k=0,5$

Borudan hazneye geçiş $k=1,0$ [1]

Toplam $k=2,08$ olarak bulunmuştur.

$$h_{\text{kyersel}} = k \frac{V^2}{2g} \quad [17] \quad (4.2)$$

$$h_{\text{kyersel}} = 2,08 \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,81} = 0,21 \text{ m dir.} \quad (4.3)$$

Sürekli kayıplar [12]

$$h_{\text{ksüreklı}} = \frac{\lambda}{D} \frac{V^2}{2g} L \text{ formülü ile hesaplanır. } \lambda \text{ değeri ise} \quad (4.4)$$

$$\lambda * 0,0827 = \frac{10,7 * D^{0,13}}{C^{1,85} * D^{0,15}} \text{ formülü ile hesaplanır [12].} \quad (4.5)$$

Spiral kaynaklı çelik borular için $C=118$ [12]

$$\lambda * 0,0827 = \frac{10,7 * (1,4)^{0,13}}{118^{1,85} * (1,4)^{0,15}} \quad \lambda = 0,0189 \quad (4.6)$$

$L = 16 \text{ m}$

$$h_{\text{ksüreklı}} = \frac{\lambda}{D} \frac{V^2}{2g} L = \frac{0,0189}{1,4} * \frac{1,4^2}{2 * 9,81} * 16 \quad (4.7)$$

$h_{\text{ksüreklı}} = 0,022 \text{ m}$ bulunur.

Toplam yük kaybı;

$$h_{\text{kT}} = h_{\text{kyersel}} + h_{\text{ksüreklı}} = 0,21 + 0,022 = 0,23 \text{ m} \text{ olarak bulunur.} \quad (4.8)$$

2025 yılı

$$Q_{\text{min}} = 1,318 \text{ m}^3/\text{s}$$

1 tarafa gelen debi = $1,318/2 = 0,66 \text{ m}^3/\text{s}$ dir.

$$V = \frac{0,66 * 4}{\pi * (1,4)^2} = 0,43 \text{ m/s} \quad (4.9)$$

$$h_{\text{kyersel}} = 2,08 \frac{0,43^2}{2 * 9,81} = 0,02 \text{ m} \text{ dir.} \quad (4.10)$$

$$h_{\text{ksüreklı}} = \frac{0,0189}{1,4} * \frac{0,43^2}{2 * 9,81} * 16 = 0,002 \text{ m} \text{ dir.} \quad (4.11)$$

Toplam yük kaybı;

$h_{kT} = h_{kyersel} + h_{ksüreklil} = 0,02 + 0,002 = 0,022$ m olarak bulunur.

4.1.2 Ön Çökeltme Havuzu Giriş Kanalı Hidrolik Hesabı

Atıksu giriş kanalından savaklanarak çökeltme havuzu giriş bölmesine gelmektedir giriş bölmesinden perdede bırakılan deliklerden geçen su havuza girmektedir.

2005 yılı

$$Q_{\max} = 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

İlk kademe için su 8 adet çökeltme havuzuna savaklanmaktadır. Atıksu her havuza 1 m genişliğindeki 3 adet savaktan geçerek girmektedir.

Savak sayısı = $8 \times 3 = 24$ adet

Bir savaktan geçen su miktarı

$$q_w = \frac{Q}{n} = \frac{2,123}{24} = 0,088 \text{ m}^3 / \text{s} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.} \quad (4.12)$$

Yan savaklardan geçen debi miktarı;

$$q_w = \frac{2}{3} * L * C_w * \sqrt{2g} * h_s^{3/2} \quad \text{ifadesi ile hesaplanmaktadır.} \quad (4.13)$$

L= savak boyu (m)

C_w = savak katsayısı

h= savağın kanal tabanına olan derinliğini göstermektedir. Savak katsayısı

$$C_w = 0,611 * \sqrt{1 - \frac{3 * (F_r)^2}{(F_r)^2 + 2}} \quad \text{ifadesi ile elde edilmektedir.} \quad (4.14)$$

Bu denklemde F_r = Froude sayısını göstermektedir.

Son savağın menbasındaki Froud sayısı;

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad \text{ifadesi ile hesaplanmaktadır.} \quad (4.15)$$

Dağıtım kanalında savak üzerindeki su yüklerinin ve kanal boyunca akım koşullarının değişmeyeceği kabul edilmiştir.

Maksimum debide dağıtım kanalındaki maksimum hız

$V_{\max} = 1,50$ m/sn seçilerek

$$A_{\max} = \frac{2,123}{1,5} = 1,42 \text{ m}^2 \quad (4.16)$$

$b = 2$ m alınarak

$$h_{\max} = \frac{1,42}{2} = 0,71 \text{ m} \text{ bulunur.} \quad (4.17)$$

$$F_r = \frac{1,5}{\sqrt{9,81 * 0,71}} = 0,568 \quad (4.18)$$

Keskin kenarlı ayarlanabilir çelik savak kullanılmıştır. Bu durumda savak katsayısı;

$$C_w = 0,611 * \sqrt{1 - \frac{3 * (0,568)^2}{(0,568)^2 + 2}} \quad (4.19)$$

$C_w = 0,467$ olarak bulunur.

Savak üzerindeki su yükü

$$q_{\max} = \frac{2}{3} * L * C_w * \sqrt{2g} * h_{s\max}^{3/2} \quad \text{formülü ile hesaplanır.} \quad (4.20)$$

$$0,088 = \frac{2}{3} * 1 * 0,467 * \sqrt{2 * 9,81} * h_{s\max}^{3/2} \quad (4.21)$$

$h_{s\max} = 0,16$ m bulunur.

2025 yılı

$$Q_{\min} = 1,318 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ tarafa gelen debi } Q_1 = \frac{1,318}{2} = 0,66 \text{ m}^3 / \text{s} \text{ dir.} \quad (4.22)$$

$$\text{Bir savağa gelen debi } q_{\min} = \frac{Q}{n} = \frac{0,66}{24} = 0,028 \text{ m}^3 / \text{s} \text{ dir.} \quad (4.23)$$

$C_w = 0,467$ alınarak savak üzerindeki su yüksekliği

$$q_{\min} = \frac{2}{3} * L * C_w * \sqrt{2g} * h_{s\min}^{3/2} \quad (4.24)$$

$$0,028 = \frac{2}{3} * 1 * 0,467 * \sqrt{2 * 9,81} * h_{s\min}^{3/2} \quad (4.25)$$

$h_{s\min} = 0,07$ m bulunur.

Kanaldaki su derinliği $h = 0,62$ m alınarak

$$V = \frac{0,66}{2 * 0,62} = 0,53 \text{ m/s} \quad (4.26)$$

$$F_r = \frac{0,53}{\sqrt{9,81 * 0,62}} = 0,214 \text{ olarak bulunur.} \quad (4.27)$$

$$C_w = 0,611 * \sqrt{1 - \frac{3 * (0,214)^2}{(0,214)^2 + 2}} \quad (4.28)$$

$C_w = 0,59$ dur.

$$q_{w\min} = 0,028 = \frac{2}{3} * 1 * 0,59 * \sqrt{2 * 9,81} * h_{s\min}^{3/2} \text{ ifadesinden} \quad (4.29)$$

$h_{s\min} = 0,064$ m bulunur.

Kanal su derinliği $h_{\max} = 0,71$ m

$h_{\min} = 0,61$ m

Savaktaki su yüksekliği $h_{s\max} = 0,16$ m

$h_{s\min} = 0,06$ m olarak bulunur.

Kanaldaki su seviyesinin kanal boyunca değişmeyeceği kabul edilmiştir. Fakat yük kayıpları nedeniyle su seviyesinde azalma söz konusudur. Yük kaybı debinin hiç dağıtılmadan iletilmesi halinde meydana gelen yük kaybının 1/3'üne eşittir.

Kanalda sürtünmeden meydana gelen kayıp,

Maksimum debi için;

$$Q = \frac{1}{n} * R^{2/3} * J^{1/2} * b * h \quad \text{formülü kullanılır.} \quad (4.30)$$

$n = 0,013$ (beton kanallar için)

$$Q= 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b= 2 \text{ m}$$

$$h=0,71 \text{ m}$$

$$2,123 = \frac{1}{0,013} * \frac{(2*0,71)^{2/3}}{(2+2*0,71)^{2/3}} * J^{1/2} * 2*0,71 \quad (4.31)$$

$$J=0,0012$$

$$L=83 \text{ m (8 havuz*10,00m +ara perdeler 7*40 cm+ yan perde)}$$

Sürtünmeden gelen kayıp

$$h_k = J*L = 0,0012*83 = 0,1 \text{ m} \quad (4.32)$$

$$h_L = \frac{0,1}{3} = 0,033 \text{ m} \quad \text{olarak bulunur.} \quad (4.33)$$

Su seviyesinin değişmesini engellemek için kanal genişliği daraltılacaktır. Dağıtım kanalı sonunda gerekli genişlik,

$$0,71*b=(0,71-0,033)*2 \quad (4.34)$$

$$b= 1,90 \text{ m bulunur.}$$

4.1.3 Ön Çökeltme Havuzu Giriş Yapısı Hidrolik Hesabı

Giriş kanalında savaklanan sular 18 adet 300 mm çaplı delikten geçerek havuza girmektedir.

2025 yılı

$$Q_{\max} = 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = 18 * \frac{0,30^2 * \pi}{4} = 1,27 \text{ m}^2 \quad (4.35)$$

$$1 \text{ havuza gelen debi } Q = \frac{2,123}{8} = 0,265 \text{ m}^3 / \text{s} \quad (4.36)$$

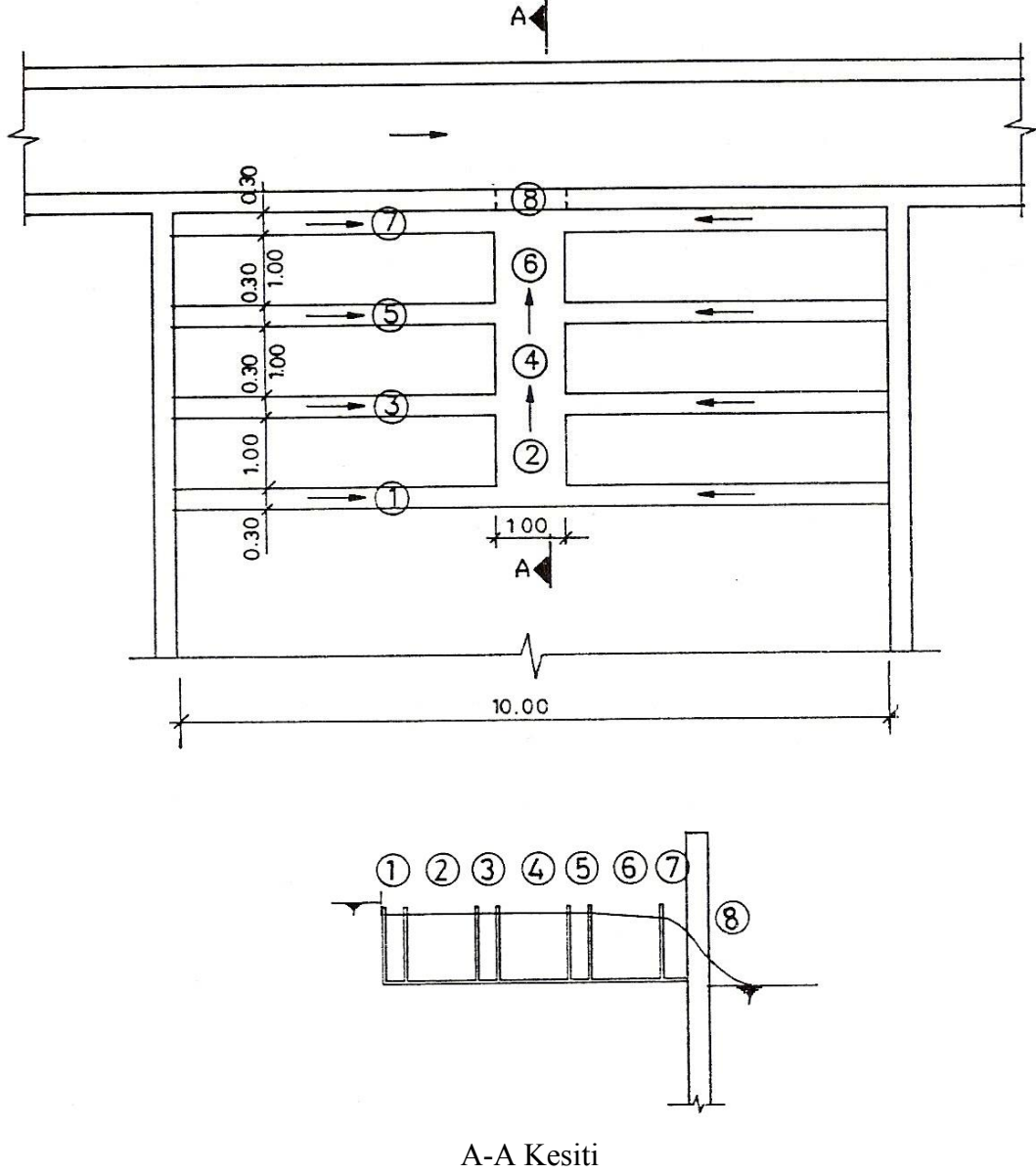
$$V = \frac{0,265}{1,27} = 0,21 \text{ m} / \text{s} \quad (4.37)$$

Geçiş sırasında oluşacak yük kaybı;

$$h_k = 1,50 * \frac{0,21^2}{2 * 9,81} = 0,003 \text{ m olarak bulunur (ihmal edilmiştir).} \quad (4.38)$$

4.1.4 Ön Çökeltme Havuzu Çıkış Savakları

Çökeltme havuzlarının savak yerleşimi aşağıdaki gibidir (Şekil 4.1).



Şekil: 4.1 Ön çökeltme havuzu çıkış savakları

8 numaralı noktada su kritik derinlik [13],

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 * g}} \text{ olarak bulunur.} \quad (4.39)$$

2025 yılı

$$Q_{\max} = 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ havuza gelen debi } Q_1 = \frac{2,123}{8} = 0,265 \text{ m}^3 / \text{s} \text{ dir.} \quad (4.40)$$

Savak genişliği 1 m alınarak

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{(0,265)^2}{1^2 * 9,81}} = 0,19 \text{ m} \text{ bulunur.} \quad (4.41)$$

Dökülme noktasından oluşacak su derinliği;

$$h_0 = \sqrt{3} * h_c = \sqrt{3} * 0,19 = 0,33 \text{ m} \text{ olarak hesaplanmıştır.} \quad (4.42)$$

Her bir savak kanalında toplanacak debi (14 adet 4,5 mlik savak kanalı)

$$q = \frac{0,265}{14} = 0,0189 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{adet} \text{ tir.} \quad (4.43)$$

6 numaralı kanaldan geçen debi;

$$Q_6 = 12 * 0,00189 = 0,227 \text{ m}^3/\text{s} \text{ dir.} \quad (4.44)$$

L=1 m

$$V = \frac{0,227}{1 * 0,33} = 0,69 \text{ m} / \text{s} \quad (4.45)$$

Sürtünmeden gelen kayıp

$$0,69 = 80 * \frac{(1 * 0,33)^{2/3}}{(1 + 2 * 0,33)^{2/3}} * J^{1/2} \quad J = 0,00064 \quad (4.46)$$

$$h_k = 0,00064 * 1 = 0,00064 \text{ m}$$

sürtünmeden gelen yük kayıpları düşük olduğu için ihmal edilmiştir.

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,69^2}{2*9,81} = 0,024 \text{ m olarak bulunur.} \quad (4.47)$$

6 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,33 + 0,024 = 0,354 \text{ m dir.}$$

4 numaralı kanalda su hızı

$$Q = 8 * 0,0189 = 0,151 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,151}{1 * 0,354} = 0,43 \text{ m/s} \quad (4.48)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,43^2}{2*9,81} = 0,0094 \text{ m olarak bulunur.} \quad (4.49)$$

4 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,354 + 0,0094 = 0,36 \text{ m}$$

2 numaralı kanalda su hızı

$$Q = 4 * 0,0189 = 0,076 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,076}{1 * 0,36} = 0,21 \text{ m/s} \quad (4.50)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,21^2}{2*9,81} = 0,0022 \text{ m olarak bulunur.} \quad (4.51)$$

2 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,36 + 0,0022 = 0,362 \text{ m olarak hesaplanmıştır.}$$

1 numaralı kanalda su hızı

Kanal genişliği $B = 0,30 \text{ m}$

$$Q = 2 * 0,0189 = 0,038 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,038}{0,362*0,3} = 0,35 \text{ m/s} \quad (4.52)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,35^2}{2*9,81} = 0,006 \text{ m} \quad \text{dir.} \quad (4.53)$$

$$\text{Dönüşten gelen kayıp} = 0,5 * \frac{0,35^2}{2*9,81} = 0,003 \text{ m} \quad \text{dir.} \quad (4.54)$$

Kanalın başındaki su yüksekliği = 0,362+0,006+0,003=0,37m olarak bulunur.

Savak kanalı derinliği 45 cm alınmıştır. Savak kanalı tabanı düzdür.

2025 yılı

$$Q_{\min} = 1,318 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ havuza gelen debi} = 1,318/16 = 0,082 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{0,082^2}{1^2 * 9,81}} = 0,09 \text{ m} \quad (4.55)$$

$$h_0 = \sqrt{3} * 0,09 = 0,16 \text{ m} \quad \text{olarak bulunur.} \quad (4.56)$$

Her bir savak kanalında toplanacak debi (14 adet 4,5 mlik savak kanalı)

$$q = \frac{0,082}{14} = 0,006 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{adet tir.} \quad (4.57)$$

6 numaralı kanaldan geçen debi;

$$Q_6 = 12 * 0,006 = 0,072 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$V = \frac{0,072}{1*0,16} = 0,45 \text{ m/s} \quad (4.58)$$

Sürtünmeden gelen kayıp

$$0,45 = 80 * \frac{(1 * 0,16)^{2/3}}{(1 + 2 * 0,16)^{2/3}} * J^{1/2} \quad J=0,0005 \quad (4.59)$$

$$h_k = 0,0005 * 1 = 0,0005 \text{ m}$$

sürtünmeden gelen yük kayıpları düşük olduğu için ihmal edilmiştir.

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,45^2}{2 * 9,81} = 0,01 \text{ m} \text{ olarak hesaplanmıştır.} \quad (4.60)$$

6 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,16 + 0,01 = 0,17 \text{ m} \text{ olarak bulunur.}$$

4 numaralı kanalda su hızı

$$Q = 8 * 0,006 = 0,048 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,048}{1 * 0,17} = 0,28 \text{ m/s} \quad (4.61)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,28^2}{2 * 9,81} = 0,004 \text{ m} \quad \text{dir.} \quad (4.62)$$

4 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,17 + 0,004 = 0,174 \text{ m} \text{ olarak bulunur.}$$

2 numaralı kanalda su hızı

$$Q = 4 * 0,006 = 0,024 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,024}{1 * 0,174} = 0,14 \text{ m/s} \quad (4.63)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,14^2}{2 * 9,81} = 0,001 \text{ m} \quad \text{dir.} \quad (4.64)$$

2 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,174 + 0,001 = 0,18 \text{ m} \text{ olarak bulunur.}$$

1 numaralı kanalda su yüksekliği

Kanal genişliği $B = 0,30 \text{ m}$

$$Q = 2 * 0,006 = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,012}{0,18 * 0,3} = 0,22 \text{ m/s} \quad (4.65)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,22^2}{2 * 9,81} = 0,003 \text{ m} \quad \text{dir.} \quad (4.66)$$

$$\text{Dönüşten gelen kayıp} = 0,5 * \frac{0,22^2}{2 * 9,81} = 0,002 \text{ m} \text{ olarak hesaplanmıştır.} \quad (4.67)$$

Kanalın başındaki su yüksekliği = 0,18+0,003+0,002=0,19m olarak bulunur.

4.1.5 Ön Çökeltme Havuzu Çıkış Kanalı

Ön çökeltme havuzu çıkış savaklarında toplanan sular çıkış kanalına dökülür. Ön çökeltme çıkış kanalı havalandırma havuzları giriş kanalına bağlanmaktadır. Kanal tabanına 1/3000 eğim verilmiştir.

Ön çökeltme havuzları çıkış kanalı genişliği = 2,0 m

2005 yılı için

$$Q=2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B= 2 \text{ m}$$

$$J=1/3000$$

$$n=0,013 \text{ (beton kanallar için)}$$

$$K = \frac{Q * n}{b^{8/3} * J^{1/2}} = \frac{2,123 * 0,013}{(2)^{8/3} * (1/3000)^{1/2}} = 0,238 [18] \quad X=0,575 \text{ (X-K tablolarından)} \quad (4.68)$$

$$h=0,575 * 2=1,15 \text{ m}$$

$$V = \frac{2,123}{2 * 1,15} = 0,92 \text{ m/s} \quad \text{olarak bulunur.} \quad (4.69)$$

2025 yılı için

$$Q_{\min}=1,138 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ tarafa gelen debi } q = \frac{1,318}{2} = 0,66 \text{ m}^3 / \text{s} \text{ dir.} \quad (4.70)$$

$$B = 2 \text{ m}$$

$$J = 1/3000$$

$$K = \frac{0,66 * 0,013}{(2)^{8/3} * (1/3000)^{1/2}} = 0,074 \quad X = 0,25 \text{ (X-K tablolarından)} \quad (4.71)$$

$h = 0,25 * 2 = 0,50 \text{ m}$ olarak bulunur.

Havalandırma havuzu giriş kanalında su yüksekliği 1,09 m olarak hesaplanmış olduğundan bu yüksekliğe göre akış hızı kontrol edilirse,

$$V = \frac{1,318/2}{2 * 1,09} = 0,3 \text{ m/s} \text{ bulunur.} \quad (4.72)$$

4.2 Yarım daire kesitli ön çökeltme havuzları için yapılan hidrolik hesaplar:

Hidrolik hesaplar yapılırken mevcut kesin proje raporu hesap adımları izlenmiştir.

4.2.1 Dağıtım Yapısı 1 - Ön Çökeltme Havuzları Giriş Kanalı Arası Yük Kayıpları:

Atıksu şekil 1.2 de tesis akım şemasında görüldüğü gibi dağıtım yapısından ön çökeltme havuzlarına geçmektedir. Dağıtım yapısında ikiye ayrılan atıksu 1400 mm çaplı çelik boru ile ön çökeltme havuzlarına iletilecektir.

2005 yılı

$$Q_{\max} = 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{2,123 * 4}{\pi * (1,4)^2} = 1,4 \text{ m/s} \quad (4.73)$$

Yersel kayıplar

2 adet 90° dirsek, $k = 0,29$

Hazneden boruya geçiş $k = 0,5$

Borudan hazneye geçiş $k = 1,0$

Toplam $k = 2,08$ olarak bulunur.

$$h_{kyersel} = k \frac{V^2}{2g} \quad (4.74)$$

$$h_{kyersel} = 2,08 \frac{1,4^2}{2*9,81} = 0,21 \text{ m dir.} \quad (4.75)$$

Sürekli kayıplar;

$$h_{ksürekli} = \frac{\lambda}{D} \frac{V^2}{2g} L \text{ formülü ile hesaplanır. } \lambda \text{ değeri ise} \quad (4.76)$$

$$\lambda * 0,0827 = \frac{10,7 * D^{0,13}}{C^{1,85} * D^{0,15}} \text{ formülü ile hesaplanır.} \quad (4.77)$$

Spiral kaynaklı çelik borular için C=118

$$\lambda * 0,0827 = \frac{10,7 * (1,4)^{0,13}}{118^{1,85} * (1,4)^{0,15}} \quad \lambda = 0,0189 \quad (4.78)$$

L= 16 m

$$h_{ksürekli} = \frac{\lambda}{D} \frac{V^2}{2g} L = \frac{0,0189}{1,4} * \frac{1,4^2}{2*9,81} * 16 \quad (4.79)$$

$h_{ksürekli} = 0,022 \text{ m dir.}$

Toplam yük kaybı;

$h_{kT} = h_{kyersel} + h_{ksürekli} = 0,21 + 0,022 = 0,23 \text{ m olarak bulunur.}$

2025 yılı

$Q_{min} = 1,318 \text{ m}^3/\text{sn}$

1 tarafa gelen debi = $1,318/2 = 0,66 \text{ m}^3/\text{s dir.}$

$$V = \frac{0,66 * 4}{\pi * (1,4)^2} = 0,43 \text{ m/s} \quad (4.80)$$

$$h_{kyersel} = 2,08 \frac{0,43^2}{2*9,81} = 0,02 \text{ m dir.} \quad (4.81)$$

$$h_{\text{ksüreklı}} = \frac{0,0189}{1,4} * \frac{0,43^2}{2 * 9,81} * 16 = 0,002 \text{ m dir.} \quad (4.82)$$

Toplam yük kaybı;

$$h_{\text{kT}} = h_{\text{kyersel}} + h_{\text{ksüreklı}} = 0,02 + 0,002 = 0,022 \text{ m olarak hesaplanmıştır.}$$

4.2.2 Ön Çökeltme Havuzu Giriş Kanalı Hidrolik Hesabı

Atıksu giriş kanalından savaklanarak çökeltme havuzu giriş bölmesine gelmektedir giriş bölmesinden perdede bırakılan deliklerden geçen su havuza girmektedir.

2005 yılı

$$Q_{\text{max}} = 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

İlk kademe için su 8 adet çökeltme havuzuna savaklanmaktadır. Atıksu her havuza 1 m genişliğindeki 3 adet savaktan geçerek girmektedir.

$$\text{Savak sayısı} = 8 * 3 = 24 \text{ adet}$$

Bir savaktan geçen su miktarı

$$q_w = \frac{Q}{n} = \frac{2,123}{24} = 0,088 \text{ m}^3 / \text{s dir.} \quad (4.83)$$

Yan savaklardan geçen debi miktarı;

$$q_w = \frac{2}{3} * L * C_w * \sqrt{2g} * h_s^{3/2} \text{ formülü ile hesaplanır.} \quad (4.84)$$

L= savak boyu (m)

C_w= savak katsayısı

h= savağın kanal tabanına olan derinliği

$$C_w = 0,611 * \sqrt{1 - \frac{3 * (F_r)^2}{(F_r)^2 + 2}} \quad (4.85)$$

F_r= Froude sayısı

Son savağın menbasındaki Froud sayısı;

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}} \text{ formülü ile hesaplanır.} \quad (4.86)$$

Dağıtım kanalında savak üzerindeki su yüklerinin ve kanal boyunca akım koşullarının değişmeyeceği kabul edilmiştir.

Maksimum debide dağıtım kanalındaki maksimum hız

$V_{max} = 1,50$ m/s seçilerek

$$A_{max} = \frac{2,123}{1,5} = 1,42 \text{ m}^2 \quad (4.87)$$

$b = 2$ m alınarak

$$h_{max} = \frac{1,42}{2} = 0,71 \text{ m} \text{ bulunur.} \quad (4.88)$$

$$F_r = \frac{1,5}{\sqrt{9,81 * 0,71}} = 0,568 \text{ olarak hesaplanmıştır.} \quad (4.89)$$

Keskin kenarlı ayarlanabilir çelik savak kullanılmıştır. Bu durumda savak katsayısı;

$$C_w = 0,611 * \sqrt{1 - \frac{3 * (0,568)^2}{(0,568)^2 + 2}} \quad (4.90)$$

$$C_w = 0,467$$

Savak üzerindeki su yükü

$$q_{max} = \frac{2}{3} * L * C_w * \sqrt{2g} * h_{s,max}^{3/2} \quad \text{formülünden} \quad (4.91)$$

$$0,088 = \frac{2}{3} * 1 * 0,467 * \sqrt{2 * 9,81} * h_{s,max}^{3/2} \quad (4.92)$$

$h_{s,max} = 0,16$ m olarak bulunur.

2025 yılı

$$Q_{min} = 1,318 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ tarafa gelen debi } Q_1 = \frac{1,318}{2} = 0,66 \text{ m}^3 / \text{s} \quad \text{dir.} \quad (4.93)$$

$$\text{Bir savağa gelen debi ise } q_{min} = \frac{Q}{n} = \frac{0,66}{24} = 0,028 \text{ m}^3 / \text{s} \quad \text{dir.} \quad (4.94)$$

$C_w = 0,467$ alınarak savak üzerindeki su yüksekliği

$$q_{\min} = \frac{2}{3} * L * C_w * \sqrt{2g} * h_{s\min}^{3/2} \quad (4.95)$$

$$0,028 = \frac{2}{3} * 1 * 0,467 * \sqrt{2 * 9,81} * h_{s\min}^{3/2} \quad (4.96)$$

$h_{s\min} = 0,07$ m bulunur.

Kanaldaki su derinliği $h = 0,62$ m alınarak

$$V = \frac{0,66}{2 * 0,62} = 0,53 \text{ m/s} \quad (4.97)$$

$$F_r = \frac{0,53}{\sqrt{9,81 * 0,62}} = 0,215 \quad \text{olarak hesaplanmıştır.} \quad (4.98)$$

$$C_w = 0,611 * \sqrt{1 - \frac{3 * (0,214)^2}{(0,214)^2 + 2}} \quad (4.99)$$

$C_w = 0,59$

$$q_{w\min} = 0,028 = \frac{2}{3} * 1 * 0,59 * \sqrt{2 * 9,81} * h_{s\min}^{3/2} \quad (4.100)$$

$h_{s\min} = 0,064$ m bulunur.

Kanal su derinliği $h_{\max} = 0,71$ m

$h_{\min} = 0,61$ m

Savaktaki su yüksekliği $h_{s\max} = 0,16$ m

$h_{s\min} = 0,06$ m dir.

Kanaldaki su seviyesinin kanal boyunca değişmeyeceği kabul edilmiştir. Fakat yük kayıpları nedeniyle su seviyesinde azalma söz konusudur. Yük kaybı debinin hiç dağıtılmadan iletilmesi halinde meydana gelen yük kaybının 1/3'üne eşittir.

Kanalda sürtünmeden meydana gelen kayıp,

Maksimum debi için;

$$Q = \frac{1}{n} * R^{2/3} * J^{1/2} * b * h \quad (4.101)$$

$n=0,013$ (beton kanallar için)

$Q= 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$

$b= 2 \text{ m}$

$h=0,71\text{m}$

$$2,123 = \frac{1}{0,013} * \frac{(2*0,71)^{2/3}}{(2+2*0,71)^{2/3}} * J^{1/2} * 2*0,71 \quad (4.102)$$

$J=0,0012$

$L=67 \text{ m}$ (8 havuz*8,00m +ara perdeler 7*40 cm+ yan perde)

Sürtünmeden gelen kayıp $h_k= J*L = 0,0012*67 = 0,08 \text{ m}$

$$h_L = \frac{0,08}{3} = 0,026 \text{ m} \text{ olarak bulunur.} \quad (4.103)$$

Su seviyesinin değişmesini engellemek için kanal genişliği daraltılacaktır. Dağıtım kanalı sonunda gerekli genişlik,

$$0,71*b=(0,71-0,026)*2$$

$b= 1,93 \text{ m}$ bulunur.

4.2.3 Ön Çökeltme Havuzu Giriş Yapısı Hidrolik Hesabı

Giriş kanalında savaklanan sular 18 adet 300 mm çaplı delikten geçerek havuza girmektedir.

2025 yılı

$Q_{\max}= 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$

$$A = 18 * \frac{0,30^2 * \pi}{4} = 1,27 \text{ m}^2 \text{ dir.} \quad (4.104)$$

$$1 \text{ havuza gelen debi } Q = \frac{2,123}{8} = 0,265 \text{ m}^3 / \text{s} \text{ dir.} \quad (4.105)$$

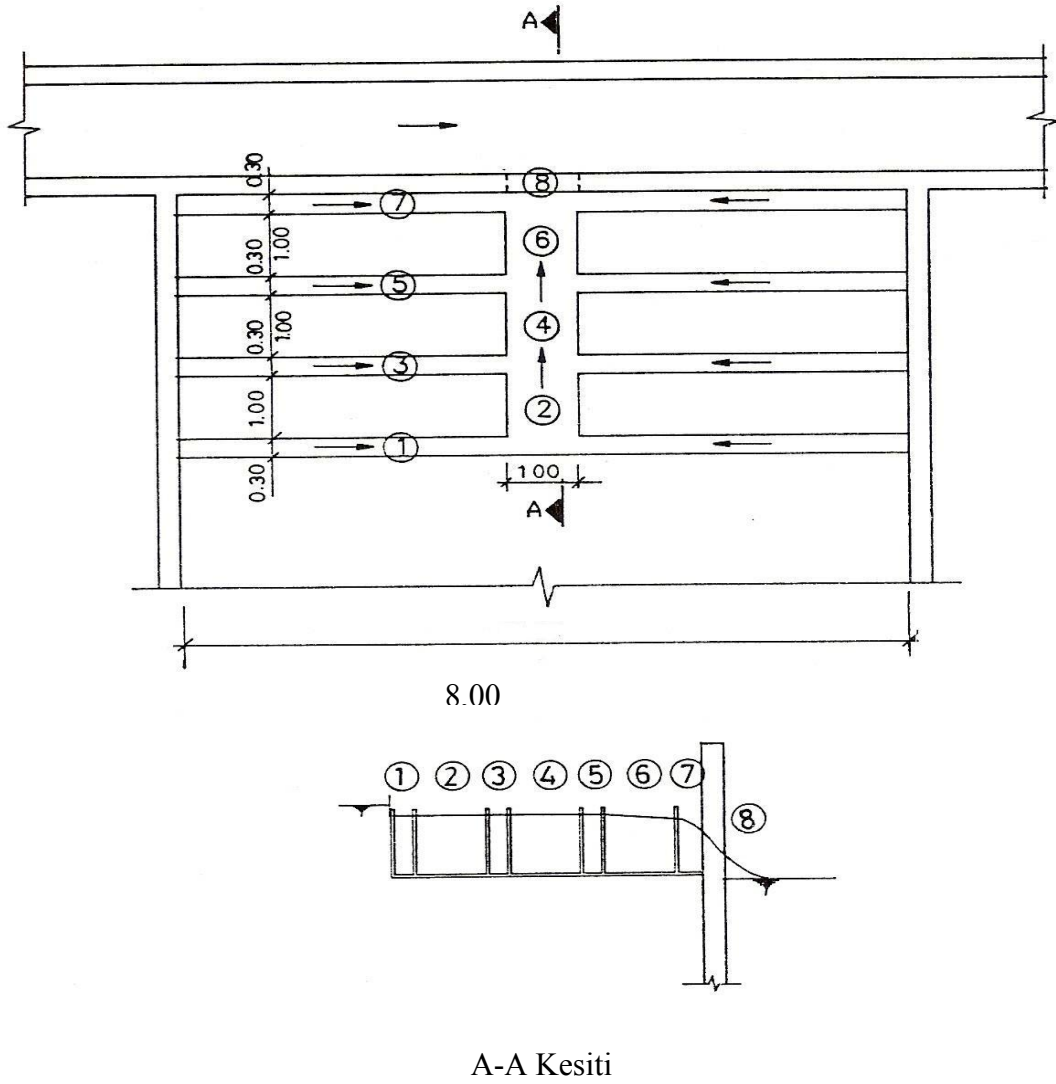
$$V = \frac{0,265}{1,27} = 0,21 \text{ m} / \text{s} \text{ dir.} \quad (4.106)$$

Geçiş sırasında oluşacak yük kaybı;

$$h_k = 1,50 * \frac{0,21^2}{2 * 9,81} = 0,003 \text{ m dir (ihmal edilmiştir).} \quad (4.107)$$

4.2.4 Ön Çökeltme Havuzu Çıkış Savakları

Çökeltme havuzlarının savak yerleşimi aşağıdaki gibidir (Şekil 4.2).



Şekil: 4.2 Ön çökeltme havuzu çıkış savakları

8 numaralı noktada su kritik derinlik,

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 * g}} \text{ formülü ile hesaplanır.} \quad (4.108)$$

2025 yılı

$$Q_{\max} = 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ havuza gelen debi } Q_1 = \frac{2,123}{8} = 0,265 \text{ m}^3 / \text{s} \text{ dir.} \quad (4.109)$$

Savak genişliği 1 m alınarak

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{(0,265)^2}{1^2 * 9,81}} = 0,19 \text{ m} \quad \text{bulunur.} \quad (4.110)$$

Dökülme noktasından oluşacak su derinliği;

$$h_0 = \sqrt{3} * h_c = \sqrt{3} * 0,19 = 0,33 \text{ m} \text{ dir.} \quad (4.111)$$

Her bir savak kanalında toplanacak debi (14 adet 3,5 mlik savak kanalı)

$$q = \frac{0,265}{14} = 0,0189 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{adet tir.} \quad (4.112)$$

6 numaralı kanaldan geçen debi;

$$Q_6 = 12 * 0,0189 = 0,227 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$V = \frac{0,227}{1 * 0,33} = 0,69 \text{ m} / \text{s} \quad (4.113)$$

Sürtünmeden gelen kayıp

$$0,69 = 80 * \frac{(1 * 0,33)^{2/3}}{(1 + 2 * 0,33)^{2/3}} * J^{1/2} \quad J=0,00064 \quad (4.114)$$

$$h_k = 0,00064 * 1 = 0,00064 \text{ m}$$

sürtünmeden gelen yük kayıpları düşük olduğu için ihmal edilmiştir.

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,69^2}{2 * 9,81} = 0,024 \text{ m} \text{ olarak bulunur.} \quad (4.115)$$

6 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,33 + 0,024 = 0,354 \text{ m dir.}$$

4 numaralı kanalda su hızı

$$Q = 8 * 0,0189 = 0,151 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,151}{1 * 0,354} = 0,43 \text{ m/s} \quad (4.116)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,43^2}{2 * 9,81} = 0,0094 \text{ m dir.} \quad (4.117)$$

4 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,354 + 0,0094 = 0,36 \text{ m olarak bulunur.}$$

2 numaralı kanalda su hızı

$$Q = 4 * 0,0189 = 0,076 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,076}{1 * 0,36} = 0,21 \text{ m/s} \quad (4.118)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,21^2}{2 * 9,81} = 0,0022 \text{ m dir.} \quad (4.119)$$

2 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,36 + 0,0022 = 0,362 \text{ m olarak bulunur.}$$

1 numaralı kanalda su hızı

Kanal genişliği B=0,30 m

$$Q = 2 * 0,0189 = 0,038 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,038}{0,362*0,3} = 0,35 \text{ m/s} \quad (4.120)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,35^2}{2*9,81} = 0,006 \text{ m} \quad \text{dir.} \quad (4.121)$$

$$\text{Dönüşten gelen kayıp} = 0,5 * \frac{0,35^2}{2*9,81} = 0,003 \text{ m} \text{ olarak hesaplanmıştır.} \quad (4.122)$$

Kanalın başındaki su yüksekliği = 0,362+0,006+0,003=0,37m olarak bulunur.

Savak kanalı derinliği 45 cm alınmıştır. Savak kanalı tabanı düzdür.

2025 yılı

$$Q_{\min} = 1,318 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ havuza gelen debi} = 1,318/16 = 0,082 \text{ m}^3/\text{s} \text{ dir.}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{0,082^2}{1^2 * 9,81}} = 0,09 \text{ m} \quad (4.123)$$

$$h_0 = \sqrt{3} * 0,09 = 0,16 \text{ m} \text{ olarak hesaplanmıştır.} \quad (4.124)$$

Her bir savak kanalında toplanacak debi (14 adet 3,5 mlik savak kanalı)

$$q = \frac{0,082}{14} = 0,006 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{adet tir.} \quad (4.125)$$

6 numaralı kanaldan geçen debi;

$$Q_6 = 12 * 0,006 = 0,072 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$V = \frac{0,072}{1*0,16} = 0,45 \text{ m/s} \quad (4.126)$$

Sürtünmeden gelen kayıp

$$0,45 = 80 * \frac{(1 * 0,16)^{2/3}}{(1 + 2 * 0,16)^{2/3}} * J^{1/2} \quad J=0,0005 \quad (4.127)$$

$$h_k = 0,0005 * 1 = 0,0005 \text{ m}$$

sürtünmeden gelen yük kayıpları düşük olduğu için ihmal edilmiştir.

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,45^2}{2 * 9,81} = 0,01 \text{ m dir.} \quad (4.128)$$

6 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,16 + 0,01 = 0,17 \text{ m olarak bulunur.}$$

4 numaralı kanalda su hızı

$$Q = 8 * 0,006 = 0,048 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,048}{1 * 0,17} = 0,28 \text{ m/s} \quad (4.129)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,28^2}{2 * 9,81} = 0,004 \text{ m dir.} \quad (4.130)$$

4 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,17 + 0,004 = 0,174 \text{ m olarak bulunur.}$$

2 numaralı kanalda su hızı

$$Q = 4 * 0,006 = 0,024 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,024}{1 * 0,174} = 0,14 \text{ m/s} \quad (4.131)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,14^2}{2 * 9,81} = 0,001 \text{ m dir.} \quad (4.132)$$

2 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,174 + 0,001 = 0,18 \text{ m olarak bulunur.}$$

1 numaralı kanalda su yüksekliği

Kanal genişliği B=0,30 m

$$Q = 2 * 0,006 = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,012}{0,18 * 0,3} = 0,22 \text{ m/s} \quad (4.133)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,22^2}{2 * 9,81} = 0,003 \text{ m} \quad \text{dir.} \quad (4.134)$$

$$\text{Dönüşten gelen kayıp} = 0,5 * \frac{0,22^2}{2 * 9,81} = 0,002 \text{ m} \quad \text{dir.} \quad (4.135)$$

Kanalın başındaki su yüksekliği = 0,18+0,003+0,002=0,19 m olarak hesaplanmıştır.

4.2.5 Ön Çökeltme Havuzu Çıkış Kanalı

Ön çökeltme havuzu çıkış savaklarında toplanan sular çıkış kanalına dökülür. Ön çökeltme çıkış kanalı havalandırma havuzları giriş kanalına bağlanmaktadır. Kanal tabanına 1/3000 eğim verilmiştir.

Ön çökeltme havuzları çıkış kanalı genişliği = 2,0 m

2005 yılı için

$$Q=2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B= 2 \text{ m}$$

$$J=1/3000$$

$$n=0,013 \text{ (beton kanallar için)}$$

$$K = \frac{Q * n}{b^{8/3} * J^{1/2}} = \frac{2,123 * 0,013}{(2)^{8/3} * (1/3000)^{1/2}} = 0,238 \quad X=0,575 \text{ (X-K tablolarından)} \quad (4.136)$$

$$h=0,575 * 2=1,15 \text{ m dir.}$$

$$V = \frac{2,123}{2 * 1,15} = 0,92 \text{ m/s} \text{ olarak hesaplanmıştır.} \quad (4.137)$$

2025 yılı için

$$Q_{\min}=1,138 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ tarafa gelen debi } q = \frac{1,318}{2} = 0,66 \text{ m}^3 / \text{s} \text{ dir.} \quad (4.138)$$

$$B = 2 \text{ m}$$

$$J = 1/3000$$

$$K = \frac{0,66 * 0,013}{(2)^{8/3} * (1/3000)^{1/2}} = 0,074 \quad X = 0,25 \text{ (X-K tablolarından)} \quad (4.139)$$

$h = 0,25 * 2 = 0,50 \text{ m}$ olarak hesaplanmıştır.

Havalandırma havuzu giriş kanalında su yüksekliği 1,09m olarak hesaplanmış olduğundan bu yüksekliğe göre akış hızı kontrol edilirse,

$$V = \frac{1,318/2}{2 * 1,09} = 0,3 \text{ m/s} \text{ bulunur.} \quad (4.140)$$

4.3 Trapez kesitli ön çökeltme havuzları için yapılan hidrolik hesaplar:

Hidrolik hesaplar yapılırken mevcut kesin proje raporu hesap adımları izlenmiştir.

4.3.1 Dağıtım Yapısı 1 - Ön Çökeltme Havuzları Giriş Kanalı Arası Yük Kayıpları:

Atıksu şekil 1.2 de tesis akım şemasında görüldüğü gibi dağıtım yapısından ön çökeltme havuzlarına geçmektedir. Dağıtım yapısında ikiye ayrılan atıksu 1400 mm çaplı çelik boru ile ön çökeltme havuzlarına iletilecektir.

2005 yılı

$$Q_{\max} = 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{2,123 * 4}{\pi * (1,4)^2} = 1,4 \text{ m/s} \text{ dir.} \quad (4.141)$$

Yersel kayıplar

2 adet 90° dirsek, $k = 0,29$

Hazneden boruya geçiş $k = 0,5$

Borudan hazneye geçiş $k = 1,0$

Toplam $k = 2,08$ dir.

$$h_{kyersel} = k \frac{V^2}{2g} \text{ formülü ile hesaplanır.} \quad (4.142)$$

$$h_{kyersel} = 2,08 \frac{1,4^2}{2*9,81} = 0,21 \text{ m dir.} \quad (4.143)$$

Sürekli kayıplar;

$$h_{ksürekli} = \frac{\lambda}{D} \frac{V^2}{2g} L \text{ formülü ile hesaplanır. } \lambda \text{ değeri ise} \quad (4.144)$$

$$\lambda * 0,0827 = \frac{10,7 * D^{0,13}}{C^{1,85} * D^{0,15}} \text{ formülü ile hesaplanır.} \quad (4.145)$$

Spiral kaynaklı çelik borular için C=118

$$\lambda * 0,0827 = \frac{10,7 * (1,4)^{0,13}}{118^{1,85} * (1,4)^{0,15}} \quad \lambda = 0,0189 \quad (4.146)$$

L= 16 m

$$h_{ksürekli} = \frac{\lambda}{D} \frac{V^2}{2g} L = \frac{0,0189}{1,4} * \frac{1,4^2}{2*9,81} * 16 \quad (4.147)$$

$h_{ksürekli} = 0,022 \text{ m dir.}$

Toplam yük kaybı;

$h_{kT} = h_{kyersel} + h_{ksürekli} = 0,21 + 0,022 = 0,23 \text{ m olarak hesaplanır.}$

2025 yılı

$Q_{min} = 1,318 \text{ m}^3/\text{s}$

1 tarafa gelen debi = $1,318/2 = 0,66 \text{ m}^3/\text{s}$ dir.

$$V = \frac{0,66 * 4}{\pi * (1,4)^2} = 0,43 \text{ m/s} \quad (4.148)$$

$$h_{kyersel} = 2,08 \frac{0,43^2}{2*9,81} = 0,02 \text{ m dir.} \quad (4.149)$$

$$h_{ksürekli} = \frac{0,0189}{1,4} * \frac{0,43^2}{2*9,81} * 16 = 0,002 \text{ m dir.} \quad (4.150)$$

Toplam yük kaybı;

$$h_{kT} = h_{kyersel} + h_{ksürekl} = 0,02 + 0,002 = 0,022 \text{ m olarak hesaplanır.}$$

4.3.2 Ön Çökeltme Havuzu Giriş Kanalı Hidrolik Hesabı

Atıksu giriş kanalından savaklanarak çökeltme havuzu giriş bölmesine gelmektedir giriş bölmesinden perdede bırakılan deliklerden geçen su havuza girmektedir.

2005 yılı

$$Q_{\max} = 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

İlk kademe için su 8 adet çökeltme havuzuna savaklanmaktadır. Atıksu her havuza 1 m genişliğindeki 3 adet savaktan geçerek girmektedir.

$$\text{Savak sayısı} = 8 * 3 = 24 \text{ adet}$$

Bir savaktan geçen su miktarı

$$q_w = \frac{Q}{n} = \frac{2,123}{24} = 0,088 \text{ m}^3 / \text{s dir.} \quad (4.151)$$

Yan savaklardan geçen debi miktarı;

$$q_w = \frac{2}{3} * L * C_w * \sqrt{2g} * h_s^{3/2} \text{ formülü ile hesaplanır.} \quad (4.152)$$

L= savak boyu (m)

C_w= savak katsayısı

h= savağın kanal tabanına olan derinliği

$$C_w = 0,611 * \sqrt{1 - \frac{3 * (F_r)^2}{(F_r)^2 + 2}} \text{ formülü ile hesaplanır.} \quad (4.153)$$

F_r= Froude sayısı

Son savağın menbasındaki Froud sayısı;

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad (4.154)$$

Dağıtım kanalında savak üzerindeki su yüklerinin ve kanal boyunca akım koşullarının değişmeyeceği kabul edilmiştir.

Maksimum debide dağıtım kanalındaki maksimum hız

$V_{\max} = 1,50$ m/s seçilerek

$$A_{\max} = \frac{2,123}{1,5} = 1,42 \text{ m}^2 \quad (4.155)$$

$b = 2$ m alınarak

$$h_{\max} = \frac{1,42}{2} = 0,71 \text{ m} \text{ bulunur.} \quad (4.156)$$

$$F_r = \frac{1,5}{\sqrt{9,81 * 0,71}} = 0,568 \quad (4.157)$$

Keskin kenarlı ayarlanabilir çelik savak kullanılmıştır. Bu durumda savak katsayısı;

$$C_w = 0,611 * \sqrt{1 - \frac{3 * (0,568)^2}{(0,568)^2 + 2}} \quad (4.158)$$

$C_w = 0,467$ olarak bulunur.

Savak üzerindeki su yükü

$$q_{\max} = \frac{2}{3} * L * C_w * \sqrt{2g} * h_{s\max}^{3/2} \quad \text{formülü ile hesaplanır.} \quad (4.159)$$

$$0,088 = \frac{2}{3} * 1 * 0,467 * \sqrt{2 * 9,81} * h_{s\max}^{3/2} \quad (4.160)$$

$h_{s\max} = 0,16$ m olarak bulunur.

2025 yılı

$$Q_{\min} = 1,318 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ tarafa gelen debi } Q_1 = \frac{1,318}{2} = 0,66 \text{ m}^3 / \text{s} \text{ dir.} \quad (4.161)$$

$$\text{Bir savağa gelen debi ise } q_{\min} = \frac{Q}{n} = \frac{0,66}{24} = 0,028 \text{ m}^3 / \text{s} \text{ dir.} \quad (4.162)$$

$C_w = 0,467$ alınarak savak üzerindeki su yüksekliği

$$q_{\min} = \frac{2}{3} * L * C_w * \sqrt{2g} * h_{s\min}^{3/2} \quad (4.163)$$

$$0,028 = \frac{2}{3} * 1 * 0,467 * \sqrt{2 * 9,81} * h_{s\min}^{3/2} \quad (4.164)$$

$h_{s\min} = 0,07$ m bulunur.

Kanaldaki su derinliği $h = 0,62$ m alınarak

$$V = \frac{0,66}{2 * 0,62} = 0,53 \text{ m/s} \quad (4.165)$$

$$F_r = \frac{0,53}{\sqrt{9,81 * 0,62}} = 0,215 \quad (4.166)$$

$$C_w = 0,611 * \sqrt{1 - \frac{3 * (0,214)^2}{(0,214)^2 + 2}} \quad (4.167)$$

$$C_w = 0,59$$

$$q_{w\min} = 0,028 = \frac{2}{3} * 1 * 0,59 * \sqrt{2 * 9,81} * h_{s\min}^{3/2} \quad (4.168)$$

$h_{s\min} = 0,064$ m bulunur.

Kanal su derinliği $h_{\max} = 0,71$ m

$$h_{\min} = 0,61 \text{ m}$$

Savaktaki su yüksekliği $h_{s\max} = 0,16$ m

$$h_{s\min} = 0,06 \text{ m dir.}$$

Kanaldaki su seviyesinin kanal boyunca değişmeyeceği kabul edilmiştir. Fakat yük kayıpları nedeniyle su seviyesinde azalma söz konusudur. Yük kaybı debinin hiç dağıtılmadan iletilmesi halinde meydana gelen yük kaybının 1/3'üne eşittir.

Kanalda sürtünmeden meydana gelen kayıp,

Maksimum debi için;

$$Q = \frac{1}{n} * R^{2/3} * J^{1/2} * b * h \text{ formülü kullanıldığında} \quad (4.169)$$

$n = 0,013$ (beton kanallar için)

$$Q= 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b= 2 \text{ m}$$

$$h=0,71\text{m}$$

$$2,123 = \frac{1}{0,013} * \frac{(2*0,71)^{2/3}}{(2+2*0,71)^{2/3}} * J^{1/2} * 2*0,71 \quad (4.170)$$

$$J=0,0012$$

$$L=79 \text{ m (8 havuz*9,50m +ara perdeler 7*40 cm+ yan perde)}$$

$$\text{Sürtünmeden gelen kayıp} \quad h_k = J*L = 0,0012*79 = 0,09 \text{ m}$$

$$h_L = \frac{0,09}{3} = 0,030 \text{ m} \text{ olarak bulunur.} \quad (4.171)$$

Su seviyesinin değişmesini engellemek için kanal genişliği daraltılacaktır. Dağıtım kanalı sonunda gerekli genişlik,

$$0,71*b=(0,71-0,030)*2$$

$$b= 1,92 \text{ m bulunur.}$$

4.3.3 Ön Çökeltme Havuzu Giriş Yapısı Hidrolik Hesabı

Giriş kanalında savaklanan sular 18 adet 300 mm çaplı delikten geçerek havuza girmektedir.

2025 yılı

$$Q_{\max} = 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = 18 * \frac{0,30^2 * \pi}{4} = 1,27 \text{ m}^2 \quad (4.172)$$

$$1 \text{ havuza gelen debi } Q = \frac{2,123}{8} = 0,265 \text{ m}^3 / \text{s} \text{ dir.} \quad (4.173)$$

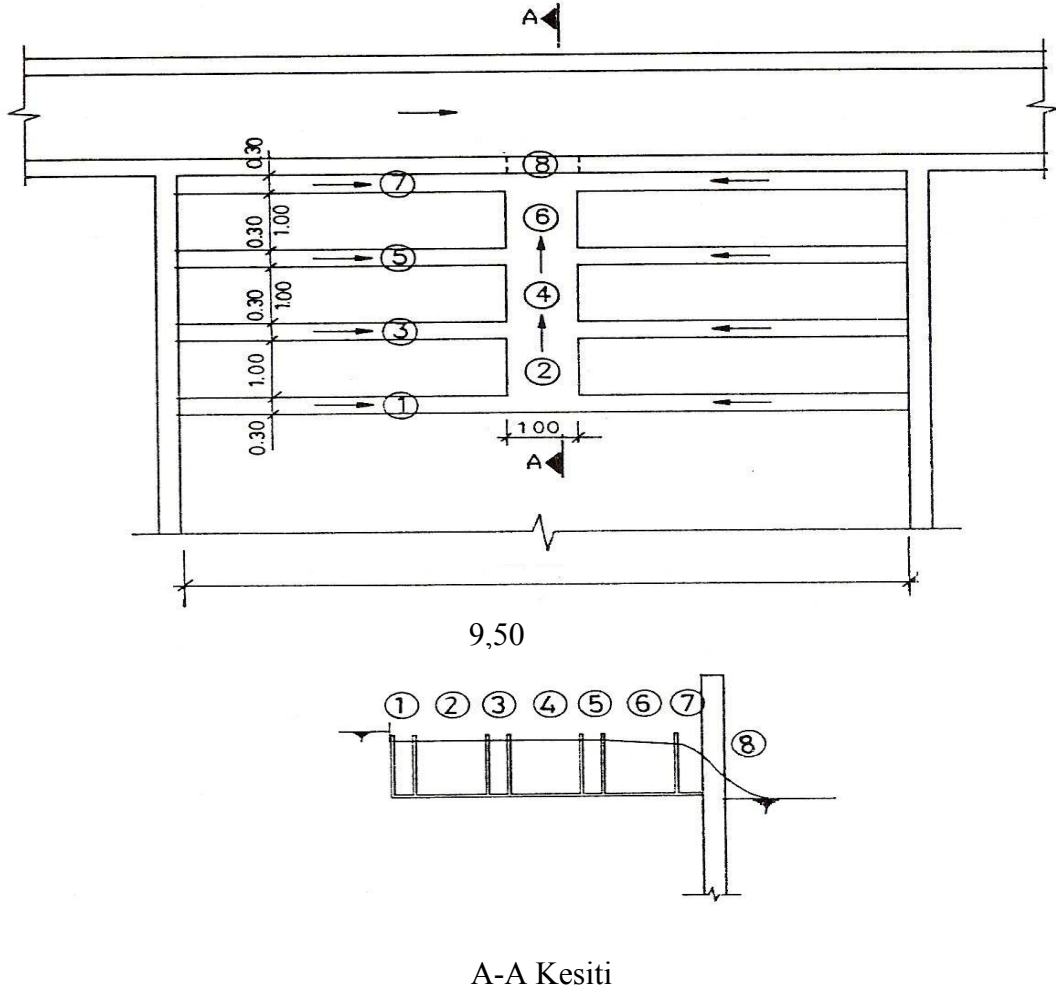
$$V = \frac{0,265}{1,27} = 0,21 \text{ m/s} \quad (4.174)$$

Geçiş sırasında oluşacak yük kaybı;

$$h_k = 1,50 * \frac{0,21^2}{2 * 9,81} = 0,003 \text{ m olarak bulunur (ihmal edilmiştir).} \quad (4.175)$$

4.3.4 Ön Çökeltme Havuzu Çıkış Savakları

Çökeltme havuzlarının savak yerleşimi aşağıdaki gibidir (Şekil 4.3).



Şekil: 4.3 Ön çökeltme havuzu çıkış savakları

8 numaralı noktada su kritik derinlik,

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 * g}} \text{ formülü ile hesaplanır.} \quad (4.176)$$

2025 yılı

$$Q_{\max} = 2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ havuza gelen debi } Q_1 = \frac{2,123}{8} = 0,265 \text{ m}^3 / \text{s} \text{ dir.} \quad (4.177)$$

Savak genişliği 1 m alınarak

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{(0,265)^2}{1^2 * 9,81}} = 0,19 \text{ m} \text{ olarak bulunur.} \quad (4.178)$$

Dökülme noktasından oluşacak su derinliği;

$$h_0 = \sqrt{3} * h_c = \sqrt{3} * 0,19 = 0,33 \text{ m} \text{ dir.} \quad (4.179)$$

Her bir savak kanalında toplanacak debi (14 adet 4,25 mlik savak kanalı)

$$q = \frac{0,265}{14} = 0,0189 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{adet tir.} \quad (4.180)$$

6 numaralı kanaldan geçen debi;

$$Q_6 = 12 * 0,00189 = 0,227 \text{ m}^3 / \text{s}$$

L=1 m

$$V = \frac{0,227}{1 * 0,33} = 0,69 \text{ m} / \text{s} \quad (4.181)$$

Sürtünmeden gelen kayıp

$$0,69 = 80 * \frac{(1 * 0,33)^{2/3}}{(1 + 2 * 0,33)^{2/3}} * J^{1/2} \quad J=0,00064 \quad (4.182)$$

$$h_k = 0,00064 * 1 = 0,00064 \text{ m}$$

sürtünmeden gelen yük kayıpları düşük olduğu için ihmal edilmiştir.

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,69^2}{2 * 9,81} = 0,024 \text{ m} \text{ olarak bulunur.} \quad (4.183)$$

6 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,33 + 0,024 = 0,354 \text{ m} \text{ dir.}$$

4 numaralı kanalda su hızı

$$Q = 8 * 0,0189 = 0,151 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,151}{1 * 0,354} = 0,43 \text{ m/s} \quad (4.184)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,43^2}{2 * 9,81} = 0,0094 \text{ m dir.} \quad (4.185)$$

4 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,354 + 0,0094 = 0,36 \text{ m olarak bulunur.}$$

2 numaralı kanalda su hızı

$$Q = 4 * 0,0189 = 0,076 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,076}{1 * 0,36} = 0,21 \text{ m/s} \quad (4.186)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,21^2}{2 * 9,81} = 0,0022 \text{ m dir.} \quad (4.187)$$

2 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,36 + 0,0022 = 0,362 \text{ m olarak bulunur.}$$

1 numaralı kanalda su hızı

Kanal genişliği $B = 0,30 \text{ m}$

$$Q = 2 * 0,0189 = 0,038 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,038}{0,362 * 0,3} = 0,35 \text{ m/s} \quad (4.188)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,35^2}{2 * 9,81} = 0,006 \text{ m dir.} \quad (4.189)$$

$$\text{Dönüşten gelen kayıp} = 0,5 * \frac{0,35^2}{2 * 9,81} = 0,003 \text{ m dir.} \quad (4.190)$$

Kanalın başındaki su yüksekliği = $0,362 + 0,006 + 0,003 = 0,37 \text{ m}$ olarak bulunur.

Savak kanalı derinliği 45 cm alınmıştır. Savak kanalı tabanı düzdür.

2025 yılı

$$Q_{\min} = 1,318 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ havuza gelen debi} = 1,318/16 = 0,082 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{0,082^2}{1^2 * 9,81}} = 0,09 \text{ m} \quad (4.191)$$

$$h_0 = \sqrt{3} * 0,09 = 0,16 \text{ m dir.} \quad (4.192)$$

Her bir savak kanalında toplanacak debi (14 adet 4,25 mlik savak kanalı)

$$q = \frac{0,082}{14} = 0,006 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{adet tir.} \quad (4.193)$$

6 numaralı kanaldan geçen debi;

$$Q_6 = 12 * 0,006 = 0,072 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$V = \frac{0,072}{1 * 0,16} = 0,45 \text{ m} / \text{s} \quad (4.194)$$

Sürtünmeden gelen kayıp

$$0,45 = 80 * \frac{(1 * 0,16)^{2/3}}{(1 + 2 * 0,16)^{2/3}} * J^{1/2} \quad J = 0,0005 \quad (4.195)$$

$$h_k = 0,0005 * 1 = 0,0005 \text{ m}$$

sürtünmeden gelen yük kayıpları düşük olduğu için ihmal edilmiştir.

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,45^2}{2 * 9,81} = 0,01 \text{ m dir.} \quad (4.196)$$

6 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$$h = 0,16 + 0,01 = 0,17 \text{ m olarak bulunur.}$$

4 numaralı kanalda su hızı

$$Q = 8 * 0,006 = 0,048 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,048}{1 * 0,17} = 0,28 \text{ m/s} \quad (4.197)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,28^2}{2 * 9,81} = 0,004 \text{ m dir.} \quad (4.198)$$

4 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$h = 0,17 + 0,004 = 0,174 \text{ m}$ olarak bulunur.

2 numaralı kanalda su hızı

$$Q = 4 * 0,006 = 0,024 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,024}{1 * 0,174} = 0,14 \text{ m/s} \quad (4.199)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,14^2}{2 * 9,81} = 0,001 \text{ m dir.} \quad (4.200)$$

2 numaralı kanalın başındaki su yüksekliği

$h = 0,174 + 0,001 = 0,18 \text{ m}$ olarak bulunur.

1 numaralı kanalda su yüksekliği

Kanal genişliği $B = 0,30 \text{ m}$

$$Q = 2 * 0,006 = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,012}{0,18 * 0,3} = 0,22 \text{ m/s} \quad (4.201)$$

$$\text{Kabarmadan gelen kayıp} = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,22^2}{2 * 9,81} = 0,003 \text{ m dir.} \quad (4.202)$$

$$\text{Dönüşten gelen kayıp} = 0,5 * \frac{0,22^2}{2 * 9,81} = 0,002 \text{ m dir.} \quad (4.203)$$

Kanalın başındaki su yüksekliği $= 0,18 + 0,003 + 0,002 = 0,19 \text{ m}$ olarak bulunur.

4.3.5 Ön Çökeltme Havuzu Çıkış Kanalı

Ön çökeltme havuzu çıkış savaklarında toplanan sular çıkış kanalına dökülür. Ön çökeltme çıkış kanalı havalandırma havuzları giriş kanalına bağlanmaktadır. Kanal tabanına 1/3000 eğim verilmiştir.

Ön çökeltme havuzları çıkış kanalı genişliği = 2,0 m

2005 yılı için

$$Q=2,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B= 2 \text{ m}$$

$$J=1/3000$$

$$n=0,013 \text{ (beton kanallar için)}$$

$$K = \frac{Q * n}{b^{8/3} * J^{1/2}} = \frac{2,123 * 0,013}{(2)^{8/3} * (1/3000)^{1/2}} = 0,238 \quad X=0,575 \text{ (X-K tablolarından)} \quad (4.204)$$

$$h=0,575*2=1,15 \text{ m dir.}$$

$$V = \frac{2,123}{2*1,15} = 0,92 \text{ m/s olarak bulunur.} \quad (4.205)$$

2025 yılı için

$$Q_{\min}=1,138 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ tarafa gelen debi } q = \frac{1,318}{2} = 0,66 \text{ m}^3 / \text{s dir.} \quad (4.206)$$

$$B= 2 \text{ m}$$

$$J=1/3000$$

$$K = \frac{0,66 * 0,013}{(2)^{8/3} * (1/3000)^{1/2}} = 0,074 \quad X=0,25 \text{ (X-K tablolarından)} \quad (4.207)$$

$$h=0,25*2=0,50 \text{ m olarak bulunur.}$$

Havalandırma havuzu giriş kanalında su yüksekliği 1,09m olarak hesaplanmış olduğundan bu yüksekliğe göre akış hızı kontrol edilirse,

$$V = \frac{1,318/2}{2*1,09} = 0,3 \text{ m/s bulunur.} \quad (4.208)$$

BÖLÜM 5 YAPILAN ÇALIŞMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ:

Bu çalışmada yarım daire kesitli ve trapez kesitli ön çökeltme havuzları hidrolik olarak boyutlandırılması incelenmiştir. Yapılan çalışmada Denizli (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi örnek alınmış, bu tesisin debi değerleri ve proses özel şartnamesindeki boyutlandırma kriterleri göz önünde tutulmuştur. Hesaplar yapılırken önce mevcut dikdörtgen kesitli havuz hesapları gösterilmiş daha sonra yarım daire ve trapez kesitli havuzların hesapları yapılmıştır.

Yarım daire kesitli ve trapez kesitleri havuzlar proje kriterleri içerisinde boyutlandırılmış ve havuz boyutları istenen boy, uzunluk, derinlik, bekletme süresi ve yatay hız değerlerini sağlamıştır.

Tasarlanan yarım daire ve trapez kesitli havuzlar ile mevcut dikdörtgen kesitli havuzlar aynı debi değerlerinde yüzey alanları bakımından karşılaştırıldığında yarım daire havuzların yüzey alanı en küçük, dikdörtgen havuzların yüzey alanı ise en büyük değer olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 3.3 ve 3.4). Bu durumda havuzların kapladığı yer daha da azalacağından yarım daire kesitli havuzlar daha avantajlı olacaktır. Tesiste alan olarak yarım daire kesitli havuzlar $8*400= 3200 \text{ m}^2$ 'lik bir alana, trapez kesitli havuzlar $8*418 = 3344 \text{ m}^2$ 'lik bir alana, dikdörtgen kesitli havuzlar ise $8*440= 3520 \text{ m}^2$ 'lik bir alana yerleştirilecektir. Tesiste 17 adet son çökeltme havuzu olduğu ve bu havuzların da aynı tip kesitte yapılacağı düşünülürse tesisin kapladığı alan yarım daire kesitli havuzların yapılmasıyla daha da azalacaktır.

Tasarlanan yarım daire ve trapez kesitli havuzlar ile mevcut dikdörtgen kesitli havuzlar aynı debi değerlerinde ortalama su derinliği açısından karşılaştırıldığında dikdörtgen havuzların ortalama su derinliği en küçük, yarım daire kesitli havuzların ortalama su derinliği ise en büyük değer olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada öngörülen bu derinliklerin boyutlandırma kriterleri içerisinde kalmasına özen gösterilmiştir. Derinliğin artması ile kazı miktarları artabilecek bu da tesisin maliyetini arttıracaktır. Ancak bu üç havuzun aynı debi değerlerindeki toplam havuz hacimleri karşılaştırıldığında trapez kesitli havuzların bu üç havuz tipi arasında en

küçük hacim değerinde, dikdörtgen kesitli havuzlar ise en büyük hacim değerinde olduğu görülmüştür. Bu durumda kazı maliyetlerini düşündüğümüzde trapez kesitli havuzların yapılması durumunda toplam kazı hacmi yaklaşık $8*1194= 9552 \text{ m}^3$, yarım daire kesitli havuzların yapılması durumunda toplam kazı hacmi $8*1256 = 10048 \text{ m}^3$, dikdörtgen kesitli havuzların yapılması durumunda ise $8*1320 = 10560 \text{ m}^3$ olacaktır. Kazı maliyetleri bakımından trapez kesitli havuzların en avantajlı, dikdörtgen kesitli havuzların ise en dezavantajlı olduğu görülmektedir.

Havuzlarda yapılan yatay hız tahkikleri bakımından ise 2005 yılı debileri düşünüldüğünde 3 havuz tipinde proje debisinde aynı yatay hız değerini göstermiş; ortalama debide dikdörtgen havuzların yatay hızı en küçük, yarım daire kesitli havuzlarda ise en büyük hız değeri görülmüştür (Şekil 3.5 ve 3.6). Bu üç havuzda da proje debisine göre aynı yatay hız değerlerinin çıkması havuzlarda çökeltme açısından aynı sonuçlar ortaya çıkacaktır. Bu durumda önerilen iki yeni kesitte gerekli yatay hız değerlerini karşılamaktadır.

Bekletme süresi olarak incelendiğinde bu üç havuz içerisinde atıksu en çok dikdörtgen havuzlarda, en az trapez kesitli havuzlarda beklemektedir (Şekil 3.7 ve 3.8). Üç havuzda da bekletme süreleri proje kriterlerinde belirtilen süre aralıklarının içinde kalmaktadır. Atıksuyun havuzlarda bekletme süresinin daha uzun olması daha çok taneciğin çökmesi anlamına gelmektedir. Bu durumda bekletme süresi açısından dikdörtgen kesitli havuzlar avantajlı olabilir. 2005 yılı için proje debisindeki bekletme süreleri ele alındığında atıksu dikdörtgen kesitli havuzlarda 1,73 saat (tablo 3.5), yarım daire kesitli havuzlarda 1,65 saat (tablo 3.7), trapez kesitli havuzlarda ise 1,57 saat (tablo 3.9) bekletilecektir. Yarım daire kesitli havuz ile dikdörtgen kesitli havuz arasındaki fark çok olmamasından dolayı yarım daire kesitli havuzda da dikdörtgen kesitli havuzdaki çökeltme verimine ulaşılabilir.

Hidrolik hesaplar yapılırken üç havuzda da aynı debi ve aynı giriş ve çıkış yapıları düşünüldüğünden hidrolik olarak iki yeni havuz kesiti de gerekli şartları sağlamış; iki havuzda da giriş kanalı boyutlarında ufak değişiklikler olmuştur. Önerilen iki yeni tip havuzda da aynı giriş ve çıkış yapılarının kullanılmasının sebebi bu giriş ve çıkış yapılarına göre suyun hareketinin diğer havuzları da etkilemesidir. Tesisteki diğer ünitelerde hidrolik olarak bütünlüğün bozulmaması için giriş çıkış tipleri aynı seçilmiş ve netice olarak bu durum hidrolik açıdan bir sorun teşkil etmemektedir.

Trapez ve yarım daire kesitli havuzların hidrolik olarak yapılmasında bir sakınca yoktur. İnşaat aşaması düşünöldüğünde daha az hacim değeriinde aynı değeriileri sağlayabilen trapez kesitli havuzların yapılması mantıklı olabilir. Trapez kesitli havuzların yapımında da dikdörtgen kesitli havuzlara göre işçiliğinin daha az olması için büyük sulama kanallarında kullanılan finischer makineleri kullanılabilir ve daha düzgün yüzeyler elde edilebilir. Bu makineler sayesinde işçilik hataları da minimum seviyeye indirilebilmekte ve dilatasyon derzleri daha düzgün bir şekilde oluşturulabilmektedir.

Havuzların esas işletme problemi olan sıyırma işleminde mekanik sıyırıcılar vasıtasıyla etkin bir temizleme sağlanacaktır. Havuzlar için uygun olacak sıyırıcı sistemleri de tasarlanmalıdır. Trapez kesitli ve yarım daire kesitli havuzlarda havuz geometrisine uygun bir biçimde sıyırıcılar tasarlanmalıdır. Bu iki havuzda dikdörtgen kesitli havuzlara göre tabana doğru daralma olduğundan sıyırma işi daha verimli olacaktır. Dikdörtgen kesitli havuzlarda tüm yüzey sıyırmaya maruz kalırken, yarım daire ve trapez kesitli havuzlarda taban yüzeye göre daha dar olduğundan daha az bir bölgede sıyırma işlemi olacaktır. Havuzların tabanı daha dar olması çökelen çamurların dikdörtgen havuzlara göre daha küçük bir alanda toplanmasını sağlayacak, böylece sıyırma işi daha verimli olabilecektir. Yarım daire ve trapez kesitli havuzlarda sıyırıcı boyutlarının küçölmesi de sıyırıcı maliyetleri açısından ekonomik avantaj sağlayabilecektir. Yapılan incelemelerde yarım daire kesitli havuzlarda sıyırıcı boyutlarının diğer tiplere göre en küçük olması ayrıca maliyet ve işletme açısından avantaj sağlayacaktır.

Bu iki yeni tip havuzda da (özellikle yarım daire kesitli havuzda) ölü hacim bölgeleri daha az olacaktır. Su yapılarında hidrolik açıdan keskin köşeler ölü hacim bölgelerini arttırdığından, yarım daire kesitli havuzlarda bu durum en aza indirgenecektir.

BÖLÜM 6 SONUÇLAR

Bu çalışmada yarım daire kesitli ve trapez kesitli havuzlar proje kriterleri içerisinde boyutlandırılmış ve havuz boyutları istenen boy, uzunluk, derinlik, bekletme süresi ve yatay hız değerlerini sağlamıştır. Tasarlanan iki havuz ve mevcut dikdörtgen çökeltme havuzları karşılaştırıldığında aynı debide;

- a) Yüzey alanları olarak bakıldığında yarım daire havuzların yüzey alanı en küçük, dikdörtgen havuzların yüzey alanı ise en büyük değer olarak ortaya çıkmıştır.
- b) Ortalama su derinliği açısından bakıldığında dikdörtgen havuzların ortalama su derinliğinin en küçük, yarım daire kesitli havuzların ortalama su derinliğinin ise en büyük değeri aldığı görülmüştür.
- c) Havuzların hacimleri karşılaştırıldığında trapez kesitli havuzların bu üç havuz tipi arasında en küçük hacim değerinde, dikdörtgen kesitli havuzlar ise en büyük hacim değerinde olduğu görülmüştür.
- d) Havuzlarda yapılan yatay hız tahkikleri bakımından 3 havuz tipinde proje debisinde aynı yatay hız değerini gösterdiği; ortalama debide dikdörtgen havuzların yatay hızı en küçük, yarım daire kesitli havuzlarda ise en büyük hız değerinde olduğu tespit edilmiştir.
- e) Bekletme süresi olarak incelendiğinde bu üç havuz içerisinde atıksu en çok dikdörtgen havuzlarda beklemekte, en az trapez kesitli havuzlarda beklemektedir.

Hidrolik hesaplar yapılırken üç havuzda da aynı debi ve aynı giriş ve çıkış yapıları düşünüldüğünden iki yeni havuz kesiti de hidrolik olarak gerekli şartları sağlamıştır.

Trapez ve yarım daire kesitli havuzların hidrolik olarak yapılmasında bir sakınca yoktur. İnşaat aşaması düşünüldüğünde daha az hacim değerlerinde aynı

değerleri sağlayabilen trapez kesitli havuzların yapılması mantıklı olabilir.

Sonuç olarak bu çalışmada havuzlar için hidrolik bir değerlendirme yapılmıştır. Uygulamada genel olarak dikdörtgen veya daire kesitli havuzlar yapıldığından daha değişik kesitlerde hidrolik olarak nasıl bir durum ortaya çıkacağı araştırılmış ve bunlarla ilgili hesap esasları üzerinde incelemeler yapılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **Muslu, Y.**, 1994. Atıksuların Arıtılması, Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul
- [2] **Sarıkaya H.Z.**, 1974. Türbülans ve Hız Dağılımının Çökeltme Verimi Üzerine Etkisi, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [3] **Aksoğan, S., Gölhan, M.**, 1970. Suların Arıtılması (Cilt I), Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul
- [4] **Çitil, E.**, 1995. Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinin Optimum Tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [5] **Akmandor, N.**, 1973. Tabanı Yatay Daire Biçimli Çökeltme Havuzunda Çökeltme Olayı, *Doktora Tezi*, Türkiye Bilimsel Araştırma Kurumu Matbaası, Ankara.
- [6] **Akça L.**, 1988. Aktif Çamur Sisteminin Optimum Tasarımı İçin Bir Model, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] **Horan, N.J.**, 1990. Biological Wastewater Treatment Systems, John Wiley & Sons Ltd., New York
- [8] **Water Treatment Third Edition**, 2003. *American Water Works Association*, Denver
- [9] **Forster, C. F.**, 2003. Wastewater Treatment and Technology, Thomas Telford, Londra
- [10] **Eroğlu, V.**, 1995. Su Tasfiyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul
- [11] **Bayazıt, M.**, 1971. Çökeltme Havuzlarındaki Akımın Türbülans Karakteristikleri, İstanbul
- [12] **Denizli (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi Kesin Proje Raporu**, 1992. *SİSTEM PLANLAMA MÜŞ. MÜH. Ve PROJE LTD.ŞTİ*, İstanbul
- [13] **Bayazıt, M., Sümer, M. B., Ünsal İ.**, 1983. Hidrolik, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [14] **Metcalf and Eddy**, 1991. Wastewater Engineering, McGraw Hill Book Company, New York
- [15] **Eroğlu, V.**, 2002. Atıksuların Tasfiyesi, Çizgi Ajans Matbacılık, İstanbul

- [16] **Denizli(Merkez) Atıksu Arıtma Proses Özel Şartnamesi**, 1992.
İLLER BANKASI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, Ankara
- [17] **Karahan,M.E.**, 1986.Boru ve Açık Kanal Hidroliği, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul
- [18] **King,H.V.**, 1954.Handbook of Hydraulics, McGraw Hill Book Company Inc, New York

EKLER

EK-1: X-K Tabloları

X-K TABLOLARI

<u>X</u>	<u>K</u>	<u>X</u>	<u>K</u>	<u>X</u>	<u>K</u>
0,005	0,000145	0,215	0,060791	0,425	0,159417
0,010	0,000458	0,220	0,062873	0,430	0,161972
0,015	0,000895	0,225	0,064972	0,435	0,164534
0,020	0,001436	0,230	0,067088	0,440	0,167102
0,025	0,002069	0,235	0,069221	0,445	0,169678
0,030	0,002786	0,240	0,071369	0,450	0,172260
0,035	0,003580	0,245	0,073534	0,455	0,174849
0,040	0,004444	0,250	0,075713	0,460	0,177444
0,045	0,005375	0,255	0,077908	0,465	0,180046
0,050	0,006368	0,260	0,080117	0,470	0,182654
0,055	0,007420	0,265	0,082341	0,475	0,185268
0,060	0,008527	0,270	0,084578	0,480	0,187888
0,065	0,009686	0,275	0,086829	0,485	0,190513
0,070	0,010895	0,280	0,089094	0,490	0,193145
0,075	0,012152	0,285	0,091371	0,495	0,195782
0,080	0,013454	0,290	0,093661	0,500	0,198425
0,085	0,014799	0,295	0,095963	0,505	0,201074
0,090	0,016186	0,300	0,098278	0,510	0,203727
0,095	0,017613	0,305	0,100604	0,515	0,206387
0,100	0,019079	0,310	0,102942	0,520	0,209051
0,105	0,020581	0,315	0,105291	0,525	0,211721
0,110	0,022118	0,320	0,107652	0,530	0,214395
0,115	0,023690	0,325	0,110023	0,535	0,217075
0,120	0,025294	0,330	0,112405	0,540	0,219759
0,125	0,026930	0,335	0,114797	0,545	0,222449
0,130	0,028597	0,340	0,117199	0,550	0,225143
0,135	0,030294	0,345	0,119612	0,555	0,227842
0,140	0,032019	0,350	0,122034	0,560	0,230545
0,145	0,033772	0,355	0,124466	0,565	0,233253
0,150	0,035551	0,360	0,126907	0,570	0,235966
0,155	0,037357	0,365	0,129357	0,575	0,238683
0,160	0,039188	0,370	0,131817	0,580	0,241404
0,165	0,041043	0,375	0,134285	0,585	0,244129
0,170	0,042922	0,380	0,136762	0,590	0,246859
0,175	0,044824	0,385	0,139247	0,595	0,249593
0,180	0,046748	0,390	0,141741	0,600	0,252331
0,185	0,048694	0,395	0,144242	0,610	0,257819
0,190	0,050661	0,400	0,146752	0,620	0,263322
0,195	0,052648	0,405	0,149270	0,630	0,268841
0,200	0,054655	0,410	0,151795	0,640	0,274374
0,205	0,056682	0,415	0,154328	0,650	0,279922
0,210	0,058727	0,420	0,156869	0,660	0,285484

X-K TABLOLARI

<u>X</u>	<u>K</u>	<u>X</u>	<u>K</u>	<u>X</u>	<u>K</u>
0,670	0,291059	1,180	0,587368	3,600	2,079513
0,680	0,296647	1,200	0,599307	3,700	2,141986
0,690	0,302248	1,220	0,611262	3,800	2,204484
0,700	0,307862	1,240	0,623232	3,900	2,267005
0,710	0,313488	1,260	0,635218	4,000	2,329548
0,720	0,319125	1,280	0,647217	4,100	2,392110
0,730	0,324774	1,300	0,659230	4,200	2,454691
0,740	0,330434	1,320	0,671257	4,300	2,517290
0,750	0,336105	1,340	0,683297	4,400	2,579905
0,760	0,341787	1,360	0,695349	4,500	2,642536
0,770	0,347479	1,380	0,707413	4,600	2,705181
0,780	0,353181	1,400	0,719489	4,700	2,767839
0,790	0,358893	1,420	0,731577	4,800	2,830511
0,800	0,364615	1,440	0,743675	4,900	2,893194
0,810	0,370346	1,460	0,755783	5,000	2,955890
0,820	0,376086	1,480	0,767902	5,100	3,018596
0,830	0,381835	1,500	0,780031	5,200	3,081312
0,840	0,387593	1,550	0,810395	5,300	3,144038
0,850	0,393359	1,600	0,840815	5,400	3,206773
0,860	0,399133	1,650	0,871286	5,500	3,269517
0,870	0,404916	1,700	0,901806	5,600	3,332270
0,880	0,410707	1,750	0,932370	5,700	3,395030
0,890	0,416505	1,800	0,962976	5,800	3,457798
0,900	0,422311	1,850	0,993621	5,900	3,520573
0,910	0,428124	1,900	1,024303	6,000	3,583355
0,920	0,433944	1,950	1,055019	6,100	3,646144
0,930	0,439772	2,000	1,085767	6,200	3,708938
0,940	0,445606	2,100	1,147352	6,300	3,771739
0,950	0,451448	2,200	1,209044	6,400	3,834546
0,960	0,457295	2,300	1,270831	6,500	3,897357
0,970	0,463150	2,400	1,332703	6,600	3,960175
0,980	0,469010	2,500	1,394652	6,700	4,022997
0,990	0,474877	2,600	1,456670	6,800	4,085824
1,000	0,480750	2,700	1,518750	6,900	4,148655
1,020	0,492513	2,800	1,580887	7,000	4,211491
1,040	0,504299	2,900	1,643075	7,100	4,274331
1,060	0,516107	3,000	1,705310	7,200	4,337176
1,080	0,527936	3,100	1,767588	7,300	4,400024
1,100	0,539785	3,200	1,829906	7,400	4,462876
1,120	0,551654	3,300	1,892260	7,500	4,525731
1,140	0,563541	3,400	1,954648	7,600	4,588591
1,160	0,575446	3,500	2,017066	7,700	4,651453

X-K TABLOLARI

<u>X</u>	<u>K</u>
7,800	4,714319
7,900	4,777188
8,000	4,840059
8,100	4,902934
8,200	4,965812
8,300	5,028692
8,400	5,091575
8,500	5,154460
8,600	5,217348
8,700	5,280238
8,800	5,343131
8,900	5,406026
9,000	5,468923
9,100	5,531822
9,200	5,594723
9,300	5,657626
9,400	5,720530
9,500	5,783437
9,600	5,846345
9,700	5,909256
9,800	5,972167
9,900	6,035081
10,000	6,097996

ÖZGEÇMİŞ

Özgür ÜNSAL 1980 yılında Isparta da doğdu. İlkokulu Ankara Hazar İlkokulunda, ortaokulu Ankara Halide Edip Lisesinde, liseyi ise Ankara Özel Yüce Fen Lisesinde tamamladı. 2003 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü bitirerek İnşaat Mühendisi unvanını aldı. 2003 yılında İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği programında yüksek lisans eğitimine başladı. Haziran 2003-Mayıs 2004 tarihleri arasında TİM İnşaat firmasında Kartal-Maltepe Kollektör hattı inşaatı işinde şantiye şefi olarak, Ağustos 2004-Mart 2006 tarihleri arasında Kaya İnşaat firmasında Denizli(Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı işinde şantiye şefi yardımcısı saha mühendisi olarak görev yaptı. Kendisi Mart 2006 tarihinden itibaren D.S.İ Genel Müdürlüğü Proje ve İnşaat Dairesi Başkanlığı GAP Şube Müdürlüğünde inşaat mühendisi olarak görev yapmaktadır.