

5741

T. C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BEYŞEHİR İÇMESUYU ARITMA  
TESİSİNDE VERİMLİLİK ANALİZLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan  
Mete BELLER  
İnşaat Mühendisi

Tez Danışmanı  
Yrd. Doç. Dr. Halil ÜRÜN

KONYA, 1987

T. C.  
Yükseköğretim Kurulu  
Dokümantasyon

Çalışmalarım süresince değerli fikir ve yardımlarını esirgemeyen sayın danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Halil ÜRÜN'e ve diğer hocalarıma içten teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca deneysel çalışmalarım sırasında yardımcı olan Beyşehir Belediyesi'nden, sayın Kimya Mühendisi Halim GÜMÜŞEL'e, DSİ IV. Bölge Müdürlüğü'nden Kimya Mühendisi Hale EROL hanımefendiye ve el yazmalarımın elektro-dizgisini yapan Edebiyat Öğretmeni sayın Saffet YURTSEVER'e de teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No:

SEMBOLLER . . . . .	iv
ÖZET . . . . .	v
SUMMARY . . . . .	vi
1. GİRİŞ . . . . .	1
1.1. İçmesuyu Tasfiyesinin Amacı . . . . .	3
1.2. İçmesularının Özellikleri . . . . .	3
1.3. İçmesuyu Arıtma Kademeleri . . . . .	4
1.4. İçmesuyu Karakteristikleri . . . . .	5
2. ÇALIŞMANIN TANITILMASI . . . . .	11
2.1. Arıtma Tesisi Hakkında Genel Bilgiler . . . . .	12
2.2. Beyşehir Gölünün Tanıtılması . . . . .	15
2.2.1. Gölün jeolojik yapısı . . . . .	16
2.2.2. Gölü kirleten kaynaklar . . . . .	17
2.2.2.1. Kanalizasyon sistemi . . . . .	17
2.2.2.2. Endüstriyel etkiler . . . . .	17
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR . . . . .	18
3.1. Su Numunelerinin Alınması . . . . .	18
3.2. Gölsuyu Kalitesi Üzerinde Yapılan Çalışmalar . . . . .	18
3.3. Arıtma Tesisinde Yapılan Deneysel Çalışmalar . . . . .	24

4. DEĞERLENDİRME VE MUKAYESELER . . . . .	34
4.1. Gölsuyu Kalitesinin Değerlendirilmesi . . .	34
4.2. Arıtma Tesisi Su Kalitesinin Değerlendirilmesi . . . . .	37
4.3. Mevcut Arıtma Tesisinin Teorik ve DeneySEL Bilgiler Yardımıyla Kritiği . . .	41
5. TEKLİFLER VE ÇÖZÜMLER	44
5.1. Tad ve Kokunun Giderilmesi . . . . .	44
5.1.1. Tad ve koku gidermenin önemi . . . . .	44
5.1.2. Tad ve koku tedbirleri . . . . .	44
5.1.3. Arıtma Tesisinde tad ve koku giderme yöntemleri . . . . .	45
5.2. Havalandırıcı Tipinin Seçimi . . . . .	49
5.2.1. Havalandırıcının boyutlandırılması . . .	54
5.3. Su Alma Yapısına İlişkin Hususlar . . . . .	57
5.4. Dezenfeksiyon İşleminin İncelenmesi . . . .	59
5.4.1. Dezenfeksiyon metodları . . . . .	59
5.4.2. Klorla dezenfeksiyon . . . . .	61
5.4.2.1. Klorun suya katılabileceği noktalar . .	63
5.4.2.2. Tesiste klorun dozlanması . . . . .	64
5.5. Hızlı Karıştırma ve Yumaklaştırma . . . . .	65
5.5.1. Bir koagülant olarak alüminyum sülfat . .	66
5.5.2. $Al_2(SO_4)_3$ 'le koagülasyon ve pH ayarlaması . . . . .	67
5.5.3. Kimyasal madde dozlaması . . . . .	69
5.5.4. Hızlı karıştırma ve yumaklaştırma havuzları . . . . .	70
5.6. Çökeltim Havuzları . . . . .	72
5.7. Hızlı Filtreler . . . . .	75
5.7.1. Filtre yatağında direnç . . . . .	77

Sayfa No:

5.7.2. Filtrenin kontrolu . . . . .	80
5.7.3. Filtrenin yıkanması . . . . .	80
6. SONUÇ . . . . .	85
YARARLANILAN KAYNAKLAR . . . . .	87
EKLER . . . . .	90



## SEMBOLLER

- A : Kesit alanı ( $m^2$ )
- $C_n$  : n kademedeki sonraki çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/lt)
- $C_o$  : Başlangıçtaki çözünmüş oksijen muhtevası (mg/lt)
- $C_s$  : Çözünmüş oksijenin doygunluk değeri (mg/lt)
- $d_o$  : Efektif kum çapı (mm)
- G : Hız gradyanı ( $sn^{-1}$ )
- g : Yerçekimi ivmesi ( $m/cm^2$ )
- $H_o$  : Temiz filtre yatağında yük kaybı (m)
- $H_{max}$  : Müsade edilebilir maksimum filtre direnci (m)
- h : Düşüm yüksekliği (m)
- $I_o$  : Pizometrik seviye eğimi
- K : Verim sabiti
- L : Filtrede kum yüksekliği (m)
- n : Basamak sayısı
- $P_o$  : Kumun porozitesi
- T : Sıcaklık ( $^{\circ}C$ )
- t : Zaman (sn)
- V : Hız (m/sn) (filtrasyon değeri)
- v : Kinematik vizkozite ( $m^2/sn$ )
- Q : Debi ( $m^3/sn$ )

## ÖZET

Beyşehir (Konya) ilçesinin içmesuyu ihtiyacının büyük çoğunluğu Beyşehir gölünden karşılanmaktadır. Gölde alınan su, içmesuyu arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra şebekeye verilmektedir.

Bu çalışmada, Beyşehir içmesuyu arıtma tesisinin, gölsuyunu ne derecede arıtılabildiği tespit edilmeye çalışılmış; ayrıca, su kalitesinde görülen bozuklukların sebepleri araştırılarak, işletmecilikten ileri gelenlerin düzeltilmesi, tesisten ileri gelenlerin ise, tesise yapılacak basit, ekonomik ve uygulanabilir ilavelerle düzeltilmesi amaçlanmıştır.

Birinci bölümde; içmesuyu tasfiye tesisi üzerinde durulmuş, ayrıca tasfiye üniteleri ve içmesuyu karakteristikleri hakkında özet bilgi sunulmuştur.

İkinci bölümde; çalışma tanıtılmış, arıtma tesisi ve Beyşehir gölü hakkında, tanıtıcı bilgiler sunulmuştur.

Üçüncü bölümde; gölsuyu ve arıtma tesisi su kalitesini belirleyen deneysel çalışmalar verilmiştir.

Dördüncü bölümde; gölsuyu ve arıtma tesisine ilgili fiziksel ve kimyasal analizlerin neticeleri değerlendirilmiştir.

Beşinci bölümde; tespit edilen aksaklıklara çözümler aranmıştır.

Altıncı bölümde ise, bu çalışmada elde edilen sonuçlar özet halinde verilmiştir.

## SUMMARY

Beyşehir (Konya) gets most of its drinking-water from the lake of Beyşehir. First the water is taken to the foundation of purifying, then it is sent to the city for using.

In this study, it is wanted to learn, how much purifying can the foundation do and also the reason for decreasing the quality of water is wanted to know. If the reason is in the running of the business it will be alright, or if something is wrong in the foundation, it can be corrected by doing simple and economic additions.

At the first part, knowledge about the purifying units of the foundation and the characteristics of the drinking - water is given.

At the second part, working is introduced and knowledge about Beyşehir lake is given.

At the third part, experiments about the quality of water in the lake and foundation is showed.

At the fourth part, the result of physical and chemical analysis are found.

At the fifth part, it is looked for the solving of the problems.

At the sixth part, the result of the study is given as a summary.



## 1. GİRİŞ

Çevre kirliliğinin son yıllarda artarak, toplumların sağlıklarını tehdit eden boyutlara ulaşması su, toprak ve hava gibi üç temel yaşam ortamında daha duyarlı davranılmasını zorunlu hale getirmiştir. Özellikle halk sağlığını tehdit eden bulaşıcı hastalıkların insana içmesuyu yolu ile geçmesi, bu konuda daha hassas davranılmasını gerekli kılmıştır.

İçme ve kullanma sularının başlıca kaynakları yüzey ve yeraltı sularıdır. Bu kaynaklardan temin edilmekte olan suların içmesuyu olarak kullanılması şartlarını belirleyen standartlar, Dünya Sağlık Teşkilatı ile çeşitli ülkelerin bu konuda yetkili kurumları tarafından geliştirilmiştir. Bilindiği gibi ülkemizde bu hususlar, TS 266 olarak bilinen, içmesuyu standartları ile belirlenmiştir.

İçmesuyu kaynaklarının kullanımında dikkate alınması gereken en önemli husus, kaliteyi ortaya koyan fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerdir. Ayrıca kaynağın yeterliliği ve kullanım ekonomisi gibi faktörler de kaynak seçimini etkilemektedir.

Günümüzde büyük toplumların içmesuyu ihtiyaçları, genellikle civarda bulunan akarsu, göl ve barajlardan karşılanmaktadır. Bu tip kaynaklar ise, istenilen miktarda suya sahip olmakla beraber, su kalitesi yönünden doğrudan kullanılabilir durumda değildir.

Toplumun içmesuyu ihtiyacını karşılayacak olan kaynağın suyu, kullanma amacına uygun olmadığı takdirde, suyu bazı fiziksel ve kimyasal işlemlere tabi tutarak, standarda uymayan parametreler, standarda uygun hale getirilebilir. Bu tip işlemlere "Suyun tasfiyesi" denmektedir.

Özellikle yüzey sularından içmesuyu olarak faydalanılması halinde karşılaşılan tasfiye, suyun maliyetine etki eden en önemli faktörlerden birisidir.

Bilindiği gibi yüzey sularında dezenfeksiyon zorunlu olmaktadır. Ayrıca su kalitesine göre ihtiyaç halinde biriktirme, havalandırma, hızlı karıştırma ve yumaklaştırma, çöktürme, süzme (filtreleme), yumuşatma, vb. ünitelerden biri veya birkaç tanesi de arıtma (tasfiye) tesisinde bulunabilir.

O halde arıtma tesisinde bulunması gerekli olan üniteleri, arıtılacak olan suyun (hamsu) özellikleri belirleyecektir. Bu nedenle arıtılacak olan suyun kalitesinin iyi bilinmesi gerekir. Özellikle yüzey sularının kalitesi mevsimlere göre değişimler gösterir. Yapılan analizler her mevsimin su kalitesini yansıtabilmeli, ayrıca yüzey sularının tabiata açık olması nedeniyle çevre şartlarındaki ani değişimlerden etkilenebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Su kalitesini belirleyen özellikler dikkate alınarak, seçilecek olan arıtma ünitelerinin sayısı az ve kontrolünün kolay olması, gerek ekonomik, gerekse işletmecilik yönünden arzu edilen bir durumdur. Bunun için de kaliteyi belirleyen parametreler üzerinde, her bir ünitenin ne oranda etkili olabileceği iyi bilinmelidir. Projelendirmenin esasını da bu husus teşkil eder.

Arıtma tesisini amaca uygun olarak projelendirmek ve projeye uygun olarak da inşa etmek yeterli görülebilir. Halbuki tesisin suyu ne ölçüde arıtılabildiği, ancak işletmeye girmesinden sonra tam olarak bilinebilmektedir. Bu yüzden bir tesisi yapmak kadar o tesisi amacına uygun bir şekilde işletmek ve işletme sırasında görülen aksaklıkları tespit edip gidermek de oldukça önemli bir husustur.

### 1.1. İçmesuyu Tasfiyesinin Amacı

Tabiatta saf su ile karşılaşmak imkansızdır. Su çevresiyle temas etmesinden ve insanların faaliyetlerinden dolayı birtakım kirlilikleri içerebilir. Bu nedenle mevcut su kaynaklarından bazıları içme, kullanma ve sanayi su ihtiyaçları için doğrudan kullanmaya müsait olmayabilir.

İçmesuyu tasfiyesinin amacı, suyun kullanma maksadına uygun hale getirilmesidir.

### 1.2. İçmesularının Özellikleri

İçme ve kullanma suyu aşağıdaki özellikleri taşımalıdır (1, 11).

- a) Su kokusuz, renksiz, berrak ve içimi serinletici olmalıdır.
- b) Su, hastalık yapan mikroorganizma ihtiva etmemelidir.
- c) Suda, sağlığa zararlı kimyasal maddeler bulunmamalıdır.
- d) Su, kullanma maksatlarına uygun olmalıdır.
- e) Sular, agresif olmamalıdır.

İçme ve kullanma suyu ihtiyacının karşılanacağı kaynakta, yukarıda belirtilen özelliklerin tamamı bulunmayabilir. Bu durumda su, bazı arıtma işlemlerine tabi tutularak kullanma amacına uygun hale getirilebilir.

### 1.3. İçmesuyu Arıtma Kademeleri

**Izgaralardan geçirme :** Izgara aralıklarından daha büyük olan yüzücü ve asılı haldeki maddeleri tutmak amacıyla yapılan bir işlemdir.

**Biriktirme :** İri danelerin çökmesi, su kalitesinin düzeltilmesi ve debinin dengelenmesi için uygulanır. Suların bir haznede belli bir müddet bekletilmesidir.

**Çöktürme :** Çökebilen katıları, yerçekimi etkisiyle çökeltme işlemidir. Çöktürme havuzlarında kum, ağır silt vb. maddelerin sudan ayrılmasıdır.

**Havalandırma :** Suyu oksijen kazandırmak veya  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $CH_4$  gibi gazların ve suda istenmeyen tad ve kokunun giderilmesi, korozyonun azaltılması için uygulanır. Suyu belli bir yükseklikten düşürmek veya püskürtmek vb. yollarla yapılabilir.

**Yüzdürme :** Genellikle yağları ve sudan hafif yüzücü maddeleri sudan ayırmak için tatbik edilir. Sukünet haline getirilerek akmakta olan suyun iletme gücünün azaltılması veya sukünet haline getirmek ve yüzücü maddeler ilave etmek suretiyle suların, yabancı maddeleri süspansiyon halinde tutma gücünün yenildiği bir işlemdir (12).

**Suyun pH 'sını ayarlama :** Suyu asit veya baz ilave edilerek, suyun pH 'sının istenilen değere getirilmesi işlemidir.

**Hızlı karıştırma veya yumaklaştırma :** Alüminyum ve demir tuzları gibi yumaklaştırıcı maddeleri hamsuya ilave etmek suretiyle çökme-ye- ve kalabilen maddeleri çökebilen yumaklar haline getirerek sudan ayırmak amacıyla yapılır.

**Filtrasyon :** Suyu, daneli malzeme ile teşkil edilmiş, filtrelerden geçirmek suretiyle sudaki kolloid ve süspansiyon maddelerin tutulması işlemidir. Bu iş için en yaygın kullanılan malzeme, kolay ve ucuz bulunması nedeniyle kumdur.

**Dezenfeksiyon :** Suda bulunan zararlı mikroorganizmaların yok edilmesi için tatbik edilir,

**Kimyasal stabilizasyon :** Suda arzu edilmeyen maddeleri ortadan kaldırmadan, zararsız hale getirmek maksadıyla suya kimyasal maddelerin ilave edilmesi işlemidir.

**Adsorbsiyon :** Aktif karbon gibi maddelerle, sudaki tad ve koku veren maddelerin tutulması için yapılır.

#### 1.4. İçme Suyu Karakteristikleri

Toplumun içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılayacak olan kaynağın, kullanma amacına uygun olup olmadığının tespiti, ancak su kalitesini etkileyen parametrelerin bilinmesi, ölçülüp değerlendirilmeye tabi tutulması ile mümkün olur. Bu nedenle içmesuyu kalitesine etki eden parametreler hakkındaki özet bilgi aşağıda verilmiştir.

**Bulanıklık :** Suyun bulanıklığı, ışığı direkt olarak geçirememesi, dağıtma ve absorbe etme özelliği olarak tanımlanabilir.

Bulanıklık, su içinde askı halinde bulunan kil, silt, organik maddeler, mikroorganizma, çökelmiş haldeki kalsiyum karbonat, alüminyum hidroksit, demir hidroksit vb. maddelerden ileri gelir. Bu maddelerin üzerinde, sağlığa zararlı mikroplar yaşayabileceğinden, bulanıklığın tümüyle giderilmesi, estetik görünüşlü ve güvenle içilebilir bir su elde edilebilmesi açısından önemlidir.

Bulanıklık birimi, 1 mg SiO<sub>2</sub>/lt 'dir. 1 mg SiO<sub>2</sub> 'nin 1 lt damıtık suda oluşturduğu bulanıklığa bir birim bulanıklık denir.

**Renk :** Suların rengi, içinde bulunan organik maddelerle, demir, mangan gibi metallerin varlığından ileri gelir. İçmesuyunda renk, estetik yönden ve sağlığa etkisi nedeniyle önem taşır. Ayrıca renkli suları içenler için su kaynağı güvenilir olmayabilir.

Su içindeki asıllı maddelerin verdiği renge "geçici renk" kolloid haldeki organik maddelerden ileri gelen renge de "hakiki renk" adı verilir.

**Tad ve koku :** Bir suda istenmeyen tad ve koku, aşağıdaki sebeplerden ileri gelmektedir.

- a) Kullanılmış suların, su kaynaklarına karışması,
- b) Sanayi atıksularının, bilhassa fenol, yağ ve benzerilerinin su kaynaklarına karışması,
- c) Su kaynağında yaşayan algler, diğer organizmalar ve bunların ölmesiyle oluşan organik maddelerin çürümesi,
- d) Klor ve suda fenolle birleşen mono ve diklorofenoller,
- e) Hidrojen sülfür ve metan gibi suda çözülmüş gazlar,
- f) Yabani ot ve böcek mücadelesinde kullanılan zirai mücadele ilaçları (11).

**Elektriki iletkenlik :** 1 cm uzunlukta, 1 cm<sup>2</sup> kesitte ve 25 °C ısıdaki su kolonunun ohm cinsinden direncinin tersi olarak tanımlanmaktadır.

Sulardaki elektriki iletkenlik, su içindeki toplam erimiş madde hakkında bir ölçü olarak kabul edilir.

pH : pH değeri, su içindeki  $H^+$  iyonları konsantrasyonunun negatif logaritması olup, suyun asidik veya bazik olduğunu gösterir. Buna göre saf suyun pH değeri, 7 'den az ise su asit; 7 'den büyük ise alkali özellik gösterecektir. Tabii sularda pH = 6,5 ilâ 9,5 arasında değişmektedir.

İçme suyunda pH 'nın sağlığa doğrudan doğruya bir etkisi yoktur. Çünkü pH, diğer su kalite parametreleri ile ilgilidir. Ancak su tasfiyesinde pH virüs, bakteri ve diğer zararlı organizmaların giderilmesine tesir edeceği için, pH 'nın sağlığa etkisi dolaylı olacaktır.

Su içindeki yabancı maddelerin çökertilmesinde, suyun yumuşatılmasında, korozyon kontrolünde, isale borularının seçiminde pH değerine mutlaka dikkat edilmelidir.

pH değerinin kontrolü ile elde edilebilecek faydaları şöyle sıralayabiliriz:

a) Hamsuyun bulanıklılığının giderilmesi için, uygulanan koagülasyonda kullanılan koagülant madde kullanımında ekonomi sağlamak.

b) Çökeltme işlemi için suya katılan koagülant maddenin bir kısmının filtrelerden geçerek, şebekede birikmesine engel olmak.

c) Korozyonu önlemek.

d) Uygun yaşama ortamını bozarak, organik çoğalmayı önlemek.

e) Yumaklaştırmanın daha iyi olmasını sağlayarak, çökeltme havuzlarının hacmini kısmen küçültebilmek.

f) Dezenfeksiyon verimini arttırarak, klor tüketiminde ekonomi sağlamak.

**Sertlik :** Suyun sabun tüketme özelliğini ifade eden bir parametredir. Su içinde erimiş halde bulunan kalsiyum ve magnezyum tuzları, sabunla çözölemeyen bir bileşik oluşturarak, sabunun temizleyici etkisini giderir.

Suyun sertliğı, toprak ve jeolojik formasyonlarla teması sırasında kalsiyum, magnezyum gibi kanyonların suya geçmesiyle meydana gelen bir özelliktir. Boya, tekstil, besin maddesi ve kâğıt sanayilerinde, şişe yıkama ve fotoğrafçılık işlemlerinde istenmeyen su özelliklerindedir. Boru ve kazanlarda taşlaşmaya neden olması, endüstriyel amaçlarla kullanımlarda sorunlar çıkartabilecektir. Çok yumuşak sular ise, korozyona neden olabilir.

Sert suların içilmesinin hazminin güç oluşu ve hoş bir tadı olmayışından başka, insan sağlığı açısından bir sakıncası yoktur.

Suyun sertliğı Alman, Fransız ve İngiliz sertlik dereceleri ile ifade edilebilir.

1 Alman sertlik derecesi = 10 mg CaO/lt

1 Fransız sertlik derecesi = 10 mg CaCO<sub>3</sub>/lt

1 İngiliz sertlik derecesi = 14,26 mg CaCO<sub>3</sub>/lt 'dir.

Karbonatların meydana getirdiğı sertliğe geçici sertlik; sülfat, nitrat gibi karbonat olmayan köklerin meydana getirdiğı sertliğe kalıcı sertlik denir. Toplam sertlik, geçici ve kalıcı sertlik değerlerinin toplamıdır.

Sular sertliğine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

0 - 75 mg CaCO<sub>3</sub>/lt yumuşak



- 75 - 150 mg  $\text{CaCO}_3/\text{lt}$  orta sertlikte  
150 - 300 mg  $\text{CaCO}_3/\text{lt}$  sert  
> 300 mg  $\text{CaCO}_3/\text{lt}$  çok sert (11).

**Alkalinite :** Suyun pH derecesinin 8,3 olduğu anda sudaki tüm karbonat iyonlarının bikarbonat iyonları haline dönüştürüldüğü alkaliliğe "fenolfitaleyn alkaliliği", pH derecesinin 4,5 'a düştüğü anda bikarbonat iyonlarının karbonik asit haline dönüştüğü alkaliliğe "metiloranj alkaliliği" denir. Litrede mg olarak kalsiyum karbonat cinsinden ifade edilir. Hidroksit, karbonat ve bikarbonatın gerektirdiği toplam asit miktarına "toplam alkalilik" adı verilir.

**Buharlaşıma kalıntısı :** Belirli hacimdeki su numunesinin, uygun bir kap içerisinde buharlaştırıldıktan sonra seçilen sıcaklıkta kurutulması ile bırakılan maddenin toplam miktarıdır.

**Organik madde :** Tabii sulara, organik maddeler, zirai mücadele ilaçları, tarımsal amaçlı kimyasal maddelerdeki organik kirleticilerin yağış suları ile taşınması, sanayi atık ve kanalizasyon sularının tabii sulara karışmasıyla bulunur.

**Kalsiyum - Magnezyum :** Sulara sertlik meydana getiren iyonlardır. Kalsiyumlu sulara karbonat ve sülfat çökerek kabuk meydana getirir. Oluşan bu kabuk, boruyu tamamen kaplarsa korozyonu önler.

**Demir - Mangan :** Su içinde demir ve manganın yüksek konsantrasyonda bulunması, istenmeyen renk ve bulanıklığa, su borularının iç çeperlerinde birikmesi kesit daralmasına ve yük kayıplarının artmasına sebep olmaktadır.

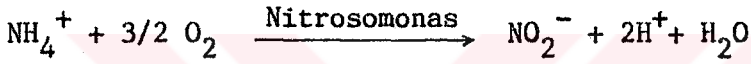
**Karbonat - Bikarbonat :** Karbonat ve bikarbonat miktarı pH 'nın bir fonksiyonudur. Normal sulara bikarbonata nazaran karbonat çok azdır.

**Amonyak, nitrit ve nitrat :** Amonyak azotu, yeraltı ve yüzey sularının kapsamında değişik konsantrasyonlarda bulunur. Mikrobiyolojik aktivite sonucu meydana gelen amonyak, sıhhi bir kirlenmenin kimyasal belirtisi olarak kabul edilir.

Sudaki nitrit, amonyağın yükseltgenmesi veya nitratın indirgenmesinden meydana gelir.

Nitrat; azot çevriminde, azotun en yüksek yükseltgenme basamağıdır.

Bunlar aşağıdaki denklemlerle ifade edilebilir:



**Klorür - sülfat :** Klorür tuzlarının çözünürlüğü fazladır. Bu nedenle sulara en fazla bulunan iyonlardan birisidir. Genellikle sodyum klorür şeklinde bulunur. Suda fazla miktarda klorür bulunması, bir kirlenme göstergesidir. Ayrıca suya korozif bir özellik verir.

Sülfat, suların temasta bulunduğu jeolojik yapıya göre değişik konsantrasyonlarda bulunabilir. Maden, pirit oksidasyonu nedeniyle yüksek sülfat ihtiva edebilir.

## 2. ÇALIŞMANIN TANITILMASI

Beyşehir (Konya) ilçesinin içmesuyu ihtiyacının karşılanması için 1970 'li yılların başlarında yapılan kaynak ve yeraltı suyu çalışmalarından olumsuz netice alınması üzerine, ilçenin içmesuyu ihtiyacının Beyşehir gölünden karşılanması planlanmıştır.

Bunun üzerine gölsuyu kalitesini belirlemek için 1975 yılında çok sayıda fiziksel ve kimyasal analizler yapılmış, analiz neticelerine göre mevcut arıtma tesisi 1976 yılında 30 lt/sn debiyi arıtabilecek şekilde projelendirilmiştir. Mevcut tesisin üniteleri, 36 lt/sn lik debiyi de arıtabilecek şekilde kontrol edilmiştir.

Mevcut arıtma tesisi, halen ilçeye isale edilmekte olan Çemçem membaı (Q=10 lt/sn) ile ilçenin 2005 yılı içmesuyu ihtiyacını karşılayacak şekilde planlanmıştır.

Ancak tesis, proje kriterlerindeki hatalardan ve sarfiyatın fazla oluşundan dolayı, ilçenin şu andaki ihtiyacını zor karşılamaktadır. İlçede özellikle yaz aylarında çok su sıkıntısı çekilmektedir. Belediye, bu sıkıntıyı gidermek için tesise zaman zaman kapasitesinin üzerinde su vermektedir. Bu yüzden de verilen su istenilen şekilde arıtılamamaktadır.

İlçenin içmesuyu ihtiyaç açığını gidermek için, yeni bir arıtma tesisi projelendirilme safhasındadır. Yeni arıtma tesisi hizmete girinceye kadar mevcut tesis zaman zaman kapasitesinin üzerinde çalışarak ilçenin içmesuyu ihtiyacını karşılayacaktır.

Bu çalışmada, arıtma tesisine verilen suyun ne derecede arıtıldığını bildiği araştırılmış ve tespit edilen eksikliklerin ekonomik ve uygulanabilir yöntemlerle düzeltilmesi amaçlanmıştır.

## 2.1. Arıtma Tesisi Hakkında Genel Bilgiler

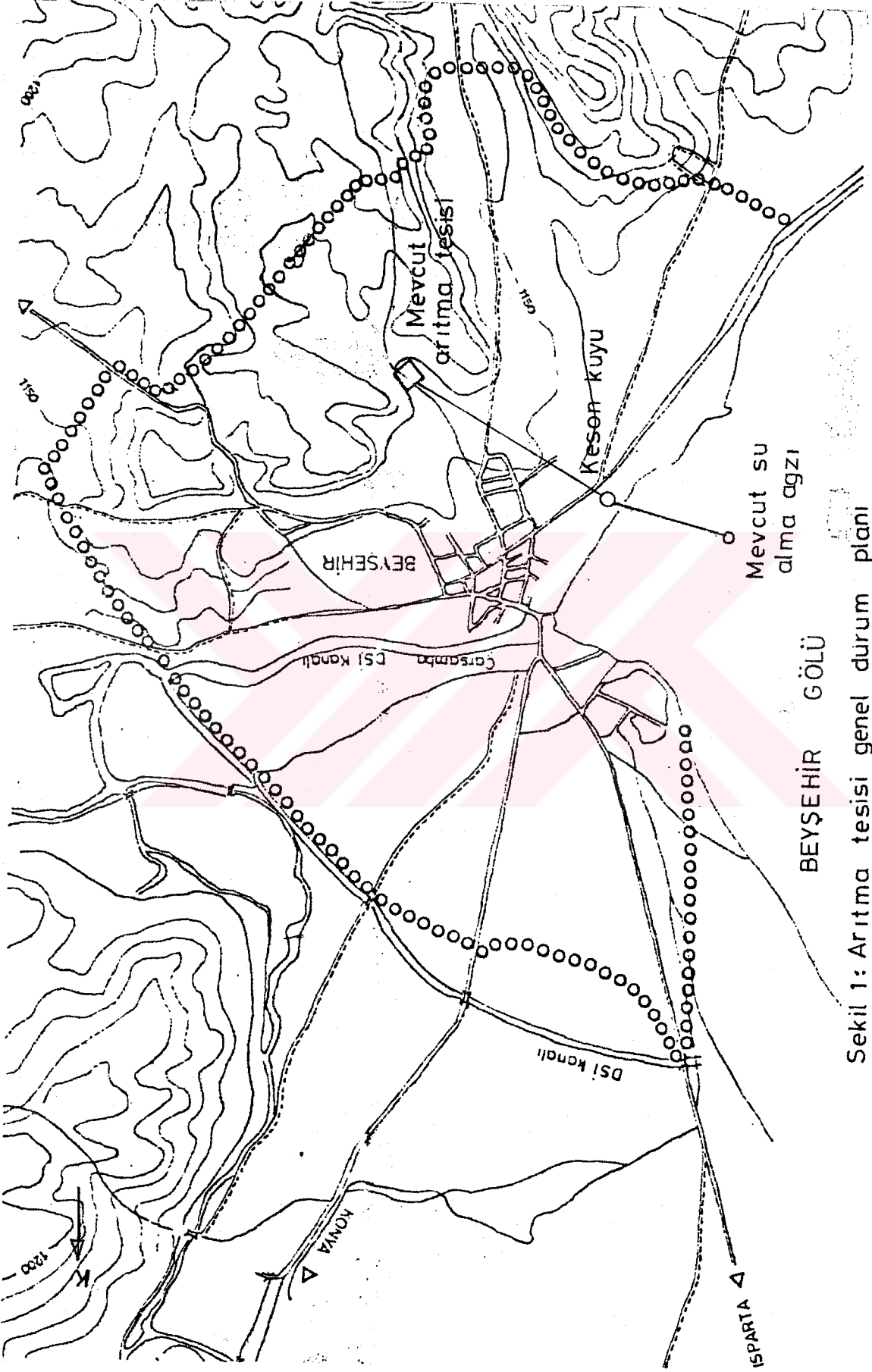
Beyşehir içmesuyu arıtma tesisi inşaatına 1978 yılında başlanmış ve 1984 yılında da işletmeye açılabilmiştir. Tesis; dezenfeksiyon, hızlı karıştırma ve yumaklaştırma, çökeltim havuzları ve hızlı filtre ünitelerinden teşekkül etmektedir.

Beyşehir gölü sahilinden 447 m içerden, bir krepinele alınan su, Ø 250 mm PVC borularla sahil kenarına açılmış keson kuyuya verilerek burada ön klorlamaya tabi tutulmaktadır. Daha sonra klorlanan su, motopompla hızlı karıştırma girişindeki küçük bir havuza pompalanmaktadır.

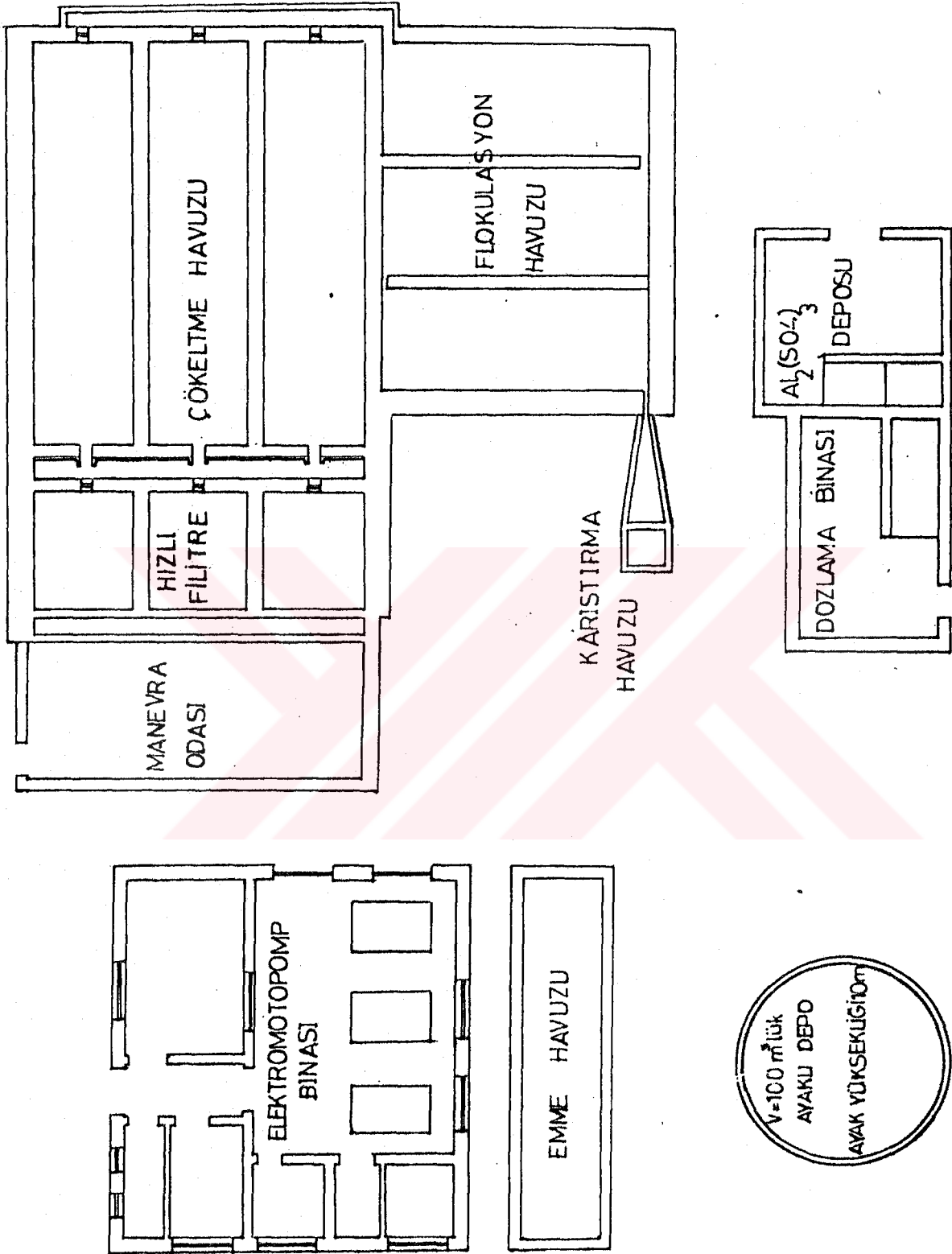
Havuzda suya çözelti halinde alüminyum sülfat verildikten sonra su, yatay perdeli flokülasyon havuzuna verilmektedir. Perde aralıkları sırayla 15, 20, 40 cm olan üç adet flokülasyon havuzunu dolaşan su, içindeki yumakların çökmesini temin amacıyla, çökeltim havuzlarına akıtılmaktadır.

Üç adet asbest çimento plakalı çökeltim havuzunda nisbeten arıtılan su, beton kanallar vasıtasıyla arıtmanın son kademesi olan filtrelere verilmektedir. Boyutları 3,20 x 2,50 m olan üç adet hızlı filtreden süzülen sular, emme deposuna verilip, oradan da şebeke deposuna pompalanmaktadır.

Arıtma tesisinin genel durum planı Şekil-1 'de, yerleşim planı ise Şekil-2 'de görülmektedir.



Sekil 1: Arıtma tesisi genel durum planı



Şekil -2: Arıtma tesisi yerleşim planı

## 2.2. Beyşehir Gölünün Tanıtılması

Konya ve Isparta illerine bağlı, Beyşehir ve Şarkikaraağaç ilçeleri arasında yer alan Beyşehir gölü, yurdumuzun en büyük tatlı su gölüdür. Batıda Anamas dağı, doğuda Sultan dağları ile sınırlandırılmış olan gölün kuzeyinde ise, Şarkikaraağaç ovası vardır. Gölün kuzeybatı - güneydoğu doğrultusunda, uzunluğu 40 km, buna dik doğrultudaki eni ise 12 - 20 km kadardır.

Tabii bir depresyon sahasını kaplayan Beyşehir gölünün yağış alanını 4084,4 km<sup>2</sup> olup, göl aynası 1125 m kotunda 730,3 km<sup>2</sup> 'dir. Gölün doğu ve güney kıyıları sığ, kuzey kıyıları derin, batı kıyıları dik ve derindir. Sığ kıyılarda derinlik 1,5 m 'yi ancak 100 m'den sonra aşmaktadır.

Beyşehir gölü, göle düşen yağışlar, dağlara inen kar ve yağmur sularının oluşturduğu dereler ve göl tabanından yeraltı suları ile beslenmektedir.

Gölün büyük ölçüde kar suları ile beslenmiş olması ve gölden sulama gayesiyle su çekilmesi nedeniyle max. ve min. su seviyeleri, gerek mevsimlere ve gerekse yıllara göre değişiklik göstermektedir. Gölün max. su seviye kotu 1125,40 m, min. su seviye kotu 1121,03 m 'dir. Gölün en derin yerinde taban kotu 1114,80 m 'dir. Buna göre gölün azami derinliği 10 m civarındadır.

Gölsuyu ortalama sıcaklığı, ilkbaharda 12,4 °C, yazın 21,9 °C, sonbaharda 11,3 °C ve kışın 4 °C 'dir. Son beş yıllık ölçümlere göre sıcaklık en soğuk ayda 2,6 °C, en sıcak ayda 22,7 °C olarak tespit edilmiştir. Göl, 1975 ile 1976 Ocak, Şubat aylarında donmuştur.

Gölsuyu, Çarşamba kanalı vasıtasıyla Çumra ovasına verilmektedir. Kanal girişi bir regülatör vasıtasıyla kontrol edilmektedir.

Söz konusu kanal, ilçenin atık suları için uygun bir alıcı ortam olup, gölün çevre artıklarıyla da kirlenmesini azaltmaktadır.

### 2.2.1. Gölün jeolojik yapısı

Beyşehir gölü jeolojisi genel olarak faylı bir yapısal çöküntü veya grabenden oluşur. Bu çukurluk batı tarafından serpantinleşmiş bazik entrüzyonlarla kat'edilmiş bulunan mezozoyik komp-rehansif seri kalkerleriyle çevrilidir. Kretase kireçtaşları ve hornstein'lerle bir arada bulunur. Gölün doğu kıyısı, neojen marnları ve ince tabakalı marnlı kireçtaşları ile çevrilmiştir. Göl yatağı kil, bir miktar turba ve marndan ibaret olup, yapılan sondajlar kil tabakalarının 75 m kadar derinlikte devam ettiğini göstermiştir.

Gölün batısı boyunca görülen faylanma, kuzeybatı - güneydoğu istikametinde olup, bu kısımlardaki en eski tektonik hareketlerin Kretase çağı sonlarında meydana geldiği anlaşılmaktadır. Daha genç zamanlara ait tektonik hareketler, batıda dik şevler ve kademeli faylanmalar şeklinde tezahür etmektedir.

Kuzey - kuzeydoğu istikametli ikinci bir faylanma sistemi gölün güney kısmında meydana çıkarılmıştır. Bu sistemin aynı zamanda gölün doğu kıyısında küçük yarımada geometrisinde aksettiği görülmektedir. Tüm faylar, göl yatağını teşkil eden yapısal çöküntünün tedricen derinleşmekte olduğunu göstermektedir.



## 2.2.2. Gölü kirleten kaynaklar

### 2.2.2.1. Kanalizasyon sistemi

İlçenin atık suları Çarşamba kanalına verilmektedir. Kanala verilen sular göle ulaşamadığı için, gölün kirlenmesini azaltmaktadır. Ancak mevcut sistem fenni değil ve mecraları yetersizdir. Bu nedenle ilçede bulunan fosseptiklerden sızan pis suların gölü kirlenmesi söz konusu olabilir.

İlçenin kanalizasyon tatbikat projesi 1987 yılı başlarında tamamlanarak inşaatına başlanmıştır. Kanalizasyon inşaatı tamamlandığı zaman mevcut sistem terkedilerek, atık sular yine Çarşamba kanalına verilecektir. Yeni sistemin faaliyete geçmesiyle, fosseptiklerin oluşturabileceği kirlilik te ortadan kalkmış olacaktır.

### 2.2.2.2. Endüstriyel etkiler

Göl kenarında herhangi bir endüstri kuruluşu bulunmamaktadır. Belediye yetkilileri, gölün koruma altına alınmış olması nedeni ile gelecekte de endüstri kuruluşlarına izin verilmeyeceğini belirtmektedir.

Kasabaya yaklaşık 14 km ve göle 1 km mesafede kurulması planlanmış olan termik santralin gölde kirlenme oluşturmayacağı, belediye yetkililerince ifade edilmektedir. Termik santralardan çıkan küllerin bir çamur barajında toplanması, kirliliği önleyici bir tedbir olarak planlanmıştır. Ancak bu santralda çalışacak olan yaklaşık 5 bin civarındaki personelin evsel atık sularının bir hatla şehir kanalizasyonuna bağlanması, göl kirlenmesini önleyecektir.

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar; gölsuyu kalitesini ve arıtma tesisi su kalitesini belirleyen çalışmalar olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Su kalitesini belirleyen fiziksel ve kimyasal analizlerin neticeleri bu bölümde sunulmuştur.

#### 3.1. Su Numunelerinin Alınması

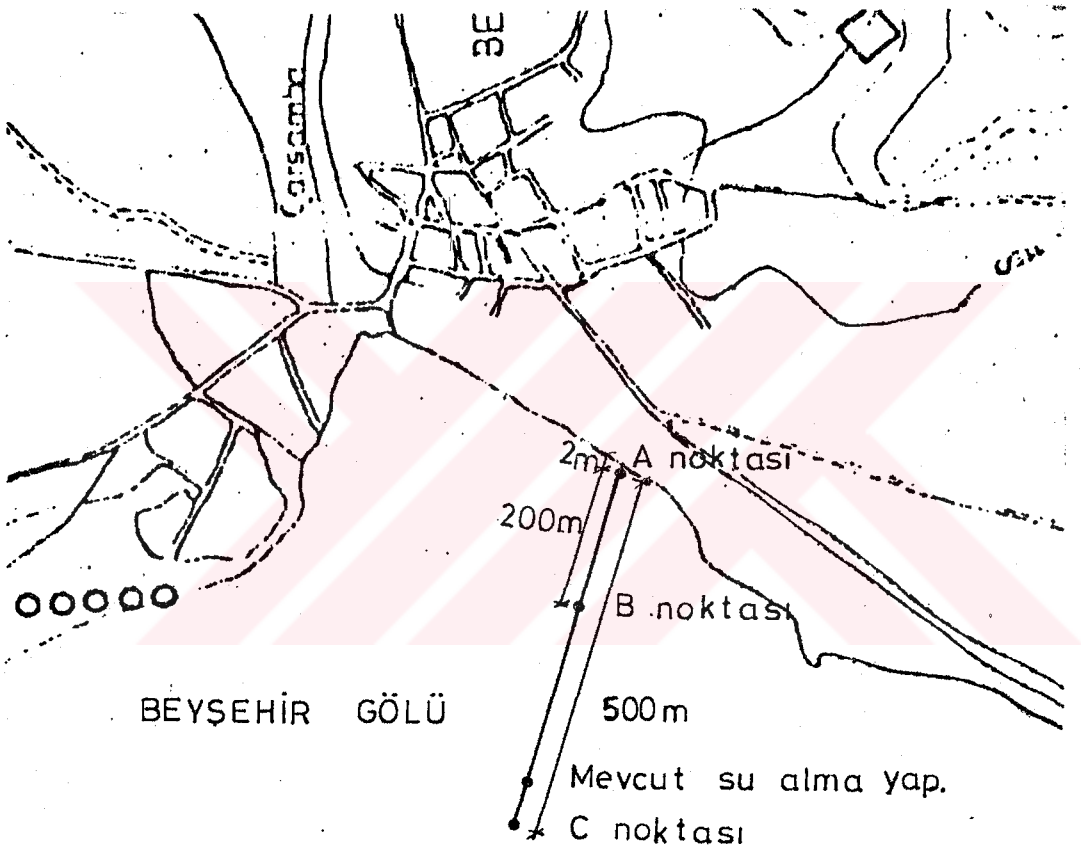
İçmesuyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tayininde güvenilir sonuçların elde edilmesinde uygulanan analiz tekniği kadar, su numunelerinin de uygun yöntemlerle alınması gereklidir.

Numune alma şişeleri, üzerinde hava kalmayacak şekilde su ile doldurulmuş ve ağızları sağlam bir şekilde kapatılmıştır. Şişeler, numune almadan önce, numune alınacak su ile en az üç defa çalkalanmıştır. Numunelerin alınması ile analizi arasındaki zaman mümkün olduğu kadar kısa tutulmuştur.

#### 3.2. Gölsuyu Kalitesi Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Beyşehir gölü sahilinde, ~2 m içeriden alınan numunelerin fiziksel ve kimyasal analizi yapılmıştır. Numune alımında belli bir periyot takip edilememiş, ancak yüzey suyu olmasından dolayı dört mevsimi kapsayacak ve hava şartlarındaki değişimler (yağmur, dalga, vb.) sonucu gölsuyu kalitesindeki değişiklikleri yansıtabilecek numune alımına özen gösterilmiştir.

Yapılan analizler, gölsuyu kalitesi hakkında fikir verebilecek niteliktedir. Analiz neticeleri Tablo-1 'de verilmiş olup, bazı parametrelerdeki değişmeler grafik olarak gösterilmiştir. Ayrıca Şekil-3 'te de numunelerin alım noktaları gösterilmiştir.



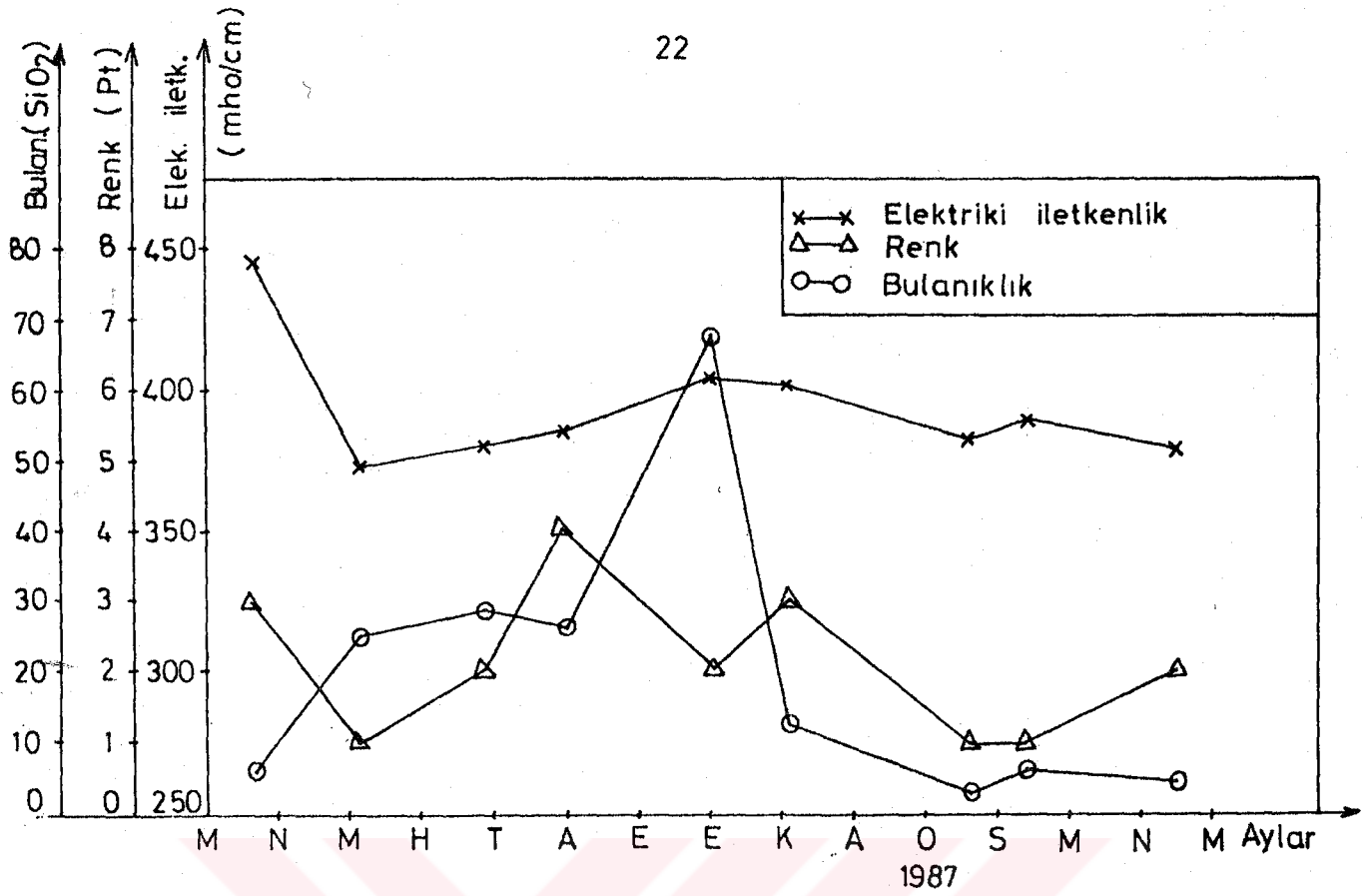
Şekil-3. Beyşehir gölündeki numune alma noktaları

Tablo -1: Beyşehir göl suyu kalitesini belirleyen analiz sonuçları

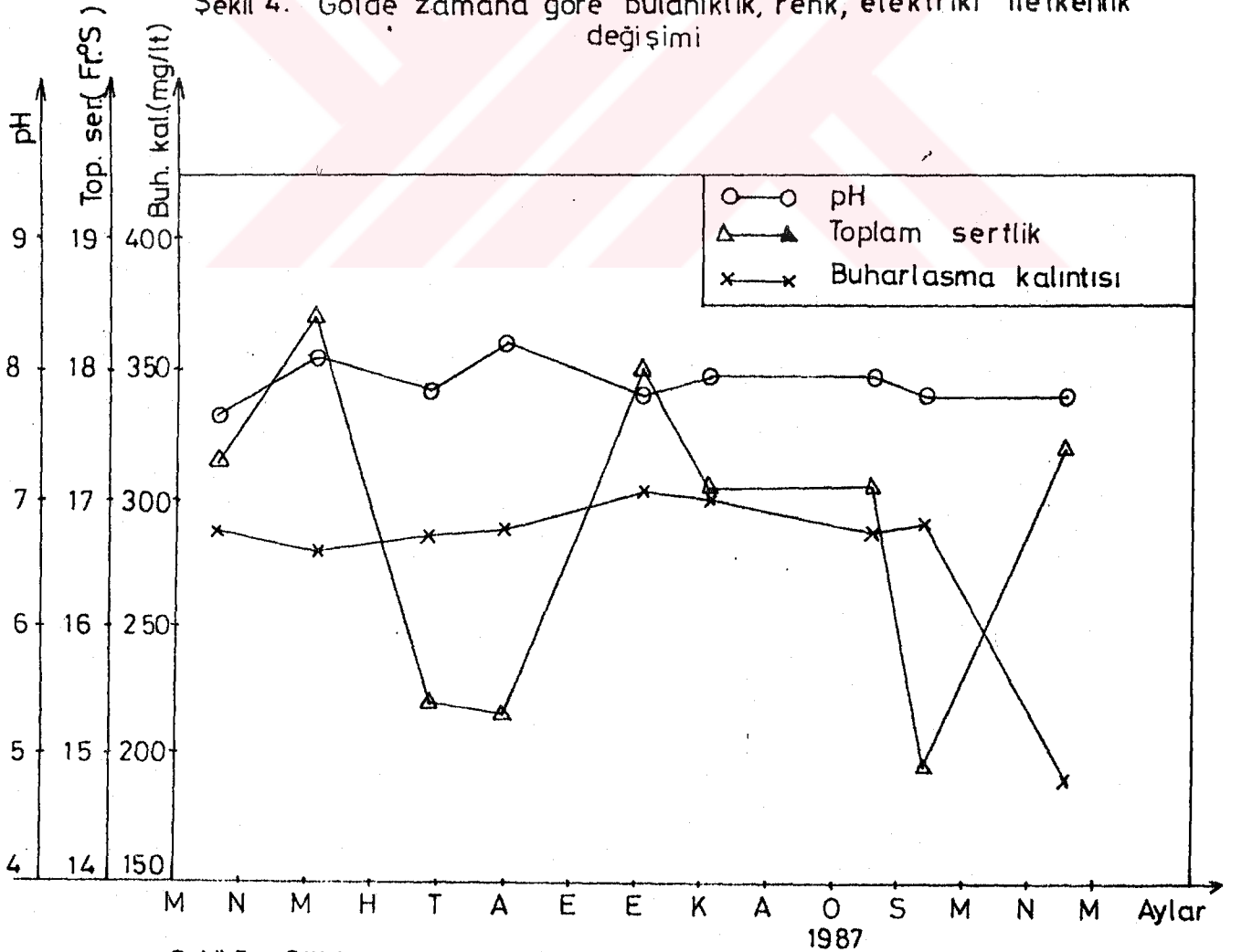
Numunenin alındığı tarih	19.3.1986	5.5.1986	25.6.1986	29.7.1986	2.10.1986
Numunenin alındığı yer	A	A	A	A	A
Görünüş	Tortulu	Az tortulu	Az tortulu	Az tortulu	Tortulu
Bulanıklık (Birimi SiO <sub>2</sub> )	6,00	25,00	28,50	26,20	67,50
Renk (Birimi Pt)	3	1	2	4	2
Koku ve tad	Kokusuz	Yosun kokulu	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz
Elektrikli iletkenlik (Mikromho/cm), 25°C	444,9	372,2	380,7	384,6	404,4
pH	7,65	8,10	7,85	8,20	7,80
Toplam sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	17,30	18,40	15,40	15,30	18,0
Geçici sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	15,5	15,9	15,4	15,3	15,8
Kalıcı sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	1,8	2,5	0,0	0,0	2,2
Fenolftalein (mg/lt) Alkalinitesi (CaCO <sub>3</sub> )	0	9,8	0	10	0
Metiloranj (mg/lt) Alkalinitesi	154,8	158,8	158,4	170	158,4
Buharlaştırma kalıntısı (mg/lt)	288	279,1	285,5	288,5	303,3
Organik madde (mg/lt) (Oksijen cinsinden)	3,72	2,40	1,71	3	1,60
Kalsiyum (Ca) (mg/lt)	34	34,8	30,6	28,8	34,8
Magnezyum (Mg) (mg/lt)	21,38	23,57	18,81	19,68	22,60
Amonyum (mg/lt)	0,18	0	0	0	0
Demir (mg/lt)	0,02	0,02	0,02	0,06	0,02
Mangan (mg/lt)	0	-	-	-	-
Karbonat (mg/lt)	0	11,76	0	12	0
Bikarbonat (mg/lt)	188,90	169,77	193,25	153	193,20
Klorür (mg/lt)	11,76	11,76	13,72	11,76	13,72
Sülfat (mg/lt)	32	25,5	30	25,5	43,5
Nitrit (mg/lt)	0	0	0,044	0,020	0
Nitrat (mg/lt)	0	-	-	-	-
Fosfat (mg/lt)	0	-	-	-	-

Tablo -1. 'in devamı.

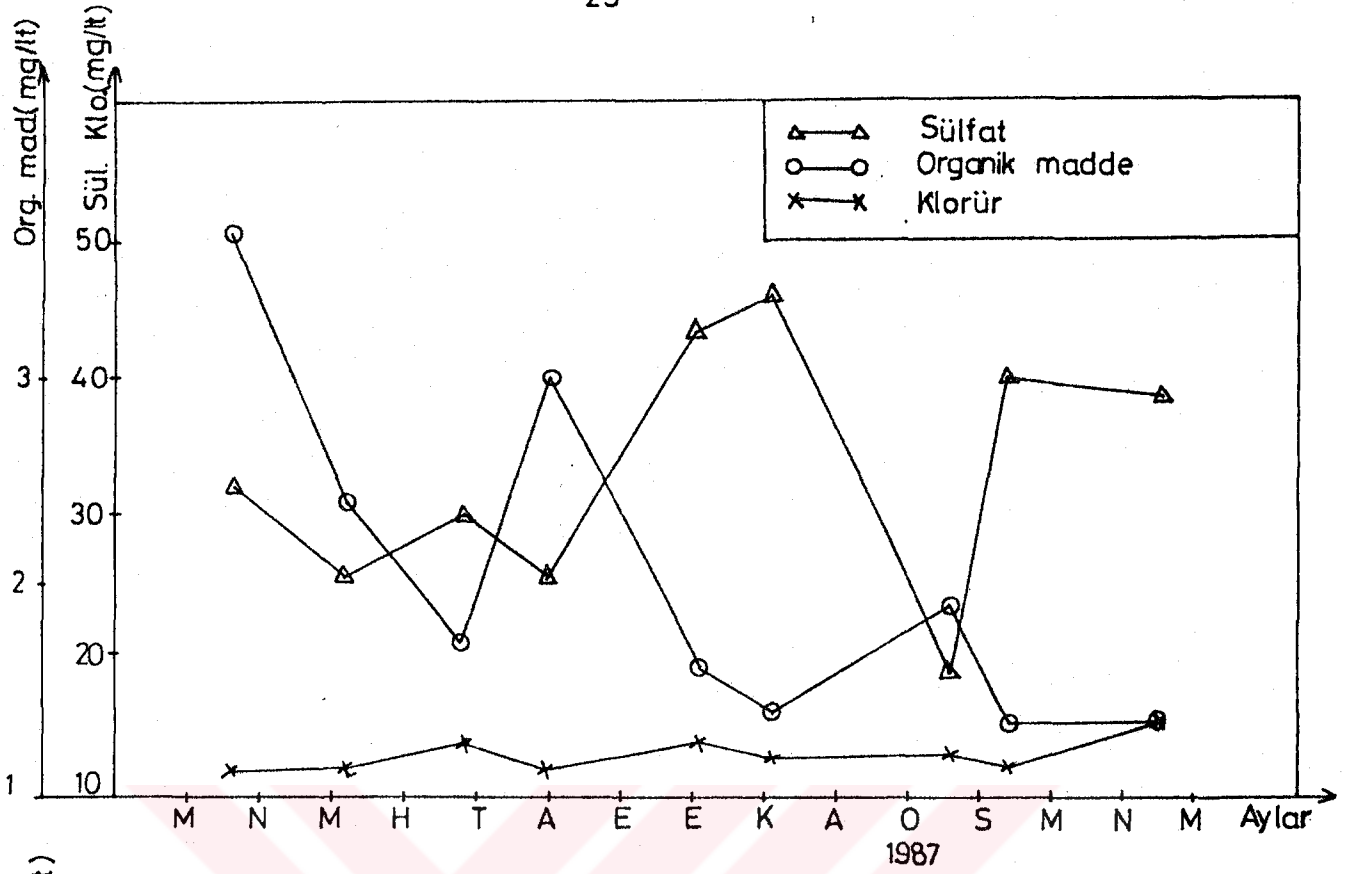
Numunenin alındığı tarih	3.11.1986	18.1.1987	12.2.1987	12.2.1987	16.4.1987
Numunenin alındığı yer	A	A	B	C	A
Görünüş	Az tortulu	Az tortulu	Tortusuz	Tortusuz	Az tortulu
Bulanıklık (Birimi SiO <sub>2</sub> )	12,5	3	6	3	4,5
Renk (Birimi Pt)	3	1	1	1	2
Koku ve tad	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz
Elektriki iletkenlik (Mikromho/cm), 25°C	402,2	382,9	388,6	394,3	377,1
pH	7,95	7,95	7,80	7,90	7,80
Toplam sertlik (Fr. S°)	20,4	17,1	14,9	16	17,4
Geçici sertlik (Fr. S°)	17	16,7	14,9	16	14,8
Kalıcı sertlik (Fr. S°)	3,4	0,4	0	0	2,6
Fenolftalein (mg/lt) Alkalinitesi (CaCO <sub>3</sub> )	15,8	19,6	0	0	0
Metiloranj (mg/lt) Alkalinitesi	170,3	166,6	154,8	166,6	148,5
Buharlaştırma kalıntısı (mg/lt)	301,6	287,2	291,5	295,7	190
Organik madde (mg/lt) (Oksijen cinsinden)	1,40	1,90	1,34	2,35	1,34
Kalsiyum (Ca) (mg/lt)	14,36	28,80	18,80	19,20	32,93
Magnezyum (Mg) (mg/lt)	40,78	24,06	27,79	27,22	22,38
Amonyum (mg/lt)	0	0	0	0	0
Demir (mg/lt)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Mangan (mg/lt)	-	-	-	-	-
Karbonat (mg/lt)	19,01	23,52	0	0	0
Bikarbonat (mg/lt)	139,82	155,43	188,91	203,25	181,17
Klorür (mg/lt)	12,74	13	12	12	15
Sülfat (mg/lt)	46,25	18,75	40	22,50	38,50
Nitrit (mg/lt)	0,02	0,02	0	0	0,005
Nitrat (mg/lt)	-	-	-	-	0,4
Fosfat (mg/lt)	-	-	-	-	0



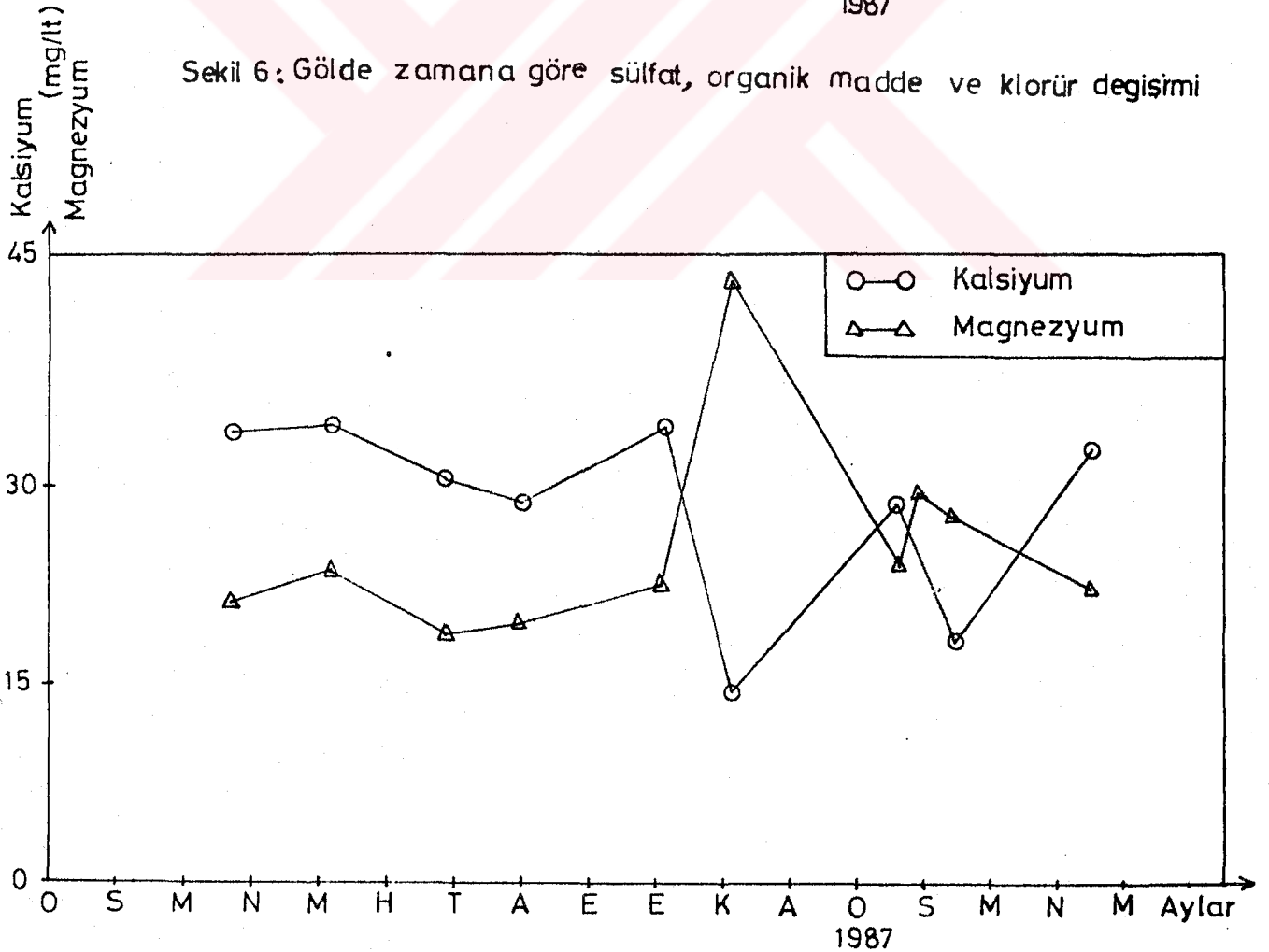
Şekil 4: Gölde zamana göre bulanıklık, renk, elektriki iletkenlik değişimi



Şekil 5: Gölde zamana göre pH, toplam sertlik, buharlaşma kalıntısı değişimi



Sekil 6: Gölde zamana göre sülfat, organik madde ve klorür değişimi

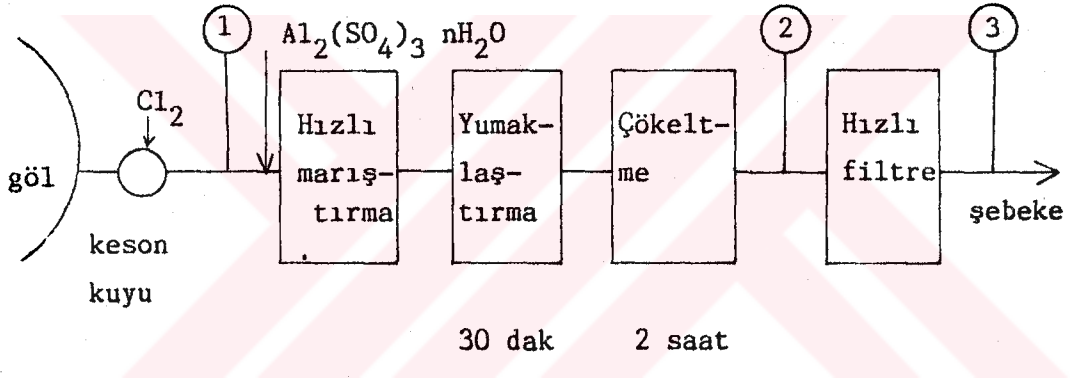


Sekil 7: Gölde zamana göre kalsiyum magnezyum değişimi

### 3.3. Arıtma Tesisinde Yapılan Deneysel Çalışmalar

Arıtma tesisinin, su kalitesi üzerindeki fonksiyonu, çıkış suyunun analiziyle tespit edilebilir. Ancak çıkış suyu kalitesi tüm arıtma tesisinin fonksiyonu olmaktadır. Yani her bir ünitenin su kalitesi üzerindeki fonksiyonu bilinmemektedir. Halbuki arıtma tesisinin çeşitli ünitelerinden alınan numuneler, o ünitelerin su kalitesi üzerindeki fonksiyonunu gösterebilecektir.

Bunun için arıtma tesisi üzerinde Şekil-8 'de görüleceği üzere üç adet numune alma noktası seçilmiştir.



Şekil-8. Arıtma tesisi akış şeması ve numune alma noktaları

1 nolu yerden alınan numune, ön klorlamaya tabi tutulmuş gölsuyu olup, arıtma tesisi için hamsu özelliğindedir. Burdan alınan numune koagülasyon işlemine tabi tutulacak suyun kalitesini ortaya koyacaktır.

2 nolu yerden alınan numune ise, koagülasyon + çökeltmeye tabi tutulmuş su özelliği taşımaktadır. Buradan alınan numune, koagülasyon ve çökeltme işlemlerinin su kalitesi üzerinde nasıl bir değişmeye yol açtığını tespit etmek amacıyla yöneliktir.



3 nolu yerden alınan numune, koagülasyon + çökeltme + filtrasyon'a tabi tutulmuş su olup, arıtma tesisi çıkış suyu karakteristiğini yansıtmaktadır. Bu numunenin TS 266 'ya uygun olması gerekmektedir.

Arıtma tesisi laboratuvarında karıştırma aparatı olmadığı için kavanoz testleri yapılamamış, bu nedenle suya verilecek alüminyum sülfatın miktarı, normal işletme sırasında olduğu gibi, işletmecilerin tecrübesine dayanılarak verilmiştir.

Deneysel çalışmalar, tesis 30 lt/sn kapasitede çalışırken yapılmış olup, bazı parametrelerin değişimleri de grafik olarak gösterilmiştir.

Tablo -2: Arıtma tesisinde yapılan analizlerin sonuçları

DENEY 1	17.11.1986 su sıcaklığı: ? Verilen alum : 15 mg/lt		
Numunenin alındığı yer	1	2	3
Görünüş	Berrak	Berrak	Berrak
Bulanıklık (Birimi SiO <sub>2</sub> )	Yok	Yok	Yok
Renk (Birimi Pt)	Renksiz	Renksiz	Renksiz
Koku ve tad	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz
Elektriki iletkenlik (Mikromho/cm), 25°C	405	415	430
pH/pH <sub>s</sub>	8,20/7,72	8,10/7,90	8,10/7,72
Toplam sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	18	17,60	17,60
Geçici sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	17,93	17,50	17,53
Kalıcı sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	0,07	0,10	0,07
Fenolftalein(mg/lt) Alkalinitesi (CaCO <sub>3</sub> )	0	0	0
Metiloranj (mg/lt) Alkalinitesi (CaCO <sub>3</sub> )	150	135	150
Buharlaştırma kalıntısı (mg/lt)	-	-	-
Organik madde (mg/lt) (Oksijen cinsinden)	1,2	2	1,4
Kalsiyum (mg/lt)	44	32	43,2
Magnezyum (mg/lt)	16,80	23,04	16,32
Amonyum (mg/lt)	0	0	0
Sodyum (mg/lt)	17,02	17,02	18,40
Potasyum (mg/lt)	1,95	1,95	1,95
Demir (mg/lt)	0,02	0,02	0,02
Karbonat (mg/lt)	0	0	0
Bikarbonat (mg/lt)	183	164,70	183
Klorür (mg/lt)	19,88	19,88	17,75
Sülfat (mg/lt)	39,84	50,40	41,76
Nitrit (mg/lt)	0	0	0
Nitrat (mg/lt)	-	-	-
Suyun özelliği .	incrustante	incrustante	incrustante

Tablo -2. 'nin devamı

DENEY 2	27.1.1987 su sıcaklığı: 6 °C Verilen alum : 35 mg/lt		
	1	2	3
Numunenin alındığı yer			
Görünüş	Tortulu	Tortulu	Az tortulu
Bulanıklık (Birimi SiO <sub>2</sub> )	67	29	16
Renk (Birimi Pt)	4	1	1
Koku ve tad	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz
Elektriki iletkenlik (Mikromho/cm), 25°C	364	369,8	387,1
pH/pH <sub>s</sub>	7,8/7,95	7,6/7,95	7,7/7,95
Toplam sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	18,2	18,2	18
Geçici sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	16	15,8	15,6
Kalıcı sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	2,2	2,4	2,4
Fenolftalein (mg/lt) Alkalinitesi (CaCO <sub>3</sub> )	0	0	0
Metiloranj (mg/lt) Alkalinitesi (CaCO <sub>3</sub> )	160	158	156
Buharlaştırma kalıntısı (mg/lt)	273	277,3	290,3
Organik madde (mg/lt) (Oksijen cinsinden)	3,4	1,8	2
Kalsiyum (mg/lt)	24	23,2	24,8
Magnezyum (mg/lt)	29,65	30,13	28,67
Amonyum (mg/lt)	0,20	0	0
Sodyum (mg/lt)	-	-	-
Potasyum (mg/lt)	-	-	-
Demir (mg/lt)	0,06	0,02	0,02
Karbonat (mg/lt)	0	0	0
Bikarbonat (mg/lt)	195,20	192,76	190,32
Klorür (mg/lt)	12,74	12,74	12,74
Sülfat (mg/lt)	35,50	30,75	35,50
Nitrit (mg/lt)	0,018	0	0
Nitrat (mg/lt)	-	-	-
Suyun özelliği	Zayıf agresif	Zayıf agresif	Zayıf agresif

Tablo -2. 'nin devamı

DENEY 3	21.3.1987 su sıcaklığı : 4 °C Verilen alum : 15 mg/lit		
Numunenin alındığı yer	1	2	3
Görünüş	Az tortulu	Az tortulu	Az tortulu
Bulanıklık (Birimi SiO <sub>2</sub> )	17	8	3
Renk (Birimi Pt)	2	2	2
Koku ve tad	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz
Elektriki iletkenlik (Mikromho/cm), 25°C	384,9	394,9	384,9
pH/pH <sub>s</sub>	7,55/8,25	7,35/7,9	7,2/8,1
Toplam sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	17,20	17,3	17,0
Geçici sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	16,90	14,7	15,7
Kalıcı sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	0,40	2,60	2,10
Fenolftalein (mg/lit) Alkalinitesi (CaCO <sub>3</sub> )	0	0	0
Metiloranj (mg/lit) Alkalinitesi (CaCO <sub>3</sub> )	168,6	147	156,8
Buharlaştırma kalıntısı(mg/lit)	288,7	296,2	288,7
Organik madde (mg/lit) (Oksijen cinsinden)	0,96	1,15	1,15
Kalsiyum (mg/lit)	11,76	29,01	16,46
Magnezyum (mg/lit)	34,77	24,53	33,34
Amonyum (mg/lit)	0	0	0
Sodyum (mg/lit)	-	-	-
Potasyum (mg/lit)	-	-	-
Demir (mg/lit)	0,02	0,02	0,02
Karbonat (mg/lit)	0	0	0
Bikarbonat (mg/lit)	205,56	179,34	191,29
Klorür (mg/lit)	16	14	14
Sülfat (mg/lit)	22	47	34,5
Nitrit (mg/lit)	0,008	0	0
Nitrat (mg/lit)	-	-	-
Suyun özelliği	Agresif	Agresif	Agresif

Tablo -2. 'nin devamı

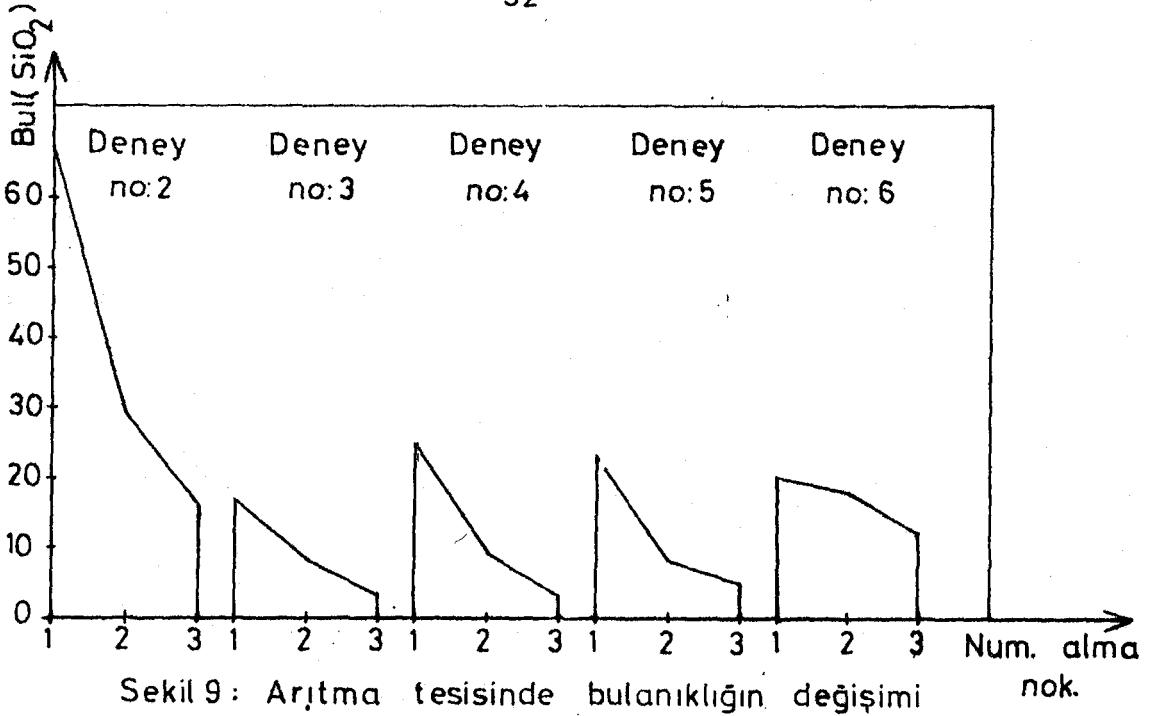
DENEY 4	5.4.1987 su sıcaklığı : 9 °C Verilen alum : 15 mg/lt		
Numunenin alındığı yer	1	2	3
Görünüş	Az tortulu	Az tortulu	Tortusuz
Bulanıklık (Birimi SiO <sub>2</sub> )	25	9	3
Renk (Birimi Pt)	2	2	1
Koku ve tad	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz
Elektriki iletkenlik (Mikromho/cm), 25°C	383,4	379,7	400,1
pH/pH <sub>s</sub>	7,75/7,85	7,50/7,85	7,60/7,90
Toplam sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	18,2	17,4	18,1
Geçici sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	15,1	14,9	14,7
Kalıcı sertlik (Fr. S <sup>o</sup> )	3,1	3,5	3,4
Fenolftalein (mg/lt) Alkalinitesi (CaCO <sub>3</sub> )	0	0	0
Metiloranj (mg/lt) Alkalinitesi CaCO <sub>3</sub> )	150,9	148,9	147
Buharlaştırma kalıntısı (mg/lt)	208	196	190
Organik madde (mg/lt) (Oksijen cinsinden)	1,15	1,15	1,73
Kalsiyum (mg/lt)	33,71	32,54	31,76
Magnezyum (mg/lt)	23,81	25	25
Amonyum (mg/lt)	0	0	0
Sodyum (mg/lt)	-	-	-
Potasyum (mg/lt)	-	-	-
Demir (mg/lt)	0,02	0,02	0,02
Karbonat (mg/lt)	0	0	0
Bikarbonat (mg/lt)	184,12	181,73	179,34
Klorür (mg/lt)	12	11	15
Sülfat (mg/lt)	42,5	47	49
Nitrit (mg/lt)	0,005	0,005	0
Nitrat (mg/lt)	-	-	-
Suyun özelliği	zayıf agresif	agresif	agresif

Tablo -2. 'nin devamı

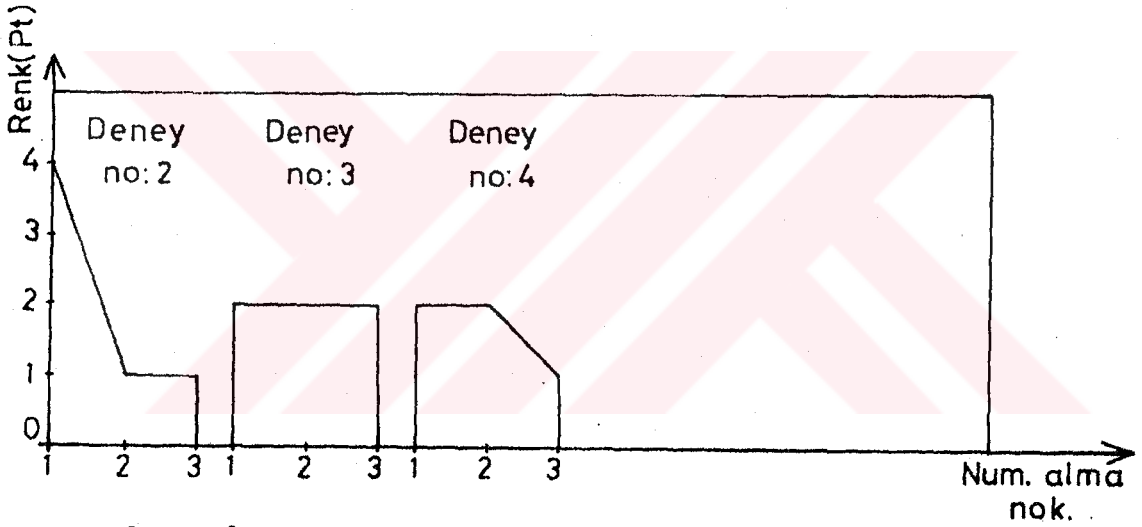
DENEY 5	26.5.1987 su sıcaklığı: 19 °C Verilen alum : 15 mg/lt		
Numunenin alındığı yer	1	2	3
Görünüş	Az tortulu	Az tortulu	Az tortulu
Bulanıklık (Birimi SiO <sub>2</sub> )	23	8	5
Renk (Birimi Pt)	-	-	-
Koku ve tad	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz
Elektriki iletkenlik (Mikromho/cm), 25°C	350	350	350
pH	7,60	-	-
Toplam sertlik (Fr. S°)	16	16,5	16,5
Geçici sertlik (Fr. S°)	-	-	-
Kalıcı sertlik (Fr. S°)	-	-	-
Fenolftalein (mg/lt) Alkalinitesi (CaCO <sub>3</sub> )	0	0	0
Metiloranj (mg/lt) Alkalinitesi (CaCO <sub>3</sub> )	170,8	158,6	158,6
Buharlaştırma kalıntısı(mg/lt)	-	-	-
Organik madde (mg/lt) (Oksijen cinsinden)	1,65	1,65	1,52
Kalsiyum (mg/lt)	24	28	28
Magnezyum (mg/lt)	24,30	23,09	23,09
Amonyum (mg/lt)	0	0	0
Sodyum (mg/lt)	-	-	-
Potasyum (mg/lt)	-	-	-
Demir (mg/lt)	0,06	0	0
Karbonat (mg/lt)	0	0	0
Bikarbonat (mg/lt)	208,38	193,49	193,49
Klorür (mg/lt)	12,43	12,43	12,43
Sülfat (mg/lt)	14,4	28,8	28,8
Nitrit (mg/lt)	0	0	0
Nitrat (mg/lt)	0	0	0
Suyun özelliği	-	-	-

Tablo -2 'nin devamı

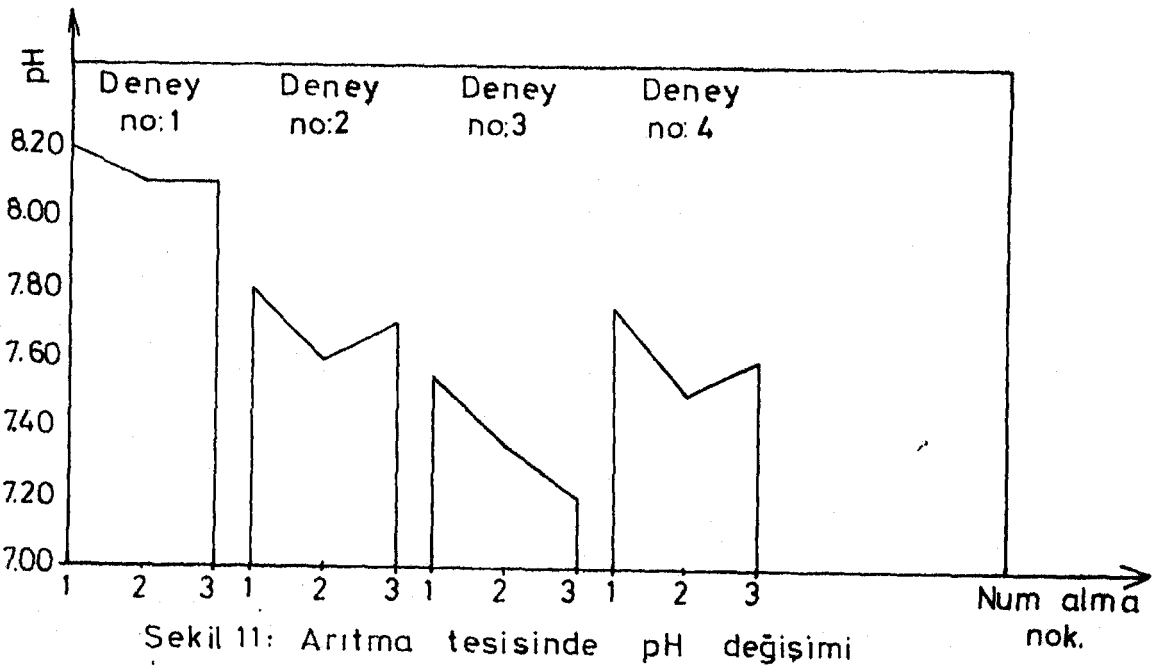
DENEY 6	15.6.1987 su sıcaklığı : ? Verilen alum : Verilmedi		
	1	2	3
Numunenin alındığı yer			
Görünüş	Az tortulu	Az tortulu	Tortusuz
Bulanıklık (Birim $SiO_2$ )	20	18	12
Renk (Birim Pt)	-	-	-
Koku ve tad	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz
Elektriki iletkenlik (Mikromho/cm), 25°C	365	365	355
pH	7,80	-	-
Toplam sertlik (Fr. $S^o$ )	19	19	18
Geçici sertlik (Fr. $S^o$ )	-	-	-
Kalıcı sertlik (Fr. $S^o$ )	-	-	-
Fenolftalein (mg/lt) Alkalinitesi ( $CaCO_3$ )	0	0	0
Metiloranj (mg/lt) Alkalinitesi ( $CaCO_3$ )	189,1	183	183
Buharlaştırma kalıntısı(mg/lt)	-	-	-
Organik madde (mg/lt) (Oksijen cinsinden)	2,2	2,1	2,1
Kalsiyum (mg/lt)	28	24	20
Magnezyum (mg/lt)	29,16	29,16	31,59
Amonyum (mg/lt)	0,097	0,072	0
Sodyum (Mg/lt)	7,36	6,9	6,9
Potasyum (mg/lt)	4,29	3,51	3,51
Demir (mg/lt)	0,02	0	0
Karbonat (mg/lt)	0	0	0
Bikarbonat (mg/lt)	230,70	223,26	223,26
Klorür (mg/lt)	13,49	12,78	12,78
Sülfat (mg/lt)	35,04	39,84	29,76
Nitrit (mg/lt)	0,0099	0,0099	0
Nitrat (mg/lt)	0,44	0,44	0
Suyun özelliği	-	-	-



Sekil 9: Arıtma tesisinde bulanıklığın değişimi

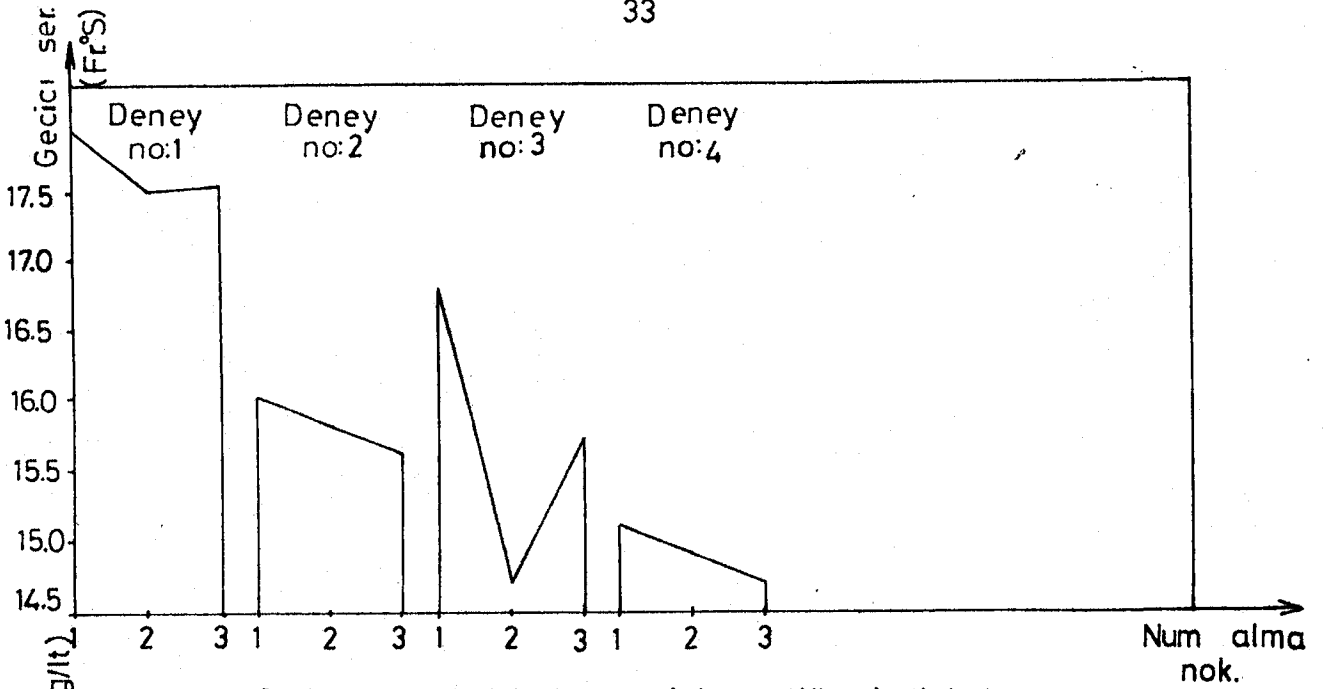


Sekil 10: Arıtma tesisinde renk değişimi

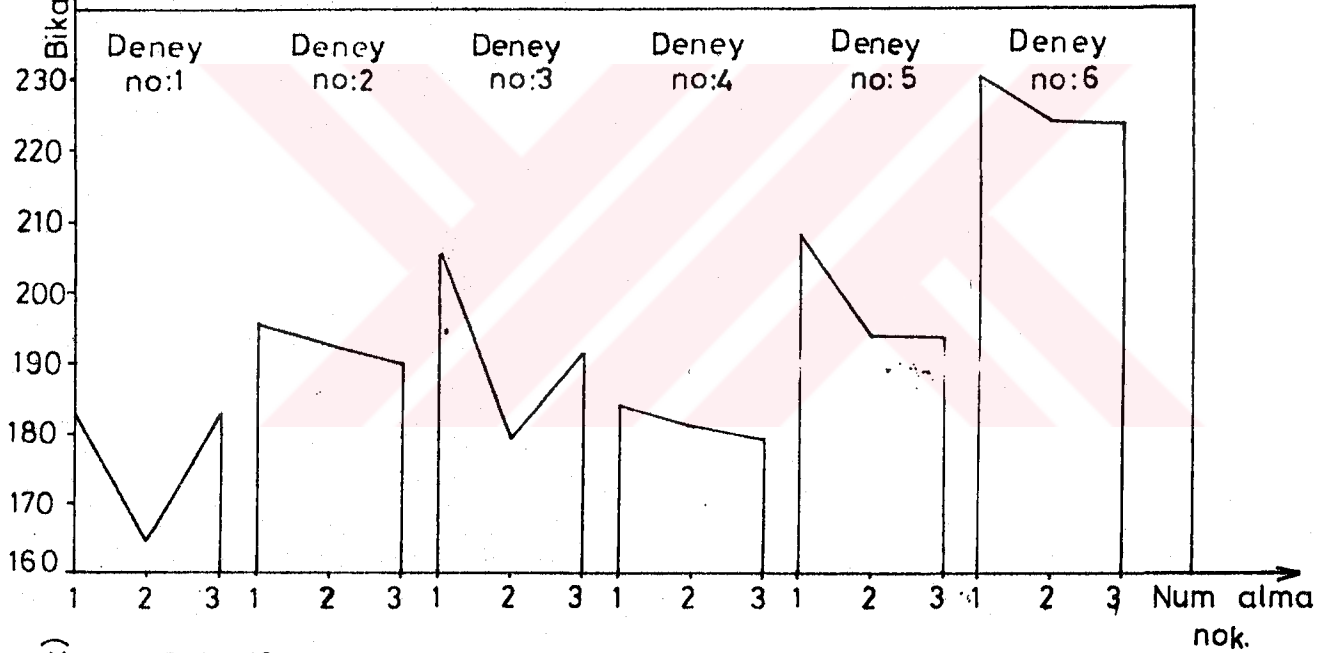


Sekil 11: Arıtma tesisinde pH değişimi

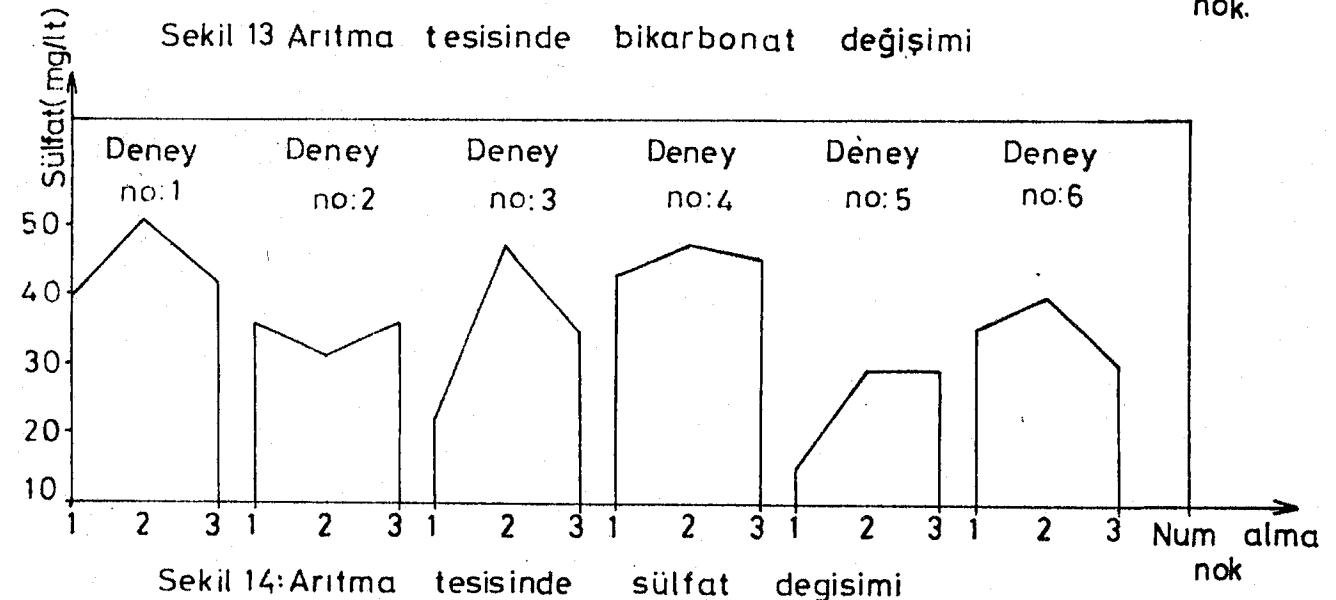




Sekil 12: Arıtma tesisinde geçici sertlik değişimi



Sekil 13 Arıtma tesisinde bikarbonat değişimi



Sekil 14: Arıtma tesisinde sülfat değişimi

## 4. DEĞERLENDİRME VE MUKAYESELER

### 4.1. Göl Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi

Beyşehir gölü suyunun kalitesini belirlemek için yapılan analizler, hamsuyun özelliklerini karakterize edecek şekilde benzer sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada yapılan analizlerle 1975 yılındaki yapılan analizlerin neticeleri birbirine oldukça yakın çıkmaktadır. Bu da bize, o günden bu yana göl suyu kalitesinde önemli bir değişme olmadığını göstermektedir.

Tablo -1 'den görüleceği üzere, gölde bulanıklık değeri 4 birim ( $\text{SiO}_2$ ) ile 67,5 birim ( $\text{SiO}_2$ ) arasında değişmektedir. Bulanıklığın pik değeri hava şartlarındaki ani değişmeyi (dalga) yansıtmaktadır (Şekil 4). Tablo -1 'den görüldüğü gibi, bulanıklık değeri diğer zamanlarda da TS 266 da izin verilen 5 birimi ( $\text{SiO}_2$ ) aşmaktadır.

Sahilden 200 m ve 500 m içeriden alınan numunelerdeki bulanıklık değeri sırayla 6 ve 3 birim ( $\text{SiO}_2$ ) olarak tespit edilmiştir. Bu da bulanıklığın sahilden iç kesimlere doğru azaldığını göstermektedir. Yağış veya dalga olunca, gölün sahilden itibaren 700-800 m 'lik kısmında bir bulanıklık seridi meydana gelmektedir.

Gölsuyu renginin 1 birim (Pt) ile 4 birim (Pt) arasında olduğu Şekil -4 'den anlaşılmaktadır. Bu değerler TS 266 da müsaade edilen 5 birimin altındadır. Göl suyunda mangan olmayışı, demirin de yok denecek kadar az oluşu, rengin daha çok organik maddelerden ileri geldiğini göstermektedir.

Yapılan analizlerin birinde yosun kokusu tespit edilmiştir. TS 266 da suyun kokusuz olması istenmektedir. Göl sahilinde çok fazla olmamakla beraber yosun ve sazlık bulunmaktadır.

TS 266 da elektriki iletkenlikle ilgili bir limit yoktur. Tablo-1 'den görüleceği üzere, gölsuyunda elektriki iletkenlik 364 mho/cm ile 444,9 mho/cm arasında değişmektedir. Bu da bize su içindeki toplam erimiş madde hakkında bilgi vermektedir. Analizlerin incelenmesinden, elektriki iletkenlik değerlerinin yüksek olduğu hallerde, buharlaşma kalıntısının da yüksek çıktığı görülmektedir.

Tablo -1 'den görüleceği üzere, gölsuyunda pH değeri 7,65 ile 8,20 arasında değişmektedir. Bu da TS 266 da müsaade edilen değerler arasında kalmaktadır.

Gölsuyunda sertlik Tablo -1 'den görüldüğü gibi 14,9 Fr. S<sup>o</sup> ile 20,4 Fr. S<sup>o</sup> arasındadır. Sertlik değeri, 15 Fr. S<sup>o</sup> ile 30 Fr. S<sup>o</sup> arasında olan sular sert su sınıfına girdiğinden, gölsuyunun sertlik değeri, sert suların alt değeri olarak kabul edilebilir.

Alkalinite ile TS 266 da herhangi bir sınırlama yoktur. Fenoltalein alkalinitesi analizlerin çoğunda sıfır olarak tespit edilmiştir. Metiloranj alkalinitesi ise 148,5 mg/lt (CaCO<sub>3</sub>) ile 170,3 mg/lt (CaCO<sub>3</sub>) arasında değişmektedir.

Tablo -1 'den görüleceği üzere, buharlaşma kalıntısı 190 mg/lt ile 303,3 mg/lt arasında olup, TS 266 da izin verilen değerler arasında kalmaktadır.

TS 266 da müsaade edilen organik madde miktarı, 3,5 mg/lt 'dir. Tablo -1 'den görüleceği üzere, organik madde miktarı, bir analizin dışında müsaade edilen sınırlar içinde kalmıştır.

Kalsiyum ve magnezyum için TS 266 da izin verilen sınır değerleri sırayla 75 mg/lt, 50 mg/lt, maksimum değerleri ise 200 mg/lt 150 mg/lt arasında yapılan analizlerde kalsiyum 14,36 mg/lt ile 34,80 mg/lt arasında, magnezyumun ise 18,81 mg/lt ile 40,78 mg/lt arasında değiştiği görülmüştür.

Analizlerde gölsuyunda mangan olmadığı, demirin ise 0,02 mg/lt ile 0,06 mg/lt arasında değiştiği gözlenmiştir.

Karbonat, gölsuyunda çoğu zaman sıfır çıkmakla beraber, bazen de 23,52 mg/lt 'ye kadar yükselmektedir. Bikarbonat ise, 139,82 mg/lt ile 195,20 mg/lt arasında değişmektedir. TS 266 da bu konuda bir sınırlama yoktur.

Yapılan analizlerde, gölsuyunda 19.3.1986 tarihinde amonyum çıkmıştır. Amonyum çıkması gölün kullanılmış sularla kirletildiğini ve kirliliğin süre bakımından uzun olmadığını göstermektedir (11).

TS 266 da, suda nitritin bulunmasına müsaade edilmemektedir. Suda az miktarda amonyum ve nitrit bulunması, suyun az da olsa organik kirlenmeye maruz kaldığını göstermektedir. Ancak yüzey sularında az miktarda amonyum ve nitritin bulunması kaçınılmaz olmaktadır. Suda  $NH_3$  bilhassa biyolojik organizmaların büyümesine sebep olacağından istenilmemektedir (4).

Dünya Sağlık Teşkilatı, içme suyunda  $NH_3$  miktarı için bir standart koymamıştır. Ancak aynı kuruluş, 0,5 mg/lt 'nin altındaki  $NH_3$  miktarı için aşırı kirlenme olmadığını belirtiyor (4). Beyşehir gölünde tespit edilen maksimum nitrit konsantrasyonu ise, 0,044 mg/lt 'dir.

Gölsuyu analiz neticelerine göre; bulanıklık, koku ve tad, amonyum, nitrit değerleri TS 266 limitlerine göre zaman zaman yüksek çıkmaktadır. Bu da gölsuyunun arıtıldıktan sonra içilebileceğini göstermektedir.

#### 4.2. Arıtma Tesisi Su Kalitesinin Değerlendirilmesi

Burada arıtma tesisi girişi (1 nolu nokta), çökeltim havuzu çıkışı (2 nolu nokta) ve filtre çıkışından (3 nolu nokta) alınan numunelerin fiziksel ve kimyasal analiz neticeleri değerlendirilecektir.

**Görünüş değişimi :** Tablo -2 'deki analizler incelendiğinde, 1 nolu noktadan alınan numuneler tortulu veya az tortulu görülmektedir. 2 nolu yerden, yani çökeltim havuzu çıkışından alınan numuneler ise, yine tortulu görülmektedir. Bu tortuların büyük çoğunluğunu, çökeltim havuzunda çökelemeyen veya parçalanmış alum yumakları teşkil etmektedir. Filtre çıkışında ise tortunun tamamen kaybolduğu görülmektedir.

**Bulanıklık değişimi :** Analiz neticelerinden anlaşıldığı gibi çökeltim havuzu çıkışından alınan numunelerin bulanıklık değeri, arıtma girişine nazaran düşüktür. Koagülasyon sırasında oluşan yumakların çökeltim havuzunda çökmesi sonucu, bulanıklığın azaldığı görülmektedir. Ancak çökeltme sonundaki bulanıklık değeri yine de yüksektir. Suyu filtreden geçirmeden bu haliyle şebekeye vermek mümkün değildir. 27.1.1987 tarihli analiz incelenecek olursa, bulanıklık çökeltim havuzu çıkışında 29 birim  $SiO_2$ , filtre çıkışında 16 birim  $SiO_2$  olarak tespit edilmiştir. Bu değer TS 266 da izin verilen 5 birim  $SiO_2$  'i aşmaktadır. Görüldüğü gibi, çökeltim havuzundan çıkan suyun bulanıklığı fazla olunca, hızlı filtreler tam etkili olamamaktadır.. Bu yüzden su kalitesinin düzeltilmesi ve geri yıkama periyodlarının uzatılması için çökeltim havuzlarından çıkan suyun bulanıklığının daha az olması gerekir.

Çökeltim havuzu çıkışında bulanıklığın yüksek çıkması, koagülasyonun yetersiz olduğunu göstermektedir. Ayrıca çökeltim havuzlarının yüksek hızla çalışan plakalı çökeltim havuzu oluşu, koagülasyonun önemini daha da arttırmaktadır.

15.6.1987 tarihli analizde alum vermeden bulanıklığın ne ölçüde giderilebileceği amaçlanmıştır. Görüldüğü gibi bulanıklık, arıtma tesisi girişinde 20 birim  $\text{SiO}_2$  iken, çökeltim havuzu çıkışında 18 birim  $\text{SiO}_2$  'e düşmektedir. Bu da alum kullanılmadığı zaman çökeltim havuzunun bulanıklık gidermede etkili olmadığını göstermektedir. Filtre çıkışında ise bulanıklığın 12 birim  $\text{SiO}_2$  'e kadar düştüğü görülür. Ancak bu değer, TS 266 da izin verilen değeri aşmaktadır.

Diğer analizler incelenecek olursa, filtre çıkışında bulanıklığın TS 266 da izin verilen limiti aşmadığı anlaşılmaktadır. Fakat kimyasal maddelerle çökeltmiş ve filtre edilmiş sularda bulanıklık genellikle 1 birim  $\text{SiO}_2$  'den az çıkmaktadır (1).

**Renk değişimi :** Tablo - 2 'deki analizler incelenecek olursa, rengin TS 266 da izin verilen değerinin altında kaldığı görülür. Arıtma girişindeki rengin, çökeltim havuzu ve filtre çıkışında bir miktar azaldığı görülmektedir. Buna, bulanıklığı giderilen suda görünen rengin kalmaması sebep olmaktadır (1).

Ayrıca hakiki rengi meydana getiren bitkisel ve organik menşeli kolloid maddeler genellikle negatif yüklü olduklarından suya katılan kaagülant maddenin pozitif iyonları ile birleşerek çökelirler (1).

**Koku ve tad değişimi :** TS 266 da içme suyunun kokusuz ve tadının normal olması istenir. Yapılan analizlerde suyun kokusuz olduğu belirtiliyorsa da, arıtma çıkışından ve şebekeden alınan numunelerin az miktarda koku ihtiva ettiği görülmüştür. Özellikle yaz aylarında çeşitli sebeplerle (klor tükenmesi vb.) klor verilmediği zaman suyun koktuğu ve halkın şikayetçi olduğu, işletmeciler tarafından belirtilmektedir.

Görüldüğü gibi klor, koku problemini önemli derecede gidermektedir.

**Elektriki iletkenlik değişimi :** Elektriki iletkenlik için, TS 266 da bir sınırlama yoktur. Ancak elektriki iletkenlik, su içindeki toplam erimiş madde hakkında bilgi verir. Eriyik haldeki toplam katı maddelerin miktarı, elektriki iletkenliğin yaklaşık % 75 'i kadardır. Yapılan analizlerde de buharlaşma kalıntısı, elektriki iletkenliğin % 75 'i kadar çıkmaktadır.

Arıtma tesisi analizlerinde elektriki iletkenliğin 350 mho/cm ile 430 mho/cm arasında değiştii tespit edilmiştir.

**pH değişimi :** Analiz neticeleri incelenecek olursa, suyun pH sınırın arıtma girişine nazaran çökeltme havuzu ve filtre çıkışında düştüğü gözlenmektedir. Buna, koagülasyon sırasında sudaki hidrojen iyonu ( $H^+$ ) konsantrasyonunun artması sebep olmaktadır.

Filtre çıkışında pH 7,20 ile 8,10 arasında değişmektedir. Bu değerler TS 266 da izin verilen değerler arasında kalmaktadır.

**Sertlik değişimi :** Filtre çıkışında toplam sertlik 16 Fr. S<sup>o</sup> ile 19 Fr. S<sup>o</sup> arasında değişmektedir.

Koagülasyon sırasında alüminyum sülfat, suyun alkaliği ile birleşince, kalsiyum sülfat meydana gelmektedir. Bundan dolayı, analiz neticelerinde de görüleceği gibi, suyun karbonat sertliği (geçici sertlik) biraz azalmakta, karbonat olmayan sertliği (kalıcı sertlik) ise, o miktarda artmaktadır (1).

**Alkalinite değişimi :** TS 266 da alkalinite için bir limit yoktur. Yapılan analizlerde, fenolftalein alkalinitesi sıfır çıkmaktadır. Alüminyum sülfatla koagülasyon sırasında, koagülant madde, suyun alkaliliği ile birleşmekte, dolayısıyla analiz neticelerinde görüleceği gibi, giriş suyuna nazaran çökeltim havuzu ve filtre çıkışında metiloranj alkalinitesi bir miktar düşmektedir (1). Metiloranj alkalinitesinin filtre çıkışında 147 mg/lt

$\text{CaCO}_3$  ile 183 mg/lt  $\text{CaCO}_3$  arasında değiştiği gözlenmiştir.

**Buharlaşma kalıntısı değişimi :** TS 266 da buharlaşma kalıntısı için müsade edilen değer 500 mg/lt maksimum değer 1500 mg/lt'dir. Yapılan analizlerde buharlaşma kalıntısı, filtre çıkışında 190 mg/lt ile 290,3 mg/lt arasında değişmektedir.

**Organik madde değişimi :** Analizlerde, filtre çıkışında organik madde miktarı, 1,15 mg/lt ile 2,1 mg/lt arasında çıkmakta olup, TS 266 da izin verilen değer 3,50 mg/lt 'dir. Arıtma tesisi girişinde tespit edilen maksimum organik madde miktarı ise, 3,40 mg/lt olarak bulunmuştur.

**Kalsiyum ve magnezyum değişimi :** Analiz neticeleri incelenecek olursa, arıtma çıkışında tespit edilen kalsiyum miktarının 16,46 mg/lt ile 43,20 mg/lt arasında olduğu görülür. TS 266 da ise, müsade edilen değer 75 mg/lt maksimum değer 200 mg/lt 'dir.

TS 266 da magnezyum için müsade edilen değer 50 mg/lt maksimum değer 150 mg/lt dir. Yapılan analizlerde filtre çıkışında tespit edilen miktarı 33,34 mg/lt 'dir.

**Sodyum - Potasyum değişimi :** Tablo -2 'deki analizler incelenecek olursa, filtre çıkışında tespit edilen maksimum sodyum miktarı 18,40 mg/lt, potasyum miktarı ise 3,51 mg/lt 'dir.

**Karbonat - Bikarbonat değişimi :** Yapılan analizlerde karbonat çıkmamıştır. Bikarbonat ise alumla reaksiyona girdiğinden azalmaktadır. Filtre çıkışında bikarbonatın miktarı 223,26 mg/lt ile 179,34 mg/lt arasında değiştiği tespit edilmiştir.

**Klorür ve sülfat değişimi :** TS 266 da klorür için müsade edilen miktar 200 mg/lt, maksimum miktar ise, 600 mg/lt 'dir. Arıtma tesisi çıkışında tespit edilen mksimum klorür miktarı 17,75 mg/lt 'dir.



Analiz neticeleri incelenecek olursa, sülfat miktarı arıtma girişine nazaran çökeltim havuzu ve filtre çıkışında bir miktar artmaktadır. Alüminyum sülfat ile koagülasyon sırasında sudaki sülfat konsantrasyonu artmaktadır. Çıkış suyundaki maksimum sülfat miktarı 49 mg/lt olarak tespit edilmiştir. TS 266 da mücade edilen değer, 200 mg/lt 'dir.

**Amonyum - Nitrit - Nitrat değişimi :** 15.6.1987 ve 27.1.1987 tarihli analizlerde, suda amonyuma rastlanmış, ancak filtre çıkışında amonyumun tamamen giderildiği görülmektedir.

Birkaç analizde tespit edilen düşük miktardaki nitrit ve nitratın da tamamen giderildiği görülmüştür.

#### **4.3. Mevcut Arıtma Tesisinin Teorik ve Deneysel Bilgiler Yardımıyla Kritiği**

İçme suyu tasfiyesinde en önemli hususlardan biri, hamsuyun kalitesine ve tasfiye edilmiş suyun kullanma amacına göre, en uygun tasfiye akım şemasının seçilmesidir. Ayrıca iyi bir projelendirme için tasfiye birimlerinin çeşitli parametreler üzerindeki tesirleri ve verimleri mutlaka bilinmelidir. Tablo -3 'de, bazı temel işlemlerin çeşitli parametreler üzerine tesirleri verilmiştir (4, 11).

Tablo -3 'deki rakamlar aşağıdaki gibi anlamlandırılabilir:

- 1- Eğer pH yüksek ise ilave olarak kireçle muamele yapılır.
- 2- Kimyasal çökeltme ile birlikte.
- 3- Bulanıklılığın fazla olması halinde filtre çok çabuk tıkanır.
- 4- Klorofenol tadı dahil değil.
- 5- Eğer kırılma noktası klorlaması yapılır veya klorun alınmasından sonra süper klorinasyon tatbik edilirse.
- 6- Çok kesif bir koku ve tadın mevcut olması halinde 5. tatbik edilemezse.

Tablo -3: Temel işlemlerin çeşitli parametreler üzerine etkisi

Parametre	Bakteri	Renk	Bulanıklık	Tad ve koku	Sertlik	Korozyon	Demir ve Manganez
Aritma yöntemi							
a- Havalandırma	0	0	0	+++	+	+++8 ---9	+++
b- Koagülasyon ve çökeltilme	++	+++	+++	(+)	(--)	7	+12
c- Kireç, soda yumuşatması ve çökeltilme	(+++),1,2	0	(++)	(++)	+++	11	(++)
d- "b" olmadan yavaş kum filtresi	+++	++	+++3	++	0	0	++++12
e- Koagülasyon çökeltilme ve hızlı kum filtresi	+++	+++	+++	(++)	(--)	7	++++12
f- Klorlama	+++	0	0	+++5 --6	0	0	0

Notasyon :

- giderilememe
- + az giderilme
- ++ kayda değer derecede giderilme
- +++ Önemli derecede giderilme
- ++++ Çok önemli derecede giderilme

Dolaylı tesirler parantez içinde gösterilmiştir

- 7- Bazı koagülantlar, karbonatı sülfat haline çevirir.
- 8- Karbondioksidin uzaklaştırılması halinde.
- 9- Koroziflik düşükse, oksijen ilavesi sebebiyle.
- 10- Bazı koagülant  $CO_2$  'yi serbest bırakır.
- 11- Yüksek pH değerlerinde bazı metaller reaksiyona girdiğinden değişkendir.
- 12- Havalandırmadan sonra.

Beyşehir içmesuyu arıtma tesisi, Tablo -3 'den de görüleceği üzere, e ve f grubundaki arıtma yöntemlerini kapsamaktadır.

Tablo -3 incelendiğinde, mevcut ünitelerle bakteri üzerinde çok önemli derecede giderme olacağı belirtilmektedir. Nitekim yapılan bakteriyolojik analizlerde, koliform bakteri sayısının sıfır çıktığı Tablo -6 'te görülmektedir. Klorlama olmadan, koagülasyon çökeltme ve hızlı kum filtresiyle bakterilerin % 100'ünün giderilemeyeceği açıktır. Bu nedenle özellikle yüzey sularında dezenfeksiyon zorunlu olmaktadır.

Mevcut arıtma yöntemleri ile bulanıklılığın da çok önemli derecede giderilebileceği Tablo -3 'ten görülmektedir. Yapılan analizlerden biri hariç, diğerleri TS 266 daki sınırlar arasında bulunmuştur. TS 266 ya aykırılık teşkil eden analizin ise, suyun pH 'sına uygun alum dozunun verilememesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Mevcut sistemle renk üzerinde önemli derecede giderme olabileceği belirtilmektedir. Arıtma tesisi girişinde rengin az olmasına rağmen, bu sistemle önemli derecede azaldığı Tablo -2 'deki analizlerden görülmektedir.

Tablo -3 'den görüleceği gibi, bu sistemle sertliğin artacağı belirtilmektedir. Yapılan analizlerde, kalıcı sertliğin bir miktar arttığı daha önce belirtilmişti.

Mevcut ünitelere havalandırıcı ilave edildiği zaman, demir ve manganın çok önemli derecede giderilebileceği Tablo -3 'den görülebilir. Yapılan analizler incelendiğinde, arıtma girişindeki düşük konsantrasyondaki demirin bu sistemle giderilemediği görülmektedir.

Tablo -3 'de tad ve kokunun koagülasyon, çökeltme ve hızlı kum filtresi ile kayda değer derecede giderilebileceği, klorlama ile ise, çok önemli derecede giderilebileceği belirtilmektedir. Özellikle yaz mevsiminde klor verilmediği zaman suyun koktuğu, klor verildiği zaman ise kokunun azaldığı ancak, suyun içiminin istenilen lezzette olmadığı anlaşılmıştır.

Mevcut sistemle korozyonun artacağı belirtilmektedir. Suyun agresif (korozif) olması, sudaki karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) ve bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dengesinin bulunamamasından ileri gelir (11). Bu dengenin bulunduğu pH değerine, doygunluk pH 'ı veya saturasyon pH 'ı diyoruz.

Korozyon olmaması için;

$$0 < I_s < 0,5$$

$$\text{HCO}_3^- > 122 \text{ mg/lt}$$

$$8,0 < \text{pH} < 8,3$$

$$\text{NH}_4^+ < 5,4 \text{ mg/lt} \text{ olması uygundur (11).}$$

Bunlardan göl suyunda  $\text{HCO}_3^- > 122 \text{ mg/lt}$  'den çok büyük  $\text{NH}_4^+ < 5,4 \text{ mg/lt}$  den oldukça küçük çıktığından  $\text{HCO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  korozyona neden olmaz. Ancak  $I_s$  (saturasyon indeksi) =  $\text{pH} - \text{pH}_s$  değerinin arıtma girişine nazaran, çökeltim havuzu ve filtre çıkışında küçüldüğü görülmektedir.  $I_s < 0$  olması halinde su korozif özellik gösterecektir. Suyun korozif olması borunun erken aşınmasına, borudan kopan parçalar ise su kalitesinin bozulmasına sebep olacaktır.

## 5. TEKLİFLER VE ÇÖZÜMLER

### 5.1. Tad ve Kokunun Giderilmesi

#### 5.1.1. Tad ve koku gidermenin önemi

İçmesuyunun sadece sıhhi olması, onun iştahla içilebilmesi için yeterli olmamaktadır. Sıhhi şartlar yanında suyu cazip hale sokacak fiziki şartların da (sıcaklık, renk, bulanıklık, tad ve koku) bulunması istenmektedir. İçmesuyunda tad ve koku veren maddelerin bulunması, onun kullanılmasını azaltmakta, hattâ toplumu kontrolsüz, sıhhi olmayan kaynaklara yöneltmektedir.

Yüzey sularında tad ve koku problemi, yeraltı sularından daha çok görülmektedir. Bunun sebebi, yüzey sularının gerek tabii olarak, gerekse insanlar tarafından verilen organik maddelerce daha fazla kirlenmeye maruz kalmasıdır.

#### 5.1.2. Tad ve koku tedbirleri

1- Su kaynaklarının kirlenmesini önleyici tedbirler,

2- Tasfiye tesisinde tad ve koku giderilmesi

olmak üzere iki sınıfta incelenebilir.

Birinci madde ile ilgili olarak, ikinci bölümde gölü kirletici

kaynaklar üzerinde durulmuştur. Burada tasfiye tesisinde tad ve koku giderilmesi üzerinde durulacaktır.

### 5.1.3. Arıtma tesisinde tad ve koku giderme yöntemleri

Arıtma tesislerinde, tad ve koku aşağıda belirtilen yöntemlerden biri veya birkaçı ile giderilebilir.

- a) Havalandırma,
- b) Biyooksidasyon,
- c) Yumaklaştırma,
- d) Klorldioksit,
- e) Klordiyoksit,
- f) Ozon,
- g) Potasyum permanganat,
- h) Aktif karbon (11).

Yukarıda belirtilen tad ve koku giderme yöntemlerinden bazılarının dezenfektan özelliği vardır. Dezenfektan özelliği bulunan maddelerin tad ve koku giderme kabiliyetleri yanında, dezenfektan özelliğinin de verilmesi uygun görülmüştür.

**Havalandırma :** Tad ve koku gidermek için kullanılan havalandırma, istenmeyen maddelerin dışarı atılmasını ve onların yerine havadaki oksijen ve diğer gazların girmesini sağlayan fiziksel bir işlemdir. Suda rastlanan kokuların çoğu uçucudur (1). Giderilmesi istenen bileşikler uçucu ise, havalandırma tad ve koku kontrolü için en ucuz ve uygun bir yöntemdir (11).

**Biyooksidasyon :** Bazı koku ve tad veren organik maddeler, biriktirme haznelerinde bekletilmeleri sırasında ve hızlı veya yavaş filtrelerden süzülürken giderilebilmektedir (1). Ancak bu sistemlerin verimliliği, tad ve koku veren maddelerin ayrışma kabiliyetine bağlıdır (11).

**Yumaklaştırma :** Yumaklaştırma, tad ve koku kontrolünde genellikle etkili bir çözüm tarzı değildir. Çünkü tad ve koku veren maddeler, suda genellikle çözülmüş halde bulunurlar. Dolayısıyla bunlar,  $Al^{+3}$  ve  $Fe^{+3}$  gibi yumaklaştırıcılarla çözünemeyen bir şekilde indirgenemezler. Bununla beraber, tad ve koku veren bazı maddeler yumaklar tarafından absorbe edilerek, sudan uzaklaştırılabilir (11).

**Klorlama :** Kırılma noktası klorlaması yapıldığı takdirde tad ve koku yapan maddeler oksitlenerek, yok olmaktadır. Ancak su fenol ihtiva ediyorsa, klor fenol ile birleşerek; klorofenolleri meydana getirir. Klorofenollerin ise az miktarı istenmeyen tad ve kokulara sebep olacağından, klorla tad ve koku probleminde dikkatli davranılmalıdır (11).

**Klor dioksit :** Klor dioksit fenolik tad ve kokuları gidermekte başarılı olmuştur. Kendisi fenollerle birleşmez, bu sebeple de fenolik tad ve koku meydana getirmez. Çok kuvvetli bir oksidasyon olduğundan, fenolleri tad ve koku meydana getiren birçok maddeleri imha etmektedir.

**Dezenfektan etkisi;** klor dioksitle dezenfeksiyon klorlama işlemlerinin en etkilisi ve en pahalısıdır. Oksitleme gücü yüksek olduğundan, reaksiyon süresi sadece bir-iki dakikadır. Virüsler üzerinde etkilidir. Klor dioksit dezenfeksiyon mahallinde imal edilmelidir. Çünkü, ancak birkaç saat için depolanabilir. Kimyasal madde ve ekipman masrafı oldukça fazladır (14).

**Ozon :** Oksidasyonla gidecek tad ve kokunun giderilmesinde faydalıdır. Fazla doz verildiğinde sudaki oksijen miktarı artar. Fenollerle birleşerek kötü koku meydana getirmez. Tad ve koku kontrolundan başka, renk giderilmesi, demir ve mangan oksidasyonunda kullanılabilir (11).

Dezenfektan etkisi; oksitleme gücü çok kuvvetli ve reaksiyon süresi çok kısadır. Virüsler de dahil, bütün mikroorganizmalar birkaç saniye içinde ölürlür.

Ozonla dezenfeksiyonun en mühim dezavantajı, maliyetinin çok yüksek olmasıdır. Gerekli ekipman oldukça karmaşık olup, uzman elektrikçilerle bakımı gerektirir (14).

**Potasyum permanganat :** Potasyum permanganatla tad ve koku giderme, bu alanda uygulanan etkili bir yöntemdir. Tasfiye tesisi başlangıcında verilmesi gerekir. Çünkü tad ve koku veren bileşiklerin güç oksitlenebildiği için daha uzun bir süre geçmektedir. Fazla dozlama yapılırsa, pembe permanganat rengi, filtrelerden geçerek, içmesuyu şebekesine girer. Orada çözünmüş mangan dioksit halinde dağılarak, giyim eşyaları ve diğer eşyalarda renkli lekeler bırakır.

Dezenfektan etkisi; sulu çözeltide kullanılan zayıf bir dezenfektan tuz olup, içmesuyu dezenfeksiyonunda fazla kullanılmaz. Virüslere karşı etkisi ise şüphelidir (14).

**Aktif karbon :** Aktif karbon, tad ve koku kontrolü için iyi bilinen ve çok eskiden beri kullanılan bir tasfiye usûlüdür. Aktif karbon, ister daneli isterse toz halinde kullanılsın, fiziki bir tutma (adsoblama) şeklinde etki eder, kimyasal bir reaksiyon yapmaz (11).

Aktif karbon ile tad ve koku kontrolünde, çoğunlukla iyi neticeler alınmaktadır. Bazen istenilen neticenin alınamaması, dozaj eksikliğinden veya tatbik noktasının iyi seçilememesinden kaynaklanmaktadır. Aktif karbon, arıtma tesislerine gelen su borusunda, karıştırma havuzunda, çökeltme havuzlarında, filtreye giriş kanalında ve filtrelerde tatbik edilebilir (11).

Yukarıda tad ve koku giderme yöntemlerinden bahsedildi. Görüldüğü



gibi aktif karbon, tad ve koku kontrolunda etkin yöntemlerden biridir. Arıtma tesisinde uygulanması halinde maliyet artacak, işletme ve kontrolü zor olacaktır.

Klor dioksit, ozon ve potasyum permanganatın tad ve koku giderme kabiliyeti yanında, dezenfektan özelliği ele alındı.

Görüldüğü gibi ozon ve klor dioksit, gerek tad ve koku giderme yönünden gerekse dezenfektan özelliği yönünden üstündür. Ancak ozon ve klor dioksidin yerinde üretilmesinin gerekliliği, maliyetinin yüksek oluşu, işletmesinin güç oluşu temel mahzurları teşkil etmektedir.

O halde havalandırma, tad ve koku gidermede uygun ve ekonomik bir yöntem olacaktır. Suyun havalandırılması ile tad ve kokunun giderilmesinden başka, su kalitesinde önemli ölçüde düzelme olacaktır.

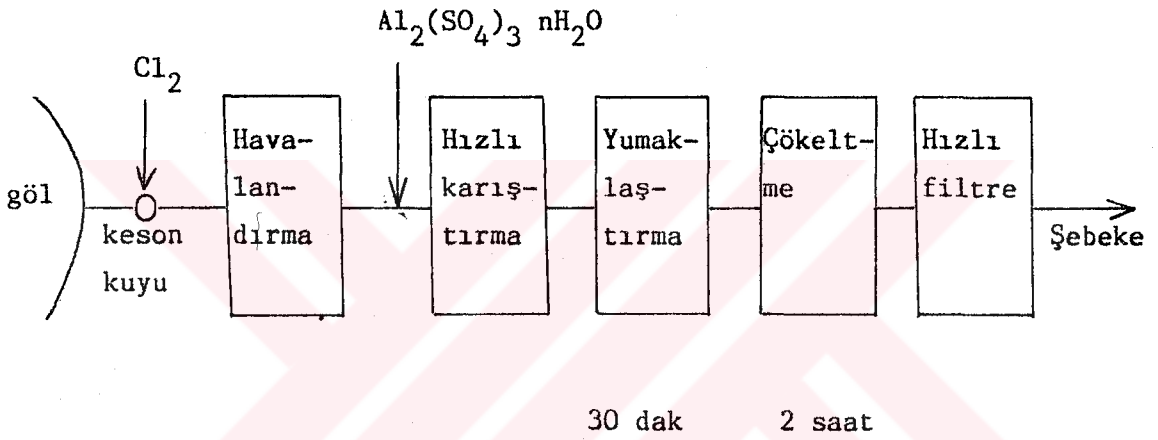
Havalandırıcı, sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunu arttıracak, dolayısıyla suyun içimi daha lezzetli olacaktır. Havalandırma ile CO<sub>2</sub> 'yi 2 4 mg/lt mertebesine kadar düşürmek mümkün olabilir. Bilhassa bikarbonatın 122 mg/lt olması halleri için havalandırma, agresifliği gidermek için uygun bir çözümdür (11).

Gölsuyu ve arıtma tesisi analizlerinde bikarbonatın 122 mg/lt nin oldukça üzerine çıkması, mevcut arıtma tesisindeki mahzuru teşkil eden korozyonun havalandırma ile azaltılmasını mümkün kılacaktır.

Sudaki oldukça düşük konsantrasyondaki demir, bu sistemle giderilememesine rağmen, yapılacak olan havalandırıcı ile az miktardaki demirin de giderilme imkanı olabilecektir.

Gölsuyunda amonyum miktarı azdır. Ancak ileride olabilecek organik kirlenmeden dolayı, amonyum miktarı artacak ve artan bu amonyumun giderilmesi için gerekli olan oksijeni, havalandırıcı sağlayabilecektir.

Havalandırmanın tad ve koku gidermedeki üstünlüğü yanında, yukarıda belirtilen faydaları yanında arıtma tesisi girişine havalandırıcının yapılması uygun olacaktır. Yapılacak olan havalandırma ünitesinin yeri, aşağıda Şekil-15 de görülmektedir.



Şekil- 15 . Arıtma tesisi akım şemasında havalandırıcının yeri

## 5.2. Havalandırıcı Tipinin Seçimi

Havalandırma ünitesinin gerekliliği belli olduktan sonra burada arıtma tesisi için en uygun havalandırma tipi seçilip, boyutlandırılacaktır.

İçmesuyu arıtmasında havalandırma, su içindeki hidrojen sülfür, koku verici gazlar ve karbondioksit gibi istenmeyen uçucu maddelerin giderilmesi, organik maddenin, amonyakın, demir, mangan

ve bazı koku verici maddelerin oksitlenmesi için gerekli olan oksijenin sağlanması ve borulardaki korozyon probleminin azaltılması amacıyla yapılır.

Havalandırıcıları dört grupta toplamak mümkündür.

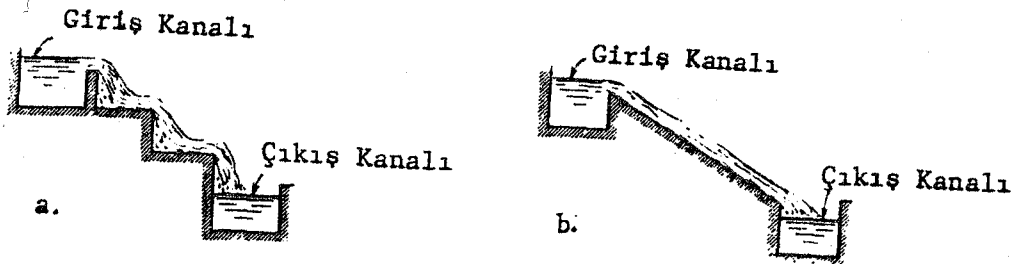
- a) Cazibe ile çalışanlar
- b) Püskürtücüler
- c) Basınçlı hava ile (kabarıklı) havalandırma
- d) Mekanik havalandırıcılar

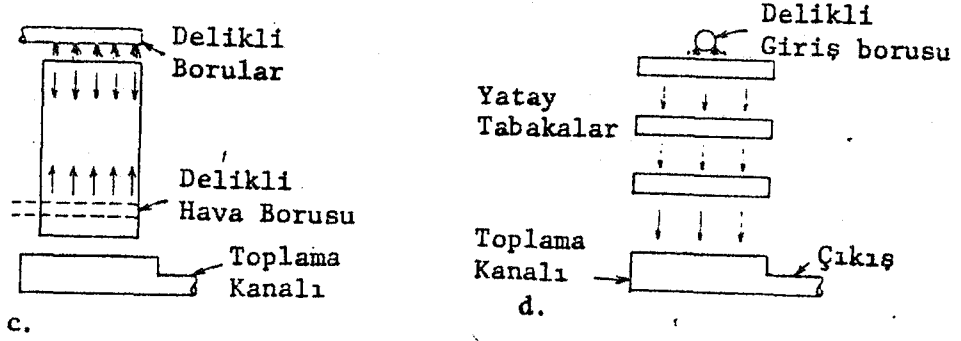
#### a) Cazibe ile çalışan havalandırıcılar

Su belli bir yükseklikten düşürülerek, hava ile teması sağlanır. Bu yolla da suyun oksijen kazanması, koku verici ve karbondioksit gibi istenmeyen gazlardan arındırılması temin edilir.

Havalandırıcılar Şekil-16 'da görüldüğü üzere, kademeli (kaskat) havalandırıcılar, eğik düzlem şeklindeki havalandırıcılar, düşümlü havalandırıcılar, damlatmalı filtreler şeklindeki havalandırıcılar diye dört gruba ayrılır.

Bunlardan kaskat havalandırıcı, içmesuyu tasfiyesinde en çok kullanılan tip olup, su bir veya birkaç basamaktan aşağıya düşürülür.

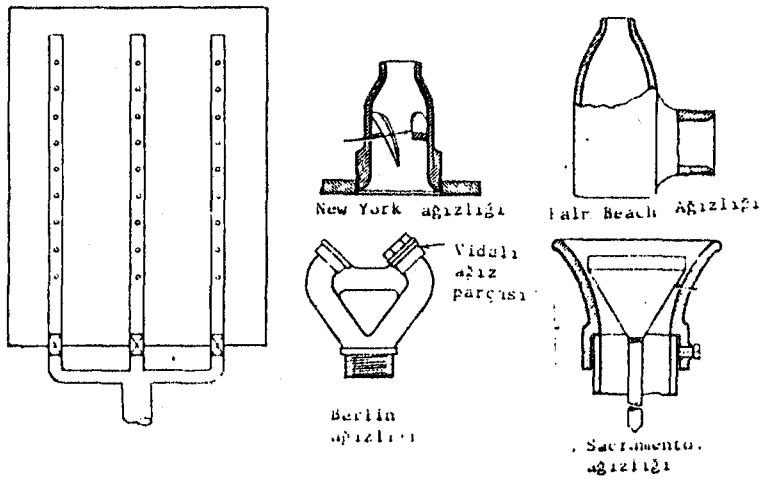




Şekil - 16 . Cazibe ile çalışan havalandırıcılar a) Kademeli, b) Eğik düzlem, c,d) Düşümlü (11)

## b) Püskürtücüler

Bunlara fıskiyeli havalandırıcılar da denilir. Su, püskürtücüden

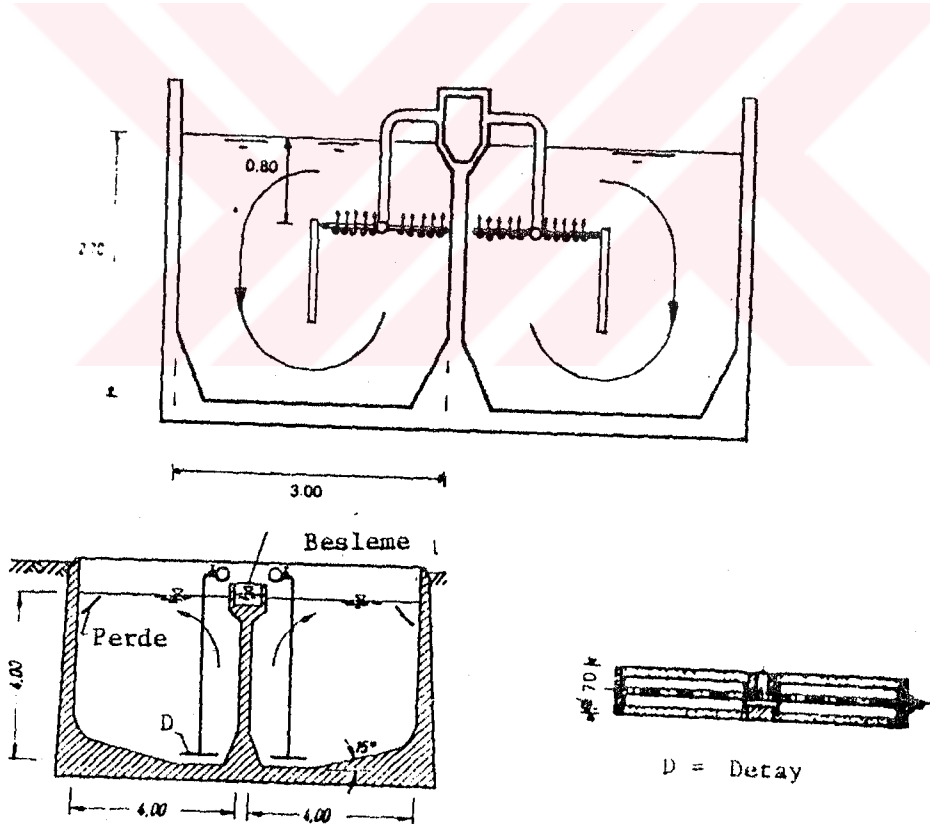


Şekil-17 . Püskürtücüler ve ağızlık çeşitleri (11)

düşey veya eğimli bir açı ile yukarıya doğru püskürtülür. Bu sırada su, damlalara ayrılıp içindeki istenmeyen uçucu maddeler giderken, çözülmüş oksijen muhtevası artar (11).

### c) Kabarcıklı havalandırıcılar

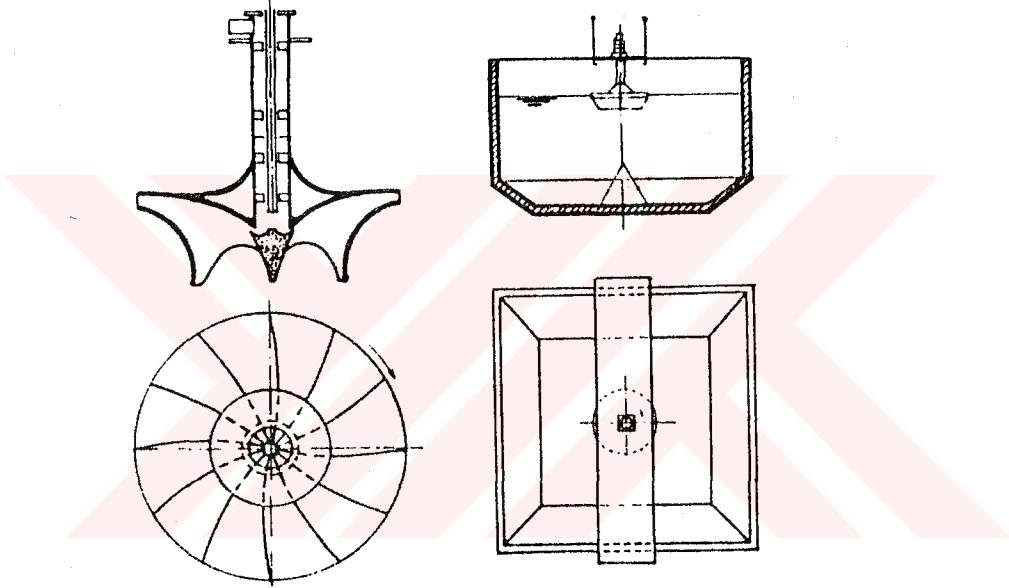
Kabarcıklı havalandırıcılar, dikdörtgen planlı bir havuzdan ibarettir. Bu havuzun tabanına veya belli bir yüksekliğe yerleştirilen delikli borulardan veya gözenekli tüplerden hava verilir. Böylece sudaki çözülmüş oksijen muhtevası artar (11).



Şekil- 18 . Kabarcıklı havalandırıcılar (11)

#### d) Mekanik havalandırıcılar

Bu havalandırıcılar, bir tahrik ve dişli tertibatına bağlı bir havalandırıcıdan ibarettir. Su ile temas eden aksam, konik plak veya fırça şeklinde yapılabilir.



Şekil- 19. Mekanik havalandırıcılar (11)

Yukarıda havalandırıcı çeşitlerinden bahsedildi. Görüldüğü gibi püskürtücülerin verimlerinin yüksek olmasına karşılık, geniş alana ihtiyaç gösterirler. Ayrıca kış aylarında donma tehlikesi de vardır.

Kabarcıklı havalandırıcılar ise, genellikle kullanılmış su tasfiyesinde kullanılmaktadır. Ayrıca havanın kompresörle basılması da maliyeti arttıracaktır.

Mekanik havalandırıcılar, daha ziyade kullanılmış su tasfiyesinde kullanılırlar. Bunların mekanik aksam gerektirmesi ve maliyetinin yüksek olması, önemli mahzurlarını teşkil etmektedir.

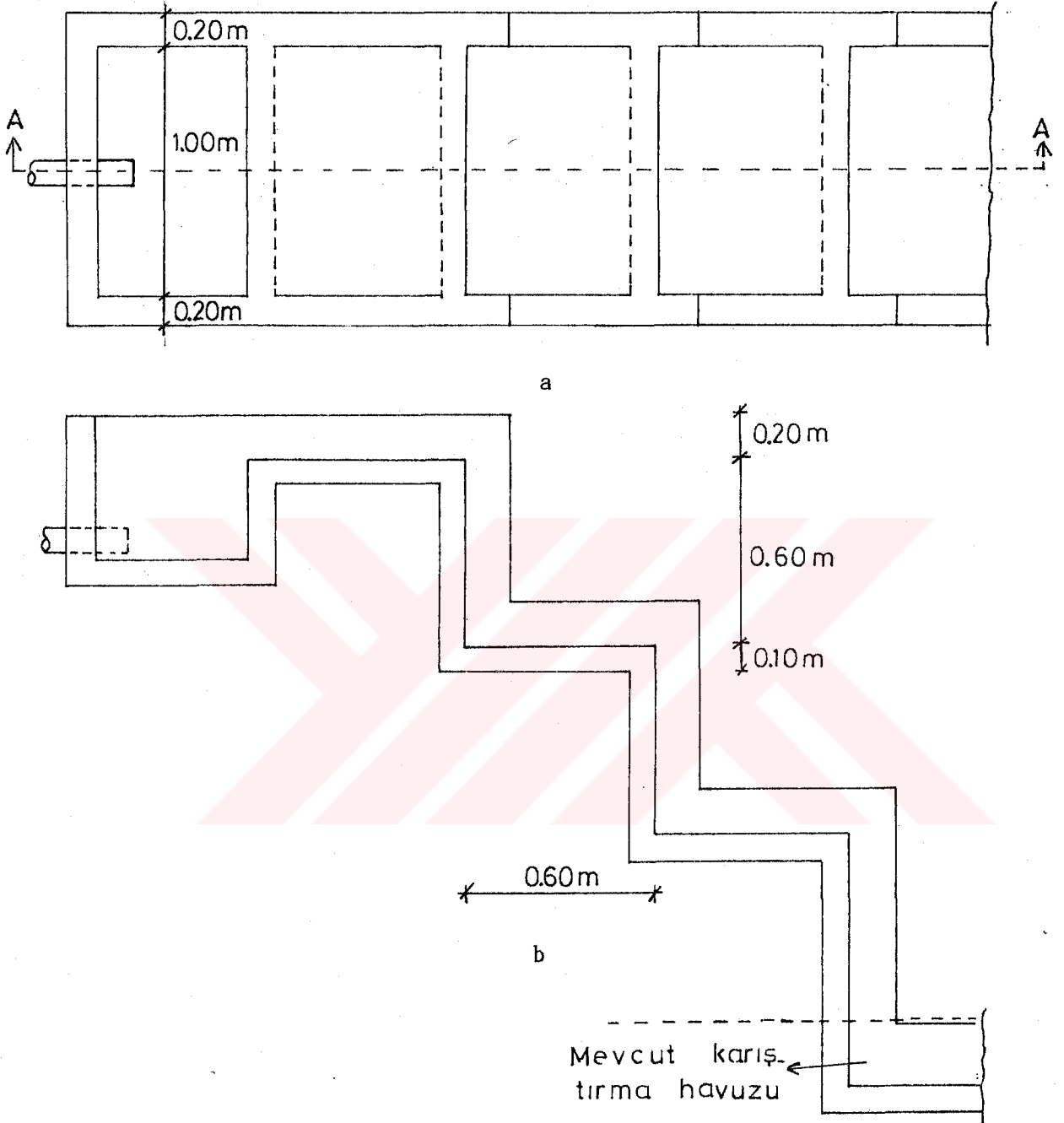
O halde arıtma tesisi için en uygun ve ekonomik havalandırıcı tipi, cazibe ile çalışan havalandırıcılar olmaktadır.

Eğik düzlem ve kaskat tipi havalandırıcıların tesis ve işletmeciliğinin basit oluşu, enerji gerektirmemesi gibi ortak yönleri olmakla beraber, kaskat havalandırıcıların verimleri daha yüksektir. Ayrıca su, terfi ile iletildiği için hidrolik yönden bir problem olmayacağından dolayı, kademeli havalandırıcının kullanılması uygun olacaktır.

#### 5.2.1. Havalandırıcının boyutlandırılması

Yapılacak olan havalandırıcının esas amacı, tat ve kokunun giderilmesi olduğu için 0,60 m yüksekliğinde 3 adet basamak yeterli görülmüştür (Şekil - 20). Ayrıca bu sistemin suya kazandıracığı oksijen miktarının bilinmesi faydalı olacaktır. Aslında mevcut arıtma tesisindeki suda çözünmüş oksijen yönünden bir problem olmadığı Tablo -4 'ün incelenmesinden görülecektir. Çözünmüş oksijen miktarının mahallinde tespit edilmesi mümkün olmadığı için, laboratuvarında yapılan analiz sonuçlarındaki çözünmüş oksijen miktarında artma olabildiği gibi, azalma da olabilir (13).

Bu nedenle sudaki çözünmüş oksijen miktarı, emniyetli şekilde 4 mg/lt alınarak hesap yapılmıştır. Göl sıcaklığının en yüksek olduğu 22,7 °C için doygunluk değeri, 8,73 mg/lt olarak bilinmektedir. (Bkz. Ekteki Tablo -2). Böylece havalandırmadan sonraki oksijen konsantrasyonu hesaplanabilir.

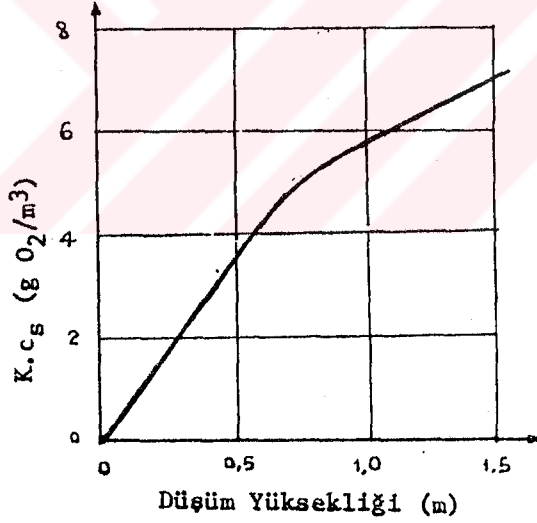


Şekil -20: Havalandırıcının  
a) Plan  
b) A - A kesiti



Tablo -4: Arıtma tesisi suyundaki çözünmüş oksijen değerleri

Analizin yapıldığı tarih	Arıtma tesisi girişi	Çökeltim havuzu çıkışı	Filtre çıkışı
26.5.1987 Sıcaklık: 19°C	7,2	7,5	7,3
15.6.1987	7	7,2	7,2

Şekil -21: Düşüm yüksekliği ile  $K.C_s$  arasındaki bağıntı

$$h = \frac{1,80}{3} = 0,60 \text{ m} \quad K.C_s = 4$$

$$C_n = C_s - (C_s - C_o) (1 - K_1)^n$$

$$K_1 = \frac{4}{8,73} = 0,46$$

$$C_n = 8,73 - (8,73 - 4) (1 - 0,46)^3$$

$$C_n = 7,98 \text{ mg/lt } \text{olmaktadır.}$$

### 5.3. Su Alma Yapısına İlişkin Hususlar

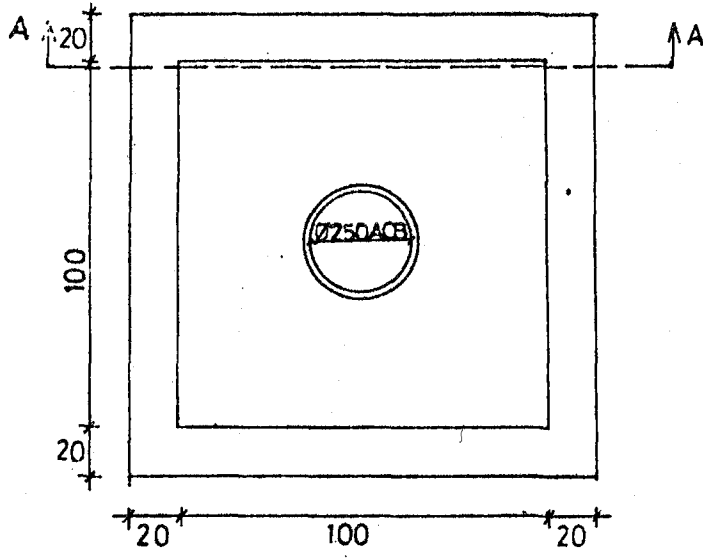
Halen sahilden 447 m içeride bir krepine alınan su  $\emptyset$  250 mm'lik PVC boru ile keson kuyuya verilmektedir.

Gölün, sahilden itibaren 700-800 m 'lik kısmının, hava şartlarına bağlı olarak çok bulandığı belirtilmişti. Mevcut su alma yapısı bu bulanıklık şeridinin içinde kalmaktadır. Ayrıca bulanıklığın sahilden iç kısımlara doğru nisbeten azaldığı 12.2.1987 tarihli analizlerden de anlaşılmaktadır.

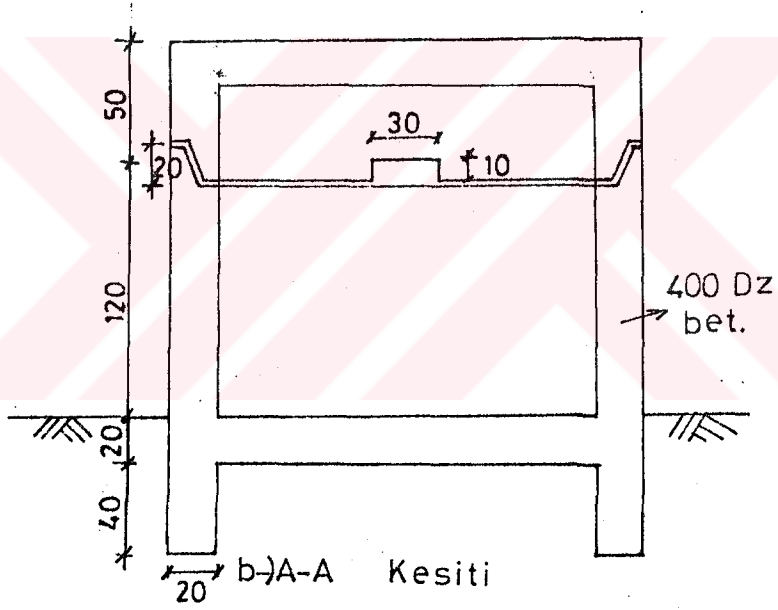
O halde gölden su alınırken, mümkünse sahil sularından sakınılmalı, ayrıca su alma yerleri seçilirken kirlenme noktaları, hakim rüzgar yönü göz önünde tutulmalıdır. Su alma ağızları, su seviyesinin 7,5 m altına, göl veya hazne tabanından 1,20 - 1,80 m yukarıya konulmalıdır. Böylece taban çökeltilerinin su alma ağızına girmesi de önlenmiş olacaktır (12).

Mevcut su alma yapısı yedekte bırakılarak, sahilden aynı yönde 1000 m içeriye yeni bir su alma yapısı yapılması, arıtma tesisine zaman zaman çok bulanık suların girmesini önleyecektir.

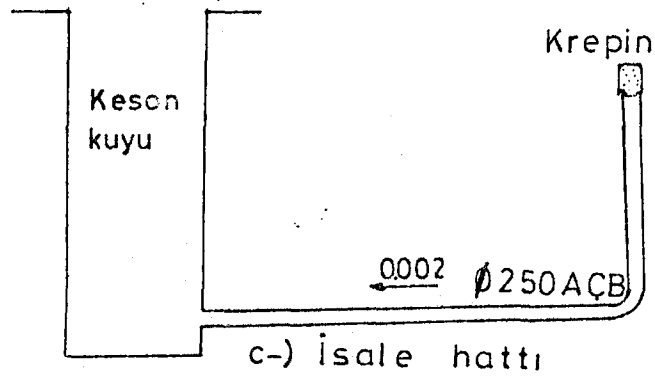
Yeni su alma yapısının yapılacağı yerde, derinliğin 5 - 5,5 m olduğu göz önüne alınırsa, üstten 7,5 m şartı aranmadan taban



a) Üst görünüş



b) A-A Kesiti



c-) İsale hattı

Sekil 22 :Yapılacak olan su alma yapısı(23)

çökeltilerinin girmemesi için, su alma ağzı tabandan itibaren 1,20 m yukarıda yapılmalıdır. Yapılması düşünülen su alma yapısı Şekil - 22 'de görülmektedir.

#### 5.4. Dezenfeksiyon İşleminin İncelenmesi

Gölden alınan su, keson kuyuda klorlanıp, motopomla arıtma tesisine pompalanmaktadır.

Klorlama bir dezenfeksiyon yöntemi olduğuna göre, klorla dezenfeksiyonun bu tesis için uygun olup olmadığının bilinmesi gerekir. Bu nedenle önce, içmesuyu dezenfeksiyonunda en çok kullanılan metodlar üzerinde durulacak, daha sonra da arıtma tesisi için en uygun dezenfeksiyon yöntemi seçilecektir.

##### 5.4.1. Dezenfeksiyon metodları

İçmesuyu dezenfeksiyonunda en çok kullanılan yedi metod bulunmaktadır. Bunlar; gaz klor, kloramin, sodyum hipoklorid, klor dioksit, ozon, potasyum permanganat ve ultra viole ışınları ile dezenfeksiyondur. Suların kaynatılması etkili bir dezenfeksiyon yöntemi olmasına rağmen, ekonomik bir çözüm olmadığından tercih edilmez (14).

Burada her bir yöntemin özelliklerinden kısaca bahsedilecektir.

**Kloramin :** Kloramin daha ziyade organik maddelerle çok fazla kirletilmiş yüzey sularının klorlanması için kullanılır. Bu metodda klor dozlanmadan önce suya, az miktarda amonyak verilir. Amonyak, sudaki organik maddeleri, bilhassa fenolu indirger. Böylece suya çok kötü tad veren klorlu fenol oluşmasını önler.

Suya klor dozajından birkaç saniye önce amonyak gazı verilmesi dışında işlem aynen gaz klorla dezenfeksiyonunkine benzer amonyak gazı da çok kolay çözünür ve kolay dozlanır. Ayrıca bu metotta kötü tad problemi yoktur (14).

**Sodyum hipoklorid :** Sodyum hipoklorid çözelti halinde hazırlanarak, suya bir dozlama pompası ile katılır. Küçük tesislerde ise, suya ayarlı bir halde damla damla katılır.

Bu işlemde çok miktarda kimyasal çözelti tüketilir. Bu tip dezenfeksiyonla, virüslerin tamamen yok edilmesi de şüphelidir. Sıvı çözeltinin uzun süre depolanması uygun değildir. Sıvı çözeltiler, bir iki haftalık depolama süresi içinde depolama gücünün % 50 'sini kaybederler (14).

**Ultra viole ışınları :** Suyun ultra viole ışın ile radyasyonu herhangi bir kimyasal madde gerektirmez. Dezenfeksiyon aleti ultra viole ışık veren özel bir lambadan ibarettir. Bu lamba, ana su akımının üzerine veya içine yerleştirilir ve suyu belli bir derinlikten tarar. Ultra viole ışınları, suyu ancak birkaç cm derinlikte dezenfekte ederek, mikroorganizmaları öldürür. Bu nedenle su akımı, birtakım ince filmler halinde ayrılır ve her birine ayrı bir lamba konur (14).

Bu metod büyük içmesuyu tesisleri için uygun değildir. Çünkü büyük debili suyu dezenfekte etmek için çok sayıda lamba gerekir. Ayrıca suda bakiye dezenfektan kalmadığı için, iyi arıtılmamış suda sonradan mikroorganizma oluşabilir.

Tad ve koku tedbirleri üzerinde durulurken, klor dioksit, ozon ve potasyum permanganatın dezenfektan özellikleri belirtilmişti. Burada da kloramin, sodyum hipoklorid, ultra viole ışınlarının dezenfektan özelliği üzerinde kısaca duruldu.

Görüldüğü gibi bu yöntemlerin avantajları yanında dezavantajları da vardır. Bu nedenle fazla bir kullanma alanı görmemişlerdir. Bunun yanında, gaz klorun daha çok kullanma alanı görmesi, dezenfeksiyon denilince klor, klor denilince dezenfeksiyon hatıra gelmesinden anlaşılmaktadır.

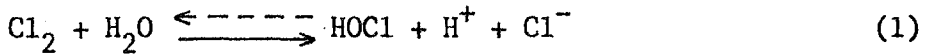
Klor gazının zehirli oluşu, önemli bir mahsur olarak kabul edilebilir. Fakat en büyük avantajı ucuz ve tesisinin basit oluşudur. Bu nedenle Beyşehir içmesuyu arıtma tesisi için en uygun dezenfeksiyon yöntemi gaz klor olmaktadır.

#### 5.4.2. Klorla dezenfeksiyon

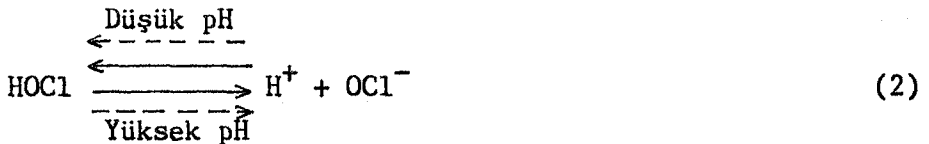
Klor, normal ısı ve basınçta sarımsı-yeşil renkte, kötü kokulu bir gazdır. Klorun bir litresinin 0°C ısıda ve 760 mm civa basıncında ağırlığı 3,208 gr 'dır (18).

**Kimyasal özellikleri :** Klor aktif bir elementtir. Sıvı halde ve normal ısıda bütün metaller ve diğer birçok elementlere etki eder. Sadece soygazlar ve oksijenle reaksiyon meydana gelmez.

Suda çözünen klor, şu reaksiyonu verir:



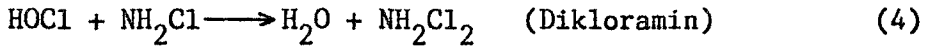
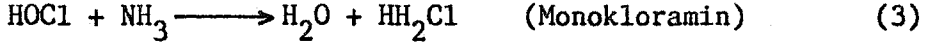
pH 'ya bağlı olarak, reaksiyon aşağıdaki gibi olur.



HOCl (hipoklorid) kuvvetli OCl<sup>-</sup> ise zayıf bir dezenfektandır. Bu yüzden reaksiyonun sola doğru kayması istenir. Meydana gelen

$\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCl}^-$ ,  $\text{OCl}^-$  iyonlarına serbest klor adı verilir.

İçinde amonyak bulunan bir suya klor ilave edildiğinde kloraminler meydana gelir.



Bağlı klor denilen  $\text{NH}_2\text{Cl}$ ,  $\text{NHCl}$ ,  $\text{NCl}_3$  bileşikleri, bağımsız klor denilen  $\text{HOCl}$  (hipoklorid asid) ve  $\text{OCl}$  (hipoklorid) 'ye kıyasla çok zayıf dezenfektanlardır (11, 24). Bakteriler üzerinde etkileri olabilmesi için, konsantrasyonlarının yüksek ve etki sürelerinin uzun olması gerekir. Bağlı klorun serbest klordan daha zayıf dezenfektan olmasına karşılık, kararlı olması gibi bir faydası vardır (11).

Serbest klor ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{OCl}^-$ ,  $\text{HOCl}$ ), o kadar kararlı değildir. Halbuki monokloramin ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ ) kararlı bir dezenfektandır. Yani zamanla dezenfektan gücü azalmaz. Bu ise kirlenme ihtimali olan Beyşehir içmesuyu şebekesi için arzu edilen bir durumdur (11).

**pH derecesi :** Klor, suyun pH 'sını düşürür ve alkaliliği azaltır (17). Ön klorlama sırasında pH 'nın düşmesi, alümla koagülasyon için arzu edilen bir durumdur. Klorlamanın etkili olabilmesi için,  $\text{HOCl}$  'nin ayrışmadan, suda olduğu gibi kalması istenir. Ancak suyun içinde yeterince serbest hidrojen iyonu yoksa, su  $\text{H}^+$  'na doyuncaya kadar (2) ifadesindeki  $\text{HOCl}$  ayrışarak, suya hidrojen iyonu ( $\text{H}^+$ ) sağlar ki, bu da dezenfeksiyon için arzu edilen bir durum değildir.

**Sıcaklık :** Serbest ve bağı klorun bakterisit kapasitesi sıcaklıkla birlikte artar.

**Süre :** Yukarıda belirtilen maddeler dışında ve klorun gerek serbest klor, gerekse kloramin olması hallerinde, patojen ve diğer organizmaların yok edilmesi için temas süresi de yeterli olmalıdır. Tesiste klorlanan suyun aboneye ulaşması için geçen süre, yaklaşık 3 saat olduğundan, süre bakımından bir problem yoktur.

#### 5.4.2.1. Klorun suya katılabileceği noktalar

Bugün, klor arıtma işlemlerinin çeşitli safhalarında, hattâ dağıtım şebekesinde suya katılabilir. Bunları; art klorlama, tekrar klorlama, ön klorlama şeklinde sıralayabiliriz.

**Art klorlama :** Suyu, arıtma işleminin sonunda ve isale başlangıcında klor katılmasına art klorlama denir. En yaygın art klorlama şekli, filtrasyondan sonra olup, şebekenin bir kısmında veya tamamında aktif art klor bulundurandır. Bu işlemde arıtma tesisi ile abone arasındaki mesafe veya temas süresi göz önünde bulundurulmalıdır (16).

**Tekrar klorlama :** Yapılmakta olan klorlama işlemi dışında, şebekenin bir veya birkaç noktasında suya ayrıca klor katılmasına tekrar klorlama denir. Bu uygulama filtre çıkışında katılan klorun, borulardaki biyolojik faaliyeti kontrola ve suyun hareketsiz kaldığı noktalarda renklenme olaylarını önlemeye yetmediği ve dağıtım şebekesinin uzun ve kompleks olduğu hallerde yapılır (16).

**Ön klorlama :** Suyu herhangi bir arıtma işleminden önce klor katılmasına ön klorlama denir.



Sistemin avantajları; bakteri ve alg yükünün azaltılması yoluyla filtrasyon işleminin düzenlenmesi, koagülasyonun kolaylaşması, çöktürme havuzlarında oksidasyon ve bozunmanın geciktirilmesiyle tad, koku ve renk meydana getiren cisimlerin azaltılması sayılabilir (16).

Görüldüğü gibi keson kuyuda yapılan klorlama, tesis için en uygun klorlama olmaktadır. Ayrıca arıtma tesisinin abonelere oldukça yakın olması, tesiste ön klorlama yapılmasını zorunlu hale getirmektedir.

#### 5.4.2.2. Tesiste klorun dozlanması

Gaz klorlama cihazı ile dozlanan klor solüsyon haline getirildikten sonra keson kuyuya verilmektedir. Suyu verilen klor dozu, 3 mg/lit olup, komparatörle yapılan bakiye klor testlerinde aşağıdaki sonuçlar alınmıştır.

Tablo - 5: Komparatörle tespit edilen bakiye klor miktarları

Ölçüm yapılan nokta	Keson kuyuda verilen doz	Arıtma tesisi girişi	Arıtma tesisi çıkışı	Şebeke orta noktası	Şebeke uç noktası
Komparatör ile ölçülen değer (ppm)	3	1,5	1,3	0,7	0,5

Tablo -5 'den görüldüğü gibi, şebeke uç noktasındaki bakiye klor miktarı TS 266 daki maksimum değer kadardır. TS 266 da müsadde edilen klor miktarı 0,1 mg/lt olup, verilen klor dozu, bunu sağlayacak şekilde azaltılmalıdır.

Şebekeden alınan numunelerin bakteriyolojik analizi yapılmış, neticeler müspet çıkmıştır. Analiz neticeleri aşağıda Tablo -6' da verilmiştir.

Tablo -6: Yapılan bakteriyolojik analizlerin neticeleri

Numunenin alındığı tarih	23.2.1987	29.3.1987	5.4.1987
100 ml 'de koliform bakteri sayısı (KMS)	0	0	0

### 5.5. Hızlı Karıştırma ve Yumaklaştırma

Kolloidal tanelerle, çok küçük taneciklerin çökelmelerini kolaylaştırmak için suya ilave edilen kimyasal maddelere "pıhtılaştırıcı" koagülant denir. Pıhtılaştırıcı maddelerin suya ilave edilmesini ve etkili hale getirilmesini içine alan kimyasal ve mekanik işlemlere "pıhtılaştırma" denir. Bu işlemler iki kademedir oluşur.

1- "Hızlı karıştırma" kademesinde kimyasal maddelerin suya birkaç saniye içinde karıştırılarak, askıdaki daneciklerin üzerindeki statik elektrik yükünün nötr hale getirilmesi sağlanır.

2- İkinci kademede olan "yumaklaştırma" ile su yavaş yavaş karıştırılarak nötr hale gelmiş danelerin birbirine değerek yapışmaları ve üzüm salkımı gibi kümeleşmeleri, böylece kolayca çökecek hale gelmeleri sağlanır (24).

#### 5.5.1. Bir koagülant olarak alüminyum sülfat

Alüminyum sülfat (alum)  $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$  formülü ile ifade edilen bir kimyasal madde olup, n değeri 14-18 arasındadır. Halk dilinde şap olarak isimlendirilen  $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$  kullanımında pıhtılaştırma randımanına en etkili faktör, hamsuyun pH 'dır.

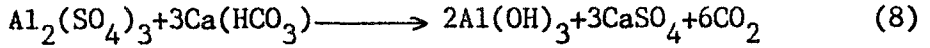
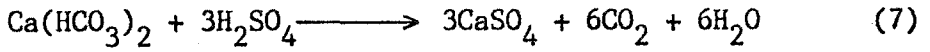
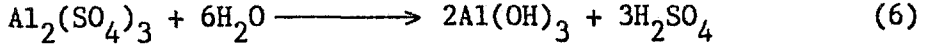
Alkaliliği yetersiz olan hamsularda alum ile beraber kireç ilavesi, çok alkali sularda ise  $H_2SO_4$  ilavesi ile uygun pH aralığı temin edilerek daha az alum kullanılır ve daha iyi bir yumaklaşma sağlanabilir.

Alum diğer pıhtılaştırıcı maddelere nazaran daha iyi flok oluşturması, ucuz olması ve kolay taşınır olması, tercih edilmesine sebep teşkil eder.

Alum, ülkemizde Kütahya şaphanesi ile mevcut arıtma tesisine 30 km uzaklıktaki Seydişehir Alüminyum tesislerinde üretilmektedir. Bu husus, tesiste kullanılmasını daha cazip hale getirmektedir.

### 5.5.2. $Al_2(SO_4)_3$ 'le koagülasyon ve pH ayarlaması

Alumun suya katılmasından sonra meydana gelen reaksiyon aşağıdaki gibidir.



(6) ve (7) denklemleri birbiri ile toplandığı takdirde (8) nolu denklem elde edilir. Ticari alum olan  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$  kullanılması halinde, 1 mg/lt alum  $CaCO_3$  cinsinden 0,5 mg/lt alkaliniteyi harcar ve 0,44 mg/lt  $CO_2$  üretir (1, 22).

(8) nolu denklemin incelenmesinden görüleceği üzere bir miktar karbonat sertliği (geçici sertlik), sülfat sertliğine (kalıcı sertlik) dönüşmektedir. Kalıcı sertliğin artması ve  $CO_2$ 'nin çoğalması, alumla koagülasyonun mahzurunu teşkil etmektedir.

Alumla koagülasyon sırasında suyun pH'ı bir miktar düşmektedir. Düşük pH, korozyona sebep olacağından pH 'ı yükseltmek için alumla beraber kireç dozlanabilir. Halbuki düşük pH, alumla koagülasyon için arzu edilen bir durumdur. Ayrıca filtre öncesi verilen kireç, filtrelerde kaynamalarda sebep olabilir. O halde pH'ı yükseltmek için, suya sönmüş kireç ( $Ca(OH)_2$ ) vermek gerekirse, kireci filtrasyondan sonra vermek daha uygun olacaktır.

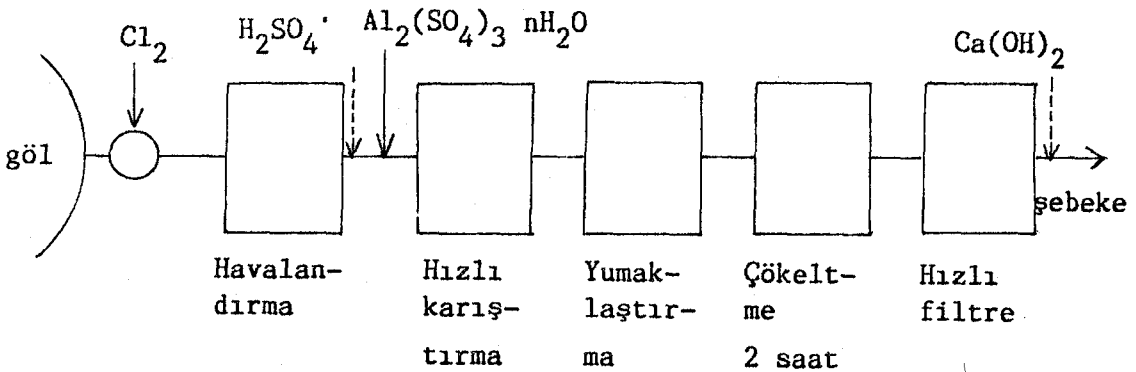
Beyşehir içmesuyu şebekesinde A.Ç.B., PVC boru ile küçük sokak ve abonelerde galvanizli borular mevcuttur. Galvanizli borularda korozyon olmaması için pH 'ın  $7,5 < pH < 8,5$  olması gerekir (11). Tablo -2 'deki analizlerden pH 'ın çıkış suyunda 7,5 'dan aşağı düştüğü de görülmektedir. Halbuki genel olarak, (çelik boru

dahil) korozyon olmaması için pH 'ın  $8,0 < \text{pH} < 8,3$  ve  $I_s$  (saturasyon indeksi) nin de  $0 < I_s < 0,5$  arasında olması istenir (11). O halde çıkış suyunda pH ve buna bağlı olarak  $I_s$  'i kontrol ederek, suyun agresif (korozif) veya incrustante (taş yapıcı) özelliği tespit edilerek gerekli tedbir alınmalıdır.

Gölsuyu genelde agresif özellik taşımaktadır. Ancak yapılacak olan havalandırıcı ile suyun agresif özelliğinin giderilebileceği tahmin edilmektedir. Şayet havalandırıcı agresifliği gidermede yeterli olmazsa, suya filtrasyon çıkışında çözelti halinde sönmüş kireç vererek, suyun agresif özelliği giderilmelidir.

Alumla koagülasyonda verimi etkileyen en önemli parametre, suyun pH 'ı olup, bu değer 5-7 arasında iken en iyi koagülasyon elde edilmektedir (1, 22). Halbuki gölsuyunun pH 'ı 8 civarındadır. Koagülasyonun verimini arttırmak amacıyla pH 'ı düşürmek mümkündür. Bunun için suya koagülant madde verilmeden önce sülfirik asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) vererek pH istenilen değere getirilebilir. Bu durumda yine çıkış suyunda pH kontrolü yapılmalıdır.

Aşağıda Şekil - 23 'de arıtma tesisi akış şemasında, sülfirik asit ve sönmüş kirecin dozlama noktaları görülmektedir.



Şekil - 23 : Arıtma tesisi akış şemasında sülfirik asit ve sönmüş kirecin dozlama noktaları

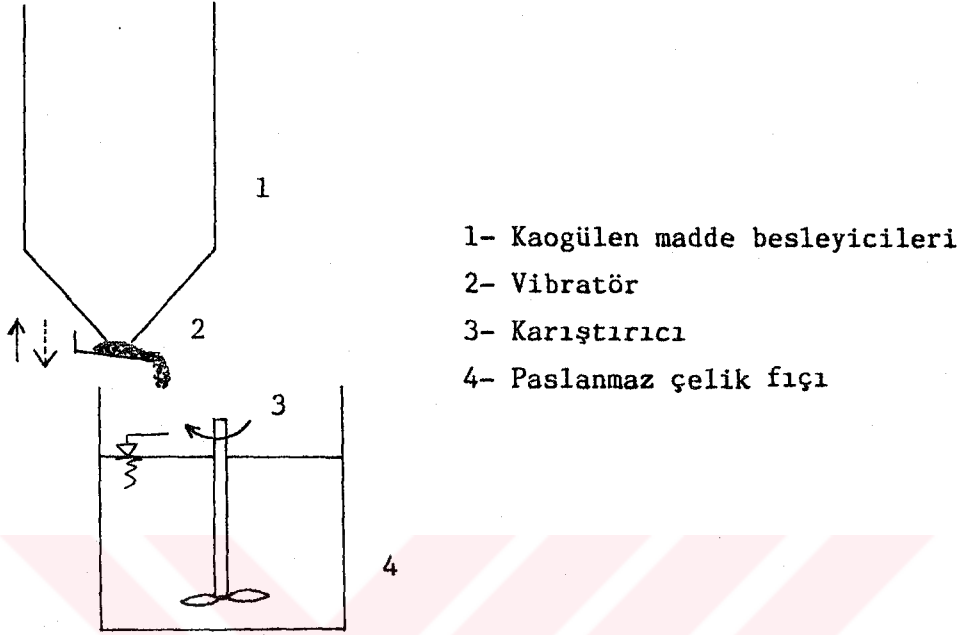
Suyun pH 'ını  $H_2SO_4$  ile düşürdüğümüz zaman, koagülasyon daha iyi olacak ve verilecek olan alum dozu azalacaktır. Koagülasyon için pH 'yı 7 'ye düşürmek yeterli olabilir. Ancak optimum pH 'yı gerekli asit miktarını ve alum dozunu önceden belirlemek mümkün değildir.

Bunlar ancak kavanoz testleri ile (jar test) belirlenebilir. Karıştırma aparatı olmadığı için, söz konusu deneyler yapılamamıştır. Bu yüzden bulanıklığın yüksek olduğu zamanlarda, suya verilecek optimum alum dozu da işletmeciler tarafından tam olarak bilinmemektedir. Dolayısıyla da özellikle bulanıklığın yüksek olduğu zamanlarda suya verilecek alum dozu tam olarak bilinmemektedir.

O halde arıtma tesisi laboratuvarına karıştırma aparatı konularak suya verilecek alum dozu kavanoz testleri ile belirlenmelidir. Ayrıca yukarıda da belirtildiği gibi  $H_2SO_4$  ile pH ayarlaması kavanoz testleri ile yapılarak, maliyet ve işletmecilik durumları göz önünde bulundurularak, bir sonuca varılmalıdır.

### 5.5.3. Kimyasal madde dozlaması

Arıtma tesisinde kimyasal madde, dozlaması, dozör vasıtasıyla yapılmaktadır. Kimyasal madde besleme tankından, değişik şiddette titreşim meydana getirerek, istenilen miktarda koagülant maddenin dökülmesini sağlayan vibratöre dökülmektedir. Vibratöre dökülen kimyasal madde, titreşim nedeniyle paslanmaz çelikten yapılmış bir fıçıya dökülür. Fıçı içindeki karıştırıcı vasıtasıyla kimyasal madde çözelti haline getirildikten sonra bir boru ile hızlı karıştırıcıya verilmektedir. Aşağıda Şekil -24 'de dozör şematik olarak görülmektedir.



Şekil - 24: Kimyasal madde dozörü

Fıçı içindeki karıştırıcı pervanesi küçük olup, bu tip karıştırıcıların iyi karıştırma yapmadıkları ve sık arıza yaptıkları literatürde belirtiliyor (1).

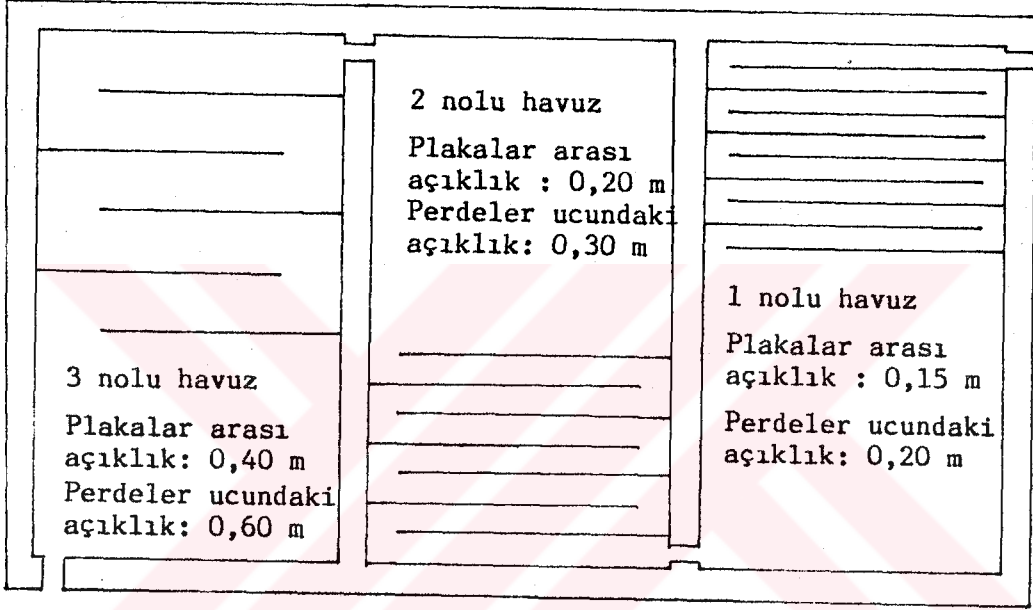
Karıştırıcının ilk zamanlarda çok sık arıza yaptığı dikkate alınır, daha iyi bir karışımın sağlanması ve daha az arıza yapması için geniş, fakat yavaş dönen ve bütün derinlik boyunca karıştırma sağlayan pervanelerin kullanılması önerilebilir (1).

#### 5.5.4. Hızlı karıştırma ve yumaklaştırma havuzları

**Hızlı karıştırıcı :** Debi küçük olduğundan, mekanik karıştırıcıdan kaçınmak amacıyla, karışım türbülansla yapılmaktadır. Ham-

su daralan bir kanaldan ibaret olup, kirlenmeye ve sabotaja müsait olduğundan, koruma altına alınması gerekir.

**Yumaklaştırma havuzu :** Mekanik aksamdan kaçınmak için, tesiste üç adet yumaklaştırma havuzu kullanılmıştır. Perdeler 1,20 x 2,50 x 0,006 m boyutlu asbest çimento plakalardan yapılmıştır.



Şekil -25: Mevcut yumaklaştırma havuzları

Yumaklaştırma havuzlarının projelendirilmesinde dikkate alınacak en önemli unsur, hız gradyanı ve bekleme süresidir. Bekleme süresinin 15 ila 45 dakika arasında alınması gerekir. Hız gradyanı 10 ila 1000  $\text{sn}^{-1}$  değerleri arasında seçilirse de bu değerlerin 20 ila 74  $\text{sn}^{-1}$  kalması tavsiye edilir (11). Hız gradyanı ile bekleme süresinin çarpımı  $G.t = 10^4$  ile  $10^5$  arasında kalması istenir. Bazı çalışmalarda ise,  $G.t$  değerinin  $2 \times 10^4$  ila  $2 \times 10^5$  arasında kalmasının uygun olacağı belirtilmiştir (11).



Tablo -7 : Mevcut yumaklaştırma havuzuna ait bekleme süresi, hız gradyanı ve G.t değerleri

Özellikleri Havuz no'su	Bekleme süresi (t) dak	Hız gradyanı G (sn <sup>-1</sup> )		G.t	
		20°C su ısı-sında	4°C su ısı-sında	20°C su ısı-sında	4°C su ısı-sında
1 nolu havuz	10	74	58,5	44400	35100
2 nolu havuz	10	51,5	40,7	30900	24420
3 nolu havuz	10	15,8	12,5	9480	7500

Perdeli sistem için bu G değerleri uygundur. G.t değerleri oldukça büyük görünüyorsa da, Camp perdeli havuzlarda G.t 'yi 23000 ila 121000 olarak bulmuştur (1).

### 5.6. Çökeltim Havuzları

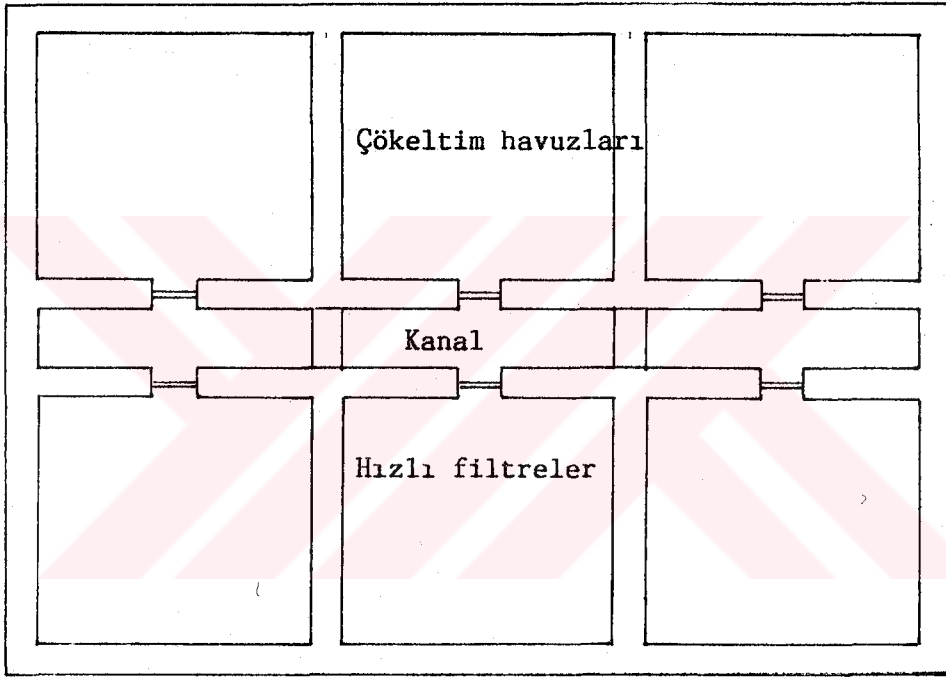
Çökeltim havuzları, yumaklaştırma havuzlarında oluşan yumakların çökmesini temin etmek ve filtrelerin yükünü azaltmak amacıyla inşa edilmiştir. Tesiste 3 adet plakalı çökeltim havuzu mevcut olup, her bir çökeltim havuzu içinde 6 cm aralıkla ve yatayla 60° açı yapacak şekilde 1,20 x 2,50 x 0,006 m boyutlarında asbest çimento plakalar monte edilmiştir (Şekil - 25 ).

Bu tip plakalı çökeltim havuzlarında su hızı yüksek olduğundan, bunların randımanlı çalışabilmesi için koagülasyonun iyi olması



gerekir. Çünkü iyi oluşmamış yumaklar zor çökelecek, hattâ mevcut tesiste olduğu gibi küçük yumaklar filtrelere kaçacak, dolayısıyla filtreler kısa zamanda kirlenecektir.

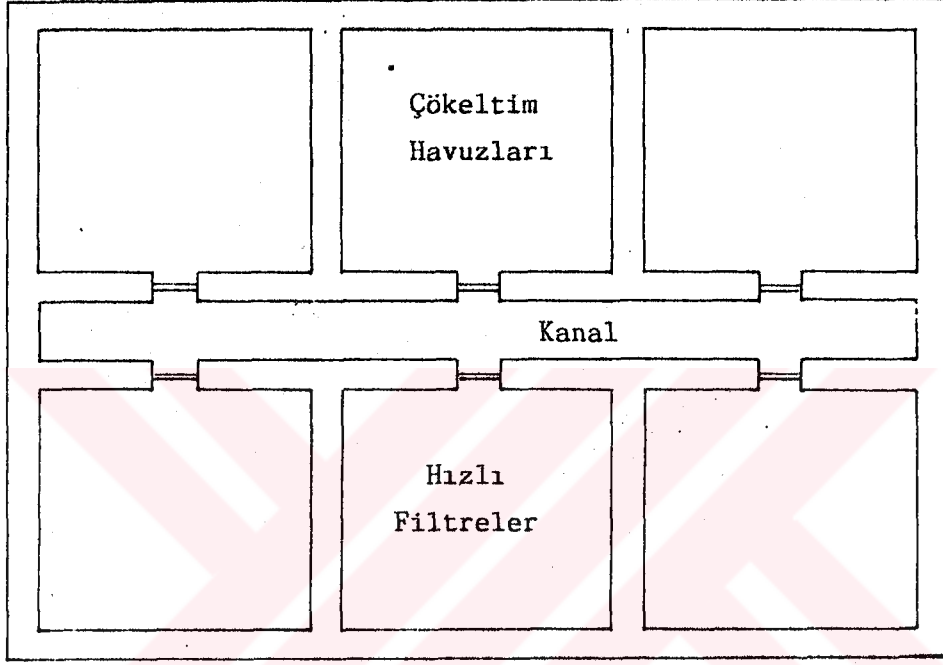
Filtreler, çökeltim havuzları ile ayrı ayrı beslenmektedir (Şekil - 27 ). Mevcut durumda bir çökeltim havuzu devreden çıktığı zaman, onunla beslenen filtre de devreden çıkmaktadır. Aynı



Şekil - 27 : Arıtma tesisinde çökeltim havuzu ile filtreler arasındaki kanalların mevcut durumu

şekilde bir filtre yıkanırken, bir çökeltim havuzu da devreden çıkacaktır. Halbuki kanalların arası Şekil - 28 'de görüldüğü gibi açık olsaydı herhangi bir sebeple, bir çökeltim havuzu devreden çıktığında, diğer iki çökeltim havuzunun suyu 3 filtreye de verilebilirdi. Aynı şekilde bir filtre devreden çıktığı zaman da çökeltim havuzlarının suyu diğer iki filtreye verilerek

işletmeye devam edilebilirdi. O halde, normal işletme yapılabilmesi için, ara bölmelerin kalkması gerekmektedir.

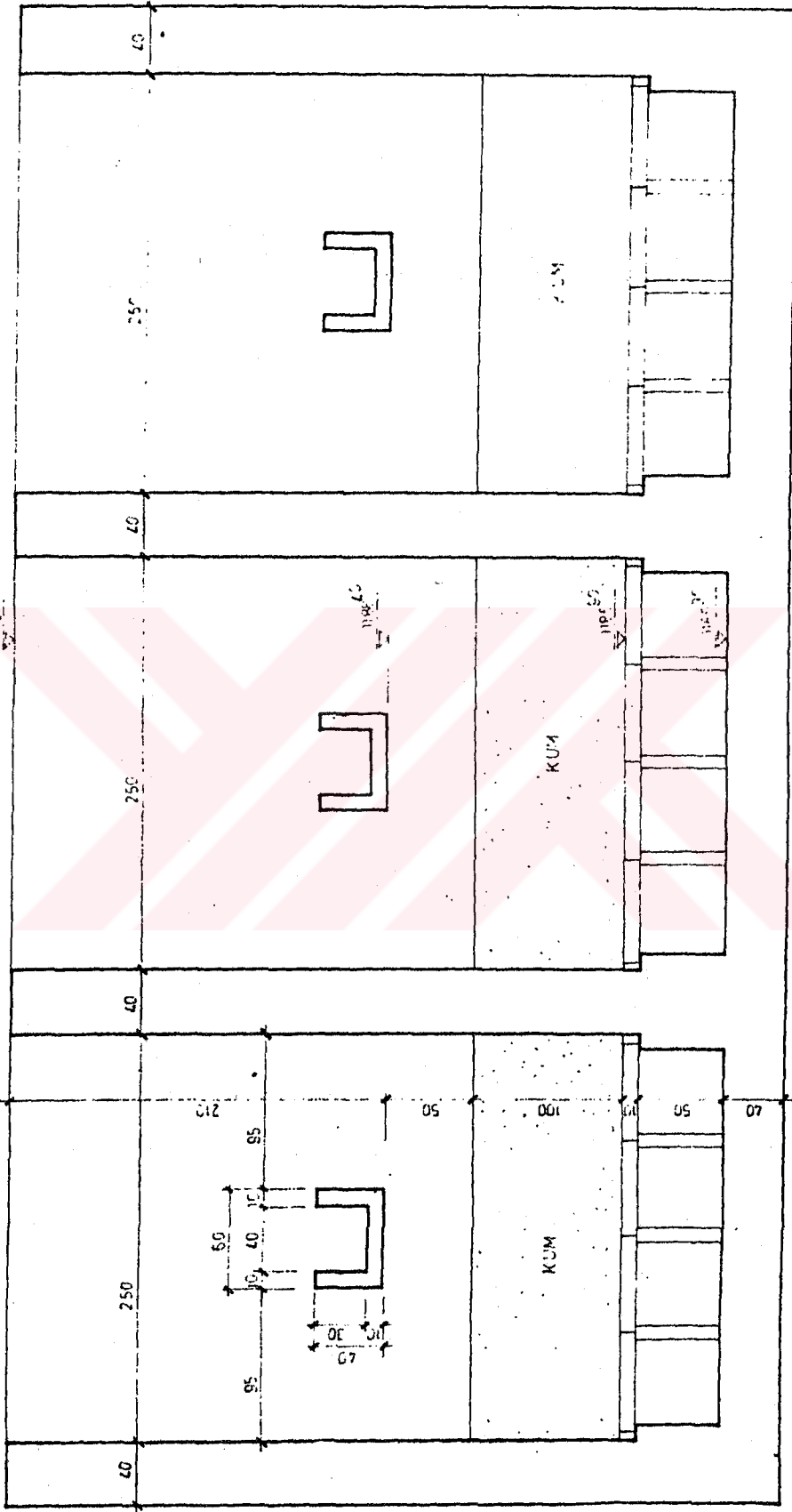


Şekil - 28: Çökeltim havuzları ile filtrelerin arasındaki kanalı bölmesiz durumu

### 5.7. Hızlı Filtreler

Filtrasyon, suyun gözenekli bir ortamdan geçirilmesi işlemidir. Bu işlem esnasında, sudaki asılı ve kolloid maddelerin tutulması, bakteri ve diğer organizma sayısının azaltılması, kimyasal maddelerin değişimi gibi sebeplerle su kalitesinde kısmi iyileşme olur (4).

Arıtma tesisinde kullanılan filtrelerde, filtrasyonun hızı



Sekil 29 Mevcut filtrelerin kesiti (5)

$V = 5$  m/saat olup, bu hızlı açık filtreler için uygun bir değerdir. Kum yatağı ( $d_{10} = 0,80$  mm) derinliği 1,00 m olup;

Filtre haznesinin derinliği:

Hava payı	0,50 m
Su derinliği	2,00 m
Kum yatağı derinliği	1,00 m
Taşıyıcı plaka kalınlığı	0,10 m
Taban boşluğu	0,50 m
<b>Toplam</b>	<b>4,10 m</b> <b>olmaktadır.</b>

Filtrasyon sırasında sudan ayrılan katı maddeler, filtre malzemesi üzerinde veya taneler arasındaki boşluklarda birikirler. Bu yüzden etkili boşluk alanı azalır. Ve suyun akımına karşı direnç artar. Bir müddet sonra bu direnç o derece büyür ki, veya filtrelenmiş su kalitesi o kadar bozulur ki, filtrelerin temizlenmesine ihtiyaç duyulur (4).

### 5.7.1. Filte yatağında direnç

Temiz filtrede hidrolik gradyan;

$$I_o = \frac{180 \nu}{g} \cdot \frac{(1 - P_o)^2}{P_o^3} \cdot \frac{V}{d_o^2}$$

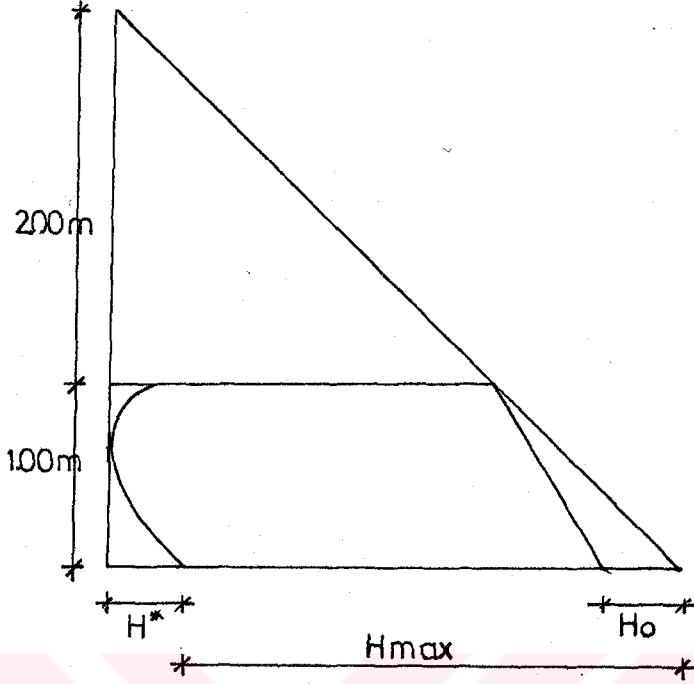
Burada;

$\nu$  = Kinematik viskozite ( $m^2/sn$ )

$P_o$  = Kumun porozitesi

$V$  = Filtrasyon değeri ( $m/sn$ )

$d_o$  = Efektif kum çapı (m)



Şekil -30 : Filtrede basınç dağılımı

Kinematik viskozite değerleri : ( $\nu$ )

Isı ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\nu(\text{m}^2/\text{sn})$
0	$1,79 \times 10^{-6}$
5	$1,52 \times 10^{-6}$
10	$1,31 \times 10^{-6}$
15	$1,14 \times 10^{-6}$
20	$1,01 \times 10^{-6}$

$$V = 5 \text{ m/sa} = 1,39 \times 10^{-3} \text{ m/sn}$$

$$P = 0,4$$

$$d = 0,8 \text{ mm}$$

$$g = 10 \text{ m/sn}^2 \text{ alınacaktır.}$$

a) Suyun ısısı 20°C iken

$$v = 1,01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sn}$$

$$I_o = \frac{180 \times 1,01 \times 10^{-6}}{10} \cdot \frac{(0,6)^2}{(0,4)^3} \cdot \frac{1,39 \times 10^{-3}}{(0,8 \times 10^{-3})^2}$$

$$= 0,22 \text{ m}$$

Temiz filtre yatağında yük kaybı,

$$H_o = I_o \cdot L = 0,22 \times 1 = 0,22 \text{ m olur.}$$

$H^*$  =  $H_o$  kabul edilirse, mücade edilebilen maksimum filtre direnci;

$$H_{\max} = 3,00 - 0,22 = 2,78 \text{ m olur.}$$

b) Suyun ısısı 5°C iken,

$$= 1,52 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sn}$$

$$I_o = \frac{180 \times 1,52 \times 10^{-6}}{10} \cdot \frac{(0,6)^2}{(0,4)^3} \cdot \frac{1,39 \times 10^{-3}}{(0,8 \times 10^{-3})^2}$$

$$= 0,33 \text{ m}$$

Temiz filtre yatağında yük kaybı,

$$H_o = I_o \cdot L = 0,33 \times 1 = 0,33 \text{ m}$$

Mücade edilebilen maksimum filtre direnci,

$$H_{\max} = 3,00 - 0,33 = 2,67 \text{ m olur.}$$



### 5.7.2. Filtrenin kontrolu

Arıtma tesislerinde hızlı filtrelerin temizliği önemli bir husus teşkil eder. Çünkü, gereksiz erken yıkama, fazla su sarfiyatına yol açacaktır. Tesiste geri yıkama işlemi düzenli bir şekilde yapılmamaktadır. Filtrelerin ne zaman geri yıkamaya alınacağını şu şekilde belirleyebiliriz.

Filtre yatağı temiz iken ve çıkış vanası tam açık olduğu halde, kum yatağı üzerinde 0,20 m yüksekliğinde su olacaktır. Filtre yatağında direnç artınca, filtre yatağı üzerindeki su derinliği de artacaktır. Kum yatağı üzerindeki su seviyesi 2,00 m 'yi bulunca, filtre ünitesi devreden çıkarılarak yıkamaya alınmalıdır. Yıkama suyu ayaklı depodan alınmakta ve yıkama suyu büzülürlerle verilmektedir.

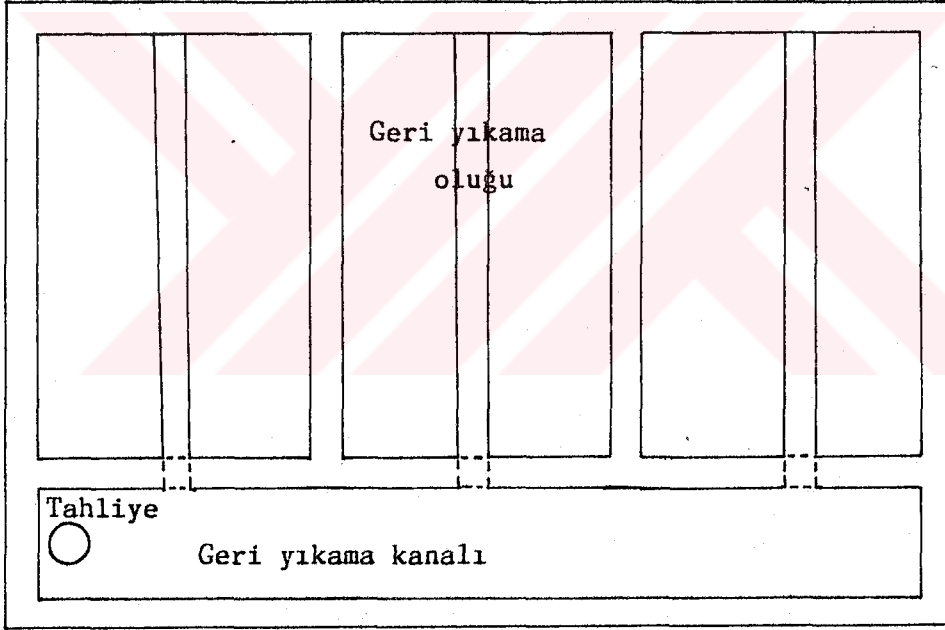
### 5.7.3. Filtrelerin yıkanması

Filtrelerin yıkanması yalnız su ile olup, yıkama aşağıda belirtil- diği şekilde yapılmalıdır.

- 1- Giriş kapağı kapatılarak, kum üzerinde su derinliği 15 cm ye düşünceye kadar filtrelemeye devam edilmelidir.
- 2- Çıkış vanası kapatılmalı.
- 3- Yıkama suyu dren kapağı açılmalıdır (mevcut değil).
- 4- Yıkama suyu vanası yavaş yavaş açılarak, filtre yatağında temiz su elde edilinceye kadar yıkamaya devam edilmelidir.
- 5- Yıkama suyu vanası yavaş yavaş kapatılmalıdır.
- 6- Yıkama suyu dren kapağı kapatılmalıdır (mevcut değil).
- 7- Türbülans ve kum yatağı kabarmasını önlemek için giriş kapağı yavaş yavaş açılarak, su seviyesi normale gelinceye kadar beklenilmeli ve filtre çıkış vanası açılmalıdır.

Yukarıda yıkama suyu dren kapağının, mevcut tesiste olmadığı belirtildi. Tesiste geri yıkama oluklarının, geri yıkama kanalına bağlandığı kısımda kapak (veya vana) olmayışı, geri yıkama işlemini oldukça zorlaştırmaktadır.

Bir filtre yıkanırken, filtre yıkama oluğundan geri yıkama kanalına boşalan kirli sular, geri yıkama kanalından tahliyeye gideceği yerde, diğer filtre çıkışlarında kapak olmadığından, diğer filtreleri de boşaltmaktadır (Şekil - 31). Böylece bir filtre yıkanırken, diğer filtrelerde kirlenme meydana gelmektedir.

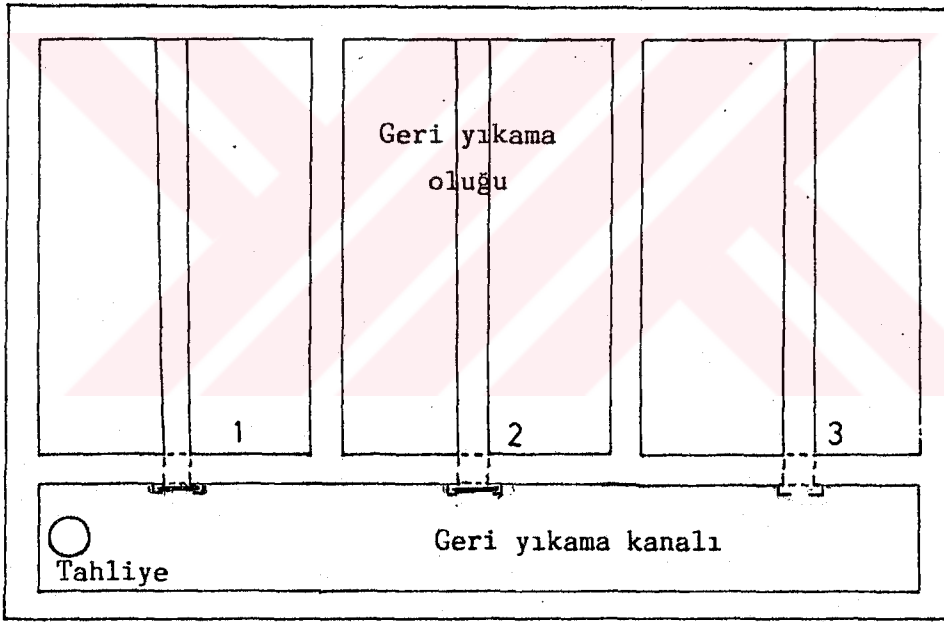


Şekil - 31: Filtreler ile geri yıkama kanalının mevcut durumu

Bu yüzden işletmeciler, geri yıkama yaparken, klorlanmış gölsuyunu doğrudan şebeke deposuna vermektedir. Geri yıkama periyodunun 2 ila 3 gün arasında oluşu, geri yıkamanın da yaklaşık 30 dakika sürmesi göz önüne alınırsa, her 2 - 3 günde bir şebekeye

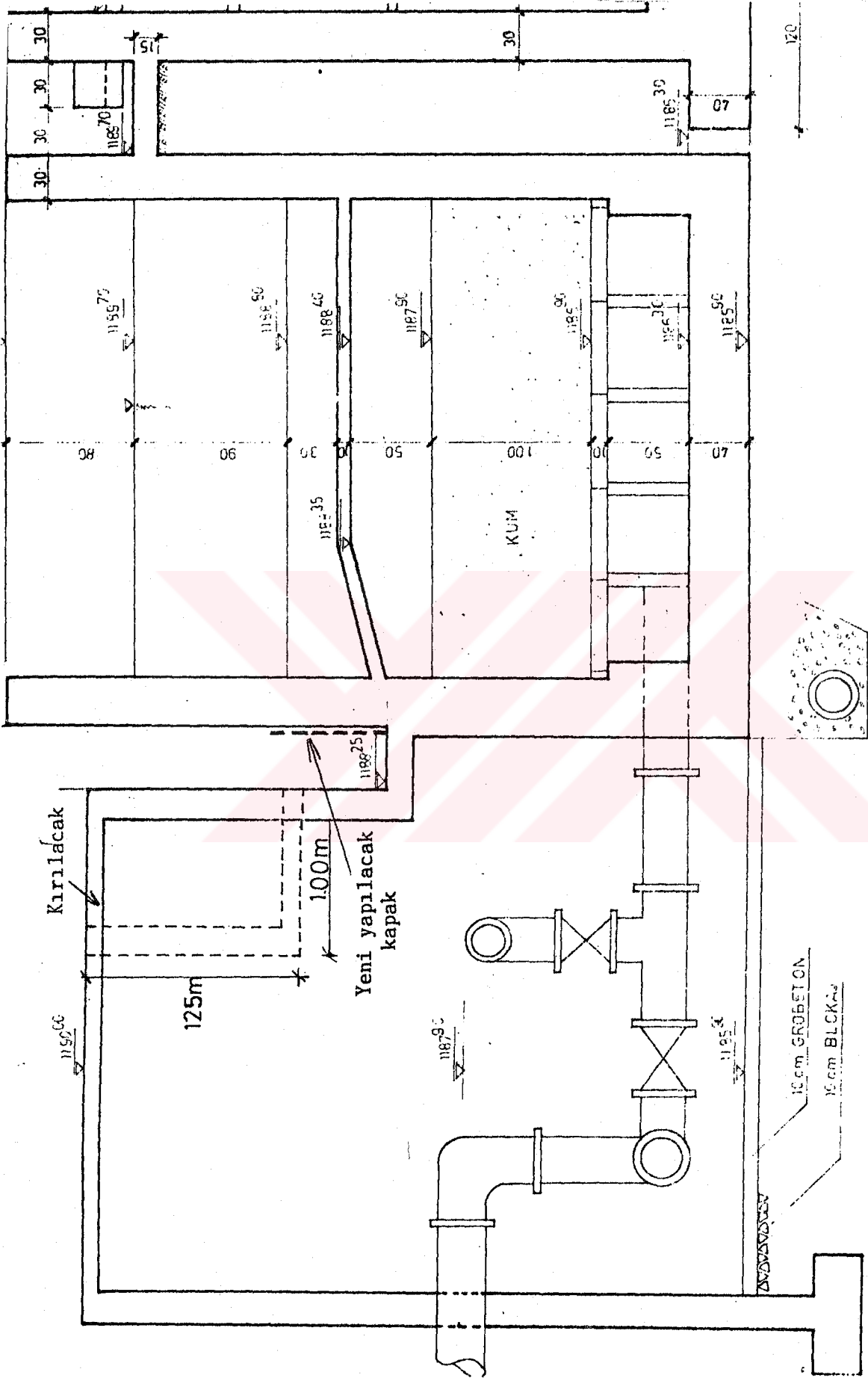
30 dakika kadar klorlanmış gölsuyu verilmektedir. Bu nedenle işletmeciler filtreleri suyun bulanıklılığının az olduğu zamanlarda yapmaya çalışmaktadırlar.

O halde filtrelerin normal yıkanabilmesi için geri yıkama oluklarının, geri yıkama kanalına kanalına bağlandığı kısma kapak yapılmalıdır. Normal işletme anında her üç kapak kapalı olmalı, hangi filtrede geri yıkama yapılacaksa, o filtre kapağı açılmalı, geri yıkama tamamlanınca filtre kapağı kapatılmalıdır. Yani, bir filtre yıkanırken, diğer iki filtrenin geri yıkama kanalı ile bağlantısı kesilmelidir (Şekil - 32).



Şekil -32 : 3 nolu filtre yıkanırken diğer iki filtre kapağının durumu

Geri yıkama kanalı çıkışına yapılacak olan kapağın çalışması güç olabilir. Çünkü, geri yıkama kanalı zeminden 1,75 m aşağıdadır. Kapağın normal çalıştırılabilmesi için manevra odası tabliyesini Şekil - 33 'de görüldüğü gibi, 1,25 m derinliğinde, 1 m genişliğinde kanal boyunca indirmek uygun olur.



Şekil - 33: Filtre ve manevra odası kesitinde yapılacak yıkama suyu çıkış kapasının durumu ve manevra odası tabliyesinde yapılabilecek değişiklik

2. çözüm olarak da tabliye hiç kırılmadan, geri yıkama oluklarının karşısına ve 50 cm yukarıdan 3 adet pencere açılarak, kapaklar buradan da kumanda edilebilir.

Birinci çözümde işletme kolay, fakat yapılacak olan imalat ikinci duruma göre zordur.

Yapılacak kapağın su kaçırmaması gerekir. Aksi halde filtredeki su seviyesi, kapak seviyesine ulaşınca, kapaktan su kaçakları olacaktır.



## 6. SONUÇ

Bu çalışmada bulunan sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

a-) Mevcut arıtma tesisi çıkış suyunda bulanıklık, tad ve koku problemi ile korozif özellik tespit edilmiştir. Buna ünite eksikliği, mevcut ünitelerin fonksiyonunu tam görmemesi ve işletmecilikteki noksanlar sebep olmaktadır.

b-) Arıtma tesisini besleyen Beyşehir gölsuyunda bulanıklık, koku ve tad, amonyum, nitrik değerleri bazen TS 266 da izin verilen değerleri aşmaktadır. Bunlardan bulanıklığın hava şartlarından etkilenecek, pik değere (67 birim  $\text{SiO}_2$  gibi) ulaştığı görülmüştür.

c-) Mevcut su alma ağzı, sahil şeridinde kaldığından, tesise zaman zaman çok bulanık su gelmektedir. Suyun 1000 m kadar içtenden alınması ve su alma yapısının belirtilen şekilde inşa edilmesi uygun olacaktır.

d-) Tesisin önüne yapılacak olan kaskat tipi havalandırıcı ile sudaki az miktardaki koku gidecek, korozyon problemi azalacak, su kalitesinde iyileşme olacaktır.

e-) Korozyonu önlemek amacıyla çıkış suyunda pH kontrolu yapılarak, pH < 8 olması halinde suya filtrasyondan sonra çözelti halinde kireç vererek  $\text{pH} = 8 < \text{pH} < 8,3$  olacak şekilde yükseltilmesi uygun olacaktır.

f-) Tesis laboratuvarına karıştırma aparatı alınarak, suya verilecek alım dozu, şayet iyi bir koagülasyon için  $H_2SO_4$  ile pH'ın düşürülmesi isteniyorsa,  $H_2SO_4$  'ün ve kirecin dozu, kavanoz testleri ile belirlenmelidir.

g-) Çökeltim havuzları ile filtre arasındaki kanalın bölmeleri kaldırılmalıdır. Çökeltim havuzlarının daha verimli çalışabilmesi için koagülasyonun iyi olması gerekir.

i-) Filtreler, kum üzerindeki su seviyesi 2 m oluncaya kadar geri yıkamaya alınmamalıdır. Filtrelerin geri yıkama oluklarının, geri yıkama kanalına bağlandığı kısımlara kapak yapılarak her filtrenin ayrı ayrı yıkanması temin edilerek, su sarfiyatı azaltılmalıdır.

j-) Şebeke uç noktalarında bakiye klor, 0,1 mg/lt olacak şekilde klor dozlaması yapılmalıdır.

k-) Alüminyum sülfatın çözüldüğü çelik fıçı içerisindeki dönen küçük pervane, geniş ve yavaş dönecek şekilde tertip edilirse, daha iyi çözelti hazırlanacak ve daha az arıza yapacaktır.

l-) Hızlı karıştırıcıdaki klorlanmış suyun atmosfere açık olması, sabotaj ihtimaline karşı hiç bir önlem alınmadığını gösteriyor. Arıtma tesisi çevresi ciddi bir koruma altına alınmalıdır.

m-) Ayrıca, arıtma tesisinin havalandırılması ve temizliğine de önem verilmelidir.

**YARARLANILAN KAYNAKLAR**

- 1- AKDOĞAN, S., GÖLHAN, M.; Suların Arıtılması, Cilt: 1, 2, 3, Pimaş Plastik İnşaat Malzemeleri A. Ş. Yayını, İstanbul, 1976.
- 2- AKKOYUNLU, A., EROĞLU, V., SAN, H. A.; "İçmesuyu tasfiyesinde filtrasyon teknikleri", D.S.İ. Teknik Bülten, Sayı: 59, Ankara, 1986
- 3- Awwa report (Tercüme: G. Ağacık), "Suların dezenfeksiyonu" D.S.İ. Teknik Bülten, Sayı: 61, Ankara, 1987
- 4- BALMAN, V.; Filtre Tekniği, İller Bankası Yayını, No: 29, 1979
- 5- BALMAN, V.; Beyşehir İçmesuyu Arıtma Projesi, İller Bankası, Ankara, 1976
- 6- BURSALI, S.; "Çökeltme havuzlarında verimi artıracak etkenlerin araştırılması", D.S.İ. Teknik Bülten, Sayı: 18, Aralık-1969
- 7- COX, C. R.; (Tercüme: C. Alagöl), Su Tasfiyesinin Teknikleri ve Kontrolü, Gürsoy Matbaacılık Sanayi, Ankara, 1971
- 8- ÇAYIRERMEZ, Ü.; Suların Dezenfeksiyonu, Şimşek Matbaası, Ankara, 1975



- 9- DOHEN, E.; (Tercüme: T. Arslan), "Bir çöktürme havuzunun sağlayabileceği olanakların değerlendirilmesi", İller Bankası Dergisi, Eylül-1978/79
- 10- Doslar Mühendislik; "Zonguldak Kilimli Çatalağzı içmesuyu arıtma tesisi projesi", Nisan-1984
- 11- EROĞLU, U.; Su Tasfiyesi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1984
- 12- FAİR, G. M., GAYER, J. C.; (Tercüme: Y. Muslu), Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları, Bayındır Kâğıtçılık, İstanbul, 1980
- 13- GİRİTLİOĞLU, T.; "İçme suyu kimyasal analiz metodları", İller Bankası Yayını, No: 18, Ankara, 1975
- 14- GROMBACH, P.; (Tercüme: V. Balman), "İçmesuyu arıtma tesislerinde dezenfeksiyon", İller Bankası Dergisi, Sayı: 10, 11, 12, 1983
- 15- KARPUZCU, M.; "Suların besi maddeleri (azot-fosfor) ile kirlenmesi ve bir matematik model", İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi Teknik Rapor no: 41, Haziran-1982
- 16- KIRIMHAN, S.; "Klor kullanılarak dezenfekte edilen içme sularında kloroform oluşumu", İller Bankası Dergisi, Sayı: 4, 5, 6, 1986
- 17- LAUBUSCH, E.; (Tercüme: M. Alpsoylu), Klorlama Klavuzu, İller Bankası, Ankara
- 18- MUSLU, Y.; Su Temini ve Çevre Sağlığı, Cilt: 1, 2, 3, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1985

- 19- MOLT, E. L.; (Tercüme: V. Balman), İçmesuyu Arıtılmasında Birim İşlemler, İller Bankası Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 1980
- 20- SOĞANCI, M., AVANOĞLU, S.; "Konya-Çumra Projesi 2. Merhale Geliştirilmesi Mühendislik Hidrolojisi Raporu", D.S.İ., Konya, 1984
- 21- ŞENGİL, İ. A.; Su Tasfiyesinde Alunit ile Pıhtılaştırma Üzerine Bir Araştırma, (Doktora tezi), İ.T.Ü. Sakarya Mühendislik Fakültesi Matbaası, Adapazarı, 1982
- 22- TEBBUTT, T.H.Y, (Tercüme: V. Balman), Su Kalitesi Kontrol Prensipleri
- 23- Tempo Mühendislik, "Beyşehir İçmesuyu Projesi", Ankara, 1987
- 24- YÜCEL, M., AKSOĞAN, S.; Su Getirme, Kanalizasyon ve Suların Arıtılması, Pimaş Plastik İnşaat Malzemeleri A. Ş. Yayınları, Cilt: 1, Yayın no: 8, İstanbul, (tarihsiz)



EKLER

TABLO 1

## İÇME SULARININ FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELİKLERİ

Madde İsmi	Müsaade edilebilen değer	Maksimum değer
<b>1. Zehirli Maddeler :</b>		
1.1 Kurşun (Pb)	—	0,05 mg/l
1.2 Selenyum (Se)	—	0,01 mg/l
1.3 Arsenik (As)	—	0,05 mg/l
1.4 Krom (Cr +6)	—	0,05 mg/l
1.5 Siyanür (CN)	—	0,2 mg/l
<b>2. Sağlığa Etki Yapan Maddeler :</b>		
2.1 Florür (F)	1,0	1,5 mg/l
2.2 Nitrat (NO <sub>3</sub> )	—	45 mg/l
<b>3. İçilebilme Özelliğine Etki Yapan Maddeler :</b>		
3.1 Renk	5 Birim	50 Birim
3.2 Bulanıklık	5 Birim	25 Birim
3.3 Koku ve tad	Kokusuz normal	Kokusuz normal
3.4 Buharlaştırma kalıntısı	500 mg/l	1500 mg/l
3.5 Demir (Fe)	0,3 mg/l	1,0 mg/l
3.6 Mangan (Mn)	0,1 mg/l	0,5 mg/l
3.7 Bakır (Cu)	1,0 mg/l	1,5 mg/l
3.8 Çinko (Zn)	5,0 mg/l	15 mg/l
3.9 Kalsiyum (Ca)	75 mg/l	200 mg/l
3.10 Magnezyum (Mg)	50 mg/l	150 mg/l
3.11 Sülfat (SO <sub>4</sub> )	200 mg/l	400 mg/l
3.12 Klorür (Cl)	200 mg/l	600 mg/l
3.13 pH	7,0 - 8,5	6,5 - 9,2
3.14 Bakiye klor	0,1 mg/l	0,5 mg/l
3.15 Fenolik maddeler	—	0,002 mg/l
3.16 Alkil benzil sülfonat	0,5 mg/l	1,0 mg/l
3.17 Mg + Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	500 mg/l	1000 mg/l
<b>4. Kirlenmeyi Belirten Maddeler :</b>		
4.1 Toplam organik maddeler	3,5 mg/l (*)	—
4.2 Nitrit	—	—
4.3 Amonyak	—	—

(\*) Sudaki toplam organik maddenin litrede 3,5 mg ı aşması halinde bakteriyolojik muayenesine özellikle titiz davranılacaktır.

Tablo 2: Suyun Sıcaklığa Bağlı Olarak Oksijene Doygunluk Değerleri

Sıcaklık	ÇO	Sıcaklık	ÇO
°C	mg/l	°C	mg/l
0	14.6	21	9.0
1	14.2	22	8.8
2	13.8	23	8.7
3	13.5	24	8.5
4	13.1	25	8.4
5	12.8	26	8.2
6	12.5	27	8.1
7	12.2	28	7.9
8	11.9	29	7.8
9	11.6	30	7.6
10	11.3	31	7.5
11	11.1	32	7.4
12	10.8	33	7.3
13	10.6	34	7.2
14	10.4	35	7.1
15	10.2	36	7.0
16	10.2	37	6.9
17	9.7	38	6.8
18	9.5	39	6.7
19	9.4	40	6.6
20	9.2		