

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TRABZON ATASU İÇME SUYU ARITMA TESİSİNDE GERİ YIKAMASIZ VE
SÜREKLİ BESLEMELİ FİLTREASYON ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Zehra ÇALIK

**EKİM 2011
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TRABZON ATASU İÇME SUYU ARITMA TESİSİNDE GERİ YIKAMASIZ VE
SÜREKLİ BESLEMELİ FİLTRASYON ÇALIŞMASI

İnş. Müh. Zehra ÇALIK

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02/08/2011

Tezin Savunma Tarihi : 14/10/2011

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Basri ERTAŞ

Trabzon 2011

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda
İnş. Müh. Zehra ÇALIK tarafından hazırlanan

TRABZON ATASU İÇME SUYU ARITMA TESİSİNDE GERİ YIKAMASIZ VE
SÜREKLİ BESLEMELİ FİLTASYON ÇALIŞMASI

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 27 / 09 / 2011 gün ve 1423 sayılı kararıyla
oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Basri ERTAŞ

Üye : Prof. Dr. Fikri BULUT

Üye : Yrd. Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolik Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak gerçekleştirilmiştir.

Yüksek lisans çalışmalarım süresince desteklerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Basri ERTAŞ'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Tezimi değerlendiren saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Fikri BULUT ve Yrd. Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ'ye teşekkür ederim.

Değerli zamanını ayırarak çalışmalarım süresince bana yol gösteren, ilgi, destek ve yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Osman Üçüncü'ye çok teşekkür ederim.

Yüksek Lisans çalışmalarım süresince ümitsizliğe kapıldığım, motivasyonumu kaybettiğim, gergin ve stresli olduğum zamanlar oldu. Bu zor zamanlarda gerek tavsiyeleri gerekse de hal ve hareketleri ile bana ümit veren, motivasyonumu arttıran, moral verip stresimi azaltan sevgili arkadaşım Prof. Dr. Ayşe DALOĞLU'na teşekkür ederim.

Bu çalışmanın bundan sonra yapılacak araştırmalara ve araştırmacılara faydalı olmasını dilerim.

Sevgili çocuklarım İrem, İdil ve Münir'e.....

Zehra ÇALIK

Trabzon 2011

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Trabzon Atası İçme Suyu Arıtma Tesisinde Geri Yıkamasız ve Sürekli Beslemeli Filtrasyon Çalışması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Basri ERTAŞ’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 14/10/2011

Zehra ÇALIK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	IX
TABLolar LİSTESİ	XI
KISALTMALAR	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1 Giriş.....	1
1.2. Suyun Bazı Özellikleri ve Hayat Üzerindeki Etkileri	3
1.3. Sularda Muhtelif Kirlenme Şekilleri	4
1.4. Şehir Suyunda Arıtma Yöntemi	4
1.4.1. İçme Sularının Özellikleri	10
1.4.2. Sertlik Giderme Usulleri	11
1.5. Trabzon İçme Suyu Arıtma Tesisi (Atası).....	12
1.5.1. Trabzon Kenti İçme Suyu Kaynağı ve Arıtılması.....	13
1.5.1.1. Su Alma Yapısı ve Izgaralar (Regülatör Ünitesi)	14
1.5.1.2. Tesis Girişi (By-Pass) ve Harmanlama Ünitesi.....	17
1.5.1.3. Havalandırma	17
1.5.1.4. Ön Klorlama.....	17
1.5.1.5. Ham Suda pH Düzenlemesi	17
1.5.1.6. Çökeltme / Durultma	18
1.5.1.7. Çamur Konileri.....	19
1.5.1.8. Çamurun Atılması	20
2. FİLTASYON	21
2.1. Hızlı Karıştırma ve Yumaklaştırma	23
2.2. Filtrasyon Hidroliği	23
2.3. Filtrasyonun Tanımı ve İşlevi.....	28
2.5. Filtrasyon Mekanizmaları.....	34
3. FİZİKSEL VE KİMYASAL PARAMETRELER	35

3.1.	Bulanıklık (Görünüş) ve Renk	35
3.2.	Koku ve Tat	35
3.3.	pH Değeri	35
3.4.	Sertlik	36
3.5.	Sülfat	36
3.6.	Klorür	36
3.7.	Nitrit	36
3.8.	Nitrat.....	37
3.9.	Amonyak	37
4.	YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	38
4.1.	Deney Düzenegi (Malzemenin Temini).....	38
4.2.	Deneyin Tanımı.....	38
5.	ÖLÇEKLENDİRME	48
5.1.	Boyut Analizi	48
5.2.	Model Teorisi	48
5.3.	Froude Sayısına Göre Model.....	49
5.4.	Reynold Sayısına Göre Model	49
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	50
7.	KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

TRABZON ATASU İÇME SUYU ARITMA TESİSİNDE GERİ YIKAMASIZ VE
SÜREKLİ BESLEMELİ FİLTRASYON ÇALIŞMASI

Zeliha ÇALIK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Basri ERTAŞ
2011, 51 Sayfa

Trabzon kenti içme suyu temininde başlıca yer üstü ve su kaynağı olarak Değirmendere deresi üzerinde (15km.) Esiroğlu ve Galyan derelerinde mevcut olan Regülatörlerden sağlanarak harmanlanır. Ham suyun tüketiciye fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleri bakımından Türk İçme Suyu Standardına (TSE 266) uygun nitelikte, içimi hoş ve halk sağlığı açısından kullanımı tamamen emniyetli ve yeterli miktarda içme suyu haline dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, ATASU arıtma tesisin aşamaları olan tesis girişi ve bypass sistemi, kimyasal dozlaması (Alüminyum Sülfat), sülfürik asit dozlaması (H_2SO_4), pıhtılaştırmayı hızlandırıcı dozlama (Polielektrolit), durultma, filtrasyon, kireç dozlaması, klor, numune alma sistemi, servis suyu sistemi, bakım ünitesinden tek tek bahsettim.

Çalışmanın deney kısmında, deney filtrasyon düzeneği 75 cm boyunda ve çapı 15 cm olan silindirik şekilde fleksiqlas malzemedan yapılmış bir filtre kolonu kullandım. Bu kolonun en altına üç ayak şeklinde 7 cm boyunda bir süzgeç yerleştirilmiştir. Dışarıdan iki adet musluk takılmıştır. Bu musluklar süzgeç hizasının tam altındadır. Deneyde dört ayrı filtre malzemesi kullandım ve 4 ayrı fiziksel parametreyi inceledim. Bunlar; bulanıklık, pH, sıcaklık ve sertliktir.

Çalışmanın sonunda tesis değerleri ile filtrasyon deneyi sonunda elde ettiğim değerleri oranladım ve bir ölçek elde ettim.

Anahtar Kelimeler : Filtrasyon , Fleksiqlas malzeme, Pıhtılaştırma

PhD. Thesis

SUMMARY

A STUDY ON CONTINUOUSLY FED FILTRATION WITHOUT BACKWASHING IN
TRABZON ATASU WATER TREATMENT PLANT

Ayhan USTA

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering PhD. Program

Supervisor: Prof. Dr. Basri ERTAŞ
2011, 51 Pages

Drinking water for Trabzon city is provided by gathering surface and spring water from the regulators of the Esiroğlu and Galyan Streams on Değirmendere Stream (15 km). The study aims the delivery of raw water, obtained as appropriately qualified water to Turkish Drinking Water Standard (TSE 266) in terms of physical, chemical and bacteriological characteristics, completely safe of the usage for the purpose of public health, had pleasant taste and also converted to sufficient amount of drinking water, to the consumers. In this study, stages of the Atasu Treatment Plant as plant entrance and bypass system, chemical dosing (Aluminum Sulfate), dosing of Sulfuric Acid (H_2SO_4), coagulation accelerator dosing (Polyelectrolyte), clarification, filtration, lime dosing, chlorine, sampling system, service water system and care unit were mentioned one by one.

In the experimental part of the study, a cylindrical filter column made of flexiglas material with a diameter of 15 cm and a length of 75 cm as filtration experiment setup was used. A filter in the shape of three feet and with a length of 7 cm was placed at the bottom of this column. Two faucets were attached from the outside. These faucets are right under the filter alignment. In the experiment, four different filter materials were used and four different physical parameters were investigated. These are; turbidity, pH, temperature and hardness.

At the end of the study, the values obtained from the plant and from the filtration experiment were proportioned; and also a scale was obtained.

Key Words: Filtration, Flexiglas material, coagulation

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.	Hususi ev ekonomisinde ortalama su tüketimi (162 L/Kişi. Gün) [5].....	5
Şekil 2.	Trabzon içmesuyu arıtma tesisinden bir görünüş (ATASU)	13
Şekil 3.	Trabzon kenti içmesuyu arıtma tesisi akış diyagramı.....	15
Şekil 4.	Trabzon kenti içmesuyu arıtma tesisi boyuna kesit şeması	16
Şekil 5.	Çamur konisi	20
Şekil 6.	Kum filtresi	22
Şekil 7.	Filtrasyon Geri Yıkama Ünitesi	22
Şekil 8.	Poröz bir ortamda sıvı akışı (Eroğlu, 1991).....	24
Şekil 9.	Filtrasyonda sürekli yük kaybı (Huisman, 1970).....	25
Şekil 10.	Filtre malzemesi olarak kullanılan taneciklerin şematik gösterimi (Huisman, 1973)	26
Şekil 11.	(a)Tek ortamlı, (b)Çift Ortamlı, (c)Çok Ortamlı Filtre yatakları ve tane boyutlarının şematik gösterimi. (Metcalf&Eddy, 1991).....	29
Şekil 12.	Yerçekimi(gravite-yavaş) ile çalışan hızlı kum filtreleri (Huisman, 1973).....	30
Şekil 13.	Düşey ve Yatay Basınçlı (hızlı)Filtreler (Huisman, 1973)	30
Şekil 14.	Yavaş kum filtresi (Huisman, 1970).....	32
Şekil 15.	Hızlı kum filtresinin görünüşü (Eroğlu, 1991)	32
Şekil 16.	Yukarı Doğru Akışlı Filtreler (Huisman, 1973)	33
Şekil 17.	Çok Tabakalı Filtre Yatağı (Huisman, 1973)	34
Şekil 18.	Atasu arıtma tesisinde kullanılan filtre kolonunda kullanılan filtre kumu (D =1.18 mm-2.36mm)	39
Şekil 19.	Deney Seti	40
Şekil 20.	Deney Setinin durutulmuş su ile beslenmesi	40
Şekil 21.	Deney seti tabandan su çıkışı	41
Şekil 22.	Tesiste ve filtre kolonunda ölçülen iletkenlik değerlerinin aynı grafikte gösterilişi.....	43
Şekil 23.	Tesiste ve filtre kolonunda NTU değerlerinin aynı grafik üzerinde gösterilişi.....	44
Şekil 24.	Günlük bulanıklık değerleri	44
Şekil 25.	Tesis ve filtre kolonunda pH değerlerinin aynı grafik üzerinde gösterilişi	45

Şekil 26. Günlük pH değerleri	46
Şekil 27. Günlük sıcaklık değerleri	47

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1. Dünyadaki su miktarı.....	2
Tablo 2. TSE 266 (Türk Standartları Enstitüsü) tarafından kabul edilen içme sularında bulunması müsaade edilen özellikler.	7
Tablo 3. ABD’de EPA (EnvironmentalProtectionAgency) tarafından kabul edilen içme sularında bulunması müsaade edilen özellikler.	8
Tablo 4. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri A) Fiziksel ve İnorganik Kimyasal Parametreler	8
Tablo 5 Şekil 10’da gösterilen tanecik biçimlerinin şekil faktörleri ve gözenek oranları (Huisman, 1973)	27
Tablo 6. İçme suyu filtre kum-çakıl tabaka kalınlıkları	38
Tablo 7. Nisan 2011 İşletme Faaliyeti Raporu.....	42
Tablo 8. Nisan ayında ölçülen iletkenlik değerleri.....	43
Tablo 9. Bulanıklık değerleri	44
Tablo 10. pH değerleri	45
Tablo 11. Sıcaklık değerleri	46
Tablo 12. Sonuçların TS 266 İle Karşılaştırılması	47

KISALTMALAR

Sıcaklık : °C

İletkenlik : $\mu\text{S} / \text{cm}$

Bulanıklık : NTU

1. GENEL BİLGİLER

1.1 Giriş

Canlı varlıklara ve özellikle insanlara birçok faydalar sağlayan doğanın yapısı endüstrileşmenin ilerlemesi ile bozulmaktadır. Doğa- insan ilişkileri, teknolojinin gelişmesi ile çok ileri bir düzeye ulaşmış olmakla birlikte, bu gelişim su, toprak ve havanın kirlenmesi sonucu doğanın ekolojik dengesini bozmuş ve bir takım sorunları da beraberinde getirmiştir. Bu sorunların başında çevre kirlenmesinin insan ve diğer canlıların sağlığına çeşitli olumsuz etkileri olmakta, bu etkiler giderek daha geniş bir alana yayılmakta ve gelecek kuşakları da tehdit eder duruma gelmektedir. Dolayısıyla, çevre sorunları artık uluslararası seviyede tartışılmakta ve gerekli önlemlerin alınması için geniş kapsamlı araştırmalar yapılmaktadır.

Her çevre sorununun temelinde hava, su ve topraktan en az birinin kirlenmesi yatmaktadır. Toprağın, havanın ve suyun kirlenmesine bağlı olarak bir takım bulaşmalar yolu ile bitkisel ve hayvansal gıdalar kirlenebilir ve beslenme sonucu bu kirlilikler insana kadar ulaşır.

Yerleşim alanlarındaki yoğun nüfus artışı insanların ihtiyaçlarının karşılanmasında giderek önemli hale gelmekte ve bir takım problemleri de beraberinde ortaya çıkarmaktadır. Bu problemlerin başında da sağlıklı ve yeterli su kullanımı gelmektedir. Gerek içme, gerekse temizlik amaçlı olsun, sağlıklı bir hayat için su vazgeçilmez bir unsurdur. Bu nedenle mevcut su kaynaklarının korunması, çevreden gelebilecek kirliliklerin önlenmesi ile mümkün olacaktır. İçme ve kullanma suyu olarak, önceleri yeterli olan yer altı ve kaynak suları, yerleşim alanlarındaki bu aşırı nüfus artış sebebiyle günümüzde artık yetersiz kalmakta ve dolayısıyla yeryüzü suları (nehir, göl, baraj vb.) artırılarak içme ve kullanma suyu kalitesine dönüştürülmektedir.

Doğada çok büyük miktarlarda bulunan fakat dağılımı dengesiz olan su, çevremizi saran maddelerin en ilginç olanlarından biridir. Doğadaki su miktarı sabit olup hiçbir zaman değiştirilemez. Çünkü yeryüzündeki su denizler ile atmosfer arasında devamlı çevrim halindedir. Normal koşullarda saf halde renksiz, kokusuz ve tatsız bir sıvı olan suyun birçok özelliği yüzünden insanlar ve diğer canlılar yaşamlarını sürdürebilmektedir.

Su, temas ettiği hemen hemen her maddeyi az veya çok çözdüğünden, tabiatta kimyasal olarak saf halde bulunamaz.

Doğada sular orijinlerine ve içerdikleri maddelere göre klasik olarak dört kısma ayrılır.

1. Meteorolojik sular (yağmur ve kar suları): Mevcut sular içinde en saf olanıdır. Havada bulunan bütün gazları ihtiva ettiği gibi, bazı anorganik ve organik maddeler de bulunabilir.
2. Yeraltı ve kaynak suları: Bulunduğu ve geçtiği toprak tabakalarını çözmesi sonucunda tabakaların cinsine göre çözülmüş maddeleri ihtiva eder.
3. Yeryüzü suları (nehir, göl, baraj ve deniz suları): Yüzeylerin açık olması nedeni ile organik yapıda olan yabancı maddeleri almaya yatkındır. Buna karşılık hava ile temas olduklarından karbonat sertliği azdır.
4. Maden (mineral) suları: Tabii sulara oranla çözülmüş madde miktarı belirli bir sınırı aşmış veya sıcaklığı ve radyoaktivitesi tabii sınırı geçmiş olan sulardır.

Kaynağına göre tabii sular, çeşitli miktarda, çözülmüş veya süspansiyon halinde yabancı madde içerir. Bunlar anorganik ve organik katı veya sıvı maddeler ile çözülmüş gazlar olabilirler. Bu maddelerin cins ve miktarları suyun kullanılma yeri ve gayesini tayinde önemli rol oynar.

Su dünyada en çok bulunan bir maddedir. Dünyadaki suların takriben %97 si denizlerde, %1'i kar ve buz halinde, %1'i Kuzey Amerika göllerinde, geri kalan %1'i de nehirlerde ve zeminlerde dir. İşte bizi alakadar edecek olan bu %1 'dir. (Tablo 1.)

Tablo 1. Dünyadaki su miktarı.

Su Miktarı	Birimi	Bulunduğu Yer
1245	km ³	Akarsular
125500	km ³	Tatlı su gölleri
103750	km ³	Tuzlu su gölleri ve kapalı denizler
230495	km ³	Toplam yerüstü suları
66400	km ³	Toprak nemi ve sızıntı suları
4150000	km ³	800 m. Derinliğe kadar yer altı suları
4150000	km ³	800 m. Den aşağı yer altı suları
8596895	km ³	Karadaki toplam su
29050000	km ³	Buzullarda
1315550000	km ³	Denizlerde
1353196895	km ³	Kürede toplam su

Başlangıçta kafi gelen kaynak suların gelmemeğe başlamış, nehir ve göllerden istifade çareleri bulunmuştur. 1960 senesinde İsveç'te dağıtılan suyun %62'si yer üstü, %21'i su'nun

emdirmeli yer altı, %17 si yer altı sularıdır. Göl, nehir ve bazı yeraltı suları temizlenerek şehirlere verilmektedir. Fakat ne kadar temizlenirse temizlensin kullanılmış sular suya hoş olmayan bir koku ve tadı vermektedir. Bu koku ve tadı tamamen ıslah etmek mümkün olmamaktadır.

Trabzon kenti içme suyu temininde başlıca yerüstü su kaynağı olarak Değirmendere Deresi suyu kullanılmaktadır. Kentin, 2020 yılı nihai su ihtiyacı olan yaklaşık 120×10^6 m³/yıl suyun tamamı bu kaynaktan temin edilecektir. Bu amaçla yapılan çalışmalar sonucu, Trabzon Kenti İçme suyu Arıtma Tesisi'nin yapımı ile Değirmendere Deresi üzerinde inşa edilen Esiroğlu regülâtöründen sağlanan su, tüketiciye fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleri bakımından Türk İçme suyu Standardına (TSE 266) (Tablo 2.) uygun nitelikte, içimi hoş ve halk sağlığı açısından kullanımı tamamen emniyetli ve yeterli miktarda içme suyu haline dönüştürülmektedir.

1.2. Suyun Bazı Özellikleri ve Hayat Üzerindeki Etkileri

Su molekül oluşum enerjisi 243 kJ/mol olup yüksek bir değere sahiptir ve bunun sonucu olarak su son derece kararlıdır. Ancak çok yüksek sıcaklıklarda su ayrışabilir. Bunun yanında, elektroliz ile veya bazı radyasyonlarla ayrışması mümkün olur. Suyun bu özelliğinden dolayı, canlıların yaşadığı biyosfer termal bir kararlılığa sahip olmuştur.

Suyun özgül ısısı 14,5 -15,5⁰C arasında 1 kal/gram veya 4,186 jul/g'dır. Suyu 1 ⁰C ısıtılmak için suya verilmesi gereken ısı miktarı olan özgül ısı oldukça yüksek bir değerdedir. Dolayısıyla, dünya yüzeyinin 3/4 'ünü kaplayan denizlerin ısınması, karalardan ve atmosferden daha zor olmakta, deniz ve göllerdeki sıcaklık hareketleri toprak ve atmosferdeki kadar fazla olmamaktadır. Suyun buharlaşma ısısı 40,65 kJ/mol olup, su buharlaşırken, yani sıvı fazdan gaz faza geçerken etraftan ısı almaktadır. Su buharları yoğunlaşırken, mutlak değerce buharlaşma ısısına eşit ısıyı etrafa vermektedir. Suyun erime ısısı 6,02 kJ/mol olup, buzun erimesi halinde etraftan ısı alırken, buzun oluşması etrafa ısı vermektedir.

CO₂, H₂S gibi anhidritler ile HCl gibi bazı gazlı asitler suda çözünür ve asitler meydana getirecek şekilde su ile birleşirler. Bunların sudaki çözünürlüğü diğer gazlardan fazladır. Oksijen azottan daha fazla nitelikte olup suda çözünmüş oksijen, suda yaşayan canlıların oksijen ihtiyacını karşılar. Diğer yandan, suların kirlenmesi de bu çözünmeler sonucu ortaya çıkmaktadır. Suyun bir başka özelliği, dünya üzerindeki tabii sıcaklarda gaz,

sıvı, ve katı halde yani, su buharı, su ve buz veya kar halinde bulunabilmektedir. Dünyadaki mevcut hidrolojik çevrim sayesinde buhar haline geçen su, içindeki yabancı maddelerden temizlenir.

Dünyada insanların kullanabileceği ve içebileceği suyun miktarı gittikçe azalırken, gerek artan nüfus, gerek tüketim yeri ve şekillerin çoğalması sebebiyle, dünya ülkelerinin çoğunda su sıkıntısı her geçen sene artmaktadır.

1.3. Sularda Muhtelif Kirlenme Şekilleri

1. Şehirlerin kanalizasyon suları (endüstri ve atıksular):

Birçok mikropları akarsulara vermektedir. Bu nehirlerden alınan ve içme suyu olarak kullanılan sular arıtılmasına rağmen mikrop ihtiva ederler. Bilhassa virüsler bazen izale edilememektedir.

2. Toksik maddelerle zehirlenme:

Bazı fabrika sularında toksik maddeler vardır ve bunlar akarsulara verilmektedir. Mutfaklarda kullanılan deterjanlar bazen toksiktir.

3. Hidrokarbonlar ile kirlenme:

Petrol, mazot, v.b. gibi maddeler akarsuların üzerinde zar teşkil ederek havalanmamasına böylece suyun temizlenmesine mani oldukları gibi suya kötü bir koku vermektedir.

4. Radyoaktif maddelerle kirlenme:

Son senelerde nükleer merkezlerden gelen bu maddeler de tehlike arz etmektedir.

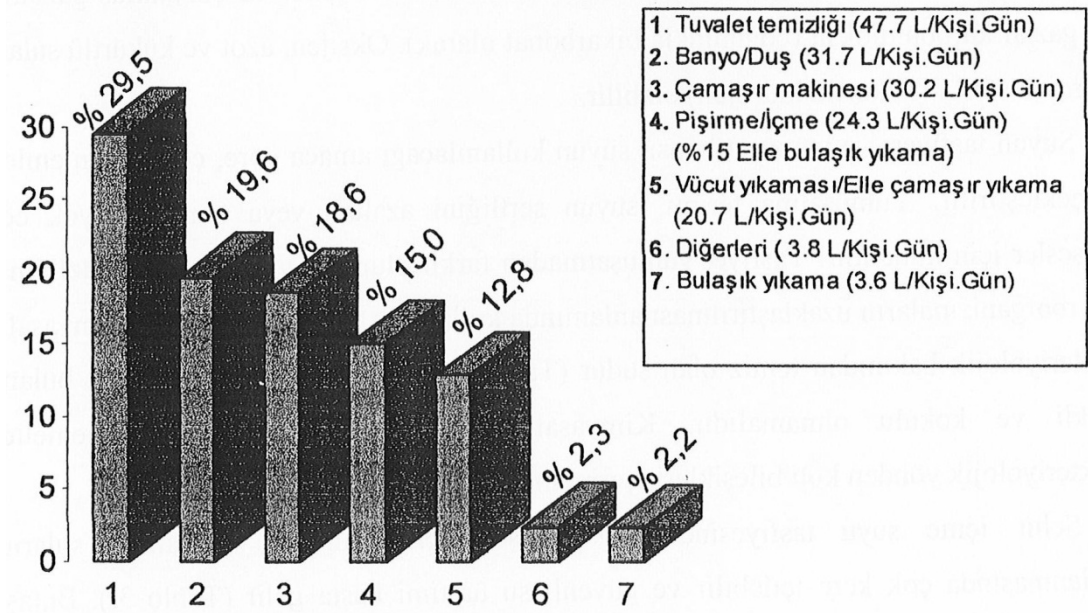
5. Diğer etkenler:

Hastalık yapmayan (saprofit) mikroplar da çoğalmaktadır. Organik maddelerden meydana gelen nitrit ve nitratlar, fosfatlı veya azotlu suni gübreler, zirai mücadele ilaçları, arsenikli ve kükürtlü artıklar birer tehlike arz etmektedir.

1.4. Şehir Suyunda Arıtma Yöntemi

Dünya üzerinde canlı hayatın var olması için bu denli önemli olan su ve su kaynakları her geçen gün biz insanoğlular tarafından düzensizce kullanılıp kirletilince artık günümüzde temiz su kaynağı bulma ve kullanma da güçlük çekilmektedir. Dolayısıyla içilebilir özelliğini kaybeden suların arıtmaya tabi tutularak, fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik

olarak tasfiyesi kaçınılmaz bir zorunluluk olmuştur. İşte, yerleşim alanlarındaki yoğun nüfus artışı ve bu nüfusa karşılık yeterli olabilecek temiz içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılayabilmek için su arıtma tesisleri kurulmuş ve günümüzde yaygın hale gelmiştir. [2] Susuz bir hayat düşünülemez. İnsanların bütün faaliyetleri için lüzumlu temel madde sudur. Yerine başka bir madde kullanılamaz. Bir insanın ortalama günlük su tüketimi Şekil 1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Hususi ev ekonomisinde ortalama su tüketimi (162 L/Kişi. Gün) [5]

Suyun arıtılması suyun kullanım amacına ve bağlı olduğu kaynağa göre belirlenir:

1. Evde kullanılan suyun arıtılması
2. Endüstride kullanılan suyun arıtılması
3. Atık suyun tekrar kullanılabilmesi için arıtılması

Su tasfiyesi ve atıksu problemi, şehirleşmenin önde gelen problemi arasındadır.

1. Çözüm için birkaç prensip ortaya atılabilir.
2. Atıksuların tekrar geri kazanılması,
3. Kirlenmenin kontrolü,
4. Giderleri azaltmak için kaynağından bazı yan ürünlerin kazanılması

Su tasfiyesi, suyun kullanılacağı amaca uygun bir duruma getirilmesi işlemidir. Evsel ve endüstriyel amaçlı kullanılan suyun tamamıyla yumuşatılması için (Sertlik çoğunlukla kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) bikarbonatları karbonat sertliğini yani suyu

kaynatmakla azaltılabilen geçici sertliktir. Kalsiyum, magnezyumun klorür ve sülfatlarından oluşan karbonat dışı sertlik kimyasal maddelerin kullanımını zorunlu kılan kalıcı sertliktir.) Ayrıca suda sertliği oluşturan tuzlardan başka sodyum tuzları, silika (silisyum dioksit), alumina (alüminyum oksit), demir veya manganda bulunabilir. Bulunabilecek diğer maddeler, süspansiyon halindeki çözünmeyen maddeler (çoğunlukla bulanıklık diye adlandırılır). Organik maddeler, renklendiriciler ve çözünmüş gazlardır. Bu gazlar karbon dioksit (çoğunlukla bikarbonat olarak). Oksijen, azot ve kükürtlü sularda hidrojen sülfür (kükürtlü hidrojen) olabilir.

Suyun tasfiyesi ve yumuşatılması, suyun kullanılacağı amaca göre, çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilir. Yumuşatma terimi, suyun sertliğini azaltan veya tamamen yok eden prosesler için kullanılır. Tasfiye, yumuşatmadan farklı olup sudan organik maddelerin ve mikroorganizmaların uzaklaştırılması anlamında kullanılır. İçme suyu fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik bakımdan temiz olan sudur (Tablo 2). İçme suyu fiziksel olarak bulanık, renkli ve kokulu olmamalıdır. Kimyasal yönden toksik iyonlar içermemelidir. Bakteriyolojik yönden koli bileşikleri içermemelidir.

Şehir içme suyu tasfiyesindeki gaye, şehirlerin içme ve kullanma sularının sağlanmasında çok kere içilebilir ve güvenli su üretimi başta gelir (Tablo 3). Bulaşıcı hastalıklar özellikle tifo, kirletilmiş sular tarafından meydana getirilmektedir. İçilebilir şehir suyu, süspansiyon halindeki katı maddelerden ve patojenik (hastalık yapan) mikroorganizmalardan kurtarılmış sudur. Ayrıca suyun yumuşak olması, hoş olmayan tad ve kokusunun bulunmaması da istenir.

Tabiatta mevcut su kaynakları, bazı istisnalar dışında içme, kullanma ve sanayi su ihtiyaçları için doğrudan doğruya kullanılmaya müsait değildirler. Bu yüzden suların bir tasfiye işleminden geçirilmesi gerekir.

Tablo 2. TSE 266 (Türk Standartları Enstitüsü) tarafından kabul edilen içme sularında bulunması müsaade edilen özellikler. [7]

Özellik	Sınıf 1		Sınıf 2
	Tavsiye Edilen Değer (GL) ^{H)}	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer (MAC) ⁽⁴⁾	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer
Sıcaklık, °C	12	25	25
PH ⁽¹⁾	6,5<pH<8,5	6,5<pH<9,2	6,5<pH<8,5
Renk, mg/L (Rt-Coskalası)	1	20	1
Bulanıklık	5 Birim	25 Birim	5 Birim
İletkenlik ⁽²⁾ 20 °C'da, µS/cm	400	2000	650
Klorür ^(J) mg Cl/L	25	600	30
Serbest klor (Cl ₂), mg/L	0,1	0,5	-
Sülfatlar, mg SO ₄ /L	25	250	25
Kalsiyum, mg Ca/L	100	200	100
Magnezyum, mg Mg/L	30	50	30
Sodyum, mg Na/L	20	175	20
Potasyum, mg K/L	10	12	12
Alüminyum, mg Al/L	0,05	0,2	0,2
Kurutma kalıntısı, 180 °C'da kurutulduktan sonra, mg/L	-	1500	500
Demir, mg Fe/L	0.05	0.2	0.2
Nitritler, mg NO ₂ /L	-	0.1	0.1
Nitratlar, mg NO ₃ /L	25	50	25
Amonyak, mg NH ₃ /L	0.0	0.0	0.0
Fosfat, mg PO ₄ ³ /L	-	-	-
T.Sertlik (mg/L CaCO ₃)	500	-	-
Alkalinite (mg/L CaCO ₃)	-	-	-
O.Madde (mg/L O ₂)	3.5	-	-
Askıda Katı Madde (mg/L)	Bulunmamalı	1	0.5

1. Kapalı kaplarda suda pH özelliği aranmaz.
2. Sudaki mineral madde muhtevasının bir göstergesidir. Ohm/cm cinsinden karşılık gelen değer 2500'dür.
3. Yaklaşık 200 mg/L'nin üzerindeki konsantrasyonda olumsuz tesirler meydana gelebilir.
4. GL : Guide Level, MAC : Maximum Admissible Concentration

Tablo 3. ABD’de EPA (Environmental Protection Agency) tarafından kabul edilen içme sularında bulunması müsaade edilen özellikler. [6]

Fiziksel Özellikler	Değer	Kimyasal Özellikler	Değer (mg/L)	Bakteriyolojik Özellikler	Değer
Bulanıklık	5 Birim	Arsenik	0,01	Koliformlar	1 Koliform/100mL
Renk	15 Birim	Demir	0,3	"	
Koku	3 defa	Çinko	5		
		Bakır	1		
		Klorür	25		
		Sülfat	25		
		Siyanür	1		
		Fenoller	0,001		

Tablo 4. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri [6] A) Fiziksel ve İnorganik Kimyasal Parametreler

Su Kalite Parametreleri	I.Kalite	II.Kalite	III.Kalite	IV. Kalite
A) Fiziksel ve İnorganik Kimyasal Parametreler				
Sıcaklık (mg/L)	25	25	30	30
PH	6,5-8,5	6,5-8,5	6.0-9.0	6.0-9.0
Çözünmüş oksijen (mg/L)	8	6	3	3
Oksijen doygunluğu	90	70	40	40
Klorür iyonu (mg/L)	25	200	400	400
Sülfat iyonu (mg/L)	200	200	400	400
Amonyum azotu (mg/L)	0,2	1	2	2
Nitrit azotu (mg/L)	0,002	0,01	0,05	0,05
Nitrat azotu (mg/L)	5	10	20	20
Toplam fosfor (mg/L)	0,02	0,16	0,65	0,65
Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	500
Renk (Pt-Co Birimi)	5	50	300	300
Sodyum (mg/L)	125	125	250	250
B) Organik Parametreler				
KOI (mg/L)	25	50	70	70
BOI (mg/L)	4	8	20	20
Organik karbon (mg/L)	5	8	12	12

Tablo 4'ün devamı

Toplam kjeldahl - Azotu (mg/L)	0,5	1,5	5	5
Emülsifiye yağ ve gres (mg/L)	0,02	0,3	0,5	0,5
Metilen mavisi aktif madde (mg/L)	0,05	0,2	1	1
Fenolik madde (Uçucu) (mg/L)	0,002	0,01	0,1	0,5
Mineral yağ ve türevleri (mg/L)	0,02	0,1	0,5	0,5
Toplam pestisit (mg/L)	0,001	0,01	0,1	0,1
C) İnorganik Kirlenme Parametreleri				
Kadmiyum (mg/L)	3	5	10	10
Kurşun (mg/L)	10	20	50	50
Arsenik (mg/L)	20	50	100	100
Bakır (mg/L)	20	50	200	200
Krom (Toplam) (mg/L)	20	50	200	200
Krom (mg/L)	Az	20	50	50
Kobalt (mg/L)	10	20	200	200
Nikel (mg/L)	20	50	200	200
Çinko (mg/L)	200	500	2000	2000
Civa (mg/L)	0,1	0,5	2	2
Siyanür (mg/L)	10	50	100	100
Florür (mg/L)	1000	1500	5000	5000
Sülfür (mg/L)	2	2	10	10
Demir (mg/L)	300	1000	5000	5000
Mangan (mg/L)	100	500	3000	3000
Bor (mg/L)	1000	1000	1000	1000
Selenyum (mg/L)	10	10	20	20
Saryum (mg/L)	1000	2000	2000	2000
Alüminyum (mg/L)	0,3	0,3	1	1
Alfa aktivitesi (mg/L)	1	10	10	10
Beta aktivitesi (mg/L)	10	100	100	100

1.4.1. İçme Sularının Özellikleri

İçme ve kullanma sularında istenilen ve istenmeyen vasıfları beş ana grupta toplamak mümkündür.

A) Su, kokusuz, renksiz, berrak ve içimi serinletici olmalıdır.

Sularda fenoller, yağlar gibi suya kötü koku ve tad veren maddeler olmamalıdır. Ayrıca sulardaki çözülmüş oksijen konsantrasyonu 5 mg/L den büyük olmalıdır.

B) Suda hastalık yapan mikroorganizmalar olmamalıdır.

Suda bulunabilen bazı mikroorganizmalar çeşitli hastalıklara sebep olurlar. Bunlardan bazıları Tifo, Kolera, Sarılıktır. Sudaki zararlı mikroorganizmaları yok etmek için en uygun yol dezenfeksiyondur. Suyun bakiye 0.1-0.2 mg/L klor kalacak şekilde ve uygun temas süresi ile klorla dezenfekte edilmesi halinde bağırsak patojen bakterileri, 0.3-0.4 mg/L bakiye klorla dezenfeksiyon halinde ise virüsler yok edilebilir.

C) Suda sağlığa zararlı kimyasal maddeler olmamalıdır.

Bazı kimyasal maddeler zehirli tesir gösterir. Arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, cıva, selenyum zehirli maddelerdir.

Florür, sularda bir miktar bulunursa diş çürümelerine karşı koruyucu bir tesir göstermektedir. Ancak florür'ün fazla miktarda alınması zehirli etki yapar.

Klorür (Cl^-), suda umumiyetle sodyum klorür ($NaCl$) şeklinde bulunur. Suda fazla miktarda $NaCl$ bulunması halinde suya insan veya hayvan idrarının karışmış olduğu düşünülebilir.

Suda Amonyum (NH_4^+)'un bulunması, suyun kullanılmış sularla kirlendiğini ve kirlenmenin süre bakımından uzak olmadığını gösterir.

Netice olarak, sağlığa zararlı maddelerin içme sularındaki konsantrasyonları (muhtevaları) belli bir değerden fazla olmamalıdır. Bu değerler çeşitli standartlarla belirtilmiştir (Tablo 2).

D) Su, kullanma maksatlarına elverişli olmalıdır.

Sular içme suyu ve sanayide kullanma suları olarak ikiye ayrılırlar. İçme suyu olarak kullanılması halinde sudaki demir ve manganez muhtevaları düşük olmalıdır. Demir, bilhassa yer altı sularında (2) değerlikli Fe^{++} olarak, genellikle demir bikarbonat $Fe(HCO_3)_2$ şeklinde olur. Suda bulunan demir, borularda demir bakterilerinin çoğalmasına ve boruların tıkanmasına sebep olur.

E) İçme Suları Agresif olmamalıdır.

Suların agresifliği, serbest karbondioksit (CO₂) ile bikarbonat (HCO₃⁻) iyonunun dengede olmamasından ileri gelir. Suların agresifliği, boruların korozyonuna (aşınmasına) sebep olur, onların kısa zamanda harap olmalarına, dolayısıyla ilave masraflara yol açar. Ayrıca boruların aşınması halinde borulardan ayrılan elementler suyun evsafının bozulmasına sebep olur.

F) Suyun sertliği kullanma maksadına uygun olmalıdır.

Genel olarak, herhangi bir suyun sertliği denildiğinde o suyun sabunu çöktürme özelliği anlaşılır. Sabun başlıca Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ iyonları tarafından çöktülür. Ancak bu iyonlara oranla su kaynakları içerisinde daha az miktarda bulunan diğer metal iyonları da sabunun çöktürülmesinde etkilidir. Al⁺⁺⁺, Fe⁺⁺, Mn⁺⁺, Sr⁺⁺, Zn⁺⁺ gibi metal iyonlarının yanında H⁺ iyonları da çöktürme işleminde etkili olmaktadır. Fakat belirtilen bu iyonlara oranla Ca⁺⁺, Mg⁺ iyonları sularda daha fazla bulduklarından, suların sertliği, su içerisinde çözülmüş olarak bulunan toplam Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ miktarının CaCO₃ eşdeğeri olarak tanımlanır.

Sularda sertliğe yol açan iyonların genellikle mg/L CaCO₃ olarak gösterilmesinin nedeni, CaCO₃'ün standart olarak kolaylıkla bulunabilmesi ve hesaplamalardaki kolaylık yönünden mol ağırlığı 100 olmasıdır.

Sertlik, geçici sertlik (karbonat sertliği) ve kalıcı sertlik (karbonat olmayan sertlik) olmak üzere iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Sertlik iyonları (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Fe⁺⁺v.b.), Sertlik yapmayan iyonlar (Na⁺, K⁺, NH₄⁺v.b.). Geçici sertlik, suyun ısıtılması suretiyle giderilebilir.

1.4.2. Sertlik Giderme Usulleri

Sularda sertlik, çeşitli usullerle giderilmektedir. Bunlar:

- Kireç-Soda usulü,
- Sodyum Hidroksitle muamele,
- Sodyum Fosfat ile yumuşatma,
- İyon değiştirme ile sertlik giderme sayılabilir.

Bu metotlardan ilk üçünde esas prensip Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ iyonlarının suda çözünmeyen bileşikler haline getirilerek çöktürülmesidir. İyon değiştirme ise, suya sertlik veren iyonların başka bir iyonla değiştirilmesidir.

1.5. Trabzon İçme Suyu Arıtma Tesisi (Atasu)

İçme suyu tasfiyesinden gaye, suyun kullanma maksadına uygun hale getirilmesidir. Tabiatta mevcut su kaynakları, bazı istisnalar dışında içme, kullanma ve sanayii su ihtiyaçları için doğrudan doğruya kullanılmaya müsait değildir.

İnsanlığın en medeni ve lüzumlu ihtiyaç maddesi olan suyu insanların hizmetine sunmak için; Trabzon Belediyesi tarafından önemli çalışmalar yapılmıştır. Tesiste üretilen su kalite olarak diğer şehirlerdeki şebeke sularının üzerindedir. Sebebi de bölgede zengin su kaynakları ve havzaların bulunmasıdır. Bu nedenle; tabii su kaynakları yönünden zengin olan bölgemizden elde edilen suyu koruyup kalitesini daha da artırmaktır. İyi bilinmeli ki korunmuş havzadan elde edilen içme suyu hem daha ucuz hem de kalitelidir.

Trabzon kenti içme suyu ihtiyacını Değirmendere üzerinde açılmış olan keson ve derin kuyulardan terfili sistemlerle karşılanmaktaydı. Bu kuyulardan alınan su klorlanarak şebekeye verilmekte, başka bir arıtma işlemine tabi tutulmamaktaydı. Kentte, hızlı nüfus artışı ve mevcut kuyuların ömürlerini doldurmalarından, suyun yetmemesi ve diğer etkenlerden dolayı yeni su kaynağına gerek duyulmuştur.

Trabzon kenti İçme Suyu Arıtma Tesisi Projesi ortaya çıkarak İller Bankası Genel Müdürlüğüne 25.03.1994 tarihinde işin sözleşmesi yapılmıştır. Projeyle ilgili olarak yapılan çalışmalar sonucu İller Bankasına takdim edilen Etüt raporu tasdik edilmiş ve proje raporu çalışmalarına başlanmıştır. Trabzon kendi ile beraber, buraya çok yakın iki yerleşim ünitesi olan Akçaabat ve Yomra İlçelerine de verilecektir. Bu nedenle, içme suyu ihtiyaç hesaplarında bu İlçelerde göz önünde tutulmuştur (Şekil 2.).



Şekil 2. Trabzon içme suyu arıtma tesisinden bir görünüş (ATASU)

1.5.1. Trabzon Kenti İçme Suyu Kaynağı ve Arıtılması

Trabzon kenti içme suyu temininde başlıca yer üstü ve su kaynağı olarak Değirmendere deresi üzerinde (15km.) Esiroğlu ve Galyan derelerinde mevcut olan Regülatörlerden sağlanarak harmanlanır. Ham suyun tüketiciye fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleri bakımından Türk İçme Suyu Standardına (TSE 266) uygun nitelikte, içimi hoş ve halk sağlığı açısından kullanımı tamamen emniyetli ve yeterli miktarda içme suyu haline dönüştürülmesi amaçlanmıştır.

Değirmendere deresi, dağlık alanlar, yaylalar ve tepelerden inen küçük dere ve ırmak sularıyla beslenerek ortalama 300.000 m³/Gün su kapasitesine ulaşır. Dereyi besleyen ırmaklar genelde yeşil alanlar ve küçük yerleşim bölgelerinden (köy) geçtiğinden aşırı bir kirlenmeye maruz kalmaz. Ancak, Ek Şekil 1'de de sunulduğu gibi (Değirmendere Yatağını Gösterir Harita) görüleceği gibi, bu ırmakların birleşim noktası yaklaşık 11.000 kişilik nüfusa sahip Maçka ilçe merkezine rastlar ve Trabzon-Erzurum karayolunu takip ederek Karadeniz'e dökülür. Bu yerleşim alanları ve yol boyunca bulunan bazı iş yerlerinin (petrol istasyonları, yıkama-yağlama, kömür depolan, taş ocakları, tamir atölyeleri ve küçük tip atölyeler) atıkları, kanalizasyon suları direkt olarak dereye deşarj edildiğinden az da olsa

hamsu için bir kirlilik teşkil eder. Yine bu yöredeki tarım alanlarında kullanılan zirai gübre ve ilaçlardan dolayı kirlenme söz konusu olabilir. Ancak dere akış debisinin fazla ve akış sahasının girintili çıkıntılı taş ve kayaçlarla kaplı oluşu suyun havalanmasını ve su içindeki çözünmüş oksijen miktarının artmasını sağlayarak doğal olarak suyun temizlenmesine ve var olan kirliliklerin seyrelerek miktarının azalmasına sebep olmaktadır.

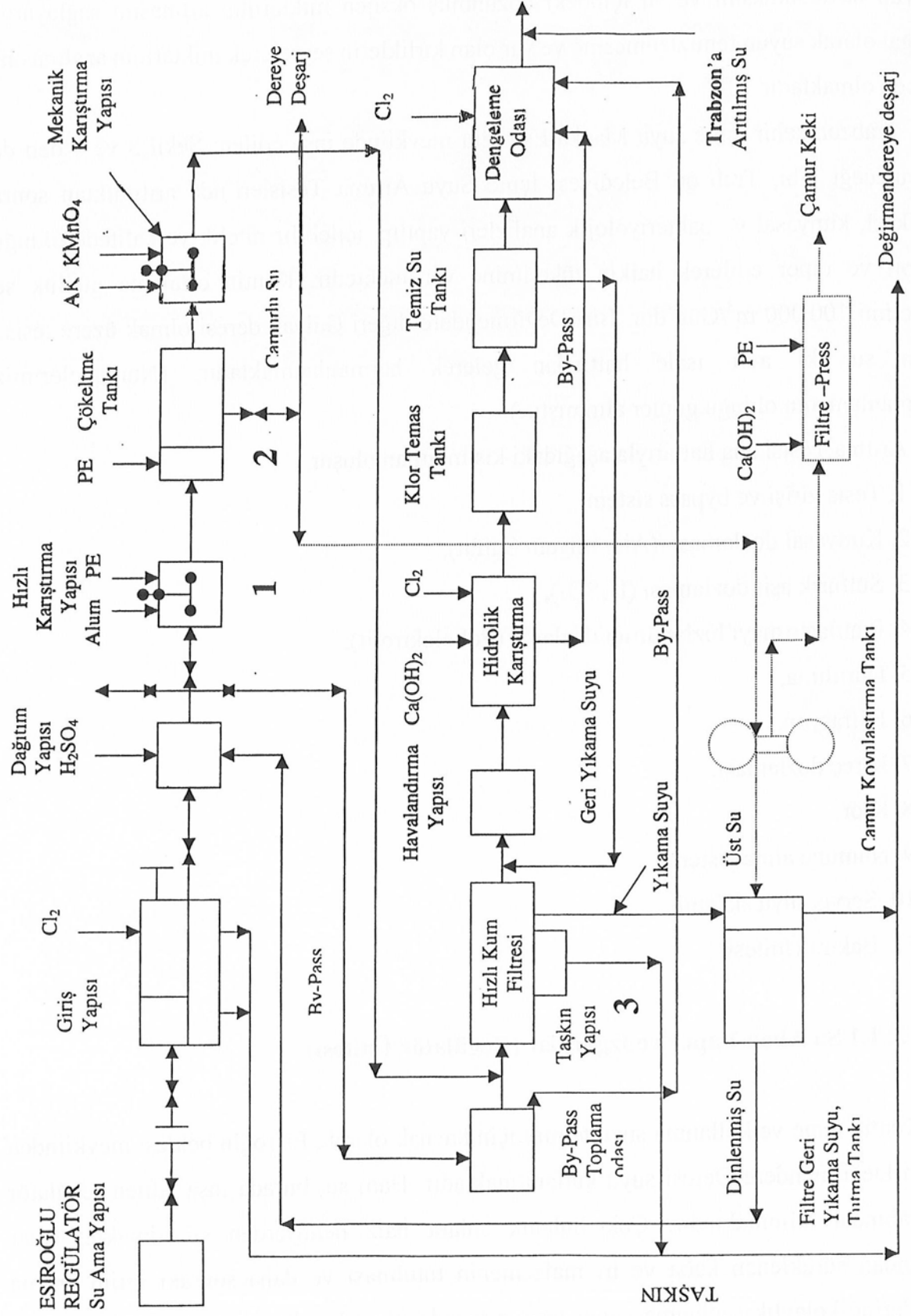
Trabzon şehir içme suyu Maçka – Esiroğlu mevkiinde inşa edilen; Şekil 3 ve 4’den de görüleceği gibi, Trabzon Belediyesi İçme Suyu Arıtma Tesisleri’nde arıtıldıktan sonra fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analizleri yapıp, içilebilir nitelik ve kalitede olduğu tespit ve rapor edilerek halkın tüketimine verilmektedir. Kentin ortalama günlük su tüketimi 100.000 m³ /Gün’dür. Biri Değirmendere diğeri Galyan deresi olmak üzere tesise ham su iki ayrı isale hattından gelerek harmanlanmaktadır. (Numunelerimiz harmanlamanın olduğu günler alınmıştır.)

Arıtma Tesisi ana hatlarıyla aşağıdaki kısımlardan oluşur :

1. Tesis girişi ve bypass sistemi,
2. Kimyasal dozlaması (Alüminyum Sülfat),
3. Sülfürik asit dozlaması (H₂SO₄),
4. Pıhtılaştırmayı hızlandırıcı dozlama (Polielektrolit),
5. Durultma,
6. Filtrasyon,
7. Kireç dozlaması,
8. Klor,
9. Numune alma sistemi
10. Servis suyu sistemi,
11. Bakım Ünitesi.

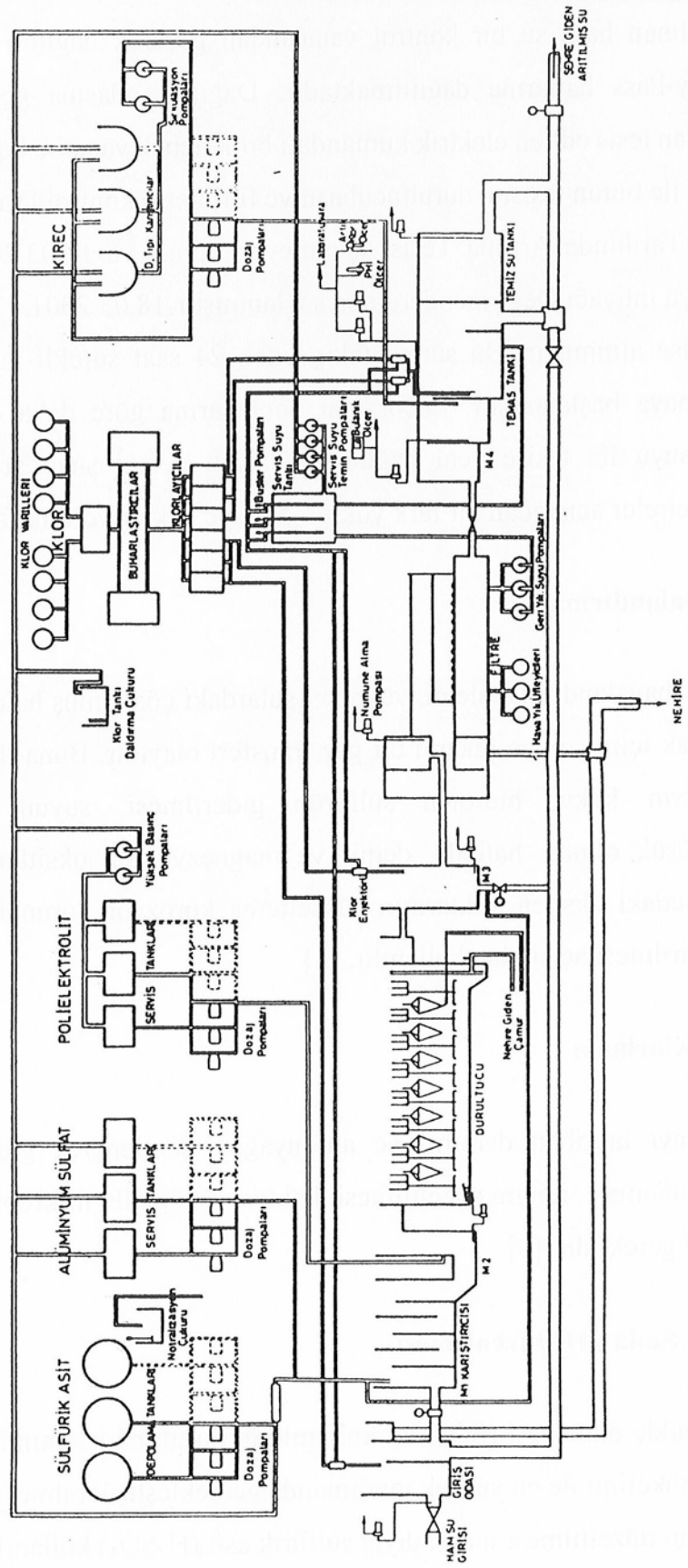
1.5.1.1. Su Alma Yapısı ve Izgaralar (Regülatör Ünitesi)

Kentin içme ve kullanma suyu temini için kaynak olarak, Esiroğlu beldesi mevkiinden geçen Değirmendere Deresi suyu kullanılmaktadır. Ham su, burada inşa edilen regülatör mansabından alınmaktadır. Çok bulanık sulara haiz nehirlerden su almakta, sular tarafından sürüklenen kaba ve iri malzemenin tutulması ve daha sonraki birim arıtma işlemlerine kolaylık sağlanması için tesis girişinde ızgaralar, kum tutucu kanallar ve ön temizlik için döner elek sistemi düzenlenmiştir.



Şekil 3. Trabzon kenti içme suyu arıtma tesisi akış diyagramı

TRABZON BELEDİYESİ İÇME SUYU ARITMA TESİSİ BOYUNA KESİT ŞEMASI



Şekil 4. Trabzon kenti içme suyu arıtma tesisi boyuna kesit şeması

1.5.1.2. Tesis Girişi (By-Pass) ve Harmanlama Ünitesi

Nehirden alınan ham su bir kontrol vanasından geçerek dağıtım odasına geçmekte buradan bir By-Pass hatlarına dağıtılmaktadır. Dağıtım odasına gelen akım, yapının memba tarafından tesis edilen elektrik kumandalı bir kelebek vana ile kontrol edilmektedir. By-Pass sistemi ile bütün tesisin, durultucuların ve filtrelerin kontrolü sağlanmış olur.

15.09.1992 Tarihinde Arıtma Tesisi İşletmeye alınmış ve 18.03.2001 tarihine kadar Şehrin İçme Suyu ihtiyacı Değirmendere'den sağlanmıştır. 18.03.2001 Tarihinde Galyan deresi suyu tesise alınmıştır. Bu süreyi takip eden 24 saat sürekli laboratuarda gerekli analizler yapılmaya başlanmıştır. Laboratuar sonuçlarına göre daha önce tesise alınan Değirmendere suyu ile tesise yeni bağlanan Galyan deresi suyu arasında fiziksel ve kimyasal parametreler açısından bir fark yoktur. Sadece bakteriyolojik fark vardır.

1.5.1.3. Havalandırma

Genel olarak havalandırma işlemi, yüzeysel sulardaki çözülmüş halde bulunan oksijen miktarını artırmak için yapılan önemli bir gaz transferi olayıdır. Buna ilaveten su içindeki uçucu maddelerin koku, hidrojen sülfürün giderilmesi, suyun içindeki oksijen muhtevasının düşük olması halinde, demir ve magnezyumun oksitlenmesi, amonyağın giderilmesi ve sudaki oksijen miktarının yükselterek korozyon sorununun azaltılması su lezzetinin iyileştirilmesi açısından kullanılır.

1.5.1.4. Ön Klorklama

Havalandırmayı takriben demirin ve amonyağın oksitlenerek giderilmesi, organik maddelerin parçalanması, rengin düzeltilmesi, bakteri ve alg gibi mikroorganik maddelerin yok edilmesi için gereklidir.

1.5.1.5. Ham Suda pH Düzenlemesi

Koagülant madde olarak $Al_2(SO_4)_3$ 'ün kullanıldığı durultma işleminin optimum ölçüde koagülant madde tüketimi ile en yüksek randımanda gerçekleştirilebilmesi için gerektiğinde ham suyun pH'ının düzeltilmesi maksadıyla sülfürik asit (H_2SO_4) kullanılır. Suyun pH'ının

optimum deęerinin altına dūşmesi halinde, ham suyun pH'ının dūzeltilmesi maksadıyla suya kireç ilavesi yapılır.

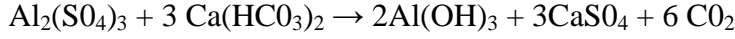
1.5.1.6. Çökeltme / Durultma

Ham su durultucu havuzlarına gelmeden önce M1 ve M2 nolu karıştırıcı hücrelerinden geçmekte ve bu şekilde suya katılan kimyasal maddelerin en yüksek düzeyde karışımı sağlanmaktadır. Şekil 4'den de görüleceği gibi, M1 hücresi; Bu hücre savak sistemleriyle 6 hücreye bölünmüştür. Bu düzenlemenin amacı suya bir hareket ve türbülans kazandırmaktır. Bu noktada Alum (Alüminyum sülfat) dozlaması da yapılmaktadır. Sülfürik asit dozlaması ise bunu takip eden noktalarda yapılmaktadır. M2 hücresi; durultucu bloğunun tam ortasında yer almaktadır. İki adet savak bulunmaktadır. Polielektrolit dozlaması suya bu hücrede verilmektedir. Bundan sonra su durultucu ham su kanallarına gönderilir.

Çökeltme ve durultma işleminde bulanıklığın ve rengin giderilmesi, demir ve amonyak ile askıdaki maddelerin konsantrasyonunun azaltılması gerektiği anlaşılmaktadır. Bulanıklık, mevsimsel olarak değişiklik göstermekte ve yağmurlu zamanlarda yüksek değerlere ulaşmaktadır. Bu nedenle, ham sudaki bulanıklığın istenilen değerlere indirgenmesi için çeşitli birim işlemlere gerek duyulmaktadır. Genellikle, evsel ve endüstriyel su temininde en yaygın olarak kullanılan temel işlem filtrasyondur. Ancak bir filtreleme işleminin etkili olarak çalışabilmesi için bu üniteden geçirilecek olan ham suyun, içerebileceği akıdaki katı maddelerin belirli sınırların altında olması gerekmektedir. Bu sınır, bir arıtma sisteminin son kademelerinde kullanılan yavaş ve hızlı kum filtreleri için $(2-5) \times 10^{-3} \text{kg/m}^3$ değerlerini aşmamalıdır. Halbuki, birçok yüzeysel içme suyu kaynaklarının sularının taşıdığı askıdaki katı maddelerin konsantrasyonu bu değerin çok üstünde olabilmektedir.

Çökeltme, suyun arıtılması için belli bir süre bir hacimde bekletilmesi şeklinde yapılan durulaştırma işlemidir. Bu hacmin büyük bir kesit alanı (durultucu) sayesinde, durgun bir akım meydana geldiği için suyun tank içindeki akış hızı oldukça yavaş olur. Yerçekimi kuvvetinin etkisi altında, tanecikler içindeki bulunduğu suyun kütle yoğunluğundan daha büyük kütle yoğunluğu ile aşağıya durultucu tabanına doğru hareket ederler, buna "çökeltme" denir. Böylece su, durultucuyu askıdaki maddelerden arındırılmış olarak terk eder. Su içindeki bu taneciklerin ebatları ve kütle yoğunlukları arttıkça düşey çökeltme hızları da arttığı gibi, tam bir durultma işlemi için gerekli olan zamanda daha kısa

olmaktadır. Su içinde bulanıklığı meydana getiren bu tanecikleri birbiri ile temas haline getirmek için uygulanan çeşitli hızlı ve yavaş karıştırma sistemi ile, taneciklerin ebatları yumaklaştırma ile suni olarak artırılabilir. Taneciklerin elektrik yükü taşımaları halinde, bunlar birbirini iteceklerdir ve yumaklaştırma ile bir araya getirme, yalnız karşı koyan elektrik kuvvetlerinin çeşitli koagülantların (pıhtılaştırıcıların) suya ilave edilmesi suretiyle nötr hale getirilmesinden sonra mümkün olacaktır. Bu kimyasal pıhtılaştırma işlemine su arıtma teknolojisinde "koagülasyon" adı verilmektedir. Suyun bulanıklığını oluşturan maddeler kolloid bünyede olup, çoğunun elektrik yükü de negatiftir. Bunun için teşekkül eden çözümlü taneleri pozitif olmalıdır. Böylece kolloid taneleri ile çökelti taneleri birleşip gittikçe büyüyen çökelti parçalarını meydana getirirler. Bu maksat için kullanılan başlıca maddeler; $Al_2(SO_4)_3$, $Fe_2(SO_4)_3$ ve CaO 'dır. Bugün demir tuzları yerine daha fazla alüminyum sülfat tuzları kullanılmaktadır. Burada suda vuku bulan reaksiyon ise $Al_2(SO_4)_3$ 'ün suyun bikarbonat sertliğine tesir etmesindedir.



1.5.1.7. Çamur Konileri

Her durultucu havuzunda 10 adet çamur konisi bulunmaktadır. Bu koniler vasıtası ile çamur battaniyesi istenilen seviyede tutulmaktadır. Bu koniler paslanmaz çelikten yapılmıştır ve biriken çamurlar periyodik aralıklarla deşarj edilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Çamur konisi

1.5.1.8. Çamurun Atılması

Çamur çekme, konilerden kontrol ünitesinin devreye girmesi ile sağlanmaktadır. Çamurun dışında havuz tabanında zaman içerisinde çöken katı maddelerin oluşturduğu silt birikimi gözlenir. Biriken (arıtma çamuru) silt, havuzların uç kısımlarında bulunan çukurlarda biriken arıtma çamuru basınçlı hava kumandalı bir vana sistemi ile uzaklaştırılır. Arıtma çamuru ve silt Değirmendere'ye deşarj edilmektedir.

2. FİLTRASYON

Filtre ortamı olarak, çakıl tabakası ile desteklenen, granülometrik kumun kullanıldığı hızlı filtrelerde, durulmuş suda askı halinde bulunan katılar tutulmaktadır. Sistem 7 adet filtre havuzundan oluşmaktadır. Filtreler 34.400 m³/gün'lük bir akıma eşdeğer şekilde tasarlanmıştır. Filtre ortamının temizlenmesi, hava ile yıkamayı takiben, filtre sisteminin aşağıdan yukarıya doğru basınçlı su ile yıkanması şeklinde uygulanan standart bir yöntemle yapılmaktadır. Akım değerini sabit tutmak için debiyi ölçen bir kontrol vanası bulunmaktadır. Filtreler hava ile yıkanır ve yıkama hızı 6.5 mm/saniye'dir. Geri Yıkama için ihtiyaç duyulan su miktarı 250 m³ ve 3–5 dakika arasında değişmektedir.

Filtre tabanı, bir ucundan merkezi bir boruya bağlı, diğer ucu ise kapatılmış 100 mm çapındaki plastik lateral borulardan teşekkül etmektedir.

Borular, hava ile yıkama için gerekli havanın, geri yıkama suyunun ve filtrelenmiş suyun iletilmesini sağlamaktadır. Bu lateral borular muntazam aralıklı süzgeç ile teçhiz edilmiştir.

Filtre yatağı en altta 6.70–13.2 mm çaplı daneden başlayarak en üstte 0.6–1.18 mm dane çaplı kum olacak şekilde dizayn edilmiştir.

Filtre işlemi sırasında filtre yatağında biriken katı maddeler, filtre yatağının, içinden geçen su akımına karşı gösterdiği direncin gittikçe yükselmesine neden olur. Bu direnç nedeniyle akımda azalmalar olur, buna yük kaybı denmektedir. Bu yük kaybını azaltmak için geri yıkama yapılır ve basınçlı hava gönderilir. Hava, yatak içerisinde kendisine yol açtıkça, karıştırılan ortam daneleri birbirine sürtünürken üzerlerine yapışmış bulunan pisliklerde gevşemektedir. Şekil 6,'da görüldüğü gibi, geri yıkama suyu ile bu atıksu tahliye edilir. Hava ile yıkama süresi 2–4 dakika arasındadır.



Şekil 6. Kum filtresi



Şekil 7. Filtrasyon Geri Yıkama Ünitesi

2.1. Hızlı Karıştırma ve Yumaklaştırma

Yumaklaştırma işlemi küçük partiküllerin yumaklar haline getirilerek çökeltilmesidir. Bu işlem iki kademedir meydana gelmektedir. Pıhtılaştırma ve yumaklaştırma. Yüzeysuları bilhassa 10^{-7} –0.1 mm büyüklükteki denecikleri ihtiva ederler. Bu denecikler çözünmüş maddeler çözünmüş maddeler, kolloidler ve askıdaki katı maddeler (süspansiyon) olarak sınıflandırılır. Çözünmüş maddelere Na^+ , Cl^- , N_2 , örnek olarak verilebilir. Bunlar 0.001 μm 'den küçük olan maddelerdir. Kolloidlerin çapları 0.001-1 μm arasındadır. Bakteri, kum, bitki, ve hayvan artıkları örnek verilebilir.

Bir taneciğin çökeltme hızı, danelerin yoğunluğu, dane çapı ve sıvının viskozitesine bağlıdır. Dane küçüldükçe çökeltme havuzları ancak askıdaki katı maddelerin çökeltme işleminde müessirdir. Kolloidlerin çökeltme havuzlarında çökeltmeleri mümkün değildir. Bu tür denecikleri sudan ayırmak, bunların birbiriyle flokleştirilerek (yumaklaştırarak) çökeltme hızlarını artırmak suretiyle olur. O halde yumaklaştırmadan sonraki çökeltme veya filtrasyon işlemleriyle sudan ayrılabilirler.

Ham suya, suda kolloidal halde bulunan madde ile reaksiyona girerek alüminyum hidroksit topağı (yumağı) oluşturacak bir koagülan madde olan alüminyum sülfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) katılmaktadır. Yumaklaştırma yapmak için katılan Alüminyum Sülfat yerine başka maddelerde kullanılmaktadır. Bunlar, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, CaCO_3 'dir.

2.2. Filtrasyon Hidroliği

Poroz bir ortamda sıvı akışını en iyi açıklayan kanun Darcy Kanunu'dur. Darcy Kanunu'na göre filtre hızı (V_f), filtre ortamının geçirimsizlik katsayısı ve hidrolik eğimle doğru orantılıdır. (Eroğlu, 1991) Buna göre filtre

$$V_f = k \times I \quad \dots(1)$$

formülü ile ifade edilir. Burada;

V_f = Filtre hızı (m/sn)

k = Geçirimsizlik katsayısı

I = Hidrolik eğimdir.

Hidrolik eğim, filtrelerde su yüzeyleri arasındaki mesafenin yatak kalınlığına oranı olduğuna göre ($I = H/L$) ve (1) formülünde yerine konulursa filtre hızını veren denklem aşağıdaki şekli alır.

$$V_f = k \cdot H/L \quad \dots(2)$$

Burada;

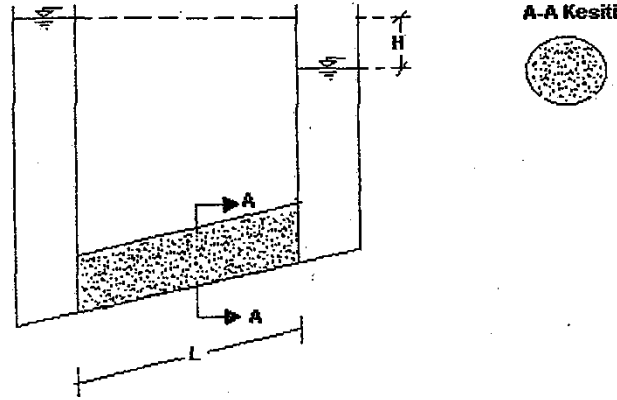
V_f = Filtre hızı (m/sn)

k = Geçirimsizlik katsayısı

H = Su yüzeyleri arasındaki mesafe yani yük kaybı (m)

L = Yatak kalınlığıdır, (m)

Aşağıdaki Şekil 8’deporöz bir ortamda sıvı akışı şematik olarak gösterilmiştir.



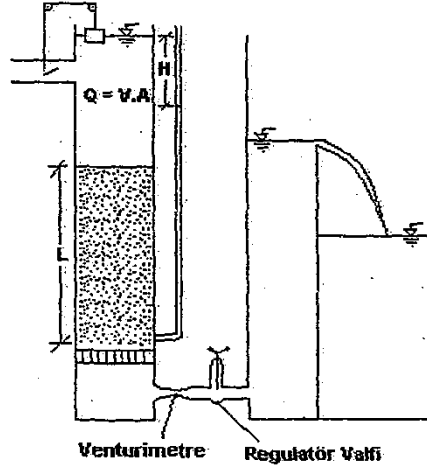
Şekil 8. Poröz bir ortamda sıvı akışı (Eroğlu, 1991)

(3) nolu denklemde su yüzeyleri arasındaki mesafe yani yük kaybı olan H çekilirse,

$$H = V_f \cdot L/k \quad \dots(3)$$

ifadesi elde edilir.

Filtrasyon ünitelerinin yük kayıplarının hesaplanmalarında Carman Kozeny veya Sabri Ergün denklemleri kullanılır. Bir filtrasyon ünitesindeki sürekli yük kaybı Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Filtrasyonda sürekli yük kaybı (Huisman, 1970)

Carman-Kozeny eşitliğine göre d çapında sürekli akışı olan filtre yatağında geçirimsizlik katsayısını veren ifade aşağıda verilmiştir;

$$k = \frac{g}{180\theta} \cdot \frac{p^3}{(1-p)^2} \cdot d^2 \quad \dots(4)$$

Burada;

k = Geçirimsizlik katsayısını (m/sn)

g = Yoğunluğu

v = Kinematik viskoziteyi

p = Poroziteyi

d = Dane çapını (m)

ifade eder.

Porozite genellikle 0,38 civarında bir değerdir. Bu değer filtre malzemesinin boyutuna göre değişir. Kinematik viskozite sıcaklığa bağlı bir değer olduğundan aşağıdaki formülle hesaplanabilir (Huisman, 1970);

$$v = \frac{(1,31) \cdot 10^{-6}}{0,72 + 0,028 \cdot T} \quad \dots(5)$$

Burada T , $^{\circ}\text{C}$ ' cinsinden sıcaklığı ifade etmektedir.

Filtre malzemesinin çapı (d), şekil katsayısı (Φ) ve spesifik dane çapına (d_s) bağlı olarak bulunur. Buna göre (d) çap;

$$d = d_s \cdot \Phi \quad \dots(6)$$

formülünden hesaplanır. Burada;

d_s = Malzemenin spesifik dane çapını ifade eder ve zemin mekaniğindeki elek analizi sonucunda aşağıdaki denklemlerle bulunur;

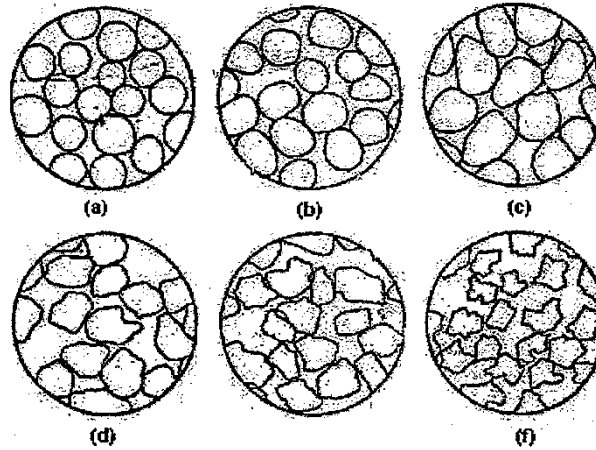
$$\frac{w}{\Phi \cdot d_s} = \frac{w_1}{\Phi_1 \cdot \sqrt{S_1 \cdot S_2}} + \frac{w_2}{\Phi_2 \cdot \sqrt{S_2 \cdot S_3}} + \dots + \frac{w_n}{\Phi_n \cdot \sqrt{S_n \cdot S_{n+1}}} \quad \dots(7)$$

Burada;

S_n = Elek çapları

w_n = Elek üzerinde kalan kumun ağırlık yüzdesidir.

Şekil katsayısı ise filtre ortamında kullanılan malzemenin şekline göre değişir. Malzeme küre şeklinde ise 1, kırık malzeme ise 0.70, küreye yakın şekilde ise 0.95 ve diğer şekillerde ise 0.70—0.95 arasında değer olarak değişir. Aşağıda Şekil 16'da ve Tablo 7'de filtre dolgu malzemesi olarak kullanılan taneciklerin biçimleri gösterilmiş ve şekil faktörü ile gözenek oranları verilmiştir.



Şekil 10. Filtre malzemesi olarak kullanılan taneciklerin şematik gösterimi (Huisman, 1973)

Tablo 5 Şekil 10'da gösterilen tanecik biçimlerinin şekil faktörleri ve gözenek oranları (Huisman, 1973)

Tanecik Biçimi	Şekil Faktörü (Φ)	Gözenek Oranı (P)
a) Küresel	1.00	0.38
b) Yuvarlak	0.98	0.38
c) Aşınmış	0.94	0.39
d) Köşeli	0.81	0.40
e) Keskin	0.78	0.43
f) Kırılmış	0.70	0.48

(4) formülündeki k değerini (3) formülünde yerine yazarsak yük. kaybını veren ifade aşağıdaki şekilde bulunur.

$$H = \frac{V_f \cdot L}{d^2} \cdot \frac{1800v}{g} \cdot \frac{(1-p)^2}{p^3} \quad \dots (8)$$

Bu ifadedeki simgeler daha önce tanımlanmıştır. Carmen Kozeny denklemi genellikle laminer akımlar için kullanılır. Bunun yanında laminer akım, geçiş bölgesini ve turbülanslı akımı içine alan daha geniş kapsamlı bir denklem olan Sabri Ergün denklemi kullanılır. Bu denklem:

$$\frac{H}{L} = \frac{150\mu}{g \cdot \rho} \cdot \frac{(1-p)^2}{p^3} \cdot \left(\frac{S}{6}\right)^2 \cdot V_f + 1.75 \frac{(1-p) S V_f^2}{p^2 \cdot 6 g} \quad \dots (9)$$

şeklinde ifade edilir. (Eroğlu, 1991)

Burada;

H = Yük kaybı

L = Yatak kalınlığı

g = Yerçekimi ivmesi

ρ = Yoğunluk

P = Porozite

S = Spesifik yüzey

μ = Dinamik viskozite

V_f = Filtre hızım

ifade eder.

Denklemden spesifik yüzey (S) birim hacim başına düşen tane yüzeyinin alanını ifade eder. Tanecik küre şeklinde ise spesifik yüzey ($6/d_e$)'ye eşit olur. Burada (d_e) eşdeğer hacimdeki küre çapıdır. Tanecikler küre şeklinde değil iseler yüzey ($6/\phi.d_e$) 'ye eşit olur. Burada ϕ bir küre taneciğinin yüzey alanının, tanenin yüzey alanına oran olan küresellik katsayısını ifade eder. Sabri Ergün denkleminin ilk terimi Carmen – Kozeny denklemine benzemektedir. İkinci kısım ise enerji kayıplarını ifade eder. (Eroğlu, 1991)

2.3. Filtrasyonun Tanımı ve İşlevi

Poröz (gözenekli') bir ortamdan veya geçirimci bir madde arasından geçirilen suyun arıtılması işlemine filtrasyon (süzme) adı verilmektedir. Filtrasyon işlemi genellikle içme sularının arıtılmasında kullanılır. Atık suların arıtılmasında ise ileri arıtma tekniği olarak kullanılır. Filtrasyon işlemine tabi tutulmuş sular yüksek kalitede çıkış sularıdır. Bu işlem esnasında, askıda ve kolloid maddelerin tutulması, mikroorganizmaların giderimi ve kimyasal bileşiklerdeki değişiklikler yardımıyla suyun kalitesi yükselir ve yüksek kalitede çıkış suları elde edilir.

Filtrasyon işleminde kullanılan filtre ortamı yani gözenekli ortam, tanecikli kum yatağı, çakıl taşları, antrasit, cam, küçük kömür parçacıkları olabileceği gibi herhangi bir kararlı madde de olabilir. Bu maddeler gözenekli beton tabakası, pişirilmiş kil malzemesi, plastik v.b.'dir. En yaygın kullanılan filtre malzemesi kumdur. Kumun diğer filtre malzemelerine göre ucuz oluşu, her yerde kolayca bulunabilmesi ve uygulamalarda başarılı sonuçlar vermesi kum filtrelerinin yaygın olarak kullanılmasına sebep olmuştur. Antrasit veya başka filtre malzemeleri genellikle daha yüksek kapasite sağlayan çift veya çok tabakalı filtre yataklarının yapımında kum malzemesi ile birlikte kullanılırlar.

Kullanılan filtre ortamına göre filtreler üç sınıfa ayrılırlar;

1– Tek Ortamlı Filtreler:

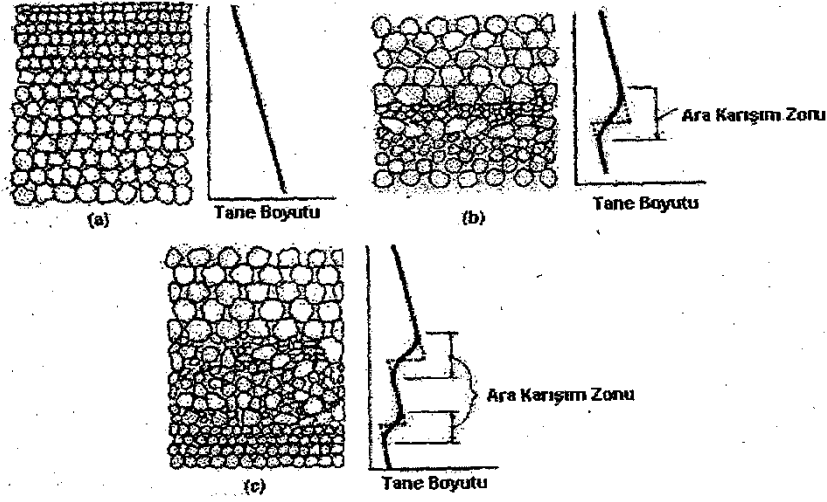
Bu tür filtreler tek tip filtreler olup genellikle filtre ortamı kum veya sıkıştırılmış antrasittir. Ortamdaki filtre malzemesi boyutu aynı ise homojen tek ortamlı filtreler, farklı ise heterojen tek ortamlı filtreler diye adlandırılır.

2– Çift Ortamlı Filtreler:

Adından da anlaşılacağı gibi filtre yatağında iki tip filtre malzemesi mevcuttur. Bu filtrelerde genelde kullanılan filtre malzemesi antrasit ve kumdur.

3– Çok Ortamlı Filtreler:

Bu tür filtreler ikiden fazla filtre malzemesi içeren filtre ortamına sahiptirler. Genellikle filtre ortamı için kum, antrasit ve çakıldan oluşan filtre malzemesi kullanılır. Şekil 8’de filtre ortamında kullanılan filtre malzemelerinin dizilişi ve por boyutları verilmiştir.



Şekil 11. (a)Tek ortamlı, (b)Çift Ortamlı, (c)Çok Ortamlı Filtre yatakları ve tane boyutlarının şematik gösterimi. (Metcalf&Eddy, 1991)

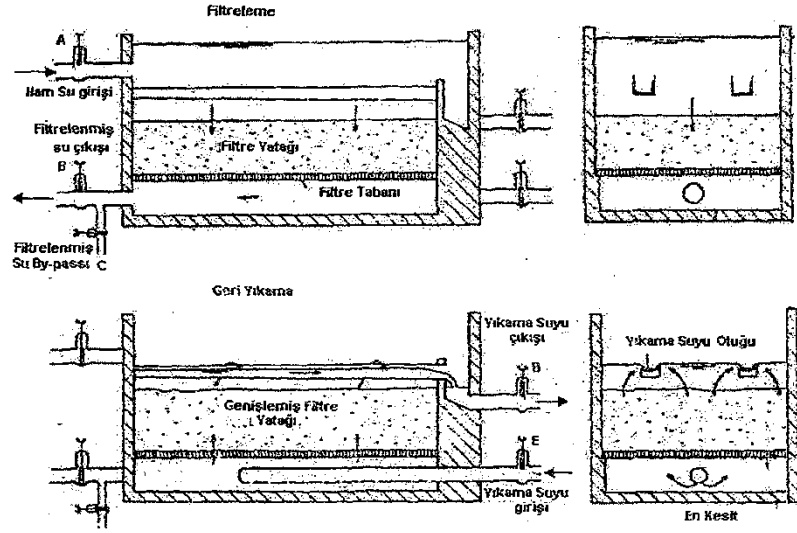
Filtrasyon işleminde kullanılan filtreler inşaat ve hidrolik şartlı göre iki sınıfta incelenir.

a) Yerçekimi ile Çalışan Filtreler

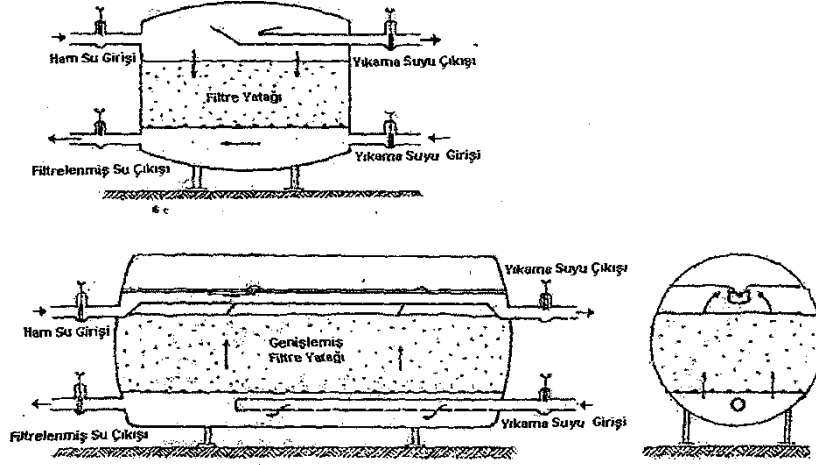
Yerçekimi ile çalışan filtrelerde suyun yerçekimi kuvveti etkisiyle filtre ortamından süzülüp geçirilmesiyle arıtım sağlanır. Bu filtrelerin üs açık olup, çıkış suyu basıncı atmosfer basıncına eşittir. Şekil 9’de yerçekimi ile çalışan hızlı kum filtrelerinin şematik görünümleri verilmiştir.

b) Basıncılı Filtreler

Bu filtreler genellikle tank şeklinde yapılmaktadır. Su filtre içerisine basınçla basılır, basınçla filtre ortamına girer ve filtreden basınçla çıkar. Basıncılı filtrelerde suyu hareket ettiren kuvvet, filtre yatağından önce \ sonraki basınçların farkıdır. Bu filtrelerin en önemli özelliği suyun atmosferle temasının kesilmiş olmasıdır. Basıncılı filtreler silindirik tankın ekseni gereği düşey basıncılı filtreler ve yatay basıncılı filtreler şeklinde yapılır. Aşağıda verilen Şekil 9’de düşey ve yatay basıncılı filtrelerin şematik gösterim verilmiştir.



Şekil 12. Yerçekimi (gravite-yavaş) ile çalışan hızlı kum filtreleri (Huisman, 1973)



Şekil 13. Düşey ve Yatay Basınçlı (hızlı) Filtreler (Huisman, 1973)

Yerçekimi ile çalışan filtreler filtrasyon hızına göre iki sınıfa ayrılır. Bunlar:

- Yavaş Kum Filtreleri
- Hızlı Kum Filtreleri

Bu filtreleri birbirinden ayıran en önemli özellik filtrasyon hızıdır. Filtrasyon hızı filtrenin birim yüzey alanından birim zamanda geçen su miktarı olarak tanımlanır. Aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$V_f = \frac{Q}{A}$$

... 10

Burada;

V_f = Filtre hızını (m/sa),

Q = Debisini (m^3 /sa),

A = Filtrenin yüzey alanını (m^2)

ifade etmektedir.

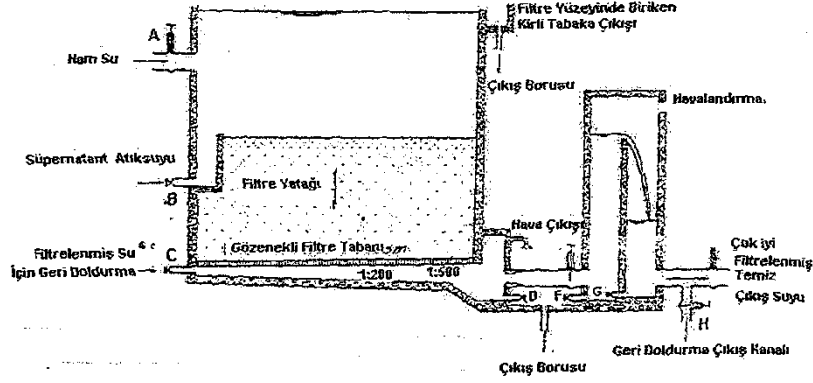
Yavaş Kum Filtreleri (YKF): Kentsel içme suyu arıtımında kullanılan en eski filtrelerdir. Bu filtrelerde su yerçekimi kuvvetiyle ve düşük hızda bir filtre ortamından (ince kum tabakası) yukarıdan aşağıya doğru süzülür. Bu filtrede filtrasyon hızı 0,1-0,4 m/sa arasında değişir. Yavaş kum filtrelerinde filtre ortamı için etkili çap, 0,15-0,35 mm arasında değişen ince taneli kum malzemesi kullanılır. Yavaş kum filtrelerinde filtre ortamının (kum tabakasının) kalınlığı 1-1,5 m arasında olması gerekir. Kullanılan kumun tane çapı küçük olduğundan giriş suyunda bulunan askıda ve kolloid maddeler filtrenin yatak derinliğine pek ulaşamazlar. Bundan dolayı filtre ortamının üst yüzeyinde tıkanmalara sebep olurlar. Filtrenin tıkanmasına sebep olan bu kirleticiler filtre üzerinde birkaç cm kalınlığında bir tabakanın sıyrılmasıyla uzaklaştırılırlar.

Kışın soğuk geçen yerlerde donmaya karşı, bazı durumlarda alg büyümesini ve rüzgardan oluşabilecek kirlenmeyi önlemek için yavaş kum filtrelerinin üzerleri kapatılır. Yavaş kum filtrelerinin iyi işletilmesi sonucunda suda bulunabilecek E.coli için azalma faktörü 1000—10000 değerleri arasına ulaşır. Bununla birlikte yavaş kum filtrelerinin çabuk tıkanmasını önlemek için bazı üniteler yavaş kum filtresi ünitesinden önce konulmalıdır. Bu üniteler aşağıda verilmiştir.

- a) Çöktürme + (YKF)
- b) Biriktirme, gerekli ise alg giderimi için mikro-elek + (YKF)
- c) Hızlı filtrasyon + (YKF)
- d) Çöktürme ve hızlı filtrasyon + (YKF)
- e) Biriktirme ve hızlı filtrasyon + (YKF)
- f) Çöktürme ve koagülasyon yardımcı yüksek seviyeli filtrasyon + (YKF)
- g) Koagülasyon, flokülasyon, çöktürme ve hızlı filtrasyon + (YKF) (Huisman, 1970)

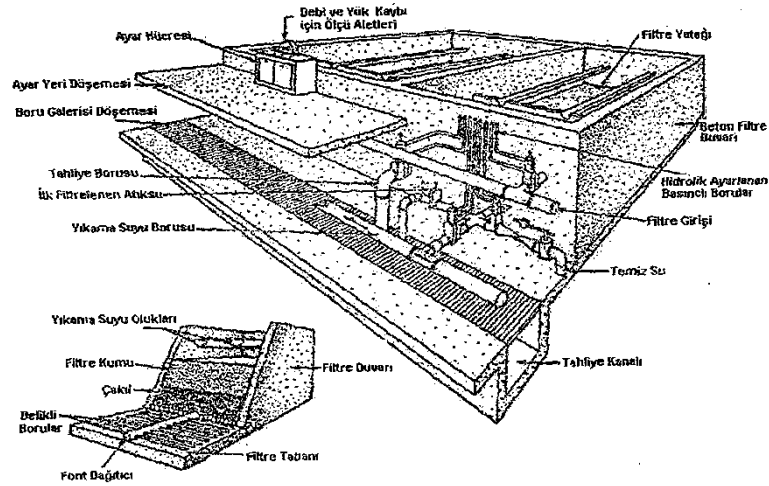
Daha önce bahsettiğimiz gibi yavaş kum filtrelerinin tıkanmalarını önlemek için bu arıtma ünitelerinden biri veya birkaçı konulmalıdır.

Yavaş kum filtrelerinin fazla araziye ihtiyacı ve ilk yatırım maliyetinin yüksek olması dezavantajları olarak sayılır. Bunun yanında işletiminin kolay ve işletme maliyetinin düşük olması ise avantajlarıdır. Arazisi geniş olan küçük yerleşim yerlerinde kolaylıkla tercih edilirler. (Şekil 10) Yavaş kum filtresinin boyutlandırılması ve işletilmesi hakkında daha sonraki bölümlerde bilgi verilecektir.



Şekil 14. Yavaş kum filtresi (Huisman, 1970)

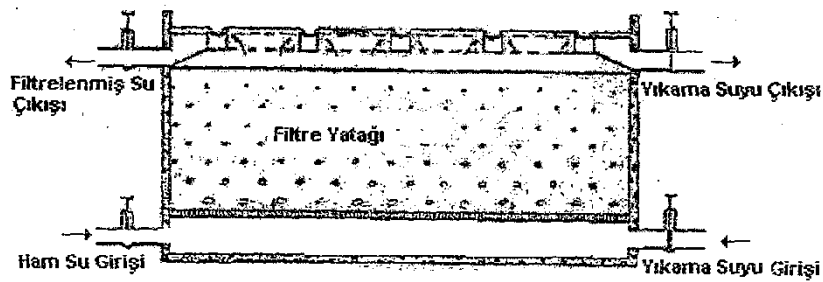
Hızlı Kum Filtreleri (HYK) : Su arıtımında kullanılan en yaygın filtrelerden birisi de hızlı kum filtresidir. Hızlı kum filtrelerinde su yerçekimi kuvvetine göre daha yüksek hızlarda ve daha büyük taneciklerden oluşan bir yataktan geçirilerek arıtılır. Hızlı kum filtreleri genellikle üst kısmı açık olan betonarme dikdörtgen havuzlar şeklinde inşa edilirler. Hızlı kum filtresinin gösterimi Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 15. Hızlı kum filtresinin görünüşü (Eroğlu, 1991)

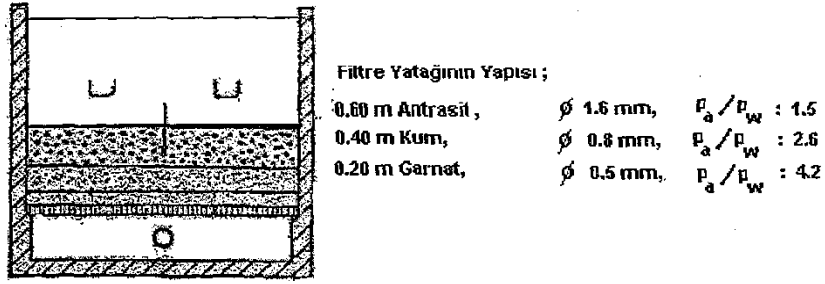
Hızlı kum filtrelerinde filtre hızı 5–15 m/sa arasındadır. Filtre orta için seçilecek kumun tane çapı 0,5–2 mm arasında ve yatak kalınlığı ise 0,5–2 m arasında olmalıdır. Burada kullanılacak tanecik büyüklüğünün üniform olmasına dikkat edilmelidir. Filtre hızının yüksek olması ve buna bağlı olarak filtre alanından geçen debinin büyüklüğü nedeniyle hızlı kum filtrele yavaş kum filtrelerine oranla daha çabuk tıkanır. Tıkanan hızlı kum filtreleri geri yıkama yapılarak temizlenirler. Geri yıkama süresi filtrede oluşan yük kaybına göre hesaplanır. Geri yıkama işlemi kısaca su akış yönünün ters çevrilmesi ile filtre yatağının genişletilerek taneciklerin filtre yatağında birbirlerine sürtünmeleri vasıtasıyla tanecik yüzeylerinde ve gözeneklerde tutulmuş olan kirleticilerin atılması olarak ifade edilebilir.

Akım yönünden filtreler; yukarıdan aşağı doğru ve aşağıdan yukarı doğru akımlı filtreler olmak üzere iki gruba ayrılır. Yukarıdan aşağıya doğru akımlı filtreler genelde bir önceki konuda bahsettiğimiz gibi yerçekimi kuvveti ile çalışan filtrelerdir. Bu filtrelerde genelde ince tanecikler filtre yatağının üst katmanında, kaba tanecikler alt katmanında olmak üzere sıralan mevcuttur. Bundan dolayı yoğun kirletici içeren ham su ince tanecikli filtre ortamına geldiğinde filtre direncinin hızla artmasına ve filtrenin çabuk tıkanmasına sebep olur. Dolayısıyla geri yıkama yapılır. Geri yıkama sırasında oluşan hidrolik sınıflandırma yukarı doğru akışlı filtrelerin esasını oluşturur. Bu filtrelerde ham su filtre direncinde artma yaratmayan ve su içerisindeki askıda olan maddelerin büyük bir kısmını tutabilen kaba taneli filtre ortamından geçirilir ve üst ortamda bulunan ince taneli filtre ortamına oldukça temizlenmiş olarak gelir. Daha sonra ince taneli ortam tarafından atılır. Böylece hızlı bir tıkanmaya yol açan su içerisindeki kirleticiler bu yolla giderilir. Şekil 12’de yukarı doğru akışlı filtrenin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 16. Yukarı Doğru Akışlı Filtreler (Huisman, 1973)

Yukarı doğru akımlı filtrelerde amaç, kaba filtre malzemesinden ince filtre malzemesine doğru filtrasyondur. Aşağı doğru akımlı filtrelerde bu olay, filtre yatağının azalan tanecik büyüklüğüne göre yapılmasıyla mümkündür. Burada dikkat edilmesi gereken husus geri yıkama sırasında yer değiştirmeleri önlemek için tanecik büyüklüğünün azaltılması ile birlikte yoğunluklarının da artırılmasıdır. Örneğin orta tabaka olarak kum, onun üstünde daha hafif bir malzeme olan antrasit ve en alt katında ağır malzeme olan magnetit kullanılarak sağlanır.(Şekil 15) Hızlı kum filtrelerinin boyutlandırılması ve işletilmesi hakkında daha sonraki bölümlerde bilgi verilecektir.



Şekil 17. Çok Tabakalı Filtre Yatağı (Huisman, 1973)

2.5. Filtrasyon Mekanizmaları

Su ve atık su arıtmalarında filtrasyon prosesleri genelde askıda katı maddelerin uzaklaştırılmasında kullanılırlar. Kum filtreleri içme suyu arıtma tesislerinde çok kullanılmasına rağmen, atık su arıtma tesislerinde çıkış AKM değerlerini deşarj kriterlerine indirmek için ender olarak kullanılmaktadırlar. Kum filtrelerinde katı maddeler değişik mekanizmalar sonucunda tutulmaktadır. Bunların bazıları aşağıda verilmiştir:

1. Mekanik Süzme
2. Çökelme
3. Yüzeyde tutma (adsorpsiyon)
4. Kimyasal Reaksiyon
5. Biyokimyasal Reaksiyondur.

3. FİZİKSEL VE KİMYASAL PARAMETRELER

3.1. Bulanıklık (Görünüş) ve Renk

İçme ve kullanma suyunun berrak olması gerekir. Sudaki bulanıklık silt, kil, parçalanmış organik madde, plankton ve bakterilerin varlığından ileri gelir. Bulanık su patojenik olabilir (hastalık yapan bakterilerde ihtiva edebilir). Patojenik bakteriler bulanıklığı meydana getiren katı parçaların gözeneklerine yerleşebilir.

Renk, içme suyu için çok önemli bir özelliktir. Temiz sular renksizdir. Sarı veya kahverengi sularda organik maddeler, kırmızımtırak veya koyu kahverengi sularda demir ve mangan bulunur. Su içerisinde çözülmüş ve kolloidal haldeki maddelerde suya renk verir.

3.2. Koku ve Tat

İçme ve kullanma suları kokusuz ve tatsız olmalıdır. Genel olarak sulara koku ve tat organik maddelerden, canlı ve cansız bitkisel organizmalardan (algler), metallere (demir, mangan vs.), fenol, klor ve klor bileşiklerinden gelir. Humuslu, asitli, demirli ve manganlı sular suya mürekkep lezzeti ve kükürtlü hidrojen suya kokmuş yumurta kokusu verir. Fazla miktarda klorid bulunan sular, tuzlu bir tada sahip olurlar.

3.3. pH Değeri

pH değeri suyun asit veya alkali karakterde olduğunu gösterir. Saf suyun pH derecesi 7'dir. pH değerinin düşük olması suyun asit karakterde, yüksek olması ise bazik karakterde olduğunu gösterir. pH değeri suların temizlenmesinde büyük öneme sahiptir. Sulardaki demir, mangan bileşiklerinin arıtılması, tat, koku ve korozyon kontrolü doğrudan suyun pH derecesi ile ilgilidir [6]. Doğal suların biyolojik ve kimyasal sistemlerinde önemli bir faktör olan pH'm sucul yaşam için gerekli optimum sınırları 8,5 – 9,0 arasındadır. pH değerinin yüksek olması ayrıca diğer kirleticilerin toksisitesini de değiştirmektedir.

3.4. Sertlik

Suyun sertliği; sudaki çok değerlikli metal iyonlarının sabunlarla (potasyum ve sodyumun yüksek yağ asitleriyle oluşturdukları organik tuzlar) çözünmeyen bileşikler meydana getirme özelliğidir. Sularda sertlik oluşturan en önemli tuzlar kalsiyum ve magnezyum iyonlarıdır. Sabun, özellikle suda her zaman bulunan kalsiyum ve magnezyum iyonları tarafından çökeltilir. Su sertliği, aynı zamanda kirlenme indikatörü olarak da kullanılır.

3.5. Sülfat

Su kaynaklarındaki sülfat, genellikle sülfat içeren toprak yapısından, tarım arazilerinde kullanılan sülfatlı gübrelere, atık kağıt, H₂SO₄, ilaç sanayi, şeker fabrikası ve süt endüstrisi atıklarının alıcı su ortamına ulaşmasından kaynaklanmaktadır. Sülfat özellikle su canlıları açısından incelenmesi gereken parametrelerden biridir. Sülfat iyonu bitki beslenmesi için esas olduğundan, bütün sulama sularında mevcut olmalıdır. Sülfatlı sular betonun tahrip olmasına, demir boruların da dayanıklılıklarını kaybetmelerine neden olur.

3.6. Klorür

Hemen hemen bütün doğal sularda bulunan klorür, mineral tuz yataklarından süzölen ve deniz suyunun etkisi altında bulunan sularda yüksek miktarlarda mevcuttur. Çünkü deniz suyunda, erimiş halde bulunan NaCl iyon konsantrasyonunun yarıdan fazlasını klorür oluşturmaktadır. Klorür iyonlarının miktarları sağlıklı su için bir göstergedir. Pek çok içme suyunda klorür miktarı 30 mg/lt'yi geçmez. Deniz ve kaya tuzu yataklarına yakın sularda bu klorür konsantrasyonu yükselir. Klorür'ün suda fazla miktarda bulunması suyun tadım bozar. Bundan dolayı klorür konsantrasyonu 250 mg/lt' den fazla olmamalıdır. Bu miktarın aşılması halinde sağlık tehlikesi olmasa bile tat bakımından su içilemez hale gelir.

3.7. Nitrit

Sulardaki nitritin kaynağını; organik maddeler, azotlu gübreler ve tabiattaki bazı mineraller teşkil etmemektedir [30]. Azotun, amonyak aracılığı ile oksidasyonundannitrit

meydana gelir. Dolayısıyla nitritin oluşumu sudaki oksijeni azaltan bir etmendir. Azotun dolayısıyla nitritin bir başka olumsuz etkisi de nitrifikasyon sebebi ile sularla ötrafikasyonlara sebep olmasıdır. Bu olay sulardaki kirliliği arttıran bir faktördür. Sularda nitritin bulunması insan ve canlı sağlığı bakımından çok önemlidir. Çünkü;nitrit, asidik ortamda nitrozaminler ve nitrozamidleri oluşturur.

3.8. Nitrat

Nitrat sudaki verimliliği etkileyen önemli su kalitesi parametrelerindendir. Sulardaki nitrat iyonları, hayvansal ve bitkisel atıkların içerdiği protein ayrışması sonucu ortaya çıkan amonyağın oksitlenmesinden, tarımsal alanlarda kullanılan nitratlı gübrelere, atmosferdeki elektriksel deşarjlar sonucunda azotun doğrudan azotoksitlere yükseltgenmesi ve bu oksitlerin sudaki reaksiyonlarından kaynaklanmaktadır. Sulardaki nitrat miktarı doğada çok değişkenlik gösterir. Kurak geçen dönemlerden sonraki yağışlarda miktarı çok artabilir. Klorlanmışsularda miktarı düşükken, klorlanmamış sularda klor miktarı artış gösterir. Nitratlar ayrıca suların kirliliği açısından da bir gösterge olabilir.

3.9. Amonyak

İçme suyunda bulunan amonyak konsantrasyonları organik kökenli kirlenmenin göstergesidir. Amonyagın canlılara toksik etkisi, oksijen eksikliği, sıcaklığın artışı ve diğer toksik maddelerin bulunması ile daha da artar. Kil ve toprakta bulunan organiklerle birleşen azotun bir kısmının da, toprakta bulunan bakteriler tarafından amonyağa dönüştürdüğü bilinmektedir. Bu dönüşümün düzeyi ise; toprak tipi, iklim ve o toprak düzeyinde yetiştirilmiş bitki çeşidine bağlı olarak değişmekle birlikte, en fazla %3 olarak gerçekleşmektedir.

Sıcaklık standartlarda belirtilen değerlerdedir.

4. YAPILAN DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Deney Düzenegi (Malzemenin Temini)

Deney filtrasyon düzenegi 75 cm boyunda ve çapı 15 cm olan silindirik şekilde fleksiğlas malzemededen yapılmış bir filtre kolonudur. Bu kolonun en altına üç ayak şeklinde 7 cm boyunda bir süzgeç yerleştirilmiştir. Dışarıdan iki adet musluk takılmıştır. Bu musluklar süzgeç hizasının tam altındadır. Deneyde dört ayrı filtre malzemesi kullanılmıştır ve özellikleri Tablo 6'da gösterilmektedir.

4.2. Deneyin Tanımı

Bu malzemeler filtre kolonuna dane çapları aşağıdan yukarı doğru artacak şekilde yerleştirilmiştir. Atasu arıtma tesisinin toplam debisi $Q = 110\ 000\ m^3/gün$ ($180\ L/sn$), bir filtrasyon ünitesi için yüzey alanı $15 \times 6 = 90\ m^2$, (7 ünite olduğu için $90 \times 7 = 560\ m^2$) filtre hacmi $V = 90 \times 1.05 = 94.5 \times 7 = 661.5\ m^3$.

Deney düzeneginin çapı = 15 cm

Yüzey besleme alanı $A = \pi D^2/4 = 177\ cm^2$

Geri yıkama yapılmamış sürekli besleme yapılmıştır.

Besleme debisi $Q_b = 4.71 \times 10^{-3}\ L/sn$

Malzeme kalınlıkları tesis malzeme kalınlığının 1/2 ölçeğinde olmak üzere toplam 52.5 cm'dir. Bu kalınlıklar aşağıdan yukarıya olmak üzere 7.5, 5, 5, 35 cm'dir. Su yüksekliği 15.5 cm'dir, Şekil 18,19,20,21.

Tablo 6. İçme suyu filtre kum-çakıl tabaka kalınlıkları

Filtre Tabaka Cinsi	Dane Çapı ϕ (mm)	Filtre Tabaka Kalınlığı (mm)	Filtre Tabaka Kalınlığı (mm) Ölçek =1/2
1-Silisli kum	1.18-0.60	700	350
2-Silisli kum	2.36-1.18	100	50
3-Silisli Çakıl	4.75-2.35	100	50
4-Silisli Çakıl	13.20-6.70	150	75
Toplam Filtre Kalınlığı		1050	525

Deney filtrasyon düzeneğinin toplam boyu : 75 cm,

Silindir üzerinde sabit su seviyesi : 15.5 cm,

Atasu Arıtma tesisi toplam debisi : $Q = 110.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ (180 L/s),

Bir filtrasyon ünitesi için yüzey alan : $A = 15 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 90 \text{ m}^2$ (x 7= 560 m^2),

Filtre hacmi : $V = 90 \times 1.05 = 94.5 \text{ m}^3$ (x7=661.5 m^3),

Deney düzeneği çapı : $D = 15 \text{ cm}$,

Yüzey besleme alanı : $A = \pi \cdot D^2 / 4 = 177 \text{ cm}^2$,

Besleme debisi : $Q_b = (4.71 \cdot 10^{-3} \text{ L/s})$

Geri yıkama yapılmamış sürekli besleme yapılmıştır.



Şekil 18. Atasu arıtma tesisinde kullanılan filtre kolonunda kullanılan filtre kumu ($D = 1.18 \text{ mm} - 2.36 \text{ mm}$)



Şekil 19. Deney Seti



Şekil 20. Deney Setinin durutulmuş su ile beslenmesi



Şekil 21. Deney seti tabandan su çıkışı

Tablo 7. Nisan 2011 İşletme Faaliyeti Raporu

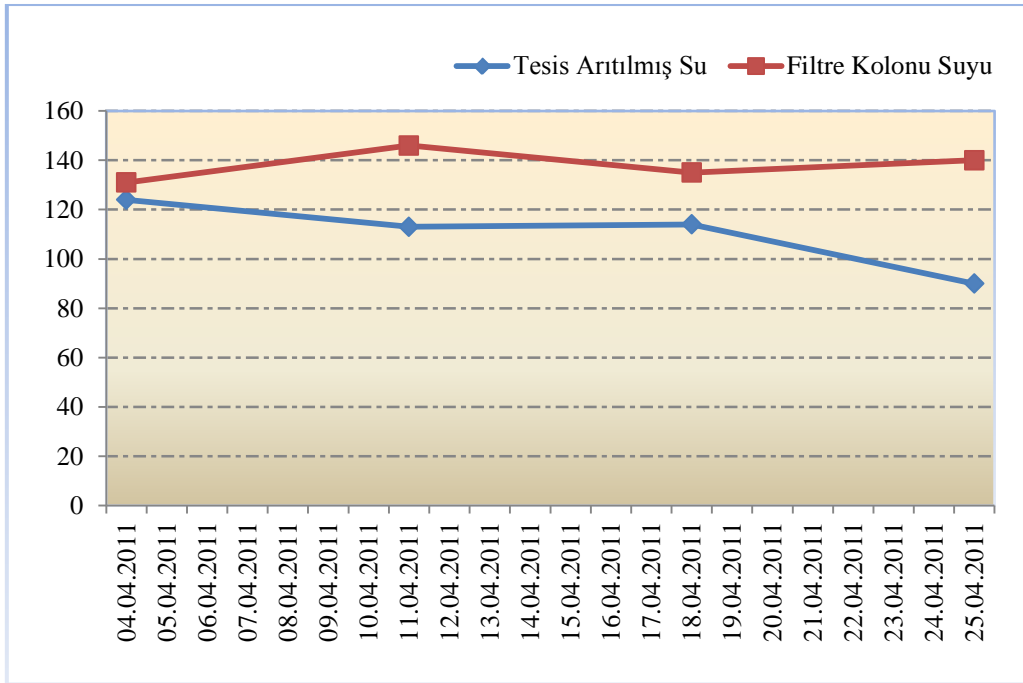
Tarih	Debi *1000	Sıcaklık	Bulanıklık Değerleri				Kimyasal		pH Ham su	pH Ait.su
			Bulanıklık Giriş Suyu Ham su Maksimum	Bulanıklık Giriş Suyu Ham su Minimum	Durutulmuş Su Ortalama	Aritılmış su ortalama	Alüminyum Sülfat	PAC-Sıvı		
	m ³ /Gün	°C	(NTU)	(NTU)	NTU	NTU	kg/Gün	kg/Gün	(-)	(-)
01.04.2011	100	12	153	753	6.2	0.32	1495	4385	8,51	8,28
02	100		144	1615	7.1	0.26	4350	2950		
03	94		253	3800	6.9	0.25	1015	535		
04	78	11	244	1412	9.8	0.44	4655	2935	8,41	7,81
05	112		143	258	6.4	0.3	4275			
06	112	10	87	260	4.7	0.31	2700		8,55	7,84
07	110		39	69	3.2	0.32	300			
08	110	9	33	70	7.7	0.37			8,43	7,94
09	117,5		20	107	6.5	0.6		2500		
10	110		21	77	5.2	0.44		2385		
11	110	9	21	86	5.4	0.4		2475	8,3	7,98
12	110		26	194	6.3	0.5		2750		
13	110	9	19	120	6.2	0.64		2585	8,34	8,00
14	110		25	451	6.7	0.82		3210		
15	110	11	94	466	7.7	0.42		3835	8,47	8,13
16	110		69	763	7.3	0.49		4125		
17	110		184	1232	9.1	0.48		4715		
18	105,5	11	197	1500	7.8	0.32		4815	8,47	7,94
19	110		447	2298	7.9	0.49		5960		
20	110	12	336	3100	6.8	0.35		6790	8,57	8,13
21	110		150	388	8.3	0.28		4360		
22	110	11	74	166	7.3	0.32		3015	8,80	8,40
23	110		50	473	7.1	0.3		2745		
24	110		130	445	7.6	0.28		3535		
25	110	12	138	252	6.6	0.27		4115	8,47	8,17
26	110		86	786	7.4	0.27		3645		
27	110	12	63	230	6.2	0.36		2930	8,47	7,9
28	110		48	212	5	0.28		2925		
29	110	12	63	512	4.9	0.28		3360	8,32	7,94
30	110		114	300	5	0.33		4130		
	3.119.500						21.490	87.375		

Deneyde iletkenlik, pH, sıcaklık ve bulanıklık parametreleri irdelenmiştir.

İletkenlik, tesislerde ayda dört defa ölçülmektedir. Bu değerler Tablo 8 'de verilmiştir ve Şekil 22'te grafik halinde gösterilmiştir.

Tablo 8. Nisan ayında ölçülen iletkenlik değerleri

Tarih	İletkenlik, $\mu\text{S}/\text{cm}$			Ölçek Tesis/Kolon
	Tesis Ham Su	Tesis Arıtılmış Su	Filtre Kolonu Suyu	
04.04.2011	94	124	131	0.95
11.04.2011	107	113	146	0.77
18.04.2011	100	114	135	0.84
25.04.2011	100	90	140	0.64

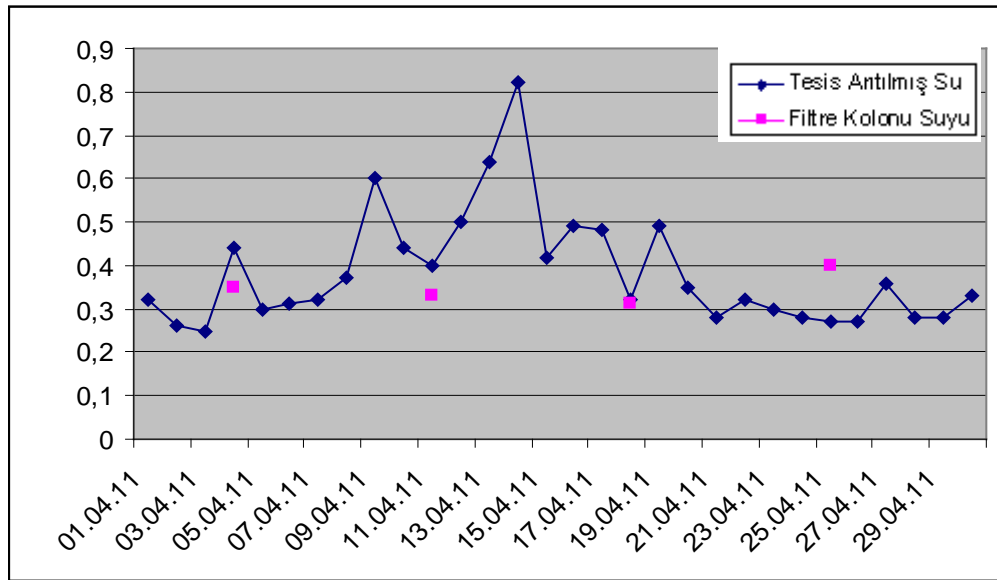


Şekil 22. Tesiste ve filtre kolonunda ölçülen iletkenlik değerlerinin aynı grafikte gösterilişi

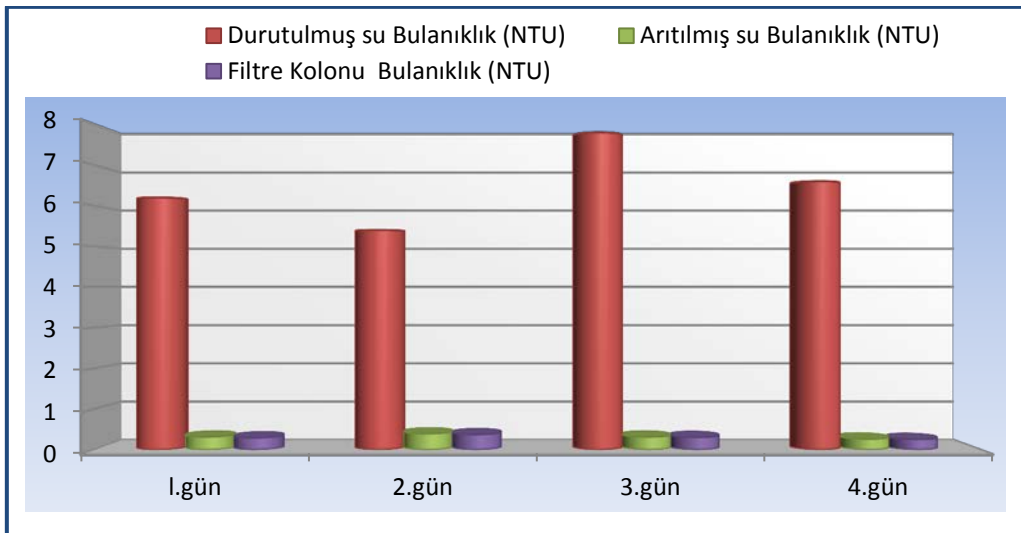
Bulanıklık, filtre çıkış kolonundan alınan suyun bulanıklık değeri ölçülmüştür. Tesisdeki değerlerle birlikte Tablo 9'da verilmiş ve Şekil 23 ve 24'de grafik olarak gösterilmiştir.

Tablo 9. Bulanıklık değerleri

Bulanıklık, NTU					Ölçek
Tarih	Tesisi Hamsu	Tesis Durulmuş su	Tesis Arıtılmış su	Filtre Kolonu suyu	Tesis/Kolon
01.04.2011	153	6.2	0.32	0.30	1.07
11.04.2011	21	5.4	0.40	0.38	1.05
18.04.2011	197	7.8	0.32	0.31	1.03
25.04.2011	138	6.6	0.27	0.26	1.04



Şekil 23. Tesiste ve filtre kolonunda NTU değerlerinin aynı grafik üzerinde gösterilişi

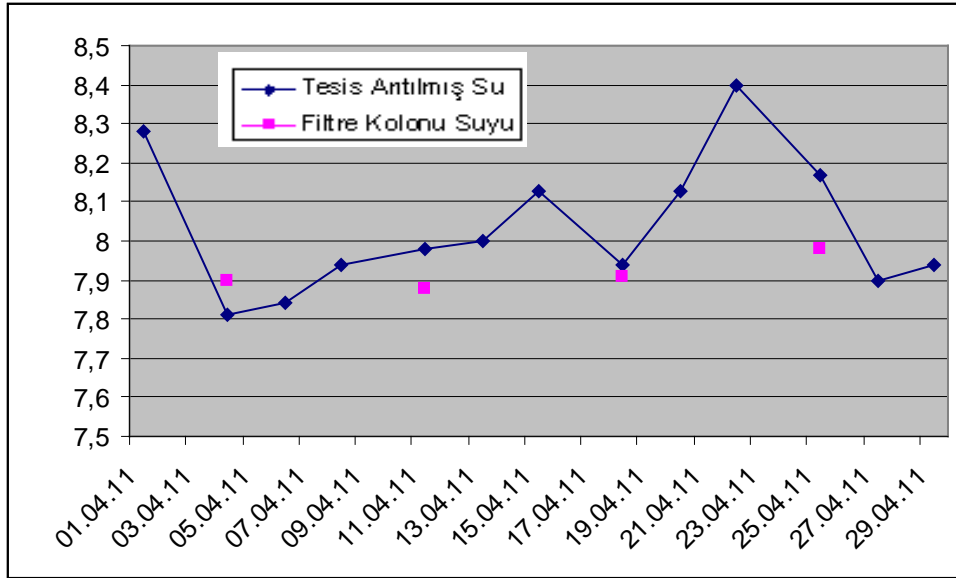


Şekil 24. Günlük bulanıklık değerleri

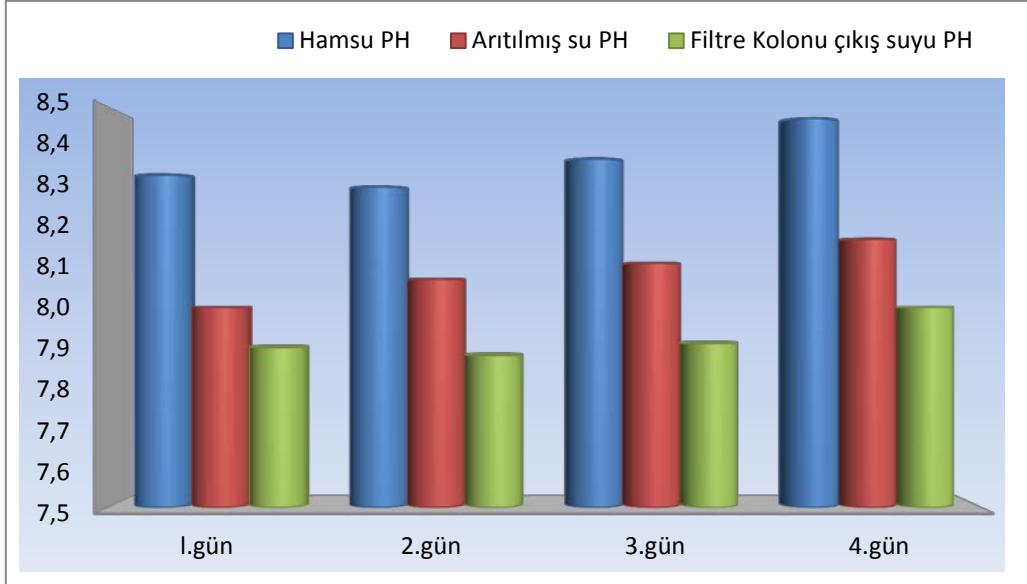
pH Değeri, pH değerleri aşağıda Tablo 10, Şekil 25 ve Şekil 26'da grafiklerde gösterilmektedir.

Tablo 10. pH değerleri

pH (-)				Ölçek
Tarih	Tesis Hamsu	Tesis Arıtılmış su	Filtre Kolonu suyu	Tesis/Kolon
01.04.2011	8.51	8.28	7.90	1.05
11.04.2011	8.30	7.98	7.88	1.01
18.04.2011	8.47	7.94	7.70	1.03
25.04.2011	8.47	8.17	8.00	1.02



Şekil 25. Tesis ve filtre kolonunda pH değerlerinin aynı grafik üzerinde gösterilişi

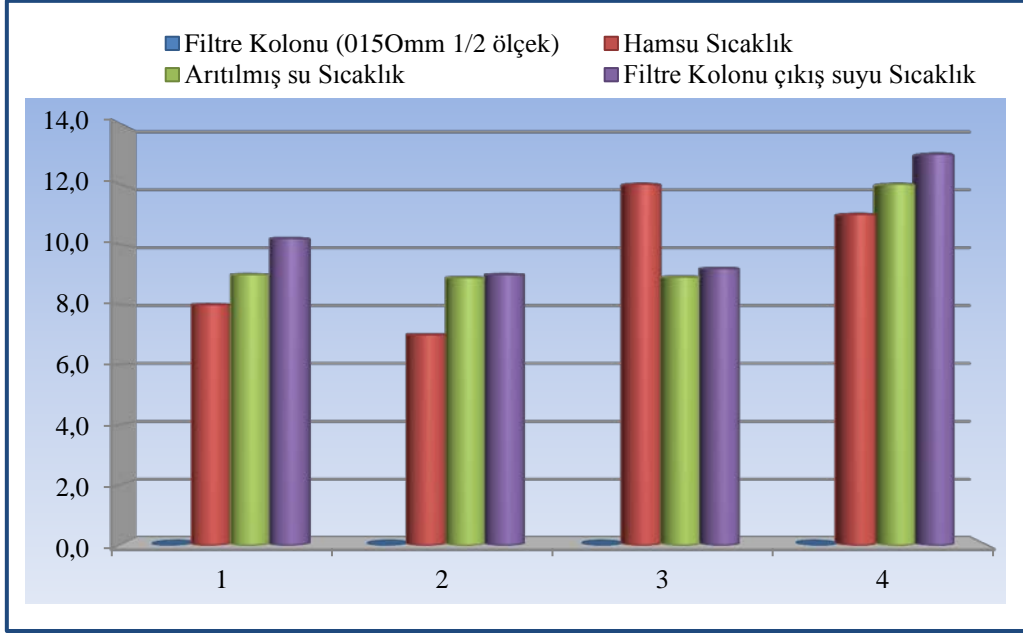


Şekil 26. Günlük pH değerleri

Sıcaklık, alınan sudaki günlük sıcaklık değerleri Tablo 11’de ve grafik halinde aşağıda Şekil 27’de verilmektedir.

Tablo 11. Sıcaklık değerleri

Tarih	Sıcaklık, °C			Ölçek Tesis/Kolon
	Tesis Hamsu	Tesis Arıtılmış su	Filtre Kolonu Su	
01.04.2011	11	12	13	0.92
11.04.2011	8	9	10	0.90
18.04.2011	10	11	12	0.92
25.04.2011	11	12	13	0.92



Şekil 27. Günlük sıcaklık değerleri

Tablo 12. Sonuçların TS 266 İle Karşılaştırılması

Özellik	Birim	Sınıf 1	Sınıf 2	Deney	Filtre Kolonu Ortalama Değer
		Tavsiye Edilen Değer	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer	
Sıcaklık	(°C)	12	25	25	12
pH	(-)	6.5≤pH≤8.5	6.5≤pH≤9.2	6.5≤pH≤8.5	7.87
Bulanıklık	(NTU)	5	25	5	0.31
İletkenlik	(µS/cm)	400	2000	650	138

5. ÖLÇEKLENDİRME

5.1. Boyut Analizi

Çok az sayıdaki akış analitik yöntemlerle tam olarak çözülebildiğinden, akışkanlar mekaniğinin gelişimi deneysel sonuçlara bağlı kalmıştır. Gerçek problemlerin çözümü analiz ve deneylerin birlikte kullanılmasını gerektirir. Önce çözüm oluşturacak basit bir matematik model oluşturulur. Daha sonra deneysel sonuçlar analitik sonuçların kontrolü için kullanılır. Ölçümlere dayanarak analizde gerekli ince ayarlar yapılır (İlgaz, 2000).

Ancak laboratuarda yapılan deneysel çalışmalar hem çok zaman alır hem de pahalıdır. Bu nedenle en önemli hedef en az deneyle en çok bilgiyi toplamaktır. Boyutsal analiz bu hedefe ulaşmakta önemli bir araçtır (İlgaz, 2000).

5.2. Model Teorisi

Bir model meydana getirilirken modelle prototip arasında geometrik, kinematik ve dinamik olmak üzere üç türlü benzerlikten bahsedilebilir.

Modeldeki uzunluk L_m , prototipteki bu uzunluğa karşı gelen uzunluk L_p ise

$L_r = L_m / L_p$ oranı sabit ise, bu iki sistem birbirine geometrik benzerdir denir. L_r uzunluk ölçeğidir.

Geometrik olarak benzer olan ve model üzerindeki bir noktada hız U_m ve prototipte bu noktaya tekabül eden noktadaki hız U_p ise, $U_r = U_m / U_p$ oranı sabit ise, bu iki sistem arasında kinematik benzerlik vardır denir (Ertürk, 2003).

Kinematik benzer iki sistem, model ve prototipte birbirine karşı gelen noktalara etkiyen muhtelif menşeli kuvvetler arasında $F_r = F_m / F_p$ oranı mevcut ise, bu iki sistem dinamik benzerdir denir.

Modelde ölçülen büyüklüklerin prototipe aktarılması, aynı şekilde prototipte ölçülen büyüklüklerin de modele aktarılması istenmektedir, işte model ve prototipten birinden diğerine geçiş için benzerlik şartlarına ihtiyaç vardır. Benzerlik şartları; Dinamik metot, Boyut analizi ve Diferansiyel denklem metotlarından biri kullanılarak yapılabilir. Bunlardan en basit metot, dinamik metot olup, metotta model ve prototipe etkiyen muhtelif kuvvetlerin oranları aynıdır (Ertürk, 2003).

İki adet modelleme vardır. Froude sayısına göre ve Reynolds sayısına göre modellemelerdir.

5.3. Froude Sayısına Göre Model

Atalet kuvvetlerinin yerçekimi kuvvetine oranı Froude sayısı olarak adlandırılır. Serbest yüzeyli akımlarda benzeşimin gerçekleşmesi için genelde model ve prototipdeki Froude sayıları eşit olmalıdır.

Viskoz kuvvetlerin ihmal edilebileceği modeller (bağlamalar, barajlar üzerindeki akım, düşüm yatakları, akarsu düzenlemeleri, v.s.) bu kanuna göre yapılır (Ertürk, 2003).

$$F_r = \frac{U^2}{g \cdot L}$$

$$F_M = F_P$$

$$L_r = \frac{L_M}{L_P} = \text{Geometrik ölçek}$$

$$U_M = U_P \left(\frac{L_M}{L_P} \right)^{1/2} = \text{Model Yatay Akım Hızı}$$

$$Q = U \cdot A$$

$$Q_M = Q_P \cdot \left(\frac{L_M}{L_P} \right)^{5/2} = \text{Model debi}$$

5.4. Reynold Sayısına Göre Model

Reynold sayısı, bir akışkanın, atalet kuvvetlerinin viskozite kuvvetlerine olan oranıdır. Basınçlı akımlarda benzeşimin gerçekleşmesi için model ve prototip de Reynold sayıları eşit olmalıdır.

$$R_e = \frac{U_0 \cdot xR}{\nu}$$

$$(R_e)_m = (R_e)_p$$

$$L_r = \frac{L_M}{L_P} = \text{Geometrik Ölçek}$$

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Burada yapılan deneyler ancak tesisin elverdiği ölçüde ve sürede yapılmıştır.
2. Daha güvenilir ve sağlıklı sonuçlara ulaşabilmek için daha uzun süreli deneyler gerektirmektedir. Ancak bu çalışmada süreyi daha fazla uzatmak tesisin çalışmalarını engelleyeceği için işlemler mümkün olan en kısa sürede tamamlanmaya çalışılmıştır.
3. Çalışma geri yıkamayı da içerecek şekilde genişletilebilir.
4. İrdelenen parametrelerin sayısı arttırılabilir.
5. Deney setinin her bir filtre tabaka çıkışından su alınarak irdelenebilir.

7. KAYNAKLAR

- Gülay M., 2002. İçme Suyu Arıtma Tesislerinden Çıkan Çamur Atıklarının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- TS266, Türk İçmesuyu Standartları, Ankara, 1984.
- Üçüncü, O., Ozonun Dezenfektan Olarak Klora Karşı Kullanılması Üzerine Bir Araştırma, Yayınlanmamış, K.T.Ü.
- Yaramaz, Ö., 1992. Su Kalitesi, 4. Baskı, E. Ü. Basımevi, Yayın No:14, İzmir.
- Trabzon Belediyesi, 2002. Trabzon Belediyesi İçmesuyu Arıtma Tesisi Laboratuvarı Raporu, Trabzon.
- Kanca, M. A., 1995. Trabzon İçme Sularında Bazı Kalite Parametrelerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Şengül, F., Müezzinoğlu, A., 1993. Çevre Kimyası, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Basın Ünitesi, Yayın No: 228, İzmir.
- Trabzon Belediyesi, 2002. Trabzon İçme Suyu Arıtma Tesisi Laboratuvar Föyü, Trabzon.
- İlgaz, C., 2000. Akışkanlar Mekaniği ve Hidrolik Problemleri, İstanbul.
- Ertürk, Ş. N., 2003. Akışkanlar Mekaniği Ders Notları, İstanbul.
- Eroğlu, V., 1991. Su Tasfiyesi.

ÖZGEÇMİŞ

Zehra ÇALIK, 1963 yılında Trabzon'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Trabzon'da tamamladı. 1980 yılında girdiği Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünden 1984 yılında mezun oldu. 1985 yılında Trabzon Bayındırlık ve İskan Müdürlüğünde İnşaat Mühendisi olarak atandı. Zehra ÇALIK evli ve üç çocuk annesi olup, orta derecede İngilizce bilmektedir.