

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEBZE VE TUZLA BÖLGELERİNDEKİ
YERALTI SULARININ, İÇME VE
KULLANMA SUYU TEMİNİ İÇİN
MİKROFİLTRASYON MEMBRAN
TEKNOLOJİSİ İLE ARITILABİLİRLİĞİ

171330
T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Buray SADIKLAR KIRCA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Yrd.Doç.Dr.Güleda ENGİN

GEBZE
2002

171330

Buray..SADIKLAR..KIRCA.....'ın tez çalışması, G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 20.08.2002..... tarih ve ..2002/1....26.. sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından ..Gevre..Mühendisliği..... Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRI

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. Gülede ENGİN
(Tez Danışmanı)



ÜYE : Prof. Dr. Mehmet KARPUDCU



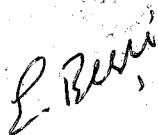
ÜYE : Prof. Dr. Feriuh ERTÜRK



ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..12.12.2002..... tarih ve ..2002/16/.... sayılı kararı.

İmza / Mühür



ÖZET

Su kullanımında öncelikle dikkat edilecek husus, suyu tasarruflu bir şekilde kullanmaktır. Gereksiz yapılan harcamalar kirletilen su miktarını ve buna bağlı olarak arıtım ihtiyacını artırmaktadır.

Su kaynaklarının hızla kirlenerek miktarlarının gün geçtikçe azalması ve kalitesinin bozulması, bölgesel şartlara bağlı olarak yüzeysel su kaynaklarından (nehir, göl vb.), yeraltı su kaynaklarından (kuyu suyu vb.) veya deniz suyundan arıtılmış su eldesi için kullanılan ileri arıtma yöntemlerini gündeme getirmiştir. Günümüzde kullanılan bu yöntemler içinde membran teknolojileri de yer almaktadır. Bu sistemler gerekli olan içme ve kullanma suyunu temin etmede elverişli şartlar sağlamaktadır. Arıtım sistemi olarak tek başlarına kullanılabildikleri gibi klasik arıtım sistemlerine yardımcı ünite olarak da kullanılabilmektedirler. Ayrıca gelişen teknoloji ile birlikte bu sistemlerin maliyetlerinde azalmalar gözlenmektedir.

Bu çalışmada, Romanya, Bükreş’de bulunan Makromoleküler Malzemeler ve Membran Prosesler Araştırma Merkezi tarafından tasarlanmış olan mikrofiltrasyon membran sisteminin, yeraltı suyundan içme ve kullanma suyu elde edilebilirliği performansı incelenmiştir. Bu sistem farklı özelliklerdeki mevcut ticari filtre kartuşlarını kullanmaktadır. Söz konusu sistemle yapılan çalışmalarda kullanılan sular Tuzla ve Gebze Bölgeleri’ndeki kuyulardan temin edilmiştir.

Analizler ham sular ve sistemde arıtılmış sular için yapılmıştır. Çalışmalar sonunda, söz konusu sistemin sadece fiziksel bir arıtım yöntemi olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada kullanılan sistem, içme suyu arıtımı için tek başına yeterli olamamaktadır. Buna karşın yapılan analizler sonucunda söz konusu mikrofiltrasyon sisteminin kullanma suyu ihtiyaçları için uygun bir sistem olduğu gözlenmiştir.

SUMMARY

The most important point in water consumption is to use water economically. Over consumption produces large volumes of unwanted wastewater and therefore the need for water treatment increases.

Because water sources are getting more and more polluted and their quality have decreased noticeably in recent years, the requirement for tertiary treatment techniques to obtain potable water from surface waters, groundwater and sea has increased. Membrane technology, which provides adequate conditions to obtain both potable and service water, is one of these treatment techniques. Membrane systems can be used on their own or as a supporting unit of a water purification plant. With the new technological developments, the cost of these systems have decreased considerably.

By this work the performance of winning drinking water and service water from underground water resources by microfiltration membrane systems which has been designed by the Research Center for Macromolecular Materials and Membranes in Bucharest/Romania has been examined. This system uses filter cartridges commercially available with different suitable properties. The water samples were gathered from different wells around Tuzla and Gebze region.

Both raw water samples and treated water samples were analysed. The results showed that the membrane system used in this study can only be used as a physical treatment method, and that this system is not sufficient to obtain potable water. Nevertheless, this study presents that the microfiltration system can be safely used in order to meet service water requirements.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yürütürken tecrübelerinden faydalandığım kıymetli hocam Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanımız sayın Prof.Dr. Mehmet KARPUZCU'ya,

Tezimin bu noktaya kadar gelmesinde geçirilen her aşamada, bilgi ve emeğini benden esirgemeyen sevgili hocalarım Yrd.Doç.Dr. Güleda ENGİN'e ve Yrd.Doç.Dr. H.Cengiz YATMAZ'a,

Yardıma ihtiyacım olduğunda her zaman yanımda bulduğum sevgili dostum Arş. Gör. Serdar KARA'ya,

Bu tezin hazırlanmasında emeği geçen GYTE Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına, araştırma görevlisi çalışma arkadaşlarıma ve GYTE personeline,

Büyük bir sabırla, benim için her türlü fedakarlığı yaparak bu günlere gelmemi sağlayan ailemin tüm fertlerine ve hep yanımda hissettiğim eşim Recai KIRCA'ya, yürekten teşekkür ederim.

Son olarak bu tezi, uzaklarda olsa da beni gördüğüne ve yanımda olduğuna inandığım kardeşim Giray'ın anısına ithaf ediyorum.

Saygılarımla...

Buray SADIKLAR KIRCA

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	SAYFA
ÖZET	IV
SUMMARY	V
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	VII
KISALTMALAR DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ	XIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Konunun Anlam ve Önemi	1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	2
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. SU KAYNAKLARI	7
3.1. Yeraltı Suları	8
3.1.1. Yeraltı Sularının Teşekkülü	8
3.1.2. Yeraltı Sularının Özellikleri	9
3.1.3. Yeraltı Suyunun Kirlenmesi	12
3.1.4. Arıtma Sistemleri	14
3.1.4.1. Havalandırma	15
3.1.4.2. Yumaklaştırıcı (Koagülayon)	15
3.1.4.3. Çökeltme Havuzları	15
3.1.4.4. Filtrasyon	16
3.1.4.5. Dezenfeksiyon	16

4. MEMBRANLAR	18
4.1. Membranların Yapısı	19
4.2. Membran Karakteristikleri	20
4.3. Membran Proseslerin Avantajları	21
4.4. Membran Proseslerin Başlıca Kullanım Yerleri	21
4.5. Membran Teknolojileri ile İçilebilir Su Elde Edilmesi	22
4.6. Membran Sistemler	22
4.7. Mikrofiltrasyon	25
4.7.1. Çapraz Akışlı ve Azalan (Klasik) Akışlı Mikrofiltrasyonun Karşılaştırılması	26
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	29
5.1. Çalışılan Arazi Parçaları	29
5.1.1. Tuzla Bölgesi	29
5.1.2. Gebze Bölgesi	29
5.2. Pilot Tesis Tanımı	30
5.2.1. Ünite Ekipmanları	33
5.2.2. İşleyiş Tarzı	38
5.2.3. Kapasite ve Performans	38
5.3. Metod	39
5.3.1. Deneylerin Yapılışı	39
5.3.1.1. Kuyu 1'den Alınan Su Numunesi, Deneme 1	40
5.3.1.2. Kuyu 1'den Alınan Su Numunesi, Deneme 2	42
5.3.1.3. Kuyu 1'den Alınan Su Numunesi, Deneme 3	44
5.3.1.4. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 2)	46
5.3.1.5. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 1)	48
5.3.1.6. Tuzla Kuyusu Su Numunesi	50
5.3.1.7. % 90 Kuyu 1 Suyu+ %10 Deniz Suyu Karışımı Su Numunesi	52

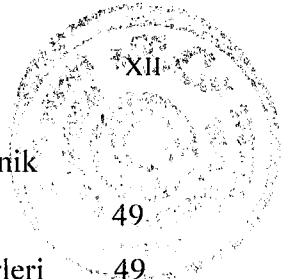
6. TARTIşMA VE SONUÇLAR**KAYNAKLAR****61****ÖZGEÇMİş****64****EK 1****65****EK 2****66****EK 3****67****EK 4****68**

KISALTMALAR

TS	Türk Standartları
RCMMM	Research Center for Macromolecular Materials and Membranes
RO	Reverse Osmos
MF	Microfiltration
NF	Nanofiltration
UF	Ultrafiltration
PF1	Prefilter 1
PF2	Prefilter 2
MF1	Microfilter 1
MF2	Microfilter 2
MF3	Microfilter 3
MF4	Microfilter 4
C1	Carbon filter 1
C2	Carbon filter 2
İK	İnorganik Karbon
A.K.M.	Askıda Katı Madde
T.Ç.M.	Toplam Çözünmüş Madde

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
4.1. Membran Proseslerde Giriş ve Çıkış Akımları	18
4.2. Klasik Teknoloji ve Membran Teknolojisi Arıtım Kademelerinin Karşılaştırılması	22
4.3. Yüzey ve Derin Filtrasyonun Sistematiği	26
4.4. Çaprazakışlı ve Azalan Akışlı Filtrasyonun Sistematiği	27
5.1. Pilot Tesis Ön Görünüş	31
5.2. Pilot Tesis Yan Görünüş	31
5.3. Sistematik Akış Diyagramı	32
5.4. 50 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşları	34
5.5. 10 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşları	35
5.6. 5 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşları	35
5.7. 1 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşları	36
5.8. 0.5 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşları	36
5.9. 0.3 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşları	37
5.10. 0.2 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşları	37
5.11. Kuyu 1-Deneme 1, Toplam Çözünmüş Madde ve Sertlik Değerleri	41
5.12. Kuyu 1-Deneme 1, Sülfat ve Klorür Değerleri	41
5.13. Kuyu 1-Deneme 1, İletkenlik Değerleri	42
5.14. Kuyu 1-Deneme 2, Toplam Çözünmüş Madde, Sertlik, Klorür ve Sülfat Değerleri	43
5.15. Kuyu 1-Deneme 2, Organik Madde ve İletkenlik Değerleri	44
5.16. Kuyu 1-Deneme 3, Toplam Çözünmüş Madde, Sertlik, Sülfat ve İnorganik karbon Değerleri	45
5.17. Kuyu 1-Deneme 3, İletkenlik ve Organik Madde Değerleri	46
5.18. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 2), Askıda katı madde ve Toplam çözünmüş madde Değerleri	47
5.19. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 2), İnorganik karbon, Sertlik, Klorür ve Sülfat Değerleri	47
5.20. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 2), Organik madde ve İletkenlik Değerleri	48



5.21. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 1), Sertlik, Askıda Katı Madde, İnorganik karbon, Toplam Çözünmüş Madde ve Klorür Değerleri	49
5.22. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 1), Organik Madde ve İletkenlik Değerleri	49
5.23. Tuzla Kuyusu, Toplam Çözünmüş Madde ve Sertlik Değerleri	51
5.24. Tuzla Kuyusu, İnorganik karbon, Klorür ve Sülfat Değerleri	51
5.25. % 90 Kuyu 1 Suyu + % 10 Deniz Suyu Karışımı, Toplam Çözünmüş Madde, Sertlik, Klorür ve Sülfat Değerleri	53
5.26. % 90 Kuyu 1 Suyu + % 10 Deniz Suyu Karışımı, Askıda Katı Madde ve İletkenlik Değerleri	54



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
3.1. Yeraltı Suyunda Bulunan Çözünmüş Maddeler	11
3.2. Yeraltı Suyu Kirliliğine Sebep Olan Kaynaklar	13
3.3. TS 266 Suyun Fizikokimyasal Özellikleri	14
4.1. Basınç Sürücülü Membran Prosesler ve Sudaki Maddelerin Gerçek Boyutları	23
5.1. Kuyu 1, Deneme 1, Su Analizleri Sonuçları	40
5.2. Kuyu 1, Deneme 2, Su Analizleri Sonuçları	43
5.3. Kuyu 1, Deneme 3, Su Analizleri Sonuçları	45
5.4. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 2), Su Analizleri Sonuçları	46
5.5. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 1), Su Analizleri Sonuçları	48
5.6. Tuzla Kuyusu, Su Analizleri Sonuçları	50
5.7. Deniz Suyu Özellikleri	52
5.8. % 90 Kuyu 1 Suyu+ % 10 Deniz Suyu Karışımı, Su Analizleri Sonuçları	53
6.1. Sistemde Kullanılan Filtre Kartuşlarının Miktarları ve Maliyetleri	58

1. GİRİŞ

1.1. Konunun Anlam ve Önemi

Günümüzde gelişmekte olan ülkeler, kalkınma çabası içinde, genellikle çevre korumacılığını gözardı etmekte, doğal kaynaklarını dikkatsizce kullanarak kirlletmekte ve tüketmektedirler. Gerek dünyada gerekse ülkemizde su ihtiyacı gittikçe artarken su kaynakları kirlenmekte ve kullanılamaz hale gelmektedir.

Ülkemizde su ihtiyacı, yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarından temin edilmektedir. Yüzeysel su kaynaklarından faydalanılması durumunda, mutlaka belli düzeylerde arıtma işlemine gereksinim duyulur, ancak arıtma işleminin maliyeti yüksektir. Bunun yanında yeraltı suları yüzeysel su kaynaklarına oranla daha temizdir. Dolayısıyla arıtılmaları daha az maliyet gerektirir. İçme suyu temininde daha temiz oluşu, daha fazla miktarda bulunmaları, kişisel kuyuların açılabilmesi ve ucuz olarak arıtılmaları nedeniyle yeraltı suları tercih edilmektedir. Yeraltı suları ne kadar temiz olsa da, bilhassa endüstrisi yoğun kentlerin yeraltı suları toksik maddeleri de içerebileceğinden, halk sağlığı açısından içme suyu problemleri ortaya çıkabilmektedir. Suyun kaynağında, doğabilecek kirliliklere karşı önlem almak su kirlendikten sonra yapılacak olan arıtma işleminden daha tesirlidir. Bu nedenle yeraltı su besleme alanlarının korunması gerekmektedir.

İçme ve kullanma suyu temininde, yeni geliştirilen ve giderek daha yaygın olarak kullanılan membran teknolojileri sayesinde pek çok klasik metodun yerine, daha az yer kaplayan, daha az enerji kullanan ve kolaylıkla geliştirilebilen sistemler kullanılabilmektedir.

Membran filtrasyonu genellikle değişken ham su kalitesinde bile istikrarlı bir çıkış suyu alınmasını sağlar. Son yıllarda uygulanan membran teknolojileri arasında Ters Osmoz, Ultrafiltrasyon, Nanofiltrasyon ve Mikrofiltrasyon gelmektedir. Bu sistemlerin kullanım alanlarını geliştirmek için ilgili firmalar ve üniversiteler çalışmalarını hızla sürdürmektedirler.

1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Ülkemizde, 1999 yılının Ağustos ayında yaşanan deprem nedeniyle, içme suyu kaynaklarında ve kullanma suyu dağıtım sistemlerinde problemler oluşmuş ve acil olarak içme ve kullanma suyu ihtiyaçları ortaya çıkmıştır. Buna bağlı olarak bölgede bulunan yüzeysel ve yeraltı sularının, bu ihtiyaçlara hizmet edebilecek şekilde ve en kısa zamanda arıtılmaları gerekmiştir. Bu amaçla yapılan yardımlar çerçevesinde Romanya, Bükreş’de bulunan Makromoleküler Malzemeler ve Membran Prosesler Araştırma Merkezi tarafından tasarlanan ve bölümümüze hibe edilen Mikrofiltrasyon Membran Ünitesi çalıştırılmış ve performans incelemesi yapılmıştır.

Bu çalışmada, öncelikle konuyla ilgili literatür taraması yapılmıştır. Daha sonra deneysel çalışmalar, laboratuarda kurulmuş olan pilot tesis ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Söz konusu sistemin içme ve kullanma suyu temini için yeterli olup olmadığına bakılmıştır. Elde edilen çıkış suyu kalitesi sonuçları TS 266 standartları ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmalarda kullanılan sular Gebze ve Tuzla Bölgeleri’ndeki kuyulardan temin edilmiştir. Bu kuyulardan ilki Gebze-Çayırova’da kurulu olan Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü bahçesinde bulunan kuyudur ve çalışmalarda Kuyu 1 olarak adlandırılmıştır. Gebze’deki diğer kuyular ise Gebze Plastikçiler Organize Sanayi Bölgesi’nde bulunan Sondaj 1 ve Sondaj 2 kuyularıdır. D.S.İ tarafından yapılmış olan İzmit-İstanbul Arası Rezerv Etüdü’ne göre Gebze-Çayırova alanı 7/4034 sayılı kararname ile yeraltı suyu işletme sahası olarak tesbit edilmiştir. Bu bölgenin drenaj alanı 51 km^2 olup, rezervi $3.10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ’dır. Tuzla ovası ise 7/4013 sayılı kararname ile yeraltı suyu işletme sahası olarak tesbit edilmiştir ve rezervi $1.5.10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ’dır (D.S.İ., 2000).

Çalışmalarda söz konusu kuyulardan alınan sular laboratuarda kurulu olan pilot mikrofiltrasyon membran ünitesinde arıtıma tabi tutulmuştur. Gerekli analizler ham sulara ve daha sonra sistemden alınan çıkış sularına uygulanmıştır. Elde edilen bilgiler standartlarla karşılaştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Daha önce yapılan çalışmalarda, mikrofiltrasyon ünitesinin tek başına kullanılmasından ziyade başka bir sistemle beraber kullanıldığı ve bu şekilde yapılan çalışmalarda daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Aşağıda bu çalışmalara ait örnekler verilmiştir.

Bouchard ve diğ. (2000), yeraltı sularında bulunan demir ve mangan giderimi üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada metallerin giderimi için oksidasyon ve mikrofiltrasyon sistemleri kullanılmıştır. Sulardaki partiküller 1.5-50 μm boyutuna sahiptirler. Mangan iyonlarının oksidasyonu için potasyum permanganat, demir iyonlarının oksidasyonu için oksijen kullanılmıştır. Bu oksitlenmiş partiküller, 0.2 μm gözenek çapına sahip, laboratuvar ölçekli bir polimerik mikrofiltrasyon membranından geçirilmiştir. Normal bir işlem rejiminde basınç 10 kPa ve akış hızı 0.5 m/sa'dır. Sonuçta demir ve manganın çok yüksek konsantrasyonlarında bile (sırasıyla, 10 mg/L ve 2 mg/L) partiküllerin çok iyi bir şekilde filtrelendiği gözlenmiştir.

Nuhoğlu (1996), içme sularında bulunması sağlık açısından tehlikeli olan ve su kalitesini azaltan nitratin, çapraz akışlı membran biyoreaktörde denitrifikasyon prosesi yardımıyla giderilmesini araştırmıştır. Kullanılan organizmalar Erzincan kenti atıksu arıtma tesisinden sağlanmış, karbon kaynağı olarak sisteme etanol ilavesi yapılmıştır. Çapraz akışlı membran hücresinin kullanılmasıyla klasik biyolojik denitrifikasyon prosesinde yer alan son çöktürme havuzu, kum filtrasyonu ve dezenfeksiyon gibi ilave arıtım tesislerine olan ihtiyacın ortadan kalktığı belirlenmiş olup membran biyoreaktör sisteminin biyolojik ve hidrolik performans üzerine olan etkisi araştırılmıştır. En yüksek nitrat giderme verimi, 220 mg NO_3/L nitrat yükü için % 98.5 olarak bulunmuş ve bu değere 110 $\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{sa}$ akı değerinde ulaşılmıştır. Akının 242.5 $\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{sa}$ gibi bir değere çıkarılması halinde bile nitrat giderme verimi sadece % 96.5 seviyesine düşmüştür. Nitrat yükünün 420 mg NO_3/L 'ye çıkartılması da yüksek olan nitrat giderme verimini değiştirmemiştir.

Erzurum kenti evsel atıksularının arıtımı için aşağı akışlı, tam karışimli, anaerobik askıda reaktör ile çapraz akışlı mikrofiltrasyon membran hücresi birlikte kullanılarak membran ünitesinin genel arıtım verimi üzerine gösterdiği ilave arıtım verimi incelenmiştir. Sistemden denge şartları altında, $87.5 \text{ L/m}^2 \cdot \text{sa}$ 'lık akı ve 0.35 kg/cm^2 'lik membran basıncında ortalama % 95 KOİ, % 15 Nitrit Azotu ve %75 Fosfat Fosforu giderim verimleri elde edilmiştir. Bu şartlar altındaki hidrolik bekletme süresi 5.56 gün'dür. Çalışmada kullanılan en yüksek akı olan $450 \text{ L/m}^2 \cdot \text{sa}$ 'de ise giderim verimleri sırası ile %69, %14, % 64 olurken, hidrolik bekletme süresi 1.08 gün'dür. Elde edilen veriler, membran ünitesinin anaerobik arıtıma ilaveten ortalama olarak % 40-50'lik bir fayda sağlandığını göstermiştir. Ayrıca % 100 civarında olan AKM giderim verimi ile sistem hem yüksek bir performans göstermiş, hem de biyokütle kaçışına engel olarak arıtma verimini arttırmıştır. Bu sistemle anaerobik arıtma prosesindeki en büyük kazançlardan birisi, çöktürme havuzunun tamamen ortadan kalkması olup, membran çıkışında yapılan analizlerle herhangi bir biyokütle ya da mikroorganizma kaçığının bulunmaması da arıtma verimini artırmasının yanında, ilave bir çıkış suyu dezenfeksiyonunu yok etmekte ve ilkyatırım ve işletme maliyetini büyük ölçüde düşürmektedir (E. Kocadağıstan ve diğ., 1995).

Bailey ve arkadaşları Güney Afrika'da yaptıkları çalışmada çapraz akışlı mikrofiltrasyon ünitesini, anaerobik ve aerobik arıtım birimleri ile çalıştırarak membran performansını ortaya koymaya çalışmışlardır. Bu çalışmanın aktif çamur ile yapılan kısmında çamur yaşı 5-20 gün arasında değişmiş, sisteme verilen KOİ yükü $7.5-45 \text{ g/L}$ civarında kalmıştır. Askıda Katı Madde konsantrasyonu çalışmanın başındaki 0.95 mg/L değerinden, 9.47 g/L değerine ulaşmış ve bu değer çıkış suyunda 0.013 g/L olarak ölçülmüştür. Tesisin KOİ giderim verimi ise % 97 olarak ortaya konmuştur. Çalışmada oluşan katı maddenin çökeltilmesi ve uzaklaştırılması üzerindeki zorluklardan bahsedilmekte ve anaerobik reaktörle yapılan kısmında ise 15 L 'lik reaktör, sentetik atıksu ile (5000 mg KOİ / L) doldurularak ilk 12 gün reaktörün stabilizasyonu için beklenmiştir. Bu süre sonunda reaktördeki KOİ giderim verimi % 91.7'ye ulaştıktan sonra filtrasyona başlanmış ve KOİ giderim verimi % 98-99 civarına yükseldiği görülmüştür. başlangıçtaki 1 g/L 'lik askıda katı madde değeri aerobik reaktördekinin yalnızca dörtte biri olan 5.9 g/L değerine yükseldiği

anlaşılmıştır. Çıkış suyundaki askıdaki katı madde değeri ise 0.05 g/L değeri ile oldukça düşük bir seviyede kalmıştır (Bailey ve diğ.,1994).

California'da membran kullanılarak evsel atıksuyun tekrar kullanımına dair bir çalışma yapılmıştır. San Diego'da bulunan Orange bölgesi su arıtma tesisinde ters osmoz sistemi kullanılarak 20 yıldan daha uzun süredir su temin edilmektedir. Orange bölgesi su idaresi, evsel atıksuyun demineralizasyonu için kullanılan ters osmoz sisteminin ön arıtım amacıyla kullanılacak olan mikrofiltrasyon sisteminin testlerini 6 yıldan fazla bir sürede tamamlamıştır.

Su arıtma tesisinde üretilen su Orange bölgesi yeraltı suyu havzasına deniz suyu sızmasını önlemek amacıyla Pasifik kıyısına yakın akiferlere enjekte edilmiştir. Yeraltı suyu havzasından kıyıya pompalamadaki artış, bölge dışından su temini ihtiyacını artırmıştır. Dışarıdan su temin etme imkanları ve fiyatının yüksekliği konusundaki endişeler arıtma tesisindeki kazanım oranını artırma ihtiyacını doğurmuştur (Durham, 1999). Buna göre

Yapılan çalışmalarda;

- Membranların konvensiyonel sisteme oranla % 25 daha az alan kapladığı;
- Enerji maliyetinin % 50 azaldığı;
- Ters osmoz akısının % 20 arttığı;
- 1000 m³ su başına 300 kg kireç tasarrufu sağlandığı

belirlenmiştir.

California'da El Segundo, Batı Bölgesi Su İdaresi 1997 yılından beri işletilmektedir. Burada yapılan çalışmalarda da ters osmoz/sürekli mikrofiltrasyon teknolojisi kullanılmıştır. Mikrofiltrasyon tesisi, tatlı suya tuzlu su girişini engelleyecek enjeksiyon sistemine su temin eden ters osmoz sisteminin ön arıtım amacıyla kullanılmıştır. Sürekli mikrofiltrasyon, kireç kullanımını, geri kazanım sistemlerini, pıhtılaştırmayı, durultmayı, karbonlamayı ve filtrasyonu gereksiz kıldığı için atıksu geri kazanım prosesini basitleştirmiştir (Durham, 1999).

Kanarya Adaları, Gran Canaria'da bulunan DERE A araştırma ve geliştirme merkezinin yönetiminde Mart 1997'de mikrofiltrasyon ile ilgili pilot tesis çalışmaları

tamamlanmıştır. Mikrofiltrasyon ve Ters Osmoz sistemleri kullanılarak kurulan Lanzarote'deki ticari tesis 1200 m³/gün kapasite ile çalışmaktadır. Bu sürekli mikrofiltrasyon tesisi % 85 arıtım verimi ile 1020 m³/gün mikrofiltreden geçirilmiş su üretirken bu suyun 600 m³/gün'lük kısmı Ters Osmoz sisteminde arıtılarak % 72 arıtma verimi ile 430 m³/gün tuzluluğu giderilmiş su üretmektedir. Ters Osmoz tesisinde giriş ve çıkış suyu Toplam Çözünmüş Katı Madde konsantrasyonları sırasıyla 1100 mg/L ve 20 mg/L'dir. Görüldüğü gibi Toplam Çözünmüş Katı Madde giderme oranı % 98'dir. Sürekli mikrofiltrasyon sisteminin hemen hemen tüm askıda kalan katıları, bulanıklığı ve toplam ve fekal koliformları giderdiği belirtilmiştir (Durham, 1999).

Yukarıda verilen bilgilere göre, mikrofiltrasyon sistemleri özellikle diğer arıtım sistemleri ile çalıştırıldığında kirleticilerin büyük oranlarda giderildiği anlaşılmaktadır. Sularda bulunan yüksek konsantrasyonlardaki demir ve manganın giderildiği görülmüştür. Bunun yanı sıra askıda katı maddelerin, bulanıklığın ve mikroorganizmaların da yüksek arıtma verimlerinde giderildikleri gözlenmiştir. Ayrıca yüksek arıtma verimi sağlamanın yanında klasik arıtma sistemlerine olan ihtiyacın da giderildiği görülmektedir.

3. SU KAYNAKLARI

Su, dünyada en çok bulunan maddedir. Su temini açısından en değerli sular atmosferde oluşan yağışla, yerüstü ve yeraltında bulunan tatlı sulardır. Yerküresinde bulunan suların en önemli kaynağı yağmurlardır. Başlangıçta kafi gelen kaynak suları ihtiyaçların günden güne artması sonucu yeterli gelmemeye başlamış ve toplumlar daha elverişsiz kaynaklara yönelmek durumunda kalmışlardır. Günümüzde, deniz suları da dahil olmak üzere bütün su kaynakları toplumların içme ve kullanma suyu ihtiyacı için düşünülmektedir (Karpuzcu, 1985).

Su kaynakları, ülkelerin milli servetleri arasında önemli bir yere sahiptir ve sürdürülebilirliğin sağlanması açısından dikkatle yönetilmesi gereken unsurlardır. Su kaynaklarının sınıflandırılması, bu kaynakların kalite özellikleri ile birlikte ülkedeki su gereksinimlerini göz önüne alarak, en uygun kullanım amaçlarının belirlenmesi su kalite yönetiminin öncelikli hedefleri içinde bulunmaktadır (Belir Baykal, B. ve diğ., 1997).

Yerleşme merkezleri için su kaynakları iki ana grupta incelenebilir:

- 1) Yeraltı suları
- 2) Yer üstü su kaynakları

Bu gruplar da kendi aralarında alt kısımlara ayrılabilir. Bu ayrımlar göz önünde tutularak belediyelerin su ihtiyacını temin edebilecekleri su kaynakları aşağıda verilmiştir.

Su Kaynakları

1- Yüzeysel Sular

- Büyük Göller
- Küçük Göller
- Baraj Gölleri
- Nehirler

2- Yeraltı Suları

- Menbalar

- Sığ ve Basit kuyular
- Derin Borulu Kuyular
- Yatay Drenli Kuyular
- Sızdırma Boruları
- Sızdırma Galerileri

3- Yağmur Suyu

- Sarnıçlar

Kalite bakımından en uygun su kaynağı menba ve yer altı sularıdır (Karpuzcu, 1985). İçme ve kullanma suyu ihtiyacı için daha temiz oluşu, işletilmesinin daha kolay olması ve ileri derecede arıtma gerektirmemesi gibi sebeplerden dolayı yeraltı suları tercih edilmektedir (Koyuncu ve Topacık, 2000).

3.1.Yeraltı Suları

3.1.1.Yeraltı Sularının Teşekkülü

Yeraltı suyu tabiri ile zemin yüzeyinin altında su taşımaya elverişli jeolojik formasyonlardaki boşlukları dolduran ve büyük yerleşim merkezlerinin ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılabilen su yatakları kastedilmektedir.

Yeryüzüne düşen yağışların belirli bir miktarı zemin içerisine süzülerek yeraltı su yatağını meydana getirir. Pratik olarak bütün yeraltı suları yüzey suyu kaynaklıdır denebilir. Yeraltı suları tabii olarak yağmurlar, nehirler göller ve rezervuarlardan beslenir. Suni olarak yeraltı sularını besleyen kaynaklar ise şunlardır:

- 1) Sulamadaki fazlalıktan dolayı zemine sızan sular
- 2) Kanallardan sızan sular
- 3) Yeraltı suyunu beslemek için zemine verilen sular (Karpuzcu, 1985).

Bir sahada yeraltı suyu vardır diyebilmek için aşağıda sıralanan üç ana koşulun bir arada olması gerekir:

- 1) Beslenme sahası, yani yağmur sularının üzerine düşerek bir kısmının yeraltına sızacağı saha
- 2) Poroz yani boşluklu ortam, bu ortam kum, çakıl gibi taneli formasyonlar veya kaya çatlakları olabilir. Kayalar içerisinde yeraltı suyu taşımaya en uygun olanı kireç taşlarıdır. Atmosferden bir miktar CO₂ alan yağmur suyu kireçtaşı üzerine düştüğünde yatay tabaka ve düşey çatlakları olan kireçtaşına sızmakta ve zaman içerisinde çok büyük boşluk sistemlerini oluşturmaktadır. Bu sistemlerde yeraltı nehirleri, gölleri bile meydana gelebilmektedir. Bu sistemlere karstik sistem denilir ve bunlar yeraltı sularının en bol bulunabileceği ortamları teşkil ederler.
- 3) Üçüncü ana koşul ise boşluklu veya çatlaklı ortama sızan suların yeraltında depolanabileceği, birikebileceği bir yapının var olmasıdır (TAŞLI, 1996).

3.1.2. Yeraltı Sularının Özellikleri

Yeraltı sularının verimi kadar, kullanma amacına göre fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleri de önem taşır. Ülkemizde olduğu gibi, kurak ve yarı kurak iklim koşullarında bulunan yörelerde, bir taraftan gereksinim duyulan su miktarının azlığı, diğer taraftan hızlı nüfus artışı, yeraltı sularının özenle korunmasını ve kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Yeraltı sularının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin incelenmesi, başlangıçtan itibaren kullanım süresince devam eder.

Yeraltı sularının fiziksel özellikleri bulanıklık, renk, koku, tad ve sıcaklıktır. Bulanıklık, suda asılı kil, silt organik, kolloidal maddeler ve mikroorganizmalardan ileri gelir. Bu maddeler 5 mg/L'yi geçtiğinde içme için sorun yaratabilir. Bulanıklığı meydana getiren cisimlerin çapları gözle görülebilecek kadar büyük olduğu gibi, mikroskopta zor izlenecek kadar küçük de olabilir. Genellikle yeraltı suyu akımının yavaş olduğu daneli akiferlerin (kum, kum taşı, alüvyon) sularında ender olarak asılı maddeler bulunur. Eğer kuyu sularında bulanıklık izlenirse kaptajın veya koruma tesislerinin iyi yapılmadığını, bu nedenle asılı maddelerle yüklü suların doğrudan akifere girdiğini kanıtlar. Ayrıca suda bulunan demirin oksidlenmesi de bulanıklığı yaratabilir.

Genellikle yeraltı suları kokusuzdur. Bazı durumlarda bakteriler, çözülmüş gazlar, mineraller, çürümüş canlı artıklar veya fenol suya koku verebilir. Örneğin, suda çok az miktarda H_2S gazı bulunsa bile, keskin çürümüş yumurta kokusunu yayar. Organik maddelerin çürümesi ile oluşan hümit asitler suya bataklıklarda duyulan özel kokuyu verir.

Çoğunlukla yeraltı suları renksizdir. Bazı sular içerdikleri organik veya inorganik maddeler nedeniyle renk kazanırlar. Örneğin demirli sular kırmızımsı, hidrojen sülfürlü sular mavimsi, manganezli sular siyahımsı renktedir. Hümit ve fulvik asit suya koku verdikleri gibi, suya sarı ile kahverengi arası bir renk de verirler.

Suların tadı, içinde bulundurduğu çözülmüş maddelere bağlıdır. Örneğin, 300 mg/L'ye kadar klorür içeren sular tuzlu, 400-500 mg/L sülfat içeren sular ise acı ve tuzludur. Eğer suda organik kökenli azot bileşenleri bulunuyorsa, içimi tatlımsıdır. Sülfür yataklarından gelen suların tadı asitlidir.

Suların sıcaklığı su tablasının derinliğine, coğrafik enleme, yüksekliğe ve etkin volkanizmaya bağlıdır. Sıcaklıklarına göre, çok soğuk ($+5^{\circ}C$ 'ye kadar), soğuk ($+10^{\circ}C$ 'ye kadar), çok az ılık ($+18^{\circ}C$ 'ye kadar), az ılık ($+25^{\circ}C$ 'ye kadar), ılık ($+37^{\circ}C$ 'ye kadar) ve $40^{\circ}C$ 'den fazla olanlar sıcak sular diye sınıflandırılır. Sıcaklığın yükselmesi ile su içinde çözünen gaz miktarında azalma izlenir.

Elektriksel iletkenlik cisimlerin elektriği geçirme özelliğidir. Elektriksel iletkenlik, elektriksel direncin tersidir ve mho siemens, ohm^{-1} ile tanımlanır. Her cismin elektriği geçirme özelliği farklıdır. Saf su elektriği çok az geçirdiğinden iyi bir yalıtkandır. Ancak saf suya çok az miktarda karıştırılan mineral çözeltisi suyun iletkenliğini yükseltir. 1 cm^3 suyun elektriksel iletkenliğine “*özüml elektriksel iletkenlik*” denir. Suyun özüml iletkenliği iyon cinsine, derişime ve sıcaklığa bağlıdır. Elektriksel iletkenlik sıcaklıkla artar ve karşılaştırmak için genellikle $25^{\circ}C$ 'ye indirgenerek verilir. Suların elektriksel iletkenliği yüksek ise aşındırma özelliği fazladır. Sularda çözülmüş toplam iyon miktarı ile elektriksel iletkenlik arasında genellikle doğrusal bir ilişki vardır (Şahinci, 1991).

Su tarafından çözülen başlıca mineral tuzları kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum ve demir tuzlarıdır. Genellikle bu maddeler suyun içilebilme özelliğini bozmayacak oranlarda çözünürler. Hatta bu maddelerin içme suyunda belli bir miktara kadar bulunmaları suyun içilebilirlik özelliğine katkıda bulunmaktadır. Yeraltı suyunda bulunan çözülmüş maddeler Tablo 3.1’de miktarlarına göre sıralanmıştır (Uslu ve Türkman, 1987).

Tablo 3.1. Yeraltı Suyunda Bulunan Çözülmüş Maddeler

a) Yeraltı suyunda bulunan başlıca çözülmüş maddeler (5 mg/L den büyük)		
Sodyum	Bikarbonat	Silisyumdioksit
Kalsiyum	Sülfat	
Magnezyum	Klorür	
b) Yeraltı suyunda bulunan ikinci derecede önemli çözülmüş maddeler (0.01-10 mg/L)		
Demir	Karbonat	Bor
Stronsiyum	Nitrat	
Potasyum	Florür	
c) Yeraltı suyunda bulunan az miktarda çözülmüş maddeler (0.00001-0.1 mg/L)		
Antimon	Germenyum	Rubidyum
Alüminyum	İyodür	Selenyum
Arsenik	Kurşun	Titanyum
Bakır	Lityum	Uranyum
Baryum	Mangan	Vanadyum
Brom	Molibden	Çinko
Kadmiyum	Nikel	
Krom	Fosfat	
d) Yeraltı suyunda eser miktarda bulunan çözülmüş maddeler (0.01 mg/L den az)		
Berilyum	İndiyum	Skandiyum
Bizmut	Lantanyum	Gümüş
Seryum	Neodmiyum	Talliyum
Sezyum	Platin	Toryum
Galyum	Radyum	Ytterbiyum
Altın	Rutenyum	Zirkonyum

3.1.3. Yeraltı Suyunun Kirlenmesi

Yeraltı suları kirlenmeye karşı yüzeysel sulardan daha duyarlıdır. Özellikle toksik ve kalıcı bir kirlenmeye karşı bırakılmış bir yeraltı su kaynağı pek çok kullanım açısından değerini çok uzun bir zaman süresi için yitirmiş olur. Bunun nedeni, yeraltı sularındaki değişim ve seyrelme kapasitesinin çok sınırlı oluşudur (Dökmen ve diğ., 1997).

Yeraltı suları, yüzeysel sulara oranla içme ve kullanmaya daha uygun özelliklere sahiptir ve genellikle herhangi bir arıtma işlemi uygulanmadan kullanılabilir. Ancak yeraltı sularında kirlenme oluştuğunda yüzeysel sulardan farklı olarak kirlilik uzun süre su ortamında kalmaktadır. Özellikle zehirli ve kalıcı kirlenmeye maruz kalmış yeraltı suları, uzun süre kullanıma özelliğini kaybetmektedir. Yeraltı sularının yüzeysel sulara oranla kirlenmeye karşı daha iyi korunması gibi bir avantajına karşılık, kirlilik oluştuğunda uzun süre kalması gibi bir dezavantajı da mevcuttur (Uslu ve Türkman, 1987).

“Yeraltı Suları Tüzüğü” nün 14. maddesine göre gerek arama ve kullanma, gerekse ıslah ve tadil işlemleri esnasında yerüstü suyunun veya kullanmaya elverişli olmayan bozuk kaliteli ve kirli suların kuyu veya kaynağa karışmaması; kuyu içerisinde kötü kaliteli su veren tabakalardaki suyun, iyi kaliteli su tabakalarına karıştırılmaması için gerekli tedbirler ve koruma şekilleri etüd raporlarında ve projeler üzerinde gösterilerek tatbikatın bu hususlara ve teknik yönetmelikteki yazılı esaslara göre yapılması zorunludur. Ancak yine de yeraltı sularında görülen kirlilik sorunu gerekli tedbirlerin alınmamasından dolayı her geçen gün daha da artmaktadır (Aslan ve Akkaya, 2001).

Yeraltı suyunun kirlenmesi tat, koku, renk, sertlik veya koku problemleri yaratarak kullanımını elverişsiz hale getirmektedir. Yeraltı suyu kirliliğine sebep olan kaynaklar Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Yeraltı Suyu Kirliliğine Sebep Olan Kaynaklar (Topacık ve Kınılı, 1997).

Zemin Üstünde Bulunan Kaynaklar	Su Tablasının Üst Kısımında Bulunan Kaynaklar	Su Tablasının Alt Kısımında Bulunan Kaynaklar
1. Kirlenmiş yüzey sularının süzülmesi	1. Foseptik tankları vb.	1. Islak kazı alanlarına atık boşaltımı
2. Katı ve sıvı atıkların zemin üstü uzaklaştırılması	2. Düzenli depolama alanları	2. Tarımsal amaçlı drenaj kuyuları ve kanalları
3. Vahşi depolama	3. Atık boşaltımı yapılmış çukurlar	3. Atıkların ıslak kuyulara boşaltılması
4. Atıksu arıtım sistemi çamurlarının uzaklaştırılması	4. Yer altı depolama tanklarından sızıntılar	4. Yer altı depoları
5. Yollara tuz dökülmesi	5. Yer altı boru hatlarından sızıntılar	5. Maden yatakları
6. Hayvan besî yerleri atıkları	6. Kuru kuyular	6. Araştırma ve gözlem kuyuları
7. Gübreler ve pestisitler	7. Mezarlıklar	7. Terkedilmiş kuyular
8. Kaza ile olan sızıntılar		8. Su temini kuyuları
9. Havadaki zararlı partiküllerin yağmur vs. ile toprağa gelmesi		

Yeraltı suları içme ve kullanma, endüstri ve sulama olmak üzere değişik amaçlar doğrultusunda kullanılır. Bu çeşitli kullanımlar için suların belirli nitelikte olması, içlerinde bulunacak maddelerin belirli limitler arasında kalması istenir. Bu amaçla suların kullanım amaçlarına göre standartlar geliştirilmiştir. Ülkemizde, içme ve kullanma amaçlı suların kullanımı aşamasında göz önüne alınması gereken standart değerler TS 266’da belirtilmiştir (Solmaz ve Durmaz, 2000).

Bu standart kapsamına giren sular;

Sınıf 1-Kaynak (Memba) Suları Dışındaki İçme ve Kullanma Suları,

Sınıf 2-Kaynak (Memba) Suları

olmak üzere iki sınıftır.

TS 266 numaralı standartta bulunan, “Suyun Fizikokimyasal Özellikleri” nin değerleri Tablo 3.3’de bulunmaktadır.

Tablo 3.3. TS 266 Suyun Fizikokimyasal Özellikleri

Özellik	Sınıf 1		Sınıf 2
	Tavsiye Edilen Değer	Müsaade Edilebilecek Max. Değer	Müsaade Edilebilecek Max. Değer
Sıcaklık °C	12	25	25
pH	6,5-8,5	6,5-9,2	6,5-8,5
Renk,mg/L Pt skalası	1	20	1
Bulanıklık	5 birim	25 birim	5 birim
İletkenlik,20°C,µs/cm	400	2000	650
Klorürler, mg/L	25	600	30
Serbest klor, mg/L	0,1	0,5	-
Sülfatlar, mg/L	25	250	25
Kalsiyum, mg/L	100	200	100
Magnezyum, mg/L	30	50	30
Sodyum, mg/L	20	175	20
Potasyum, mg/L	10	12	12
Alüminyum, mg/L	0,05	0,2	0,2
Kurutma Kalıntısı, 180°C'de kurutulduktan sonra mg/L	-	1500	500

Not: Tabloda değer sütununda bulunan (-) işareti, bu özelliğin aranmayacağı anlamındadır.

3.1.4. Arıtma Sistemleri

İçme ve kullanma suları çeşitli kaynaklardan elde edilebilir. Hangi kaynak kullanılırsa kullanılsın mutlaka suyun içme suyu için uygun olup olmadığına dair analizleri yapılmalıdır. Temin edilen ham su, standart parametre değerleri ile karşılaştırılır. Böylece sorun yaratacak parametreler belirlenmiş olur. Genellikle kuyu suları için en çok problem içeren parametreler sertlik, bulanıklık, organik madde ve tortudur.

İçme suyunun tüketiciye ulaştırılması oldukça önemli ve karmaşık bir konudur. Tüketici açısından bakıldığında estetik ve hijyen gibi çok önemli koşulların sağlanması gerekmektedir. Gerçekte konu bundan daha karışıktır. Suların gerek temin edildiği kaynaklar (yüzeysel su, yeraltı suyu), gerekse yöre ve bu yöredeki kirlenme koşulları etkisiyle sahip oldukları çok farklı özellikleri vardır. Bu özelliklerin tümünün dikkatle ele alınması ve başlangıçta yapılacak olan arıtmanın

dışında, tüketiciye ulaştırılncaya dek işletmenin her kademesinde dikkatle incelenmesi ve korunması gerekmektedir. Bu amaçlar ile geliştirilmiş birçok yöntem ve teknik vardır. Aşağıda özellikle en çok kullanılan (ve en çok sözü edilen) arıtma yöntemlerinden kabaca bahsedilmektedir. Bir içme suyu sisteminin planlanmasında, suda varolan safsızlıkların bileşimine, işletmenin türüne ve sistemin optimum çalıştırılabilme gereksinimlerine bağlı olarak, bu yöntemlerden hangisinin seçileceğine karar verilmekte ve uygulanmaktadır (Saner, 2001).

3.1.4.1. Havalandırma

Ham suya oksijen vermek ve içindeki CO_2 , CH_4 , H_2S vb. gazların giderilmesi için uygulanır (Eroğlu, 1995).

3.1.4.2. Yumaklaştırma (Koagülasyon)

Yumaklaştırma işlemi küçük partiküllerin yumaklar haline getirilerek çökertilmesidir. Yumaklaştırma işlemi hızlandırmak, daha büyük yumak elde etmek için yardımcı maddeler kullanılmaktadır. Bu maddelerden bazıları kil, kalsit, polielektrolitler ve aktif silika'dır.

Koagülasyon hızlı karıştırma odası, yumaklaştırma havuzu ve çökeltme havuzlarından ibarettir. Yumaklaştırmanın verimli olması için yumaklaştırıcı olarak kullanılan kimyevi maddelerin suyla homojen bir şekilde karışması gerekmektedir. Bu iş için genellikle hızlı karıştırma odaları kullanılır.

Yumaklaştırmanın sonunda yumakların çöktürülmesi için çökeltme havuzları yapılır (Eroğlu, 1995).

3.1.4.3. Çökeltme Havuzları

Çöktürme içme suyu tasfiyesinde iki şekilde tatbik edilir. Bunlardan birincisi basit çöktürmedir. Bu tür çöktürmede suda bulunan çökebilir maddeler, sudan uzaklaştırılır. İkinci tür çöktürme ise, hızlı karıştırma ve yumaklaşmayı takip eden çöktürmedir. Örneğin renk ve bulanıklığı gidermek için yumaklaştırıcı kimyevi

maddeler ilave edilir. Sertliği gidermek için ise kireç ve soda ilavesi yapılır (Eroğlu, 1995).

3.1.4.4. Filtrasyon

İçme suyu arıtımında en eski ve en çok kullanılan arıtım yöntemlerinden birisi filtrasyondur. Filtrasyonun su tasfiyesinde kullanılma nedenleri;

- Suda asılı bulunan küçük danecikleri sudan uzaklaştırmak, bulanıklığı gidermek
- Yavaş kum filtrelerinde organik maddelerin okside olmasını sağlamak
- Demir ve mangani okside etmek
- Amonyumu okside etmek
- Mikroorganizmaları nisbeten sudan uzaklaştırmak

Yeraltı suyundan su temininde demir ve mangani gidermek için hızlı filtreler havalandırmayı takiben yaygın olarak kullanılır (Eroğlu, 1995)

3.1.4.5. Dezenfeksiyon

Sularda varolan veya varolabilecek patojen (hastalık yapıcı) mikroorganizmaların giderilmesi için dezenfeksiyon şarttır. Dezenfeksiyon işleminin, birçok şekilde gerçekleştirilmesi mümkündür. Çökeltme, yumaklaştırma ve filtrasyon gibi işlemlerle mikroorganizmalara kısmen azaltılması mümkündür. Ancak asıl mikroorganizma giderme yöntemleri aşağıda sıralanmaktadır.

1- Fiziksel Yöntemler

Isı ile dezenfeksiyon

Ultraviyole ışık ile dezenfeksiyon (254 nm dalga boyundaki ışınlam, suyun içindeki mikroorganizmaların, DNA yapısında bozulmaya sebep olup, üremeyi engeller

2- Kimyasal Dezenfeksiyon Maddeleri ile Dezenfeksiyon

Alkali ve asitler ile dezenfeksiyon

Yüzey aktif kimyasal maddeler ile dezenfeksiyon

Metal iyonları ile dezenfeksiyon

Halojenler ile dezenfeksiyon (Brom, klor, iyot)

Ozon ile dezenfeksiyon

Potasyum permanganat ile dezenfeksiyon (Eroğlu,1995 ve Şengül ve Küçükgül, 1990).

Aritım teknolojileri arasında yukarıda adı geçen sistemlerin yanında, son zamanlarda membran teknolojileri de kullanılmaktadır. Bundan sonraki bölümde membran teknolojileri hakkında daha geniş bilgi verilmektedir.



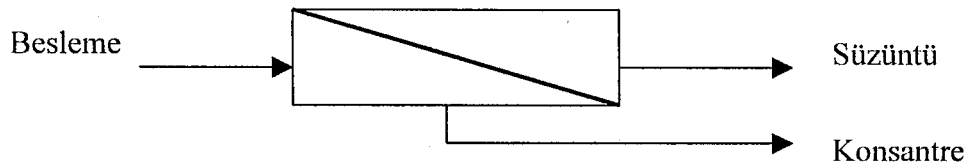
4. MEMBRANLAR

Membran prosesler filtrasyon, konsantre etme ve saflaştırma maksatları ile kullanılırlar. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte, bu sistemler de gelişmiş, büyük ölçekli uygulamalarda çekici hale gelmiştir. Bunda, son zamanlarda geliştirilen membranların düşük enerjiye ve ilk yatırım maliyetine ihtiyaç göstermesinin rolü olmuştur (Koyuncu,1997-A).

Membranlar, sentetik, organik ya da inorganik materyallerden yapılan ince filmlerdir. Bunlar, su akımına bir engel teşkil ederek karışım halindeki pek çok maddenin ayrılması maksadı ile kullanılırlar. Membran delikleri suyun geçişini sağlayabilecek geçirgenliktedir. Membran prosesler, bileşik ve çözünmüş maddeleri büyüklüğüne göre ayırırlar. Ayırma olayı iki ana grupta toplanır. Birincisi, çözünmüş maddelerin ayrımı, ikincisi ise tutulmak istenen partiküler maddelerin ayrılmasıdır. Kullanım amacına bağlı olarak farklı gözenek çapına sahip membranlar üretilmekte ve geliştirilmektedir (Koyuncu, 1997-B ve Madaeni, 1999).

Membranlar arıtma işlemini sürücü kuvvetlerin etkisi ile gerçekleştirirler. Sürücü kuvvetler, akımın membranın bir tarafından diğer tarafına geçmesini sağlarlar. Ters osmoz, ultrafiltrasyon ve mikrofiltrasyonda basınç en önemli sürücü kuvvettir. Membran proseslerde sürücü kuvvetler basınç, sıcaklık ve konsantrasyon farklarıyla ilgilidir (Scott, 1995).

Membrandan geçen akım iki kısma ayrılır. Bunlar, membrandan geçen ve membrandan geçemeyen akımdır. Membrandan geçen akım “süzüntü”, geçemeyen akım ise “konsantre” akım olarak adlandırılır. Bunların şematik gösterimi Şekil 4.1’ de verilmiştir.



Şekil 4.1. Membran Proseslerde Giriş ve Çıkış Akımları (Koyuncu, 1997-B)

Membranların performansı, akı ve alıkoyma veya seçicilik olarak adlandırılan terimlerle ifade edilir. Akı, birim zamanda membranın birim alanından geçen akım miktarıdır. Alıkoyma, membran tarafından alıkoyulan kısmın ölçüsüdür. Seçicilik ise membrandan geçenlerin ölçüsüdür. İdeal bir membranda, yüksek seçicilik veya alıkoyma ile yüksek akı veya geçirimsizlik istenir.

Madsen (1987), membranların 2 yolla suyun güvenilirliğini arttırabileceğini ifade etmiştir. Bunlardan birincisi, bir cihaz gibi tüketim noktasında kullanılmaları. İkincisi ise, su arıtım sisteminin bir parçası olarak kullanılabilmesi.

4.1. Membranların Yapısı

Membran proseslerde kullanılan membranlar, özelliklerine göre çeşitli sınıflandırmaya tabi tutulurlar. Yapılarına göre doğal veya sentetik, organik veya inorganik, boşluklu veya boşluksuz, simetrik veya asimetrik membranlar olarak gruplandırılırlar. Kullanılan membran tipine göre, membran proseslerin gösterecekleri performanslar da önemli ölçüde değişmektedir. Simetrik membranların (boşluklu veya boşluksuz) kalınlıkları 10-200 μm arasındadır. Asimetrik membranlar, üniform olmayan bir yapıya sahiptir. Asimetrik membranların geliştirilmesiyle, su ve atıksu arıtımında membranların kullanımı yaygınlaşmıştır. Bir asimetrik membranın kalınlığı yaklaşık olarak 10-200 μm arasındadır. Bu membranlar, 50-150 μm arasında boşluklu bir alt tabaka ile, 0.1-0.5 μm kalınlığında oldukça yoğun bir üst katmandan oluşur. Asıl ayırma işlemi üst tabakada meydana gelir (Koyuncu, 1997-B).

Membranların tıkanmaya karşı direnci ve tıkanmadan sonra kolay temizlenebilme özelliği, membran seçiminde önemli bir faktördür.

Membranlar ayrıca yapılarına göre organik veya inorganik olarak sınıflandırılabilirler. Organik membranların ana maddesi polimerlerdir. İnorganik membranlar, kimyasal ve termal olarak organik membranlara göre daha iyi dayanıklılık gösterirler. Ana yapı maddelerine göre inorganik membranlar başlıca;

- Seramik membranlar

- Cam membranlar
- Metalik membranlar

olarak gruplandırılırlar (Koyuncu, 1997-B).

4.2.Membran Karakteristikleri

Kullanılacak membran tipi belirlenirken düşünülmesi gereken bir çok değişken vardır. Bunlar:

Sıcaklığa Dayanıklılık : Sıcaklık plastik malzemenin performansını etkileyen başlıca faktördür. Özellikle yüksek sıcaklıklı endüstriyel ayırma proseslerinde, kullanılacak malzemeye dikkat edilmelidir. 0-82 °C arasındaki sıcaklıklarda membran teknolojisi kullanılabilir.

Kimyasal Uygunluk : Membran polimerleri kimyasal olarak çözeltiye uygun ve dayanıklı olmalıdır. Çözelti içindeki kimyasal maddelere göre, membranda performans düşüklüğü meydana gelir. Selüloz asetat membranları özellikle klor karşı dayanıksızdır (Scott, 1995).

Basınca Dayanıklılık: Her bir membran türü için ayrı basınçlar uygulanmaktadır. En düşük basınç mikrofiltasyonda tatbik edilmektedir (<2 bar). Daha sonra ultrafiltasyonda (1-8 bar), nanofiltasyon (10-30 bar), en son olarak da ters osmozda (10-100 bar) basınç uygulanmaktadır. Normalden yüksek basınç uygulamaları membranların yapılarını bozmaktadır (Koyuncu, 1997-B).

pH'a Dayanıklılık: Asitlik ve bazikliğin bir göstergesi olan pH, membranın ömrü açısından önemlidir. Genelde kullanılan pH aralığı 2-8 dir. Yüksek pHlarda membran kullanımı sınırlıdır (Koyuncu, 1997-B).

Mekanik Kararlılık: Mekanik kararlılık, diğer özelliklere göre daha az önem taşır. Yüksek basınçların kullanıldığı membranların mekanik dayanıklılığının da yüksek olması gerekir. Genel olarak membranlar yüksek geçirgenlik, iyi seçicilik, kararlı işletme özelliğine sahip olmak ve düşük maliyet gerektirmelidir (Koyuncu, 1997-B).

4.3. Membran Proseslerin Avantajları

Membran proseslerin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- ◆ Kesintisiz ve otomatik olarak işletilebilirler.
- ◆ Membran sistemlerin tasarımları basittir.
- ◆ Faz ve sıcaklık değişimlerinden etkilenmezler.
- ◆ Klasik sistemlere göre daha az enerji kullanır.
- ◆ Potansiyel olarak daha düşük yatırım ve işletme maliyetlerine sahiptirler.
- ◆ Membran sistemleri yapı olarak modülerdir ve kolaylıkla genişletilebilirler.
- ◆ Kimyasal maddeye ihtiyaç duymadan kirleticiyi, formu ve kimyası üzerinde etki yapmadan, ayırabilirler.
- ◆ Atıksu akımından bazı elementler geri kazanılabilir (Yıldız, 1999).

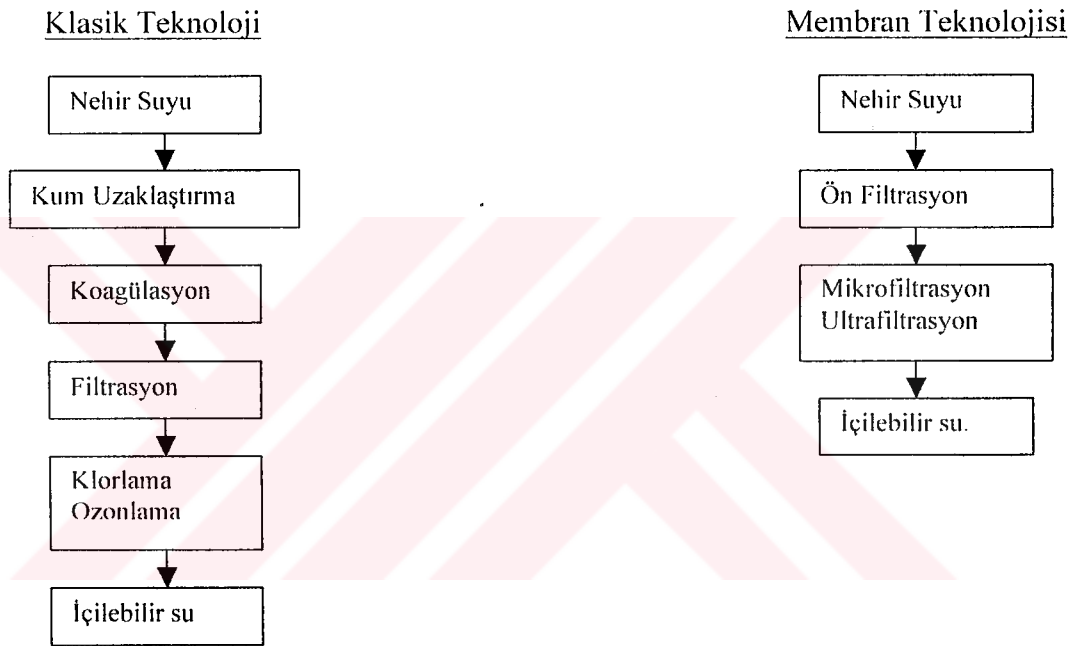
4.4. Membran Proseslerin Başlıca Kullanım Yerleri

Membran teknolojisi yaklaşık 30 yıldır deniz suyu ve kuyu suyu arıtımında kullanılmaktadır. Endüstriyel alandaki hızlı gelişmelere paralel olarak membran tekniği de gelişmiştir. Geleneksel deniz ve kuyu suyu arıtımının yanında membran prosesler, aşağıda verilen uygulamalarda da kullanılmaktadır:

- ◆ Atık suların arıtılmasında,
- ◆ Saf su ve yumuşak su üretiminde,
- ◆ Endüstriye su hazırlanmasında,
- ◆ Gıda ve ilaç sanayii prosesleri ayırma işlemlerinde,
- ◆ Atıksu akımından bazı maddelerin geri kazanılmasında,
- ◆ İyon değiştirme,
- ◆ Sıvılardan kolloidlerin ve büyük ölçekli moleküllerin ayrımında,
- ◆ Sulardan veya diğer sıvılardan bütün askıda katı veya çözünmüş maddelerin ayrımında kullanılırlar (Yalçın, 1998 ve Bilstad, 1997).

4.5. Membran Teknolojileri ile İçilebilir Su Elde Edilmesi

Klasik teknolojiler ile arıtım, membran teknolojilerine oranla daha fazla yer kaplamakta, daha fazla zaman gerektirmekte ve maliyet açısından da daha fazla miktarlar tutmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte bu faktörler, membran proseslerde en uygun şartları sağlamaktadır. Şekil 4.8’de nehir suyu arıtımı için, klasik teknoloji ve membran teknolojisinin arıtım kademeleri karşılaştırılmaktadır.



Şekil 4.8. Klasik Teknoloji ve Membran Teknolojisi Arıtım Kademelerinin Karşılaştırılması (RCMMM notları)

4.6. Membran Sistemler

Membran prosesler dört gruba ayrılır. Bunlar:

1. Mikrofiltrasyon
2. Ultrafiltrasyon
3. Nanofiltrasyon
4. Ters osmoz

Tablo 4.1'de basınç sürücülü membran prosesler ve sudaki maddelerin gerçek boyutları verilmiştir.

Tablo 4.1. Basınç Sürücülü Membran Prosesler ve Sudaki Maddelerin Gerçek Boyutları

Çap	0.001	0.01	0.1	1	10	100	1000
(μm)							
İçme suyu temininde seçilen bileşenlerin çapları (μm)		tuzlar	virüs	bakteri	alg		
			killer				
		doğal organik maddeler					
Ayrırma Prosesleri	RO	NF	UF	MF			

RO: Ters Osmoz

MF: Mikrofiltrasyon

NF: Nanofiltrasyon

UF: Ultrafiltrasyon (Yatmaz ve diğ., 2002)

Mikrofiltrasyon konusuna geçmeden önce diğer membran sistemler aşağıda kısaca tanıtılmaktadır:

Ultrafiltrasyon:

Ultrafiltrasyon, membran proseslerin fonksiyon dağılımında mikrofiltrasyon ile ters osmoz arasında kalır. Ultrafiltrasyonun kullanım alanı bu iki prosesle çakışır. Membran gözenek çapı 0.05-1 μm arasında değişir. Ultrafiltrasyonda molekül ağırlığı yüksek olan maddeler tutulur. Kolloidal partiküller, polimerler,

biomoleküller ve şeker iyonları membranda alıkonan maddelerden bazılarıdır (Scott, 1995).

Nanofiltrasyon:

Nanofiltrasyon prosesi, ters osmoz ile ultrafiltrasyon arasında bulunmaktadır. Nanofiltrasyon, ters osmozdan daha düşük basınçlarda (<5 bar) çalıştırılmasına karşın ters osmozdan daha yüksek akıya sahiptir (Yalçın, 1998). Nanofiltrasyon membranlarının, ters osmozdan farkı nanofiltrasyonun daha açık gözenek yapısına sahip olmasıdır. Nanofiltrasyonda su akısı ters osmozdan daha yüksek olduğundan yatırım maliyeti ters osmoza göre daha düşüktür. Düşük basınçta bile iyon yükü yüksek ve molekül ağırlığı 200'den büyük olan organikleri içeren çözeltiler membran tarafından alıkonur (Mulder, 1996).

Ters Osmoz:

Ters osmoz, molekül ağırlığı çok düşük olan maddelerin çözelti içinden alınması prosesidir. Osmoz, suyun yarı geçirgen bir membranın her iki tarafında osmotik denge sağlanıncaya kadar, saf su tarafından konsantre çözelti tarafına doğru akmasıdır.

Denge halinde membranın her iki tarafında osmotik basınç aynıdır. Suyun akış yönünü değiştirmek için sisteme osmotik basınçtan daha büyük bir basınç uygulanır. Bu durumda su, konsantre taraftan saf su tarafına doğru akar. Bu olaya ters osmoz denir (Yalçın, 1998).

Ters osmoz, konsantre çözeltiye çözeltinin osmotik basıncının üstünde bir basınç uygulanması ile meydana gelen kütle transferi olayıdır. Bu durumda su, konsantre taraftan saf su tarafına doğru akar ve aralarında büyük konsantrasyon farkı bulunan iki ayrı faz meydana gelmiş olur (Mulder, 1996).

Ters osmoz prosesi, inorganik maddelerin ve molekül ağırlığı çok düşük olan organik maddelerin yüksek oranda ayrılmasında kullanılır. Organik maddelerin geri dönüş oranı membran malzemesinin tipine, yapısına ve membran ile çözelti arasındaki uyuma bağlıdır. Ters osmoz prosesinde, çözünmüş madde konsantrasyonu

ve akış hızı, basınç, sıcaklık, pH ve askıda katı madde konsantrasyonu önemli değişkenlerdir (Yalçın, 1998).

Ters osmoz prosesinde membrandan geçen akım süzüntü akımı, geçemeyen akım ise konsantre akım olarak tanımlanır. Ters osmozda ön arıtma ihtiyacı sistem tasarımında önemlidir. Tıkanmış bir membranı temizlemek oldukça güçtür. Membranın tıkanmasını önlemek için suda bulunan askıda katı ve kolloidal maddelerin ayrılması gereklidir. Bunun için ön arıtma uygulanmalıdır (Yalçın, 1998 ve Scott, 1995).

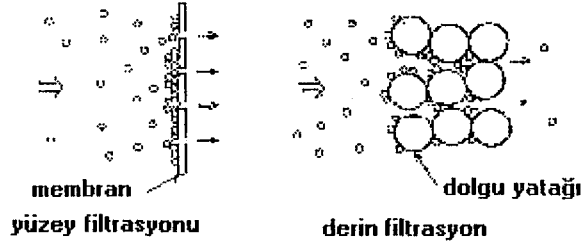
4.7. Mikrofiltrasyon

Mikrofiltrasyon ile, çözelti içindeki mikron ve daha büyük boyutlardaki partiküller ayrılır. Mikrofiltrasyon için kullanılan membranlar, üniform delik büyüklüğünde ve yaklaşık %80 lik delik yoğunluğunda ince polimer filmlerden yapılır (Scott, 1995).

Yüksek delik yoğunluklu filmlerin, hidrodinamik direnci genelde düşüktür ve bundan dolayı, yüksek akılar için, ortalama 2 bar'a kadar olan basınçlarda çalışılır. Birçok membranın deliklerinin düzenli olmaması ve filtre edilerek tutulacak partiküllerin şekillerinin düzenli olmaması filtrasyon sırasında, boyut açısından kesin bir ayırım yapmayı kısıtlar (Scott, 1995). Kesin çap genişliği tartışılmasına rağmen, mikrofiltrasyon genellikle ince partikülleri ya da kolloidler içeren süspansiyonların filtrelenmesinde kullanılır. Bununla birlikte gerçek boyut 0.02-20 µm aralığına yakındır. Bu filtrasyonda tutulan partiküller genellikle ultrafiltrasyon ve ters osmoz da tutulan partiküllerden daha büyüktür (Sirkar, 1992).

Mikrofiltrasyon esnasında yüklenen basınç (bu basınç proses için sürücü kuvvettir) akışkandaki asılı maddelerin ve küçük çözünen türlerin, membran içinden ya da diğer filtre ortamından geçmesine ve sızıntı olarak toplanmasına neden olur. Partiküller, konsantre edilmiş tutulanlar olarak toplanır ve filtre ortamı tarafından tutulur. Filtre ortamı olarak partiküllerden daha küçük porlara sahip bir membran kullanılır. Şekil 4.1'de gösterildiği gibi, partiküller membranın içinden ya da

membran boyunca geçerek fiziksel engelle uğrarlar. Bu eleme mekanizmasına bazen “Yüzey Filtrasyonu” denir (Sirkar, 1992).



Şekil 4.1. Yüzey ve Derin Filtrasyonun Sistematığı (Sirkar, 1992)

Farklı bir uygulama ise, eğer membran porları partiküllerden daha genişse ya da filtre ortamı lifli ya da granüler materyalli ise partiküller filtrelenir. Bu durumlarda, partiküller filtre ortamının içine girebilirler. Böylece partiküller, filtre ortamının yüzeylerine tutunarak ve bağlanarak içinde bulundukları akışkandan ayrılırlar (Şekil 4.1). Bu filtrasyon mekanizmasına “Derin Filtrasyon” denir. Bu olay filtre ortamının her tarafında gerçekleşir. Derin yataklı filtreler yüksek hacimli uygulamalarda kullanılırlar (Sirkar, 1992).

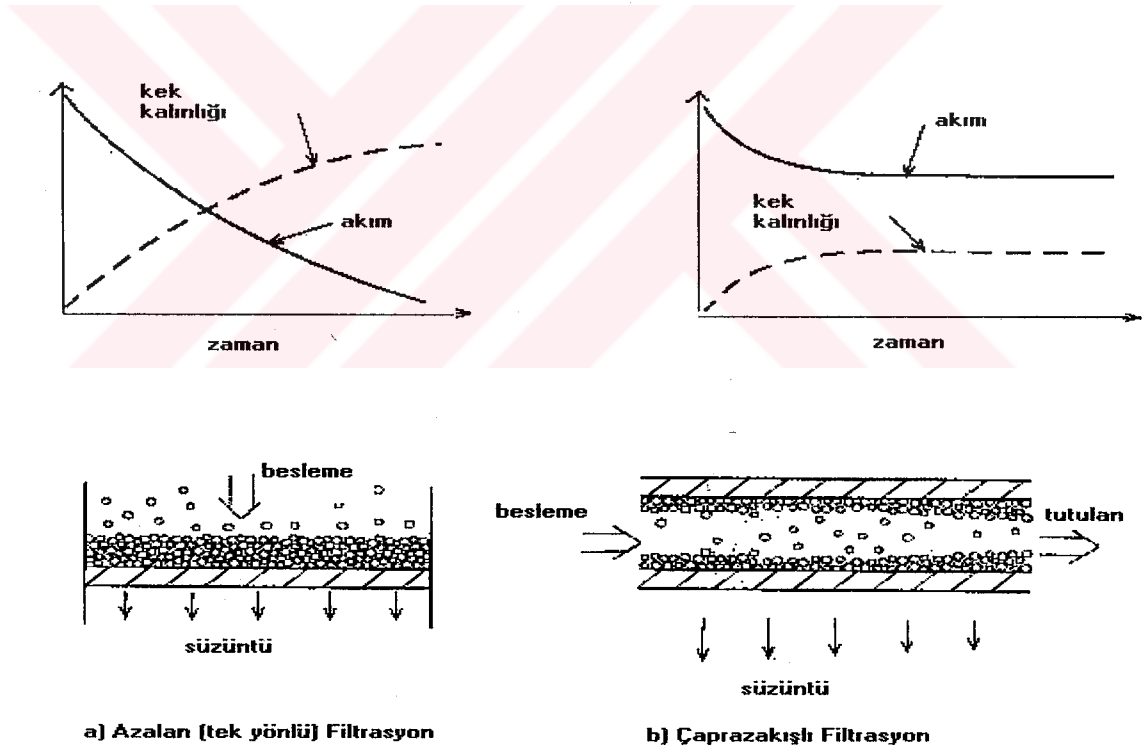
4.7.1. Çapraz Akışlı ve Azalan (Klasik) Akışlı Mikrofiltrasyonun Karşılaştırılması

Mikrofiltrasyon prosesleri 2 şekilde düzenlenirler. Bunlar çapraz akışlı ve azalan (klasik) akışlı mikrofiltrasyondur. Şekil 4.2’de her iki tür akıma ait şekiller ve grafikler verilmiştir. Azalan filtrasyonda akım, filtre içinden dik bir şekilde geçerek süzülür. Böylece partiküllerin çoğu ya da hepsi tutulur. Tutulan bu partiküller, zamanla bir kek tabakası gibi yüzeyde birikirler. Bu olay bir elek (perde) ya da diğer yüzey filtre ortamı kullanılıyorsa geçerlidir. Eğer derin bir filtre ortamı kullanılıyorsa, o zaman tutulan partiküller boş alanlarda toplanırlar.

Azalan filtrasyon durumunda, partikül birikimi filtrasyonda direnç artışına neden olur. Bunun sonucu olarak da süzüntü akımı azalır. Bu nedenle azalan filtrasyon prosesinde partikülleri uzaklaştırmak için ya da filtre ortamını değiştirmek

için, sistem periyodik olarak durdurulmalıdır. Biriken kek bıçaklar ile temizlenmelidir.

Geçmiş 20 yıl süresince, çapraz akışlı filtrasyon azalan akışlı filtrasyona göre daha çekici gelmiş ve daha çok kullanılmaya başlamıştır. Çapraz akışlı mikrofiltrasyon için bazen “Teğetsel Akışlı Mikrofiltrasyon” da denir. Filtreleme operasyonu ultrafiltrasyon ve ters osmoz ile benzerdir. Bu operasyonun yaygın olarak kullanılan şekli, mikropor membran duvarlarına sahip kanal veya dar bir tüpün içinden süspansiyonun pompa vasıtasıyla geçirilerek filtrelenmesidir. Şekil 4.2-b’de gösterildiği gibi membrandan geçen akış, membranın yüzeyine partikülleri taşır ve ince bir kek tabakasının oluşmasına neden olur. Azalan filtrasyonun aksine burada oluşan kek tabakası sınırsız değildir. Kek tabakasının nispeten aynı incelikte kalması için, filtre çıkışında biriken partiküllerin temizlenmesi gerekir (Sirkar, 1992).



Şekil 4.2. Çaprazakışlı ve Azalan Akışlı Filtrasyonun Sistematiği (Sirkar,1992).

Mikrofiltrasyon makro moleküllerin membrandan geçmesine izin verirken 100 nm boyutundan büyük partiküllerin membrandan geçmesini engeller. Mikrofiltrasyonda, akım membran yüzeyine paralel olarak uygulanır. Membrandan

geçemeyen konsantre kısım membran üzerinde birikir ve membran yüzeyinde direnç artar. Membranın filtrasyon verimi azaldığı zaman, membran temizlenmeli veya değiştirilmelidir. Mikrofiltrasyon membranlarını temizlemek zor olduğundan, genellikle değiştirilirler. Günümüzde çapraz akışlı mikrofiltrasyon membranları kullanılmaya başlanmıştır. Çapraz akışlı mikrofiltrasyon membranları tıkanmalara ve basınç kayıplarına karşı oldukça dayanıklıdır (Yalçın, 1998).



5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1. Çalışılan Arazi Parçaları

5.1.1 Tuzla Bölgesi

Tuzla Bölgesi alüvyon formasyonundadır. Alüvyonlar, karmaşık nitelikte katmanlardır. Bunlar, kimi zaman çok gözenekli ve çok geçirimli kumlar, kimi zaman az çok killi ince kumlar, kimi zaman gözenekli fakat yavaş hareketli miller, kimi zaman da geçirimsiz killi olabilirler (Schoeller, 1973). Tuzla bölgesi alüvyon sahasını ovaya akan Taşlar Deresi oluşturmuştur. Alüvyon alan yaklaşık 5 km² yer kaplar. Alüvyon kalınlığı ise 30 m'dir. Üst kısımlarda silt ve kil, alt kısımlarda kil ve denizel sedimanlar bulunur (Dökmen ve diğ., 1997).

İstanbul kıyı akiferlerinin en verimlileri Marmara Denizi'ne komşu olanlardır. Silivri-Yedikule ve Kadıköy-Tuzla kıyıları ile Yalova sahillerinde sanayi, kooperatif ve yazlıklar için sığ ve sondaj kuyuları açılmıştır. Bu kıyılarda açılan kuyular genellikle, tuzlanmış veya tuzlanma sınırına yaklaşmıştır (Ay, 1995). Tuzla ovası yeraltı suyu işletme rezervi 1.5 hm³/yıl, fiilen kullanılan ise 0.5 hm³/yıl'dır (Dökmen ve diğ., 1997). Bu çalışmada Tuzla, İstasyon mahallesinde İstasyon caddesi üzerinde bulunan, kullanma ve sulama amaçlı olarak kullanılan bir kuyu ile çalışılmıştır. Bu kuyunun derinliği 30 m ve çapı ise 1 m'dir. Söz konusu kuyunun yeri, Ek 1'de gösterilmektedir.

5.1.2. Gebze Bölgesi

Gebze, Marmara Bölgesi'nin doğusunda, İzmit Körfezi'nin kuzeyindedir. İzmit-İstanbul karayolu üzerinde İzmit'e 49 km uzaklıktadır.

Gebze, Karadeniz ve Akdeniz arasında bir geçiş özelliği taşımaktadır. Yaz mevsimi sıcak ve az yağışlı, kış mevsimi ise oldukça serin ve yağışlı geçer. En çok yağış Aralık ve Ocak aylarında görülür. En az yağış ise Ağustos ayında görülür.

Gebze sınırları içinde önemli sayılabilecek göl, dağ, akarsu bulunmamaktadır. Ancak akarsu yerine dere ve derecikler vardır. Yaz ve kış ayları boyunca sürekli suyu bulunan tek dere “Dilderesi” dir. Bu derenin diğer bir adı da Tavşancıl Deresi olarak bilinmektedir (Kaya, 2000).

Gebze genellikle killi, kireçli, kalkerli bir araziye sahiptir. Bu kesimde alüvyal akifer yüzeyden 12-18 m derinlikten 50-55 m derinliğe kadar devam eder. Akifer kalınlığı ortalama 35 m dolayındadır. Yeraltı suları derinde ve potansiyeli de sınırlı olduğundan tatlı su kaynakları ihtiyaca cevap veremeyecek duruma gelmiştir. Bugün Gebze’de fiilen kullanılan yeraltı suyu $0.2 \text{ hm}^3/\text{yıl}$, işletme rezervi $0.2 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ olarak hesaplanmaktadır. Çayırova bölgesinde ise bu değerler $3.0 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ ve $2.5 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ ’dır. Ancak, sanayileşmenin artması nedeniyle yeraltı suyundan aşırı çekim söz konusu olmuştur. Bu durum önlenmediğinde yakın bir zamanda akiferin tuzlanmasına ve toplam rezervin tükenmesine neden olacaktır (Yerebakan, 1999). Bu çalışmada Kuyu 1 olarak adı geçen kuyu, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü kampüsünde bulunmaktadır. Bu kuyuya ait derinlik 10.65 m ve çap 1.10 m’dir. Ek 2’de Kuyu 1’in konumu gösterilmektedir. Sondaj 1 ve sondaj 2 kuyuları, Gebze Plastikçiler Organize Sanayi Bölgesinde bulunmaktadır. Sondaj 1 kuyusunun derinliği 108 m’dir ve 125 mm çapındaki boru ile su alınmaktadır. Sondaj 2 kuyusunun derinliği ise 165 m’dir ve bu kuyudan da su 125 mm çapına sahip boru ile alınmaktadır. Ek 3’de Sondaj 1 ve Sondaj 2 kuyularının yerleri gösterilmektedir.

5.2. Pilot Tesis Tanımı

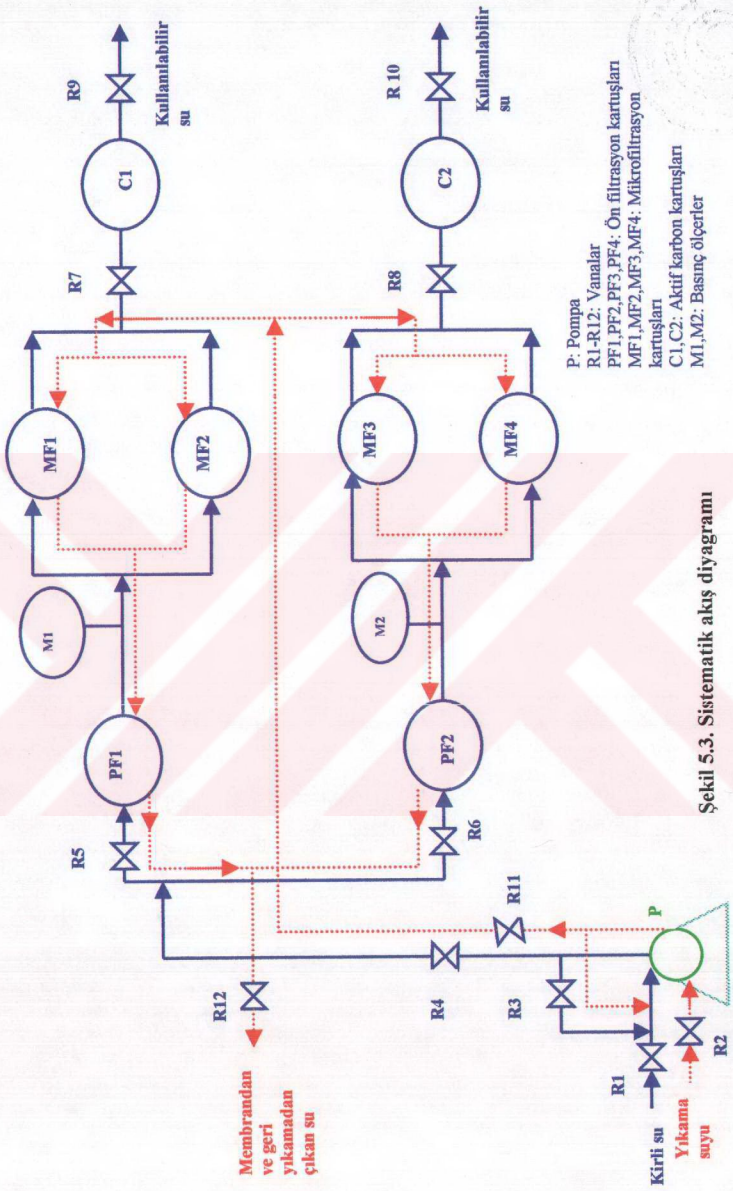
Çalışma kapsamındaki mikrofiltasyon membran ünitesi, Bükreş Romanya’da bulunan Makromoleküler Materyaller ve Membranlar Araştırma Merkezi (RCMMM) tarafından imal edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan pilot tesis Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Ayrıca sistematik akış diyagramı da Şekil 5.3’de verilmiştir. Bu sistem Romanya Bükreş’de bulunan RCMMM tarafından, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarına deneysel amaçlı kullanılmak üzere hibe edilmiştir.



Şekil 5.1. Pilot Tesis Ön Görünüş



Şekil 5.2. Pilot Tesis Yan Görünüş



Makromoleküler Materyaller ve Membranlar Araştırma Merkezinde, söz konusu sistem ile yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, bulanıklık, renk vb. fizikokimyasal parametrelerin düzeltilmesinde ve sudaki mikroorganizmaların tutulmasında mikrofiltrasyon prosesinin etkili olduğu kanıtlanmıştır. Farklı gözenek çapına sahip olan filtre kartuşları ile kullanılabilen bu sistemler okul, kamp, vb. yerlerde kullanılabilir su ihtiyacını karşılamak için uygun bir çözümdür. Ayrıca deprem, kuraklık, sel felaketi gibi acil durumlarda portatif bir sistem olarak kullanılması mümkündür.

5.2.1. Ünite Ekipmanları

Bu sistem 25.4 cm (10 inch) uzunluktaki filtre kartuşlarını kullanmak üzere tasarlanmıştır. Çalışmada kullanılan membran filtreler, ana yapısı polimer olan organik membranlardır. Karbon filtrelerin özellikleri arasında su numunesinin içme suyu kalitesinde elde edilmesi için gerekli özellikleri mevcuttur. Bu özellikler koku ve tad giderimi ile çok küçük gözenek çapına sahip olmasından dolayı mikroorganizmaların tutulmasıdır. Söz konusu sistemde yer alan 8 adet kartuş yuvası birbiriyle sistematik akış diyagramında görüldüğü gibi seri ve paralel olarak bağlanmıştır (PF1-PF2, MF1-MF2-MF3-MF4, C1-C2). Mikrofiltrasyon ünitesinin ekipmanları aşağıda sıralandığı gibidir:

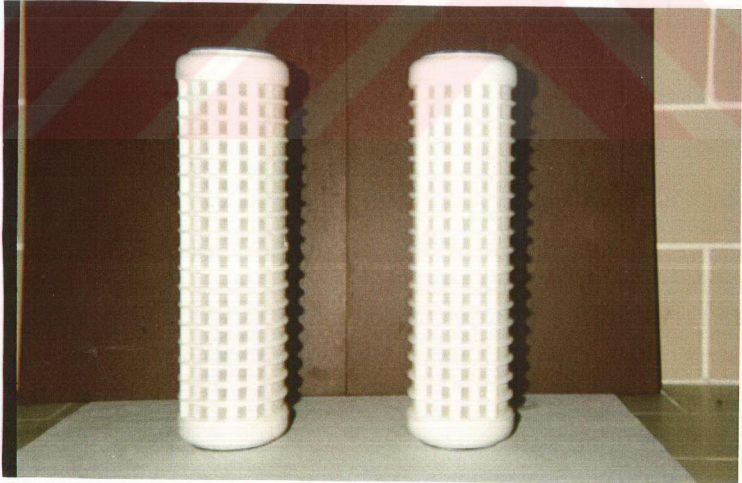
- 2 adet kaba (ön) filtrasyon kartuşu. Bunlar ham sudaki askıdaki katı maddelerin tutulmasını sağlarlar (Şekil 5.4). Bu kartuşların gözenek çapı 50 μm 'dir.
- 4 adet 10 μm gözenek çapına sahip filtre kartuşları (PURTREX PX 10-10) (Şekil 5.5).
- 4 adet 5 μm gözenek çapına sahip filtre kartuşları (So-Safe WPP 105E) (Şekil 5.6).
- 4 adet 1 μm gözenek çapına sahip filtre kartuşları (Cheng-Chung) (Şekil 5.7).
- 2 adet 0.5 μm gözenek çapına sahip karbon filtre kartuşları (CERMİKX, KX Industries) (Şekil 5.8). Özellikle koku ve tad veren organik bileşikler uzaklaştırmak için kullanılırlar.

2 adet 0.3 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SE SX-0.3) (Şekil 5.9). Bu filtreler de koku ve tad veren organik maddeleri uzaklaştırmak için kullanılırlar.

2 adet 0.2 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.2) (Şekil 5.10). Bu filtre kartuşları ise bakterilerin tutulmasını sağlamaktadırlar. Bunun nedeni, Tablo 4.1’de de görüldüğü gibi, doğada 0.2 μm boyutundan daha küçük bakteri bulunmamasıdır.

- Bağlantı parçaları (hortumlar ve aç-kapa yapabilen çeşitli vanalar)
- Basınç göstergesi
- Pompa ve pompa tutucusu, (Pompa Gücü: 0.75 KW, Kapasite: 6-53 L/dak)
- Alüminyumdan oluşan metalik çatı (80x70x100 cm)

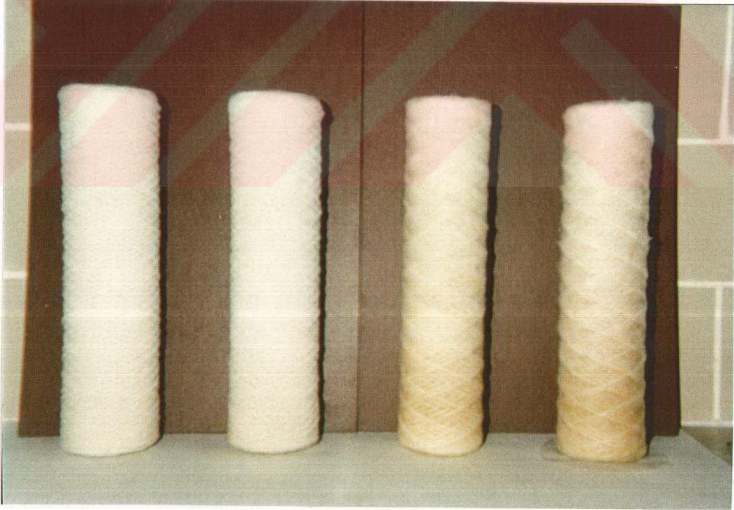
Sistemde kullanılan 50 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.2) (Şekil 5.4’de, 10 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.3) (Şekil 5.5’de, 5 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.4) (Şekil 5.6’da, 1 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.5) (Şekil 5.7’de, 0.5 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.6) (Şekil 5.8’de, 0.3 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.7) (Şekil 5.9’da ve 0.2 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.8) (Şekil 5.10’da gösterilmektedir.



Şekil 5.4. 50 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.2) (Şekil 5.4’de, 10 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.3) (Şekil 5.5’de, 5 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.4) (Şekil 5.6’da, 1 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.5) (Şekil 5.7’de, 0.5 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.6) (Şekil 5.8’de, 0.3 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.7) (Şekil 5.9’da ve 0.2 μm gözenek $\mathcal{C}\mathcal{A}$ 10 SX-0.8) (Şekil 5.10’da gösterilmektedir.



Şekil 5.5. 10 μm gözenek çapına sahip filtre kartuşları, PURTRES PX10-10



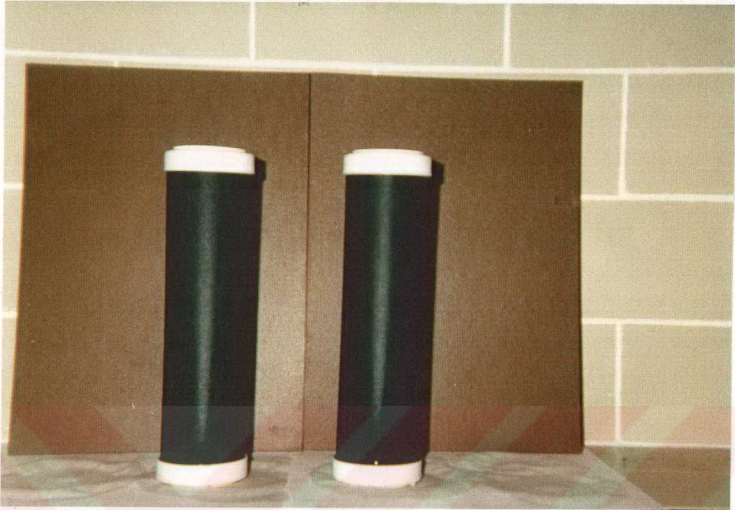
Şekil 5.6. 5 μm gözenek çapına sahip filtre kartuşları, So~Safe WPP 105E



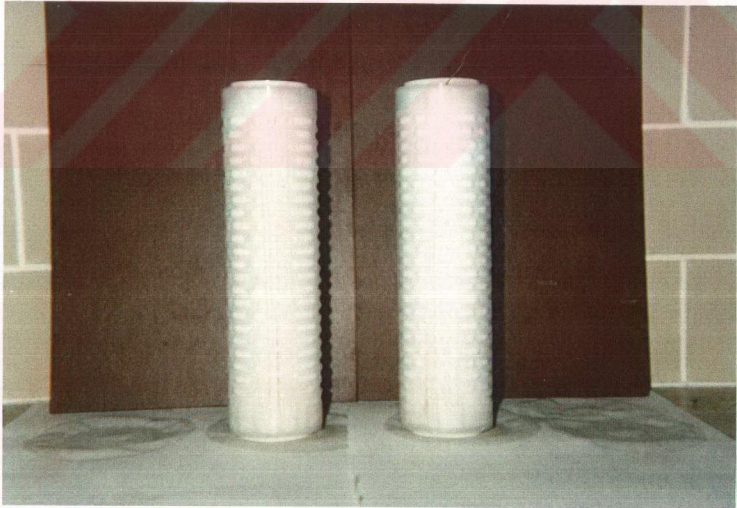
Şekil 5.7. 1 μm gözenek $\text{\AA}$ apına sahip filtre kartuşları, Cheng-Chung



Şekil 5.8. 0.5 μm gözenek $\text{\AA}$ apına sahip filtre kartuşları, bunlar aktif karbondan yapılmıştır. CERAMIKX, KX Industries. Organik bileşiklerin gideriminde kullanılırlar.



Şekil 5.9. 0.3 μm gözenek çapına sahip filtre kartuşları, CA 10 SE SX-0.3. Koku-tad gibi organik bileşiklerin gideriminde kullanılırlar.



Şekil 5.10. 0.2 μm gözenek çapına sahip filtre kartuşları, CARTUCCIA AC 10 SX-0.2 bu kartuşlarda mikroorganizmalar da tutulabilmektedir.

5.2.2. İşleyiş Tarzı

Cihaz üç filtrasyon adımından oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla:

1. 2 adet Kaba filtrasyon
2. 4 adet Mikrofiltrasyon
3. 2 adet Koku ve tad giderimi

olmak üzere 8 kartuş kullanılacak şekilde tasarlanmıştır.

Sistem, ön filtrelerin ve mikrofiltrelerin aynı anda geri yıkanması sağlanacak şekilde tasarlanmıştır. Normal bir işlem rejiminde R1, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10 vanaları açık diğerleri kapalı olarak çalışmaktadır. Çalışma basıncı R3 vanası tarafından düzenlenir.

Sistemin her bir arıtma işleminden sonra 15 dakika boyunca şebeke suyuyla ve daha sonra %1'lik sodyum hipoklorür çözeltisi ile geri yıkaması yapılmıştır. Ön filtrelerin ve mikrofiltrelerin aynı anda geri yıkanmasını sağlamak için R2, R3, R5, R6, R11 ve R12 vanaları açık olmalı diğerleri kapalı olmalıdır. Geri yıkama ve normal rejim adımlarının her ikisinde R3 vanası tarafından basınç düzenlenir. Normal rejim ve geri yıkama akış düzenleri Şekil 5.3'de verilmiştir. Cihazın uzun süreli çalışmama durumunda bütün parçaları %1'lik sodyum hipoklorür çözeltisinde saklanmaktadır.

5.2.3. Kapasite ve Performans

Cihaz ile ilgili kapasite ve performans bilgileri aşağıda verilmektedir:

- Kartuş aktif yüzeyi: 0.5 m²
- Ana gözenek çapı: 0.2-50 µm
- Su akış debisi: 500-1000 L/sa

Sistemde kullanılan filtre kartuşlarının ömürleri 3-6 ay kadardır. Her bir filtre kartuşunun kapasitesi farklıdır. Örneğin 10 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşunun kapasitesi 2400 L/gün iken 0.5 µm gözenek çapına sahip filtre

kartuşunun kapasitesi 7400 L/gün'dür. Sistemin arıtım kapasitesi ise kullanılan filtre kartuşları ve sisteme verilen ham suyun değerlerine bağlı olarak değişmektedir.

Çalışmalarda sistemin çalışma süresi, en düşük kapasiteye sahip olan filtre kartuşuna göre ayarlanmıştır. Bu durumda en düşük filtre kapasitesi 2400 L/gün'dür. Söz konusu sistemin akış debisi ise 13 L/dak'dır. Bu durumda $2400/13=184$ dak.'lık bir çalışma süresi hesaplanmıştır.

5.3. Metod

5.3.1. Deneylerin Yapılışı

Deneysel çalışmalar süresince Gebze ve Tuzla Bölgeleri'nden kuyu suları temin edilmiştir. Mikrofiltrasyon ünitesi, kartuşların farklı diziliş şekilleri ile kurularak alınan sular laboratuarda arıtıma tabi tutulmuştur. Analizler kuyudan alınmış ham sular ve arıtılmış sular için yapılmıştır.

Bütün parametrelerin analizi "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 19th Edition 1995" kitabında bulunan yöntemlere göre yapılmıştır. pH, sıcaklık ve iletkenlik ölçümleri WTW Multiline F/SET-3 cihazıyla yapılmıştır. Bulanıklık ve renk Hach Ratio/XR Türbidimetresi ile ölçülmüştür. UV₂₅₄Abs (organik madde) ve Sülfat parametreleri Shimadzu UV-2101 PC UV-visible spektrofotometresiyle ölçülmüştür. Sertlik ve klorür parametreleri titrimetrik metodlarla yapılmıştır. İnorganik karbon (İK) Euroglas 1200 TOC cihazı ile analiz edilmiştir. Askıda katı madde parametresi ise su numunesine vakum uygulanarak 0.45 µm gözenek çapındaki selüloz asetat filtresinden geçirilerek etüvde 105 °C'de kurutulduktan sonra gravimetrik yöntemle göre tayin edilmiştir. Toplam çözünmüş maddeler ise, askıda katı maddesi alınmış su numunesinden krozelere koyulup etüvde 180 °C'de bütün su uçana kadar kurutulduktan sonra gravimetrik yöntemle göre tayin edilmiştir.

Sular, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü kampüsünde bulunan Kuyu 1'den, Gebze Plastikçiler Organize Sanayi Bölgesi kuyusundan ve Tuzla'da İstasyon mah. İstasyon cad. üzerinde bulunan, kullanma ve sulama amaçlı olarak kullanılan

kuyudan alınmıştır. Farklı kuyulardan alınan numunelerin 30'ar litresi toplama tankına alınarak sistem işletilmeye başlanmıştır. Gözenek çapı büyük olan kartuşlarda akış debisi 13 L/dak iken gözenek çapı küçük olan (0.5 µm, 0.3 µm, 0.2 µm) kartuşların kullanımında akış debisinin 5 L/dak'ya kadar indiği gözlenmiştir. Deney sonuçlarından elde edilen bilgilerle bulunan verim değerleri aşağıdaki bağıntıya göre hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Verim} = \frac{(\text{giriş konsantrasyonu} - \text{çıkış konsantrasyonu})}{\text{giriş konsantrasyonu}} * 100$$

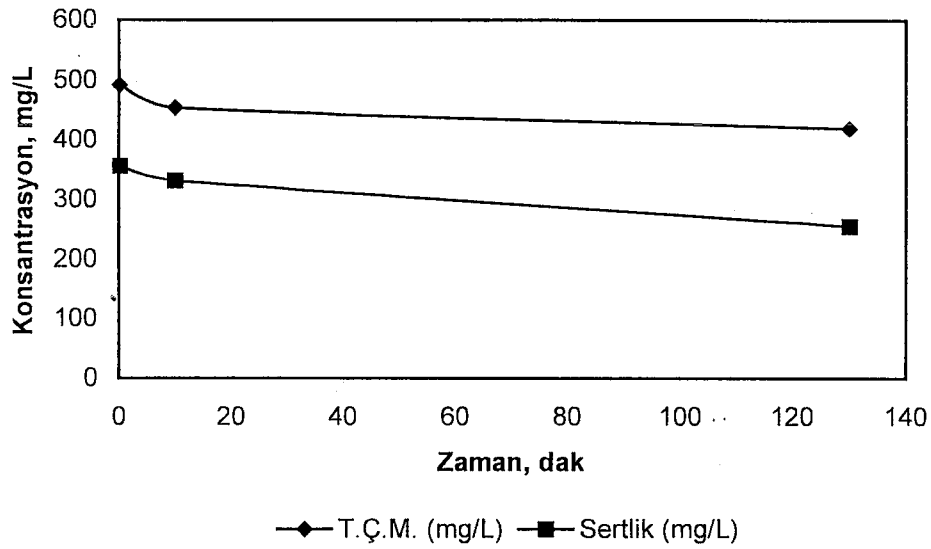
5.3.1.1. Kuyu 1'den Alınan Su Numunesi- Deneme 1

Sistem ilk önce 2 adet 50 µm, 4 adet 10 µm ve 2 adet 5 µm gözenek çapına sahip kartuşlar ile kuruldu. Bu şekilde 10 dakika çalıştırıldı. Analiz edilmek üzere arıtılmış sudan numune alındı. Daha sonra sisteme 2 adet 5 µm, 4 adet 1 µm ve 2 adet 0.5 µm' lik kartuşlar takılarak 2. kısım deneye geçildi. Bu durumda 2 saat daha çalıştırıldı. 130. dakikanın sonunda çıkış suyundan da bir numune alınarak analizler yapıldı. Analiz sonuçları ve verim değerleri Tablo 5.1'de verilmektedir.

Tablo 5.1. Kuyu 1, Deneme 1, Su Analizleri Sonuçları

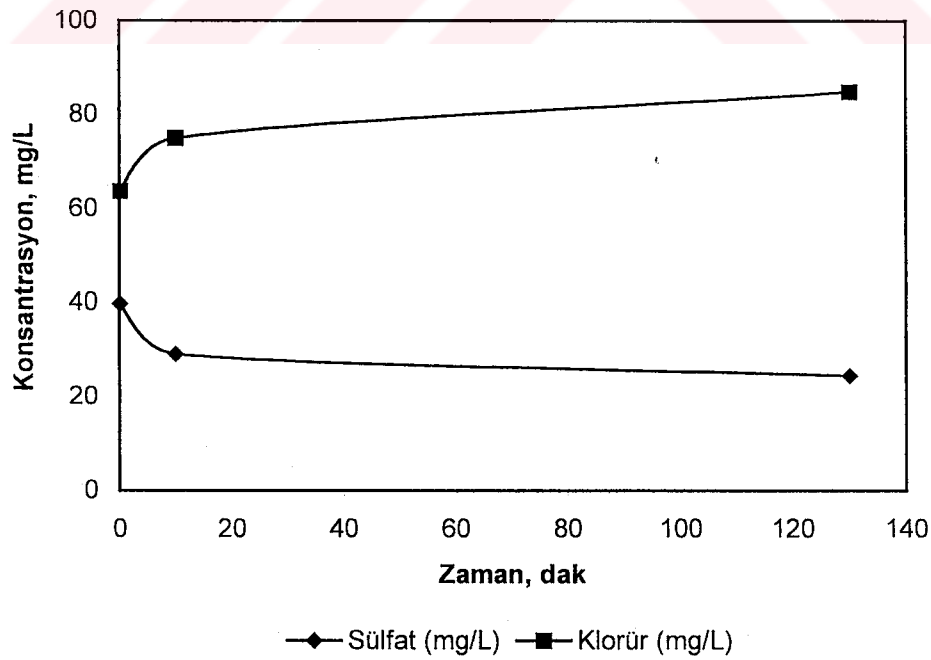
	Ham su	10. dakika	130. dakika	% Verim
pH	7.2	7.97	8.35	-
İletkenlik (µs/cm)	802	683	764	4.7
Bulanıklık (NTU)	0	0	0	-
Renk (1/m)	0	0	0	-
A.K.M. (mg/L)	0.3	0.2	0	100
T.Ç.M. (mg/L)	492	454	419	14.8
Sertlik (mg/L)	355.52	331	254.52	28.4
Sülfat (mg/L)	39.8	29.2	24.6	38.2
Klorür (mg/L)	63.76	74.97	84.9	-
Organik Mad. (254 nm)	0.02	0	0	100

“ - ” parametrelerde verim hesabı yapılmadığını belirtmektedir.



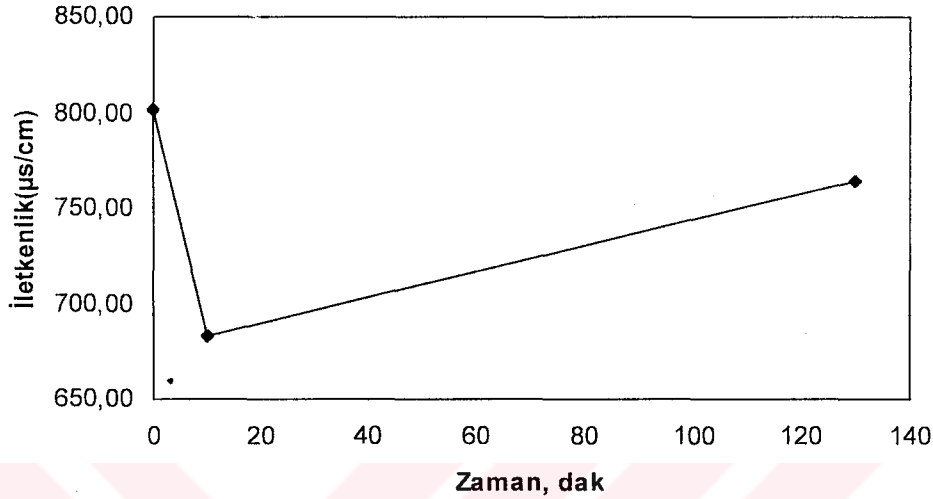
Şekil 5.11. Kuyu 1-Deneme 1, Toplam Çözünmüş Madde ve Sertlik Değerleri

Yeraltı sularında bulunan CO_2 miktarı azaldıkça suyun pH'ında bir artış gözlenmektedir. Söz konusu sistem ile yapılan çalışmalar sonucunda da pH değerinde artış olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle suda bulunan CO_2 'in azaldığı kanıtlanmış olmaktadır. Sularda CO_2 azalması ile sertlikte de azalma gözlenir. Şekil 5.11'de görüleceği üzere zamanla sertlik miktarında bir azalma olmaktadır. Aynı şekilde toplam çözünmüş madde miktarı da zamanla azalmaktadır.



Şekil 5.12. Kuyu 1-Deneme 1, Sülfat ve Klorür Değerleri

Şekil 5.12’de klorür parametresine bakıldığında bir artış gözlenmektedir. Bunun nedeni deneyler esnasında sistemden geçen suyun sıcaklığında bir artış olmuş, buna bağlı olarak çözünen klorür iyonu da Şekil 5.13’de görüldüğü gibi iletkenliğin artmasına neden olmuştur.



Şekil 5.13. Kuyu 1-Deneme 1, İletkenlik Değerleri

5.3.1.2. Kuyu 1’ den Alınan Su Numunesi-Deneme 2

Sistem ilk önce 2 adet 10 µm, 4 adet 5 µm ve 2 adet 1 µm gözenek çapına sahip kartuşlar ile kuruldu ve bu durumda 2 saat çalıştırıldı. Bu sürenin sonunda analiz edilmek üzere numune alındı.

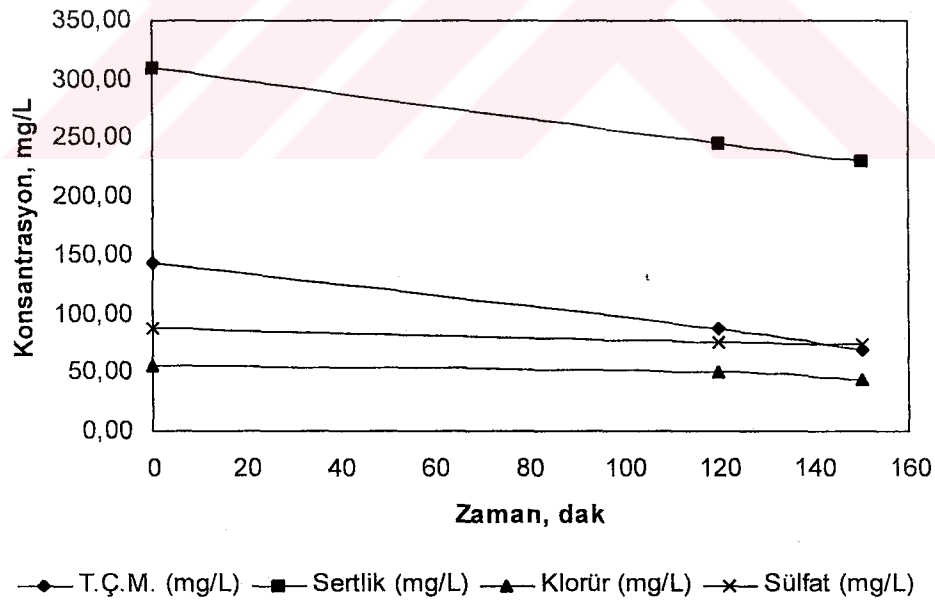
Daha sonra sisteme 2 adet 5 µm, 4 adet 1 µm ve 2 adet 0.5 µm’lik kartuşlar takıldı. Bu durumda yarım saat daha çalıştırıldı. Bu sürenin sonunda da numune alındı. Alınan su numuneleri analiz edildi. Tablo 5.2’ de 120. ve 150. dakikalarda alınan numunelerin analiz değerleri ve arıtma verimi gösterilmektedir. Şekil 5.14’de *Toplam Çözünmüş Madde, Sertlik, Klorür ve Sülfat değerlerindeki değişimler gösterilmektedir. Şekil 5.15’de Organik Madde ve İletkenlik değerleri verilmektedir.

Tablo 5.2. Kuyu 1, Deneme 2, Su Analizleri Sonuçları

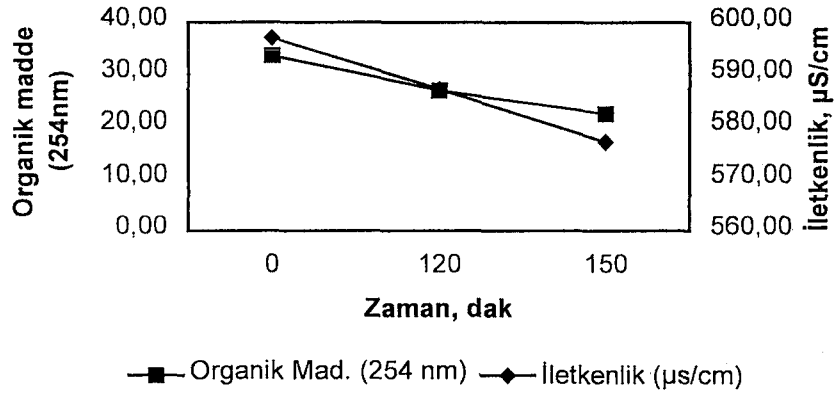
	Ham su	120. dakika	150. dakika	% Verim
pH	7.3	8.03	8.17	-
İletkenlik ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	597	587	577	3.3
Bulanıklık (NTU)	0	0	0	-
Renk (1/m)	0.1	0	0	100
A.K.M. (mg/L)	6.10^{-4}	0	0	100
T.Ç.M. (mg/L)	142.3	87	68.4	52
Sertlik (mg/L)	309.06	246.44	230.28	25.4
Klorür (mg/L)	54.98	51.23	43.73	20
Sülfat (mg/L)	87.58	75.18	73.66	16
Organik Mad. (254nm)	0.039	0.033	0.009	77
İ.K. (mg/L)	33.63	26.78	22.36	33.5

“ - ” parametrelerde verim hesabı yapılmadığını belirtmektedir.

İ.K: İnorganik Karbon



Şekil 5.14. Kuyu 1-Deneme 2, Toplam Çözünmüş Madde, Sertlik, Klorür ve Sülfat Değerleri



Şekil 5.15. Kuyu 1-Deneme 2, Organik Madde ve İletkenlik Değerleri

Bu deneme sonunda bütün parametrelerde giderim olduğu gözlenmiştir. Askıda katı madde ve renk gibi parametreler yeraltı sularında az miktarda bulunduklarından dolayı % 100 oranında giderilebilmektedirler. İnorganik Karbon, içinde bikarbonatları bulundurduğundan dolayı suda sertliğe neden olur. Bu parametrenin ölçülmesiyle sertlik parametresindeki artımın bir kere daha sağlaması yapılmış olmaktadır.

5.3.1.3. Kuyu 1'den Alınan Su Numunesi- Deneme 3

Deneyin ilk kısmında sistem önce 2 adet 10 µm, 4 adet 5µm ve 2 adet 1 µm gözenek çapına sahip kartuşlar ile kuruldu ve 2 saat çalıştırıldı. Bu sürenin sonunda analizler için arıtılmış sudan numune alındı.

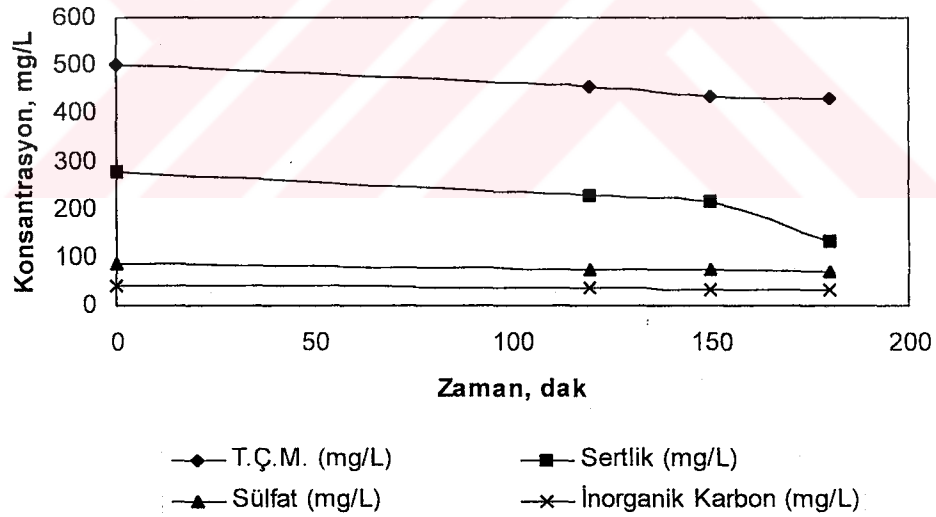
Deneyin 2. kısmında sisteme 2 adet 5 µm, 4 adet 1µm ve 2 adet 0,2 µm'lik kartuşlar takıldı. Bu şekilde yarım saat çalışıldı. Deneyin bu bölümünden sonra da sudan numune alındı. Daha sonra 2 adet 5 µm, 4 adet 1µm ve 2 adet 0,3 µm'lik kartuşlar takıldı (0,3 µm' lik kartuşlar karbondur). Bu durumda yarım saat daha çalıştırıldı. Bu sürenin sonunda numune alındı. Tablo 5.3'de ham suyun,120. dakikada alınan suyun, 150. dakikada alınan suyun ve 180. dakikada (çıkış suyu) alınan suyun analiz değerleri ve arıtım verimleri verilmektedir. Şekil 5.16'da toplam çözünmüş madde, sertli, sülfat ve inorganik karbon değerleri verilmektedir. Şekil 5.17'de iletkenlik ve organik madde değerleri verilmektedir.

Tablo 5.3. Kuyu 1-Deneme 3, Su Analizleri Sonuçları

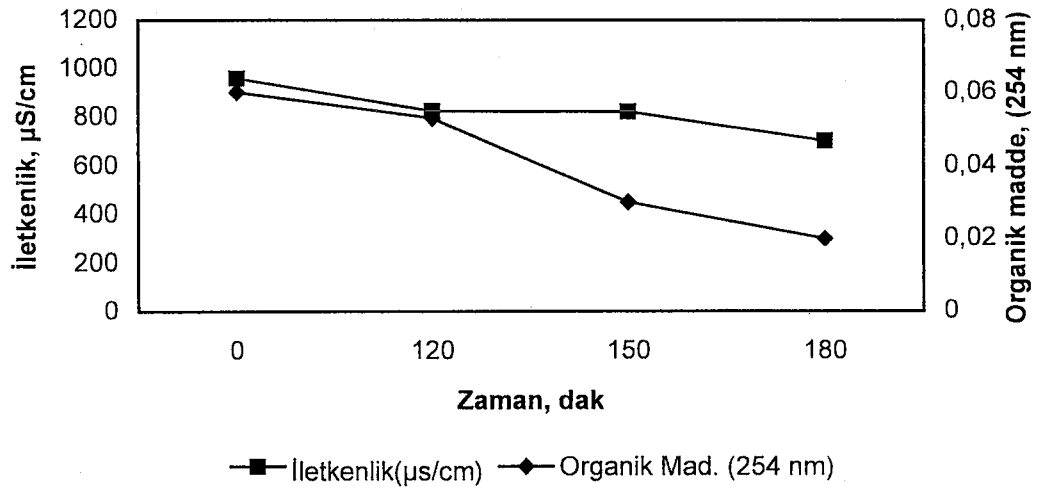
	Ham su	120.dak	150.dak	180.dak	% Verim
pH	7.35	8.5	8.6	8.89	-
İletkenlik ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	958	823	821	702	26
Bulanıklık (NTU)	0	0	0	0	-
Renk (1/m)	0	0	0	0	-
A.K.M. (mg/L)	5.10^{-3}	0	0	0	100
T.Ç.M. (mg/L)	502	454	433	428.5	14.6
Sertlik (mg/L)	278.7	226.2	214.1	133.3	52
Sülfat (mg/L)	86.09	73.2	72.6	70.8	18
Organik Mad.(254 nm)	0.06	0.053	0.03	0.02	66
İ.K. (mg/L)	41.63	38.41	33.03	32.89	21

“ - ” parametrelerde verim hesabı yapılmadığını belirtmektedir.

İ.K: İnorganik Karbon

**Şekil 5.16. Kuyu 1-Deneme 3, Toplam Çözünmüş Madde, Sertlik, Sülfat ve İnorganik Karbon Değerleri**

Tablo 5.3’de ve Şekil 5.16’da görüleceği gibi sertlik parametresinde % 52 oranında bir giderim gözlenmektedir. Diğer parametrelerde verim oranı daha düşüktür. İnorganik karbon suya sertlik verdiği için, bu parametredeki azalma ile sertlik parametresi gideriminin sağlanması da yapılmış olmaktadır.



Şekil 5.17. Kuyu 1-Deneme3, İletkenlik ve Organik Madde Değerleri

5.3.1.4. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 2)

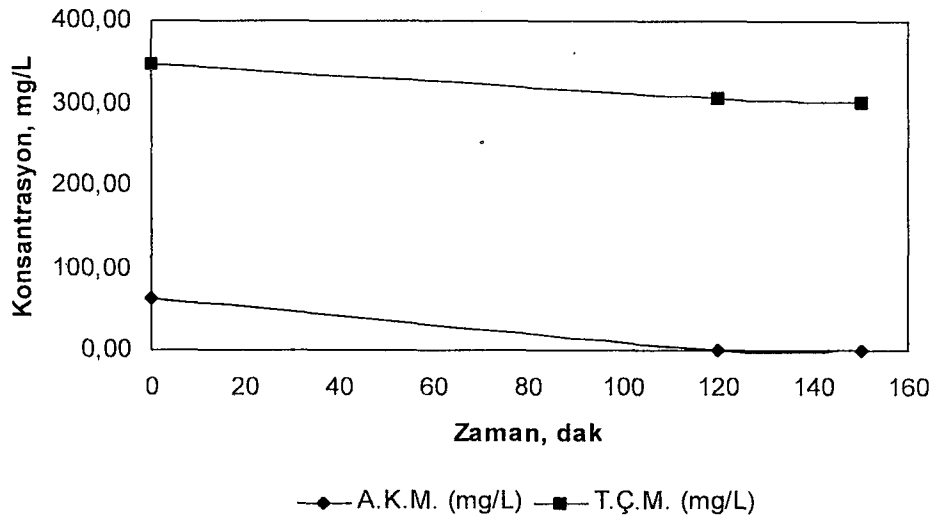
Arıtıma başlarken sisteme 2 adet 10 µm, 4 adet 5 µm ve 2 adet 1 µm'lik kartuşlar takıldı. Bu durumda 2 saat çalıştırıldıktan sonra numune alındı. İki saat sonunda 1.kısımda takılan kartuşlar çıkarılarak, 2 adet 5 µm, 4 adet 1 µm ve 2 adet 0.5 µm'lik kartuşlar takıldı. Yarım saat de bu şekilde çalışıldı. Bu sürenin sonunda da numune alındı. Analiz sonuçları ve arıtım verimi Tablo 5.4'de verilmektedir.

Tablo 5.4. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 2), Su Analizleri Sonuçları

	Ham su	120. dakika	150. dakika	% Verim
pH	6.84	7.21	7.92	-
İletkenlik (µs/cm)	583	538	533	8.5
Bulanıklık (NTU)	8	0	0	100
Renk (1/m)	1.1	0	0	100
A.K.M. (mg/L)	63.42	0	0	100
T.Ç.M. (mg/L)	346	305	301	13
Sertlik (mg/L)	226.24	181.8	169.68	25
Klorür (mg/L)	39.98	37.48	34.98	12.5
Sülfat (mg/L)	67.99	62.70	61.13	10
Organik Mad. (254nm)	0.05	0.047	0.024	52
İ.K. (mg/L)	32.775	23.79	23.56	28

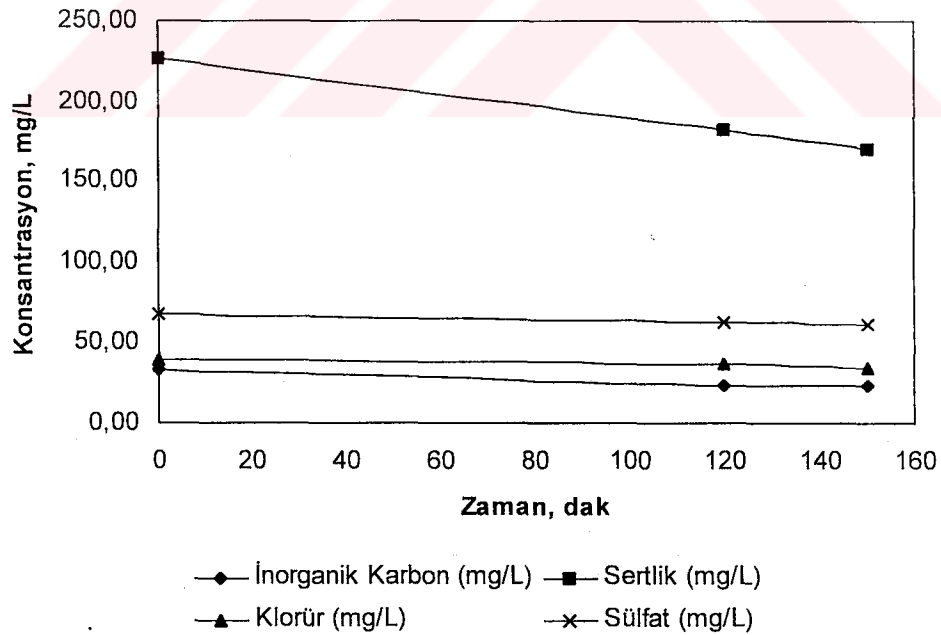
“ ” parametrelerde verim hesabı yapılmadığını belirtmektedir.

Şekil 5.18'de askıda katı madde ve toplam çözünmüş madde değerleri verilmektedir.

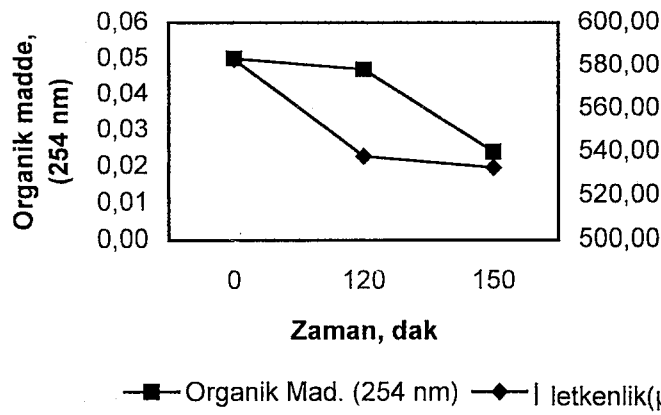


Şekil 5.18. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 2) A.K.M. ve T.Ç.M. Değerleri

Şekilden görüldüğü gibi askıda katı madde ve toplam çözünmüş madde miktarlarının her ikisinde arıtım olmaktadır. Sistemin askıda katı madde üzerindeki giderim etkisi % 100 olurken toplam çözünmüş maddeyi % 13 oranında giderebilmektedir.



Şekil 5.19. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 2) İnorganik karbon, Sertlik, Klorür ve Sülfat Değerleri



Şekil 5.20. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 2) Organik Madde ve İletkenlik Değerleri

5.3.1.5. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 1) Su Numunesi

Sistemin 1.kısımında kartuş yuvalarına önce 2 adet 10 µm, 4 adet 5 µm ve 2 adet 1 µm'lik kartuşlar takılmış ve 2 saat boyunca çalıştırılmıştır. Arıtılan sudan analizler için numune alınmıştır. Daha sonra 2 adet 5 µm, 4 adet 1 µm ve 2 adet 0,5 µm'lik kartuşlar takılarak yarım saat daha çalıştırılarak bu süre sonunda da numune alınmıştır. Ham suyun ve arıtılmış sulardan alınan numunelerin analiz sonuçları ve arıtım verimleri Tablo 5.5'de verilmektedir.

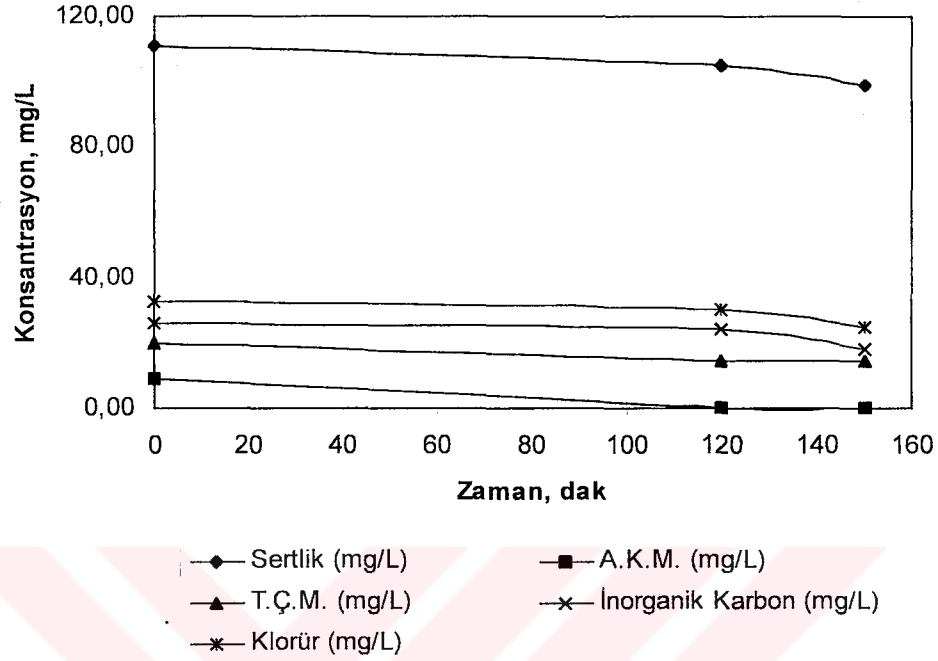
Tablo 5.5. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 1), Su Analizleri Sonuçları

	Ham su	120. dakika	150. dakika	% Verim
pH	7.02	7.2	7.58	-
İletkenlik (µs/cm)	330	308	308	6.6
Bulanıklık (NTU)	24	0	0	100
Renk (l/m)	5.5	0	0	100
A.K.M. (mg/L)	8.75	0	0	100
T.Ç.M. (mg/L)	20	14.7	14.5	27.5
Sertlik (mg/L)	111.1	105.04	98.98	11
Klorür (mg/L)	32.48	29.99	24.98	23
Organik Mad. (254 nm)	0.006	0.002	0	100
İ.K. (mg/L)	25.8	23.9	18.26	29

" - " parametrelerde verim hesabı yapılmadığını belirtmektedir.

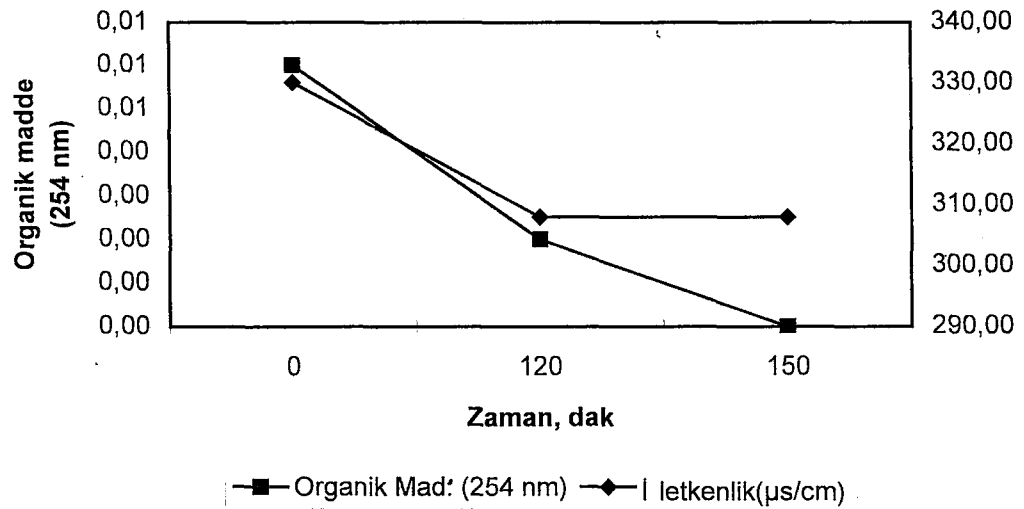
İ.K: İnorganik Karbon

Sondaj 1 kuyusunun bulanıklığı çalışılan diğer kuyulardan daha fazla olduğu halde (24 NTU) çıkış suyunda tamamen giderilmiş olduğu gözlenmiştir. Bunun yanında Şekil 5.21’de görüldüğü gibi askıda katı maddelerin tamamı giderilmiştir.



Şekil 5.21. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 1) Sertlik, Toplam çözünmüş madde, Klorür, Askıda katı madde ve İnorganik karbon Değerleri

Şekil 5.22’de Organik madde ve İletkenlik değerleri verilmektedir. Organik maddenin tamamen sudan giderildiği görülmektedir.



Şekil 5.22. Plastikçiler Kuyusu (Sondaj 1) Organik Madde ve İletkenlik Değerleri

5.3.1.6. Tuzla Kuyusu Su Numunesi

Sistem ilk önce 2 adet 10 μm , 4 adet 5 μm ve 2 adet 1 μm 'lik kartuşlar ile kuruldu ve 2 saat çalıştırıldı. Deneyin 1. kısmından sonra analizler için su numunesi alındı. Sonra 2 adet 5 μm , 4 adet 1 μm ve 2 adet 0,2 μm 'lik kartuşlar takıldı. Bu şekilde yarım saat çalışıldı. Bu süre sonunda da numune alındı.

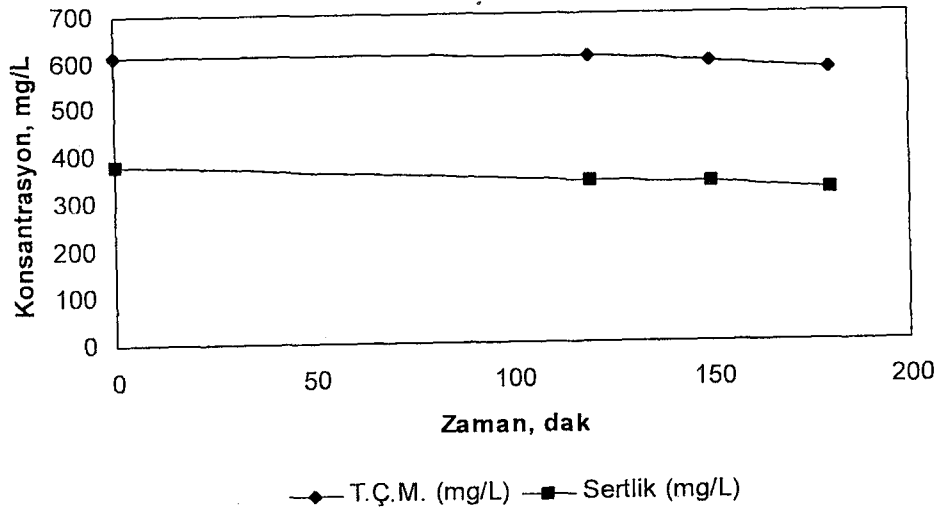
Daha sonra 2 adet 5 μm , 4 adet 1 μm ve 2 adet 0,3 μm 'lik kartuşlar takıldı (0,3 μm 'lik kartuşlar karbondur). Bu durumda yarım saat daha çalıştırıldı. Bu sürenin sonunda da numune alındı. Tablo 5.6'da ham suyun ve alınan numunelerin değerleri ve arıtım verimleri verilmektedir. Şekil 5.23'de toplam çözünmüş madde ve sertlik değerleri yer almaktadır. Şekil 5.24'de ise inorganik karbon, klorür ve sülfat değerleri verilmektedir.

Tablo 5.6. Tuzla Kuyusu, Su Analizleri Sonuçları

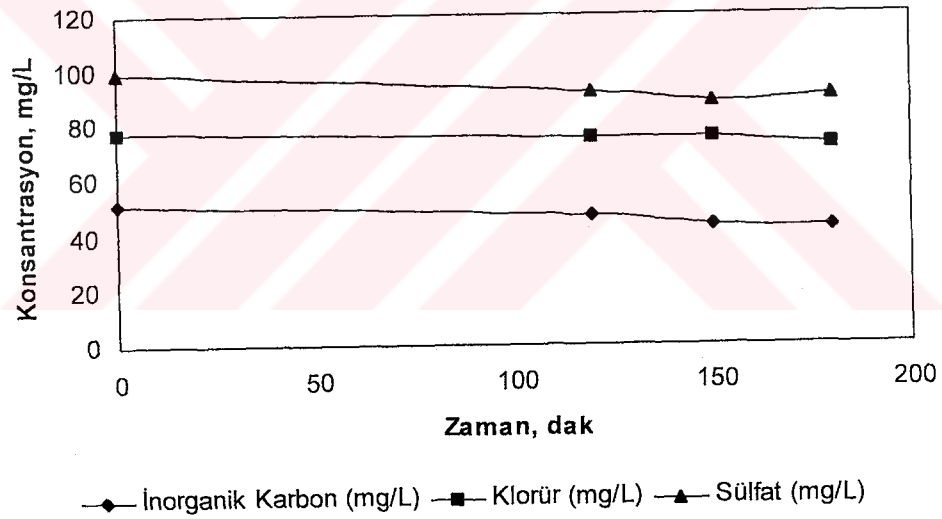
	Ham su	120. dak.	150. dak.	180. dak.	% Verim
pH	8.09	8.69	8.72	8.74	-
İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	959	897	878	886	7.6
Bulanıklık (NTU)	0	0	0	0	-
Renk (1/m)	0	0	0	0	-
A.K.M. (mg/L)	1.071	0	0	0	100
T.Ç.M. (mg/L)	611	608	594	578	5.4
Sertlik (mg/L)	379.76	343.4	337.34	319.16	16
Klorür (mg/L)	77.4	74.9	74.9	72.4	6.4
Sülfat (mg/L)	99.15	91.71	87.99	90.06	-
Organik Mad. (254 nm)	0.099	0.079	0.074	0.054	45
İ.K. (mg/L)	51.625	47	43.055	42.789	17

" - " parametrelerde verim hesabı yapılmadığını belirtmektedir.

İ.K: İnorganik Karbon



Şekil 5.23. Tuzla Kuyusu, Toplam çözünmüş madde ve Sertlik Değerleri



Şekil 5.24. Tuzla Kuyusu, İnorganik karbon, Klorür ve Sülfat Değerleri

Analizler sonunda sülfat değerinin 150. dakikadan sonra arttığı görülmektedir. Sülfat suya sertlik veren bir maddedir. Buna rağmen sonuçlar incelendiğinde sertlikte herhangi bir artış olmadığı görülmüştür. Dolayısıyla sülfattaki bu artışı deneysel hata (ölçüm hatası) olarak kabul etmek gerekir. Bunun dışında bütün parametrelerde belli oranlarda arıtım gözlenmektedir.

Günümüzde yeraltı sularından faydalanma durumunun artışına paralel olarak deniz kıyılarına yakın bölgelerdeki kuyu sularının tuzlulaştığı bilinmektedir. Tanım olarak çözünmüş katı madde miktarı 1000 mg/L den fazla olan sular “Tuzlu su” olarak kabul edilmektedir (Erguvanlı, K., Yüzer, E., 1973).

Kıyı akiferlerinde derin kuyularla yeraltı suyu üretimi yapıldığında sık sık karşılaşılan bir durum, tuzlu su girişi ve kuyudan çekilen suyun tuzlanmasıdır (Özeren, A., Öngür, T., 1995). Bu çalışmada yararlanılan kuyular içerisinde tuzlanmaya maruz kalmış bir kuyu yoktur. Ancak çalışılan bu kuyuların kıyı akiferlerinde yer almasından dolayı, ilerki zamanlarda tuzlanma olasılığı vardır. Bu durum dikkate alınarak kuyu suyuna % 10 oranında deniz suyu karıştırılarak, mikrofiltrasyon sisteminin böyle bir durumda arıtım verimi incelenmiştir. Deniz suyu numunesi Bayramoğlu’ndan alınmıştır. Ek 4’deki haritada Bayramoğlu’ nun yeri gösterilmektedir. Deniz suyuna ait özellikler Tablo 5.7’de verilmektedir.

Tablo 5.7. Deniz Suyu Özellikleri

İletkenlik	28.15 (mS)
Bulanıklık	1 (NTU)
Renk	0.3 (1/m)
pH	8.15
Askıda Katı Madde	15 mg/L
Toplam Çözünmüş Madde	23200 mg/L
Sertlik	4929 mg/L
Klorür	14615 mg/L
Sülfat	1144 mg/L

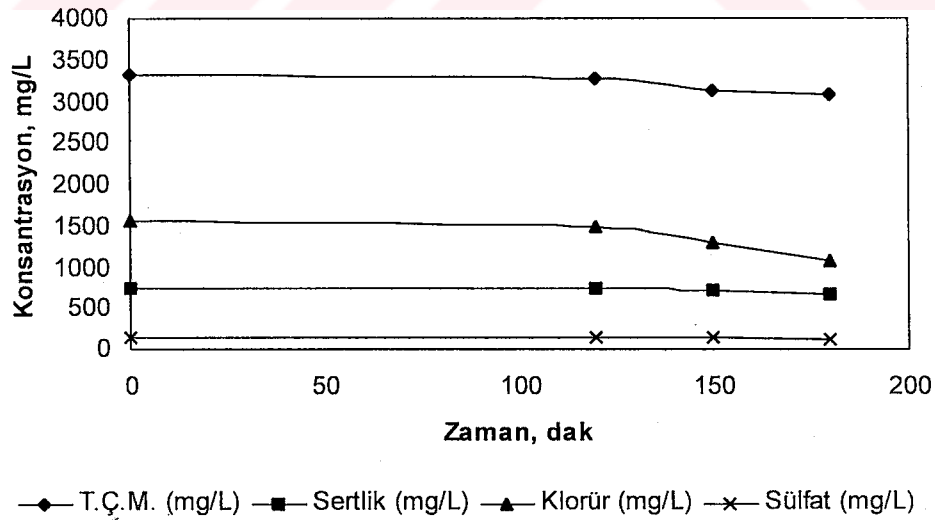
5.3.1.7. %90 Kuyu 1 Suyu + %10 Deniz Suyu Karışımı Su Numunesi

Sistem ilk önce 2 adet 10 µm, 4 adet 5 µm ve 2 adet 1 µm gözenek çapına sahip kartuşlar ile kuruldu ve 2 saat çalıştırıldı. Bu süre sonunda sudan numune alındı. Sonra 2 adet 5 µm, 4 adet 1 µm ve 2 adet 0,2 µm’lik kartuşlar takıldı. Bu şekilde yarım saat çalışıldı ve analizler için numune alındı.

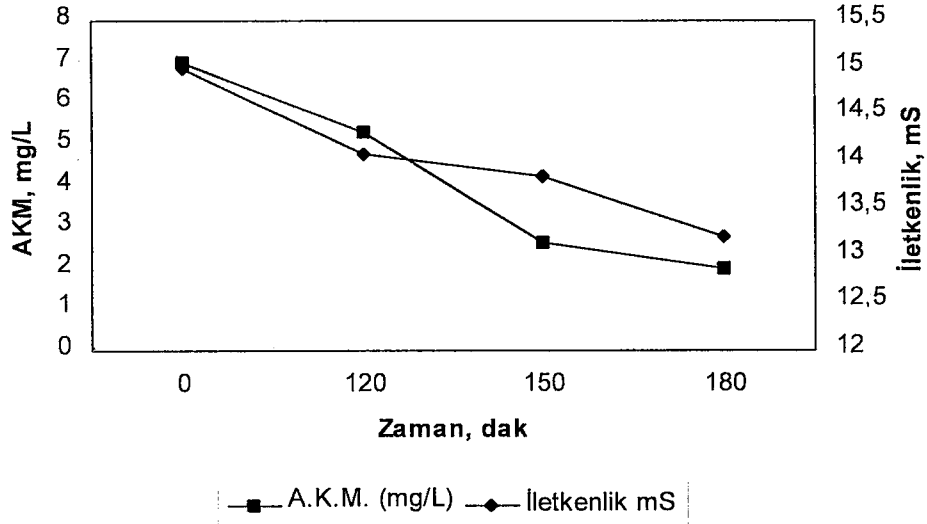
Deneyin üçüncü kısmında ise 2 adet 5 μm , 4 adet 1 μm ve 2 adet 0,3 μm 'lik kartuşlar takıldı (0,3 μm 'lik kartuşlar karbondur). Bu durumda yarım saat daha çalıştırıldı. Bu sürenin sonunda da numune alındı. Tablo 5.8'de ham suyun ve alınan numunelerin analiz değerleri ve sistemin arıtım verimi gösterilmektedir. Şekil 5.25 ve Şekil 5.26'da tabloda bulunan parametrelere ait grafiksel gösterimler verilmiştir.

Tablo 5.8. %90 Kuyu 1 Suyu + %10 Deniz Suyu Karışımı, Su Analizleri Sonuçları

	Ham su	120. dak	150. dak	180. dak	% Verim
pH	7.23	8.37	8.33	8.40	-
İletkenlik (ms)	15	14.07	13.84	13.2	12
Bulanıklık (NTU)	1	0	0	0	100
Renk (1/m)	0.3	0.2	0	0	100
A.K.M. (mg/L)	7	5.3	2.6	2	71.4
T.Ç.M. (mg/L)	3334	3269	3139	3085	7.4
Sertlik (mg/L)	755.4	747.4	719.1	678.7	10.1
Klorür (mg/L)	1564	1505	1309	1079	31
Sülfat (mg/L)	150.5	144.8	139.6	132.04	12.2



Şekil 5.25. % 90 Kuyu 1 Suyu + % 10 Deniz Suyu Karışımı, Toplam çözünmüş madde, Sertlik, Klorür ve Sülfat Değerleri



Şekil 5.26. % 90 Kuyu 1 Suyu + % 10 Deniz Suyu Karışımı, Askıda katı madde ve İletkenlik Değerleri

Deniz suyu ve kuyu suyu karışımı numunesi ile yapılan analiz sonuçlarına göre, kullanılan mikrofiltrasyon sisteminin arıtım verimi daha önceki deneylerden daha farklı bir sonuç vermemektedir. Bulanıklık, renk ve askıda katı madde parametreleri yüksek oranlarda giderilebilmelerine rağmen, diğer parametreler için aynı durum söz konusu değildir.

Bu çalışmada kullanılan mikrofiltrasyon membran sistemi sadece fiziksel parametrelerin arıtımında yüksek verim sağlamaktadır. Sertlik, klorür, sülfat gibi parametrelerde aynı performansı gösterememektedir.

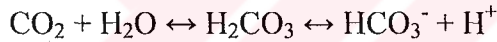
6. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Çalışmalar sırasında 0.2-50 µm arasındaki mikrokirlilikler tutulmuştur. Bu nedenle sistemin performansını değerlendirmek için yalnızca bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan sular yeraltı suyu olduğu için, bulanıklık bakımından büyük ölçüde bir kirlilik teşkil etmemektedir. Bu çalışmadaki 1-24 NTU aralığında bulanıklığa sahip olan sular, sisteme girdikleri andan itibaren bulanıklığını kaybetmiş ve deney sonunda bulanıklık % 100 oranında giderilmiştir.

Bu çalışmada renksiz suların yanında 0.1-5.5 m⁻¹ aralığında renge sahip sularla da çalışılmıştır. Bütün deneyler sonunda görülmüştür ki mikrofiltrasyon sistemi, renk parametresi üzerinde % 100 oranında bir arıtma verimi sağlamaktadır.

Deneyler esnasında, sistemin filtre kartuşlarından çıkan su, toplama tankına dökülürken havalandırmaya maruz kalmıştır. Dolayısıyla



bağıntısı gereğince suyun pH'ı zamanla artmıştır. TS 266 içme ve kullanma suları standartlarına bakıldığında pH değerinin 6.5-8.5 aralığında olması istenmektedir. Analiz sonuçlarına göre Kuyu 1 ile yapılan 3. denemede pH'ın ham suda 7.35 ve çıkış suyunda 8.89 olduğu görülmektedir. Aynı şekilde tuzla kuyusu ile yapılan çalışmalarda da pH değeri ham suda 8.09 ve çıkış suyunda 8.74 olarak ölçülmüştür. Bu değerler standartların üzerindedir ve suyun içme suyu olarak kullanılabilirliğini etkilemektedir.

Evsel kullanımlar için TS 266 değerlerinde müsaade edilen en büyük sınır çözünmüş katı maddeler için 500 mg/L'dir. Tuzla kuyusundan alınan su numunesi başlangıçta 611 mg/L değerinde ölçülmüş daha sonra mikrofiltrasyon sisteminden geçirildiği halde çıkış suyundaki toplam çözünmüş madde miktarı 500 mg/L'den daha fazla çıkmıştır. Söz konusu sistemin toplam çözünmüş katı madde giderimi ancak % 5.4 oranında gerçekleşmiştir. Dolayısıyla temin edilen suyun içme amaçlı olarak kullanımı mümkün olmamakla beraber kullanma suyu amaçlı olarak

kullanılabilir. Çözünmüş madde giderimi düşük olmasına rağmen askıda katı maddelerin arıtım verimi % 65-100 arasındadır. Daha öncede belirtildiği gibi yeraltı suları önemli miktarda askıda katı madde içermemektedirler. Yapılan deneyler sonucunda sistemin arıtma kapasitesinin, bu parametrenin gideriminde yeterli olduğu ortaya konmuştur.

Sistemin organik madde gideriminin % 45-100 aralığında olduğu gözlenmiştir. Temin edilen kuyu sularının kullanma suyu olarak bir tehlike oluşturmadığı belirlenmiştir.

Mikrofiltrasyon sisteminin, sertlik arıtma verimi %10-52 arasındadır. Ayrıca analizler içinde yer alan inorganik karbon parametresi de sertliğin giderildiğine dair bir sağlamayı gerçekleştirmektedir. Çünkü inorganik karbon içinde bikarbonatları bulundurmaktadır. Bu maddeler ise sularda sertliğe neden olurlar. Analizler sonunda, inorganik karbon değerlerinde gözlenen azalma sertliğin de giderildiğini ifade etmektedir.

Deneylerde ölçülen bir diğer parametre klorürdür. Evsel kullanımlar için su temin edilen yerlerdeki klorür konsantrasyonu 250 mg/L ile sınırlandırılmıştır. Bu çalışma boyunca, kuyulardan temin edilen ham sularda ölçülen klorür konsantrasyonlarının 250 mg/L'yi geçmediği görülmüştür. Fakat Kuyu 1 ile yapılan ilk çalışmada klorür miktarının zamanla arttığı görülmektedir. Bunun nedeni incelendiğinde zamanla beraber sistemden geçen suyun sıcaklığında bir artış olmakta, bu da klorürün çözünerek miktarının artmasına neden olmaktadır. Buna bağlı olarak iletkenlikte de bir miktar artış gözlenmektedir. Buradan yola çıkarak öncelikle mikrofiltrasyon sisteminin çalıştırılması esnasında oluşan sıcaklık artışlarını, dolayısıyla klorür iyonunun artışı önlemek için sisteme bir soğutucu eklenmelidir. Sıcaklığın 20-25 °C gibi sabit bir değerde kalması ve sistemin arıtım performansının buna göre incelenmesi gerekmektedir.

Mevcut mikrofiltrasyon membran sisteminin arıtım verimi, ham suyun kirlilik konsantrasyonlarından bağımsızdır. Analiz sonuçları incelendiğinde, kirlilik konsantrasyonlarıyla orantılı olan bir arıtım verimi yoktur. Bunu daha açık ifade etmek gerekirse; Kuyu 1 ile yapılan 1. denemede toplam çözünmüş madde miktarı

492 mg/L ve arıtma verimi ise % 14.8'dir. Plastikçiler Organize Sanayi Bölgesinde bulunan, Sondaj 2 kuyusundan alınan su numunesinde toplam çözünmüş madde miktarı ise 346 mg/L'dir. Buna rağmen buradaki arıtma verimi % 13 değerindedir. Bunun tersi durumlarla da karşılaşilmektedir. Daha temiz olan sularda arıtımın daha fazla çıktığı da gözlenmiştir.

Bilindiği gibi deniz kıyısına yakın akiferler normal koşullarda tatlı sularını denize boşaltırlar. Fakat kuyulardaki suların fazla çekilmesi sonucunda bu durumun tersi söz konusudur. Kuyulardan aşırı su çekilmesi sonucunda yeraltı su seviyesi deniz seviyesinden aşağı düşer. Buna bağlı olarak deniz suyunun yeraltı sularına doğru sokulduğu görülür. Deniz suyunun akifere doğru ilerlemesi sonucu, tatlı su tuzlanır ve kullanılamaz hale gelir. Bu durum göz önüne alınarak, bu çalışmada kullanılan Kuyu 1 suyu deniz suyu ilave edilerek sistemin arıtma performansı incelenmiştir.

Benzer şekilde deniz suyu ile yapılan deneyde de kuyularla yapılan deneylerdeki sonuçlar gözlenmiştir. Fiziksel parametreler % 100'e varan oranlarda giderilebilmektedirler. Fakat sistemden çıkan arıtılmış suların konsantrasyon değerleri, içme suyu standartlarında istenen değerlerden daha fazladır. Buna dayanarak, mikrofiltrasyon sisteminin, deniz suyu karışmış yeraltı sularında kullanımının uygun olmadığı söylenebilir.

Çalışmalar, mikrofiltrasyon membran sisteminin askıda katı madde, bulanıklık, renk gibi fiziksel parametreleri % 100'e varan oranlarda giderdiğini, sülfat, klorür gibi kimyasal parametrelerde aynı performansı yakalayamadığını göstermiştir. Söz konusu ünitenin arıtma performansı, içilebilir kullanımlar için tek başına yeterli değildir. Ancak diğer arıtım sistemlerine ön arıtım kademesi olarak kullanılabilir. Böylece daha sonraki sistemlerin yükünü azaltıp, kullanılabilir ekonomik ömrünü uzatabilir. Bilhassa içme suyu temininde kullanılan Ters Osmoz sisteminden önce mikrofiltrasyon sistemlerinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

Bu sistemin işletme maliyetini,

1- Filtre Kartuş Maliyeti

2- Elektrik Maliyeti

oluşturmaktadır.

Filtre Maliyeti

Bu çalışma sırasında kullanılan filtrelerin adetleri ve birim fiyatları Tablo 6.1'de verilmektedir.

Tablo 6.1. Sistemde Kullanılan Filtre Kartuşlarının Miktarları ve Maliyetleri

Ekipman Adı	Miktarı	Birim Fiyat (\$)	Maliyet (\$)
50 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşu	2 adet	10	20
10 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşu	4 adet	6	24
5 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşu	6 adet	6	36
1 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşu	8 adet	6	48
0.5 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşu	2 adet	30	60
0.3 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşu	2 adet	15	30
0.2 µm gözenek çapına sahip filtre kartuşu	2 adet	20	40

Filtre kartuşlarının sürekli kullanımları halinde ömürleri 3 ay'dır. Buna göre, Tuzla Kuyusu'ndan alınan numune ile yapılan 3 saatlik deney örnek alınacak olursa sistemin filtre maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

- 10 µm gözenek çapına sahip filtre için maliyet;

Bir filtrenin kullanım ömrü 3 ay = 2160 saat'dir.

Bu filtrenin fiyatı 6 \$'dır. Deneylerde bu filtreden 2 adet kullanılmakta ve sistemde 2 saat kalmaktadır .Buna göre;

2160 sa. kullanım için 6\$

2 sa. kullanım için X

X= 0.005 \$'dır.

Deney esnasında bu filtreden 2 adet kullanıldığına göre $0.005 \times 2 = 0.01$ \$

- 5 µm gözenek çapına sahip filtre için maliyet;

Bu filtrenin fiyatı 6 \$'dır. Deneylerde bu filtreden 4 adet kullanılmaktadır. Bu filtre deneyde 3 saat kullanılmaktadır. Buna göre;

2160 sa. kullanım için	6\$
3 sa. kullanım için	X

$X = 0.008$ \$'dir.

Deney esnasında bu filtreden 4 adet kullanıldığına göre $0.008 * 4 = 0.032$ \$

- 1µm gözenek çapına sahip filtre için maliyet;

Bir filtrenin kullanım ömrü 3 ay = 2160 saat'dir.

Bu filtrenin fiyatı 6 \$'dır. Deneylerde bu filtreden 4 adet kullanılmaktadır. Söz konusu filtre kartuşu deney boyunca sistemde kullanılmaktadır. Buna göre;

2160 sa. kullanım için	6\$
3 sa. kullanım için	X

$X = 0.008$ \$'dir.

Deney esnasında bu filtreden 4 adet kullanıldığına göre $0.008 * 4 = 0.032$ \$

- 0.3 µm gözenek çapına sahip filtre için maliyet;

Bir filtrenin kullanım ömrü 3 ay = 2160 saat'dir.

Bu filtrenin fiyatı 15 \$'dır. Deneylerde bu filtreden 2 adet kullanılmaktadır. Sistemde yarım saat kalmaktadır. Buna göre;

2160 sa. kullanım için	15\$
0.5 sa. kullanım için	X

$X = 0.003$ \$'dir.

Deney esnasında bu filtreden 2 adet kullanıldığına göre $0.003 * 2 = 0.006$ \$

- 0.2 µm gözenek çapına sahip filtre için maliyet;

Bir filtrenin kullanım ömrü 3 ay = 2160 saat'dir.

Bu filtrenin fiyatı 20 \$'dır. Bu filtre sistemde yarım saat kullanılmaktadır. Deneylerde bu filtreden 2 adet kullanılmaktadır. buna göre;

2160 sa. kullanım için	20\$
0.5 sa. kullanım için	X

$X = 0.004$ \$'dir.

Deney esnasında bu filtreden 2 adet kullanıldığına göre $0.004 * 2 = 0.008$ \$

Sistemin Tuzla Kuyusundan alınan su numunesini arıtmak için kullanılan filtre kartuşlarının maliyeti 0.088 \$'dır.

Elektrik Maliyeti

Sistemde kullanılan pompanın gücü 0.75 kw/sa, kapasitesi ise 6-53 L/dak'dır. Deneysel çalışmalarda maksimum çalışma süresi 3 saat'dir. Bu durumda pompanın harcadığı enerji miktarı;

$0.75 \text{ kw/sa} \times 3 \text{ sa} = 2.250 \text{ kw}$ 'dır. Kasım 2002 dönemi elektrik birim fiyatı 127748 TL'dir. Buna göre sistem 3 saat çalışma sonunda $2.250 \times 127748 = 287433$ TL değerinde elektrik harcamaktadır. Örnek alınan 3 saatlik deneyin toplam işletme maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

Toplam İşletme Maliyeti = Filtre Maliyeti + Elektrik Maliyeti

Toplam İşletme Maliyeti = 0.088 \$ + 287748 TL

2002 yılı Kasım ayı döviz kuruna göre 1 \$ = 1.600.000 TL'dir. Buna göre filtre maliyeti $0.088 \times 1.600.000 = 140800$ TL'dir.

Toplam İşletme Maliyeti = 140800 + 287748

Toplam İşletme Maliyeti = 428548 TL'dir

Sonuç olarak mikrofiltrasyon sisteminin işletme maliyeti çok düşüktür. Bu özelliği ile tercih edilen bir arıtım yöntemi olmaktadır.

KAYNAKLAR

- 1- AY, İ., "İstanbul Kıyı Akiferlerinde Tuzlanma", İstanbul ve Civarı Su Kaynakları Sempozyumu, İstanbul, 1995
- 2- ASLAN, G., AKKAYA, C., "Yeraltı Suyu Kaynaklarındaki Temel Sorunlar ve Yeraltı-Yüzey Suyu Arasındaki Etkileşimler", Çevre ve Jeoloji Sempozyumu, İzmir, 2001
- 3- BAILEY, A.D., HANSFORD, G.S. and DOLD, P.L., "The use of crossflow microfiltration to enhance the performance of an activated sludge reactor.", Water Res. 28,2, 1994
- 4- BOUCHARD, C., ELLIS, D., LANTAGNE, G., "Removal of iron and manganese from groundwater by oxidation and microfiltration", Desalination, Vol.130, Canada, 2000
- 5- BAYKAL, B. B., TANIK, A., GÖNENÇ, İ. E., MERİÇ, M., İNCE, O., "Su Kaynaklarının Sınıflandırılmasında Yeni Bir Yaklaşım" Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu II, I.Cilt, 1997.
- 6- BİLSTAD, T., "Membrane Operations", Water Sci. Tech. 36., 1997
- 7- DURHAM, B., Endüstride Atıksuyun Yeniden Kullanımının Uzun Dönem İşletme Deneyimi., 1999.
- 8- D.S.İ, İzmit-İstanbul Arası Rezerv Etüdü, 2000
- 9- DÖKMEN, F., KURTULUŞ, C., ENDEŞ, H., "Kocaeli ve Yöresinde Yeraltı ve Yerüstü Su Kaynaklarının Kirlenme Nedenleri ve Öncelikle Alınması Gereken Önlemler", Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu II, Cilt I, Gebze, 1997.
- 10- EROĞLU, V., Su Tasfiyesi, İstanbul, 1995.
- 11- ERGUVANLI, K., YÜZER, E., "Yeraltı Suları Jeolojisi", İstanbul, 1973
- 12- KARPUZCU, M., Su Temini ve Çevre Sağlığı, İstanbul, 1985
- 13- KOCADAĞISTAN, E., TOPÇU, N., KESKİNLER, B., "Evsel Atıksuların Anaerobik Arıtımında Performansın Artırılması Üzerine Çapraz Akış Mikrofiltrasyon Tekniğinin Etkisi", Çevre Sempozyumu, Erzurum, 1995
- 14- KOYUNCU, İ., TOPACIK, D., "Türkiye'de İçme ve Kullanma Suyu Temininde Mevcut Durum", 1. Ulusal Çevre Kirliliği Kontrolü Sempozyumu, Ankara, 2000.
- 15- KAYA, M., Kentimiz Gebze, Gebze, 2000.

- 16-KOYUNCU, İ., “Endüstriyel Kirlenme Kontrolünde Membran Teknolojisinin Öncelikli Kullanımının Nedenleri”, Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu II, I.Cilt, 1997.-A
- 17-KOYUNCU, İ., “Membran Teknolojisinin Çevre Mühendisliğinde Kullanım Potansiyeli ve Ters Osmoz ile Amonyum İyonu Giderimi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1997.-B
- 18-MADAENİ, S.S., “The Application of Membrane Technology For Water Disinfection” Water Research Vol. 33 No 2.,1999
- 19-MADSEN, R.F., “Membrane Technology as a tool to prevent dangers to human health by water-reuse .” Desalination 67,1987
- 20-MULDER, M., “Basic Principles of Membrane Technology” 2nd Ed. , Kluwer Academic Publisher, 1996.
- 21-NUHOĞLU, A., “Çapraz Akışlı Membran Biyoreaktörde Denitrifikasyon Prosesi”, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 1996
- 22-ÖZEREN, A., ÖNGÜR, T., “İstanbul Kıyı Akiferlerinde Bir Tuzlanma Örneği ve Önlemler”, İstanbul ve Civarı Su Kaynakları Sempozyumu, İstanbul, 1995
- 23-SOLMAZ AKAL, S.K., DURMAZ GÖZÜKARA, E., “Bursa Ovası Yer altı Suyu Kirlilik Envanteri”, 1. Ulusal Çevre Kirliliği Kontrolü Sempozyumu”2000
- 24-SANER, E., İzmir’in Tatlı Su Kaynakları, İçme Suyunun Kullanımı ve İzlenmesi, İzmir, 2001
- 25-SCOTT, K., Handbook of Industrial Membranes, I. Baskı., 1995
- 26-SİRKAR, K., Membrane Handbook, 1992.
- 27-SCHOELLER, H., Yeraltı Suları, 1973.
- 28-ŞAHİNCİ, A., Doğal Suların Jeokimyası, İzmir, 1991
- 29-ŞENGÜL, F., KÜÇÜKGÜL, E. Y., Çevre Mühendisliğinde Fiziksel-Kimyasal Temel İşlemler ve Süreçler, İzmir, 1990
- 30-TAŞLI, A., “Su Kaynakları ve Jeofizik”, Ankara, 1996.
- 31-TS 266 Standartları.
- 32-TOPACIK, D., KINLI, H., “Yeraltı Suyunu Kirletici Kaynaklardan Öncelikli Olanların Belirlenmesi İçin Uygulanan Yöntemler”, Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu II, Cilt I, Gebze, 1997.
- 33-USLU, O., TÜRKMAN, A., Su Kirliliği ve Kontrolü, Ankara, 1987
- 34-YILDIZ, E., “Çaprazakış Mikrofiltrasyon Sistemli Püskürtme Çevrimli Reaktörlerde Biyolojik Arıtım” Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 1999.

- 35- YALÇIN, F., “Membran Proseslerle Endüstriyel Atıksularda Renk Giderimi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1998.
- 36- YATMAZ, H.C., BEKTAŞ, N., SADIKLAR, B., KARA, S., “Membrane Microfiltration Units for Treatment Effects of Groundwater Resources in Marmara Region”, “EPMR-2002 International Conference Environmental Problems of Mediterranean Region, KKTC, 2002.
- 37- YEREBAKAN, M., “Türkiye’de İçme Suyu Sektörü, Sorunları ve Çözüm Önerileri”, İstanbul, 1999.



ÖZGEÇMİŞ

Buray SADIKLAR KIRCA, 2 Temmuz 1976 tarihinde Heidelberg’de dünyaya gelmiştir. İlk, orta ve lise eğitimini Trabzon’da tamamlamıştır. 1994 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü’ne girmiş ve 1998 yılında bu bölümden mezun olmuştur. 1999 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Halen bu kurumda araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.



EK 1**Tuzla Kuyusunun Konumu**

This is a detailed black and white line drawing of a residential neighborhood map. The map shows a grid of streets and building footprints. Key streets include FEVZİ ÇAKMAK CAD. at the top left, CAMİ MAHALLESİ on the left, K. KARABEKİR SK. at the top, CİCEKÇİLER CAD. in the center, and E5 KARAYOLU on the right. A large area in the center is shaded pink. Other labels include BELEDİYE HİZMET ALANI, PİYADE OKULU, and various smaller street names like G. 1. SK., G. 2. SK., etc. The map also shows a river or canal on the right side.



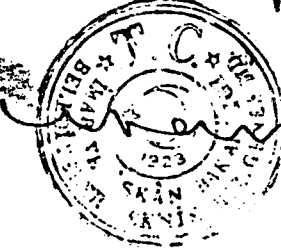


EK 2

Kuyu 1'in Konumu

Darica kasa basına ait
1/1000 ölçeği 144 parçadan
ibaret halihazır harita
incelendi ve ONANDI

Bel. Tek. Hiz.
Gn. Md. Y.



1/ İlhan Eliboğlu
Harita Dairesi Başkanı

A. YILMAZ

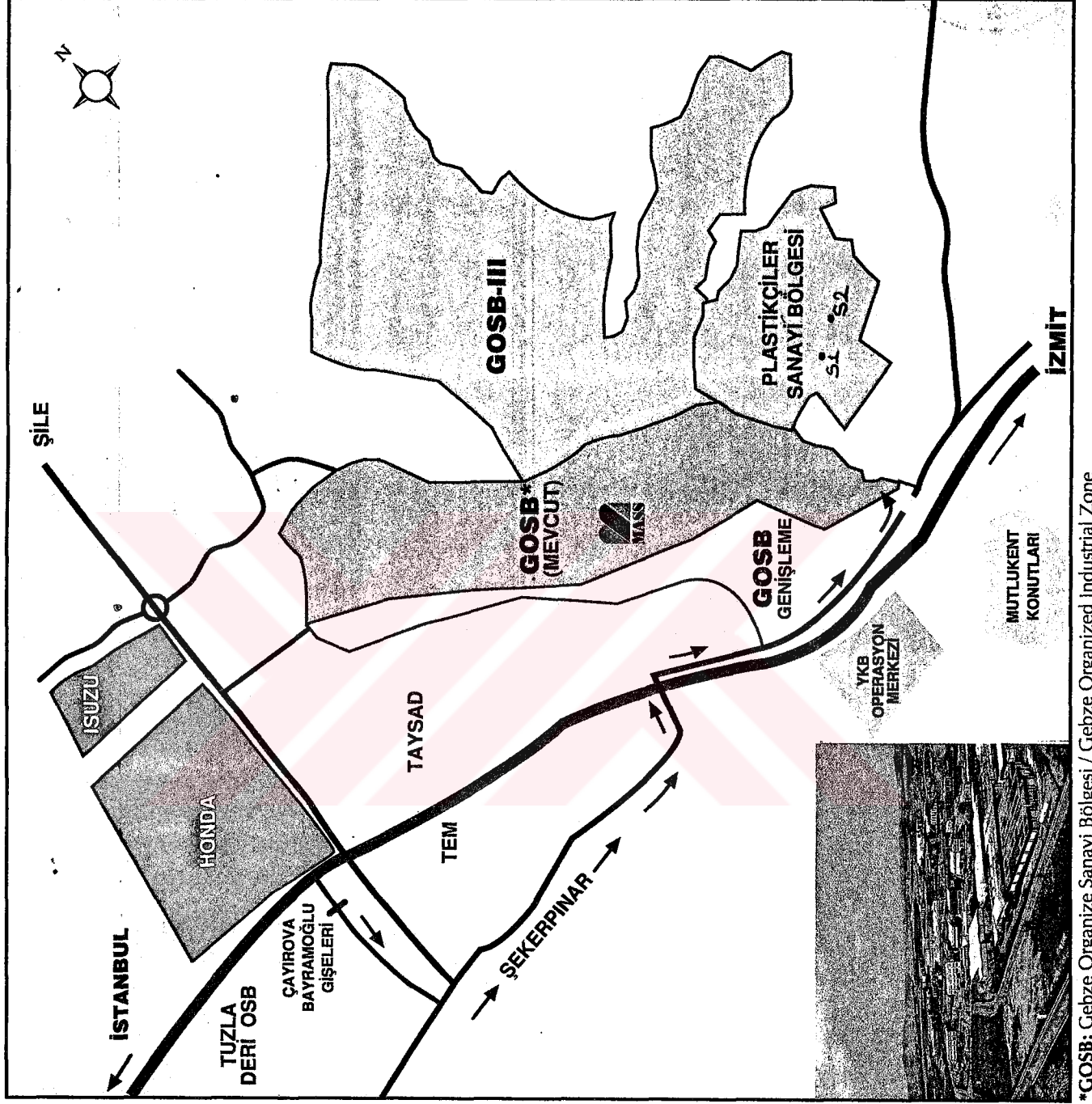
ZİRAAT OKULU

* KUYU 1

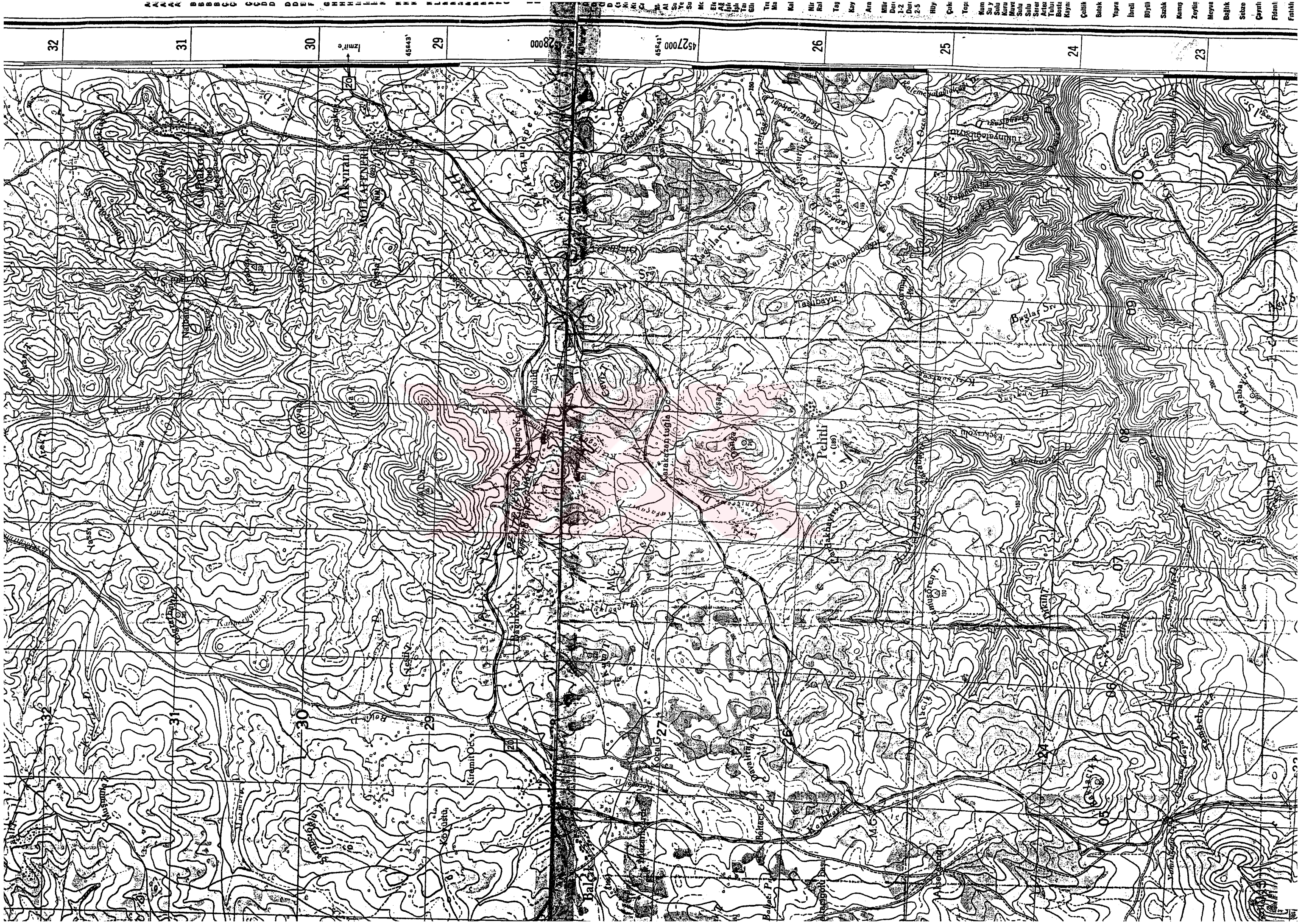
YÜKSEK TEKNOLOJİ
ENSTİTÜSÜ

EK 3

Sondaj 1 ve Sondaj 2 Kuyularının Konumları

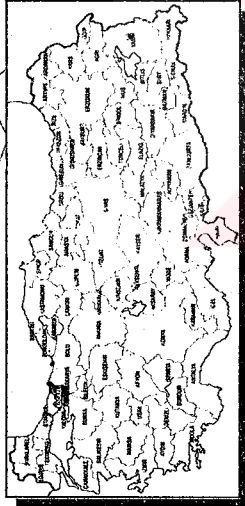


*GOSB: Gebze Organize Sanayi Bölgesi / Gebze Organized Industrial Zone

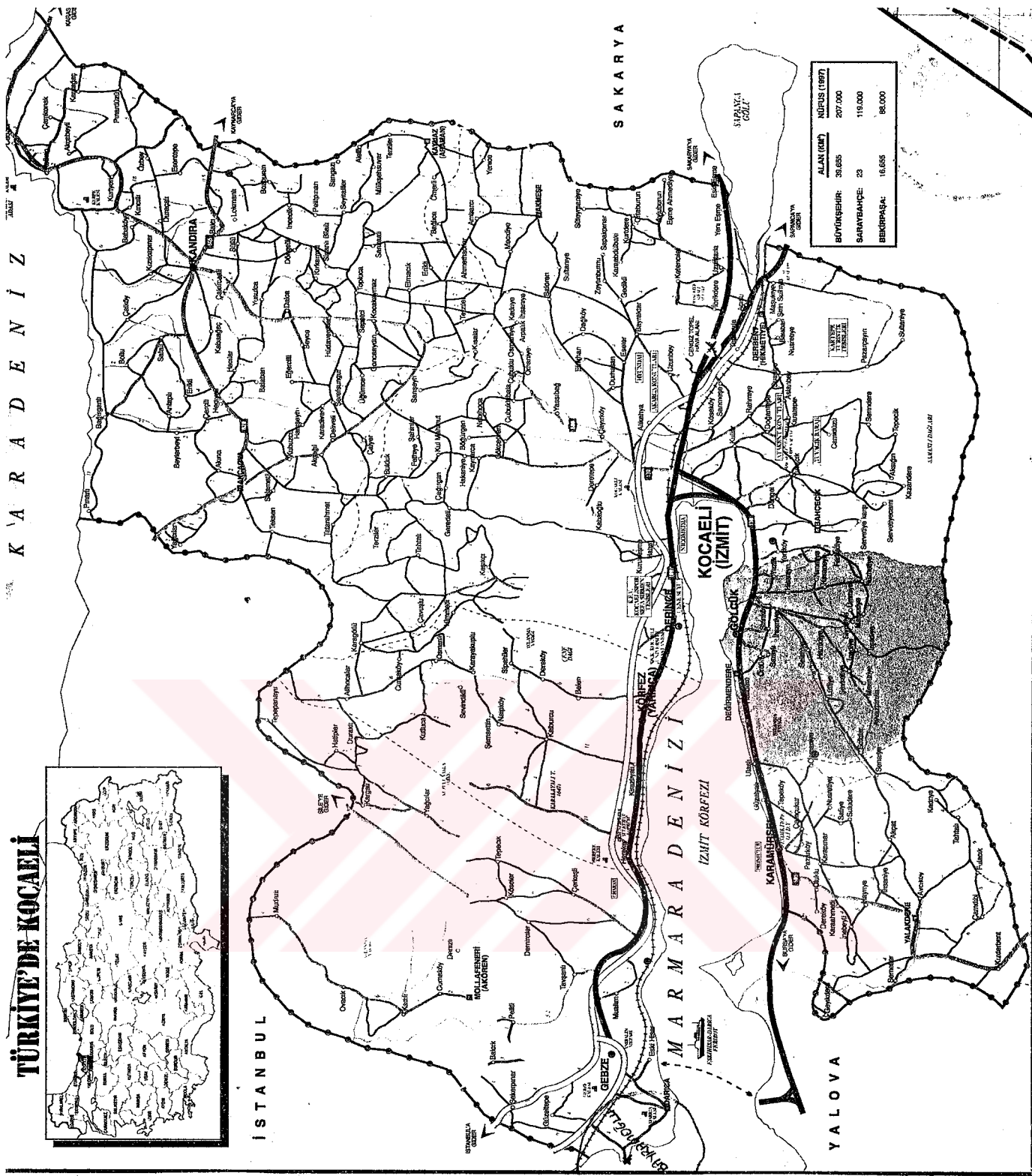


EK 4**Bayramoğlu'nun Konumu**

TÜRKİYE'DE KOCAELİ



K A R A D E N İ Z



SAKARYA

İZMİR

KOCAELİ (İZMİR)

İZMİR KÖRFEZİ

MARMARA DENİZİ

YALOVA

ALAN (km²)	NÜFUS (1997)
BOYUNKÖY	207.000
SARAYCI	119.000
BEKİRPAŞA	86.000