

ISSN: 1012 - 0726 (Baskı)
ISSN: 1308 - 2477 (Online)



SAYI: 106

DEVLET SU İŞLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

DSİ TEKNİK BÜLTENİ

DSİ TEKNİK BÜLTENİ

Sahibi

DEVLET SU İŞLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Adına
Haydar KOÇAKER

Sorumlu Müdür

Dr. Vehbi ÖZAYDIN

Yayın ve Hakem Kurulu

İsmail GÜNEŞ
Zuhal VELİOĞLU
Tuncer DİNÇERKÖK
Nurettin KAYA
Servan YILDIRIM
Kemal ŞAHİN

Haberleşme adresi

DSİ Teknik Araştırma ve
Kalite Kontrol (TAKK)
Dairesi Başkanlığı 06100
Yücetepe - Ankara

Tel (312) 399 2793
Faks (312) 399 2795
bulten@dsi.gov.tr

Basıldığı yer

İdari ve Mali İşler Dairesi
Başkanlığı
Basım ve Foto-Film Şube
Müdürlüğü
Etilik - Ankara

SAYI : 106

YIL : Temmuz 2009

Yayın Türü

Yaygın süreli yayın
Üç ayda bir yayınlanır

ISSN

1012 - 0726 (Baskı)

1308 - 2477 (Online)

İÇİNDEKİLER

AŞAĞI BÜYÜK MENDERES NEHRİ KİRLİLİĞİ VE DELTAYA OLAN ETKİLERİ

Alican YILGÖR, Doğan YAŞAR 1

KİMYASAL ANALİZ AMAÇLI YERALTISUYU ÖRNEKLEMESİ

Müfit Şefik DOĞDU 10

YÜKSEK BASINÇLI VE SERBEST YÜZEYLİ KAPAKLI KONDUİTLERİN HAVALANDIRMA PERFORMANSLARI

Mehmet ÜNSAL, Ahmet BAYLAR
Fahri ÖZKAN, Mehmet TUĞAL 24

KONDUİT VE VENTURİLERİN HAVALANDIRMA PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Fahri ÖZKAN, Ahmet BAYLAR
Mehmet ÜNSAL, Mehmet TUĞAL 31

DSİ TEKNİK BÜLTENİ'NİN AMACI

DSİ Teknik Bülteni'nde, konusu DSİ faaliyetlerini yakından ilgilendiren ve gönderilen bildirimler arasından Hakem Kurulu tarafından seçilmiş mühendislik bildirimleri yayınlanır. Telif bildirimlerinin, daha önce, DSİ teknik personelinin büyük kısmının veya tamamının okuması muhtemel yayın organlarında yayınlanmamış ve bu hususun yazar tarafından beyan edilmiş olması gereklidir.

DSİ TEKNİK BÜLTENİ BİLDİRİ YAZIM KURALLARI

1. Gönderilen yazılar kolay anlaşılır dilde ve Türkçe kurallarına uygun şekilde yazılmış olmalıdır.
2. Yazıların teknik sorumluluğu yazarına aittir (yazılardaki verilerin kullanılması sonucu oluşabilecek maddi ve manevi problemlerde muhatap yazardır).
3. Yayın Kurulu, bildirimler üzerinde gerekli gördüğü düzeltme ve kısaltmaları yapar.
4. Bildirimler bilgisayarda Microsoft Word olarak bir satır aralıkla yazılmalı ve Arial 10 fontu kullanılmalıdır. Bildirimler A4 normundaki kâğıdın her kenarından 25 mm boşluk bırakılarak yazılmalıdır.
5. Sadece ilk sayfada, yazı alanı başlangıcından sola dayalı olarak, italic 10 fontunda Arial kullanılarak ilk satıra "*DSİ Teknik Bülteni*" yazılmalıdır.
6. Konu başlığı: Yazı alanı ortalanarak, "*DSİ Teknik Bülteni*" yazısından sonra dört satır boş bırakıldıktan sonra Arial 12 fontu kullanılarak büyük harflerle koyu yazılmalıdır.
7. Yazar ile ilgili bilgiler: Adı (küçük harf), soyadı (büyük harf), yazarın unvanı ile bağlı olduğu kuruluş (alt satıra) ve elektronik posta adresi (alt satıra) başlıktan iki boş satır sonra ilk yazardan başlamak üzere Arial 10 fontu ile yazı alanı ortalanarak yazılmalıdır. Diğer yazarlar da ilk yazar gibi bilgileri bir boşluk bırakıldıktan sonra yazılmalıdır.
8. Türkçe özet, elektronik posta adresinden dört boş satır sonra, özetten bir boş satır sonra ise anahtar kelimeler verilmelidir. Aynı şekilde, Türkçe anahtar kelimelerden iki boş satır sonra İngilizce özet, bir boş satır sonra ise İngilizce anahtar kelimeler verilmelidir.
9. Bölüm başlıkları yazı alanı sol kenarına dayandırılarak Arial 10 fontu kullanılarak koyu ve büyük harfle yazılmalı. Bölüm başlığının üzerinde bir boş satır bulunmalıdır.
10. Ara başlıklar satır başında başlamalı, üstlerinde bir boş satır bulunmalıdır. Birinci derecedeki ara başlıktaki bütün kelimelerin sadece ilk harfi büyük olmalı ve koyu harflerle Arial 10 fontunda yazılmalıdır. İkinci ve daha alt başlıklar normal harflerle Arial 10 fontu ile koyu yazılmalıdır.
11. Yazılar kağıda iki sütün olarak yazılmalı ve sütün aralarındaki boşluk 10 mm olmalıdır.
12. Paragraf sola dayalı olarak başlamalı ve paragraflar arasında bir boş satır bırakılmalıdır.
13. Eşitlikler bilgisayarda yazılmalı ve numaralandırılmalıdır. Eşitlik numaraları sayfanın sağına oturmali ve parantez içinde yazılmalıdır. Her eşitlik alttaki ve üstteki yazılardan bir boş satır ile ayrılmalıdır. Eşitliklerde kullanılan bütün semboller eşitlikten hemen sonraki metinde tanımlanmalıdır.
14. Sayısal örnekler verildiği durumlarda SI veya Metrik sistem kullanılmalıdır. Rakamların ondalık kısımları virgül ile ayrılmalıdır.
15. Yararlanılan kaynaklar metinde kaynağın kullanıldığı yerde köşeli parantez içerisinde numaralı veya [Yazarın soyadı, basım yılı] olarak belirtilmelidir. Örneğin: "..... basamaklı dolusavaklar için geometri ve eşitlikler [1]" veya "..... basamaklı dolusavaklar için geometri ve eşitlikler [Aktan 1999]" gibi.
16. Kaynaklar yazar soyadlarına göre sıralanmalı, listelenirken yazar (veya yazarların) soyadı, adının baş harfi, yayın yılı, kaynağın ismi, yayınlandığı yer ve yararlanılan sayfa numaraları belirtilerek, köşeli parantez içerisinde numaralandırılmalı ve yazarken soldan itibaren 0,75 cm asılı paragraf şeklinde yazılmalıdır. Makale başlıkları çift tırnak içine alınmalı, kitap isimlerinin altı çizilmelidir. Bütün kaynaklara metin içinde atıf yapılmalıdır.
17. Çizelgeler, şekiller, grafikler ve resimler yazı içerisine en uygun yere gelecek şekilde yerleştirilmelidir. Fotoğraflar net çekilmiş olmalıdır. Şekil ve grafikler üzerine el yazısı ile ekleme yapılmamalıdır.
18. Bildirinin tamamı 20 sayfayı geçmemeli, şekil, çizelge, grafik ve fotoğraflar yazının 1/3'ünden az olmalıdır.
19. Sayfa numarası, sayfaların karışmaması için sayfa arkalarına kurşun kalem ile hafifçe verilmelidir.
20. Yazım kurallarına uygun olarak basılmış bildirinin tam metni hem A4 kağıda baskı şeklinde (2 adet) hem de dijital ortamda (CD veya DVD) yazışma adresine gönderilmelidir.
21. Yayınlanan bütün yazılar için "Kamu Kurum ve kuruluşlarınca ödenecek telif ve işleme ücretleri hakkındaki yönetmelik" hükümleri uygulanır.
22. Bildiriyi gönderen yazarlar yukarıda belirtilenleri kabul etmiş sayılırlar.
23. Yazışma adresi aşağıda verilmiştir:

DSİ TEKNİK BÜLTENİ

DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol (TAKK) Dairesi Başkanlığı

06100 Yücetepe ANKARA

Tel (312) 399 2793

Faks (312) 399 2795

E-posta bulten@dsi.gov.tr

Web http://www.dsi.gov.tr/kutuphane/dsi_teknik_bulten.htm

AŞAĞI BÜYÜK MENDERES NEHRİ KİRLİLİĞİ VE DELTAYA OLAN ETKİLERİ

Alican YILGÖR

Jeo. Yük. Müh, İller Bankası 3. Böl. Müd. Halide Edip Adıvar Cad. No: 108 PK 35380 Bozyaka - İZMİR
can.jeo@hotmail.com

Doğan YAŞAR

Doç. Dr., Deniz Bilimleri ve Tek. Ens. Dokuz Eylül Üniversitesi 1884/Sok. No:10 İnciraltı 35340, İZMİR
dogan.yasar@deu.edu.tr

(Bildirinin geliş tarihi: 02.01.2009, Bildirinin kabul tarihi: 12.01.2009)

ÖZET

Çalışmada Ege bölgesinin en büyük nehirlerinden birisi olan Büyük Menderes nehrinin kirliliği araştırılmış ve bu amaçla Büyük Menderes nehri, deltası ve Dil lagününden karot şeklinde sediment örnekleri alınmıştır. Çalışma alanı delta, Dil lagünü ve aşağı Büyük Menderes nehri olmak üzere üç ayrı bölgeye ayrılmıştır. Nehirde kirliliğin derecesini ortaya koymak amacıyla yüzey ve dip sedimentlerinde Pb, Zn, Cu, Mn, Cr, Ni, Fe metallerinin konsantrasyonları araştırılmış, sediment özellikler, organik karbon ve karbonat içerikleri saptanmıştır. Karotların alt ve üst seviyelerinde, 63 mikrondan küçük sediment örneklerinde atomik absorpsiyon spektrometre yöntemiyle, metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Buna göre aşağı Büyük Menderes nehri ve delta bölgesinde metal konsantrasyonları ortalama şeyl standartlarının üzerinde çıkmıştır.

Çalışma alanında ayırt edilen bölgelerde jeo akümülyasyon indeksi (Igeo) hesaplanmış ve buna göre, delta ve aşağı Büyük Menderes nehri bölgelerinde kirlenmenin başladığı tespit edilmiştir. Aşağı Büyük Menderes nehri bölgesi Mn ve Zn metalleri için orta derecede kirli sınıfına girmektedir. Dil lagününden alınan örneklerin tamamında yapılan analizlerde, ağır metal konsantrasyonlarının ortalama şeyl standartları dâhilinde olduğu saptanmıştır. Nehirden alınan S5 ve S6 nolu karotlar incelendiğinde karotların üst kısmı olan 0-10 cm seviyelerinden alınan örneklerde ağır metal değerlerinin ortalama şeyl standartların üzerinde ve yüksek çıktığı, aynı karotların sanayi öncesini temsil ettiğini düşündüğümüz dip seviyelerinde yapılan analizlerde ise ağır metal konsantrasyonlarının genellikle ortalama şeyl standartları dâhilinde kaldığı görülmüştür. Bu da bize Aşağı Büyük Menderes nehri ve deltasında yüksek metal konsantrasyonlarının antropojenik kökenli olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Büyük Menderes nehri, kirlilik, ağır metal, jeoakümülyasyon indeksi.

POLLUTION IN THE LOWER BÜYÜK MENDERES RIVER AND THE EFFECT ON THE DELTA

ABSTRACT

In this study, the pollution of Büyük Menderes one of the biggest river in Eagean Region has been searched by taking core type sediment samples from Büyük Menderes river, and its lagoon. Study areas are, delta, Dil lagoon and lower Büyük Menderes river. In order to determine pollution levels of Pb, Zn, Cu, Mn, Cr, Ni, Fe metal elements and their concentrations on the surfaces and deep sediment cores have been searched and sediment types, organic carbon and carbonic ingredients have been determined. Metallic concentrations have been determined by using atomic absorption spectroscopy from sediment core samples are smaller than 63 µm taken from the surface and deep levels. As a result of the metallic concentration at lower and delta area are above average shale standard.

In the study area, geoaccumulation index has been investigated and beginning of pollution of the delta and the lower Büyük Menderes river have been determined. Lower Büyük Menderes area has been determined as moderately polluted in the amount of Mn and Zn metal elements values. After doing analyses of the samples that has been taken from lagoon study area, heavy metal concentrations have been determined under average shale standard value. Core sediments numbered S5 and S6 that are taken from Lower Büyük Menderes river area are researched and determined that heavy metal concentration at the surface of core sediment are above the standard levels. The heavy metal concentrations at the deep level of the same core sediments, are at the standard levels and we assume that those sediments are belong preindustrial activities. All researches and analyses show that heavy metal concentrations at Lower Büyük Menderes River are characterized as anthropogenic origin.

Keywords: Büyük Menderes river, pollution, heavy metals, sediment, geoaccumulation index.

1 GENEL

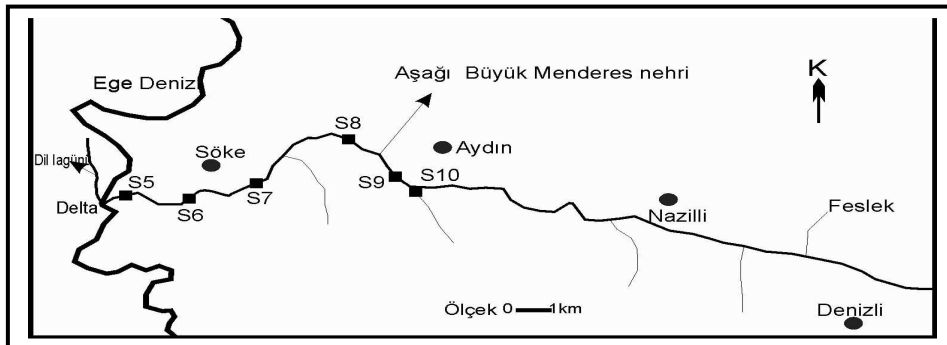
Çalışmanın amacı Türkiye'nin önemli nehirlerinden biri olan Büyük Menderes nehrinin kirliliği ve bu kirliliğe neden olan etkenlerin araştırılmasıdır. Afyon, Denizli ve Aydın illerinden geçen Büyük Menderes nehrinde yapılan bu çalışma gerek halk sağlığı, gerekse nehrin ekonomiye kazanımı açısından temel teşkil edecektir. Çalışma birçok araştırma alanında örneğin: kirlilik çalışmaları, tarım, su

kaynakları ve jeokimya çalışmalarında kullanılabilir.

Çalışma alanı delta, Dil lagünü (Şekil 1 ve Şekil 2) ve aşağı Büyük Menderes nehri olmak üzere üç ayrı bölgeye ayrılmıştır (Çizelge 1). Yaklaşık 1 milyon insanın yaşadığı çalışma alanı sanayi ve tarım bölgesi olup; Bölgede zirai faaliyetler, deri, tekstil ve gıda sanayi oldukça yoğundur.



Şekil 1 - Dil lagünü ve Delta bölgesinden alınan örnek lokasyonları ve uydu fotoğrafı (<http://earth.google.com> Google Image 2008 digital Globe)



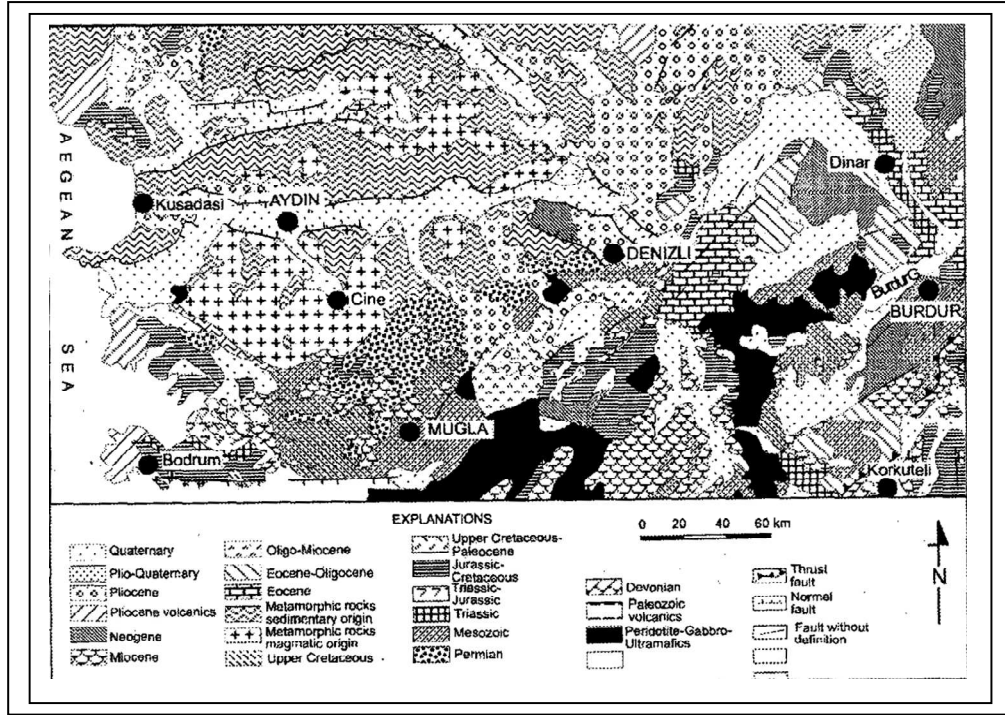
Şekil 2 - Aşağı Büyük Menderes nehri bölgesindeki örnek lokasyonlarını gösterir kroki

Çizelge 1 - Çalışma alanındaki örneklerin dağılımı

Çalışma bölgeleri	Örnek no
Dil Lagünü	S1- S2
Delta	S3-S4
Aşağı Büyük Menderes nehri	S5-S6-S7-S8-S9-S10

İnceleme alanında genel bir stratigrafik sıralamada kristalin seriler, Neojene ait formasyonlar ve Kuvaternere ait alüvyon yer almıştır. Bölgede ikinci zaman büyük bir stratigrafik boşluk şeklindedir. Neojen, yer yer yüzlerce metre kalınlığa erişerek kristalen şistlerin üzerine gelmiştir. Kuvaterner, geniş

alüvyon sahaları ve yan derelerin ağızlarında birikinti konisi şeklinde oluşmuştur. Büyük Menderes nehri 5 - 30 km genişliğinde doğudan batıya uzanan bir alüvyon şeridi meydana getirmiştir. Tortul kayalar bölgede Neojen bir göl teressübatı ile temsil edilmekte olup, Menderes grabeninin güney ve kuzey versanlarında doğrudan kristalen serilerin üzerine gelmiştir [DSİ 1975]. [Ergin vd., 2007] Büyük Menderes nehrinin çok çeşitli kayaları yalayarak aktığını (Şekil 3). Kıyıdaki kil minerallerinin başlıca kaynağının ayrılmış metamorfik kayalar ve pliyokuvaterner yaşlı kayalar olduğunu belirtmiştir. "Büyük Menderes Havzası batı-doğu yönünde uzanan iki büyük fayla oluşmuş bir grabendir. Büyük Menderes nehri bu grabenin çökmüş kompartımanı üzerinde akmaktadır.

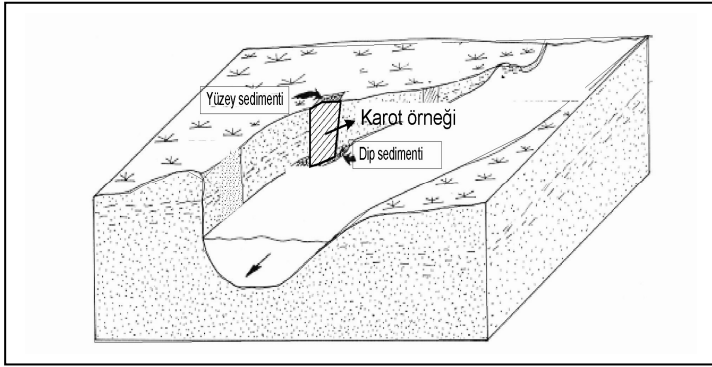
**Şekil 3 - Ege Bölgesinin jeoloji haritası [MTA, 1989]**

Çalışma, Büyük Menderes nehrinin geçtiği güzergâhlardan Ege denizine döküldüğü noktaya kadar güncel nehir sedimentlerinde, nehir mendereslerinde ve Dil lagününden sediment örnekleri alınarak yapılmıştır. Örneklemelerin sedimentte yapılmasının nedeni sediment kalitesinin su kirliliğinin önemli bir indikatörü olması ve sedimentin antropojenik kirliliği kalıcı olarak kayıtlaması ve bünyesine almasıdır [Bermejo J.C. vd., 2002].

2 ÖRNEKLEME VE YÖNTEM

2006 yılında çalışma alanından karot şeklinde 10 adet karot örneği alınmıştır (Çizelge 1).

[Swennen vd., 1997] yılında Belçika Jeolojik Araştırma Enstitüsü olarak yaptıkları çalışmada 2 tip örnekleme yapmışlardır. 1,5 m'lik karotta yüzeyden 5 - 25 cm'lik kısım (Upper) olarak adlandırılmıştır. Bu kısım endüstriyel ve antropojenik kirliliği göstermektedir. 1,5 m'lik karotun alt kısmı (Lower) olarak adlandırmıştır. Bu kısım endüstri öncesi, insan etkisinden uzak, doğal jeokimyasal çeşitliliği göstermektedir. Bu çalışmada da sediment örnekleri karot şeklinde alınmış olup karotların üst kısmı yüzey sedimentleri, alt kısmı ise dip sedimentleri olarak adlandırılmıştır (Şekil 4 ve Şekil 5).



Şekil 4 - Karot örneğinden alınan yüzey ve dip sedimentleri

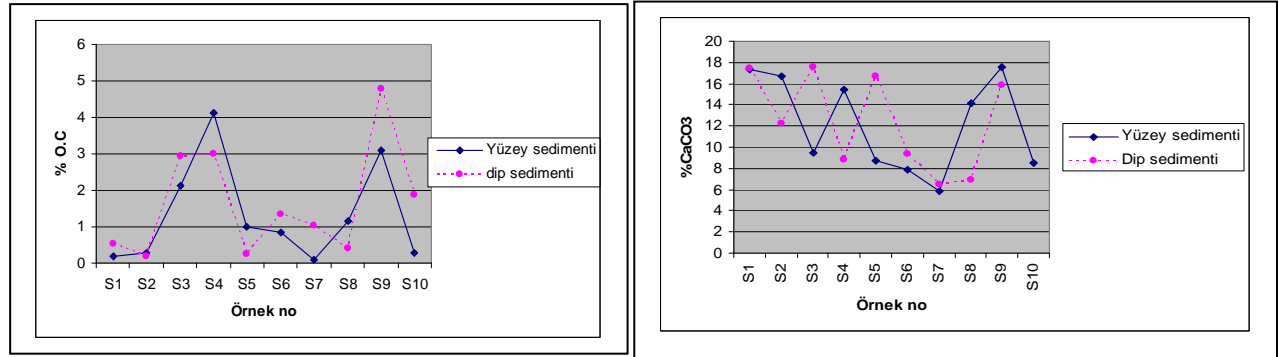


Şekil 5 - Karot örneği

3 ÖRNEKLERİN TANE BOYU DAĞILIMI, ORGANİK KARBON VE KARBONAT İÇERİKLERİ

Tane boyu dağılımı yüzey ve dip sedimentlerinde yapılmış olup, [Shepard, 1954] e göre örnekler silt ve killi silt boyutundadır. Organik karbon analizleri [Gaudette vd., 1974] e

ait ıslak oksidasyon yöntemi ile yapılmış ve organik karbon yüzdeleri hesaplanmıştır (Şekil 6). Karbonat analizleri için [Grimaldi vd., 1966] ve [Carver, 1971] yöntemlerinin kombinasyonu olan [Piper, 1974] e ait yöntem kullanılmış ve Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6 - Yüzey ve dip sedimentlerinde organik karbon ve karbonat dağılım yüzdeleri

4 AĞIR METAL ANALİZLERİ

Örnekler etüvde 42 °C'ta kurutulmuş [Tessier vd., 1979], çıkan örnekler analiz için kullanılan tane boyu silt ve aşağısı kabul edildiğinden sedimentler 63 mikron açıklıktaki plastik elekten elenmiştir. 63 mikrondan küçük taneli yaklaşık 0,2 g'lık örnekler, HNO₃ / HF / HClO₄ / HCl asitleri karışımıyla, "Mikrodalga Çözünürleştirme Sisteminde" işleme tabi tutularak Atomik Absorbsiyon Spektrometre (AAS) de okunmaya uygun solüsyonlar haline getirilmiştir.

Metallerin toplam konsantrasyonlarını saptamak için hazırlanan solüsyonlar "Varian, Model

Atomik Absorbsiyon Spektrometre" alevli ünitesi kullanılarak analiz edilmiştir.

Sedimentte tane boyuyla metal konsantrasyonu arasında ters orantı vardır. Özellikle 63 µm altındaki tanelerde metal konsantrasyonu yüksektir. Bunun nedeni tabakalı silikatların metalleri absorbe etmesiyle ilgilidir [Förstner, Wittaman, 1983]. Sedimentlerin ağır metal içeriği, partikülün tane boyu ile ilişkili olan kimyasal ve mineralojik kompozisyonunun bir fonksiyonudur. Bu nedenle ağır metal yoğunluğu, sedimentin ince taneli fraksiyonuyla beraber bulunur. Bundan dolayı bizim çalışmamızda da sedimentin kil ve

silt boyutundaki seviyelerinde ağır metal analizleri yapılmış ve sonuçlar bu tane boyuna göre normalleştirilmiştir. Büyük Menderes nehrinde belirlenen 10 lokasyonun yüzey ve dip sedimentlerinde, Fe, Ni, Cu, Mn, Pb, Zn ve Cr olmak üzere toplam 7 metal test edilmiştir.

Sedimentteki Metal konsantrasyonu kıyaslamasında şeyl standartı genellikle çabuk ve pratik bir yöntemdir. Büyük Menderes nehrinde saptadığımız metal konsantrasyonları ve ortalama şeyl standartında bulunan metal konsantrasyonları aşağıdaki tabloda verilmiştir. (Çizelge 2 ve Çizelge 3)

Çizelge 2 - Yüzey örneklerinde saptanan ağır metal konsantrasyonlarının ortalama şeyl değerleriyle kıyaslanması

Örnek no (yüzey sedimenti)	Derinlik (cm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)
ortalama şeyl değeri		45	20	850	46,700	95	68	90
S1	0-10	18,12	10,87	537,69	22655,87	50,74	316,57	224,74
S2	0-10	16,10	14,09	488,12	20370,37	47,30	310,99	225,44
S3	0-10	39,88	32,84	1618,89	69237,19	129,04	574,82	527,90
S4	0-10	55,63	21,77	1337,68	71480,41	135,46	532,17	476,53
S5	0-10	58,96	47,73	2645,05	86680,37	165,66	713,21	589,66
S6	0-10	45,06	27,42	1467,47	59306,43	121,47	613,24	470,21
S7	0-10	139,7	58,85	4016,71	172659,9	367,83	1235,91	890,15
S8	0-10	58,63	30,40	1081,40	61171,04	132,46	456,012	334,41
S9	0-10	55,84	31,64	1595,19	53607,33	134,01	448,58	329,46
S10	0-10	77,23	32,52	1873,98	84471,54	178,86	1024,39	109,75

Çizelge 3 - Dip örneklerinde saptanan ağır metal konsantrasyonlarının ortalama şeyl değerleriyle kıyaslanması

Örnek no (Dip sedimenti)	Derinlik (cm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)
Ortalama şeyl değeri		45	20	850	46,700	95	68	90
S1	80	27,79	15,70	709,27	30485,74	65,24	467,61	251,32
S2	80	25,25	13,22	646,94	28956,23	57,72	382,39	241,70
S3	90	41,25	22,10	997,58	49053,99	101,67	528,99	328,59
S4	30	46,60	24,40	1284,8	60869,53	117,61	645,75	508,17
S5	70	30,07	14,32	750,45	34171,63	71,60	389,55	322,23
S6	20	38,42	20,49	927,20	44157,57	92,20	405,97	263,81
S7	80	102,93	44,75	2036,2	127096,6	241,66	801,06	599,68
S9	40	56,74	17,73	751,83	66672,34	150,72	131,21	200,37
S10	40	112,09	56,04	2733,3	120283,5	237,11	1026,04	866,55

4.1 Dil Lagünü Bölgesinde Ağır Metal Bulgularının Değerlendirilmesi

Dil lagününden alınan S1 ve S2 nolu örneklerde Pb, Mn, Zn, Cu konsantrasyonları genellikle ortalama şeyl değerlerine yakın veya altındadır. Bunun nedeni bu bölgenin kapalı bir dalyan olması ve Büyük Menderes nehrinin buraya boşalmayıp, ana tahliye kanalı vasıtasıyla şimdiki delta bölgesine boşalmasıdır. Böylece lagün, nehir yoluyla taşınan evsel ve endüstriyel atıklardan etkilenmemiştir. Bu bölgede sadece Fe, Ni ve Cr konsantrasyonları ortalama şeyl değerinin üzerinde çıkmaktadır.

4.2 Delta Bölgesinde Ağır Metal Bulgularının Değerlendirilmesi

Delta bölgesinden alınan S3 ve S4 nolu örneklerde yapılan analizlerde Pb değerleri 21 - 32 ppm arasında olup, bazı örneklerde ortalama şeyl değerinin üzerindedir. Mn ve Zn konsantrasyonları da ortalama şeyl standartlarının üzerindedir. Bunun yanı sıra Cr ve Ni değerleri yüzey ve dip sedimentlerinde ortalama şeyl değerlerinin, Cr için yaklaşık 5-6 katı, Ni için ise 8 - 12 katı üzerindedir. Delta bölgesinde saptanan yüksek metal birikiminin sebebi, Büyük Menderes nehrinin taşıdığı sedimentlerden kaynaklanmaktadır.

4.3 Aşağı Büyük Menderes Nehri Bölgesinde Ağır Metal Bulgularının Değerlendirilmesi

Bu bölgeden alınan S5, S6, S7, S8, S9 ve S10 nolu karot örneklerinde yapılan analizlerde Pb değerleri özellikle S5, S7 ve S10 nolu örneklerde ortalama şeyl standartının yaklaşık 2-3 katı üzerindedir. Mn, Zn, Cu konsantrasyonları ise standartın 2-4 katı üzerindedir. Ni değerleri bu bölge de yüksek olup ortalama şeyl standartının yaklaşık 2-18 katı üzerindedir. Özellikle S7 ve S10 nolu örneklerde en yüksek seviyesine ulaşmaktadır. Cr değerleri ise S5, S6, S7 ve S10 nolu örneklerde standartın 4-5 katı fazladır. Bölge Denizli ve Uşak illerinden kaynaklanan kirlilikten etkilenmektedir. Bu bölgede ağır metal birikiminin yüksek olması Menderes nehrinin geçtiği güzergâhlar boyunca taşıdığı metale zengin sedimentlerden kaynaklanmaktadır.

5 BÜYÜK MENDERES NEHRİNİN KİRLİLİK DERESESİ

Kirlilik tanımı yapılırken kirliliğin derecesinin ne olduğu ve nasıl tanımlanacağı konusunda çeşitli

araştırmacılar farklı yöntemler ortaya koymuşlardır. Bunlardan en çok kullanılanı [Müler, 1979], tarafından ortaya konulan jeoakümüasyon indeksi olarak tanımlanan Igeo dur (Çizelge 4).

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1,5 \times B_n}$$

Burada;

C_n Pelitik sedimentteki ölçülmüş ağır metal konsantrasyonu

B_n Sedimentteki (ortalama şeyl) jeokimyasal background değeri

dir.

Çalışma alanı delta, Dil lagünü ve aşağı Büyük Menderes nehri olmak üzere 3 ayrı bölgeye ayrılmıştı. Tüm bu bölgelerde analizi yapılan 7 metal için jeoakümüasyon indeksi hesaplanmış ve kirlilik derecesi ortaya konulmaya çalışılmıştır (Çizelge 5). Çalışılan alanda ortalama background metal değeri S2 nolu lagün bölgesinden alınan karotun 80 cm seçilmiştir. Bu karotun seçilmesinin sebebi karotun uzunluğunun fazla olması ve lagün bölgesinin sanayi öncesi kirlilik faktörlerinden etkilenmemesidir. Ayrıca [Ergin vd., 2007] yılında yapmış oldukları çalışmada Büyük Menderes nehri delta bölgesinden karot örnekleri almış ve bunlarda yaptığı radyometrik yaş analizlerinde sedimantasyon oranının 4 - 23 cm / 1000 yıl olduğunu tespit etmiştir. Bu karotun 80 cm'ye ait metal değerleri (Çizelge 6) verilmiştir.

Çalışma alanında hesaplanan Jeoakümüasyon indeksi değerlerine (Çizelge 5) baktığımızda, Dil lagünü olarak adlandırılan bölgede tüm metallerde Igeo değeri 0 in altında olup bu bölgenin kirliliği olmadığını göstermektedir. Delta bölgesinde ise tüm metallerde Igeo = 0-1 arasında olup, bu bölgede kirlenme başlamıştır. Aşağı Büyük Menderes nehri bölgesinde ise Mn ve Zn için Igeo = 1-2 arasında olup bu metaller için orta derecede kirliliğe girmektedir.

Şekil 7'deki grafiklere baktığımızda karotların yüzeyinden alınan sediment örneklerindeki ağır metal birikiminin dip sediment örneklerine göre yüksek olduğu görülmektedir. Bu da bize bölgedeki antropojenik kirliliği göstermektedir.

Çizelge 4 - Igeo göre Kirlilik derecesi sınıflaması

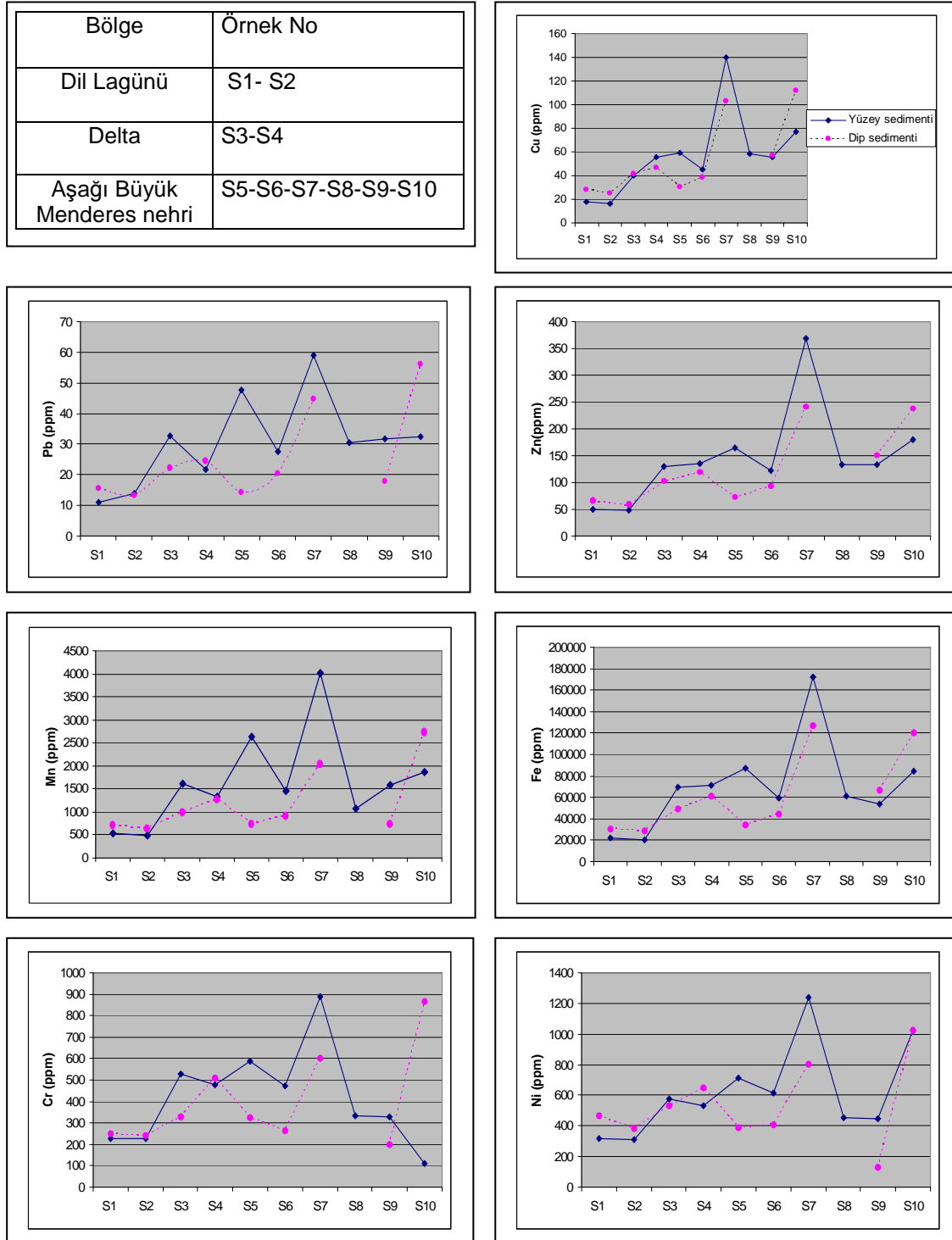
Igeo	Igeo sınıflaması	Kirlilik derecesi
>5	6	Çok aşırı derecede kirli
4-5	5	Çok aşırı derecede kirlenme başlamış
3-4	4	Aşırı derecede kirli
2-3	3	Aşırı derecede kirlenme başlamış
1-2	2	Orta derecede kirli
0-1	1	Kirlenme başlamış
<0	0	Kirli değil

Çizelge 5 - Çalışma alanındaki ortalama Igeo değerleri

Element	I geo		
	Dil Lagünü	Delta	Aşağı Büyük Menderes nehri
Cu	< 0	0-1	0-1
Pb	< 0	0-1	0-1
Mn	< 0	0-1	1-2
Fe	< 0	0-1	0-1
Zn	< 0	0-1	1-2
Ni	< 0	0-1	0-1
Cr	< 0	0-1	0-1

Çizelge 6 - Metallerin çalışma alanındaki ortalama background değerleri

Metal	Cu	Pb	Mn	Fe	Zn	Ni	Cr
ppm	25,2	13,2	646,9	28956	57,7	382,3	241,7



Şekil 7 - Çalışma alanındaki yüzey ve dip sediment örneklerinin metal dağılım grafiği

6 SONUÇLAR

Çalışma alanındaki yüzey ve dip sedimentlerindeki ağır metal dağılımları incelendiğinde Dil lagününden alınan örneklerde Fe, Ni ve Cr haricinde Pb, Zn, Cu, ve Mn metal konsantrasyonlarının ortalama şeyl standartları içinde kaldığı görülmüştür. Lagünün

hemen güneyinde nehrin denize boşaldığı delta ve aşağı Büyük Menderes nehri bölgesinden alınan örneklerde metal konsantrasyonlarının ortalama şeyl standartının çok üzerinde çıktığı tespit edilmiştir. Çalışma alanında analizi yapılan 7 metal için (Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Ni, Cr) jeoakümülyasyon indeksi (Igeo) hesaplanmış ve

Büyük Menderes nehrinde kirlilik derecesi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Buna göre delta ve aşağı Büyük Menderes nehri bölgesinde kirlenmenin başladığı, Mn ve Zn metal konsantrasyonları için ise orta derecede kirlenmiş olduğu tespit edilmiştir. [Akçay vd., 2003] yılında yapmış oldukları çalışmada bölgedeki yüksek Fe konsantrasyon değerlerinin bu metalce zengin metamorfik kayaların oluşturduğu Menderes masifinin jeokimyasal yapısından kaynaklandığını, Nikelin ise silikatlara bağlı olarak bulunduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmada, Büyük Menderes nehrinin, mansabına kadar tüm kısımlarında yapılan atık su deşarjları, sanayi atıkları ve tarımsal faaliyetler sonucu kirlendiği belirlenmiştir.

Evsel atıklar genellikle Büyük Menderes nehri ve yan kollarına arıtmadan deşarj edilen lağım ve kanalizasyon suları vasıtasıyla nehri kirlenmektedir. Bölgede başlıca Uşak ve Denizli illeri olmak üzere halen birçok belediyenin atıksu arıtma tesisi olmaması kirliliğe sebep olmaktadır. Yüze sediment örneklerindeki yüksek organik karbon değerlerinin evsel atıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bölgedeki tarım alanlarında zirai ilaçların ve gübrenin bilinçsizce kullanılması nehri kirlenmektedir. Söke bölgesinden alınan örneklerde tespit edilen yüksek Mn konsantrasyon değerlerinin yoğun gübre kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yüksek Zn ve Cr konsantrasyonunun ise bölge içinde bulunan Denizli tekstil ve deri sanayinin atıklarından kaynaklandığı tespit edilmiştir.

7 KAYNAKLAR

- [1] Akçay H., Oğuz A., Karapire C., "Study of heavy metal pollution and speciation in Büyük Menderes and Gediz River sediments" Water Research; 37 813-822, 2003.
- [2] Bermejo JC. Beliven R., Gomez J. "Spatial variations of heavy metals contamination in sediments from Odiel river (Southwest Spain)" Environment International 29 69-77(2002).
- [3] Carver, Procedures in sedimanter Petrology. Wiley. (1971)
- [4] DSİ. Lower Büyük Menderes Basin Hydrogeological investigation report 1975
- [5] Ergin M. Ve Kadir S., Keskin Ş., Akyüz N., Yaşar D. "Late Quaternary climate and sea-level changes recorded in sediment composition off the Büyük Menderes River delta (eastern Aegean Sea, Turkey)"

Science direct Quaternary International; 167-168 162-176, 2007

- [6] Förstner ,U.,ve Wittmann, G.T. Metal pollution in the aquatic environment Berlin:Springer Verlag 2th edition(1983).
- [7] Gaudette, H.E., Flight, W.R., Toner, L., & Folger, D.W. "An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments" J. Sedimentary Petrology,; 44, 249-253, 1974
- [8] Grimaldi,F.S. "Determination of carbondioxide in limestone and dolomite by acid-base titration U.S". Geol. Prof. Pap; 550B, 186-188, 1996
- [9] MTA,. Geological Map of Turkey, 1:2000000. MTA, Ankara, Turkey. 1989
- [10] Müller, G. "Schwermetalle in der sedimenten des Rheins- Veranderugen seit" Umschau;72: 192-193, 1979
- [11] Piper, D. J. W" Manuel of sedimentological techniques". Dalhousie Univ. Publ. 1974.
- [12] Swennen R. Skuys J., Hindel R., Brusselmans A. " Geochemistry of overbank and high order stream sediments in Belgium and Luxemburg a way to assess environmental pollution " Journal of Geochemical Exploration 62 67-79. 1997
- [13] Shepard, F.P.. "High velocity turbidity currents, a discussion". Royal Soc. London, Proc., 222,323-326,1954.
- [14] Tessier, A., Campbell, P.G.C., & Bisson, M. "Sequential extraction procedure for speciation of particulate trace metals." Anal. Chem.; 51, 544-851, 1979

KİMYASAL ANALİZ AMAÇLI YERALTISUYU ÖRNEKLEMESİ

Müfit Şefik DOĞDU

Dr., Hidrojeoloji Yük. Müh., DSİ Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltıları Dairesi,
Etüd ve Değerlendirme Şubesi 06100 Yücetepe ANKARA
mufitd@dsi.gov.tr

(Bildirinin geliş tarihi: 04.02.2009, Bildirinin kabul tarihi: 09.03.2009)

ÖZET

Ülkemizde nüfus, sanayileşme, tarım ve turizm faaliyetleri her geçen yıl daha da artmaktadır. Bu faktörlerin artışıyla birlikte yüzey suyunun yanı sıra yeraltısuyunun da kullanımında artış görülmektedir. Yeraltısularının değişik faaliyet ve amaçlar için kullanımı, yeraltısuyunun miktar açısından kontrolünün yanı sıra kalite açısından da izlenmesini zorunlu hale getirmiştir. Yeraltısularının hidrojeokimyasal ve kirlilik açısından değerlendirmesi, yorumu, kontrolü ve izlenmesi için genelde gözlem kuyularından kimyasal analiz amaçlı örnek alımı gerçekleştirilmektedir. Hidrojeolojik araştırmaların dışında, yeraltısuyu kalitesinin ne durumda olduğu, herhangi bir kirlilik etkisinde kalıp-kalmadığı veya yeraltısuyu kalitesinin zamanla izlenmesi için de su örnekleme yapılmaktadır. Araziden alınan su örneklerinin amacına uygun olarak; temsil edici noktadan ve doğru şekilde örnekleme, ölçülmesi ve laboratuvara uygun koşullarda ulaştırılması daha sonraki hidrojeokimyasal değerlendirmeler için oldukça önemlidir. Bu nedenle sunulan bu çalışmada: yeraltısuyu örnekleme kuyuları, yeraltısuyu kalite izleme aşamaları, yeraltısuyu örneklerinin alımı ve korunmasına yönelik yapılan işlemlerin yanı sıra ek bilgi olarak da Avrupa Birliği yeraltısuları yönergeleri (direktifleri)'nde yer alan bazı su kimyası parametreleri ve yeraltısularındaki zararlı kirlenici derişimleri ile ilgili genel bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İzleme, kalite, örnekleme, yeraltısuyu

GROUNDWATER SAMPLING FOR THE CHEMICAL ANALYSIS OBJECT

ABSTRACT

Population, industrialization, agriculture and tourism activities grow more and more in the past years in our country. Beside surface water usage, increasing of groundwater usage is seen along with the increasing of these factors. Usage of the groundwaters for different activities and purposes bring up the matter that quality monitoring of the groundwaters is indispensable besides quantity monitoring. Water sampling for chemical analyses from observation wells has been realized in order to evaluate, interpret, control and monitor of groundwater quality for the hydrogeochemical and contamination evaluations. Beside hydrogeological investigations, water sampling has been done for determining the quality and pollution level of groundwater and monitoring the long-term quality changes. According to the appropriate sampling goal; choosing of representative sample, proper sampling methods and transportation of the groundwater samples collected from the wells in the fields are very important issues for the following hydrogeochemical evaluations. For that reasons, some general information about groundwater sampling wells, stages of groundwater quality monitoring, sampling procedures and preservation of groundwater samples have been given and addition to these, some water chemistry parameters and detrimental concentrations of harmful pollutants in groundwater in the European Union's groundwater directives have been briefly explained in that presented study.

Key Words: Monitoring, quality, sampling, groundwater

1 GİRİŞ

Su kimyası ve özellikle de yeraltısuyu kimyası, hidrojeolojik çalışmalarda araştırmacılara suyun akifer sistemine girmesinden itibaren su-kayaç etkileşmesi ve bir takım kimyasal süreçlerle (çözünme, çökeltme, tutulma vb.) gerçekleşen kimyasal evreler hakkında oldukça yararlı ve önemli bilgiler sunmaktadır. Yeraltısuyu kimyasal içeriği, akifere giren su ile bu suyun kayalarda bulunan minerallerle etkileşmesi (reaksiyona girmesi) ile oluşmakta ve/veya değişikliğe uğramaktadır. Yeraltısuyu kalitesini (kimyasını) kontrol eden doğal kimyasal süreçler (minerallerin çözünmesi, çökeltmesi, tutulması vb.) yanında son yıllarda tarımsal ve sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan nitrat, asit yağmurları, ağır metal vb. kirlilik etkenleri de yeraltısuyu kimyasını etkilemektedir. Yukarıda belirtilen bu nedenlerden dolayı hidrojeolojik araştırmalarda yeraltısuyu kimyasını belirlemek ve yeraltısuyu kimyasını irdeleyebilmek için gözlem kuyularından kimyasal analiz amaçlı örnek alımı gerçekleştirilmektedir. Hidrojeolojik araştırmaların dışında, yeraltısuyu kalitesinin ne durumda olduğu, herhangi bir kirlilik etkisinde kalıp-kalmadığı veya yeraltısuyu kalitesinin zamanla izlenmesi için de su örnekleme yapılmaktadır. Araziden alınan su örneklerinin amacına uygun olarak, temsil edici noktadan ve doğru şekilde örnekleme, ölçülmesi ve laboratuvara uygun koşullarda ulaştırılması oldukça önemlidir. Yeraltısuyu örneklemeinde bu konulara dikkat edilmesiyle hem örneğin temsil ediciliği hem de daha sonra bu örnekler üzerinde gerçekleştirilecek olan kimyasal analizlerin sonuçlarıyla yapılacak yorum ve değerlendirmeler şüphesiz daha güvenilir olacaktır.

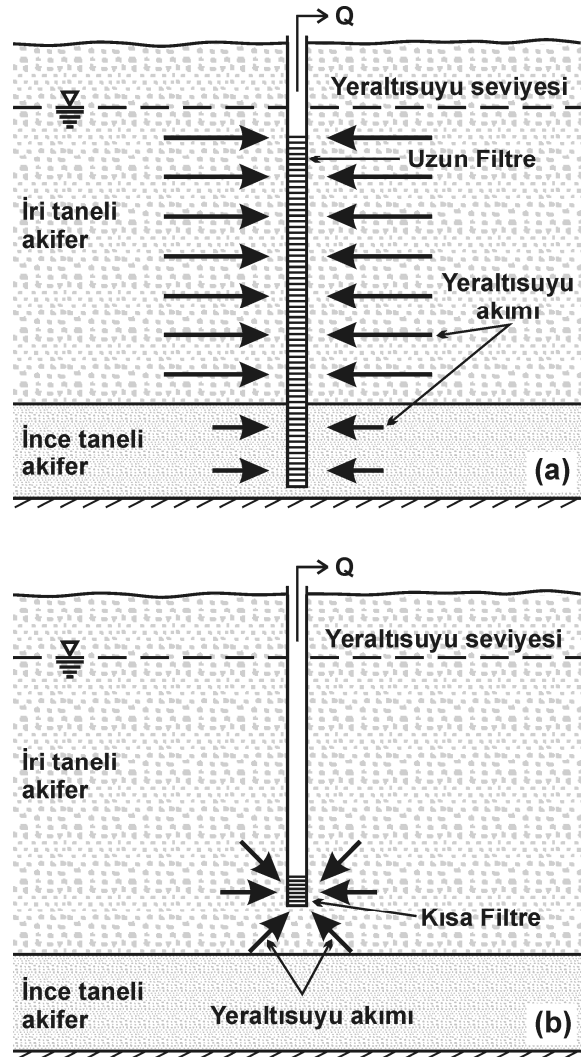
Bu nedenlerden dolayı, sunulan bu çalışmada yeraltısuyu örnekleme, arazi ölçümleri, su örneklerinin korunması ve yeraltısuyu kalite izlemesi vb. konularda dikkat edilmesi gereken hususlar hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

2 YERALTISUYU ÖRNEKLEMESİ

2.1 Yeraltısuyu Örnekleme Kuyuları

Yeraltısuyu kimyasal örnekleme yapısının başlıca amacı üretim kuyularındaki yeraltısuyu kalitesini izlemektir. Bu amaçla, örnekleme yapılacak kuyular en az birkaç metrelik filtreye sahip olacak şekilde donatılırlar. Filtrenin kuyu içinde bulunduğu derinlik, akifer içindeki hangi seviyedeki yeraltısuyunun örnekleneceğinin de belirleyicisi olmaktadır. Tüm filtre aralığı boyunca yapılan örnekleme (Şekil 1a) bütün derinlik (*depth integrated*) örnekleme denmektedir ve tüm filtre boyunca sağlanan yeraltısuyu kimyasal

içeriğini yansıtmaktadır [2]. Bütün derinlik örnekleme ile elde edilen yeraltısuyu kimyasal verisi; yeraltısuyu kimyasal içeriğinin bölgesel paternini ve bu içeriğin ilişkili olduğu kayaç tipini belirlemede oldukça önemlidir [2]. Bununla birlikte, birçok durumda yeraltısuyu kimyasal içeriği derinlik boyunca büyük değişiklikler göstermektedir. Bütün derinlik örnekleme değişik kimyasal içeriğe sahip suların karışımını temsil etmektedir ve bu karışım süreci örnekleme sırasında kimyasal reaksiyonlara neden olabilmektedir. Bu yüzden, akifer içerisinde gerçekleşen hidrojeokimyasal süreçleri detaylı çalışmak için genellikle özel derinlik örnekleme (*depth specific*) (Şekil 1b) yapmak gerekmektedir [5].



Şekil 1 - a) Bütün derinlik boyunca ve b) özel derinlikte yeraltısuyu örnekleme [5]

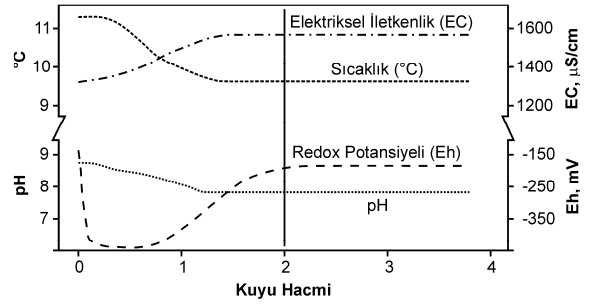
Genellikle su sondajı işlemleri sırasında sondaj bölgesi doğal yapısı-şartları bozulmakta ve yeraltısuyu kimyası bu işlemlerden etkilenmektedir. Sondaj faaliyetleriyle akiferin içine yeni malzemeler (sondaj çamuru,

çakılama malzemesi vb.) sokulmaktadır. Bu nedenle, yeraltısuyundan temsil edici bir örnek alabilmek için yukarıda belirtilen malzemelerin akiferdeki yeraltısuyu üzerine olan etkisinin giderilmesi gereklidir. Bu etkinin giderilmesi akiferden belirli bir süre su çekerek/pompalayarak sağlanabilmektedir.

Bu etkinin giderilmesi için gerekli süre yeraltısuyu akım hızına, akiferi oluşturan taneli malzemenin iyon değişim kapasitesine vb. özelliklere bağlıdır ve çoğu zaman kuyuyu bu etkilerden arındırmak için kuyuyu uzun zaman çalıştırmak ve kuyudan oldukça fazla su çekmek gerekebilmektedir.

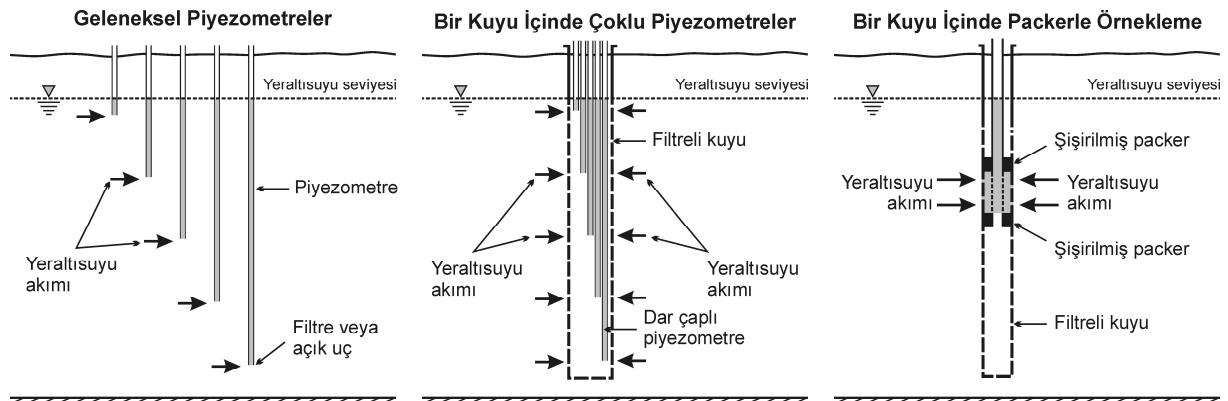
Sondaj işlemlerinin yanı sıra, birkaç ay süreyle çalıştırılmamış kuyularda da yeraltısuyu kimyasal içeriği çalıştığı zamana göre değişiklik gösterebilmektedir. Bunun başlıca nedeni filtre üzerinde bulunan durgun sudur ve bu nedenle örnekleme öncesi kuyunun içindeki bu suyun boşaltılması (dışarıya atılması) gerekir ve bu nedenle kuyu suyu, kimyasal analiz amaçlı örnek alınmadan önce, bir süre boşa akıtılır. Diğer taraftan suyun fazla akıtılması da akiferden fazla su çekimine neden olacak ve farklı suların karışımına yol açabilecektir. Değişik araştırmacılar ([3, 11 ve 14]) tarafından yapılan çalışmalar, yerel hidrojeolojik koşullara bağlı olmakla beraber kuyu hacminin 2-10 katı kadar suyun kuyudan çekilmesinin/boşaltılmasının bu sorunu ortadan kaldırdığını göstermiştir. Fakat birçok durum 2-4 kuyu hacmi kadar suyun kuyudan çekilmesinin yeterli olacağını göstermiştir.

Kuyunun yeterince yıkandığını ve temsil edici yeraltısuyu örneği alınabileceğinin belirlenmesinde en basit yöntem, arazide ölçümü oldukça kolay olan elektriksel iletkenlik (EC) değerini ölçmektir. Bu duruma bir örnek Şekil 2'de verilmiştir. Buna göre, yaklaşık 2 kuyu hacmi kadar su kuyudan çekildikten sonra, kuyu suyunda ölçülen parametreler sabitlenmeye başlamıştır ve bu durum artık o kuyudan temsil edici bir su kimyası örneğinin alınabileceğine işaret etmektedir.



Şekil 2 - Kuyudan su çekilmesi sırasında yeraltısuyu kimyasal içeriğinde oluşan değişiklikler [1, 2]

Yeraltısuyunun özel derinlik örneklemesinde oldukça gelişmiş yöntemler kullanılmaktadır ve bu yöntemler gün geçtikçe geliştirilmektedir. Özel derinlik örneklemesinde genelde piyezometreler kullanılmaktadır. Özel derinlik örneklemesinde kullanılan değişik kuyu ve piyezometre tipleri Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3 - Özel derinlik yeraltısuyu örneklemesinde kullanılan piyezometreler [5]

2.2 Yeraltısuyu Kalite İzlemesi

Yeraltısuyu kalite izlemesi sudaki bazı parametrelerin veya şartların bir zaman periyodu boyunca gözlenmesi olarak tanımlanmaktadır [17]. Özellikle içme suyu sağlama çalışmalarında yeraltısuyu seviye ve kalitesi uzun zamandan beridir gözlenmektedir. Örnek olarak, ABD'de 1960'lı yıllarda bile yaklaşık

29000 kuyu hem kalite hem de seviye (miktar) yönünden izlenmekteydi [13]. Hidrojeologlar izleme sisteminin tasarımı, kurulması, işletilmesi ve değerlendirilmesi gibi izleme süreçlerinin çeşitli aşamalarında yer almaktadırlar. Aşağıda özetle sunulan izlemenin bu aşamaları [17]'den alınmıştır.

2.2.1 İzleme sisteminin tasarımı

- Hidrojeolojik Durum: Alanın hidrojeolojik durumu, yapılacak gözlemin/izlemenin çerçevesini oluşturmaktadır. İzleme, hidrojeolojik kavramsal modeli ve bu modele dayandırılan yeraltısuyu akım yönlerini temel almaktadır. İzleme istasyonlarının yeri, sayısı ve izleme tipi ancak yeraltısuyu kavramsal modelinin ortaya konmasından sonra doğru olarak belirlenebilmektedir. İzleme sisteminin tasarımı, tasarımcının yeraltısuyu akım sistemiyle çevresel faktörlerin etkileşimini algılamasına bağlıdır. Yeraltısuyu akım sisteminin tam olarak anlaşılması için

yeraltısuyu seviye ölçümlerine ihtiyaç vardır. İlk aşamada alana ait su kalitesi bilgileri mevcut olmayabilir. Eğer alanda daha önceden açılmış kuyular varsa bu kuyulardaki kimyasal su analizi yapılarak alandaki su kalitesi hakkında genel bir fikir elde edilebilir. Çalışmanın ilk aşamalarında alanın yeraltısuyu kalitesinin kabaca anlaşılması, izleme sisteminin tasarımında oldukça yararlı olmaktadır. Kurulacak izleme ağı tipi, Çizelge 1’de verilmiş olan yeraltısuyu kalitesi izleme amacına ve izlemeden elde edilmek istenen sonuca bağlıdır.

Çizelge 1 - Yeraltısuyu kalite izleme ağı tipleri [17]

İzleme Ağı Tipi	Amaç	Sonuç
Bölgesel (Regional)	Su kaynağı kalitesi.....	Bölgesel su kalitesi haritası
	Hidrokimyasal fasiyes.....	Hidrokimyasal fasiyes haritası
	Bazı bileşenlerin doğal derişimlerini belirlemek.....	Önceki su kalitesi değerleri, haritalar
Belirli alan (Site-specific)	Alan nitelendirmesi.....	Kirletici dağılımı (<i>plume</i>) haritası
	İzleme.....	Periyodik su kalitesi haritası
	Su kalite iyileştirmesi sonrası kirlilik seviyesi.....	Temizleme yönteminin kontrol edilmesi

Veri İhtiyacı: İzleme tasarımında ihtiyaç duyulan veri alandan alana ve çalışmadan çalışmaya değişiklik gösterebilmektedir. Fakat her durumda ortak olan tasarım; sisteminin hedefi, odağı ve amacıdır. İzlemenin hedefi; yüzey suyu, toprak suyu, yeraltısuyu veya bunların karışımı olabilmektedir. İzlemenin odağı; su miktarı, su kalitesi veya ikisi de olabilir. İzlemenin amacı ise, genellikle özel sorun(lar)a çözüm aramaktır. Bu sorunlar; ilgili bileşenin önceki derişimi (*background concentration*), hangi kirleticilerin olduğu, kirletici bulutunun hareket yönü vb. olabilmektedir.

İzleme Planı: Alanın hidrojeolojisi kavramsal olarak ortaya konduğunda ve gerekli veriler belirlendikten sonra izleme planı tasarlanabilir. Bu plan; kullanılacak alet ve yöntemin seçimini, izleme istasyonlarının yerinin ve sayısının belirlenmesini ve ölçüm sıklığının saptanmasını içermektedir. Planda hedef, odak ve amacın yanı sıra şartlar, bütçe gibi sınırlamalar ve personel kapasitesi de göz önünde bulundurulmalıdır.

2.2.2 İzleme sisteminin kurulması

İzleme sisteminin tasarımından sonra sistemin kurulması aşaması başlamaktadır. Yeraltısuyu izleme sisteminin kurulması; izleme kuyularının delinmesi, inşası ve ölçüm aletlerinin ve kayıt edicilerin kuyuya yerleştirilmesi işlemlerini içermektedir.

2.2.3 İzleme sisteminin işletilmesi

İzleme sisteminin işletilmesi düzenli gözlemin yanı sıra sistemin korunması, verilerin iletilmesini de içermektedir. İzleme sisteminin işletilmesi aşamasında en önemli basamaklardan biri gözlemdir. Bazı gözlemler otomatik olarak kaydedilmesinin yanı sıra bazı gözlemlerin günümüzde hala el ile yapılması zorunludur. Gözlemlerin kayıt edilmesi için kapsamlı veri kağıtlarının kullanılması önemlidir. Veri kağıdı; arazide çalışan personele arazide ne yapacağını, hangi verileri toplayacağını hatırlatmalı, personel değişiminde işlerin aksamamasını sağlamalı ve veritabanına girilebilecek verileri içeren standart bir form olmalıdır. İzleme sisteminin işletilmesi aşamasında diğer önemli bir basamak ise arazide gözlenen ve/veya ölçülen değerlerin veri tabanına işlenmesidir. Böylece, araziden elde edilen verilerin depolanması ve sonraki değerlendirmelerde kullanılmaları, sorgulanmaları ve yorumlanmaları daha kolay ve çabuk olabilmektedir. İzleme sisteminin işletilmesi aşamasında en son basamak ise sonuçların raporlanmasıdır. Raporlar resmi veya gayri resmi olarak raporlanabilir. Resmi raporlamaya temel olacak gayri resmi rapor; kuyu yerleri haritası, kuyu logları, yeraltısuyu seviyesini gösteren grafikler veya haritalar, bazı özel bileşenlerin derişimleri ve bazı parametrelerin değerlerini içerebilir. Resmi raporlama ise özel bir format gerektirmektedir. Bu formatta periyodik izleme sonuçları tablolar

halinde verilir. Bu tablolarda önceki ölçüm ve analiz sonuçları tarihsel sıralamada verilir. Böylece, ölçüm periyotlarında meydana gelen değişiklikler değerlendirilip, yorumlanabilmektedir.

2.2.4 İzleme sistemin değerlendirilmesi

Değerlendirme aşamasında, izleme sisteminin düzgün çalışıp çalışmadığına ve elde edilen verilerin amaca uygun olup olmadığına bakılır. Eğer elde edilen veriler ve yapılan gözlemler alanın hidrojeolojik kavramsal modeline uygunluk göstermiyorsa izleme planı ve ağında değişiklik yapılır. Bu durumda ek gözlem kuyularına ve verilerine ihtiyaç duyulabilir. Eğer alanın hidrolojik ve hidrojeolojik nitelendirilmesi iyi yapılmışsa, değerlendirme süreci çok basitleşecektir. İzleme planının yanı sıra çalışmanın amacına bağlı olarak veri setinde de değişiklikler yapılabilir.

3 YERALTISUYU ÖRNEKLERİNİN ALIMI VE KORUNMASI

Suyun (yeraltısuyu, kaynak, göl, dere vb.) kökenini, kalitesini, kirlilik durumunu vb. özelliklerini belirlemek için hidrojeolojide su kimyası çalışmaları sıklıkla yapılmaktadır. Bu bölümde, sulardaki fiziksel-kimyasal parametreler ve su örnekleme yöntemleri hakkında genel bilgiler verilecektir.

3.1 Sulardaki Fiziksel-Kimyasal Parametreler ve Örnekleme Yöntemleri

Sularda, amaca yönelik olarak, Şekil 4'te verilmiş olan elementlerin periyodik tablosundaki tüm parametreleri analiz etmek ve incelemek mümkündür. Fakat genelde yeraltı (kaynak, kuyu vb.) ve yüzey sularında (göl, dere vb.) çok özel durumlarda yapılan analizler hariç olmak üzere Çizelge 2'de verilmiş olan parametreler incelenmektedir. Kirlenmeye maruz kalmamış doğal sularda bulunan majör anyonlar (Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^-) ve katyonlar (Na, K, Ca, Mg) suda bulunan iyonların ~ % 90'ından fazlasını oluşturmaktadır. Kirlenmeye maruz kalan sularda ise kirlilik faktörüne göre bu iyonların arasına kirletici parametrelerde dahil edilmektedir. Yeraltısularında çözülmüş olarak bulunabilecek bileşenler Şekil 5'te verilmiştir.

Suların sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen, serbest karbondioksit gibi zamanla değişebilen fiziksel ve kimyasal özellikleri mutlaka arazide ve subaşında ölçülmelidir. Hidrojeolojide su kimyası amaçlı doğru bir değerlendirme ancak ve ancak doğru ölçüm, örnekleme ve analiz ile gerçekleştirilebilmektedir. Su kimyası ve bakteriyolojik amaçlı örnekleme parametrelere göre izlenecek yollar Ek 1'de verilmiştir.

AÇIKLAMALAR																																			
1A																8A																			
1	⁺¹															2	⁰																		
H	-1															He	4.002																		
1.00794																																			
2A																3A		4A		5A		6A		7A											
3	⁺¹	4	⁺¹															5	⁺³	6	⁺²	7	⁺³	8	⁻²	9	⁻¹	10	⁰						
Li		Be																B		C		N		O		F		Ne							
6.941		9.01218																10.811		12.011		14.007		15.9994		18.9984		20.1797							
11	⁺¹	12	⁺²															13	⁺³	14	⁺²	15	⁺³	16	⁺⁴	17	⁺⁶	18	⁰						
Na		Mg																Al		Si		P		S		Cl		Ar							
22.9898		24.3050																26.981		28.086		30.9736		32.066		35.453		39.948							
19	⁺¹	20	⁺²	21	⁺³	22	⁺³	23	⁺³	24	⁺³	25	⁺³	26	⁺²	27	⁺²	28	⁺²	29	⁺¹	30	⁺²	31	⁺³	32	⁺²	33	⁺³	34	⁺⁴	35	⁺⁶	36	⁰
K		Ca		Sc		Ti		V		Cr		Mn		Fe		Co		Ni		Cu		Zn		Ga		Ge		As		Se		Br		Kr	
39.0983		40.078		44.9591		47.88		50.94		51.99		54.93		55.847		58.933		58.69		63.546		65.39		69.723		72.61		74.9216		78.96		79.904		83.8	
37	⁺¹	38	⁺²	39	⁺³	40	⁺⁴	41	⁺³	42	⁺⁶	43	⁺⁴	44	⁺²	45	⁺³	46	⁺²	47	⁺¹	48	⁺²	49	⁺³	50	⁺²	51	⁺³	52	⁺⁴	53	⁺¹	54	⁰
Rb		Sr		Y		Zr		Nb		Mo		Tc		Ru		Rh		Pd		Ag		Cd		In		Sn		Sb		Te		I		Xe	
85.4678		87.62		88.9059		91.224		92.9064		95.94		(98)		101.07		102.906		106.42		107.868		112.411		114.82		118.710		121.75		127.60		126.90		131.29	
55	⁺¹	56	⁺²	57*	⁺³	72	⁺⁴	73	⁺⁵	74	⁺⁶	75	⁺⁴	76	⁺³	77	⁺³	78	⁺²	79	⁺¹	80	⁺¹	81	⁺¹	82	⁺²	83	⁺³	84	⁺²	85	⁺⁶	86	⁰
Cs		Ba		La		Hf		Ta		W		Re		Os		Ir		Pt		Au		Hg		Tl		Pb		Bi		Po		At		Rn	
132.905		137.327		138.906		178.49		180.948		183.85		186.207		190.2		192.22		195.08		196.966		200.59		204.383		207.2		208.98		(209)		(210)		(222)	
87	⁺¹	88	⁺²	89**	⁺³	104	⁺⁴	105		106		107																							
Fr		Ra		Ac		Unq		Unp		Unh		Uns																							
(223)		226.025		227.028		(261)		(262)		(263)		(262)																							
(Parantez içindeki atom ağırlıkları elementin en duraylı izotopunun ağırlığıdır)																																			
(Tablo 1985 yılında Amerikan Kimya Derneği (The American Chemical Society) tarafından yayımlanmıştır)																																			
* Lantanitler		58	⁺³	59	⁺³	60	⁺³	61	⁺³	62	⁺²	63	⁺²	64	⁺³	65	⁺³	66	⁺³	67	⁺³	68	⁺³	69	⁺³	70	⁺³	71	⁺³						
		Ce		Pr		Nd		Pm		Sm		Eu		Gd		Tb		Dy		Ho		Er		Tm		Yb		Lu							
		140.115		140.908		144.24		(145)		150.36		151.965		157.25		158.925		162.50		164.936		167.26		168.934		171.04		174.967							
** Aktinidler		90	⁺⁴	91	⁺⁵	92	⁺³	93	⁺³	94	⁺³	95	⁺³	96	⁺³	97	⁺³	98	⁺³	99	⁺³	100	⁺³	101	⁺²	102	⁺²	103	⁺³						
		Th		Pa		U		Np		Pu		Am		Cm		Bk		Cf		Es		Fm		Md		No		Lr							
		232.038		234.036		238.03		237.05		(244)		(243)		(247)		(247)		(251)		(252)		(257)		(258)		(259)		(260)							

Şekil 4 - Elementlerin periyodik tablosu

Çizelge 2 - Su örnekleri üzerinde incelenen bazı parametreler

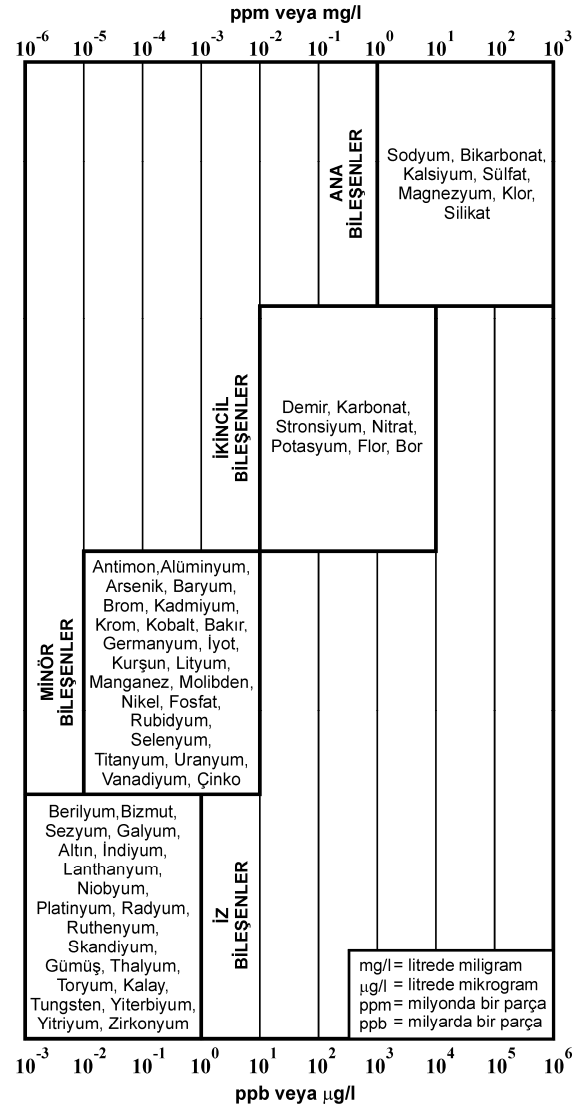
Parametre	Simge	Birim	Ölçüm Yöntemi	Kaynak
Sıcaklık	T	°C	Termometre	[1]
pH	pH	pH birimi	pH metre	[19]
Elektriksel İletkenlik	EC	µS/cm	SCT metre	[19]
Bulanıklık	Turb.	NBB	Türbidimetrik	[19]
Toplam Katılar	TKM	mg/L	Gravimetrik	[1]
Toplam Çözünmüş Katılar	TÇK	mg/L	Gravimetrik	[1]
Askıdaki Katılar	AK	mg/L	Gravimetrik	[1]
Sodyum	Na	mg/L	Fotometrik, Atomik Abs.	[9], [1]
Potasyum	K	mg/L	Fotometrik, Atomik Abs.	[9], [1]
Kalsiyum	Ca	mg/L	EDTA Titrasyon	[9], [1]
Magnezyum	Mg	mg/L	EDTA Titrasyon	[9], [1]
Karbonat	CO ₃	mg/L	Asit Titrasyonu	[9], [1]
Bikarbonat	HCO ₃	mg/L	Asit Titrasyonu	[9], [1]
Klorür	Cl	mg/L	AgNO ₃ Titrasyonu	[9], [1]
Sülfat	SO ₄	mg/L	Türbidimetrik	[9], [1]
Toplam Sertlik	TH	°Fr	Hesapla (Ca ve Mg'dan)	[9], [1]
Deterjan	Det.	mg/L	Spektrofotometrik	[9], [1]
Bor	B	mg/L	Spektrofotometrik	[9], [1]
Amonyum	NH ₄	mg/L	Spektrofotometrik	[9], [1]
Nitrit	NO ₂	mg/l	Spektrofotometrik	[9], [1]
Nitrat	NO ₃	mg/L	Spektrofotometrik	[9]
Orto-Fosfat	o-PO ₄	mg/L	Spektrofotometrik	[9], [1]
Çözünmüş Oksijen	Ç.O.	mg/L	Oksijen Metre	[1]
Organik Madde	ρV indeksi (mg O ₂)/ L		Permanganat Titrasyonu	[9]
Demir	Fe	mg/L	Atomik Absorbsiyon	[1]
Bakır	Cu	mg/L	Atomik Absorbsiyon	[1]
Krom (6)	Cr ⁺⁶	mg/L	Spektrofotometrik	[9], [1]
Kurşun	Pb	mg/L	Atomik Absorbsiyon	[1]
Çinko	Zn	mg/L	Atomik Absorbsiyon	[1]
Nikel	Ni	mg/L	Atomik Absorbsiyon	[1]
Kadmiyum	Cd	mg/L	Atomik Absorbsiyon	[1]
Mangan	Mn	mg/L	Atomik Absorbsiyon	[1]

Suların kimyasal bileşimi, fiziksel ve kimyasal özellikleri arazide yerinde yapılan ölçümlerle ve toplanan su örnekleri üzerinde uygulanan kimyasal analizlerle saptanır. Arazi çalışması yapılmadan önce projede öngörülen hedefe yönelik olarak bütçe olanakları ölçüsünde bir örnekleme stratejisi belirlenmelidir. Toplanan örneklerin kavramsal modelde neyi temsil edebileceği ve hangi soruna çözüm olabileceği öngörülmelidir. Eğer mümkünse, çalışılan alandaki tüm su noktalarından en az bir defa örnekleme yapılmalıdır. Aynı noktadan değişik zamanlarda yapılan örneklemelemlere ait kimyasal analiz sonuçları mevsimsel etki ve beslenme rejimleri açısından farklılık gösterebilmektedir. Bunun dışında eğer olası ise alandaki su noktalarından mevsimsel olarak örnekleme

yapılmalıdır. Örneğin, akiferin beslenme-boşalım rejimi yıllık ise mevsimsel örnekleme ile bu etki ortaya konabilmektedir. Her üç ayda bir yapılacak olan kimyasal amaçlı su ve bakteriyolojik örnekleme akiferin yıllık hidrojeokimyasal davranışını belirlemede yardımcı olacaktır.

Su örnekleme, suların kimyasal özelliklerinin incelenmesinde ve su kalitesi-kirliliği ile ilgili bilgilerin doğru şekilde toplanmasında oldukça önemlidir [10]. Su örneği toplamada hedef, örnekleme suyu doğru şekilde temsil edebilen hacme sahip, kolayca taşınabilen ve laboratuvarında korunabilen bir miktar suyun su noktasından alınmasıdır [1].

Su kalitesi ve kirliliği incelemelerinde, arazi gözlem programının belirlenmesinden önce incelemenin amaçları açık olarak belirlenmelidir. Belirlenen bu amaçlar, incelenecek parametreleri su kalitesi verileri için gerekli güvenilirlik derecesini, analiz ve örnekleme yöntemini belirleyici olmaktadır [12 ve 15].



Şekil 5 - Yeraltısularında bulunabilecek çözülmüş maddeler [16, 7]

Su örneklerinin türleri, su noktalarından alınıp biçimlerine göre isimlendirilmektedir. Bunlar; 1) kapma (anlık), 2) bileşik (kompozit) ve 3) entegre su örnekleridir.

Kapma (anlık) örnekler, bir su kütlesinin belirli bir noktasından belli bir anda alınan su örnekleridir. Alındığı noktayı ve zamanı temsil eder. Bununla birlikte, alındığı su kütlesi belli bir zaman periyodunda veya belli uzaklıklara kadar bileşim yönünden oldukça sabit kalıyorsa, örnek bu periyodu ve alanı temsil eder [1, 6].

Bileşik (kompozit) su örnekleri ise, belirli zaman dilimlerinde alınmış karışım suyunu ifade eder. Kapma (anlık) örnekler belirli bir zamanı temsil ederken bileşik (kompozit) örnekler belli bir süreci temsil ederler.

Entegre su örneği ise, tüm kuyu boyunca ve değişik birimlerden gelen suların kuyu başında aynı anda toplanması veya örnekleme esasına dayanmaktadır.

Bir suda yapılan analizin doğruluğu elektro-nötrality (EN) eşitliği ile belirlenmektedir (EN değerine anyon-kasyon dengesi de denmektedir). Elektro-nötrality, sudaki majör kasyon (+ (artı) değerlikli iyonlar) ve anyon (- (eksi) değerlikli iyonlar) dengesini ifade etmektedir. Sular elektriksel açıdan nötr olduklarından dolayı anyon ve kasyon toplamları eşit olmalıdır [1]. Doğru bir kimyasal analiz sonucunda majör kasyon ve anyon miktarı meq/l derişim birimi cinsinden yaklaşık aynı olmalıdır. Fakat iyonların kimyasal analizlerinde yapılan hatalardan dolayı çoğu zaman bu eşitlik sağlanamaz. Su analizinin doğru sayılabilmesi için elektro-nötrality (EN) değerinin % 5'ten küçük olması istenmektedir [1]. Yüzde olarak Elektro-Nötrality (EN) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$EN = \left| \frac{\Sigma \text{Kasyon} - \Sigma \text{Anyon}}{\Sigma \text{Kasyon} + \Sigma \text{Anyon}} \right| \times 100 \quad (1)$$

Burada,

|| Mutlak değeri,

ΣKasyon Majör kasyonların derişim toplamlarını (meq/L),

ΣAnyon Majör anyonların derişim toplamlarını ifade etmekte (meq/L)

dir.

3.2 Yeraltısuyu Kirliliği ve Kirlenici Kaynaklar

Yeraltısularının kalitesi, zamansal ve alansal boyutlarda derişimler gösterir. Yeraltısularındaki kalite derişimleri çoğunlukla yüzey sularındakinden yavaş oluşur. Geniş yayımlı ve nispeten homojen bir akiferde açılmış kuyulardaki suyun kimyasal içeriği uzun dönemlerde pek fazla derişmez. Bundan dolayı yeraltısuyu kalitesindeki derişimler aylık, mevsimlik veya yıllık periyotlarla alınan örneklerle yeterince ortaya konabilmektedir. Bununla birlikte yeraltısuyu kirliliği incelemelerinde kirliliğin özelliklerine ve ortam şartlarına göre daha kısa periyotlarla gözlem yapmak da gerekebilmektedir.

Yeraltısuyu kirliliği suyun doğal özelliklerinin insan, hayvan veya endüstriyel kaynaklardan itibaren oluşan fiziksel, kimyasal, biyolojik maddeler ile değiştirilmesi şeklinde ifade edilebilir. Kirlilik ile su kalitesi çok yakın ilişkili iki tanımdır ve bazen aynı anlamlarda kullanılmaktadır. Su kirliliğini, suyun değişik etkiler sonucunda kullanım amacının gerektirdiği özelliklerini yitirmesi veya değiştirmesi olarak tanımlamak da mümkündür. Yeraltısuyunda kirliliği oluşturan nedenler çok çeşitli ve sınırsız sayıda olabilir. Hidrolojik çevrim içinde suyun özelliklerini değiştiren birçok dış etken söz konusu olabilir. Çizelge 3'te yeraltısuyu kirliliğini oluşturan en yaygın kirlenme elemanları ve Çizelge 4'te ise yeraltısuyu kirliliğinin anlaşılmasına/araştırılmasına yardımcı olabilecek temel hidrojeokimyasal analizler özetlenmiştir.

Bu çalışmalar ile eş zamanlı yürütülen yeraltısuyu örneklemeleri, kirlenmelerin akifere ulaşp-ulaşmadığını veya akiferin hangi seviyelerde kirlenmeye maruz kaldığının belirlenmesinde önemlidir. Gözlemlerin hangi periyotlarla yapılacağı; seçilecek örnekleme noktaları sayısına, incelenecek parametre miktarına, çalışmayı yürütecek insan gücüne, laboratuvar ve su noktalarına ulaşım olanaklarına, çalışmanın finansman durumuna göre belirlenmektedir.

Hidrojeoloji çalışmalarının başında su kaynaklarının mevcut kimyasal durumlarının belirlenmesi temel amaçtır. Yeraltısuyunun kirlilik etkisinde olup olmadığını belirlenmesi için çalışılan alanın su kalitesi ve kirliliği açısından genel değerlendirilmesi yapılmalıdır. Bu çalışmalar sonunda yeraltısularının var olan kimyasal özellikleri ile birlikte eğer var ise kirlenme dereceleri belirlenebilir. Kentsel kirlenme katkıların anlaşılmasına ve açıklanmasına yardımcı olacağından atık su boşalım noktalarındaki sular da kimyasal analiz için örneklendirilmelidir.

4 AVRUPA BİRLİĞİ (AB) YERALTISUYU YÖNERGELERİ

Avrupa Birliği (AB)'nin doğrudan veya dolaylı olarak yeraltısularıyla ilgili hazırladığı birçok yönerge vardır. Bu yönergelerden bazılarının ad ve numaraları tarihsel sıralamayla Çizelge 5'te sunulmuştur.

1980 tarihli eski yeraltısuyu yönergesi (80/68/EEC) 2013 yılında hükümsüz olacaktır ve bunun yerine 2006 yılında kabul edilen yeni yeraltısuyu yönergesi (2006/118/EC) hükümleri uygulanacaktır. 2013 yılına kadar yeni yeraltısuyu yönergesi şartlarına uyum sağlamak

diğer üye/aday üye ülkeler için olduğu gibi ülkemiz için de önemlidir.

2006 yılında kabul edilen yeni yeraltısuyu yönergesinde özellikle iki parametre için standart getirilmiştir. Bunlar: nitrat ($\text{NO}_3=50$ mg/L) ve pestisit'dir (her bir pestisit türü için limit=0,1 µg/L, toplam pestisit için limit=0,5 µg/L'dir).

Yönergeye göre yeraltısuyu kütlesini kalite yönünden risk altında sokabilecek diğer kimyasal maddeler için ise her üye ülke kendi eşik değerini (*threshold value*) belirlemek zorundadır. Bu kimyasal maddelerden bazıları ise: arsenik (As), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), cıva (Hg), amonyum (NH_4), klorür (Cl), sülfat (SO_4), trikloroetilen (C_2HCl_3), tetrakloroetilen ($\text{Cl}_2\text{C}=\text{CCl}_2$) ve elektriksel iletkenliktir. Dolayısıyla yukarıdaki parametrelerin yeraltısuyu kalite değerlendirmesi için izlenmeleri, periyodik aralıklarla ölçümleri gerekmektedir.

Bu yönergeler doğrultusunda yeraltısularının kirlilik durumlarının belirlenmesi, korunması ve izlenmesi için AB ülkelerinde gerçekleştirilen çalışmalarda, her yeraltısuyu kütlesinde veya başka bir deyişle her ovada/havzada temsil edici bir noktada bir izleme kuyusunun olması istenmektedir. Avrupa Birliği'ne uyum çerçevesinde yeraltısularının korunmasına yönelik olarak ülkemizde Küçük Menderes Havzası'nda gerçekleştirilen pilot proje kapsamında belirlenen yeraltısuyu kalite gözlem kuyularına örnek Şekil 6'da verilmiştir. Kalite izlemesi için yeraltısuyu kütlesinde seçilen kuyu sularından elde edilecek kimyasal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ve belirli dönemlerde ilgili birimlere raporlanması AB üye ülkelerinden periyodik olarak istenmektedir.

Yönergeye göre yeraltısularının kimyasal açıdan izlenmesinden önce, o bölgedeki yeraltısuyu kimyasal bileşenlerinin eşik değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Eşik değeri yeraltısularındaki çözünmüş maddeler için bir standarttır. Eşik değerinin belirlenmesinin amacı, yerel koşulları da dikkate alarak yeraltısularının bugünkü durumunu belirlemek ve kirliliğe karşı korumaktır. Eşik değerler, ulusal temelde veya yeraltısuyu kütlesi ölçeğinde belirlenebilmektedir (yönergede bu seçim üye ülkeye bırakılmıştır). Ülkelerdeki akifer tiplerinin oldukça çeşitli olmasından ve akifer litolojisinin yeraltısuyu kimyasal karakterini etkileyeceğinden ve dolayısıyla ulusal geçmiş değerler/derişimler (*national background value*) farklı olacağından, her ülke kendi eşik değerini

belirlemekle yükümlüdür. Yönergeye göre, eğer yeraltısuyundaki kirletici unsur o kirletici için belirlenen eşik değer % 75'inden fazla olursa

üye devlet bu olumsuz koşulu ortadan kaldırmak ve suyun iyi kaliteye dönmesi için gerekli tedbirleri almakla yükümlüdür.

Çizelge 3 - Yeraltısuyu kirliliğine neden olan kaynaklar [18]

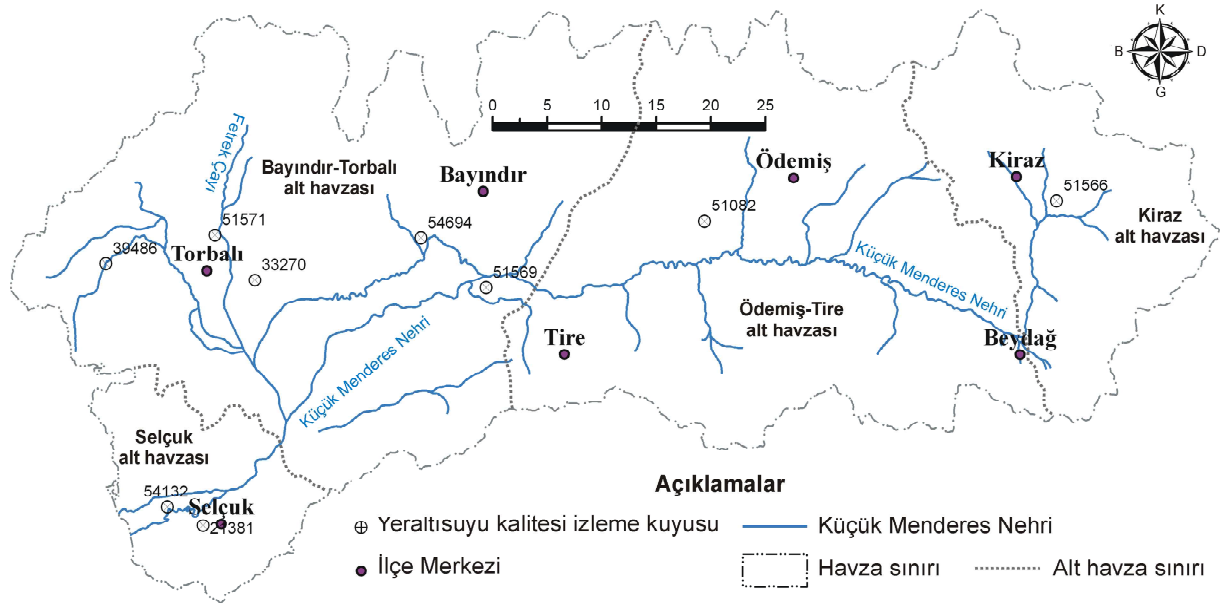
Kirlenme Kaynağı veya Nedeni	Kirlenmenin Geometrisi			Depolama Yöntemi						
	Hoktasal	Çizgisel	Dağınık	Sızıntı Havuzları	Yüzeysinden Yayılma ve Sulama	Sızdırma Çukurları ve Hendekler	Kuru Dere Yatakları	Atık Sahaları (Katı Dolgu)	Atık Kuyuları	Enjeksiyon Kuyuları
*** Kentsel ***										
Kanalizasyondan sızma	X	X								
Sıvı atıklar	X	X	X	X	X	X	X		X	
Katı atıklar	X							X		
*** Endüstriyel ***										
Sıvı atıklar	X			X		X			X	X
Depo ve boru hatları										
Sızma/sızıntı	X	X								
Maden çalışmaları	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Petrol salınaması	X	X	X	X	X	X	X			X
*** Tarımsal ***										
Sulama geri dönüş suyu			X		X					
Hayvan atıkları	X		X	X	X	X		X		
Gübreleme ve toprak düzenlemeleri			X		X					
Pestisitler			X		X					
*** Çeşitli ***										
Kaza sonucunda kirletici yayılımı, yüzeysel boşalmaları ve döküntüler	X									
Yüzeysel malzeme depolaması (inşaat malzemesi veya hammadde)	X									
Foseptik ve lağım çukurları	X		X		X	X		X		
Yolların tuzlanması		X	X							
Kaza sonucunda kirletici yayılımı	X									
Tuzlu su girişi	X		X							
Kuyular arası yerdeğiştirme	X									
Yüzeysel suları	X	X								

Çizelge 4 - Yeraltısuyu kalite değerlendirmesi için yapılması gereken analizler ([4]'den alınmıştır).

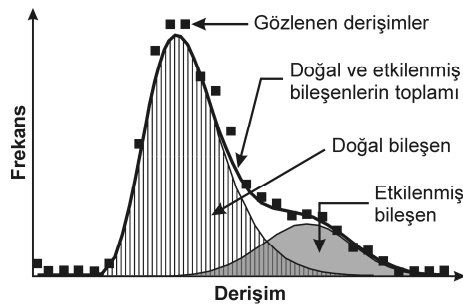
Ölçüm Grubu	Belirlenen Parametreler
Arazi Ölçümleri	Sıcaklık, pH, indirgenme (reduction) - yükseltgenme (oxidation) (redox) potansiyeli (Eh), çözülmüş oksijen (DO), elektriksel iletkenlik (EC), alkalinite
Majör İyonlar	Ca, Mg, Na, K, HCO ₃ , CO ₃ , Cl, SO ₄ , PO ₄ , NH ₄ , NO ₃ , NO ₂ , TOK, EC
Minör İyonlar	Al, Cd, Hg, As, I, Mo, Ba, Cr, Ni, Pb, CN, Sr, B, Cu, Br, Li, Zn, Se, Sb, Fe, Mn
Organik	Toplam organik karbon (TOK), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), aromatik hidrokarbonlar, halojenik hidrokarbonlar, fenoller, klorofenoller
Pestisit	Atrazine, simazine, mecoprop, isoproturon, trillate, 2-Methyl-4-chlorophenoxyacetic asit ve bölgede kullanılan diğer pestisitler
Bakteri	Toplam koliform, fekal koliform, 22°C ve 37°C'deki koloni sayıları
Not:	NO ₃ ve NO ₂ çoğunlukla toplam organik azot (TOA) olarak birlikte ölçülürler. Toplam organik karbon (TOK) organik kirliliğin bir belirteçidir.

Çizelge 5 - Avrupa Birliği tarafından yeraltısuları ile ilgili hazırlanmış olan yönergeler

Yıl	Yönerge Adı ve Numarası
1980	Yeraltısuyu yönergesi (80/68/EEC) ve İçme suyu yönergesi (80/778/EEC)
1991	Nitrat yönergesi (91/8/EC) ve Bitki koruma-üretim yönergesi (91/414/EEC)
1998	Biosit yönergesi (98/8/EC)
2000	Su çerçeve yönergesi (2000/60/EC)
2006	Yeni yeraltısuyu yönergesi (2006/118/EC)

**Şekil 6 - Küçük Menderes Havzası'nda yeraltısuyu kalite izlemesi için seçilmiş kuyulara örnek [8]**

Yeraltısuyunun kimyasındaki doğal arka plan seviyesi (*natural background level (NBL)*) bozulmamış doğal durumu (herhangi bir insani etkinin olmadığı durum) göstermektedir. Genellikle, doğal arka plan seviyesi yeraltısuyunda izlenen parametrenin ölçülen derişim değerlerinin ortalaması olmamaktadır (Şekil 7).

**Şekil 7 - Eşik değerin belirlenmesinde kullanılan frekans-derişim grafiği**

Frekans-derişim grafiğinden de anlaşılacağı üzere doğal arka plan seviyesi yüksek frekansta

(sıklıkta) gözlenen derişim ile etkilenmiş bileşen arasında (Şekil 7'deki taralı ve gölgeli alan kesişimi) olabilmektedir. Eğer bir bölge için yeraltısuyu kalitesi kimyasal verileri yeterli uzunlukta ve sayıda ise alandaki doğal ve kirletilmiş yeraltısuyu hakkında fikir yürütmek, bunları birbirinden ayırmak ve eşik değerleri belirlemek oldukça kolay olabilmektedir.

Yeraltısuyu kalite değerlendirmesinde veya başka bir deyişle yeraltısuyu kütlelerinin durumunun değerlendirilmesinde eşik değerlerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Yeraltısuyunda bulunan kimyasal parametrelerin eşik değerlerinin belirlenmesi oldukça kapsamlı bir dizi çalışmayı gerektirmektedir. Bu yüzden AB ülkeleri BRIDGE (**B**ackground **c**riteria for The **I**dentification of **G**roundwater **T**hresholds) isimli bir proje ile bu eşik değerlerini belirlemeye yönelik çalışmalar yapmaktadırlar. Birçok AB ülkesinin katılımıyla gerçekleştirilen bu projede amaç: nehir havzası veya yeraltısuyu kütlelerinin kimyasal parametrelerinin eşik değerlerinin

bilimsel sonuçlar temelinde belirlenmesinde bir yöntem bilimi (metodoloji) ortaya koymaktır.

5 ÖNERİLER

Yeraltısuyu kalitesi değerlendirmelerine ve yorumlamalarına temel olacak su analizlerinin yapılacağı yeraltısuyu örneklerinin arazide örneklemede oldukça titiz davranmak gerekmektedir. Yeraltısuyu kalitesinin izlenmesinde: izleme sisteminin tasarımı, kurulması, işletilmesi ve değerlendirilmesi aşamaları bir plan dahilinde ve sürekli olmalıdır. İzlemeyi gerçekleştirecek olan personel zaman zaman eğitime alınarak bu konuda olan yeni gelişmelerden haberdar edilmelidir. Rutin hale gelmiş ve bu nedenle de hatalar içerebilecek olan izleme ve örnekleme aşamaları tekrar tekrar hatırlanmalı ve sürekli eğitim sağlanmalıdır. Genel Müdürlüğümüz bünyesindeki su kimyası laboratuvarları bazı özel analizleri (örneğin: pestisit, PAH (*polycyclic aromatic hydrocarbon*) bileşenleri (örn.: trikloroetilen (C_2HCl_3), tetrakloroetilen ($Cl_2C=CCl_2$)) vb. gibi) yapabilecek kapasiteye ulaştırılmalıdır.

6 KAYNAKLAR

- [1] APHA – AWWA - WPCF, 1981, Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater, 15th Edition, American Public Health Assoc., Washington, USA, 1134 p.
- [2] Appelo, C.A.J. and Postma, D., 1994, Geochemistry, Groundwater and Pollution, Published by A.A. Balkema, P.O. Box 1675, 3000 BR Rotterdam, Netherlands ISBN 90-5410-105-9, 536 p.
- [3] Barber, C. and Davies, G.B., 1987, "Representative Sampling of Groundwater from Short-Screened Boreholes", Groundwater, Vol. 25, p. 581-587.
- [4] Brassington, R., 1988, Field Hydrogeology, John Wiley and Sons, 2nd edition, 248 p.
- [5] Cherry, J.A., 1983, "Piezometers and Other Permanently-installed Devices for Groundwater Quality Monitoring", Proc. Conf. on Groundwater and Petroleum Hydrocarbons: Protection, Detection and restoration, IV-1 IV-39.
- [6] Classen, H.C., 1982, Guidelines and Techniques for Obtaining Water Samples that Accurately Represent The Water Chemistry of An Aquifer, USGS Survey Open-File Report No.82-1024, 49 p.
- [7] Delleur, J. W., 1999, Elementary Groundwater Flow and Transport Processes, Groundwater Contaminants, The Handbook of Groundwater Engineering, Editor: J.W.Delleur, CRC Press, USA.
- [8] DSİ (General Directorate of State Hydraulic Works), MoEF (Ministry of Environment and Forestry), Grontmij Nederland bv, Witteveen+Bos and Ecorys, 2008, "Strengthening the Capacity of Sustainable Groundwater Management, Final Report Task 3 Pilot Groundwater Management Plan Küçük Menderes Project", Reference Number: PPA05/TR/7/8, 117 p.
- [9] Gamsız, E. ve Ağacık, G., 1981, Su ve Analiz Metodları, DSİ Gn.Md. Yayını, 158 s., Ankara.
- [10] Hem, J.D., 1985, Study and Interpretation of The Chemical Characteristics of Natural Water, USGS Water-Supply Paper 2254, Alexandria, VA 22304, USA, 263 p.
- [11] Lloyd, J.W. and Heathcote, J.A., 1985, Natural Inorganic Hydrochemistry in Relation to Groundwater, Clarendon Pres, Oxford, 296 p.
- [12] Miles, D.L. and Cook, J.M., 1981, "Chemical Aspects of The Collection and Evaluation of Data on The Quality of Groundwater: Quality of Groundwater", Studies in Environmental Science 17, Elsevier Scientific Publ. Comp., Amsterdam, The Netherlands, 725-731.
- [13] Pauszek, F.H., 1972, Digest of Catalog of Information on Water Data, Open-File Repot, USGS, 66 p.
- [14] Robin, M.J.L. and Gillham, R.W., 1987, "Field Evaluation of Well Purging Procedures", Groundwater Monitoring Review, Vol. 7, p. 85-93.
- [15] Scaif, M.R., McNabb, J.F., Dunlap, W.J., Cosby, R.L. and Freyberger, J.S., 1981, Manual of Groundwater Quality Sampling Procedures, USEPA, EPA-600/2-81-160, Oklahoma, 93 p.
- [16] Spitz, K. and J. Moreno, 1966, Practical Guide to Groundwater and Solute Transport Modeling, John Wiley and Sons, New York.
- [17] Stone, W.J., 1999, Hydrogeology in Practice: A Guide to Characterizing Groundwater Systems, Prentice Hall Inc., ISBN 0-13-899154-5, 248 p., USA.
- [18] Todd, D.K., 1980, Groundwater Hydrology, John Wiley and Sons, USA, 535 p.
- [19] USGS, 1979, Methods for Determination of Inorganic Substances in Water and Fluvial Sediments, U.S. Government Printing Office, Washington, USA, 626 p.
- [20] <http://www.sukimyasi-lab.hacettepe.edu.tr>, Hacettepe Üni. Hidrojeoloji Müh. Su Kimyası Lab.

EK 1

SU KİMYASI VE BAKTERİYOLOJİK AMAÇLI ÖRNEKLEMELERDE İZLENECEK YOL [20]**• Bakteriyolojik analiz için su örnekleme (Toplam ve fekal koliform)**

Su örneklerinin alınacağı koyu renkli cam şişeler steril olmalı, ağzına ve kapağına (tıpa vb.) kesinlikle elle ya da başka bir cisimle temas edilmemelidir. Su örneğinin şişeye doldurulmasından önce (örneğin az miktarda alkol emdirilmiş pamuk yakılarak) suyun çıkış noktası (musluk, boru vb.) sterilize edilmelidir. Daha sonra 1-2 dakika su boşa akıtılır. Havadan ve diğer kaynaklardan bakteri bulaşmaması için alüminyum folye ile sarılı olan şişenin tıpası, folye üzerinden tutularak çıkarılıp, içinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde şişe tamamen doldurulur. Tıpa tekrar alüminyum folyeden tutularak takılır. Tıpanın yerinden oynamaması ve su sızıntısı olmaması için yedek alüminyum folye ile şişe ağzı sarılarak, sıkıca kapatılır. Şişe etiketine örnek adı yazılır ve en geç 24 saat içinde serin bir ortamda (örneğin 4°C'de, buz kutusu) korunarak laboratuvara ulaştırılır. Örneklemeden önce şişenin ağzı açılmamalı ve hava ile temas ettirilmemelidir. Örnek hacmi 500 ml'den az olmamalıdır.

• Kirlilik analiz için su örnekleme (NO₂-NO₃-NH₄-PO₄)

Örnek şişesi (cam ya da plastik) daha önce saf sülfürik asit (H₂SO₄) ile yıkanmış ve damıtık su ile çalkalanarak durulanmış olmalı, tercihen yeni şişe kullanılmalıdır. İki adet şişe örnek alınacak su ile birkaç kez çalkalandıktan sonra doldurulur. Şişelerden birine pH≤2 olacak şekilde derişik ve yüksek saflıkta H₂SO₄ ilave edilir. Diğer örnek şişesine ise her 100 ml örnek için yaklaşık 5 ml derişik ve yüksek saflıkta kloroform ilave edilir. Her iki örnek şişesi de su ile ağzına kadar doldurularak içinde hava kabarcığı kalmaması sağlanır. Şişeler etiketlenip (etiket üzerlerine ne tür koruyucu bulunduğu belirtilmelidir), örnek adı yazılır ve en geç 24 saat içinde serin bir ortamda (4°C'de, buz kutusu) korunarak laboratuvara ulaştırılır. Örnek hacmi her iki örnek için en az 250 ml olmalıdır.

• Anyon-kasyon analizi için su örnekleme (Cl-CO₃-HCO₃-SO₄-Na-K-Ca-Mg):

Örnek şişesi (cam ya da plastik) daha önce saf nitrik asit (HNO₃) ile yıkanmış ve damıtık su ile çalkalanarak durulanmış olmalı, tercihen yeni şişe kullanılmalıdır. İki adet şişe örnek alınacak su ile birkaç kez çalkalandıktan sonra doldurulur. Şişelerden birine pH≤2 olacak şekilde derişik ve yüksek saflıkta HNO₃ ilave

edilir (kasyon analizi için). Genellikle 250 ml'lik örnek şişesinde pH'ın 2 dolayına düşmesi için 3-4 damla asit yeterlidir. Diğer şişeye ise hiç bir koruyucu katılmaz (anyon analizi için). Her iki şişe örnek alınacak su ile tamamen doldurulur ve şişe içinde hava kabarcığı kalmamasına özen gösterilir. Şişeler etiketlenip (etiket üzerlerine ne tür koruyucu bulunduğu belirtilmelidir), örnek adı yazılır ve 24 saat içinde serin bir ortamda (4°C'de, buz kutusu) laboratuvara ulaştırılır. Asit (HNO₃) eklenmiş örneklerin hacmi en az 250 ml, katkısız örneklerin hacmi ise en az 500 ml olmalıdır.

• Ağır metal analizi için su örnekleme (Fe-Mn-Cu-Zn-Pb-Cd-Co-Ni-Cr vd.)

Eğer kasyon analizi için örnekleme yapılmış ise ayrıca ağır metal analizi için örnek alınmasına gerek yoktur. Sadece metal analizi yapılacak ise pH≤2 olacak şekilde derişik ve yüksek saflıkta HNO₃ ilave edilmiş 250 ml örnek yeterli olmaktadır. Şişe etiketlenip (etiket üzerine ne tür koruyucu bulunduğu belirtilmelidir), örnek adı yazılır ve 24 saat içinde serin bir ortamda (4°C'de, buz kutusu) laboratuvara ulaştırılır.

• Ek açıklamalar

Yukarıda belirtilen analizler dışındaki parametre analizi için analizin yaptırılacağı laboratuvar ile görüşülmesi gerekmektedir. Bakteriyolojik analizler dışındaki örnekler polietilen şişelere alınabilir. Analiz tekniklerinin günden güne gelişmesi ile yukarıda verilmiş olan örnek hacmi ve koruma yöntemleri de değişebilmektedir. Bu nedenle araziden su örneği almadan önce çalışılan laboratuvar ile bağlantıya geçilerek, istenen kimyasal analiz türüne göre ilgili bilgiler laboratuvar yetkililerinden alınmalıdır. Yukarıda ayrıntısıyla verilen su kimyası amaçlı örnekleme yollarla ilgili bilgileri içeren özet Ek Çizelge 1'de verilmiştir.

Ek Çizelge 1 - Su kimyası amaçlı alınmış su örneklerini koruma yöntemleri [1]

Analizi Yapılacak Parametre	Gerekli Örnek Hacmi (mL)	Örnek Kabı	Örneğin Korunması	Örneğin Bekleme Süresi
Asidite	100	P,C	Soğuk, 4°C	24 saat
Alkalinite	100	P,C	Soğuk, 4°C	24 saat
Arsenik	100	P,C	HNO ₃ , pH<2	6 ay
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	1000	P,C	Soğuk, 4°C	6 saat
Brom	100	P,C	Soğuk, 4°C	24 saat
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	50	P,C	H ₂ SO ₄ , pH<2	7 gün
Klorür	50	P,C	Gerek yok	7 gün
Renk	50	P,C	Soğuk, 4°C	24 saat
Siyanür	500	P,C	Soğuk, 4°C NaOH, pH=12	24 saat
Çözünmüş Oksijen				
Sonda	300	C	Yerinde belirlenir	Yok
Winkler titrasyon	300	C	Yerinde belirlenir	Yok
Florür	300	P,C	Soğuk, 4°C	7 gün
Sertlik	100	P,C	Soğuk, 4°C	7 gün
İyot	100	P,C	Soğuk, 4°C	24 saat
MBAS	250	P,C	Soğuk, 4°C	24 saat
Metaller				
Çözünmüş	200	P,C	Yerinde filtrelendir HNO ₃ , pH<2	6 ay
Metal Askıda Toplam	100	P,C	Yerinde filtrelendir HNO ₃ , pH<2	6 ay
Cıva				
Çözünmüş	100	P,C	Filtrelendir HNO ₃ , pH<2	38 gün (cam) 13 gün (sert plastik)
Cıva Toplam	100	P,C	HNO ₃ , pH<2	38 gün (cam) 13 gün (sert plastik)
Azot				
Amonyum	400	P,C	Soğuk, 4°C H ₂ SO ₄ , pH<2	24 saat
Kjeldahl	500	P,C	Soğuk, 4°C H ₂ SO ₄ , pH<2	24 saat
Nitrat	100	P,C	Soğuk, 4°C H ₂ SO ₄ , pH<2	24 saat
Nitrit	50	P,C	Soğuk, 4°C H ₂ SO ₄ , pH<2	24 saat
NTA	50	P,C	Soğuk, 4°C	24 saat
Petrol ve Yağ	1000	C	Soğuk, 4°C H ₂ SO ₄ , pH<2	24 saat
Organik Karbon	25	P,C	Soğuk, 4°C H ₂ SO ₄ , pH<2	24 saat
pH	25	P,C	Soğuk, 4°C Yerinde belirlenir	6 saat
Fenol	500	C	Soğuk, 4°C H ₃ PO ₄ , pH<4, 1.0 g CuSO ₄ /1	24 saat
Fosfor				
Orto-Fosfat	50	P,C	Soğuk, 4°C, Yerinde filtrelendir	24 saat
Çözünmüş				
Fosfor Hidrolize	50	P,C	Soğuk, 4°C H ₂ SO ₄ , pH<2	24 saat
Toplam Fosfor	50	P,C	Soğuk, 4°C	24 saat
Toplam Fosfor Çözünmüş	50	P,C	Soğuk, 4°C, Yerinde filtrelendir	24 saat
Kalıntı				
Filtrelenebilir	100	P,C	Soğuk, 4°C	7 gün
Filtrelenemeyen	100	P,C	Soğuk, 4°C	7 gün
Toplam	100	P,C	Soğuk, 4°C	7 gün
Uçucu	100	P,C	Soğuk, 4°C	7 gün
Çöken Madde	1000	P,C	Gerek yok	24 saat
Kalıntı				
Filtrelenebilir	100	P,C	Soğuk, 4°C	7 gün
Filtrelenemeyen	100	P,C	Soğuk, 4°C	7 gün
Toplam	100	P,C	Soğuk, 4°C	7 gün
Uçucu	100	P,C	Soğuk, 4°C	7 gün
Çöken Madde	1000	P,C	Gerek yok	24 saat

Ek Çizelge 1 - (Devam)

Analizi Yapılacak Parametre	Gerekli Örnek Hacmi (mL)	Örnek Kabı	Örneğin Korunması	Örneğin Bekleme Süresi
Selenyum	50	P,C	H ₃ PO ₄ , pH<4	6 ay
Silis	50	P	Soğuk, 4°C	7 gün
Elektriksel İletkenlik	100	P,C	Soğuk, 4°C, Yerinde belirlenir	24 saat
Sülfat	50	P,C	Soğuk, 4°C	7 gün
Sülfür	50	P,C	2 ml çinko asetat	24 saat
Sülfid	50	P,C	Soğuk, 4°C	24 saat
Sıcaklık	1000	P,C	Yerinde belirlenir	Yok
Koku eşiği	200	C	Soğuk, 4°C	24 saat
Bulanıklılık	100	P,C	Soğuk, 4°C	7 gün

Açıklamalar; P: polietilen örnek kabı, C: cam örnek kabı

YÜKSEK BASINÇLI VE SERBEST YÜZEYLİ KAPAKLI KONDUİTLERİN HAVALANDIRMA PERFORMANSLARI

Mehmet ÜNSAL

Dr., İnş. Yük. Müh., Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü ELAZIĞ
munsal@firat.edu.tr

Ahmet BAYLAR

Doç. Dr., İnş. Yük. Müh., Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnş. Müh. Bölümü ELAZIĞ
abaylar@firat.edu.tr

Fahri ÖZKAN

Yrd. Doç. Dr., İnş. Yük. Müh., Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü ELAZIĞ
fozkan@firat.edu.tr

Mehmet TUĞAL

Yrd. Doç. Dr., İnş. Yük. Müh., Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü ELAZIĞ
mtugal@firat.edu.tr

(Bildirinin geliş tarihi: 16.01.2009, Bildirinin kabul tarihi: 29.04.2009)

ÖZET

Sudaki çözünmüş oksijen miktarı, su kalitesi ve suda yaşayan canlıların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için çok önemlidir. Hidrolik yapılar, su ile kısa bir süre için temasta olmalarına rağmen, sudaki çözünmüş oksijen miktarını hızlı bir şekilde arttırılabilir. Bu hızlandırılmış oksijen transferinin asıl sebebi, çok miktarda hava kabarcığının akım içerisine kazandırılmasıdır. Bu hava kabarcıkları, kütle transferi için mevcut yüzey alanını önemli miktarda arttırır. Böylece havalandırma performansı arttırılmış olur. Bu çalışmada, yüksek basınçlı ve serbest yüzeyle kapaklı konduitlerin hava giriş ve havalandırma performansları karşılaştırılmıştır. Konduitlerde Reynolds sayısı arttıkça hava girişi ve havalandırma performans değerleri artmıştır. Büyük Reynolds sayılarında maksimum havalandırma performansına yakın değerler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek basınçlı konduit, serbest yüzeyle konduit, havalandırma, oksijen transferi

AERATION PERFORMANCES OF HIGH HEAD AND FREE SURFACE GATED CONDUITS

ABSTRACT

The amount of dissolved oxygen in water is very important for water quality and existence of aquatic life. Hydraulic structures can rapidly increase the amount of dissolved oxygen in waters, even though the water is in contact with the structure for only a short time. The primary reason for this accelerated oxygen transfer is that a large number of air bubbles is entrained into the flow. These air bubbles greatly increase the surface area which is available for mass transfer and hence aeration efficiency. In this study, air entrainment and aeration efficiency of high head and free surface gated conduits were compared with each other. Air entrainment and aeration efficiency increased as Reynolds number increased in conduits. At high Reynolds numbers, almost maximum aeration efficiency occurred.

Key Words: High head conduit, free surface conduit, aeration, oxygen transfer

1 GİRİŞ

En önemli su kalite parametrelerinden biri, su içindeki çözülmüş oksijen konsantrasyonudur. Tabii olarak meydana gelen birçok biyolojik faaliyet ve kimyasal reaksiyonlarda oksijen kullanılmasıyla sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonu azalır. Fiziksel olarak oksijen transfer işlemi; oksijenin, atmosferden alınarak yeniden suya kazandırılmasıdır ki buna havalandırma adı verilmektedir.

Günümüzde çeşitli nedenlerle akarsularda oluşan çözülmüş oksijen konsantrasyonu eksikliğinin ekolojik dengeyi tehdit ettiği bilinmektedir. Ekolojik dengeyi korumak için akarsularda gerekli olan çözülmüş oksijen konsantrasyonu sağlanmalıdır. Oksijen transferinin hızlandırılması için, çok miktarda hava kabarcığının su içerisine kazandırılması gerekmektedir. Bu hava kabarcıkları, kütle transferi için mevcut yüzey alanını büyük miktarda arttırdığından transfer edilen oksijen miktarı da artar.

Akarsular üzerinde inşa edilecek olan hidrolik yapılarla havalandırma yapılarak gerekli çözülmüş oksijen konsantrasyonu elde edilir. Hidrolik yapılar yardımıyla atmosferden alınan hava, su içerisine hava kabarcıkları şeklinde aktarılır. Böylece suya hızlı bir şekilde oksijen kazanımı sağlanmış olur. Hidrolik yapıların havalandırma performansı; su kalitesi, su sıcaklığı, mansap su derinliği, suyun düşme

yüksekliği, debi, çözülmüş oksijen eksikliği ve hidrolik yapının tipi gibi parametrelere bağlıdır.

Bu çalışmada; yüksek basınçlı ve serbest yüzeyli kapaklı konduitlerin hava giriş ve havalandırma performansları karşılaştırılmıştır.

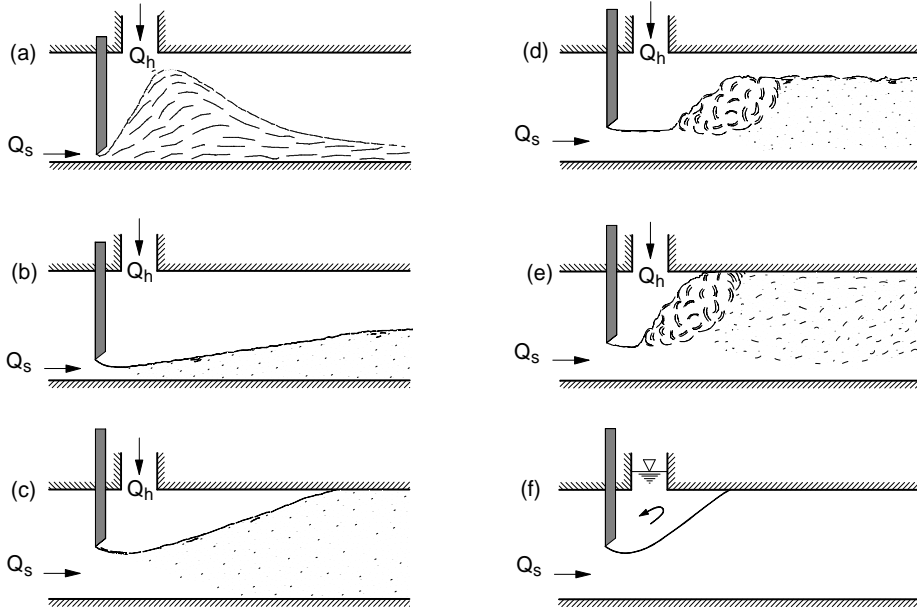
2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Son yıllarda Baylar [2], Baylar ve Emiroğlu [3], Emiroğlu ve Baylar [9], Baylar ve diğ. [4, 6, 7, 8,], Bağatur [1], Özkan [11], Özkan ve diğ. [12,13], Baylar ve Özkan [5], Ünsal [15], Ünsal ve diğ. [16, 17] hidrolik yapılarda hava giriş ve havalandırma performansı üzerine çeşitli çalışmalarda bulunmuşlardır.

3 KONDUİT HAVALANDIRICILAR

Kapaklı konduitlerde su, kapağın altından hızlı bir şekilde geçerken kapağın mansabında atmosfer basıncından daha düşük bir basıncın oluşmasına neden olur. Bu düşük basınç nedeniyle kapağın hemen mansabında açılan hava deliğinden konduit içerisine hava girişi olur (Şekil 1). Atmosferden vakumlanan hava, kabarcıklar halinde suya karışır. Vakumlanan bu hava:

- Kavitasyon hasarlarını azaltmak,
- Vibrasyon etkisi ve kararlı akım şartlarını limit değerlere çekmek,
- Oksijen transferini hızlandırmak için kullanılır.



Şekil 1 - Kapaklı konduitlerde oluşabilecek akım tiplerinin sınıflandırılması

- a) Sprey akım (püskürme şeklinde); b) Serbest yüzeyli akım; c) Köpüklü akım; d) Hidrolik sıçrama - 1; e) Hidrolik sıçrama - 2; f) Sadece su akımı [14]

Özkan ve diğ. [12], Ünsal [15], Ünsal ve diğ. [16, 17], yaptıkları çalışmalarda yüksek basınçlı ve serbest yüzeyli konduitlerin hava giriş ve havalandırma performanslarını incelemiştir. Her iki tip kapaklı konduitte de debi, kapak açıklığı ve konduit uzunluğuna bağlı olarak hava giriş ve havalandırma performanslarını tespit etmişlerdir.

Deneylerde kullanılan yüksek basınçlı kapaklı konduit dikdörtgen kesitli olup genişliği 4 cm ve yüksekliği 8 cm'dir. Serbest yüzeyli kapaklı konduit de dikdörtgen kesitli olup genişliği 4 cm ve yüksekliği 25 cm'dir. Konduitlerin boyu (L) 2 m ile 6 m arasında değiştirilmiştir. Sürgülü kapağın mansabında 1.6 cm çapında bir delik vasıtasıyla konduit içerisine girmesi sağlanmıştır. Her iki durum için kapak açıklıkları (h) 1,6 cm ile 4,8 cm arasında değiştirilmiştir. Şekil 2 ve 3'te görülen deney düzenekleri kullanılarak yapılan deneylerde öncelikle hava deliğinden giren hava miktarı ölçülmüştür. Sonra da memba ve mansaptan alınan numunelerde çözülmüş oksijen miktarı ölçülerek sistemlerin havalandırma performansı tespit edilmiştir.

Havalandırma performansının belirlenmesinde Gulliver ve diğ. [10] tarafından sunulan aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$E = \frac{C_d - C_u}{C_s - C_u} \quad (1)$$

Burada;

E Havalandırma performansı (-),

C_u Membadaki çözülmüş oksijen konsantrasyonu (mg/L),
 C_d Mansaptaki çözülmüş oksijen konsantrasyonu (mg/L),
 C_s Sudaki çözülmüş oksijenin doygunluk konsantrasyonudur (mg/L).

$E = 0$ değeri hidrolik yapının, mansap suyunda oksijen transferine neden olmadığını, $E = 1$ değeri ise mansap suyunun doygunluğa ulaştırıldığını göstermektedir. Çok karşılaşılan bir durum olmamakla beraber, $E > 1$ değerleri hidrolik yapı vasıtasıyla mansap suyunun aşırı doygunluğa ulaştırıldığını ifade etmektedir ($C_d > C_s$).

Farklı sistemlerin karşılaştırılmasında üniform bir temel sağlamak için, havalandırma performansının belirli bir sıcaklıkta standart hale getirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla Gulliver ve diğ. [10] tarafından verilen aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$E_{20} = 1 - (1 - E)^{1/f} \quad (2)$$

Burada;

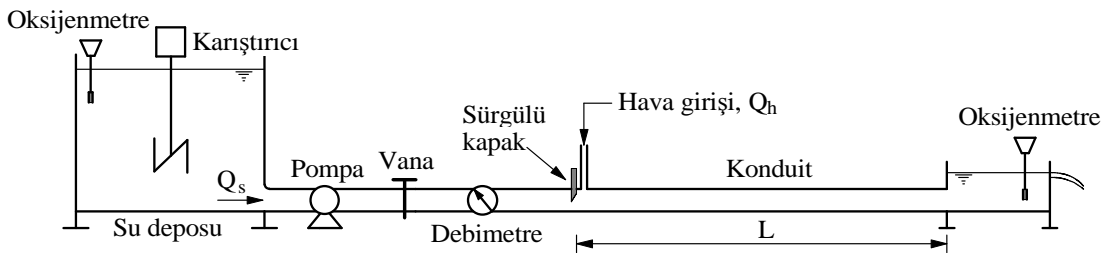
E_{20} 20 °C su sıcaklığındaki havalandırma performansı (-)

f Su sıcaklığının fonksiyonu olarak (3) nolu denklem ile ifade edilen bir katsayıdır.

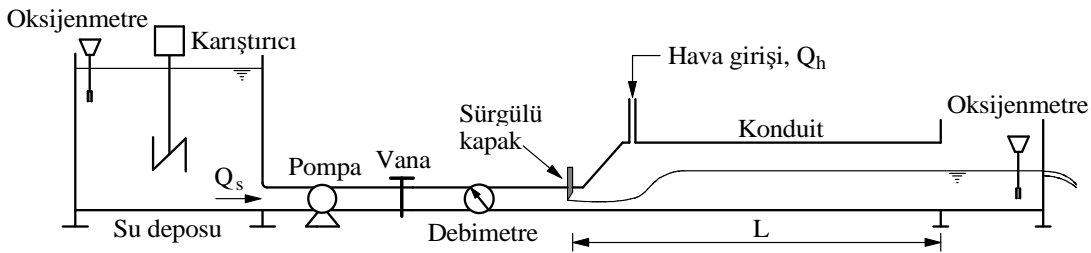
$$f = 1,0 + 0,02103(T - 20) + 8,261 \times 10^{-5}(T - 20)^2 \quad (3)$$

Burada;

T Su sıcaklığıdır (°C).



Şekil 2 - Yüksek basınçlı kapaklı konduit deney düzeneği [16]



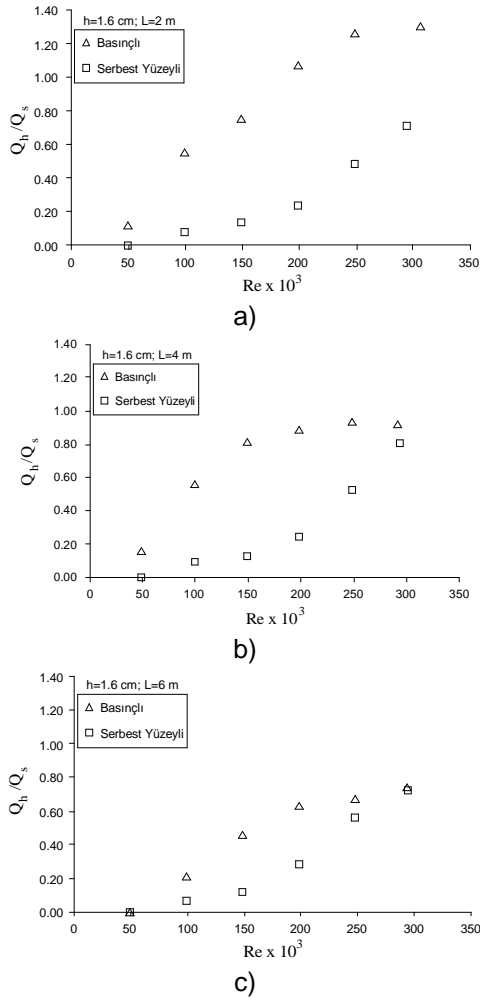
Şekil 3 - Serbest yüzeyli kapaklı konduit deney düzeneği [17]

4 YÜKSEK BASINÇLI VE SERBEST YÜZEYLİ KONDUİTLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

4.1 Hava Giriş Oranlarının Karşılaştırılması

Şekil 4 a-c'de kapak açıklığı $h=1,6$ cm ve uzunlukları $L=2$ m, 4 m ve 6 m olan basınçlı ve serbest yüzeyli konduitlerin hava giriş oranları karşılaştırılmıştır. Reynolds sayısının, Re artmasıyla doğru orantılı olarak her iki tip konduitte hava giriş oranı Q_h/Q_s (hava debisi / su debisi) artış göstermiştir. Her iki tip konduitte küçük Reynolds sayılarında hava giriş oranı birbirine yakınken, büyük Reynolds sayılarında basınçlı konduitte hava giriş oranı serbest yüzeyli konduite nazaran daha yüksek değerlere sahip olmuştur.

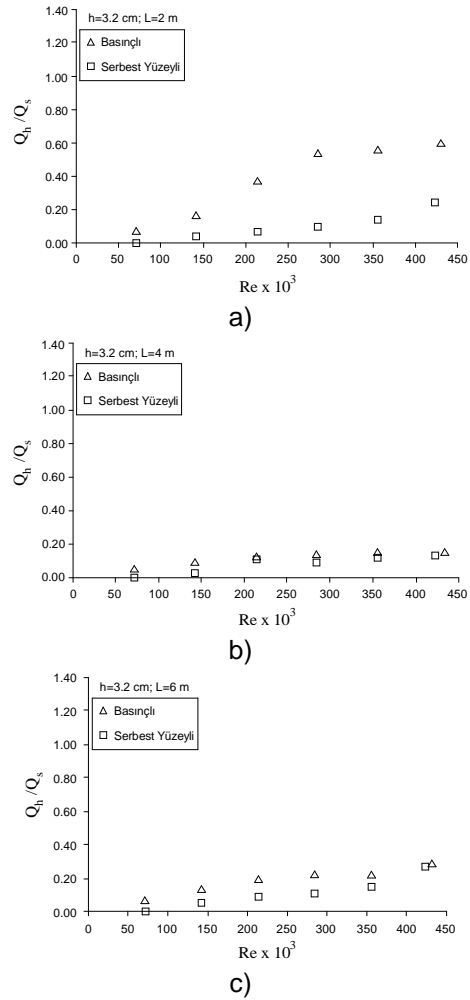
Bu durum, basınçlı konduitte memba ve mansap arasındaki basınç farkının, serbest yüzeyli konduitteki memba ve mansap arasındaki basınç farkından daha yüksek olmasıyla ifade edilebilir. Bir başka deyişle basınç farkının artması daha fazla havanın konduit içerisine girmesine sebep olmaktadır.



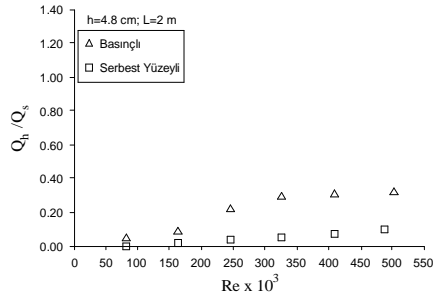
Şekil 4 - Reynolds sayısı ile hava giriş oranının değişimi ($h=1,6$ cm)

Kapak açıklıkları $h=3,2$ cm ve 4,8 cm, uzunlukları $L=2$ m, 4 m ve 6 m olan basınçlı ve serbest yüzeyli konduitlerin hava giriş oranları Q_h/Q_s incelendiğinde, 2 m konduit boyunca basınçlı konduit, serbest yüzeyli konduite göre daha yüksek hava giriş oranına sahipken, konduit boyundaki artışla birlikte hava giriş oranları birbirine çok yakın değerler almıştır (Şekil 5 a-c ve Şekil 6 a-c).

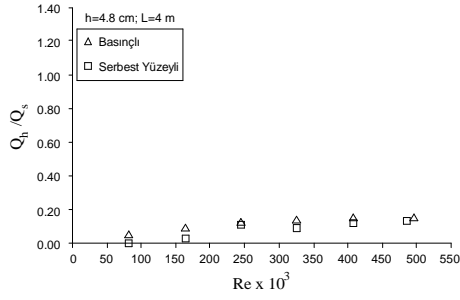
Bunun nedeni konduit boyunun artması ile, kapağın memba ve mansap arasındaki basınç farkının azalmasıdır. Memba ve mansap arasında azalan bu basınç farkının etkisiyle atmosferden vakumlanacak hava miktarı azalacaktır. Böylece giren havanın azalması hava giriş oranının düşmesine sebep olacaktır.



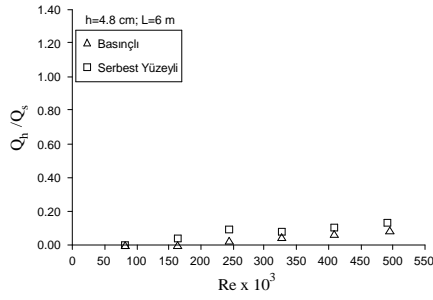
Şekil 5 - Reynolds sayısı ile hava giriş oranının değişimi ($h=3,2$ cm)



a)



b)



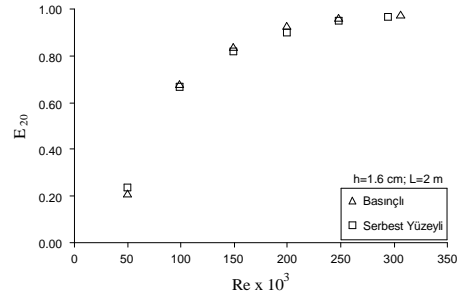
c)

Şekil 6 -- Reynolds sayısı ile hava giriş oranının değişimi (h=4,8 cm)

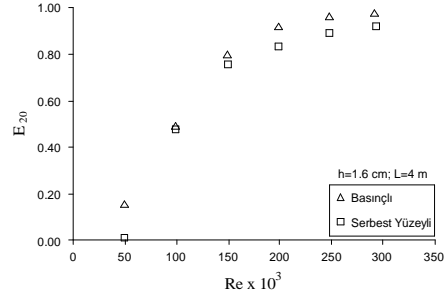
4.2 Havalandırma Performanslarının Karşılaştırılması

Hem serbest yüzeyle hem de basınçlı konduitte bütün kapak açıklığı ve konduit uzunluklarında Reynolds sayısı arttıkça havalandırma performansı E_{20} artmıştır. Ayrıca her iki konduitte havalandırma performanslarında önemli bir fark görülmemiştir (Şekil 7, 8 ve 9 a-c).

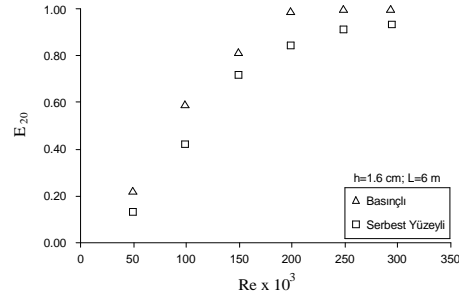
Hem serbest yüzeyle hem de basınçlı konduitte büyük Reynolds sayılarında havalandırma performansı maksimum değere ($E_{20}=1$) ulaşmıştır. Şekil 7, 8 ve 9 a-c'den kapak açıklığı, konduit uzunluğu ve konduit tipinin havalandırma performansı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir.



a)

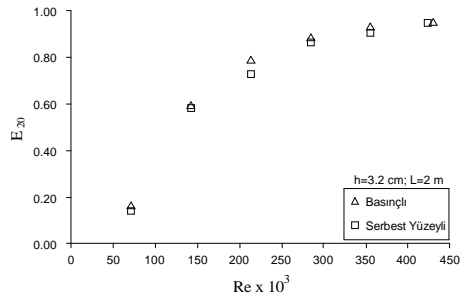


b)

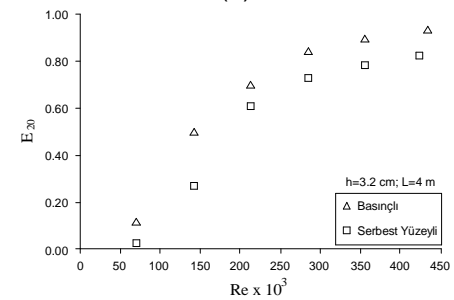


c)

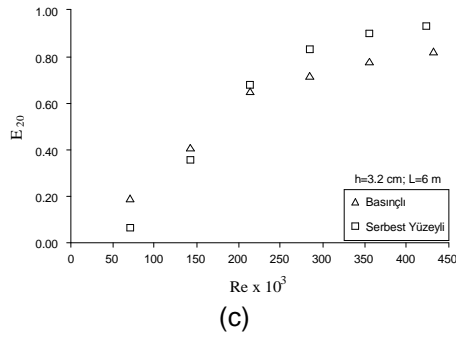
Şekil 7 - Reynolds sayısı ile havalandırma performansının değişimi (h=1,6 cm)



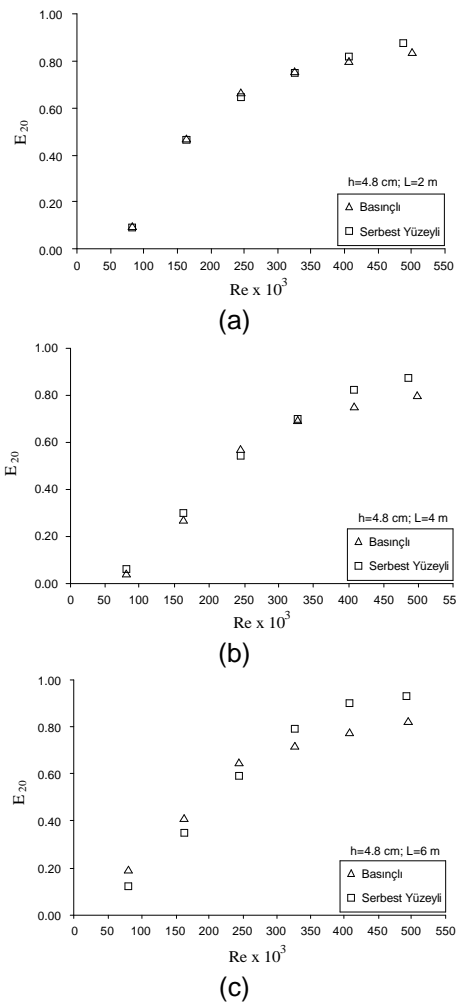
(a)



(b)



Şekil 8 - Reynolds sayısı ile havalandırma performansının değişimi ($h=3,2$ cm)



Şekil 9 - Reynolds sayısı ile havalandırma performansının değişimi ($h=4,8$ cm)

5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yüksek basınçlı ve serbest yüzeyli kapaklı konduitlerin hava giriş ve havalandırma performansları karşılaştırılmıştır. Her iki konduitte de Reynolds sayısının artmasıyla hava giriş ve havalandırma performansı artmıştır. Büyük Reynolds sayılarında havalandırma performans değeri her iki tip konduitte maksimum değere

ulaşmıştır. Böylece, yüksek basınçlı ve serbest yüzeyli kapaklı konduitlerin sularda çözünmüş oksijen konsantrasyonunu artırmada yüksek bir verimlilikle kullanılabilirliği anlaşılmaktadır.

Ayrıca bu yapılar yüksek hava giriş performansları sebebiyle atıksu arıtımında, biyolojik tasfiyede gerekli oksijenin sisteme verilmesinde, demir (Fe^{++}) ve manganın (Mn^{++}) oksidasyonu veya amonyumun (NH_4^+) giderilmesinde, sudaki belirli uçucu organik bileşiklerin uzaklaştırılmasında, su içindeki çözünmüş gazların sebep olduğu tat ve kokuların azaltılmasında, suyun karbondioksit miktarının azaltılmasında, basınçlı su sistemleri içerisine gaz enjeksiyonunda (ozon, klor...), basınçlı sulama sistemleri içerisine kimyasal madde ve sıvı gübre enjeksiyonunda, gaz flotasyon sistemlerinde kullanılabilir. Bunlara ilaveten bu sistemler su depoları, havuzlar ve göletlerde çözünmüş oksijen standartlarının karşılanması için sisteme oksijen verilmesinin gerektiği durumlarda kolay bir şekilde monte edilebilir. Son yıllarda damla sulama sistemlerinde sulama suyu içerisine havanın enjekte edilmesi ile toprağın havalandırılması yapılmaktadır. Sulama suyu içerisine enjekte edilen hava, kök solunumunu ve mikro-organizma aktivitelerini artırarak büyüme şartlarını iyileştirmektedir. Böylece üründe önemli bir miktarda artış sağlanmaktadır. Bu sulama sistemlerine de yüksek basınçlı kapaklı konduitler monte edilerek kullanılabilir.

Bu yapıların ilk yatırım maliyeti oldukça düşük ve kullanımı kolaydır. Motor, konduit ve kapaktan oluşan basit yapısı ile kolay işletme koşulları sağlanmaktadır. Bakım ve onarım maliyetleri yok denilecek kadar azdır. Bu sistemlerin oldukça sessiz çalışmaları da bir avantaj olarak sayılabilir.

6 KAYNAKLAR

- [1] Bagatur, T., 2005, "Minimal Conditions for Venturi Aeration of Water Flows", Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Water Management 158 (3), p. 127–130.
- [2] Baylar, A., 2002, "Savak Havalandırıcı-larda Tip Seçiminin Oksijen Transferine Etkisinin İncelenmesi", Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [3] Baylar, A., Emiroglu, M. E., 2003, "Air Entrainment and Oxygen Transfer in a Venturi", Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Water & Maritime Engineering, 156 (WM3), p. 249–255.
- [4] Baylar, A., Ozkan, F., Ozturk, M., 2005, "Influence of Venturi Cone Angles on Jet Aeration Systems", Proceedings of the

- Institution of Civil Engineers – Water Management, 158 (WM1), p. 9–16.
- [5] Baylar A., Ozkan F., 2006, “Applications of Venturi Principle to Water Aeration Systems”, Environmental Fluid Mechanics, 6 (4), p. 341–357.
- [6] Baylar A., Ozkan F., Unsal M., 2007, “On the Use of Venturi Tubes in Aeration”, CLEAN – Soil, Air, Water, 35 (2), p. 183–185.
- [7] Baylar, A., Unsal, M., Ozkan, F., 2007, “Determination of the Optimal Location of the Air Hole in Venturi Aerators”, CLEAN – Soil, Air, Water, 35 (3), p. 246–249.
- [8] Baylar, A., Aydin, M.C., Unsal, M., Ozkan, F., 2009, “Numerical Modeling of Venturi Flows for Determining Air Injection Rates Using FLUENT V6.2”, Mathematical and Computational Applications, 14 (2), p. 97–108.
- [9] Emiroglu, M.E., Baylar, A., 2003, “Study of the Influence of Air Holes along Length of Convergent–Divergent Passage of a Venturi Device on Aeration”, Journal of Hydraulic Research, 41 (5), p. 513–520.
- [10] Gulliver, J.S., Thene, J.R., Rindels, A.J., 1990, “Indexing Gas Transfer in Self–Aerated Flows”, Journal of Environmental Engineering ASCE, 116 (3), p. 503–523.
- [11] Özkan F., 2005, “Basınçlı Su Borularında Hava İletimi ve Oksijen Transferinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [12] Ozkan F., Baylar A., Ozturk M., 2006, “Air Entraining and Oxygen Transfer in High–Head Gated Conduits”, Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Water Management, 159 (2), p. 139–143.
- [13] Ozkan F., Ozturk M., Baylar A., 2006, “Experimental Investigations of Air and Liquid Injection by Venturi Tubes, Water and Environment Journal, 20 (3), p. 114–122.
- [14] Sharma, H.R., 1976, “Air–Entrainment in High Head Gated Conduits”, Journal of Hydraulic Division, ASCE, 102 (HY11), p. 1629–1646.
- [15] Ünsal, M., 2007, “Suların Havalandırılmasında Yüksek Basınçlı ve Serbest Yüzeyle Konduitlerin Kullanılması”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [16] Unsal, M., Baylar, A., Tugal, M., Ozkan, F., 2008, “Increased Aeration Efficiency in Waters with High–Head Conduit Flow Systems”, Journal of Hydraulic Research, 46 (5), p. 711–714.
- [17] Unsal, M., Baylar, A., Tugal, M., Ozkan, F., 2009, “Aeration Efficiency of Free–Surface Conduit Flow Systems”, Environmental Technology, in press..

KONDUİT VE VENTURİLERİN HAVALANDIRMA PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Fahri ÖZKAN

Yrd. Doç. Dr., İnş. Yük. Müh., Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü ELAZIĞ
fozkan@firat.edu.tr

Ahmet BAYLAR

Doç. Dr., İnş. Yük. Müh., Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnş. Müh. Bölümü ELAZIĞ
abaylar@firat.edu.tr

Mehmet ÜNSAL

Dr., İnş. Yük. Müh., Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü ELAZIĞ
munsal@firat.edu.tr

Mehmet TUĞAL

Yrd. Doç. Dr., İnş. Yük. Müh., Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü ELAZIĞ
mtugal@firat.edu.tr

(Bildirinin geliş tarihi: 16.01.2009, Bildirinin kabul tarihi: 29.04.2009)

ÖZET

Çözünmüş oksijen konsantrasyonu su kalitesini gösteren önemli bir kriterdir. Su kalitesi ve su kalitesinin iyileştirilmesi, içerisindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonu ile yakından ilişkilidir. Çözünmüş oksijen seviyesi ne kadar yüksek olursa, su kalitesinin o kadar iyi olduğu söylenebilir. Suyun çözünmüş oksijen konsantrasyonunu artırmak için havalandırma işlemi kullanılır. Havalandırma, doğal metotlarla veya hidrolik yapılarla su ve hava arasındaki temas yüzey alanının artırılması yöntemidir. Bu çalışmada, yüksek basınçlı kapaklı konduitler ile venturilerin hava giriş ve havalandırma performansları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, küçük Reynolds sayılarında venturilerin, Reynolds sayısının artması ile de yüksek basınçlı kapaklı konduitlerin hava giriş ve havalandırma performansı açısından daha uygun olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Konduit, venturi, havalandırma, oksijen transferi

COMPARISON OF CONDUITS AND VENTURIS IN TERMS OF AERATION PERFORMANCE

ABSTRACT

The dissolved oxygen concentration in water is a prime indicator of the water quality. Water quality and its enhancement have a close connection with the presence of dissolved oxygen concentration. Higher dissolved oxygen level indicates better water quality. Aeration is used in water treatment to increase the concentration of dissolved oxygen. Aeration is the process by which the area of contact between water and air is increased, either by natural methods or by hydraulic structures. In this study, high-head gated conduits and venturis are compared in terms of air entrainment and aeration performance. In conclusion, it is observed that at low Reynolds numbers, venturis have higher air entrainment and aeration efficiency than high-head gated conduits, but as Reynolds numbers increased, high-head gated conduits have higher air entrainment and aeration efficiency than venturis.

Key Words: Conduit, venturi, aeration, oxygen transfer

1 GİRİŞ

Su kalitesini belirleyen önemli parametreler arasında sıcaklık, pH değeri, elektriksel iletkenlik, suda bulunan katı maddeler, bulanıklık ve çözünmüş oksijen konsantrasyonu bulunmaktadır [12]. Tabii olarak meydana gelen birçok biyolojik faaliyet ve kimyasal reaksiyonlarda oksijen kullanılır. Bu nedenle, sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu azalır. Fiziksel olarak oksijen transfer işlemi; oksijenin, atmosferden alınarak yeniden suya kazandırılmasıdır ki buna havalandırma adı verilmektedir. Suya oksijen transferinin yanı sıra havalandırılma, aşağıdaki amaçlarla da kullanılır [10]:

- Demir (Fe^{++}) veya Manganın (Mn^{++}) oksidasyonu
- Amonyumun (NH_4^+) giderilmesi
- Karbondioksitin giderilmesi veya kazandırılması
- Metanın giderilmesi
- Uçucu yağlar ve kimyasal maddelerin giderilmesi
- Hidrojen sülfürün giderilmesi

Son yıllarda Baylar [2], Baylar ve Emiroğlu [3], Emiroğlu ve Baylar [9], Baylar ve diğ. [4, 6, 7, 8], Bağatur [1], Özkan [13], Özkan ve diğ. [14,15], Baylar ve Özkan [5], Ünsal [16], Ünsal ve diğ. [17,18] hava giriş ve havalandırma performansları üzerine çeşitli çalışmalarda bulunmuşlardır.

Bu çalışmada; kapaklı konduitler ile venturi havalandırıcıların hava giriş ve havalandırma performansları karşılaştırılmıştır.

2 HAVALANDIRMA PERFORMANSI

Havalandırma performansı, Gulliver ve diğ. [11] tarafından suyun doygunluk konsantrasyonuna ulaşabilmesi için yapının oksijen kazandırma yeteneği olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

$$E = \frac{C_d - C_u}{C_s - C_u} \quad (1)$$

Burada;

- E Suyun havalandırma performansı (-),
- C_u Membada ölçülen çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/L),
- C_d Mansapta ölçülen çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/L),
- C_s Sudaki çözünmüş oksijenin doygunluk konsantrasyonudur (mg/L),
- r Çözünmüş oksijen eksiklik oranıdır.

$E = 0$ değeri hidrolik yapının, mansap suyunda oksijen transferine neden olmadığını, $E = 1$ değeri ise mansap suyunun doygunluğa ulaştırıldığını göstermektedir. Çok karşılaşılan bir durum olmamakla beraber, $E > 1$ değerleri hidrolik yapı vasıtasıyla mansap suyunun aşırı doygunluğa ulaştırıldığını ifade etmektedir ($C_d > C_s$).

Oksijenin doyma konsantrasyonu, sıcaklığın fonksiyonu olması nedeniyle, havalandırma performansı da sıcaklığa bağlıdır. Farklı sistemlerin karşılaştırılmasında üniform bir temel sağlamak için, havalandırma performansının belirli bir sıcaklıkta standart hale getirilmesi gerekmektedir. Gulliver ve diğ. [11], havalandırma performansının sıcaklıkla olan değişimini aşağıdaki denklem ile ifade etmişlerdir.

$$E_{20} = 1 - (1 - E)^{1/f} \quad (2)$$

Burada;

E_{20} 20 °C su sıcaklığındaki havalandırma performansı (-)

f Su sıcaklığının fonksiyonu olarak (3) nolu denklem ile ifade edilen bir katsayıdır.

$$f = 1,0 + 0,02103(T - 20) + 8,261 \times 10^{-5}(T - 20)^2 \quad (3)$$

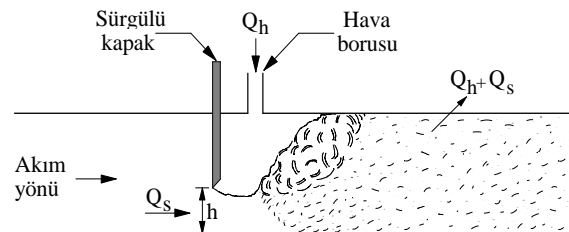
Burada;

T Su sıcaklığıdır (°C).

3 KONDUİT VE VENTURİ HAVALANDIRICILAR

3.1 Konduit havalandırıcılar

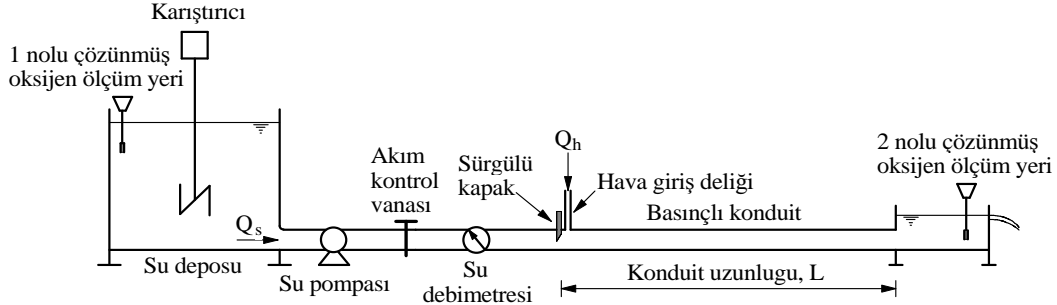
Kapaklı konduitlerde su kapağın altından geçerken daraltma nedeniyle kazandığı hız kapağın mansabında düşük bir basıncın oluşmasına neden olur. Bu düşük basınç nedeniyle kapağın hemen mansabında açılan hava borusundan hava giriş meydana gelir. Atmosferden vakumlanan hava, kabarcıklar halinde suya karışmış olur (Şekil 1). Akım içerisine hava alınması oksijen transferini hızlandırmanın yanında kavitezyon hasarlarını azaltmak, vibrasyon etkisi ve kararlı akım şartlarını limit değerlere çekmek için de kullanılır.



Şekil 1 - Yüksek basınçlı kapaklı konduit

Ünsal ve diğ. [17] yüksek basınçlı kapaklı konduitler üzerine bir dizi deneysel araştırma yapmışlardır. Bu çalışmalarda debi, kapak açıklığı ve konduit uzunluğuna bağlı olarak hava giriş ve havalandırma performanslarını tespit etmişlerdir. Deneylerde dikdörtgen kesitli konduit kullanmışlardır (Şekil 2). Bu konduitin

genişliği 40 mm ve yüksekliği 80 mm olup konduitin boyu (L) 2 m ile 6 m arasında değiştirilmiştir. Sürgülü kapağın mansabında 16 mm çapında bir delik açılarak dış ortamdaki havanın bu delik vasıtasıyla konduit içerisine girmesi sağlanmıştır. Sürgülü kapağın açıklığı (h) 16 mm ile 48 mm arasında değiştirilmiştir.



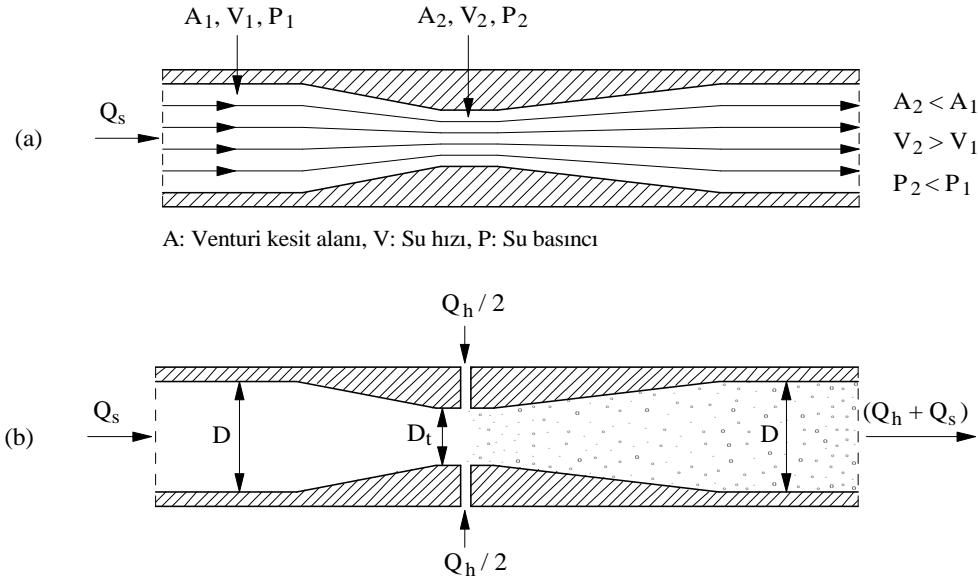
Şekil 2 - Kapaklı konduit deney düzeneği [17]

3.2 Venturi havalandırıcılar

Venturi, bir boru boyunca deşarj edilen akışkan akımının debisini ölçmek için uzun yıllardan beri kullanılan bir ayardır. Boru içindeki akışkan akımının hızını arttırmak için girişteki boru kesitinden daha küçük kesit alanına sahip bir boğaz bölgesinde daralma yapılır (Şekil 3a). Bu bölgede akışkan hızının artmasına paralel olarak basınç düşüşü olmaktadır. Bu basınç düşüşünden yararlanılarak venturi aygıtının boğaz bölgesinden gaz ve sıvı vakumlanması yapılabilmektedir (Şekil 3b).

Venturi aygıtının genel uygulama alanları şunlardır:

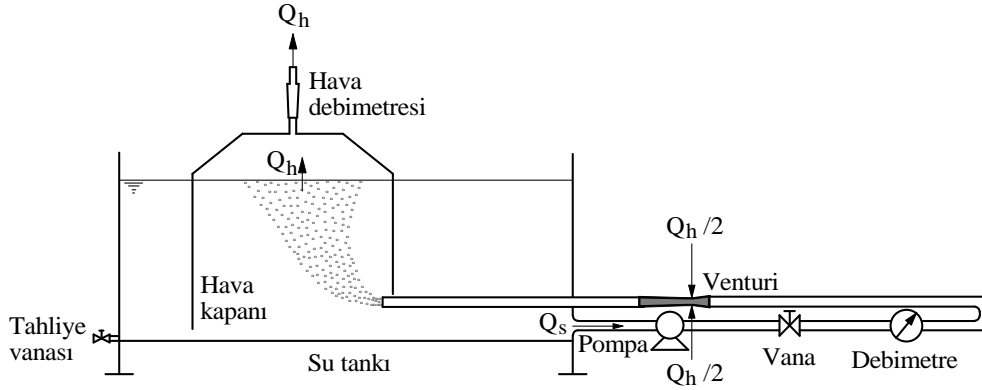
- Havalandırma ve oksijen transferinde (örneğin; atıksu – içme suyu arıtımında, su ürünleri yetiştirme havuzlarında),
- Gaz (ozon, klor) enjeksiyonunda (örneğin; içme suyu arıtımında),
- Kimyasal madde enjeksiyonunda (örneğin; tarımsal sulamada sıvı gübre enjeksiyonunda).



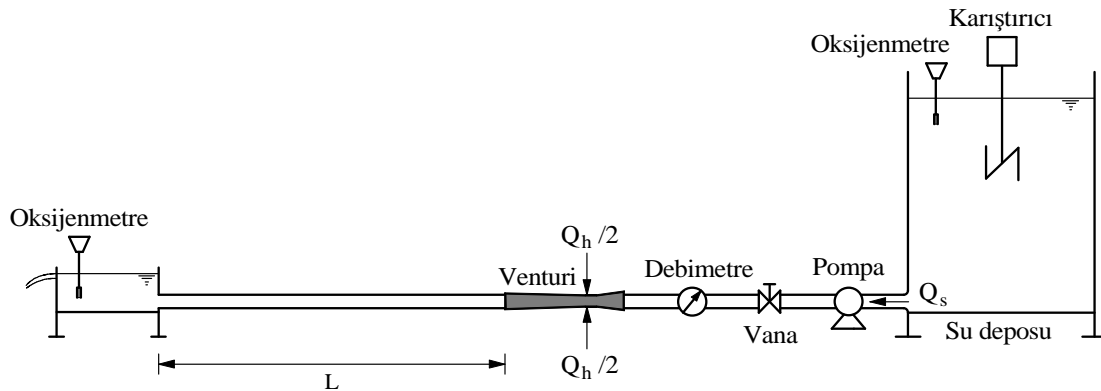
Şekil 3 - Venturi aygıtının çalışma prensibi

Özkan ve diğ. [15], venturi havalandırıcılar üzerine bir dizi deneysel çalışma yapmışlardır (Şekil 4 ve 5). Venturi havalandırıcılarda, debi ve venturi mansabındaki boru uzunluğuna bağlı olarak hava giriş ve havalandırma performanslarını tespit etmişlerdir. Deneylerde giriş ve çıkış çapları 36 mm, 42 mm ve 54 mm olan venturiler kullanmışlardır. Çapın artması ile hava giriş performansının azaldığını tespit etmişlerdir. Bu nedenle mevcut çalışmada, kapaklı konduitletler ile hava giriş ve havalandırma performansları karşılaştırılırken

en yüksek verime sahip olan 36 mm çapındaki venturi havalandırıcıya ait sonuçlar kullanılmıştır. Kullanılan venturi havalandırıcının boğaz bölgesi çapının giriş çapına oranı 0.75'dir. Boğaz bölgesi uzunluğu boğaz bölgesi çapı kadardır. Giriş konisinin açısı 21° ve çıkış konisinin açısı 7° 'dir. Venturi havalandırıcı yatay konumda olup mansabındaki boru uzunluğu (L) 2.5 m ve 5.0 m olarak alınmıştır. Venturi havalandırıcı boğaz bölgesi üzerinde iki adet 5.0 mm çapında hava giriş deliği açılmıştır.



Şekil 4 - Venturilerde hava girişi ölçüm düzeneği [15]



Şekil 5 - Venturilerde havalandırma performansı ölçüm düzeneği [15]

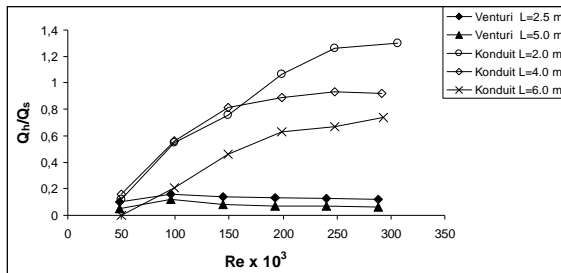
4 KARŞILAŞTIRMA VE YORUMLAR

4.1 Hava giriş oranlarının karşılaştırılması

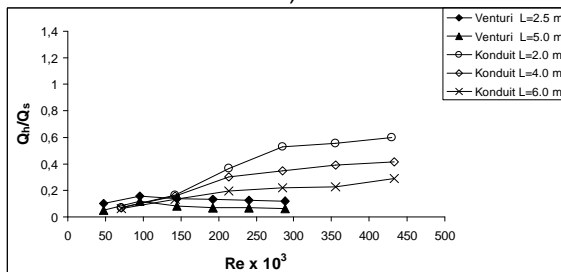
Şekil 6 a - c'de venturi ve konduitin hava giriş oranları (Q_h / Q_s) karşılaştırılmıştır. Venturilerde Reynolds sayısının artmasının hava giriş oranı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Benzer şekilde venturinin boyunda (L) meydana gelen artış hava giriş oranı üzerinde önemli bir değişiklik oluşturmamıştır. Ortalama olarak venturinin hava giriş oranı 0,10 - 0,20 arasında değişmiştir.

Yüksek basınçlı kapaklı konduitlerde ise Reynolds sayısının artışına bağlı olarak hava giriş oranı artış göstermiştir. Ortalama olarak yüksek basınçlı kapaklı konduitlerin hava giriş oranı 0,10 - 1,30 arasında değişmiştir. Yüksek basınçlı kapaklı konduitlerde venturilere göre oldukça yüksek hava giriş oranı elde edilmiştir.

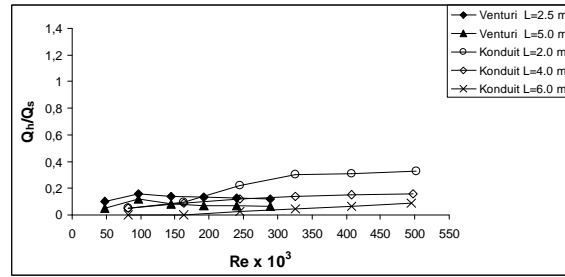
Aynı kapak açıklığında konduit boyunun artması hava giriş oranının azalmasına neden olmuştur. Bunun sebebi boyun artmasıyla kapak mansabında oluşan basıncın atmosfer basıncına yaklaşması olarak açıklanabilir. Kapak açıklığının artması da hava giriş oranının azalmasına neden olmuştur. Bunun sebebi ise, hava debisindeki artışın su debisindeki artıştan daha az olmasıdır. Şekil 6 a - c'de görüldüğü gibi küçük Reynolds sayılarında venturiler, Reynolds sayısının artması ile de yüksek basınçlı kapaklı konduitler daha yüksek hava giriş performansına sahip olmuşlardır.



a)



b)



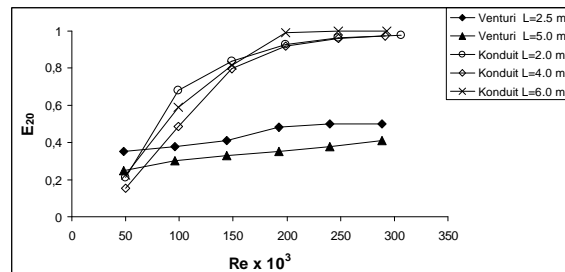
c)

Şekil 6 - Reynolds Sayısına bağlı olarak Q_h / Q_s oranının değişimi (a) $h=16$ mm; (b) $h=32$ mm; (c) $h=48$ mm

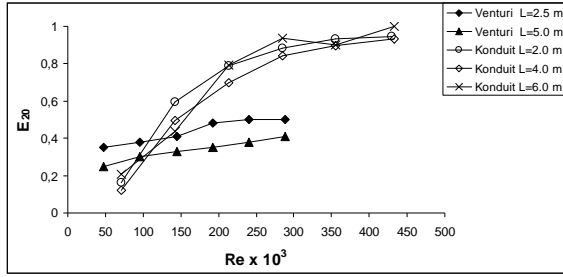
4.2 Havalandırma performanslarının karşılaştırılması

Şekil 7 a-c'de venturiler ile yüksek basınçlı kapaklı konduitlerin havalandırma performansları (E_{20}) karşılaştırılmıştır. Venturilerde Reynolds sayısının artmasıyla havalandırma performansı artmıştır. Ancak boy artışı ile havalandırma performansı azalmıştır. Bunun sebebi boyun artmasıyla venturi boğaz bölgesinde oluşan basıncın atmosfer basıncına yaklaşması olarak açıklanabilir. Genel olarak venturilerin havalandırma performansları 0,20-0,50 arasında değişim göstermektedir.

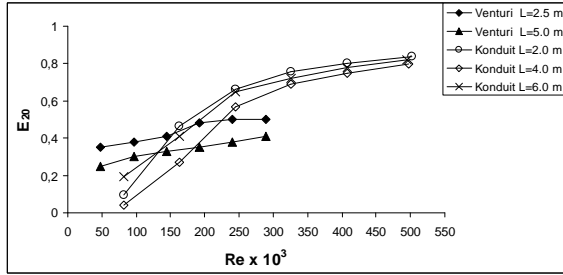
Yüksek basınçlı kapaklı konduitlerde Reynolds sayısının artmasıyla havalandırma performansı artmıştır. Bununla beraber kapak açıklığı ve konduit boyunun havalandırma performansı üzerinde önemli bir etkisi görülmemiştir. Yüksek basınçlı kapaklı konduitlerde 250.000'den daha büyük Reynolds sayılarında havalandırma performansı maksimum değere yaklaşmıştır. Buradan, 100.000'den daha küçük Reynolds sayılarında venturilerin, Reynolds sayısının artması ile de yüksek basınçlı kapaklı konduitlerin havalandırma performansı açısından daha uygun olduğu söylenebilir.



a)



b)



Şekil 7 - Reynolds Sayısına bağlı olarak E_{20} 'nin değişimi (a) $h=16$ mm; (b) $h=32$ mm; (c) $h=48$ mm

5 SONUÇLAR

Oksijen transferinin hızlandırılması için, yüksek miktarlarda hava kabarcığının su içerisine kazandırılması gerekmektedir. Bu hava kabarcıkları, kütle transferi için gerekli yüzey alanını önemli ölçüde arttırdığından, transfer edilen oksijen miktarı da artar. Su ile kısa bir süre için temasta olmalarına rağmen, hidrolik yapılar sudaki çözünmüş oksijen miktarını hızlı bir şekilde artırırlar. Yüksek basınçlı kapaklı konduit kısmen açılırsa veya venturi tüpünün giriş ve çıkışları arasında belirli bir basınç farkı meydana getirilirse, hava deliklerinden hava girişi olur. Çekilen hava küçük kabarcıklar şeklinde akım ile beraber mansaba doğru ilerler. Bu esnada hava kabarcıklarının içerisindeki oksijen su içerisinde çözünür. Yüksek basınç ta su içerisindeki oksijenin çözünmesini kolaylaştıran bir etkidir. Böylece suyun çözünmüş oksijen konsantrasyonu artırılmış olur.

Bu çalışmada, yüksek basınçlı kapaklı konduit ve venturi havalandırma sistemlerinin hava giriş ve havalandırma performansları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, 100.000'den daha küçük Reynolds sayılarında venturilerin, Reynolds sayısının artması ile de yüksek basınçlı kapaklı konduitlerin hava giriş ve havalandırma performansı açısından daha uygun olduğu görülmüştür. Yüksek basınçlı kapaklı konduitlerde 250.000'den daha büyük Reynolds sayılarında havalandırma performansının maksimum değere ulaşması önemli bir sonuçtur. Ayrıca yüksek basınçlı kapaklı

konduitlerin, yüksek hava giriş performansları sebebiyle diğer havalandırma işlemlerinde de kullanılabileceği söylenebilir.

Günümüz teknolojilerinde; yatırım maliyeti, enerji sarfiyatı, tamir-bakım ve işletme giderlerinin optimum olması arzu edilmektedir. Venturi ve yüksek basınçlı kapaklı konduit sistemlerinin yukarıda sayılan üstünlükleri nedeniyle havalandırma işlemlerinde tercih edilebileceği söylenebilir.

6 KAYNAKLAR

- [1] Bagatur, T., 2005, "Minimal Conditions for Venturi Aeration of Water Flows", Proceedings of the Institution of Civil Engineers Water Management 158 (3), p. 127-130.
- [2] Baylar, A., 2002, "Savak Havalandırıcılarda Tip Seçiminin Oksijen Transferine Etkisinin İncelenmesi", Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [3] Baylar, A., Emiroglu, M.E., 2003, "Air Entrainment and Oxygen Transfer in a Venturi", Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water & Maritime Engineering, 156 (WM3), p. 249-255.
- [4] Baylar, A., Ozkan, F., Ozturk, M., 2005, "Influence of Venturi Cone Angles on Jet Aeration Systems", Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management, 158 (WM1), p. 9-16.
- [5] Baylar A., Ozkan F., 2006, "Applications of Venturi Principle to Water Aeration Systems", Environmental Fluid Mechanics, 6 (4), p. 341-357.
- [6] Baylar A., Ozkan F., Unsal M., 2007, "On the Use of Venturi Tubes in Aeration", CLEAN - Soil, Air, Water, 35 (2), p. 183-185.
- [7] Baylar, A., Unsal, M., Ozkan, F., 2007, "Determination of the Optimal Location of the Air Hole in Venturi Aerators", CLEAN - Soil, Air, Water, 35 (3), p. 246-249.
- [8] Baylar, A., Aydın, M.C., Unsal, M., Ozkan, F., 2008, "Numerical Modeling of Venturi Flows for Determining Air Injection Rates Using FLUENT V6.2", Mathematical and Computational Applications, 14 (2), p. 97-108.
- [9] Emiroglu, M.E., Baylar, A., 2003, "Study of the Influence of Air Holes along Length of Convergent-Divergent Passage of a Venturi Device on Aeration", Journal of Hydraulic Research, 41 (5), p. 513-520.
- [10] Eroğlu, V., 1991, "Su Tasfiyesi", İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, Sayı:1439, İstanbul.

- [11] Gulliver, J.S., Thene, J.R., Rindels, A.J., 1990, "Indexing Gas Transfer in Self-Aerated Flows", Journal of Environmental Engineering ASCE, 116 (3), p. 503-523.
- [12] Karpuzcu, M., 1991, "Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü", Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] Özkan F., 2005, "Basınçlı Su Borularında Hava İletimi ve Oksijen Transferinin İncelenmesi", Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [14] Ozkan F., Baylar A., Ozturk M., 2006, "Air Entraining and Oxygen Transfer in High-Head Gated Conduits", Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Water Management, 159 (2), p. 139-143.
- [15] Ozkan F., Ozturk M., Baylar A., 2006, "Experimental Investigations of Air and Liquid Injection by Venturi Tubes", Water and Environment Journal, 20 (3), p. 114-122.
- [16] Ünsal, M., 2007, "Suların Havalandırılmasında Yüksek Basınçlı ve Serbest Yüzeyleli Konduitlerin Kullanılması", Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [17] Unsal, M., Baylar, A., Tugal, M., Ozkan, F., 2008, "Increased Aeration Efficiency in Waters with High-Head Conduit Flow Systems", Journal of Hydraulic Research, 46 (5), p. 711-714.
- [18] Unsal, M., Baylar, A., Tugal, M., Ozkan, F., 2008, "Aeration Efficiency of Free-Surface Conduit Flow Systems", Environmental Technology, in press.