

İSTANBUL'UN İÇİLEBİLİR SULARININ HİDROJEOKİMYASI VE STANDARDLARLA KARŞILAŞTIRILMASI

Yüksel ÖRGÜN

İTÜ Maden Fakültesi

1983 yılında İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Aynı yıl Jeoloji Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. 1984 yılında Jeoloji Bölümü Maden Yatakları - Jeokimya Anabilim Dalında araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. 1986'da yüksek lisans, 1993 yılında da doktora öğrenimini tamamladı. Halen aynı Anabilim Dalında çalışmalarını sürdürmektedir.

Züleyha UĞUR

1955 yılında İTÜ Petrol Mühendisliği Bölümü'nden mezun olan Züleyha Uğur aynı üniversitenin Kimya Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans öğrenimini tamamladı. 1986 yılından beri İTÜ Petrol Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmakta ve aynı bölümde doktora öğrenimine devam etmektedir.

ÖZET

Bu çalışmada İstanbul'un değişik bölgelerinden, farklı zamanlarda alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ve bazı sondaj kuyularının lokasyon verileri kullanılarak örneklerin ait olduğu suların hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal değerlendirmeleri yapılmış, içme suyu standartlarıyla uygunluğu araştırılmıştır. Suların genelde kireçtaşı, asitik kay aç ve kum taşlarından geldiği, bunlara daha az oranda dolomit ve gnaysların eşlik ettiği görülmüştür. Şile, Çatalca ve Silivri'de ağırlıklı Ca'lu, Beykoz, Pendik, Eyüp ve Ümraniye'de (Na+K)-Ca'lu suların hakim olduğu görülen sular genelde Ca, Mg, (Na+K)'lu karışık sulardır. Klorür değerlerinin beklenenden daha fazla olduğu görülmüştür. Suların çoğunluğu, mevcut büyüklüklere göre standartlara uymaktadır. Başta pH olmak üzere sulara kirliliği gösteren amonyak, nitrit ve organik madde suların Standard dışı kalmasına neden olmuştur.

1. GİRİŞ

Günümüzde yaşanan hızlı nüfus artışı suya duyulan gereksinimi her geçen gün arttırmakta ve suyu stratejik bir madde haline getirerek, özenle korunmasını ve kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Endüstriyel sıvı atıkların, yerleşme alanlarındaki pis suların ve tarımda kullanılan gübrelerin, yağış ve sulama sularıyla derinlere süzülmesi ile yeraltı sularının kimyasal özellikleri hızla bozulmaktadır. Bütün bu olumsuzluklara ilaveten yapılan kontrolsüz harfiyat çalışmaları, binalar ve asfalt yollarla akiferlerin doğal beslenme alanları geçirimsizleştirildiğinden yeraltı suları dengeye ulaşabilmek için atık su şebekelerinden daha çok beslenmekte ve daha çok deniz suyu girişimi olmaktadır.

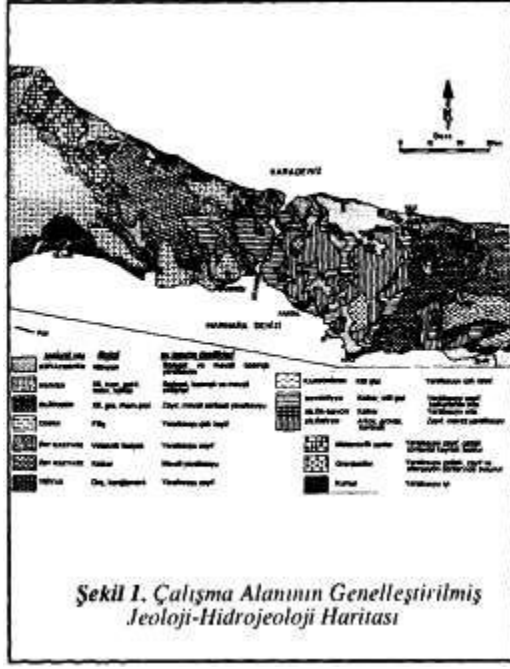
Yeşil alanlarını hızla kaybeden İstanbul ilinin ortalama yağış yüksekliği 690 mm/yıldır. Bölgede yıllık buharlaşma, yağışın %60'ını oluşturmaktadır. Geri kalan yağışın ancak %40'ı akışa geçerek yüzey, yüzeyaltı ve yeraltı akışlarını oluştururken, yaklaşık %60'ı toprağa sızmadan denize ulaşmaktadır.

Bu çalışmada; Köy Hizmetleri 18. Bölge Müdürlüğü'nün 1984-1993 yılları arasında Çatalca'nın 22, Silivri'nin 24, Bakırköy'ün 6, Eyüp'ün 5, Sarıyer'in 9, Beykoz'un 20, Ümraniye'nin 4, Pendik'in 9 ve Şile'nin 82 yerleşim birimindeki kuyu, kaynak, çeşme, gölet ve şebekelerden alarak, kendi kimya laboratuvarında analiz ettikleri 333 su örneğinin analiz sonuçları kimyasal ve fiziksel açıdan ele alınarak; 1. Yarı-Logaritmik Schoeller ve Piper diyagramlarında iyon içeriklerinin litolojiyle ilişkilerinin olup olmadığı, 2. Schoeller diyagramlarında içilebilirlik kalitesi, 3. İçmesuyu standartlarıyla uyumluluğu, 4. Sertlikleri ve aşındırıcı olup olmadıkları araştırılmıştır.

2. JEOLJİ-HİDROJEOLJİ

Şekil 1'de görülen çalışma alanını genelleştirilmiş jeoloji-hidrojeoloji haritası Ternek tarafından 1:500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası-İstanbul Paftası(1) ve 1:500000 ölçekli Türkiye Hidrojeoloji Haritası-İstanbul Paftası'ndan (2) yararlanılarak çizilmiştir. İstanbul'da temel, Paleozoyik yaşlı kırıntılı kayalarla başlar ve metamorfizma yaşları Paleozoyik veya daha yaşlı olan metamorfik serilerle devam eder. Triyas yaşlı birimler, uyumsuz olarak Paleozoyik üzerinde yer alırken bunlar üzerine, küçük açılı bir diskordansla Üst Kretase yaşlı birimler gelmektedir. Granitoidler ve Üst Kretase yaşlı volkanik birimler tarafından kesilen istif, Neojen yaşlı kil, kum, çakıl, marn, kalker ve Kuvaterner yaşlı alüvyon ve kumul tarafından örtülür.

İstanbul ili genelinde yeraltı suyu içeren hidrojeolojik ortamlar (akiferler) iki grupta toplanabilir:



1- Gözenekli-taneli akiferleri

2- Çatlaklı kaya ortam akiferleri (3,4,5).

Şekil 1'den de görülebileceği gibi Kuvaterner alüvyonlar ve kumullar, Neojen kum ve çakıl birimleri ve magmatik, metamorfik ve volkanik kayaların ayrışma ürünlerinden oluşan gözenekli taneli ortamlar, İstanbul'un batısında yaygın yüzey yayılımına sahiptir. Düşük-orta verimli, serbest-yarı serbest akiferler oluşturan bu ortamların beslenme alanları geniş ve korunması zordur. Neojen, Paleojen ve Üst Kretase kalkerleri, Triyas kireçtaşı ve konglomeraları, Paleozoyik kireçtaşı, arkoz ve kuvarsitleri ve magmatik ve volkanik kayalardan oluşan çatlaklı kaya ortam akiferleri ise Boğazın doğu yakasında yaygın ve geniş yüzey yayılımına sahiptir. Düşük, yer yer de yüksek verimli serbest-basınçlı akifer oluşturan bu ortamların beslenme alanları fazla geniş değildir ve korunması zordur. Köy Hizmetleri 18. Bölge Müdürlüğü tarafından İstanbul'un değişik yerleşim birimlerinde açılan kuyu lokasyonunda yapılan incelemelerde, yukarıdaki akifer bulgularım doğrular yönde en bol suyun kumlu, çakıllı, killi kumlu, kalker ve altere volkanik kayaç birimlerinden geldiği saptanmıştır. Ortalama kuyu derinliğinin 100 m olduğu inceleme alanında, en siğ kuyu Beykoz-Derekesi'nde 22 m, en derin kuyunun ise Silivri-Alipaşa'da 240 m'de açılmıştır.

Bakırköy ve civarında açılan kuyuların derinliği genelde 160 m'nin üstündedir.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi, aynı olduğu için, AT ile TS standartlarına göre karşılaştırma yapılmıştır. Örneklere ait her bir büyüklüğün TS ve AT standartlarının TEM ve MEM sınırları içinde kalan oranları bölge bazında % olarak hesaplanmış ve Çizelge 2'de verilmiştir. AT standartlarında Na, Cl ve SO₄ TEM sınır aralıkları çok küçük olduğundan bazı bölgelerde bu büyüklüklerden dolayı AT-TEM grubuna düşen örnek yok denecek kadar azdır. Na değeri için TS standartlarında herhangi bir değer olmadığından çizelgede bu kısım boş bırakılmıştır. Çizelgede en dikkat çekici sonuçlar Ümraniye bölgesi örneklerinden elde edilmiştir. Bu bölgenin değerlendirilen örneklerinin %40'ı pH değeriyle TS ve AT-TEM ve MEM sınırları içinde kalırken, buharlaşma kalıntısı, Mg, Cl ve organik madde yönünden örneklerin tümü TS ve AT-TEM ve MEM sınırları içinde kalmıştır. Bölgelerin tümüne bakıldığında sınır değerleri en çok zorlayan büyüklüğün pH olduğu görülmektedir. Eyüp, Çatalca, Silivri, Beykoz ve Ümraniye bölgesindeki su örneklerinin Cl yönünden hiçbiri AT-TEM sınırları içine düşmemiştir.

	Türk Standartları TS 266 Haziran 1984		Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO)		Avrupa Topluluğu (AT)	
	TEM	MEM	TEM	MEM	TEM	MEM
Buharlaştırma					1500	1500
Kalsiyum, mg/l	500	1500				
Klorür, mg/l	200	400	200	600	25	200
Sülfat, mg/l	200	400	200	400	25	250
Demir, mg/l	0.3	1.0	0.3	1.0		
Sodyum, mg/l					20	120
Potasyum, mg/l					10	12
Kalsiyum, mg/l	75	200	75	200	100	
Magnezyum, mg/l	50	150	50	150	30	50
Mg+Na ₂ SO ₄ , mg/l	100	500				
pH	7.0-8.5	6.5-9.2	7.0-8.5	6.5-9.2	6.5-8.5	6.5-9.5
Sertlik mgCaCO ₃	500		100	500		
Elektrik İletkenliği, µS/cm						
Karbon-Klorotom Ekstrakt*, mg/l	0.2	0.5				
Nitrit, mg/l	-*	-				0.1
Amonyak, mg/l	-	-			0.05	0.5

* Makalede organik madde olarak verilen COD (biyolojik Oksijen İhtiyacı) değeri 3.5 mg/l'den fazla bulunmaz halinde bu deney uygulanır.
* - Belirtilmemiştir.

Çizelge 1. Elementlerin İçilebilir Sulardaki (unpolluted fresh water) Beklenen Derişim Aralıkları ve Kaynakları (6)

Çizelge 2. İnceleme Alanının Su Örneklerine Ait Bileşenlerin Çizelge 1'de verilen Türk (TS) ve Avrupa Topluluğu (AT) İçmesuyu Standartlarına Yüzdde Uyumluluğu												
Bölge Adı	BAKIRKÖY (9 Örnek)				EYÜP (13 Örnek)				ÇATALCA (40 Örnek)			
	TS ¹		AT ¹		TS		AT		TS		AT	
Büyüklük	TEM	MEM	TEM	MEM	TEM	MEM	TEM	MEM	TEM	MEM	TEM	MEM
pH	88.89	100	100	100	69.23	92.31	92.31	92.31	80	92.5	92.5	92.5
BK ¹	55.96	77.78	77.78	77.78	30.77	84.62	84.62	84.62	60	100	100	100
Ca	66.67	100	66.67	66.67	46.15	92.31	76.92	76.92	82.5	100	95	95
Mg	77.78	88.89	77.78	77.78	92.31	100	53.85	92.31	82.5	100	65	82.5
Na ²	*	*	*	*	*	*	2.33	75	*	*	56.41	92.31
Cl	88.89	100	11.11	88.89	76.92	100	1	76.92	97.5	97.5	0	97.5
SO ₄	*	*	*	*	53.85	76.92	38.46	61.54	82.5	87.5	35	85
OM ¹	88.89	88.89	44.44	88.89	92.31	92.31	76.92	100	92.5	92.5	85	100
PH	SİLİVRİ (49 Örnek)				SARİYER (29 Örnek)				BEYKOZ (24 Örnek)			
	TS		AT		TS		AT		TS		AT	
	TEM	MEM	TEM	MEM	TEM	MEM	TEM	MEM	TEM	MEM	TEM	MEM
	89.8	97.96	97.96	97.96	75.86	96.55	96.55	96.55	43.9	70.73	70.73	70.73
	88.89	100	100	100	86.21	100	100	100	95.12	100	100	100
BK	51.02	97.96	97.96	97.96	86.21	100	100	100	95.12	100	100	100
CA	83.67	100	93.88	93.88	93.1	100	96.55	96.55	83.37	100	95.12	95.12
MG	83.67	100	55.1	83.67	100	100	100	100	100	100	95.12	100
NA	*	*	*	*	100	100	24.14	96.55	100	100	70	97.5
CL	83.67	97.96	0	83.67	96.55	100	6.9	96.55	100	100	0	100
SO ₄	75	89.58	8.33	85.42	100	100	55.17	100	100	100	63.41	100
OM	93.88	93.88	65.31	100	100	100	89.66	100	92.68	92.68	83.37	100
PH	PENDİK (15 Örnek)				ÜMRANİYE (5 Örnek)				ŞİLE (132 Örnek)			
	TS		AT		TS		AT		TS		AT	
	TEM	MEM	TEM	MEM	TEM	MEM	TEM	MEM	TEM	MEM	TEM	MEM
	0	46.67	46.67	46.67	40	40	40	40	81.82	93.18	93.18	93.18
	86.67	100	100	100	100	100	100	100	95.45	100	100	100
CA	93.33	100	100	100	60	100	100	100	90.15	100	97.73	97.73
MG	100	100	100	100	100	100	100	100	94.7	100	79.55	94.7
NA	*	*	71.43	92.86	100	100	100	100	100	100	64.09	100
CL	93.33	100	46.67	93.33	100	100	0	100	100	100	6.06	100
SO ₄	100	100	92.86	100	100	100	40	100	98.48	100	53.03	100
OM	100	100	100	100	100	100	100	100	99.24	99.24	83.33	99.24

1. BK: Buharlaştırma Kalıntısı, OM: Organik Madde, TEM: Tavsiye edilen Miktar, MEM: Müsaade edilebilecek maksimum miktar 2. TS standartlarında sodyum için bir değer belirtilmemiştir. • Bakırköy bölgesine ait örneklerin çoğunluğunda sodyum ve sülfat değerleri ölçülmediğinden değerlendirilmeye alınamamıştır.

Çizelgede göz önüne alınmayan büyüklüklerden potasyum TS standartlarında belirtilmemiştir. AT ve diğer standartlarda potasyumun 12 mg/l altında olması istenmektedir. Bu çalışmada değerlendirilen verilerden sadece 11 tanesinde 12 mg/l'nin üzerinde potasyum değeri olduğu görülmüştür. Bu 11 verinin altı tanesi Eyüp'e aittir ve tümü 30 mg/l'nin üstündedir. Aynı şekilde alkalinite (genelde HCO₃ olarak alınır) değeri hakkında TS standardında bir bilgi yoktur. Fakat suların aşındırıcı olmaması açısından HCO₃ değerini 30 mg/l'nin üzerinde olması istenir (6). İncelenen 333 örnekten sadece otuz ikisinde HCO₃ 330 mg/l'nin altında çıkmıştır. Bunların çoğu Beykoz (10 adet) ve Pendik (10 adet) bölgesindedir.

İçme sularının Ca ve Mg içeriklerinden hareketle sertlikleri hesaplanmıştır (6). Sertlik değerleri göz önüne alınarak her bir bölgeye ait su örnekleri gruplandırılmış ve sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir (7). Suların yaklaşık % 60'ı mamba ve tatlı su grubuna düşmektedir. Bakırköy, Eyüp ve Silivri'de birer adet örnek aşırı sert sular grubuna girmiştir. İnceleme alanındaki suların CaCO₃ göre çökeltme eğilimleri Oddo-Tomson doymuşluk göstergesi yardımıyla hesaplanmıştır (8, 9). Çökeltme eğilimi gösteren örneklerin oranları bölge bazında yüzde

olarak Çizelge 3'de verilmiştir. Örneklerin %8'i CaCO₃ göre doymuş, %14'ü ise çökeltme eğilimi göstermektedir. Diğerleri, özellikle Pendik ve Silivri bölgelerine ait örneklerin hemen hepsi, CaCO₃'a göre doymuş olmadıklarından aşındırıcı etki gösterebilirler.

Çizelge 3. İncelenen Suların Sertlik Aralıkları ve Yüzde Çökeltme Eğilimleri									
Sertlik Değeri, mg/l CaCO ₃ Bölge Adı	Sertlik Aralıkları						Kalsiyum Karbonata Göre Yüzde Çökeltme Eğilimleri		
	Ömek Sayısı	0-100 Momba Suyu	100-120 Tatlı Su	230-320 Sert Su	330-540 Çok Sert Su	>540 Aşırı Sert Su	Doymuş (Saturated)	Çökeltme Olabilir (Subsaturated)	Çökeltme Olmaz (Supersaturated)
Bakırköy	9	1	5	1	1	1	11.11	11.11	77.77
Eyüp	13	2	2	3	5	1	15.38	15.38	69.23
Sarıyer	29	12	13	3	1	-	3.44	17.24	79.31
Silivri	49	5	15	17	11	1	2.04	0	97.95
Çatalca	40	7	12	11	10	-	12.5	2.5	85
Beykoz	24	24	11	5	1	-	2.43	4.87	90.24
Ümraniye	5	3	-	2	-	-	20	0	80
Pendik	15	12	2	-	1	-	0	0	100
Şile	132	35	38	47	12	-	12.12	28.78	59.1

SONUÇLAR

Yapılan değerlendirmeler sonucunda en verimli akiferlerin kumlu, çakıllı, killi-kumlu, kalker ve altere volkanik kayalar birimlerinden geldiği ve nüfus yoğunluğuna paralel olarak bu tür formasyonlarda açılan kuyulardaki su seviyesinin düştüğü görülmüştür. Suların kimyasal bileşimlerinden hareketle yapılan litolojik değerlendirmede Şile, Çatalca ve Silivri'de kireçtaşı ve dolomit, Ümraniye, Pendik, Beykoz ve Eyüp'te asitik kayalar, Sarıyer'de ise asilik kayalar ve kumtaşlarından gelen suların hakim olduğu ortaya çıkmıştır. Litolojideki heterojenliğe bağlı olarak sular Piper'in paralel kenar diyagramında (Ca+Mg) > (Na+K), (SO₄+Cl) > (CO₃+HCO₃) ve iyonların hiçbirini %50'yi geçmeyen karışık sular alanında dağılmıştır. İncelenen örneklerin çok büyük bir kısmı Schoeller içilebilirlik diyagramında içilebilir suların çok iyi ve iyi kaliteli alt grubuna düşmüştür. TS266'ya göre yapılan değerlendirmede, örneklerin %43'ü TEM, %36.6'sı MEM sınırları içinde, %20.4'ü ise Standard dışı kalmıştır. Başta pH olmak üzere sularla kirliliği gösteren amonyak, nitrit ve organik maddenin suların Standard dışı kalmasına neden olduğu ve bu kirleticilerin suların kaynak noktalarından çok, su dağıtım şebekeleri boyunca, bölgenin sanayi ve nüfus yoğunluğuna bağlı olarak arttığı görülmüştür. AT standartlarında CI TEM sınır aralığı çok küçük olduğundan Eyüp, Çatalca, Beykoz, Ümraniye ve Silivri AT-TEM standardı dışında kalmıştır. Diğer büyüklükleri ile sular % 70'in üstünde AT-MEM grubu içinde yer almıştır. Örneklerin %60'ı momba ve tatlı su grubuna düşmüştür. Suların çok az kısmı kalsiyum karbonata göre çökeltme eğilimi göstermiştir.

Teşekkür: Analiz sonuçlarının ve kuyu lokasyonlarının kullanılmasına izin veren Köy Hizmetleri 18. Bölge Müdürlüğü'nün yönetici ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- (1) Türkiye Jeoloji Haritası (Derleyen, Z. TERNEK), 1964, İstanbul Paftası, 1/500000 Ölçekli, MTA Enst. Ankara.
- (2) Türkiye Hidrojeoloji Haritası (Derleyen: A. ONAT), 1967, İstanbul Paftası, 1/500000 Ölçekli, DSİ, Ankara.
- (3) Öztas, T., 1982, Yeraltısuları Açısından Jeolojik Ortamlar ve Akiferlerin Sınıflaması, Jeoloji Müh. Dergisi, s. 15,21-28, Ankara.
- (4) Öztas, T., 1983, Yeraltında Su Toplanması Denetleyen Etmenler ve Hidrolojik Ortamlar ve Akiferlerin Sınıflaması, Kuyu Dergisi, s. 6,4-5, İstanbul.
- (5) Yüzer, E., Öztas, T., 1992, Yeraltısuyu Kirlenmesinin Jeolojik Ortamla İlişkisi ve Bazı Örnekler, Türk Devletleri Arasında 1. İlimi İşbirliği Konferansı Bildiriler Kitabı, Lefkoşe, s. 646-659.
- (6) Gray, N.F., 1994, Drinking Water Quality, Problems and Solutions, John Wiley & Sons, New York.
- (7) Erguvan, K.Yüzer, E., 1987, Yeraltısuları Jeolojisi (Hidrojeoloji), İTÜ Maden Fak., Nisan 1987.
- (8) Oddo, J.E., 1994, Why Scale Forms and How to Predict h, SPE Production & Facilities, February, s. 47-54.
- (9) Uğur, Z., Çiğ, K., Satman, A., 1994, Petrol Sahalarında Kalsit Çökeltmesi, Türkiye 10. P et. 1. Kon. ve Ser. Bildiriler Kitabı, s. 46-53.