

Füsun CANPOLAT, M. Zeki ÇAMUR ve Hasan YAZICIGİL
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

Gölbaşı atık sahası yeraltısularının hidrojeokimyası: İlk bulgular

Mogan ve Eymir Gölleri Özel Çevre Koruma Alanı'nda yer alan Gölbaşı atık sahasındaki yeraltısularının hidrojeokimyasal araştırması yapılmış, akım yönünün Mogan Gölü'nden atık sahasına ve oradan da Eymir Gölü'ne doğru olduğu belirlenerek atık sahasına göre memba ve mansap tarafları ortaya koyulmuştur. Seçilen inorganik Ca, K, Cl, SO, Fe, Cu, Cd, Pb, Mn, NO ve NN, iyon konsantrasyonlarının Gölbaşı atık sahasından kaynaklanan yeraltısularının tanımladığı gösterilmiştir. Atık sahası yeraltısuyu ve atık sahasından etkilenmemiş yeraltısularının iyon konsantrasyonları kullanılarak oluşturulan denklemler aracılığı ile Eymir Gölü'ne doğru akan yeraltısularına yaklaşık yüzde 25-30 atık sahası suyu karıştığı belirlenmiştir.

Giriş

Belediye katı-atık sahalarında oluşan atık sular yeraltısuyu kirlenmesine potansiyel kaynaklar oluşturmaktadır. Atık-suyu içerisinde yüksek miktarlarda bulunan inorganik ve organik bileşikler yeraltısuyunun kalitesini düşürmekte ve tekrar kazanım için daha yüksek maliyete veya su kaynağı kuyularının terkinde neden olmaktadır. Bu nedenle atık sahası suyu kirleniminin miktar ve yersel dağılımının değerlendirimi çok önemlidir.

Gölbaşı katı-atık sahası Ankara'nın 17 km güneyinde, Mogan ve Eymir Gölleri Özel Çevre Koruma Alanı içerisinde ve göllerin arasında bulunan bataklık bir alanda yer almaktadır. Atık sahasının tabanı civarındaki formasyonlardan gelen çakıl, kum, sil ve kil parçacıklarının oluşturduğu Kuvaterner yaşlı alüvyonu üzerindedir. Alüvyon gevşek çakıltaşı, kumtaşı, marl ve kireçtaşının oluşturduğu Pliosen yaşlı gölsel Gölbaşı Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Atık sahası daha çok evsel ve belediye atıklarının depolanmasında kullanılmıştır.

Bu makale devam etmekte olan araştırmanın Kasım 1996 tarihinde alınan ilk yeraltı suları örneklerinden belirlenmiş

inorganik bileşiklerin konsantrasyonlarını esas alarak, Gölbaşı (Ankara) atık sahası yeraltısularının çevre yeraltısularına karışım miktarları ve su kalitesine olan hidrojeokimyasal etkilerini açıklamaktadır.

Yöntem

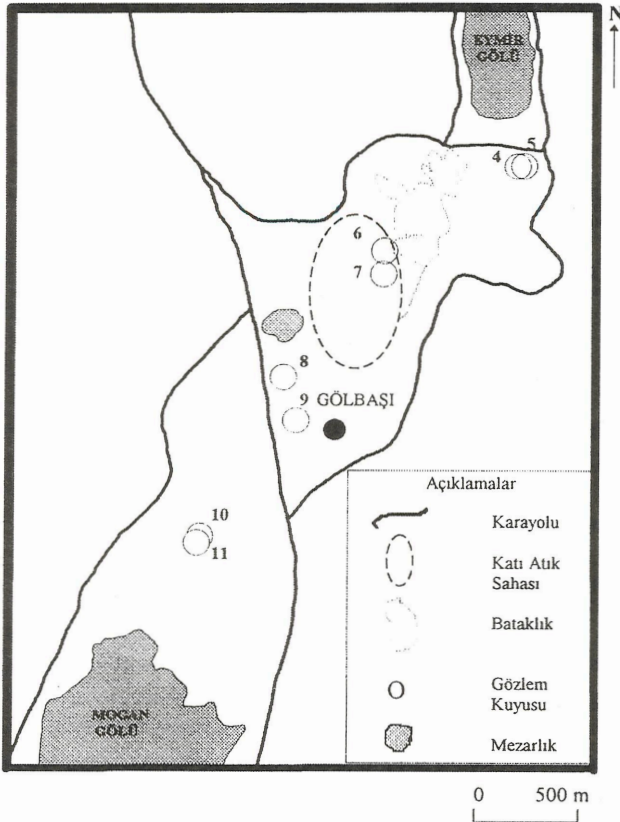
Atık sahası ve civarında O.D.T.Ü.-A.S.K.İ. projesi (O.D.T.Ü. 1995) kapsamında aynı derinlikte (~ 10m) açılmış gözlem kuyuları (#4, #6 ve #9) çalışma sahasının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla veri toplamada kullanılmıştır (Şekil 1). Sahadaki yeraltısularının seviyesi elektronik avometre ölçümleri ile belirlenmiş ve birimlerin hidrolik iletkenliği her bir kuyuda Bouwer-Rice yöntemi kullanılarak yapılan yükselim testleri ile ölçülmüştür (Bouwer ve Rice, 1976).

Kuyulardan su örnekleri iki set olarak toplanmıştır. Filtreden süzülmuş olan birinci set (1 lt) alkalinite, Na, K, Ca, Mg, Cl, SO₄, F, SiO₂, NO₃, NO₂, NH₃ ve P analizleri için, filtrelenmiş ve asitlenmiş (pH<3) ikinci set (1.5 lt) ise Ba, B, AL, Cd, Ni ve Pb analizleri için kullanılmıştır. Sıcaklık, iletkenlik, pH ve toplam çözünmüş katı madde (TÇK) miktarları arazide ölçülmüştür.

O.D.T.Ü. Jeoloji Müh. bölümü laboratuvarlarında U.S.G.S. (1989) da rapor edilen standart metodlar kullanılarak analizi yapılmaya kadar (en fazla dört gün) örnekler buzdolabında saklanmıştır. İyon konsantrasyonları titrimetrik, kalorimetrik ve atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Her bir kuyu suyuna ilişkin ölçülen değerler Tablo 1'de listelenmiştir.

Hidrokimyasal özellikler

Yeraltısuyu seviye ölçümleri bölgede akım yönünün Mogan Gölü'nden Eymir Gölü'ne doğru olduğunu ve atık sahası sularının yeraltından Eymir Gölü'ne karıştığını göstermektedir (Şekil 2). Alüvyon ortamlama kalınlığı 40 m alındığında (Kalkan ve diğ., 1992) dört, altı ve dokuz numaralı kuyularda sırasıyla 0.185, 1.0 ve 0.477 m/g'in ortalama hidrolik iletkenlik değerleri belirlenmiştir. Değerlerin belirlenmesinde kullanılan



Şekil 1. Gölbaşı atık sahası ve civarı yerleşim haritası.

her bir kuyuya ilişkin en iyi uyumluluk doğruları Şekil 3'de gösterilmektedir.

Yeraltı suyu akım yönünün belirlenmesi atık sahasından akım yönünde ilerleyen suyun jeokimyasal özelliklerinin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bölgedeki atık sahasından etkilenmemiş yeraltı suyunu temsil eden memba tarafı (upgradient) kuyusundan (#9) ve atık sahasından etkilenmiş mansap tarafı (downgradient) kuyusundan (#4) toplanan örnekler kimyasal bakımdan kuyular arasındaki farklılıkları ortaya koymaktadır (Tablo 2). Tabloda ikinci kolon (Kuyu 4) memba tarafı ölçümlerinin mansap tarafı ölçümlerine oranını göstermektedir. Dolayısıyla, birden büyük değerler atık sahası girdi katsayılarını temsil etmektedir.

Bu karşılaştırmaya göre atık sahası yeraltıları yüksek miktarlarda toplam sertlik, TÇK, elektrik iletkenliği, Ca, K, Cl, SO₄, Cu, Fe, NO₃, Cd ve Pb içermektedir. Ca, Cl, SO₄, Cu, Fe, Mn ve NH₃ anomalileri Eymir gölüne karışan mansap tarafı yeraltı suyunda da gözlenmiştir (Şekil 4). Atık sahası konsantrasyonlarına göre daha düşük değerler içeren iyonlar (örneğin, Mg, Mn, SiO₂, alkalinite, Na), bir sonraki başlık altında açıklanacağı üzere, reaksiyonlara bağlı olarak çökeltim ve adsorpsiyona uğramışlardır.

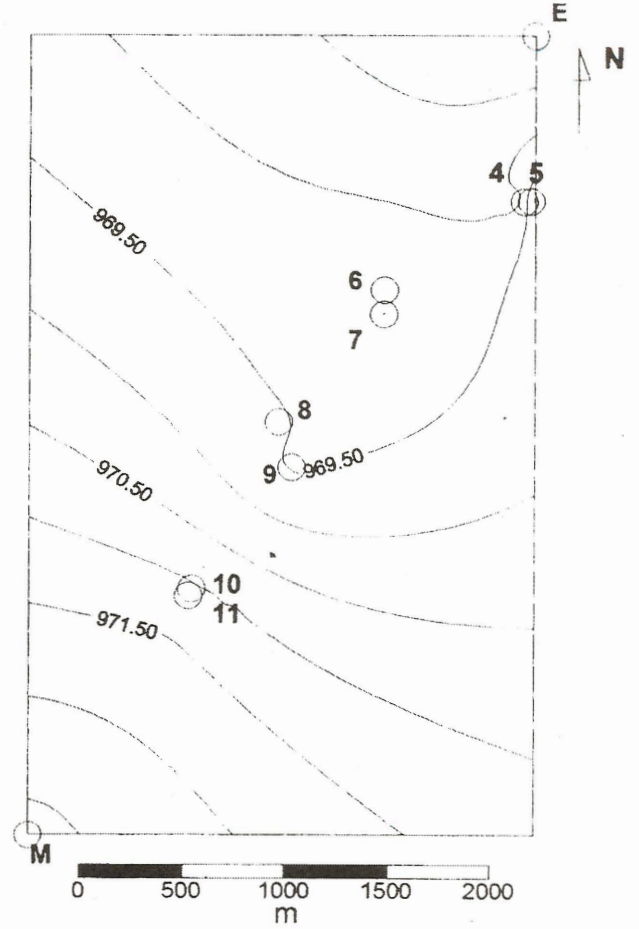
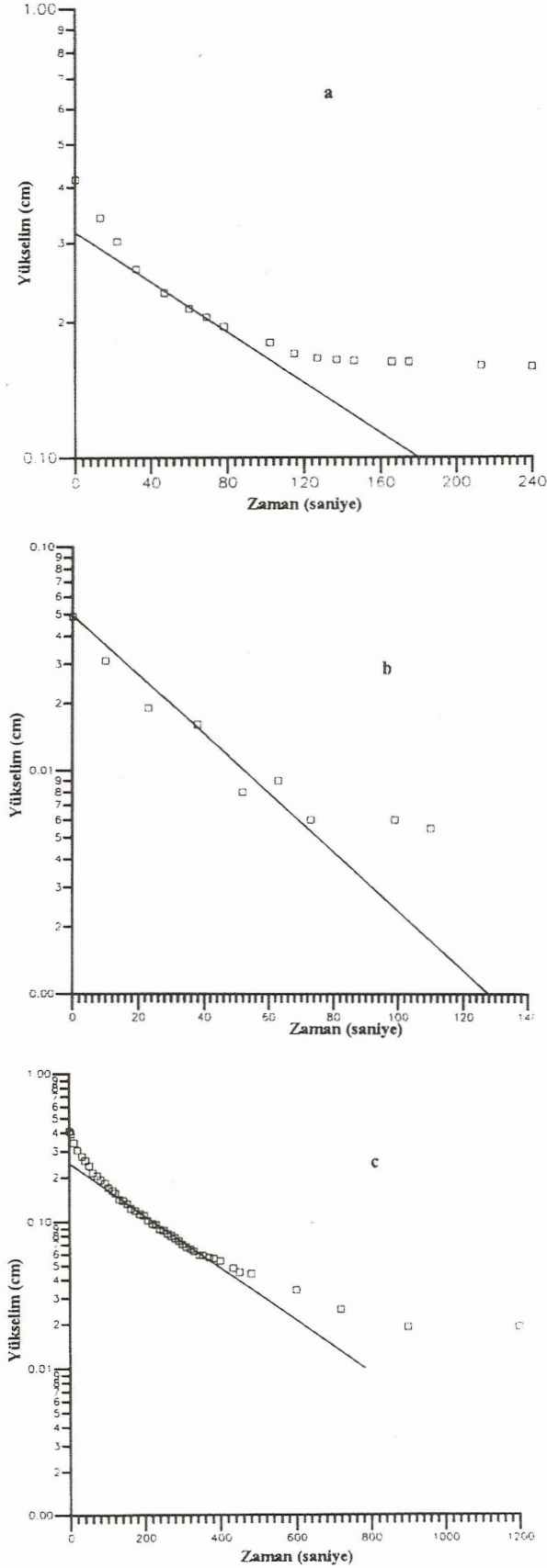
Tablo 1. Gölbaşı atık sahası ve civarı yeraltılarının Kasım, 96 tarihinde inorganik kimyasal özellikleri.

	Kuyu 4	Kuyu 6	Kuyu 9
T (°C)	13.8	14.5	14.0
pH	7.25	7.55	7.73
Alkalinite (mg/l)	466	350	732
Sertlik (mg/l, CaCO ₃)	460	760	480
TÇK (mg/l)	603	841	661
Elektrik iletkenliği (mS/cm)	1.21	1.68	1.30
Mg (mg/l)	21.87	58.32	80.92
Ca (mg/l)	148	208	58.8
Na (mg/l)	161.37	136.34	232.43
K (mg/l)	1.6	3.2	1.6
HCO ₃ (mg/l)	466	350	732
Cl (mg/l)	72	122	52
SO ₄ (mg/l)	90	340	2
SiO ₂ (mg/l)	26.90	15.20	28.20
Cu (mg/l)	1.50	2.59	0.01
F (mg/l)	0.29	0.71	0.74
Fe (mg/l)	1.35	0.12	0.01
Mn (mg/l)	0.81	0.0	0.41
NO ₃ (mg/l)	0.442	7.072	0.442
NO ₂ (mg/l)	0.003	0.007	0.066
NH ₃ (mg/l)	0.537	0.024	0.244
P (mg/l)	1.78	1.14	2.90
Ba (mg/l)	0	0	0
Al (mg/l)	0	0	0
B (mg/l)	0	0	0
Cd (µg/l)	5.08	11.16	8.12
Ni (mg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Pb (µg/l)	12.17	78.77	37.41

Jeokimyasal değerlendirme

Eymir Gölü'nü yeraltından besleyen ve dört numaralı kuyu suyu ile temsil edilen yeraltı suyunun, altı numaralı kuyu suyu ile temsil edilen atık sahası yeraltı suyu tarafından günümüzde ne kadar kirletildiğini bulmak ve gelecekte sadece klor konsantrasyonları ölçümü ile kirlenim oranlarını hesaplayabilmek için, bu tür ortamlarda tepkimeye girmeyen (mineral fazı olarak çökeltmeyen veya yaygın olarak kil yüzeylerine adsorbe edilmeyen), klor konsantrasyonları kullanıldı. Bu hesaplamalarda önce atık sahası yeraltı suyu klor konsantrasyonu ile atık sahası suyundan etkilenmemiş memba yeraltı suyu klor konsantrasyonu değişik oranlarda karıştırılarak karışım sular için hipotetik klor konsantrasyonları belirlendi. Daha sonra, karışımlardaki klor miktarları ile atık yeraltı suyu karışım yüzdesi arasındaki doğrusal ilişki en küçük kareler yöntemi kullanılarak denkleştirildi. Oluşturulan denklem ve denklemleri oluşturulmuş veriler (karışımlardaki klor miktarları ve atık sahası yeraltı suyu karışım yüzdesi) Şekil 5'de gösterilmektedir.

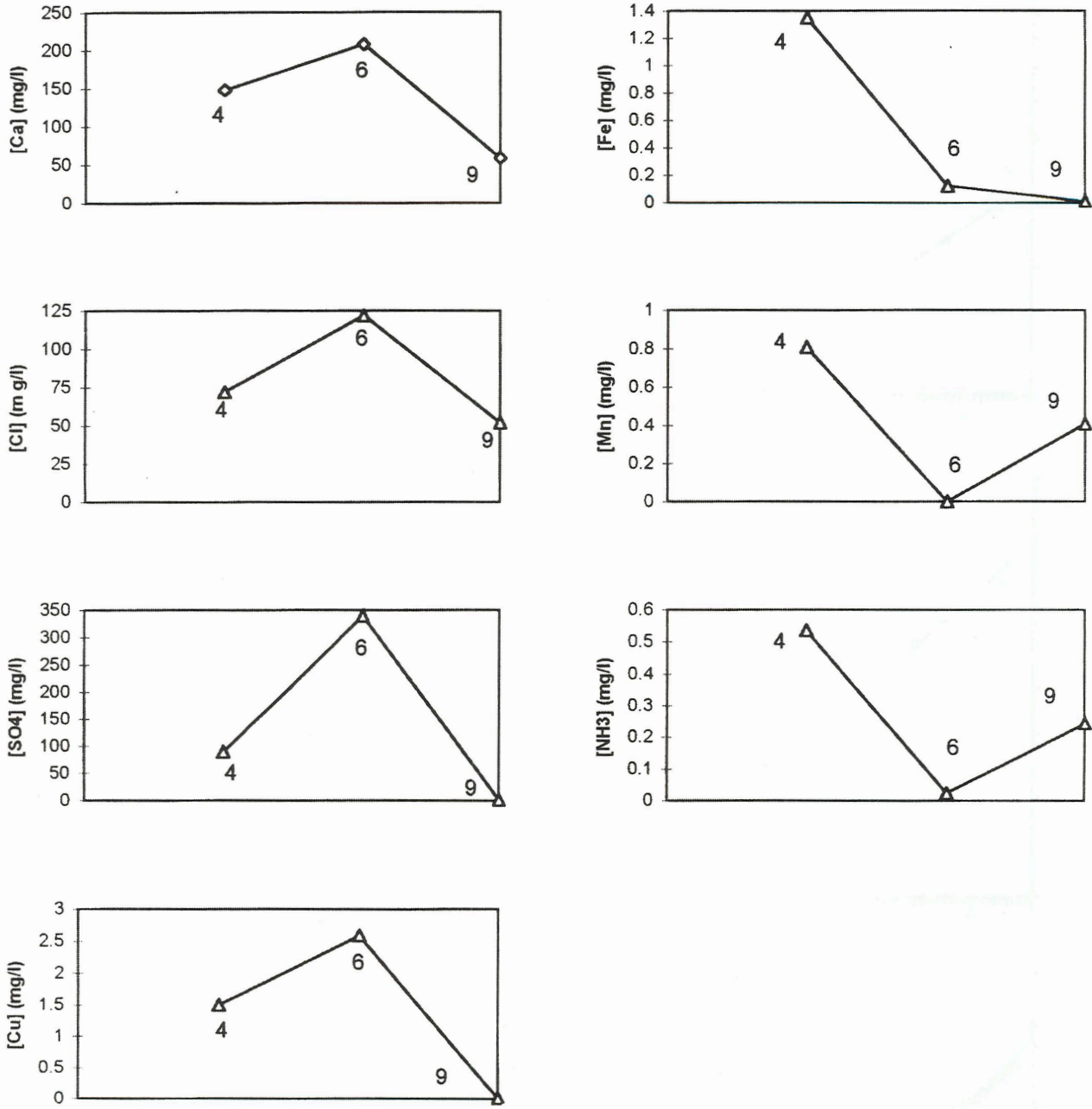
Yukarıda anlatılan hesaplamalara benzer değerlendirmeler Cu, Pb, Cd ve Ca için de yapılmış ve en iyi uyumluluk doğruları eğimlerinin klordan farklı oldukları gözlenmiştir. Bu sonuç, söz konusu iyonların atık sahasından uzaklaştıkça reaksiyona girdiğini (tam olarak konservatif olmadığı) göstermektedir. WATEQF program kodu (Plummer ve diğ., 1976) kullanılarak yapılan doyumluk hesaplamaları ile hangi iyonların çö-



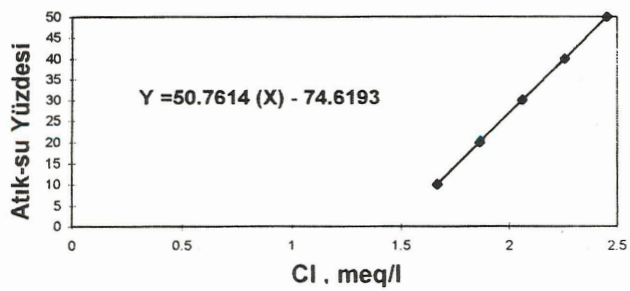
Şekil 2. Gölbasi katı atık sahası ve civarı Kasım, 96 tarihindeki yeraltısuyu dağılım haritası. Haritada E, Eymir gölü ve M, Mogan gölü sınırlarını göstermektedir.

kelim-çözünüm reaksiyonlarından etkilendikleri ayrıca belirlenmiştir. Aragonit, kalsit, dolomit, götit, hematit, manyetit, kuvars, nodokrozit ve siderit minerallerinin doygunluk ve doygunluk-üstü değerleri, bu minerallerde mevcut Ca, Mg, Mn, Fe, SiO₂ katyonlarının karışım sularında çökelebileceğine işaret etmektedir. Diğer mineraller için hesaplanan negatif doygunluk değerleri, hesaplanan bütün karışım suların bu minerallere göre doygunluk-altı değerlerde olduğunu göstermektedir. Klorit tuzlarının da bu karışım ve düşük iyonik güçlü sularında çökelmediği belirlenmiştir. Bunlara ek olarak yapılan katyon değişim (Mg/Na) reaksiyon hesapları, katyon değişen malzemelerin (muhtemelen killeri) ortamdan Na aldıklarına işaret etmektedir. Atok sahasından uzaklaştıkça seyrelen sular, daha düşük sülfat konsantrasyonlarının da gösterdiği üzere, daha indirgeyicidir. Nitekim, SO₄ konsantrasyonlarının değerlendirmeleri ile oluşturulan en iyi uyumluluk doğrusunun eğimi klor ile oluşturulan yakındır.

Şekil 3. Hidrolik iletkenlik değerlerinin belirlenmesinde kullanılan her bir kuyuya ilişkin (a. Kuyu 4, b. Kuyu 6 ve c. Kuyu 9) en iyi uyumluluk doğruları.



Şekil 4. Gözbaşı atık sahası ve civarı yeraltısularında Kasım, 96'da ölçülen inorganik iyon anomalileri.



Şekil 5. Karışım yeraltı sularındaki klor miktarları ve atık sahası yeraltısuyu karışım yüzdelerini gösteren en iyi uyumluluk doğrusu ve bu doğrusu temsil eden denklem.

Tablo 2. Gölbaşı atık sahası ve civarı yeraltı sularında Kasım, 96'da ölçülen inorganik parametrelerin atık sahasından etkilenmeyen kuyu 9'a göre oranları

	Kuyu 4	Kuyu 6
T (°C)	0.98	1.04
pH	0.94	0.98
Alkalinite (mg/l)	0.64	0.48
Sertlik (mg/l, CaCO ₃)	0.96	1.58
TÇK (mg/l)	0.91	1.27
Elektrik İletkenliği(mS/cm)	0.93	1.29
Mg (mg/l)	0.27	0.72
Ca (mg/l)	2.5	3.54
Na (mg/l)	0.694	0.586
K (mg/l)	1	2
HCO ₃ (mg/l)	0.64	0.48
Cl (mg/l)	1.38	2.34
SO ₄ (mg/l)	45	170
SiO ₂ (mg/l)	0.95	0.54
Cu (mg/l)	150	259
F (mg/l)	0.39	0.96
Fe (mg/l)	135	12
Mn (mg/l)	1.97	0
NO ₃ (mg/l)	1	15.99
NO ₂ (mg/l)	0.05	0.11
NH ₃ (mg/l)	2.20	0.09
P (mg/l)	0.61	0.39
Cd (µg/l)	0.63	1.37
Pb (µg/l)	0.33	2.11

Atık sahası yeraltı sularının Eymir'e giden yeraltı sularındaki kaliteye olan etkilerini belirlemek için kirlenmiş su içinde mevcut klor ve sülfat konsantrasyonları oluşturulan denklemlerde yerine konarak hesaplamalar yapıldı. Hesaplama sonuçlarında Eymir'e akan yeraltı suyundaki atık sahası suyu yüzde 25-30 olarak belirlenmiştir. Atık sahası ve civarındaki yeraltı ve yerüstü suları yıllık ortalama konsantrasyonlarını birlikte değerlendiren Caumr ve diğ. (1997) Eymire bataklık tarafından yüzde 41-92 arasında değişen bir girdi belirlenmişlerdir.

Sonuçlar

Mogan ve Eymir Gölleri Özel Çevre Koruma Alanı'nda yer alan Gölbaşı atık sahasında yeraltı suları akımının Mogan Gölü'nden atık sahasına ve oradan da Eymir Gölü'ne doğru olduğu belirlenerek atık sahasına göre memba ve mansap tarafları ortaya koyulmuştur.

Seçilen inorganik Ca, K, Cl, SO₄, Fe, Cu, Cd, Pb, Mn, NO₃ ve NH₃ iyon konsantrasyonlarının Gölbaşı atık sahasından kaynaklanan yeraltı sularını tanımladığı gösterilmiş ve atık sahasından etkilenmemiş sularla karşılaştırıldığında, atık sahasından etkilenmemiş suların konsantrasyonlarının bir hayli yüksek olduğu belirlenmiştir.

Atık sahası yeraltı suyu ve atık sahasından etkilenmemiş yeraltı sularının iyon konsantrasyonları kullanılarak oluşturulan denklemler aracılığı ile Eymir Gölü'ne giden yeraltı sularına yüzde kaç atık sahası suyu karıştığı belirlenmiştir. Kullanılan doğal iyon izleyicileri arasında özellikle klorun konservative olarak davrandığı tesbit edilmiş ve klor kullanımı ile atık suyu bileşenin yaklaşık yüzde 30 olduğu hesaplanmıştır.

Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler, Eymir Gölü sularının atık sahası yeraltı suları tarafından kirletildiğini göstermektedir. Söz konusu kirlenmenin mevsimsel portresini ortaya koyacak ve karışım öncesi, karışım durumu ve karışım sonrası reaksiyonları ve ilgili kütle transferlerini irdelenecek çalışmalar devam etmektedir.

Katkı Belirtme

Bu çalışma O.D.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından desteklenen AFP 96-07-02-00-06 kodlu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Değinen Belgeler

- Bouwer, H. ve Rice, R.C., 1976, A slug test for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells: Water Resources Research, 12, 423-428.
- Çamur, M.Z., Yazıcıgil, H. ve Altınbilek, D.H., 1997, Hydrogeochemical modeling of waters in Mogan and Eymir lakes special environmental protection area, Ankara, Turkey: Water Environment Research, baskıda.
- Kalkan, İ., Şaroğlu, F. Özmutaf, M., Atiker, M., Yıldırım, N., Süzük, H. ve Tanıl, A., 1992, Eymir ve Mogan Göllerinin (Ankara-Gölbaşı) korunmasına yönelik jeoloji-hidrojeoloji incelemesi: MTA Raporu No: 9477, 535 s.
- O.D.T.Ü., 1995, Gölbaşı Mogan-Eymir Gölleri için su kaynakları ve çevre yönetim projesi: Final Raporu, 680 s.
- Plummer, L. N., Jones, B.F. ve Thrusdell, A. H., 1976, WATEQF-A FORTRAN IV version of WATEQ'a computer program for calculating chemical equilibria of natural waters: U.S.G.S. Water-resources investigations report, 76-13, 61 p.
- U.S.G.S., 1989, Methods for determination of inorganic substances in water and fluvial sediments: In Techniques of water-resources investigations of the U.S.G.S. (eds. M.J. Fishman and L.C. Friedman), Book 5, Chapter A1, 545 s.