

Yeraltısuyu Kirliliği

Vedat DOYURAN, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ANKARA

GİRİŞ

Doğal kaynakların hızlı tüketimine koşut olarak ortaya çıkan katı ve sıvı atıklar su kalitesini tehdit eden boyutlara ulaşmıştır. Akarsular, göller ve denizlerde kısa sürede etkisini gösteren bu zararlı atıklar zamanla yeraltısuyu kaynaklarını da etkilemekte ve bunların kirlenmesine yol açmaktadır.

Akarsuların kirlenmesi, kirliliğe yolaçan kaynakların kontrolü ile kısa sürede ve büyük ölçüde önenebilmektedir. Buna karşılık yeraltısularının kirlenmesi çok geç farkedilmekte ve bunların temizlenmesi de uzun süreleri gerektirmektedir. Bazı durumlarda akiferin tümünün ya da büyük bir kısmının terkedilmesi de söz konusudur.

Yüzey sularındaki kirlenmeye kıyasla yeraltısuyu kirlenmesi sorununun daha büyük boyutlara ulaşmasının başlıca nedeni, yeraltısuyu akışının genellikle çok yavaş oluşundan kaynaklanmaktadır. Her ne kadar akışın yavaş oluşu kirlenen bir akiferin yeniden temizlenmesi açısından önemli bir sorun ise de, bunun yararlı yönleri de yok değildir. Örneğin, biyolojik bozuşmadan etkilenen bileşimler, bazı radyoaktif atıklar, bakteri ve virüsler gibi kirleticiler bu yavaş akışın sağladığı zaman sürecinde bozuşmakta, parçalanmakta ya da ölmekte ve bu yollarla ortamdır arınmaktadır. Böylelikle, yeraltısuyu kendi kendini temizleme işlevini gerçekleştirebilmektedir. Bazı erimiş maddelerin çökeltme yolu ile ortamdır tümüyle arınmaları ya da özellikle metal iyonlarının kirliler ve organik maddeler tarafından adsorpsiyonu diğer örnekler arasında sayılabilir. Sonuç olarak, bazı koşullarda, yeraltısuyu kaynaklarının kirlenmesi yüzey sularına kıyasla daha güç gerçekleşmekte, buna karşılık kirlenen bir akiferin de temizlenmesi aynı derecede güçleşmektedir.

Fried (1975) kirlenmeyi «suyun fiziksel ve biyokimyasal özelliklerinin değişmesi sonucu çeşitli amaçlı kullanımlar için gerekli niteliğinin kaybolması» şeklinde tanımlamaktadır. Freeze ve Cherry'e (1979) göre «insanların faaliyetleri sonucu hidrolojik ortama katılan her türlü zararlı maddeye kirleticiler, bunların su içindeki konsantrasyonlarının emniyetli sınırları aşmasına da kirlenme» denir.

Yeraltısuyu kirliliğine yolaçan kaynaklar değişik yaklaşımlarla sınıflanabilmektedir. Örneğin Bouwer (1978) başlıca kaynakları alansal olarak sınıflamaktadır. Buna göre üç kaynak tanımlanabilir:

1. Düzlemsel kaynaklar: Geniş sahalardan, örneğin, tarımsal alanlardan süzülme yolu ile kirlenme,

2. Noktasal kaynaklar: Septik çukurlar, çöplükler, mezarlıklar, maden sahalarındaki artık depoları, petrol sızıntıları gibi yerel kaynaklardan kirlenme,
3. Çizgisel kaynaklar: Kirli akarsu yataklarından süzülme ve denizlerden tuzlu su girişi ile kirlenme.

Ancak, genel eğilim başlıca kaynakların kökensel sınıflaması şeklindedir. Buna göre:

1. Endüstriyel kirlenme
2. Kentsel kirlenme
3. Tarımsal kirlenme
4. Çevresel kirlenme

başlıca kökensel kirlilik kaynaklarıdır.

KİRLETİCİLERİN GÖZENEKLİ ORTAMLARDAKİ HAREKETİ

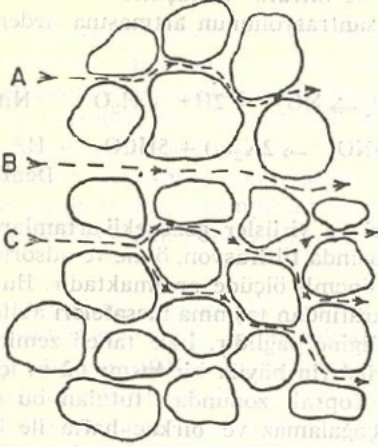
Çeşitli kaynaklardan süzülme yolu ile su tablasına ulaşan kirleticiler daha sonra yeraltısuyunun akışına uyarak hareket ederler. Su, kirlilik kaynağından uzaklaştıkça gerek mekanik dağılıma (dispersion), gerek moleküller yayılma (diffusion) ve gerekse azalma (attenuation) etkileri ile kirleticilerin konsantrasyonunda belirli bir azalma görülür.

Mekanik dağılıma akış yönünde (boyuna) ve bu yöne dik (enine) olarak gerçekleşir (Şekil 1).

Boyuna dağılıma farklı makroskopik hızlar, enine dağılıma ise akışın kum ve çakıl taneleri nedeniyle sürekli çatallaşması sonucu oluşmaktadır. Noktasal bir kaynaktan kökenlenen kirleticiler boyuna ve enine dağılıma nedeniyle Şekil 2'de görüldüğü gibi bir kirlilik cephesi oluşturur.

Mekanik dağılmayı etkileyen başlıca öğeler gözenekli ortamın özellikleri, kirleticinin özellikleri ve akış hızıdır. Heterojen bir ortamda dağılıma hidrolik iletkenliğin yüksek olduğu kısımlarda daha hızlı olur ve kirlilik cephesi de buna uygun olarak düzensiz gelişir. Kirleticinin özelliklerinin başında reaktif olup olmayışı ve yoğunluğu gelmektedir. Reaktif olmayan kirleticiler mekanik dağılıma ve yayılma yolu ile konsantrasyon değişikliğine uğrarlar. Reaktif maddeler ise biyolojik bozuşma, radyoaktif parçalanma gibi olaylar sonucu zamanla ortamdır kaybolur. Kirleticinin yoğunluğu yeraltısuyunun yoğunluğuna yakın ise kirleticiler su tablasının hemen altında dağılır. Eğer kirleticinin yoğunluğu fazla ise bu durumda kirleticiler akiferin daha derinlerine nüfus edebilir (Şekil 3).

Yeraltısuyu akış hızının az olduğu durumlarda dağılıma olayı daha çok moleküller yayılma şeklinde gerçekleşir. Hızlı akış koşullarında ise mekanik kirlenme etkilidir.



Şekil 1 : Boyuna (A, B) ve enine (C) dağılmayı gösteren şematik akış çizgileri

Başlıca azalma (attenuation) reaksiyonları asılı maddelerin (katı artıklar ve mikroorganizmalar) filtrasyonu, organik maddelerin biyolojik bozuşması (decomposition), amonyakın nitrifikasyonu, nitratın denitrifikasyonu, bakteri ve virüslerin adsorpsiyonu ve ölmesi, iyon alış veriş, erimiş maddelerin çökmesi, killer tarafından tuzların alıkonması ve radyoaktif maddelerin parçalanması gibi olayları içerir.

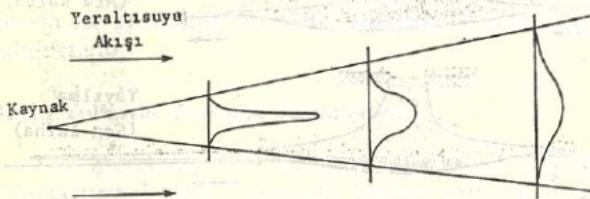
Kirliticilerin dağılma ve azalma olayları nedeniyle etkinliklerini yitirmeleri yeraltısuyunun kirlilik kaynağından yeterince uzaklaşması sonucu emniyetli olarak kullanımına olanak sağlar. Güvenilir uzaklık toprak zonu ve akiferin türüne, yeraltısuyunun akış hızına, kirleticinin türüne ve suyun kullanma amacına bağlıdır. Buna göre güvenilir uzaklık bir kaç on metre ile yaklaşık 1000 m arasında değişebilir.

İnce taneli sedimanlardan oluşan akiferler kirliticilerin arınması yönünden çakıllı ve çatlaklı kaya akiferlerine kıyasla daha etkilidir. Bu özelliklerinden dolayı bu gibi zeminlerden atık suların uzaklaştırılması amacı ile yararlanılmaktadır.

KİRLİLİK KAYNAKLARI

Katı Artıklar

Başlıca katı artıklar çöpler ve endüstriyel artıklardan oluşmaktadır. Yen ve Scanlon (1975)'a göre 1 milyon nüfuslu bir şehir her yıl 80 hektar genişliğinde



Şekil 2 : Noktasal kaynaktan kökenlenen kirliticilerin oluşturduğu kirlilik cephesi

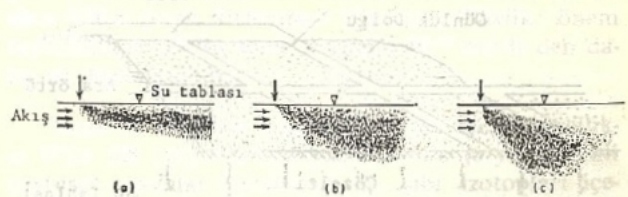
de ve 5 m derinliğindeki bir hacmi dolduracak kadar katı artık üretmektedir. Bu artıklar ya çevre sağlığına uygun olarak hazırlanmış diziler halinde hücrelerde depolanmakta ya da herhangi bir önlem alınmaksızın araziye geliş güzel yayılmaktadır. Çevre sağlığına uygun yöntemlerle depolanan artıklar her günün sonunda sıkıştırılır ve toprak ile örtülür. Depolanan artıklar yeterli yüksekliğe erişince yağış sularının süzülmesini önlemek amacı ile üstleri kalın ve geçirimsiz bir toprak ile örtülür (Şekil 4). Ancak, çoğu ülkelerde çevre sağlığına uygun depolama uygulamaları çok az yer tutmaktadır. Artıkların geliş güzel depolanması genellikle yaygın bir yöntemdir. Örneğin, Elmadağ sırtlarındaki Ankara çöp sahasında olduğu gibi.

Katı artıklar, yağış sularının etkisi ile zamanla çözünür. Bu yolla oluşan çözeltiler (leachate) yüksek oranlarda inorganik ve organik maddeler içerir. Depolama sahalarının kum, çakıl ya da çatlaklı kaya gibi geçirimli zeminlerde seçilmesi halinde bu çözeltiler uzak mesafelere taşınarak yaygın yeraltısuyu kirliliğine neden olurlar. Buna karşılık, uygun hidrojeolojik niteliğe sahip sahalarda yeraltısuyu kirlenmesi en az düzeyde kalmaktadır. Ancak uygun nitelikli depolama sahalarını her yerde temin etmek mümkün olmayabilir. Bu nedenle bir çok depolama sahaları zorunlu olarak kısmen ya da çoğunlukla yetersiz hidrojeolojik ortamlarda oluşturulmaktadır.

Katı artıkların çözünmesi iklim koşullarına ve zamana bağlıdır. Çözünme kurak bölgelerde az buna karşılık yağışlı bölgelerde fazladır. Artıkların çözünmesi bir kaç on yıl ve hatta bir kaç yüz yıl devam edebilir. Örneğin, Romalılardan kalma bazı katı artık depolarından çözünmelerin halen devam etmekte olduğu saptanmıştır (Freeze ve Cherry, 1979). Çözeltilerin bileşimi ise artıkların cinsine, çözünme miktarına ve artığın yaşına bağlıdır.

Uygun nitelikli depolama sahalarının bulunmadığı yerlerde zemin sızdırmazlığı (kil, asfalt v.s. ile) ve yağış sularının sızmasını önleyecek kalın ve geçirimsiz toprak örtüsünün teşkili gibi uygulamalarla gerekli önlemler alınabilir.

Katı artık depolarında çözeltiler yanı sıra organik maddelerin biyokimyasal bozuşması sonucu, gazlar da oluşmaktadır. Özellikle CO₂, CH₄, H₂S, H₂ ve N₂ bunların başlıcalarıdır. Metan gazının suda çözünürlüğü az olup yeraltısuyu kirlenmesine katkısı önemsizdir. Ancak fazla miktarda metan birikimi patlama tehlikesi oluşturabilir. Bu nedenle bazı örtülü depolama sahalarında gaz bacaları yardımı ile



Şekil 3 : Yoğunluğun kirleticinin hareketine etkisi (Freeze ve Cherry, 1979'dan)

bu gibi gazların birikimi önlenemez. Knight ve diğerleri (1978) Sidney, Avustralya'daki Lucas Heights katı atık depolama sahasında metan ve karbondioksit birikiminin 3-5 yıl içinde en yüksek düzeye eriştiğini saptamışlardır.

Sıvı Atıklar

Sıvı atıklar çeşitli yollarla uzaklaştırılmaktadır. Bunların en yaygın yerleşim sahalarındaki septik çukurlardır. Bu nedenle, septik çukurlar yeraltısuyu kirliliğine neden olan başlıca kaynaklardır.

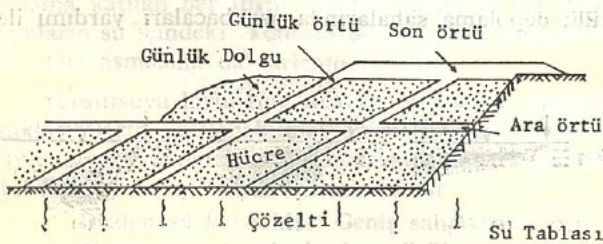
Bazı yerlerde atık su ya ham olarak ya da ön arıtma işlemlerinden sonra araziye verilmektedir. Azot ve fosfor gibi maddeleri içeren atık sular ve şlam (sludge) toprağın verimini arttırmaktadır. Ancak bu gibi yararları yanı sıra yeraltısuyu kirliliğine yol açması, uygulamanın olumsuz bir yan etkisi olarak görülmektedir.

Doğal yollardan yeraltısuyu beslenmesinin yetersiz düzeyde ya da üretimin fazla olduğu yerlerde ön arıtma işlemlerine tabi tutulan atık sulardan yapay beslenme amacı ile yararlanılmaktadır. Ayrıca kıyı akiferlerinde tuzlu su girişimini önlemek amacı ile atık suların kuyulardan enjeksiyonu diğer uzaklaştırma yöntemlerini oluşturur.

Sıvı atıklarda yeraltısuyu kirliliğine yol açan başlıca maddeler olarak muhtelif deterjan bileşimleri, nitrat, bakteri ve virüsler, metal iyonları, çeşitli organik bileşimler, fosfat, florür, bor v.d. sayılabilir.

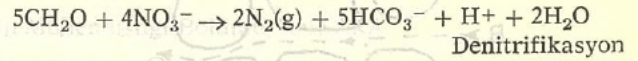
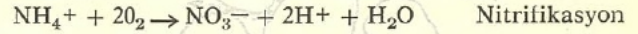
A.B.D. de 1950-1960 yılları arasında septik sistemlerden atık su uzaklaştırılması uygulamasında başlıca sorun olarak deterjanın en önemli bileşeni olan alkil benzen sulfonat (ABS) görülmekteydi. ABS biyolojik bozuşmadan etkilenmediği için suda anyon şeklinde bulunmaktaydı. Ancak 1960 ortalarından sonra deterjan imalinde lineer alkil sulfonat (LAS) kullanılması ile bu sorun büyük oranda çözümlenmiştir. LAS oksijenli ortamda kolaylıkla parçalanmakta ve böylece su kirlenmesi önlenmektedir.

Atık sulardaki en önemli kirleticilerden biri de yeraltısuyunda genellikle NO_3^- şeklinde görülen erimiş azottur. Her ne kadar nitrat azotun en yaygın bulunuş şekli ise de bazı koşullarda NH_4^+ , NO_2^- , N_2 , N_2O ve organik azot şeklinde de bulunabilmektedir. Ancak organik maddece zengin ve oksijenli ortamlarda, NH_4^+ iyonu aşağıda gösterildiği gibi nit-



Şekil 4 : Katı atıkların depolanması. (Bouwer, 1978'den)

rifikasyon ile nitrate dönüşmekte ve yeraltısuyunda nitrat konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır.

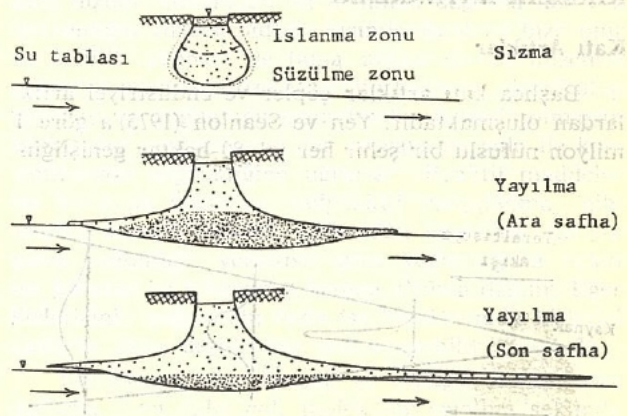


Bakteri ve virüsler gözenekli ortamlardaki hareketleri sırasında filtrasyon, ölme ve adsorpsiyon yolu ile sudan önemli ölçüde arınmaktadır. Bunların yeraltısuyu tarafından taşınma mesafeleri akiferin hidrolik iletkenliğine bağlıdır. İnce taneli zeminlerde bakteri ve virüslerin büyük bir kısmı 1-2 m içinde tutulmaktadır. Toprak zonunda tutulan bu mikroorganizmalar çoğalamaz ve birkaç hafta ile birkaç ay içinde genellikle ölürlür. Virüsler ayrıca killer tarafından adsorpsiyon yolu ile sudan arınabilirler.

Metal iyonları özellikle endüstriyel atık sularında yoğun olup bunların başlıcaları Ag, Fe, Cd, Hg, Pb, Zn, Cu, Cr ve Mn dir. Demir dışındaki diğer metal iyonlarının konsantrasyonu genellikle 1 mg/lit den azdır. Bu iyonların en büyük özelliği bikarbonat, karbonat, sülfat, klorür, florür ve nitrat gibi anyonlarla birleşerek çökelmeleri ve ayrıca bazı metal iyonlarının kil ve organik maddelerce adsorpsiyonudur.

Toprak zonundaki demir ve alüminyum oksitler adsorpsiyon ve çöktürme yolu ile atık sulardaki fosfatın temizlenmesine yardımcı olurlar. Suyun pH değerinin 6-7 den yüksek olması halinde fosfat kalsiyum ile birleşerek apatit türünde bir çökel oluşturur. pH'nın 6-7 den küçük olduğu ortamda ise Al ve Fe bileşimleri oluşur.

Bor ve florür genellikle killer tarafından adsorpsiyon yolu ile yeraltısuyundan kısmen arınabilmektedir. Yurdumuzda halen Afyon-Gecek ve Denizli-Kızıldere jeotermal sahalarından çıkan su buharları yüksek oranda (10-38 mg/lit) bor içermekte ve bu sular söz konusu yörelerde önemli sorunlar yaratacak niteliktedir.



Şekil 5 : Yüzeysel sızan petrolün hareket aşamaları (Freeze ve Cherry, 1979'dan)

Tarımsal Kirlenme

Tarımsal uğraşlar, yeraltısuyunun kalitesini etkilemesi yönünden, insanların neden olduğu en önemli sorunların başında gelmektedir. Özellikle inorganik gübreler, tarımsal mücadele ilaçları ve organik gübreler (hayvansal gübreler) başlıca tarımsal tüketim maddeleridir. Kimyasal yöntemlerle üretilen gübreler azot ya da fosfat bileşimlerini içermektedir. Azot ve fosfat bitkiler için gereksinilen başlıca maddelerdir.

Tarımsal alanlarda gereksinilen gübre miktarı bölgeye ve bitki türüne göre değişmektedir. Genel olarak azotlu gübreler 100-500 kg/hektar/yıl dolayında tüketilmektedir. Tarımsal ürünlerin azot gereksinimi toprağa karıştırılan gübrenin % 40-80'i kadardır. Bitkiler tarafından tüketilmeyen % 60-20 dolayındaki azotun bir kısmı ya denitrifikasyon ya da buharlaşma yolu ile atmosfere karışır. Geriye kalan kısım ise akifere süzülür.

Hayvansal gübrelerden kaynaklanan en önemli sorun organik ya da amonyak şeklindeki azottur. Vadoz zonda nitrifikasyon yolu ile amonyak nitrata dönüştür ve yeraltısuyunda nitrat artışına yol açar.

Tarımsal ilaçlardan kirlenme, yüzey sularına kıyasla yeraltı sularında daha azdır. Bunun başlıca nedeni bu gibi ilaçların toprak zonu ve vadoz zonda adsorpsiyonudur. Ayrıca molekül ağırlığı genellikle fazla olan bu ilaçların suda çözünürlüğü de azdır. Molekül ağırlığı az olanlar ise buharlaşma yolu ile atmosfere karışır. Bu gibi nedenlerle bir miktar kirlenme genellikle su tablasının yüzeye yakın olduğu durumlarda ya da hidrolik iletkenliği yüksek olan akiferlerde söz konusudur.

Mezarlıklar

Mezarlıklar, özellikle yağışın fazla ve yeraltısı tablasının sığ olduğu geçirimli zeminlerde önemli noktasal kirlenme kaynaklarını oluştururlar. Ancak bu kirlilik genellikle yerel olup mesafe arttıkça kirlenmelerin konsantrasyonunda önemli azalmalar görülür.

Çevre koşullarına uygun bir seçim için mezarlık sahalarında yeraltısı tablasının en az 2.5 m derinde olması ve arada yaklaşık 0.70-1.00 m kalınlığında bir filtrasyon zonu (killi, siltli) bulunması gerekmektedir. Emniyetli su kullanımı için kuyular mezarlıklardan belirli bir uzaklıkta açılmalıdır. Bu uzaklık İngiltere'de 91.5 m (100 yarda), Fransa'da 100 m ve Hollanda'da 50 m dolayındadır. Yurdu-muzda ise genellikle 50 m lik bir uzaklık yeterli görülmektedir.

Buzlu Yollarda Tuzlama Çalışmaları

Kış aylarında kent içi ve kentler arası ulaşımı kolaylaştırmak için yollardaki buzları eritmek amacıyla genellikle kaya tuzu kullanılmaktadır. Stoklardaki tuzların yapışmasını önlemek için ferrik ferro-

siyanit ve sodyum ferrosiyanit gibi kimyasal maddeler ilave edilmektedir. Sodyum ferrosiyanit suda kolaylıkla çözünebilmekte ve gün ışığı etkisi ile siyanit meydana getirebilmektedir. Ayrıca tuzun korozif niteliğini azaltmak amacıyla tuz stoklarına kromat ve fosfatlı bileşimler ilave edilmektedir.

Karayollarında her kilometre için bir defada yaklaşık 100-300 kg tuz sarfedilmektedir. Uzun bir kış döneminde bu miktar kilometre başına bir kaç tona çıkabilir. Buzların çözülmesi sonucu sularda yüksek konsantrasyonda klörür birikimi görülür. Yeraltına sürülen bu sular yeraltısuyu kalitesini önemli ölçüde etkiler.

Madencilik

Doğal kaynakların işletilmesi sırasında gerek açık ve gerekse kapalı maden ocakları yeraltısuyunun kimyasal rejiminde bazı değişmelere neden olabilirler. Örneğin atmosferik oksijen bu yollarla yeraltı ortamına kolaylıkla ulaşabilir. Bunun yanı sıra yüzeydeki cevher, yan kaya, ya da izabe artıklarından oluşan stok sahalarından süzülen sulardaki çözülmüş maddeler yeraltısuyu kalitesini etkileyebilir.

Kömür işletmelerinin neden olduğu başlıca yeraltısuyu kirlenmesi, demir ve sülfat iyonlarının suya karışması ve düşük pH değerleri şeklinde görülmektedir. Kömür ve yantaşlarında bulunan pirit, atmosferik oksijen etkisi ile sülfürik asit ve demir hidroksit oluşturur. Bu nedenle yeraltısularında artan demir ve sülfat konsantrasyonları yanı sıra düşük pH (4 veya daha az) değerleri ölçülür. Örneğin, kuzeybatı Pensilvanya kömür ocaklarından süzülen asidik özellikli pH değeri 2,6 dan az olup 200-500 mg/lt demir ve 2450-4400 mg/lt sülfat içermektedir.

Metalik maden işletmeleri, çeşitli metal iyonlarının yeraltısuyuna karışmasına neden olmaktadır.

Radyoaktif Atıklar

Nükleer enerji santrallerinin giderek yaygınlaşmasına koşut olarak radyoaktif atık sorunları da bir çok ülkede güncellik kazanmıştır. Türkiye de bu sorunun eşiginde. Aslında radyoaktif atık sorunu geniş kapsamlı olup uranyum işletmelerini, öğütme işlemlerini, rafinerileri, zenginleştirme tesislerini, yakıt imalini ve tüketimini, yakıtın yeniden prosesini, artık yakıtları ve bunların atımını içermektedir. Bütün bu işlemler sırasında uranyum, toryum ve radyum gibi izotoplar önemli yeraltısuyu kirliliğine neden olmaktadır. Özellikle yarı ömrü 1620 yıl olan ²²⁶Ra çevre kirlenmesi yönünden büyük önem taşımaktadır. ²²⁶Ra içme suyunda 10⁻⁹ mg/lt den daha az bulunmalıdır.

Reaktör artıkları çeşitli izotopları içerir. Özellikle ¹³⁷Cs (28 yıl), ⁹⁰Sr (33 yıl) ve ⁶⁰Co (6 yıl) önemli çevresel sorunlar yaratırlar. Bu gibi izotopları içeren artıkların düşük radyoaktif düzeylere parçalanması için birkaç yüz yıl gerekmektedir.

Petrol Sızıntıları

Özellikle endüstrileşmiş ülkelerde tonlarca akar yakıt yeraltına gömülü tanklarda depolanmaktadır. Ayrıca binlerce km uzunluğunda yeraltı boru hatlarından petrol nakli yapılmaktadır. Bu gibi yapılardan oluşabilecek sızıntılar yeraltı su kaynakları için ciddi bir tehlike taşımaktadır.

Ham petrol ve ürünlerinin oluşturduğu kirlilik sorunu diğer kirleticilerden oldukça farklıdır. En önemli fark bu ürünlerin sudan hafif olmaları ve su ile karışmamalarıdır. Bu nedenle bu gibi kirleticiler özellikle doymun olmayan ortamlarda hareket ederler. Bu sızıntı sırasında kapiler kuvvetler yanıl hareketlere de neden olur. Böylece kirlilik kaynağı altında petrol ıslaklık zonu oluşur (Şekil 5).

Petrolün aşağıya doğru sızma hareketi su tablasına erişince son bulur. Suyu karışabilen çok az miktardaki bazı hidrokarbonlar dışındaki petrol su tablasının altına sızamaz. Burada biriken petrol önceleri hidrolik eğime bağlı olarak daha sonra ise kapiler kuvvetler etkisi ile yanıl olarak hareket eder.

Ham petrol ve türevleri suda çözünebilir bazı hidrokarbon bileşimleri içerir. Hafif petrol türevleri ağır türevlere göre daha fazla çözünebilir.

Yeraltı su düzeyindeki değişimler petrolün düşey hareketini etkiler. Su tablasının alçalması ile aşağıya hareket eden petrol kum ve çakıl taneleri etrafında film oluşturur. Bu petrol filmleri suyun yükselmesi ile temizlenemez. Ancak zamanla bakterilerin neden olduğu oksidasyon ile kısmen ya da tümüyle temizlenebilirler.

Denizlerden Kirlenme

Bu sorun özellikle kıyı akiferlerinde görülmektedir. Kuyulardaki pompaja bağlı olarak su tablasındaki düşümler deniz suyunun akifer içlerine doğru hareket etmesine neden olur. Ayrıca tatl su-tuzlu su girişim sınırına yakın derinliklere ulaşan kuyular pompaj sırasında deniz suyunun akifer içinde yükselmesine yol açabilir. Bu gibi durumlarda kuyu derinliklerinin kısıtlanması soruna bir çözüm getirebilir. Ayrıca kıyı akiferlerinde açılacak kuyuların denizden belirli uzaklıkta açılması ve pompajların kontrollü bir şekilde planlanması gereklidir.

KAYNAKLAR

- Bouwer, H., 1978, Groundwater hydrology: McGraw-Hill Book Co. New York, s. 396-455.
- Freeze, R.A., ve Cherry, J.A., 1979, Groundwater: Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, s. 383-462.
- Fried, J.J., 1975, Groundwater pollution-Theory, methodology, modelling and practical rules: Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, 330 s.
- Knight, M.J., Leonard, J.G., ve Whiteley, R.J., 1978, Lucas Heights solid waste landfill and downstream leachate transport-A case study in environmental geology: Bulletin of Intern. Assoc. Engr. Geol. No. 18, s. 45-64.
- Yen, B.C., ve Scanlon, B., 1975, Sanitary landfill settlement rates: J. Geotech. Div. Proc. Amer. Soc. Civ. Engrs., 101 (GT5), s. 475-487.

Özler

Hazırlayan: Ussal ÇAPAN

MENDERES MASİFİ METAMORFİK KAYAÇLARININ TÜM-KAYAÇ KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARININ İSTATİSTİKSEL YORUMU

Statistical Interpretations of Results from whole-rock chemical analysis of Metamorphic Rocks of the Menderes Massif

M. M. Evirgen

Terra Cognita, Cilt. 5, No. 2-3, 1985 (EUG-III), s. 335

Menderes Masifi, merkez ve güney kesiminden toplanan örneklerden seçilen 88 örneğe ait majör element kimyası sonuçlarına korelasyon analizi ve faktör analizi uygulanmıştır. Metamorfik kayaçların kökeni hakkında yorum getirilmeye çalışılmıştır. İstatistiksel bulgular şunları göstermiştir:

1. SiO₂, diğer oksitlerle negatif ilişkilidir. Al, güney bölge için, Fe ve Mg ise merkez bölge için en önemli bileşenlerdir.

2. Faktör analizine göre Si, Al, Ca ve Na güney bölge için en güçlü bileşenlerdir. Al, merkez bölge için en güçlü bileşenlerdir. Al, merkez bölge için negatif ve en güçlü bileşendir. Si, Mg, Ca ve Ti bu bölge için diğer önemli faktörlerdir.
3. Literatürdeki sonuçlarla karşılaştırınca, sonuçlar bu metamorfik kayaçların «para» kökenli olduğunu işaret etmektedir.