

YERALTI SULARININ TEŞEKKÜLÜ

Dr. Y. Müh. Nuri KORKMAZ *

Yeryüzünde canlıların yaşaması için gerekli olan en önemli maddelerden biri de su olduğu için, insanlar tarih boyunca su ile ilgilenmişler, suyun özelliklerini tanımayla, hareket kanunlarını belirlemeye, tehlikelerinden korunmaya ve sudan en iyi şekilde yararlanmaya çalışmışlardır. İnsanlar, ihtiyaç duydukları su miktarını yeryüzündeki akarsu, göl gibi yüzeysularından veya yerkabuğu içindeki kütlelerin gözeneklerinde toplanan ve hareket eden yeraltısularından kuyu, galeri gibi tesislerle sağlarlar. İnsanlar, yüzeysularını çeşitli şekillerde biriktirirler ve ihtiyaç duyulan yerlere iletirler. Fakat her yerde yeterli miktar ve kalitede yüzeysular bulunmamakta, dolayısıyla yeraltısularından kaynaklarla veya kuyu ve galeri gibi tesislerle yararlanma yoluna gidilmektedir. Bu nedenle, özellikle kurak ve yarıkurak bölgelerle, yüzeysuyu kirliliğinin büyük boyutlara ulaştığı bölgelerde veya özel kaliteli suya ihtiyaç duyulan endüstri bölgelerinde yeraltısularının aranıp bulunması ve işletilmesi konularının önemi günden güne artmaktadır.

Yeraltısularının oluşunu açıklama konusunda eski çağlardan beri birçok görüşler ileri sürülmüştür.

Homer, Thalas ve Platon gibi eski Yunan filozofları, kaynak sularının dağlar altında büyük boşluklar ve kanallarla deniz sularından beslendiği, bu arada tabii olarak temizlenip tatlı su haline geldikleri ve yeryüzüne kadar yükseldikleri hakkında bazı hipotezler ortaya atmışlardır.

Aristo dağların altındaki büyük ve karanlık mağaralara havanın girdiğini, havanın burada suya dönüştüğünü ve yeryüzündeki kaynakların bu mağaralardan beslendiği fikrini ileri sürmüştür.

Alman astronomu Johann Kepler (1571—1630) yeraltısuyu hakkında tamamen hayalî bazı fikirler ileri sürmüştür. Kepler'e göre, dünyamız memeli bir hayvana benzetilmektedir. Yerkabuğu tuzlu deniz suyunu bünyesine alarak asimile etmekte, bunu tatlı su haline getirmektedir. Bu tatlı sudan kaynaklar ve yeraltısuları beslenmektedir.

Fransız filozofu Rene Descartes (1596—1650) yukarıda ifade edilen, eski Yunan filozoflarının deniz suyu teorisini, yer içerisinde oluştuğunu ileri sürdüğü buharlaşma ve yoğunlaşma teorisi ile takviye etmiştir.

Literatürde sık sık isimleri geçen Homer, Thalas, Platon, Aristo, Kepler ve Descartes'in yeraltısularının teşekkülü ile ilgili görüşlerinin, ilerideki paragraflarda verilen bilgilerden de anlaşılacağı gibi hiçbir ilmi yönünün olmadığı, tamamen hayalî görüşler olduğu anlaşılmaktadır.

Batı'da suyun hidrolojik çevriminin açık olarak anlaşıl-



Hidrolojik çevrim

ması XVII. yüzyılın ikinci yansına isabet eder. Bu sıralarda, teorinin yanında müşahede ve tecrübeye de yer verilmiş ve ilk defa olarak, rasatlara ve kantitatif ölçmelere dayanan teoriler ileri sürülmeye başlanmıştır.

XIX. yüzyılın ilk yarısında Fransa'da birçok artezyen kuyusu açılmış ve bunlar yeraltısuyu konusuna karşı ilgiyi artırmıştır. H. Darcy (1803—1856), kumlu ortamda suyun hareketini inceleyerek 1856'da yazdığı eserinde, bugün kendi adı ile anılan yeraltısuyu akışının esaslarını belirten kanunu ortaya koydu. Batı'da bu tarihten itibaren yeraltısular hakkında birçok araştırmalar yapılmış ve önemli ilerlemeler kaydedilmiştir.

İslâm dünyasında ise yeraltısularının teşekkülü ve hareket kanunları ile ilgili görüşlerde, diğer ilim alanlarında olduğu gibi, Batı'nın aksine farklı bir gelişimin olduğunu görüyoruz. Batı'da 17. yüzyıla kadar bu konudaki görüşlerin hiçbir ilmi yönünün olmamasına karşılık, tarihî seyir içerisinde İslâm âlimlerinin görüşlerinin bugünkü bilgilerin seviyesinde olduğunu hayranlıkla görüyoruz. Özellikle 12. yüzyıl öncesinde İslâm dünyasında İslâm'ın verdiği aşk ve gayret sonucunda ilmin her dalında çok büyük âlimler yetişmiştir. Burada konumuzla ilgili olarak yalnız büyük âlim Biruni'nin görüşlerinden kısa bir açıklama vermek istiyoruz.

Matematik, astronomi, jeoloji, hidrojeoloji, coğrafya,

* DSİ, Jeoteknik Hiz. ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı

fizik ve daha birçok ilim dalında kıymetli eserler vermiş olan büyük İslâm âlimi Birunî (973—1048), ilim tarihinin kaydettiği en büyük âlimlerden biridir ve bugün Batı'da ilim tarihi konusunda yayınlanmış eserlerde 11. yüzyılın ilk yarısı "Birunî asrı" olarak adlandırılmaktadır. Çoğumuzun bilmediği Birunî'nin eserleri üzerinde özellikle Batılı bilim çevrelerinde birçok araştırmalar yapılmış, eserlerinden faydalanılmış ve eserleri yeni çalışmalara yön vermiştir.

Birunî, yeraltısularının teşekkülünü doğru bir şekilde belirlemiş ve artezyen kuyuları ile kaynakların işleyiş mekanizmasını hidrostatik prensiplerle açıklamıştır. Birunî'nin yeraltısuyu hareketini doğru bir şekilde açıklayan bu görüşleri, Batı'da ancak kendisinden yaklaşık 8 yüzyıl sonra H. Darcy'nin yaptığı deneylerle anlaşılabilmiş ve H. Darcy (1856), çalışmalarında Birunî'nin bu konudaki eserlerinden büyük çapta faydalanmıştır.

Yeraltısuları hakkında verdiğimiz bu giriş ve tarihî açıklamalardan sonra, konumuzla ilgili olarak bugün ulaşılan seviyedeki bilgiler aşağıda özet olarak verilmektedir.

Su, yeryüzü, yeraltı ve atmosfer arasında sıvı, katı ve gaz (su buharı) olmak üzere birbirlerinin devamı olan üç değişik halde, devamlı bir dönüşüm — dolaşım halindedir. Suyun bir bütün olarak bu dönüşüm — dolaşım içinde izlediği yol ve geçirdiği değişik safhalar hidrolojik çevrim olarak adlandırılmaktadır. Hidrolojik çevrim yağış, akış, buharlaşma — terleme ve süzülme olmak üzere dört ana bileşeni vardır. Yağış şeklinde yeryüzüne indirilen suyun bir kısmı, yeryüzünün geçirgen bölgelerinden yeraltına sızar ve sızan su önce üst bölge tarafından tutulur. Bu bölgenin su ihtiyacı karşılandıktan sonra artakalan su miktarı, yeraltına doğru kayaç boşluklarından düşey hareketine devam ederek, alttaki geçirimsiz ortam üstündeki geçirimli ortamda birikir. Yeraltında, alttan geçirimsiz bir ortamla sınırlanmış ve içindeki gözenekleri tamamıyla su ile dolu bölgeye doymuş bölge denir. Geniş anlamda yeraltının bu bölgesindeki su, yeraltısuyu olarak ifade edilir. Yeraltısuları yağışlardan beslenir; kalite ve miktarı lokal iklim ve jeolojik şartlara paralel gelişir. Gözenekleri tamamıyla yeraltısuyu ile dolmuş olan bu suyu, bir noktadan diğerine iletebilen ve boşluklarındaki suyun dışarıya çıkarılabilmesine imkân veren jeolojik teşekküller akifer denir. Bu jeolojik teşekküller kumlu, çakıllı formasyonlarda olduğu gibi, primer gözenekli ortamlar veya çatlaklı ve erime boşluklu sekonder gözenekli ortamlar da olabilir.

Akiferlerin küçük veya büyük, düzensiz, birbirleriyle ilişkili primer veya sekonder boşluklarında yeraltısuyu hareket halindedir. Birbiri ile irtibatlı gözenekler, bir boru ağı, bir boru şebekesi meydana getirirler. Gözenekli ortamın kompleks yapıda bir ortam olması, bu ortamın geometrik özelliklerinin matematik bağantılarla tanımlanmasına imkân vermemektedir. Gözenekli ortamda yeraltısuyu akımı, suyun enerjisinin yüksek olduğu yerlerden alçak olduğu yerlere doğrudur. Bu ortamda meydana gelen akımda, akım çizgilerinin eğriliğinden dolayı, akım çizgileri tekrar tekrar birleşir ve ayrılır. Gözenekli ortamdaki yeraltısuyunun hareketinde sürtünme ile meydana gelen enerji kayıplarının büyük olması yüzünden, bu hareket genellikle çok yavaştır; suyun hızı günde birkaç

EL-BİRUNÎ KİMDİR?

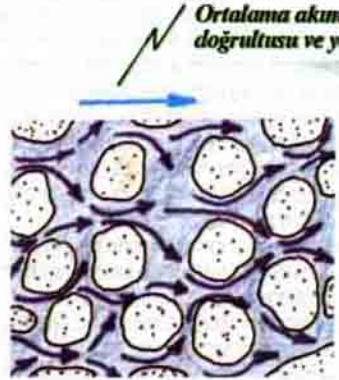
Adı, bütün çağların önemli bilim adamları arasında anılan büyük İslâm bilgini El-Birunî, 973-1048 yılları arasında yaşamıştır. Seyyah, filozof, matematikçi, astronom, coğrafyacı ve ansiklopedi yazarı olarak çok yönlü araştırmalar ve çalışmalar yapan bu bilgini, Arapça ve Sanskrit dilinde eserler vermiştir. Bu eserlerin en önemlileri, Eski Milletler Kronolojisi, Tarih-i Hind, Astronomi Ansiklopedisi ve Matematik, Astronomi ve Astroloji konularının özetlediği bir kitaptır. Birunî ayrıca, Sanskrit dilinden Arapça'ya çeviriler yapmış, İslâm felsefesini de Hintlilere tanıtmıştır.

Birunî'ye göre, bilimsel bilginin iki temel aracı duyularımız ve aklımızdır. Duyu organlarımız aracılığıyla bilgi edinmek için ise, gözlem ve deney yöntemlerini kullanırız. Duyularımız vasıtasıyla gelen bilgiler akıl ile yorumlanır. Aklın deneyden önce bir varsayımı vardır; bunun doğruluğu bilginin kaynakları ile araştırılır.

Birunî ayrıca, satranç oyununa uygun bir geometrik dizi ile, açılar ve tek başına cetvel ve pergelle çözülmeyen problemler (Albirunic problems) üzerinde çalışmaları yapmıştır. Enlem ve boylamları doğru olarak belirlemiş, jeodezi (yerölçüm) üzerinde çalışmıştır. Dünyanın kendi eksenini etrafında dönüp dönmediğini araştırmış, kesin bir sonuca ulaşmamıştır.

Özgül ağırlık konusunda buluşlar yapmış, 18 değerli taşın özgül yoğunluğunu doğru olarak belirlemiştir. Işık hızı ile sesin hızını karşılaştırmıştır. Doğal su kaynakları ve artezyen kuyularının çalışmasını birleşik kaplar prensibine göre açıklamıştır. İndüs Vadisi'nin denizin alüvyonlarla dolması sonucu oluştuğunu ileri sürmüştür.

Ortalama akım doğrultusu ve yönü

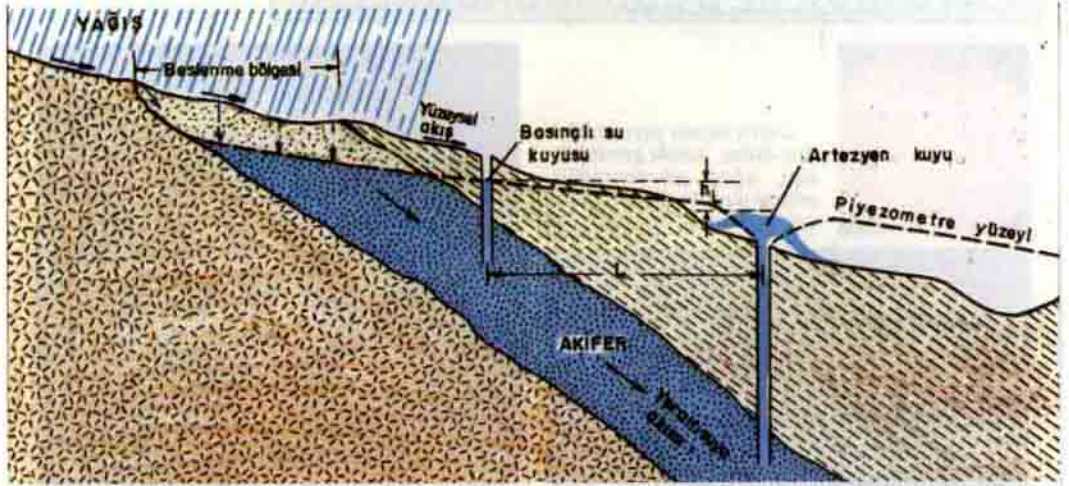


Gözenekli ortamda yeraltısuyu akımı

metre ile yılda birkaç metre arasında değişir. Bu nedenle yeraltısuyu akımı hemen her zaman laminardır; ancak çok büyük boşluklu ve eğimi büyük ortamlarla, pompaj kuyusu yüzeylerinin yakınında türbülanslı hareket görülebilir.

Akım yönünde ölçülen L uzunluğu boyunca piyezometre yüksekliğinde meydana gelen azalma yük kaybı (h_1) olarak tanımlanır. $l = h_1/L$ hidrolik eğimi piyezometre çizgisinin eğimidir. l hidrolik eğim, serbest akiferlerde yeraltısuyu yüzeyinin eğimi olmaktadır.

Akiferleri serbest akiferler ve basınçlı (artezyen) akiferler olmak üzere genel olarak iki sınıfa ayırabiliriz.



Artezyen akifer ve beslenme alanı.

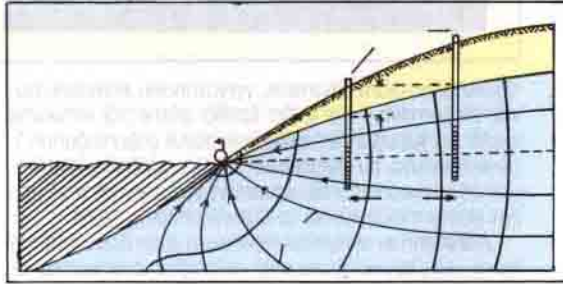
Serbest akiferler yalnız alt tarafından geçirimsiz bir ortamla sınırlanmış ve yeraltısuyu serbest yüzeylidir. Bu gibi akiferlerde yeraltısuyunun üst sınırı yeraltısuyu yüzeyidir (su tablası); bu yüzey boyunca doymuş bölge doymamış bölge ile temas etmektedir ve bu yüzey akifere inen kuyulardaki statik su seviyesi ile belirlenir. Serbest akiferlerdeki akım bir açık kanaldaki serbest yüzeyli akıma benzer.

Alttan ve üstten geçirimsiz ortamlarla sınırlanmış akiferlere basınçlı (artezyen) akifer denir. Bu gibi akiferlerin beslenme bölgesi dışında atmosfer basıncı ile temasta olan bir serbest yüzeyleri yoktur. Bu bakımdan basınçlı akiferlerdeki akım, borulardaki basınçlı akıma benzer. Basınçlı akiferlerde açılan kuyular, borulara takılan piyezometrelere benzetilerek bu kuyulardaki statik su yüzeyine "piyezometre yüzeyi" denir. Akım basınçlı olduğundan piyezometre yüzeyi akiferin yukarısidir. Artezyen akiferdeki bir kuyuda su, akiferin üst sınırının yukarısına kadar yükseldiğine göre, zemin yüzeyinin yeter derecede alçak olduğu bazı hallerde (artezyen kuyu) zeminden yukarıya da fıskırabilir. Basınçlı akiferlere suyun girdiği bölgelere "beslenme alanı" denir.

Akiferlerin birbirleriyle ilişkili gözenerlerinde suyun enerjisinin yüksek olduğu yerlerden alçak olduğu yerlere doğru hareket eden yeraltısuyu akımı, uygun noktalardan kaynak şeklinde veya belirli seviyelerden doğrudan doğruya akarsu, göl, deniz gibi su kütlelerine boşalarak yüzüne ulaşır. Genel olarak yeryüzündeki akarsu akımlarının önemli bir kısmı akarsuların yeraltısular tarafından beslenmesi ile meydana gelmektedir.

Daha önce yaptığımız "Uzun Devreli Yağış—Yeraltısuyu İlişkisinin Araştırılması ve Su Kaynaklarının Projelendirilmesine Etkisi" adlı çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, literatürde ilk defa akiferler, hidrojeolojik özelliklerine göre 4 gruba ayrılmıştır. Her grubun özellikleri şöylece özetlenebilir.

1. Tip Akiferler: Bu tip akiferlerde su seviyesi ve yeraltısuyu akımı boşalmaları yıllık yağışlardan hemen etkilenmemekte, ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma değerlerine bağlı olarak uzun devreli ve düzenli gelişmektedir. Bu tip akiferlerde herhangi bir yılın 6 aylık bir kurak mevsimi so-



Kaynakla boşalan serbest akifer.

nunda boşalım seviyesine göre su seviyesi ve yeraltısuyu akımı, mevsim başındaki değerlere göre yaklaşık olarak % 6'dan küçük veya % 6'ya eşit olacak şekilde azalmaktadır.

2. Tip Akiferler: Bu tip akiferlerde su seviyesi ve yeraltısuyu akımı boşalmaları, yine yıllık yağışlardan hemen etkilenmemekte, ortalama yıllık yağıştan eklenik sapmanın kurak ve yağışlı periyot değerleri ile ayrı ayrı ilişkili olarak uzun devreli ve düzenli gelişmektedir. Bu akiferlerde bir yılın 6 aylık kurak mevsiminin sonunda boşalım seviyesine göre su seviyesi ve yeraltısuyu akımı, mevsim başındaki değerlere göre yaklaşık olarak % 6—27 arasında değerler alacak şekilde azalmaktadır.

3. Tip Akiferler: Bu tip akiferlerde su seviyesi ve yeraltısuyu akımı boşalmaları, yıllık yağışlarla ilgili beslenime bağlı olarak gelişmektedir. Bu akiferlerde bir yılın 6 aylık kurak mevsimi sonunda boşalım seviyesine göre su seviyesi ve yeraltısuyu akımı, mevsim başındaki değerlere göre yaklaşık olarak % 27—92 arasında değişmektedir.

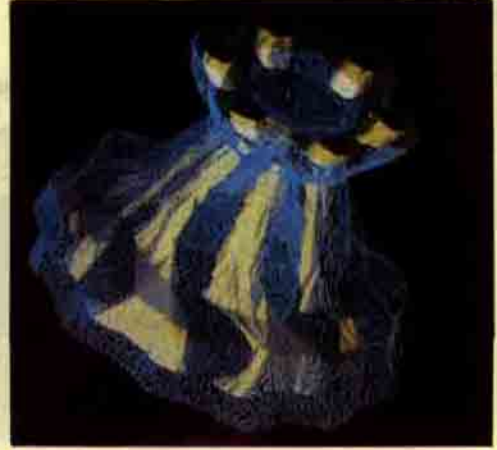
4. Tip Akiferler: Çok yüksek boşaltım özelliğine sahip olan karstik akiferler bu gruba girmektedir. Bu tip akiferlerde ise boşalım seviyesine göre su seviyesi ve yeraltısuyu akımı boşalmaları, yalnız aylık yağışlara bağlı gelişmektedir ve bir aylık kurak süre sonunda bu parametreler yaklaşık olarak % 90'dan fazla azalmaktadır.

Değişik iklim ve jeolojik şartlara sahip bir çok sahada yap-

FOTOĞRAFIN DÜŞÜNDÜRDÜKLERİ



Geçen sayıda yayınladığımız resim, yanda gördüğünüz ağaç gövdesinden alınan kesitin büyütülmüş görüntüsüydü.



Bu sayıda sizi, yukarıda gördüğünüz resimle başbaşa bırakıyoruz.

tiğimiz çalışmalara dayanarak, yeryüzündeki akiferlerin büyük bir kısmının 1. tip akifer özelliği gösterdiği sonucuna vardık. Arz kabuğundaki akiferlerin büyük çoğunluğunun 1. tip akifer oluşu, bu akiferlerden yapılan yeraltısu işletmesinin sürekli ve ekonomik olmasını ve ayrıca kaynak ve akarsu baz akımlarında sürekli ve düzenli olmasını sağlar.

Akiferlerin su seviyesi ve yeraltısu akımı boşalmalarının hangi yağış büyüklüğüne bağlı geliştiğinin belirlenmesi ve uzun devreli tahminlerin yapılması, yüzey ve yeraltısu kaynaklarını planlama, projelendirme, inşaat ve işletme safhalarında büyük çapta faydalar sağlamaktadır.

Sonuç olarak ifade edilecek olursa, su, yeryüzü, yeraltı ve atmosfer arasında sıvı, katı, gaz (su buharı) olmak üzere üç

değişik halde devamlı bir dönüşüm — dolaşım hidrolojik çevrim yolu izlemektedir ve bu dönüşüm—dolaşımın yağış, akış, buharlaşma—terleme ve süzülme olmak üzere dört ana bileşeni vardır. Arz kabuğunda uygun jeolojik yapı ve litolojik dokuya bağlı olarak suyu depolama, suyu hareket ettirme ve bir kaynak olarak su verme yeteneklerine sahip olan bir gözenekli ortama, özellikle yağışların bir kısmının süzülmesi ile dünyadaki kullanılabilir tatlı suyun en önemli kaynaklarından biri olan yeraltısuyla teşekkül eder. Yeraltında toplanan sular hareketine devam ederek kaynak şeklinde veya doğrudan doğruya akarsu, göl, deniz gibi su kütlelerine boşalarak yeryüzüne ulaşmakta ve böylece hidrolojik çevrimin yeraltı kısmı tamamlanmaktadır. □

UYANIK ŞOFÖR

Şoförlerin alnına taktıkları bir alın plâkası, onların yolculuklarda uzun süre dinç tutmaktadır.

Yeni tip araştırmalarına göre insanın bazı vücut bölümlerindeki ısı düşürülerek kan dolaşımı canlandırılabilir. Bu suretle büyük miktardaki kan, beyne giderek uyanıklık ve dikkat derecesini yükseltmektedir.

Japon bilim adamlarının geliştirdiği bir alın bandının ana maddesi küçük bir alüminyum plâkasıdır. Bu plâka, alın sıcaklığını 12 derecede tutarak şoförü dinç tutmaktadır. Alnın tam ortasında duran plâka, ayrıca vücudun sıcaklığına da yön vermektedir. Yolculuk bittiğinde alın plâkasının soğuk kombinasi, arabanın sigara yakılan yerine raptedilebilmektedir.

P.M.'den çev.: Aysel YUVACI

