

## Kuyu Rasatlarından ve Yağışlardan Faydalanılarak Erzurum Ovası Yeraltısu Yalınçosunun Hesaplanması

Reşat ACAR

Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum ([racar@atauni.edu.tr](mailto:racar@atauni.edu.tr))

İlknur SAYINER

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü VIII. Bölge Müdürlüğü, Erzurum

Geliş Tarihi : 25.02.2008

**ÖZET :** Bu çalışmada; Erzurum ovasına ait kuyu rasatlarından faydalanılarak yeraltı suyu bilançosu tespit edilmiştir. Gözleme dayalı değerler olarak, yeraltı ve yerüstü sularının en önemli kaynağı olan yağışlar ile yeraltı sularının rasat kuyularından alınan statik seviyeleri kullanılmıştır. Kuyu rasatları ile yağışlar arasındaki ilişkiler incelenerek, akifere ait boşalım katsayısı, sızma katsayısı gibi hidrolik özellikler belirlenmiş ve Erzurum ovası akiferinin rezervi ile bu rezervin ne kadarının kullanıldığı tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, Erzurum ovası akiferinin yağış-su seviyesi ilişkisi belirlenmiş, ovaya ait yeraltı suyu bilançosu tespit edilmiştir. Yıllık dinamik rezervuar değişimi hesaplanarak Erzurum ovasında “çekim=%40 beslenim” şartlarında 2272,72 hm<sup>3</sup>’lük dinamik rezervden her yıl 23,43 hm<sup>3</sup> azaldığı belirlenmiştir. Bu çalışma neticesinde gelecekteki çekim miktarları kontrollü bir şekilde izlenebilecek ve ihtiyaç duyulduğu anda gerekli müdahale yapılarak önlemler alınabilecektir.

**Anahtar kelimeler:** Yeraltı suyu bilançosu, hidrojeoloji, akifer, boşalım katsayısı

### The Estimation Of Groundwater Balance For Erzurum Plain Using Rainfall And Well Observations

**ABSTRACT :** In this study, groundwater budget in Erzurum plain was determined using well observations. Precipitation and static levels of groundwaters taken from observation wells, which are the most important sources of surface and groundwater, were used as observation values. Hydraulic properties such as; discharge coefficient and percolation coefficient of aquifer were determined by investigating the relationships between well observations and precipitation. Reservoir of Erzurum plain aquifer and how much of this reservoir used were determined. At the end of the evaluations, precipitation-water level relation type of Erzurum plain aquifer and groundwater budget of the plain were determined. 23,43 hm<sup>3</sup> decrease in 2272,72 hm<sup>3</sup> dynamic reservoir every year was determined in Erzurum plain by estimating annual dynamic reservoir change under “discharge = 40% recharge” conditions. According to the results of this study, discharge amounts will be observed carefully in the future and some precautions will be taken when it is necessary.

**Keywords;** Grounwater budget, hydrogeology, aquifer, coefficient of discharge.

### GİRİŞ

Yeraltısu yüzeyden daha aşağıda su tablasının altındaki doymuş zemin veya jeolojik formasyon içinde bulunan sudur. Günümüzde nüfusun ve su kullanımının giderek artmasına paralel olarak yeraltısuya ihtiyaç artmaktadır. Yeraltısu önemli bir temiz su kaynağı olup içmesuyu, sulama suyu ve diğer bütün su ihtiyaçları için kullanılmaktadır. Erzurum ovasında bulunan akiferlerden de bu amaçlar için yeraltısu çekilmektedir.

Bu çalışma ile yeraltı suyunun seviye rasatlarından faydalanılarak Erzurum Ovasına ait boşalım katsayısı hesaplanmış ve buna bağlı olarak da akifer tipi belirlenmiş, seviye rasatları ile yağış arasındaki ilişkiye dayanılarak yeraltı suyunun bilançosu hesaplanmıştır. Ancak, yapılan bu çalışmaların yeterince anlaşılabilir olması için boşalım katsayısı, akifer, yeraltı suyu, sızma, beslenim, boşalım, yeraltı suyu bilançosu gibi terimlerin açıklanması yerinde olacaktır.

Hidrolojik bilanço yeraltı suyu kaynaklarını da kapsamaması halinde (yeraltı suyu beslenim ve boşalımı) yeraltı suyu bilançosu adını alır. Bir havzada yeraltı suyu bilançosu hesaplamak, yeraltı

suyunun hangi kaynaklardan ne oranda beslendiğini ve bu beslenim miktarının, hangi yollarla ve ne şekilde boşaldığını inceleyerek, o havzada yararlanılabilecek yeraltı suyu miktarını belirleyip, havzada yeraltı suyu kullanımına uygun yöntem ve teknikleri saptamaktır (Günay ve ark., 1985). Akiferlerde yağış ve yüzey akıştan olan beslenim Korkmaz (1988)’ın önerdiği blanço denkleminde yararlanılmıştır.

Bir akiferin yeraltı suyu akımı (boşalım debisi) ile boşalım seviyesi üstünde depolanan su hacmi (dinamik rezerv) arasındaki ilişkiyi belirleyen, akiferin hidrodinamik parametreleri ve boyutlarına bağlı olan, akifer özelliklerine göre değişen bir katsayıdır (Bear and Levin, 1967; Castany, 1969; Mijatovic, 1976). Boşalım katsayısı, akiferin boşalım kotu üstündeki aktif rezervuar hacminin hesaplanmasında; beslenme hesaplarında veya kurak periyotta herhangi bir kaynağın, akarsuyun herhangi bir zamanda debisinin ne olacağını tahminde kullanılır (Nazik, 1980). Herhangi bir akiferde boşalım katsayısı; a. Yeraltı suyu seviye rasatlarından, b. Akım ölçümlerinden, c. Akiferin

dinamik rezerv-yeraltı suyu akımı ilişkisinden faydalanılarak hesaplanabilir (Todd,1960). Korkmaz (1988), akiferleri boşaltım katsayılarına göre  $\alpha < 0,00035 \text{gün}^{-1}$ ,  $0,00035 \text{gün}^{-1} < \alpha < 0,00175 \text{gün}^{-1}$ ,  $0,00175 \text{gün}^{-1} \leq \alpha < 0,0126 \text{gün}^{-1}$  ve  $\alpha \geq 0,0126 \text{gün}^{-1}$  olarak dört farklı grupta toplamıştır.

Akiferlerin Beslenimi; akifer alanına düşen yağıştan ve drenaj alanının yüzey akışından, göl ve akarsulardan, diğer bir akiferden içe akıştan ve sulama suyu, rezervuarlar, (baraj ve gölet) kanalizasyon, sanayi atık suları ve suni besleme tesislerinden gerçekleşmektedir.

Yeraltı suyu beslenme miktarını hesaplarken ise üç çeşit metod kullanılır. Bunlar; Yeraltı su seviyesi değişim metodu, Yeraltı suyu seviye ölçümler metodu ve akım ölçümleri analiz metodudur. Akiferlerin boşalımı; akarsu, deniz, göl gibi ortamlara yeraltı suyu akışı şeklinde, kaynaklarla, yeraltı su seviyesinin sığ alanlarından buharlaşma terleme yoluyla (evapotranspirasyon), akiferden dışa akışla ve kuyu, galeri, tünel, kanal, drenaj çukuru gibi tesislerle yeraltı suyu akışı şeklinde (suni boşalım ve/veya bu tesislerden çekim yoluyla) olmaktadır. Yeraltı suyu boşalım miktarını hesaplamada drenaj metodu, yeraltı suyundan buharlaşma ile olan boşalımın tayini, akarsu akım hidrografi analiz metodları ile yeraltı suyu boşalım hesabı ve yeraltı suyu çekim miktarının hesaplanması olmak üzere dört farklı yöntemden yararlanır. Yeraltı suyu bilançosu hesabında yukarıda ifade edilen metotlara paralel olarak Wittenberg ve Sivapalan (1999) tarafından da farklı bir yöntem irdelenmiştir. Söz konusu bu yöntemde; akarsuyun akım hidrografının alçalması ve taban suyu baz akım ayırım analizleri kullanılarak havzanın yeraltı suyu bilançosunun tahmin edilmesindeki ana unsurların, havzadaki boşalım, evaporasyon kayıpları, havzadaki toprak veya bariyerlerdeki depolama ve havzanın farklı kaynaklar tarafından beslenmesi gibi parametrelerin etkili olduğu ifade edilmiştir. Aynı çalışmada, tanımlanan bu yöntemin uygulanabilirliğinin, yıl içindeki mevsimsel değişimler ve yılın aylarına bağlı olarak evaporasyon kayıplarının göz ardı edilmesi ve havzaya düşen yağış ve akarsuların akış eğrilerinin belirlenmesi ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır.

Hidrolojik ve jeolojik şartlara bağlı olarak her akiferin bilanço eşitliğindeki terimler değişiklik gösterir. Herhangi bir akiferin bilanço eşitliğinde yukarıda genel olarak açıklanan beslenme ve boşalım terimlerinin hepsi birden olabileceği gibi yalnız bir kısmı da olabilir. Yine aynı şekilde, akifer alanında inşa edilen değişik maksatlı yapılara bağlı olarak aynı akiferin zamanla bilanço eşitliğini teşkil eden terimleri de değişebilir ve akiferi temsil eden yeni bir denge eşitliği gelişir.

Serbest bir akiferde su tablası ve basınçlı bir akiferde de piyezometrik yüzey olarak ifade edilen yeraltı suyu seviyesi, akiferin basınç yüksekliğini ifade eder. Yeraltı suyu basıncına etki ederek değiştiren herhangi bir faktör aynı zamanda yeraltı suyu seviyesini de etkileyerek seviyede değişimler meydana getirir (Todd 1960). Bu değişimler tabii ve suni olmak üzere iki gruba ayrılır. Tabii değişimler; meteorolojik, hidrolojik veya jeolojik faktörlerin etkisi ile sürekli veya mevzi karakterde olabilir. Sürekli değişimler mevsimlik veya uzun zaman aralığında olabildiği gibi, kısa süreli de olabilirler.

Akiferlerde meydana gelen bu seviye değişimlerinin en büyük sebebi yağışlar ve rezervuardan su çekilmesidir. Ayrıca buharlaşma, terleme, atmosferik basınç, kaynaklarla boşalım, baraj, gölet gibi depolama tesisleri, galeri ve kanallar, çeşitli maksatlı drenaj tesisleri gibi faktörler de bu değişimlerde büyük rol oynamaktadır.

Belirli bir periyotta su seviyesindeki değişim; akifere giren su ve çıkan su arasındaki farka eşittir. Bir hidrolojik yılın yağışlı periyodu boyunca beslenme sebebi ile akiferde su seviyesi devamlı yükselir. Akiferde tabii boşalimleri karakterize eden eğriye "boşalım eğrisi" denir ve bu eğri için en fazla Maillet tarafından geliştirilmiş olan  $Q = Q_0 \cdot e^{-\alpha t}$  eşitliği kullanılmaktadır.

Akiferlerde boşalimler ile su seviye değişimleri arasındaki paralellikten istifade edilerek kurak periyoda ait su seviyesi değişimi eğrisi;  $h = h_0 \cdot e^{-\alpha t}$  şeklinde bir fonksiyonla ifade edilmektedir. Eşitlikte;  $h_0$ , kurak periyot başlangıcında ( $t_0$ ) boşalım seviyesine göre statik su seviyesini ( $m$ ),  $h$ , anılan periyodun başlangıcından ( $t$ ) zaman sonraki boşalım seviyesine göre statik su seviyesini ( $m$ ),  $\alpha$ , boşalım katsayısını ( $\text{gün}^{-1}$ ) göstermektedir. Eşitliğin her iki tarafının logaritması alınarak zaman-log doğru denklemi elde edilmekte ve buradan elde edilen eşitlikle de boşaltım katsayısı hesaplanmaktadır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Erzurum Ovası Hidrolojisi ve Kuyuların Özellikleri

Erzurum Ovası Doğu Anadolu'da Karasu Havzası içerisinde  $40^{\circ}40' - 41^{\circ}31'$  doğu boylamları ve  $39^{\circ}45' - 40^{\circ}20'$  kuzey enlemleri arasında yer alır.  $490 \text{ km}^2$  havza alanı ve  $1642 \text{ km}^2$  drenaj alanına sahiptir. Erzurum Meteoroloji İstasyonu'nun 72 yıllık yağış değerlerine göre ortalama yıllık yağış  $434,86 \text{ mm}$ 'dir.

Bu çalışma ile kuyu rasatlarından faydalanılarak Erzurum Ovası yeraltı suyu bilançosu hesaplanmıştır. Değerlendirmeye rasat değerleri olan 4 adet DSİ kuyusu alınmıştır. Bu kuyuların seçilme sebebi; gerek ovayı temsil etmeleri, gerekse geçmiş yıllara dayanan rasat değerlerinin alınmış olmasıdır. Yalnız orijinal şartları yansıtan değerlere sahip olan kuyular, 9409 ve 1353 no'lu Üniversite kuyularıdır. Yeraltı

suyu bilanço değerleri bu kuyulara göre çıkarılmıştır. Diğer 15826 Şih köyü ve 16387 Müdürge kuyuları ile de Erzurum ovası akiferinin boşalım katsayısı ve

kuyular arası ilişkileri hesaplanmış ve bu sayede akifer tipine karar verilmiştir. Çizelge 1'de bu dört kuyuya ait değerler gösterilmiştir.

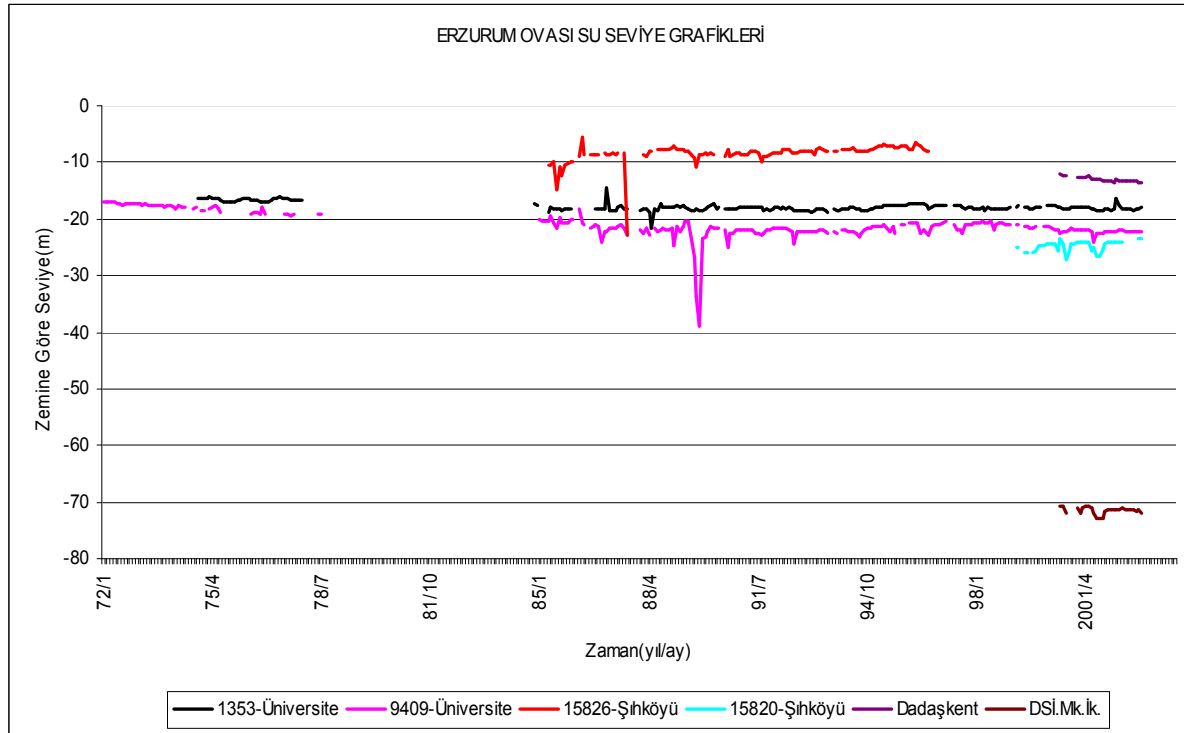
Çizelge 1. Kuyuların karakteristik değerleri

Kuyu No	Açılış Tarihi	Derinlik (m)	Statik Seviye (m)	Dinamik Seviye (m)	Verimlilik (Q)	Kuyu Yeri	Rakım	Açıklama
9409	18.07.1967	115.00	18.25	27.12	28.40	Atatürk Üniv.	1805	İşletme
1353	28.05.1960	149.65	14.85	20.55	23.50	Atatürk Üniv.	1801	Rasat
15826	21.06.1971	153.00	-05.70	10.90	38.00	Şih Köyü	1779	İşletme
16387	06.06.1972	52.00	-03.35	06.35	40.00	Müdürge Köyü	1775	İşletme

### Erzurum Ovasının Boşalım katsayısının hesaplanması

Bu çalışma ile Erzurum Ovasına ait yeraltı suyu seviye rasatlarından faydalanarak boşalım katsayısı tespit edilmiştir. Bunun için ovayı temsil eden

kuyulara ait seviyeler kontrol edilmiş ve orijinal şartlara sahip 9409 ve 1353 no'lu üniversite kuyularından faydalanılmıştır. Şekil 1'de bu kuyuların statik seviyeleri grafik halinde görülmektedir.



Şekil 1. Erzurum ovası su seviye grafikleri

Şekil 1'den faydalanılarak her iki kuyuya ait statik seviyeler belirlenmiş bu işlemde orijinal yılları kapsayan tarihlerin alınmasına dikkat edilmiştir.

Daha sonra bu kuyuların boşalım kotuna göre su seviyeleri hesaplanmıştır. Her iki kuyuya ait bu seviyeler Çizelge 2 ve Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. Üniversite(9409 no'lu) kuyusuna ait seviye değerleri

<b>Kuyu Adı: Üniversite Kuyu</b>												
<b>No: 9409</b>												
YIL	STATİK SEVİYE ( m )											
	AYLAR											
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1971				17,1	17,12	17,12	17,1	17,13	17,25	17,32	17,53	17,34
1972	17,36	17,44	17,4	17,44	17,25	17,5	17,45	17,5	17,53	17,6	17,65	17,64
1973	17,66	17,86	17,7	17,75	17,77	18,28	17,72	17,82	18,05			18,23
1974	17,92		18,56	18,5		18,32	18,05	17,6	18,15	18,93		
<b>Kuyu Adı: Üniversite</b>												
<b>Boşalım Kotu: 1755</b>												
<b>Kuyu Zemin Kotu: 1801 Kuyu No: 9409</b>												
YIL	BOŞALIM KOTUNA GÖRE SU SEVİYESİ ( m )											
	AYLAR											
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1971				28,9	28,88	28,88	28,9	28,87	28,75	28,68	28,47	28,66
1972	28,64	28,56	28,6	28,56	28,75	28,5	28,55	28,5	28,47	28,4	28,35	28,36
1973	28,34	28,14	28,3	28,25	28,23	27,72	28,28	28,18	27,95			27,77
1974	28,08		27,44	27,5		27,68	27,95	28,4	27,85	27,07		

Çizelge 3. Üniversite(1353 no'lu) kuyusuna ait seviye değerleri

<b>Kuyu Adı: Üniversite Kuyu</b>												
<b>No: 1353</b>												
YIL	STATİK SEVİYE ( m )											
	AYLAR											
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1974		16,45	16,46	16,49	16,3	16,18	16,25	16,3	16,41	16,7	16,93	16,87
1975	17	17,13	17,01	16,79	16,65	16,45	16,4	16,47	16,6	16,68	16,75	16,86
1976	16,89	16,92	16,85	16,68	16,42	16,26	16,2	16,25	16,4	16,47	16,6	16,63
1977	16,72	16,69	16,62									
<b>Kuyu Adı: Üniversite</b>												
<b>Boşalım Kotu: 1755</b>												
<b>Kuyu Zemin Kotu: 1801 Kuyu No: 1353</b>												
YIL	BOŞALIM KOTUNA GÖRE SU SEVİYESİ ( m )											
	AYLAR											
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1974		29,55	29,54	29,51	29,7	29,82	29,75	29,7	29,59	29,3	29,07	29,13
1975	29	28,87	28,99	29,21	29,35	29,55	29,6	29,53	29,4	29,32	29,25	29,14
1976	29,11	29,08	29,15	29,32	29,58	29,74	29,8	29,75	29,6	29,53	29,4	29,37
1977	29,28	29,31	29,38									

Daha sonra bu çizelgelerden, kurak mevsim başlangıcında ( $t_0$ ) boşalım kotuna su seviyesi ( $h_0$ ) ve kurak mevsim başlangıcından ( $t$ ) zaman sonraki boşalım kotuna göre su seviyesi ( $h$ ) tespit edilerek arada geçen süre belirlenmiş ( $t$ ) ve eşitlikte yerine

konularak her yıla ait boşalım katsayıları belirlenmiştir(Çizelge3). Bu değerlerin de ortalaması alınarak Erzurum ovasını temsil eden boşalım katsayısı  $\alpha_{ort}=0,000110 \text{ gün}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır.

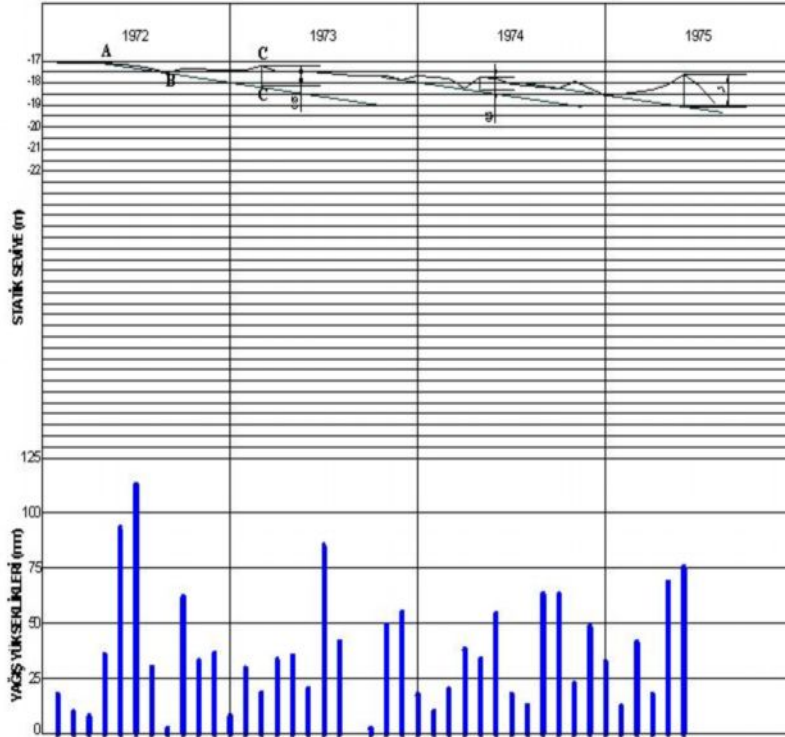
Çizelge 4. Üniversite(9409 ve 1353) kuyularına ait boşalım katsayısı değerleri

9409 Üniversite			1353 Üniversite		
Yıl	Parametre		Yıl	Parametre	
1972	ho	32,98	1975	ho	29,75
	h	32,47		h	29,07
	t(gün)	120		t(gün)	120
	$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	0,0001096		$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	0,0001927
1973	ho	32,55	1976	ho	29,6
	h	32,35		h	29,14
	t(gün)	120		t(gün)	150
	$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	0,00005136		$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	0,0001044
1974	ho	32,28	1977	ho	29,8
	h	31,77		h	29,37
	t(gün)	150		t(gün)	150
	$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	0,0001061		$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	0,0000969
Ortalama	$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	0,00008902		$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	0,000131333

#### Kuyu Rasatlarından Faydalanarak Sızma Miktarının Hesaplanması

Kuyu rasatlarından faydalanarak sızma miktarının hesaplanabilmesi için seviye rasatları ve aylık yağışlara ihtiyaç vardır. Bu iki parametre grafik çizilerek incelendiğinde, akiferdeki hareketlerin anlamlı açıklamalarını yapmak mümkün olur. Önemli olan orijinal şartların esas alınması ve seviye yükselimine hangi yağışın ne miktar etki edeceğinin belirlenmesidir. Erzurum Ovası'nda 9409 ve 1353

no'lu kuyulara ait seviye değişimleri ve yine Erzurum Meteoroloji İstasyonu'ndan alınan aylık yağış değerlerinden faydalanılarak ovaya ait Sızma miktarı tespit edilmiştir. Orijinal şartları sağlayan veri aralığı 9409 kuyusu için 1972–1975 yıllarında, 1353 kuyusu içinse 1975–1977 yılları arasında mevcuttur. Bu yıllar sahada orijinal şartları yansıttığından diğer yıllara ait analizlerde bunlara göre değerlendirilebilir.



Şekil 2. Yeraltısuyu seviye değişimleri (9409) ile Erzurum Meteoroloji İstasyonu aylık yağış değerleri

Seviye değişimleri ile yağış değerlerinin yer aldığı grafik üzerinde akifere süzülen yağışlar toplanır. Bu yağışlara “Beslenme Yükselimi Toplam Yağışı” adı verilir ve  $P_t$  ile gösterilir. Bu yağışın sebep olduğu yükselimi ise; “Beslenme Yükselimi” olarak değerlendirilir ve  $\Delta H$  ile gösterilir. Değeri grafikten okunarak belirlenir ve bu işlem yıllara göre sürekli tekrarlanarak aralarındaki ilişki belirlenir.  $\Delta H$  yeni beslenme yükselimi yağış eşiği  $P_e$  üstündeki yağış miktarının bir fonksiyonudur.  $P_t$  ve  $\Delta H$  arasındaki ilişkiye dayanılarak korelasyon katsayısı, doğru denklemi ve yağış eşiği tespit edilir. Korelasyon katsayılarının %80’in üzerinde olması istenilen bir durumdur. Bulunan regresyon denklemlerinin anlamı ise; “beslenme yükselimi  $\Delta H$ ,

beslenme yükselimi toplam yağışına  $P_t$  doğru orantılı olarak bağımlıdır şeklinde açıklanabilir.

Daha sonra Çizelge 5 ve Çizelge 6 hazırlanır. Her yıla ait sızma miktarları bulunurken;  $P_o = P_t - P_e$  bağıntısından faydalanılır. Söz konusu Çizelgelerde yer alan su yılı yağışları Erzurum Meteoroloji İstasyonu’ndan alınan yağış değerlerinin su yılına göre hesaplanmasıyla bulunur ve bu değerlerin ortalamaları alınarak, sızma miktarları Yağış Eşiği ( $P_e$ ): 50.4 mm ye göre hesaplanmıştır.

9409 kuyusu için Sızma miktarı  $P_{s1} = 182,18$  mm

1353 kuyusu için Sızma miktarı  $P_{s2} = 182,21$  mm

Erzurum ovasına ait sızma miktarı ise bulunan bu iki değerin ortalaması olup;

$P_s = (182,18 + 182,21)/2 = 182,195$  mm dir.

Çizelge 5. Sızma miktarları (9409 no’lu kuyu)

Yıl	Su Yılı Yağışı, $P_v$ (mm)	Toplam Yağış, $P_t$ (mm)	Beslenme Yükselimi, $H$ (m)	Süzülme Miktarı, $P_s$ (mm)
1973	331.2	178.30	0.85	127.94
1974	431	118.00	0.60	67.64
1975	419.1	213.80	1.50	163.44
1987	484.9	290.00	3.86	239.64
1991	423.7	268.00	3.95	217.64
1992	380.9	178.40	2.12	128.04
1993	393.5	342.10	3.21	291.74
1998	530.9	253.70	3.00	203.34
2000	277.2	129.40	1.03	79.04
2002	526.5	353.70	3.07	303.34
Ortalama	419.89	232.54	2.32	182.18

Çizelge 6. Sızma miktarları (1353 no’lu kuyu)

Yıl	Su Yılı Yağışı, $P_v$ (mm)	Toplam Yağış, $P_t$ (mm)	Beslenme Yükselimi, $H$ (m)	Süzülme Miktarı, $P_s$ (mm)
1975	419.1	102.70	0.62	90.96
1976	476.8	195.80	1.16	184.06
1977	401	143.10	1.15	131.36
1990	393.9	257.70	1.96	245.96
1992	380.9	162.40	1.26	150.66
1994	320.9	267.40	1.43	255.66
1995	395.6	289.40	2.12	277.66
1996	296,1	165.70	1.08	153.96
1999	357.2	182.40	1.23	170.66
2000	277.2	190.70	1.04	178.96
2001	366	176.20	0.74	164.46
Ortalama	371.34	193.95	1.25	182.21

$P_{sort} = 182,19$  mm olarak tespit edildikten sonra artık akifere drenaj alanından, yüzeysel akıştan veya havza dışından içe akıştan ne oranda su süzüleceği hesaplanabilir. Yağış, yüzeysel akış ve içe akışla beslenme  $Q_g = P_s.A$  eşitliğinden  $90 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  olarak

hesaplanmıştır. Burada  $A = 490 \text{ km}^2$  akifer sızma alanı,  $P_s = 182,19$  mm sızma miktarıdır.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Boşalım miktarının hesaplanabilmesi için öncelikle çekim miktarının bilinmesi gerekmektedir. Akiferlerde orijinal hidrolik şartlarda uzun bir periyot için rezerv değişimi ihmal edilerek, (beslenim = boşalım) eşitliği kabul edilebilir. Buna göre etüt sahasında çekime bağlı gelişen uzun devreli sahasal düşümlerin dinamik rezervi;

$$Q_v = \alpha \cdot V$$

eşitliğinden hesaplanabilir. Erzurum ovasında akifer boşalım katsayısı  $\alpha = 0,000110 \text{ gün}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Dinamik rezerv ise;

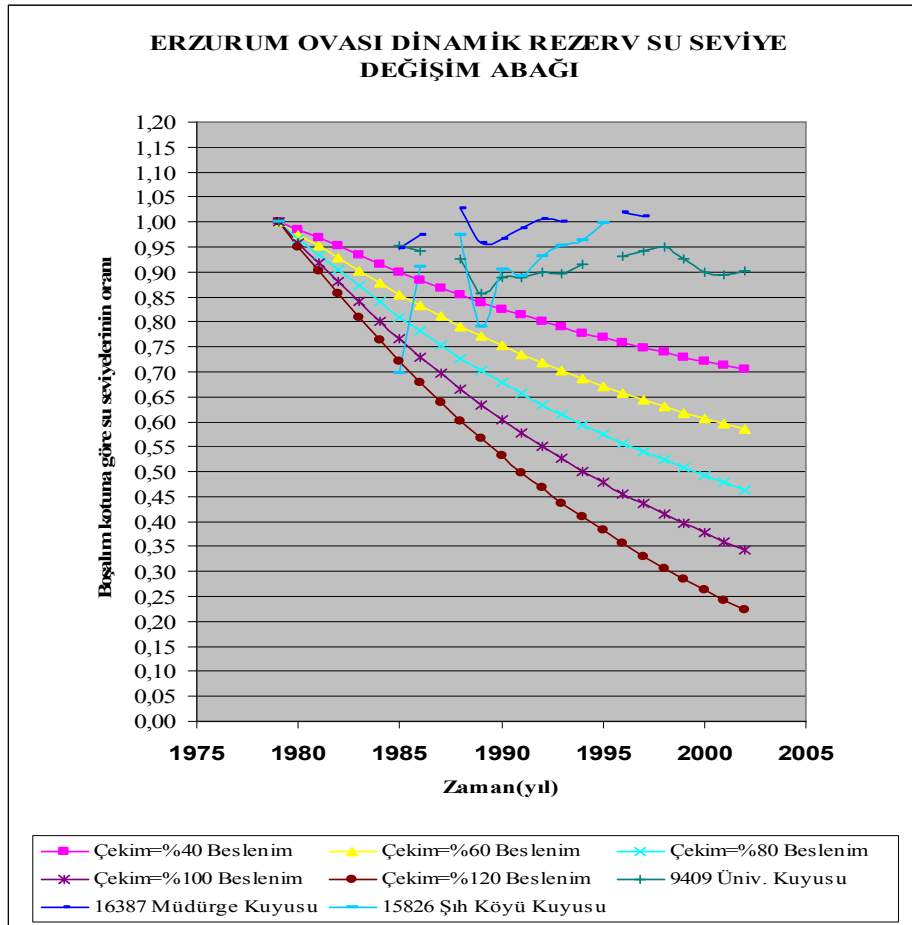
$$\alpha = 0,000110 \text{ gün}^{-1} = 0,000330 \text{ ay}^{-1} = 0,0396 \text{ yıl}^{-1} \text{ alındığında};$$

$$V = 90 \times 10^6 / 0,0396 = 2272,72 \text{ hm}^3 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Etüt sahasında 17 yıllık bir çekim periyodu boyunca beslenimin ( $Q_{\text{beslenim}} = 90 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ ) değişik yüzdelere eşit çekimler yapılması halinde (%20,%40,%60,%80,%100,%120) bu periyot boyunca aylık farklı beslenim ve çekim değerleri için dinamik rezervler hesaplanmıştır. Daha sonra bu işlemlerin 17 yıl boyunca tekrarlanması ile elde edilen rakamlar her defasında ilk dinamik rezerve

(2272,72  $\text{hm}^3$ ) bölünerek elde edilen yüzde(%) değerleri bir eksen sisteminde noktalanarak birleştirilir. Elde edilen bu eğriye “Çekim Abağı” denir. Şekil 3 de sözkonusu abak gösterilmiş olup bu abak sayesinde seviyesi ölçülen kuyulardan faydalanılarak akiferdeki beslenimin ne kadarının çekildiği kolaylıkla hesaplanabilir. Bu durumda ovadaki tahsislerin ne kadarının kullanıldığını da bulmak mümkündür. Çekilen suların tam olarak sayaçlarla kontrol edildiği düşünülse dahi, sonuç en fazla bu abaktan elde edilecek sonuç kadar doğru olabilecektir.

Erzurum ovasında yer alan kuyuların yağış-su seviyesi ilişkisi denklemleri edildikten sonra, 9409, 16387 ve 15826 nolu kuyulara ait sahasal düşüm seviyesine göre su seviyesi oranları yıllara göre % olarak belirlenir ve çekim abağına işlenir. Bu çizelgelerde yer alan % değerleri çekim abağına işlenerek gösterilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde 2002 yılı itibariyle 9409 kuyusunda beslenimin %40'ı oranında bir çekimin yapıldığı görülmektedir. Diğer kuyularda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çekim=  $(40/100) \times 90 = 36 \text{ hm}^3$  olarak bulunur.



Şekil 3. Erzurum ovası dinamik rezerv su seviye değişim abağı

Erzurum Ovasında çekim = %40 beslenme şartı gerçekleştiğinden, akiferin yeraltı suyu akım boşalımı 77,43 hm<sup>3</sup>/yıl olarak bulunmuştur. Buna

göre Erzurum ovası için yeraltı suyu bilançosu aşağıdaki gibidir.

Çizelge 7. Erzurum ovası yeraltısuyu bilançosu.

Beslenme (hm <sup>3</sup> /yıl)	Boşalma (hm <sup>3</sup> /yıl)
Yağış ve yüzeysel akıştan sızma ile rezervuar alanına içe akış: 90 hm <sup>3</sup> /yıl	Yer altı suyu akımı boşalımı: 77,43 hm <sup>3</sup> / yıl
	Çekim : 36,00 hm <sup>3</sup> / yıl
TOPLAM: 90hm <sup>3</sup> /yıl	TOPLAM: 113,43 hm <sup>3</sup> /yıl

Buna göre rezerv Değişimi : 23,43 hm<sup>3</sup>/yıl dır.

Bu çizelgeden görüldüğü gibi bugünkü çekim şartları devam ettiği müddetçe 2272,72 hm<sup>3</sup> olan dinamik rezervden her yıl 23,43 hm<sup>3</sup> miktarı azalacaktır. (Sayiner, 2004).

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Erzurum Ovası Boşalma Katsayısı  $\alpha_{ort} = 0,000110 \text{ gün}^{-1} < 0,00035 \text{ gün}^{-1}$  olarak ve 1. tip akifer olarak bulunmuştur. Erzurum ovası akiferini temsil eden kuyu seviye rasatları yardımı ile sızma miktarı hesaplanmıştır. Sızma miktarı Penman yöntemi ile hesaplanmıştır. Sızma miktarından faydalanarak beslenme miktarı  $Q_{Beslenme} = 90 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  olarak bulunmuştur.

Erzurum ovasına ait çekim abağı oluşturularak şekil 3 de gösterilmiştir. Bu şekil yardımı ile, akiferdeki beslenimin ne kadarının çekildiğini tespit etmek kolaylaşmıştır. Erzurum ovasında yıllık çekim = % 40 beslenme = 36 hm<sup>3</sup>/ yıl hesaplanmıştır.

Akiferin yeraltı suyu bilançosu hesaplanarak, Erzurum ovası akiferinde 2002 yılındaki şartlara göre toplam çekim miktarının etkisiyle akifer dinamik rezervinin ortalama olarak 23,43 hm<sup>3</sup> azaldığı görülmüştür. Bugünkü çekim=%40 beslenme durumu devam ettiği müddetçe 2272,72 hm<sup>3</sup> lük rezervden her yıl 23,43 hm<sup>3</sup> gibi bir kısmı azalacaktır.

Uzun yıllar rasat değerlerine sahip kuyular arası ilişki regresyon analizine tabi tutularak belirlenmiştir. Bazı kuyular arasında güçlü bir ilişkiden söz etmek mümkün olmasına rağmen bazıları arasında böyle bir korelasyon ilişkisine rastlanmamıştır. DSİ VIII. Bölge Müdürlüğü

Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Şube Müdürlüğü tarafından 1978 yılında yapılmış olan Hidrojeolojik Etüt Raporu'nda (Leloğlu,1978) belirttiği üzere, "Erzurum ovasındaki akifer özelliği taşıyan birimler Kuaterner yaşlı alüvyonlar ile birikinti konileridir. Koniden ovadaki iki akifere geçiş gözlenmektedir" şeklinde akifer yapısı belirlenmiştir. Ovada yer alan diğer kuyuların seviye

değerleri elimizde bulunmamaktadır. Seviye rasatları bulunan kuyulardan elde edilen korelasyon ilişki sonuçları değerlendirildiğinde ovada bulunan akiferin yekpare olduğundan söz etmek yerine Hidrojeolojik Etüt Raporu'nda da belirtildiği gibi, ovanın iki ayrı akiferden oluştuğunu söylemek daha doğru olacaktır.

Yapılan bu çalışma sonucunda akiferlerin yağış-su seviyesi ilişki tipi ve ilişkiyi belirleyen bağıntıların yardımı ile su kaynaklarının planlanması ve su yapılarının projelendirilmesi için gerekli olan yeraltı suyu bilançosu çıkarılmıştır.

### KAYNAKLAR

- Bear, J., ve Levin, O., 1967. "The optimal yield of an aquifer", I.A.S.H. Symposium on Artificial Recharge and anagement of Aquifers, IASH Publ. No. 72, pp. 401-412.
- Castany, G., Çev: Karacadağ, K., Şeber, T. A., 1969. "Yeraltı Suları Hakkında Pratik Uygulamalar", DSİ Gn. Yayın No:638, Ankara.
- Günay, G., Değirmenci, M., Kaçaroğlu, F., 1985. "Genel Hidrojeoloji Laboratuvarı Notları", Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Korkmaz,N.,1988."Yağış-Yeraltı Suyu Seviyesi İlişkisi ve Su Kaynaklarının Projelendirilmesine Etkisi", DSİ Genel Müdürlüğü, Yayın No:983, 114 s, Ankara.
- Leloğlu, Y., 1978. "Erzurum Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu", DSİ Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Mijatovic, B.,1976. Çeviri: Korkmaz Nuri, "Karstik Akiferlerde Boşalma Eğrisiyle Depolama Katsayısı ve Transmisibilite Tayini", DSİ Teknik Bülteni,Sayı 40, S.47-52, Ankara.
- Nazik, M., 1980. "Hidrojeolojik Etütlerde Hidrolojik Verileri Belirleme ve Değerlendirme Yöntemleri", DSİ Matbaası, 126 s, Ankara.
- Sayiner İ., 2004, "Kuyu rasatlarından Faydalanarak Erzurum Ovası Yer altı Suyu Bilançosunun Hesaplanması ve Yağış-Seviye İlişkisinin Araştırılması", Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, Erzurum.
- Todd, D. K., 1960. Groundwater Hydrology. John Wiley and Sons, New York.
- Wittenberg, H., Sivapalan, M., 1999. "Watershed Groundwater Balance Estimation Using Streamflow Recession Analysis and Baseflow Separation", Journal of Hydrology. 219 (20-23).