

BOĞSAK KARST KAYNAĞI (MERSİN-TAŞUCU) ÖRNEĞİNDE BİR KARST KAYNAĞI VE AKİFERİNİN JEOHİDROLOJİK ANALİZİ Geohydrological analysis of a karst spring and its aquifer on the example of Boğsak karst spring (Mersin-Taşucu)

Turgut ÖZTAŞ İTÜ Maden Fak. JeoLMüh. Böl., İSTANBUL

ÖZ: Mersin iline bağlı Taşucu bucağının 10 km. batısındaki Boğsak köyü girişinde yer alan Boğsak kaynağı, bazı yıllardaki yaklaşık 10 m³/sn'lik boşalımı ve 11 ay boyunca sürediren aşın tuzlu niteliği ile bilimsel açıdan, son. derece ilginç bir karst kaynağıdır.

Boğsak karst kaynağı; bir tek yeraltı drenaj alanından değil, değişik kotlarda yer alan ve statik yeraltı su düzeyleri aşıldığında sularını sadece bir noktadan, olmak üzere komşu, drenaj alanlarından sadece birine boşaltan, bir çok kapalı yeraltı drenaj alanından (çanak) oluşan ve yerel, geçirimsiz seviyeler içeren bir karst akiferinin suyunu drenaj etmektedir.

Kaynak debisinin, azalma dönemindeki regresyon analizi, klâsik yöntem çerçevesinde fakat daha farklı bir yol izlenerek yapılmış ve önerilen yolun, daha güvenli olduğu sayısal olarak kanıtlanmıştır. Kaynağın debi-zaman ilişkisini yansıtan eşitlikten hareketle, birinci aşamada karst akiferin hidrolik katsayılarını ifade eden iletkenlik, depolama ve geçirimsizlik katsayıları güvenli yönde kalarak sınır değerleriyle hesaplanmış, ikinci aşamada, ise bölgesel meteorolojik su bilançosuna dayanılarak Boğsak karst kaynağı akiferinin olası yayılma alanının alt ve üst sınır değerleri belirlenmiştir. Tüm hidrolik parametrelerin ve akifer boyutlarının gözönüne alınmasıyla. Boğsak karst kaynağı akiferinin su potansiyeli ile statik ve dinamik rezervi, bulunmuştur.

1/10.000 ölçekli, ayrıntılı genel jeoloji ve karst jeolojisi çalışmalarının meteorolojik, ve hidrolojik analizler ile laboratuvar deneylerinden sağlanan verilerle sentezini baz alan. bu çalışma sonunda Boğsak karst kaynağı ve akiferinin temel hidrolik karakteri ortaya çıkarılmıştır.

ABSTRACT: The Boğsak karst spring is at the entrance Boğsak village, at 10 km, distance on W of Taşucu subprovince. It has 10 m³/s discharge in some years and a strong salinization is effective on 11 months, in per year.

An aquifer model possessing many closed underground drainage areas (bowls) taking place at different elevations which, is proposed drains their water to only one neighbouring underground, drainage area from only one point, when the groundwater level of the static reservoir exceeded. This new aquifer model, which, explains both the discharge of the Boğsak karst spring and the process of the saltation, will open new sights in to karstic hydrogeology and the general hydrogeologic studies.

It is concluded that, trying to prevent the encroachment, of seawater to the spring will be unsuccessful and uneconomic in general. Therefore, leaving the spring in its own flow condition is useful only in January and February when it has maximum discharges and discharging the fresh, water by a possible production well located at 1 km distance on SW of the spring with 250-300 m. depth, is probably the most economical and realistic solution.

The deficiencies of the classical way in the analysis of discharge of a karst spring depending on the time in decreasing period of spring discharge are explained numerically such as shown in the example of the Boğsak karst spring. One of the most important deficiencies in violating assumptions regarding the relations described in the discharge equations, The proposed approach and the classical approach are applied to the discharge in decreasing period. Comparison of the results shows the validity of the approach proposed in this study, Based on all data determined above, the total, static and dynamic reserves of the ground water in aquifer have been calculated, from the hydraulic parameters and the dimensional properties of the aquifer.

GİRİŞ

Mersin ili Taşucu bucağının 10 km. batısındaki Boğsak köyü girişinde ve kıyıya 120 m. dik mesafede yer alan Boğsak karst kaynağı, bazı yıllardaki yaklaşık 10 m³/sn'lik boşalımı, ve 11 ay boyunca sürediren aşın tuzlu niteliği ile bilimsel ve ekonomik açıdan, büyük önem taşır (Foto 1, 2, 3). Tuzluluk nedeninin ve kaynaktan, sürekli yararlanabilme imkânının araştırıldığı bir çalışma, bu yazının konusunu oluşturan kaynağın ve akiferinin jeohidrolojik özelliklerinin sayısal olarak belirlenmesi birinci derecede önem taşıyacaktır¹ (Öztaş, 1989).

BOĞSAK KARST KAYNAĞI VE AKİFERİNİN HİDROJEOLJİK YAPISI

250 m. uzunluğunda küçük bir dere ile Boğsak körfesine boşalan Boğsak kaynağı, Üst Permiyen'in üst, istifini oluşturan dolomit-rekristalize kireçtaşı aşdalanmasının alt seviyelerinden çıkar (Çizelge 1). Hidrojeolojik açıdan yerel geçirimli-düşük erimeli kaya ortam (Gç) oluşturan bu istifin altında yine Üst Permiyen yaşlı olan ve alt istifini oluşturan kumlu kireçtaşı-fosilli kireçtaşı ardalanması. yer altı. 90 m. dolayında, kalınlığı olan ve KD'ya eğimli bir normal fay ile kesilmiş bulunan, bu istif, bir yerel geçirimsiz-

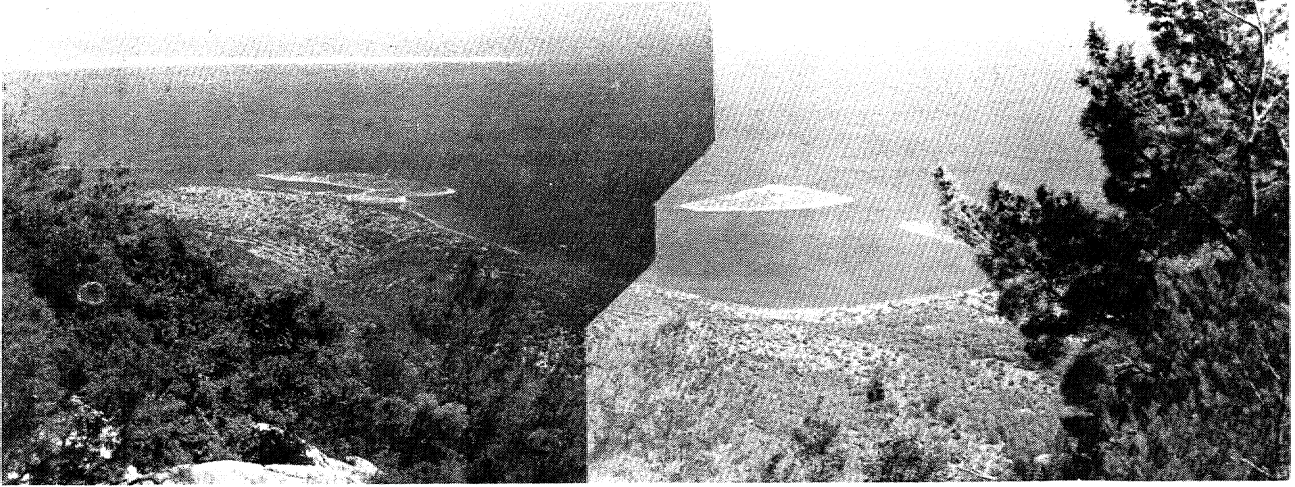


Foto 1. Boğsak karst kaynağı ve yakın, dolayı (Sol üstle. Silifke deltası)

Photo 1. Boğsak karst. spring and new surrounding (Silifke delta at left top.)

orta erimeli kaya. ortam ($G_{\text{ç}}$) oluşturur... Ortamın daha alt seviyelerine inildikçe, ööce yine yerel geçirimsiz-orta erimeli kaya ortam ($G_{\text{ç}}$) niteliği taşıyan, yaklaşık 70 m. kalınlığındaki Üst Devonyen yaşlı kumlu fosilli kireçtaşı-kumtaşı arılanmasına, sonra, da tamamen geçirimsiz erimesiz kaya ortam. (G_z) niteliği gösteren Alt Silüriyen yaşlı killi şistlere- geçilir. Bu nedenle, özelde Kaynak yerinde,, 'genelde de tüm inceleme alanında, sözkonusu kireciası ve dolomitler içinde dolaşan, karst yeralüsuyu Alt Silüriye'de tutulmakta ve hatta, yer yer Üst Devonyenin kumlası tabakalarının zon oluşturduğu üst ve orta seviyelerinden aşağılara inmemektedir. Diğer bir ifadeyle, bu geçirimsiz seviyeler (G_z), Boğsak karst kaynağı, akifer (1er) inin 'taban

(lar)mı oluşturmaktadır (Öztaş, 1989).

Yapısal ve litolojik özellikleri gözönüne alındığında bir karst akiferi oluşturmaya elverişli olan yaklaşık 160 m. kalınlıktaki bu ortamda. Üst Devonyendin, yerel geçirimsiz seviyeler ile kısmen veya tamamen dolgulu, olan süreksizlikler içermesi nedeniyle, Boğsak karst kaynağı akiferinin en alt 70 m."sini. oluşturan kesim, içinde verimli bir yerallısuyu depolanması beklenilmemelidir. Bu alt akifer bölgesini, genelde karst yeralüsuyu dolaşımının hemen, hemen hiç olmadığı bir pasif yeralüsuyu deposu, olarak düşünmek daha gerçekçi olacaktır*.

Akifer ortamı oluşturan kireçtaşlarını dolomit ve geçirimsiz seviye dokanaklannda, süreksizlikler boyunca

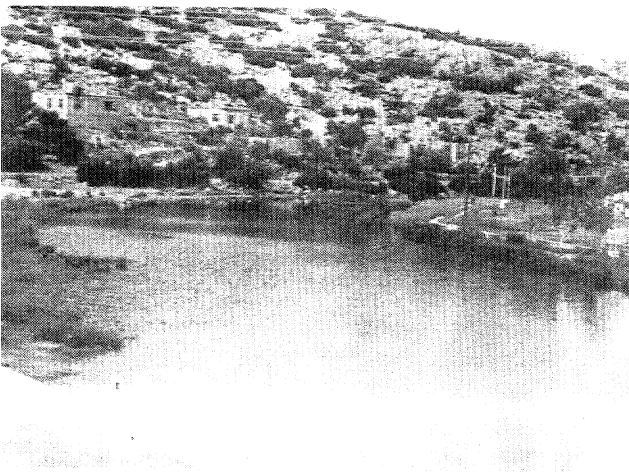


Foto 2, Boğsak karst kaynağına mansaptan bakış.,
Photo 2., View of Boğsak karst spring at flow bed.



Foto 3. Boğsak karst kaynağından menba yönünde bakış.,
Photo 3. View of Boğsak karst spring at flow direction.,

MESOZOİK				PALEOZOİK		
SENZOİK	Üssistem	Sistem	Seri	Kat	Hidrojeolojii Ortamı Simgesi	Kalınlık(m)
Neojen		Kretase	Üst		G _ç	15
Miyosen					G _{ç₀}	145
Alt					G _{ç_d}	15
		Jura			G _{ç₀}	100
					G _{ç_d}	50
		Permian	Üst		G _z	15
					G _{ç_d}	45
					G _{ç₀}	60
					G _{ç_d}	10
					G _{ç₀}	20
		Karbonifer	Alt		G _z	10
					G _{ç₀}	70
		Devoniyen	Üst		G _z	5
					G _{ç₀}	40
					G _z	5
					G _{ç₀}	20
		Alt			G _z	5

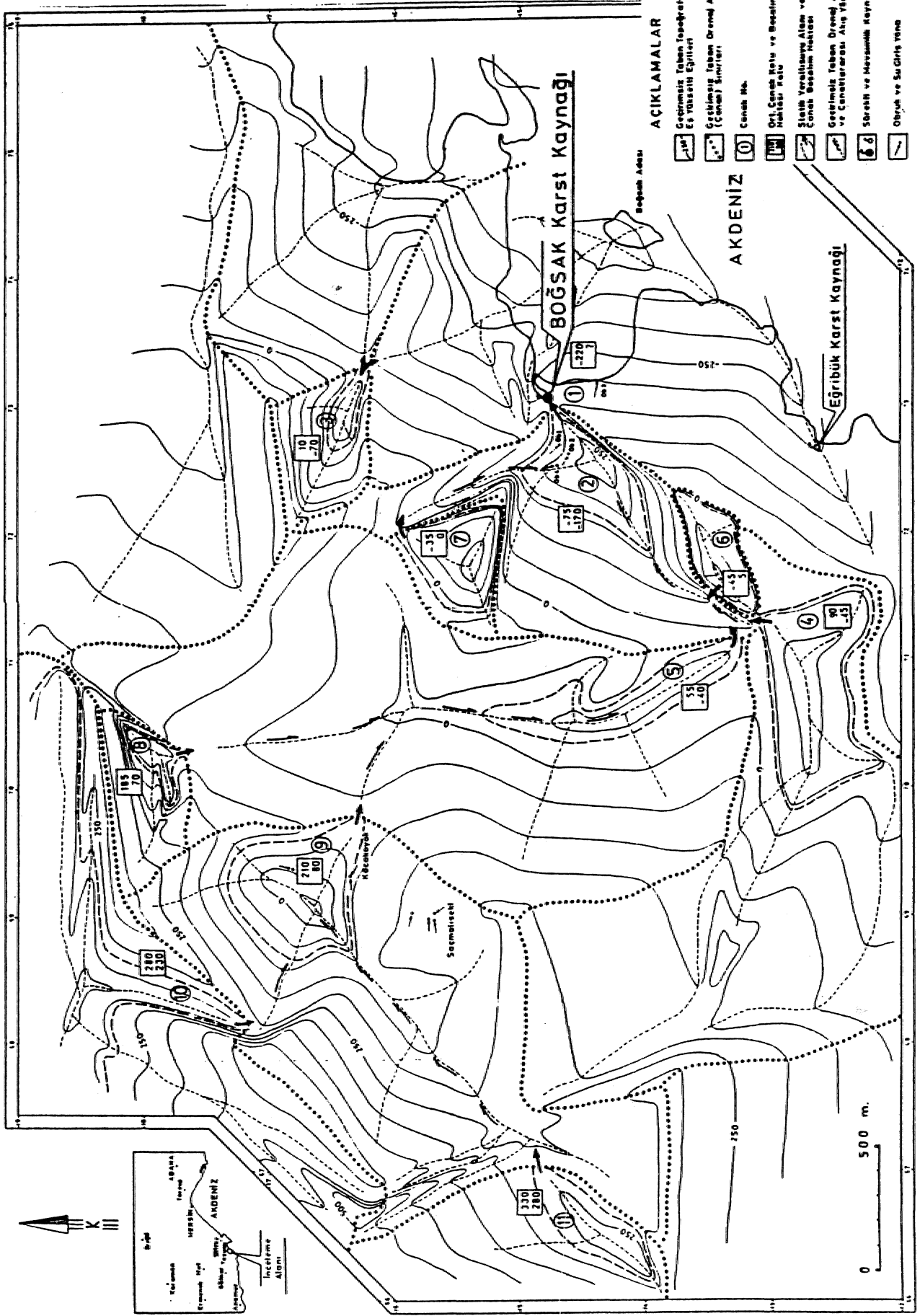
Hidrojeoloji Ortamları ve Karst Özellikleri

G_ç : Geçirimli-Erimeli Taneli Ortam
G_{ç₀} : Yerel Geçirimsiz - Orta Erimeli Kaya Ortam
G_{ç_d} : Yerel Geçirimli - Düşük Erimeli Kaya Ortam
G_z : Geçirimsiz - Erimesiz Kaya Ortam

Hidrojeolojik Ortam Özellikleri		G _{ç_d}	G _{ç₀}
Kimyasal Bileşim,%	CaCO ₃	24.0	94.0
	CaMg(CO ₃) ₂	75.5	2.5
	Erimezler	0.5	3.5
Eriyebilirlik Ölçeği		20	45
Bağıt Eriyebilirlik Sıralaması		Düşük	Orta
Boşluktuluk %	Tabakalaşmaya Paralel	8	15
	Tabakalaşmaya Dik	5	11
Süreksizlik Sıklığı, %	Tabakalaşmaya Paralel	2	4
	Tabakalaşmaya Dik	1	2
Süreksizlik Aralığı, m		0.60	0.35
Karst Yapıları		Dolomit Yüzey Karstı, Kireçtaşı Dokanaklarında Obruklu.	Değişik Karst Tipleri. Dolomit Dokanaklarında ve Dolinler ile de Obruklu. Dolinli.
Litoloji		Dolomit Dolomitleşmiş Kireçtaşı	Kireçtaşı

Çi/t'ije .1. loclcmc ÜVUIHH geiiclişimliBiş karst hidrojeolojisi kesii.

Table ... Generalized hydrogeological section of karstic media at studied area.



Harita 1. Boğsak karst kaynağı dolayının yeraltı drenaj sistemi haritası.

Map 1. Map of underground drainage system at vicinity of Boğsak karst spring.

çizgisel karşılaşma boşlukları ve mağaralar görülür., Öncelikle KB-GD doğrullulu genç oblik faylar ile oblik ve enine çatlaklar boyunca başlayan karşılaşmanın daha derinlerdeki gelişimi, bölgesel karşılaşma özelliğinin bir sonucu olarak, KD-GB uzanımh yaşlı oblik ve boyuna faylar' ile boyuna çatlaklar ve tabaka doğrultulan boyunca süregider. Karstlaşmanın gelişim gösterdiği bu doğrultular, doğaldır ki aynı zamanda karst yeraltısuyu dolaşımının da esas doğrultulandır.

Boğsak karst kaynağı akiferinin boyut ve yayılımını belirlemek amacıyla, akifer tabanını oluşturan geçirimsiz-erimesiz kaya ortamın, hidrojeolojik kesitlerden hareketle geçirimsiz taban topografyası, haritası, hazırlanmıştır. Bu haritada; Boğsak karst kaynağı akiferinin tüm inceleme alanında süreklilik göstermekle birlikte tek ve sürekli bir yeraltı drenaj alanından oluşmadığı, fakat değişik kotlarda yer alan ve belirli bir seviyeye kadar yeraltısuyu ile hezaman doygun bulunan,, bu seviye aşıldığında da suyunu yalnız bir noktadan ve komşu drenaj alanlarından sadece birisine boşaltan birçok kapalı yeraltı drenaj alanından (çanak) meydana geldiği ortaya çıkarılmıştır (Harita 1). Görüldüğü gibi, inceleme alanının KB ve B'sındaki 10 ve 11 Nolu çanaklardan başlayan yeraltısuyu akışı 2 Nolu çanakta toplanmakta ve buradan, da Boğsak karst kaynağı boşalım noktasından 1 Nolu çanağa geçmektedir.

Boğsak karst kaynağının oluşumuna açıklık getiren bu karst akiferi modelini ve yeraltısuyu akış yönlerini inceleme alanı genelinde, destekleyen bazı önemli veriler şunlardır:

a) Geçirimsiz taban topografyası haritasına bakıldığında, başlangıçta KB'dan GD'ya yönelmiş olan karst yeraltısuyu akışının, derinlere inildikçe KD'ya doğru yön değiştirmesi, bölgesel karşılaşma ve karst gelişim modeli ile son derece büyük bir uyum içindedir.,

b) Kocakoyak obrukları, Saçmaliseki obruklarından sonra sulu hale gelmekte- ve Saçmaliseki obruklarının suyu nu kaybetmesinden soma bile uzun süre sulu kalmaktadır.

c) Boğsak vadisindeki obruklardan, önce Ob4 obruğu sulu hale gelmekte ve bunu Ob1, Ob2 obrukları izlemektedir. Obruklar hemen hemen aynı zamanda susuz hale gelmektedir. Bu durum, öncelikle 7 Nolu çanaktan su geliriyle doğrudan ilgilidir.

ç) Şiddetli yağışlar sonrasında Eğribük karst kaynağında da akış görülmesi, 4 Nolu çanaktaki statik, yeraltısuyu düzeyinin ani yükselimiyle, bu çanağın aynı zamanda GD'dan 1 Nolu çanağa, yeraltısuyu geçirmesiyle ilgilidir...

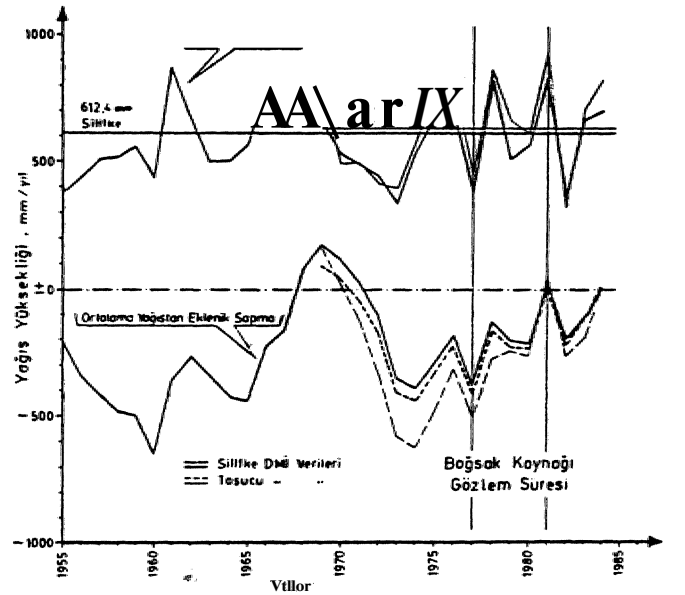
d) Yağışlar sonrasında Boğsak kaynağı debisinde görülen ani artış, yakın çanaklardan çabuk su gelişinin

neticesidir. Debide önce azalma sonra yeniden artma olup, uzak çanaklardan toplanarak gelen su miktarını gösterir. Nihayette az debiyle uzun süre akış ise öncelikle yüksek kotlu çanaklarda ve giderek düşük kotlu çanaklarda ortaya çıkan dinamik yeraltısuyu miktar ve hareket hızındaki azalmanın doğal bir sonucudur.,

BOĞSAK KARST KAYNAĞI BOŞALIMINI^KARAKTERİ

Boğsak kaynağı debi değerlerinin kaydedildiği Şubat 1977-Aralık 1981 tarihleri arasında en düşük debi değeri 0,048 m³/sn ile Ekim 1981'e en yüksek debi değeri ise 9, 871 m³/sn ile Ocak 1978'e aittir. Ortalama, yıllık debi 1» 05 n³/sn'dir. 1977-1981 yıllarını kapsayan ölçüm dönemi, uzun yıllar ortalamasının altında kalan 16 yıllık bir kurak dönemin yağışlı yıllarına rastlamaktadır (Şekil 1). Yıllık debi değişimleri birbirine son derece benzer' bir gidiş göstermektedir (Şekil 2).

Kaynak debisinin aylık değişim grafiğine göre, Aralık ayında, artmaya başlayan debi Ocak, ayında en yüksek değerine ulaştıktan sonra. Ağustos ayma. kadar hızla azalmaktadır. Eylül-Kasım. döneminde daha yavaş azalım gösteren debi, Ekim-Kasım aylarındaki, en düşük değerde hemen hemen sabit kalmaktadır (Şekil 31).



Şek il 1.. Taşucu ve Sillifke devlet meteoroloji istasyonları verilerine göre ortalama yağışın ve ortalama yağıştan eklenik sapmanın yıllık değişimi.,

Figure 1.. Annual change of average precipitation and cumulative deviation from, mean precipitation due to data of Taşucu and Sillifke meteorological stations.,

Pratik olarak yağış düşmeyen Temmuz-Eylül dönemini izleyen. Ekim-Kasım ayı yağışlarının, kurak, yaz ayları sonrasındaki ilk yağışlar olması nedeniyle,, sadece karst ortamının kısmen suya doygunluğu, sağlanmakta ve dolayısıyla yerel.li akışı oluşturabilecek miktarda, bir yağış suyu akifere ulaşmamaktadır. Aralık ayındaki yağışlar, karst ortamdaki mevcut su. doygunluğunun azlığı ve karst yeraltısuyu düzeyi kotunun düşük oluşu, nedeniyle, kaynak debisini beklenenin altında etkilemektedir. Ayrıca grafiklerden görüldüğü gibi, debi ve akışın zamana göre incelenerek aralarındaki ilişkinin araştırılması, özellikle elde. seyrek aralarla yapılmış debi ölçümleri bulunması halinde, genellikle şimdiye kadar. alışlagelen debi-yağış incelemesine göre daha yararlı ve daha gerçekçi sonuç vermektedir.

Ocak-Kasım dönemi için kaynak debisinin sürekli azalma içinde olduğu grafiklerden görülmekle birlikte ilgili analiz yöntemlerinin uygulama varsayımlarının bu azalma dönemi için. geçerliliğinin kontrol edilmesi zorunludur. Ocak ve Şubat aylarındaki aşırı yağışlar,, Temmuz ve Ağustos aylarındaki aşırı, buharlaşma, sulama amacıyla su çekimi ve turizmden kaynaklanan geçici büyük nüfus artışına bağlı fazladan su. tüketimi gibi nedenler, kaynak debisinin "ek besleme ve boşalma olmadan azalması" temel varsayımına aykırı olduğu için,, hesaplamalarda bu aylar gözönüne alınmamış ve karst ortamının sadece kendi özelliklerine bağlı olarak, doğal boşalmanın matematik ifadesi, belirlenmiştir. Debi değerleri, olarak, aylık ağırlıklı istatistik ortalama değerler kullanılmıştır,, öngörülen bu yol ve eskiden olduğu gibi varsayımlara uygunluk, irdelemesi yapmaksızın mevcut, debi ölçümlerinin tümünün her ay için doğrudan kullanıldığı klâsik yol ayrı ayrı izlenerek boğsak karst kaynağı debisi-

nin azalma dönemindeki istatistik-matematik bağıntısı hesaplanmış ve bu bağıntının aşağıdaki TISON eşitliğine uyduğu saptanmıştır (Çizelge 2)..

$$Q_1 = \frac{2,10}{(1+0,0084.t)^2} \dots \dots \dots (i)$$

Bu çalışmada öngörülen ve klâsik yol izlenilerek yapılan hesaplamalar, elde edilen sonuçların korelasyon katsayılarından ve standart sapmalarından görüleceği gibi, öngörülen, hesaplama yolu lehinedir (Çizelge 2).

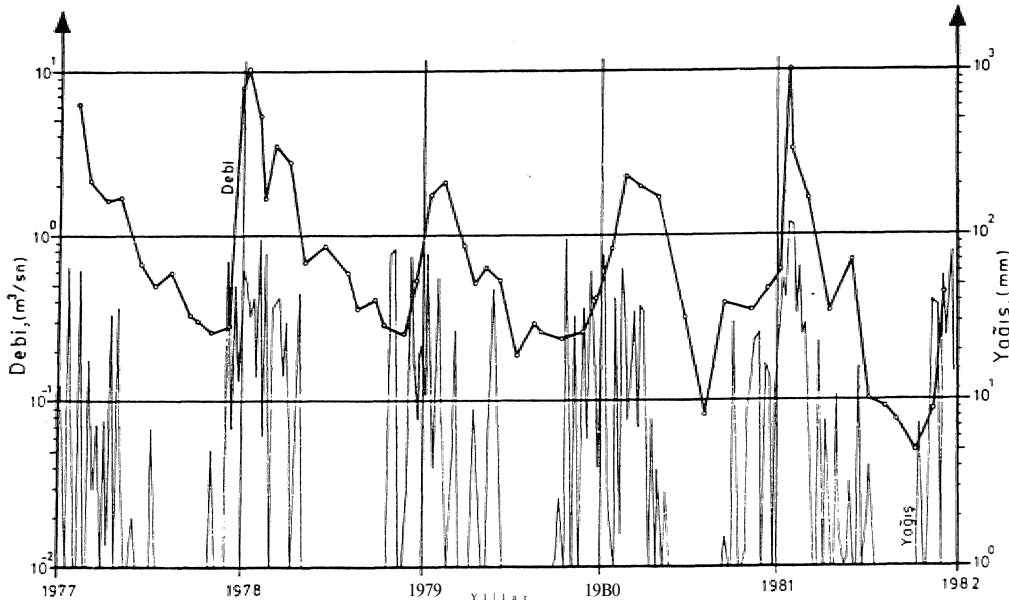
Elde edilen, eşitlik türü, karst kaynaklarının azalma dönemindeki boşalım, eğrilerinin, logaritmik doğrusal olmaktan çok, azalma dönemi başlangıcında önce doğrusal, fakat sonra zaman, eksenine giderek asimptotik bir yaklaşım içinde eğrisellik kazandıkları yolundaki genel görüşü, de sayısal, olarak ayrıca, desteklemektedir.

BOĞSAK KAMST KAYNAĞI AKİFERİNİN KARAKTERİ

Boğsak karst kaynağı akiferinin karakterini belirlemek, üzere gerçekleştirilen çalışmaların birinci aşamasında karst akiferin iltimlilik (T, Transmissibilitc) ve depolama (S) katsayıları hesaplanmış, ikinci aşamada ise akiferin boyutsal büyüklükleri ile so potansiyeli ve genel yeraltısuyu. özellikleri açığa çıkarılmıştır.

Birinci Aşama. Çalışmaları

Theis ve Jacob yöntemlerinin Mijatovic tarafından geliştirilen ve karst kaynaklarının azalma, dönemindeki debi~zaman ilişkisine uyarlanan bağıntılarla, sözkonusu ilişkiyi yansıtan Tison bağıntısının ve aşağıdaki diğer



Şekil, 2. Boğsak karst kaynağı debisinin ve bölgesel yağışın zamana, göre değişim grafiği
Figure 2. Change in time of discharge of Boğsak karst spring and regional precipitation.

eşitliklerin kullanılması sonucu, karst akiferin iletimlilik (T) ve depolama (S) katsayıları hesaplanmıştır (Mijatovic, 1975; Karanjac, 1977; Birsoy, 1982).

$$V_t = \frac{Q_t}{\alpha} \cdot 86400 \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta r_t = \frac{V_t}{A} \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta R = \Delta r_0 - \Delta r_t \dots\dots\dots (4)$$

Q_t : Karst kaynağının herhangi bir "t" anındaki azalma dönemi bağıntısına göre hesaplanan boşalım değeri, m³/sn.

α : Boşalım katsayısı, gün⁻¹

V_t : Karst akiferinde "t" anında »depolanmış yeraltısuyu hacmi (dinamik rezerv, aktif hacim), m³.

Ar_0 : Karst akiferinde "0" anında {azalma dönemi başlangıcında) depolanmış yeraltısuyu yüksekliği (depolama indisi)» m.

Ar_t : Karst akiferinde "t" anında depolanmış yeraltısuyu yüksekliği (depolama indisi), m.

ΔR : Karst kaynağının azalma döneminde başlangıç ile herhangi bir "t" anı arasında oluşan dinamik rezerv değişimi yüksekliği,» m.

A : Karst akiferin yayılma alanı, km².

İnceleme alanının tüm yeraltı drenaj alanını içermemesi ve KB'dan açık bulunması nedeniyle, "A" değeri sayısal olarak değil, simgesel olarak eşitliklerde yer almıştır. Sözü edilen tüm bağıntılar 30 Şubat-30 Kasım arasındaki azalma dönemi gözönünde bulundurularak bir çizelge şekline getirilmiş ve buradan hareketle öncelikle ΔR : f (log t) grafiği hazırlanmıştır. Grafikten sağlanan ΔR ve t_0 değerleri Mijatovic'in aşağıdaki uyarılan bağıntılarına konularak T ve S hesaplanmıştır.

$$T = 0,55 \frac{Q_{ort}}{\Delta R} \dots\dots\dots (5)$$

$$S = 2,25 \frac{T \cdot t_0}{x^2} \dots\dots\dots (6)$$

T : Karst akiferin iletimlilik katsayısı, m³/sn/m...

Q_{ort} : Karst kaynağının ortalama yıllık debisi, m³/sn...

ΔR : Rezerv değişim yüksekliği farkı, (A⁻¹) m.

S : Karst akiferin depolama katsayısı boyutsuz
 t_0 : $\Delta R=0$ için grafikten okunan $t=t_0$ değeri, gün
x : En uzak beslenme noktasının, karst kaynağına olan yeraltı drenaj hattı boyunca veya doğrudan harita üzerinden ölçülen yatay uzaklığı, m.

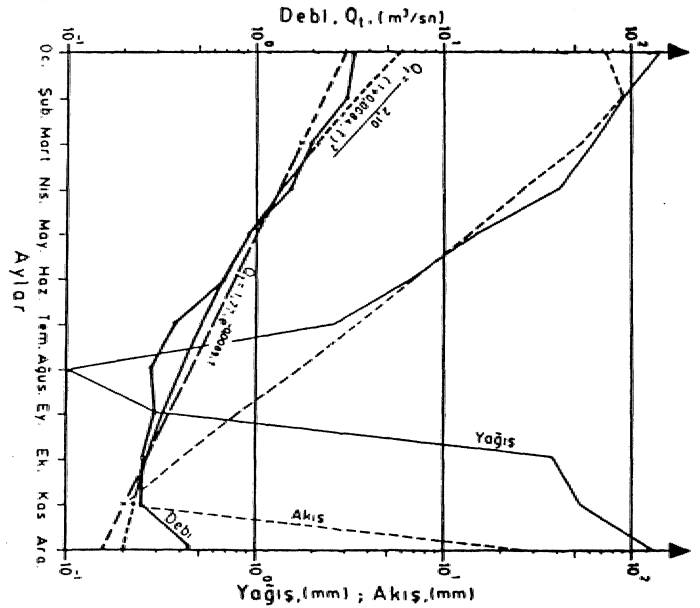
Eşitlikle Meki Q_{ort} değeri, 1977-1981 yılları arasındaki debi değerlerinin güvenli aylık istatistik ortalamalarından hareketle hesaplanan alt. ve üst sınır değerleri ifade etmektedir. Boğsak karst kaynağının min. ve max. yıllık ortalama debileri, sırasıyla 0,75 m³/sn. ve 1,55 m³/sn'dir. Bu veriler ışığında "5" eşitliği,

$$T_{min} = (0,027 \cdot A) m^3/sn/m; \quad Q_{min} = 0,75 m^3/sn \text{ için} \dots\dots\dots (7)$$

$$T_{max} = (0,056 \cdot A) m^3/sn/m; \quad Q_{max} = 1,55 m^3/sn \text{ için} \dots\dots\dots (8)$$

şeklinde hesaplanan karst akifere ait iletimlilik katsayısı değerlerinin alt -ve üst sınırlarını ifade edecektir.

Karst akiferin depolama katsayısını (S) hesaplamak için "6" eşitliği, T_{min} ve T_{max} değerleri için ayrı ayrı kullanılmıştır. Sonuçta, S_{min} ve S_{max} şeklinde ifade edilen ve karst akifere ait depolama katsayısının alt ve üst sınırlarını gösteren aşağıdaki büyüklükler elde edilmiştir.



Şekil 3. *Boğsak Karst kaynağı debisinin, yağış ve akışın aylık ortalama, değerlerinin Değişim grafikleri ve debisinin azalma dönemine ait doğrusal, olan. Maillet ve olmayan Tison eğrileri.

Figure 3. Mean monthly graphics of discharge of Boğsak karst spring, precipitation and runoff, also Maillet curve in linear and Tison curve in nonlinear...

$$S_{min} = 0,049 A_{min} \text{ için.....(9)}$$

$$S_{max} = 0,101 A_{max} \text{ için.....(10)}$$

İletimlilik ve depolama katsayılarına ait ifadelerde yer alan "A" ve "V" değerleri, sırasıyla "km²" ve "km" olarak alınacaktır.

İkinci Aşama Çalışmaları:

İletimlilik ve depolama katsayısı ifadelerinde yer alan ve karst akiferin yayılım alanını, gösteren "A" simgesinin sayısal değeri,, bölgesel buharlaşma kayıplarının yağıştan olan farkını işaret eden. ve- so bilançosunda sadece "akış" olarak adlandırılan,, gerçekte ise yüzey-yüzealtı-yeraltı akışları toplamından oluşan sayısal değer kullanılarak belirlenmiştir. Sözkonusu "akış" değeri,, 1977-1981 dönemi için 296,2 mm/yıTdir.

Güvenli, yönde kalınarak yüzey-yüzealtı akışının hiç oluşmadığı ve 296,2 mm/yıllık ortalama so yüksekliğinin tümüyle yeraltına, geçerek karst akiferi beslediği ve tümüyle Boğsak karst kaynağı olarak boşaldığı varsayılırsa, karst akiferin yayılım alanından boşatabilecek, en fazla, su miktarını ifade eden bu değer, 296,2mm/yırlık su yüksekliği ile karst akiferin. yayılım alanının çarpılması sonunda, elde edileceği görülür. Boğsak karst kaynağının en

Hidrolik Katsayılar	Q _{min} =0,75 m ³ /sn A _{min} =80 km ²		Q _{max} =1,55 m ³ /sn A _{max} =165 km ²	
	x _d =24 km	x _y =15 km	x _d =50 km	x _y =30 km
Q _{min} =0,75	S _{min} =0,049 $\frac{A_{min}}{x^2}$ (%)	0,68	1,74	-
	T _{min} = 0,027 . A _{min} (m ³ /sn/m)	2,16		
Q _{max} =1,55	S _{max} =0,101 $\frac{A_{max}}{x^2}$ (%)	-		0,67
	T _{max} = 0,056 . A _{max} (m ³ /sn/m)	-		1,85
				9,24

Çizelge 3. Boğsak karst kaynağı akiferime- ait hidrolik katsayıların,, buharlaşmadan artakan yağış fazlasının tümüyle yeraltına sızdığı varsayımına, göre hesaplanan, en. küçük olası değerleri

Table 3. The smallest possible value for hydraulic coefficients belonging to aquifer of Boğsak karst spring with the. acceptance of complete percolation into underground, of precipitation remained from evaporation..

yüksek (Q_{max}) ve en düşük (Q_{min}) ortalama, yıllık debilerinin,, yukarıda açıklanan şekilde bulunacak olan yıllık boşalım miktarına oranı ise,, Boğsak. karst. kaynağı, akiferinin en büyük, ve en küçük olası yayılımlara, alanlarının güvenli yönde bir ifadesi olacaktır,. Çünkü» su bilançosundan sağlanan "akış" değerinin. % 100'ünü bu .hesaplama da yeraltına sızdığı varsayılmıştır. Eğer "akış"m %50'sinin yeraltına sızdığı kabul edilseydi,, aşağıdaki yayılım Mam değerlerinin 2 kez büyütülmesi gerekirdi..

$$A_{max} = 165 \text{ km}^2$$

$$A_{min} = 80 \text{ km}^2$$

Boğsak karst akiferi yayılım alanının en. küçük ve en, güvenli yönde hesaplanan bu olası değerlerinin bile, 9,8 km²lik " Boğsak deresi sistemi ana drenaj alanı"ndan ve inceleme alanı içinde sadece 33 km²lik D bölümü bulunan Boğsak kaynağının basamaklı çanaklar şekilde karst akiferinin yeraltı drenaj alanından çok daha büyük olduğu açıkça görülür,

Depolama, katsayısının hesaplanabilmesi için, gerekli olan "x" parametresi, inceleme alanı için geçerli oransal ilişkiden hareketle hesaplanmış ve yeraltı drenaj hattı boyunca olan uzaklığı "x_d", doğrudan harita, üzerinden ölçülen yatay uzaklığı ise "x_y" olarak, ifade edilmiştir. Buna göre;

Sistemler	Uygulanan Bağıntılar	Azalma döneminde "Debi - Zaman" Bağıntısı	Standart Sapma S _d	Korelasyon Katsayısı r _c
Öngörülen Debi değerlerinin %95 güvenli aylık istatistik ortalamalarından hareketle var-sayımlara uygun olan zaman dilimlerinin seçilmesi.	TISON	$Q_t = \frac{2,10}{(1+0,0084.t)^2}$	±0,11	+0,991
	MAILLET	$Q_t = 1,77.e^{-0,0089.t}$	±0,14	-0,984
Klasik Debi değerlerinin ve ölçüm tarihlerinin doğrudan kullanılması.	TISON	$Q_t = \frac{2,70}{(1+0,011.t)^2}$	±0,57	+0,722
	MAILLET	$Q_t = 2,01.e^{-0,0092.t}$	±0,54	-0,761

Çizelge 2. Boğsak karst kaynağı debisinin, azalma dönemindeki "debi-zaman" ilişkisinin .klasik ve öngörülen sistemlere göre hesaplanan, değerlerinin, karşılaştırılması

Table 2. Comparison of the calculated values due to classical and proposed systems of the relationship between discharge and time in regression period of the discharge of Boğsak karst spring.

$$\left. \begin{array}{l} x_d = 50 \text{ km} \\ x_y = 30 \text{ km} \end{array} \right\} A_{\max} = 165 \text{ km}^2 \text{ için}$$

$$\left. \begin{array}{l} x_d = 24 \text{ km} \\ x_y = 15 \text{ km} \end{array} \right\} A_{\min} = 80 \text{ km}^2 \text{ için}$$

olarak hesaplanmıştır.

Eide edilen Q_{\min} , A_{\min} ile A_{\max} ile yayılım alanı büyüklüğüne bağlı olan x^h ve x_y değerleri, iletimlilik ve depolama katsayılarını veren 7, 8., 9, 10 eşitliklerinde yerine konarak sonuçlar bir çizelge şeklinde gösterilmiştir (Çizelge 3). Çizelgedeki sayısal büyüklüklerin,» su bilançosundaki "akışın %100'ünün yeraltına, sızdığı varsayımıyla yapıldığı unutulmamalıdır. Halbuki karstik serbest akiferler için yaygın bir görüş içinde % 70-90 dolayında değişen "akış"agö.re "sızma" yüzdesi, genelde yarı basınçlı karstik akifer niteliğindeki Boğsak karst kaynağı akiferi için doğal olarak daha da düşük olduğundan, bilanço .akışının sadece %50'sinin yeraltına sızdığı varsayılarak yapılacak yeni bir hesaplama, tabii ki be çizelgedekilerden daha farklı sayısal değerler üretecektir. Bu durumda; "A", "xj", "xy" ve "T" değerleri 2 kez büyürken, "S"li değeri 2 kez küçülecektir...

Boğsak karst kaynağı akiferinin hidrolik parametrelerinin ve yayılım alanının güvenli yönde hesaplanan değerlerinden hareketle, .karst Aferin su. potansiyeli ve bunun, ne kadarının statik rezerv, ne kadarının da. dinamik rezerv oluşturduğu, ortaya çıkarılmıştır. .Bu amaçla aşağıdaki eşitlikler¹ kullanılmıştır.

$$R_t = A \cdot e \cdot S \dots \dots \dots (11)$$

$$R_t = R_d + R_s \dots \dots \dots (12)$$

- R_t : Akiferin toplam su potansiyeli (rezervi), m^3
 A : Akiferin yayılım alanı, m^2
 S : Akiferin depolama, ka.tsa.yisi, boyutsuz
 e : Akifer kalınlığı, m.
 R_d : Dinamik, rezerv, m^3
 R_s : Sililik rc/erv, m^3

Sızma = 1100 Akış Durumunda Akiferin Su Potansiyeli	$Q_{\min} = 0,75 \text{ m}^3/\text{sn}$ $A_{\min} = 80 \text{ km}^2$		$Q_{\max} = 1,55 \text{ m}^3/\text{sn}$ $A_{\max} = 165 \text{ km}^2$	
	$S_{\min} = 0,0068$ $x_d = 24 \text{ km}$	$S_{\min} = 0,0174$ $x_y = 15 \text{ km}$	$S_{\max} = 0,0067$ $x_d = 50 \text{ km}$	$S_{\max} = 0,0185$ $x_y = 30 \text{ km}$
Statik Rezerv ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	$R_{s,\min}$ $R_{s,\max}$	4 10	8 22	-
Dinamik Rezerv ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	$R_{d,\min}$ $R_{d,\max}$	83 213	169 466	-
Toplam Rezerv (Su Potansiyeli) ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	$R_{t,\min}$ $R_{t,\max}$	87 223	177 488	-

Çizelge 4. Boğsak karst kaynağı akiferinin su potansiyeli, dinamik ve statik su rezervi.

Table 4. Groundwater potential and the dynamic and static groundwater reserves of the aquifer of Boğsak karst spring.

Akifer Özellikleri		Akiferin Tümüne ait Değerler	Akiferin İnceleme Alanı İçinde Kalan Bölümüne ait Değerler
Boyutsal Özellikler	Yayılım Alanı, A (km^2)	80-165	33
	Kalınlık, e (m)	160	
	Yeraltı drenaj hattı boyunca olan max. uzaklık, x_d (km)	24-50	10
	Max. yatay uzaklık, x_y (km)	15-30	6
Hidrolik Katsayılar	İletimlilik (Transmissibilite), T ($\text{m}^3/\text{gün} \cdot \text{m}$). 10^5	1,9-8,0	
	Geçirimsizlik (Permeabilite), K ($\text{m}^3/\text{gün} \cdot \text{m}^2$). 10^3	1,2-5,0	
	Depolama, S (boyutsuz). 10^{-2}	0,7-1,9	
Su Potansiyeli	Toplam Rezerv, R_t (m^3). 10^6	87-488	36-98
	Dinamik Rezerv, R_d (m^3). 10^6	83-466	34-93
	Statik Rezerv, R_s (m^3). 10^6	4-22	2-5
Yeraltısuyu Özellikleri	Hidrolik Eğim, i (boyutsuz)	0,055	
	Akım Hızı, v (m/gün)	65-275	
	Boşalım Miktarı, Q (m^3/sn)	0,75-1,55	
	Boşalım Katsayısı, α (-gün ⁻¹)	0,0084	
	Beslenmesiz Boşalım Süresi, t (yıl)	3-9	

Çizelge 5. Boğsak karst kaynağı ve akiferine ait karakteristik özellikler ve sayısal değerleri.

Table 5. Characteristical properties and numerical values belonging to Boğsak Karst spring and its aquifer.

Boğsak karst kaynağının basamaklı, çanaklar şeklindeki, karst akiferinde, can.ald.ar' içinde her zaman mevcut olan ve diğer çanaklara bocalamayan yeraltısuyu miktarı (statik rezerv), önce inceleme alanı genelinde, sonra tüm karst akiferi kapsayan, olası yayılım alanları için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Çizelge 4), Bu çizelgeye göre Boğsak karst .kaynağı akiferinin toplam, yeraltısuyu rezervinin %95'i dinamik rezerv, %5'i statik rezerv şeklindedir.

Karst yeraltı suyunun hidrolik eğiminin, statik rezerv alanlarında Boğsak vadisi yeraltısuyunun ortalama hidrolik eğimine, bu alanlar' dışında 'da yeraltı drenaj hattı boyunca uzanan geçirimsiz taban eğimine uyduğu varsayılarak, 11 Nolu çanağın boşalım noktası ile Boğsak karst kaynağı arasında yer alan. ana drenaj hattı boyunca, inceleme «alanı genelindeki karst yeraltısuyu hidrolik eğimi %5,5 olarak, belirlenmiştir,

Akifer kalınlığının ortalama değeri olan 160 m. ve iletimlilik katsayısının en büyük ve en küçük, değerleri gözönünde tutularak, %100 sızma durumu için. hesaplanan geçirimsizlik katsayısı (perméabilité, K) ve karst yeraltısuyu hızı değerleri aşağıda, gösterilmiştir.

$$k_{\max} = 5,8 \text{ JO}^{-2} \text{ m}^3/\text{so}/\text{m}^2$$

$$k_{\min} = 1,4.10^{-2} \text{ m}^3/\text{si}/\text{Vm}^2$$

$$V_{\max} = 275 \text{ m/gün}$$

$$V_{\text{mio.}} = 65 \text{ m/gün}$$

Bilanço akışının. %100'ünün yeraltına sızdığı varsayımıyla varılan bu sonuçlar, akışın %50'sinin yeraltına sızdığı varsayımıyla yeniden yapılacak hesaplamalarda, doğaldır ki 2 kez daha büyük değerlere ulaşacaktır. Boğsak karst kaynağı akiferine ait tüm karakteristik özellikler ve akışın %100'ünün yeraltına sızdığı varsayımına göre hesaplanan olası değerler bir çizelgede toplu olarak sunulmuştur (Çizelge 5)

SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen en önemli sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Bir karst kaynağı analizinin ancak akifer özelliklerinin ve meteorolojik durumun tanımlanmasıyla anlam kazanabileceği ve analiz öcesi yapılacak veri ayıklama, işleminin önemi sayısal olarak gösterilmiştir,

2. Basamaklı çanaklardan oluşan, yeni bir akifer ortam modeli geliştirilmiş ve bu model çerçevesinde şekillenen farklı düşünce yaklaşımının kaynak, analizi üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

3. Kaynak analizinin, akifer özelliklerinin ve meteorolojik durumun birlikte değerlendirilmesiyle, kaynak ve akiferinin jeofizik büyüklükleri sayısal olarak saptanmıştır.

KATKI BELİRTME

Tezi.ro.in. en ağırlıklı bölümlerinden birisini oluşturan bu yazı ile birlikte, tezimin, hazırlanması sırasında tüm çalışmalarımı büyük bir titizlikle izleyen,, değerli yardım ve önerilerini esirgemeyen tez yöneticim Muhterem Hocam Sayın Prof. Dr. Kemal Erguvanlı'yı en derin, şükranlarımla ve rahmetle anarım. Araziden laboratuvara uzanan bütün çalışmalarımda yakın ilgisini gördüğüm kıymetli hocam. Sayın Prof. Dr. Erdoğan Yüzerce yürekten teşekkürlerimi sunarım.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Bayazıt, M. 1981, Hidrolojide istatistiksel Yöntemler, İTÜ Yayını, No., 1197,,, 224 s., İstanbul
- Bayazıt, M., Avcı, I., Şen, Z. 1978, Hidroloji Uygulamaları, İTÜ Yayını, No. 1111,280 s., İstanbul
- Birsoy, Y.K. 1982, Karstik Kaynak Boşalımı Sorunlarına Bileşik Hazne Modeli ile Yaklaşım, EÜ Yerbilimleri Fak., 63 s., İzmir,
- Chow, V.T.,Yevdjovich, V.M.,Dandy, D JR., Matalas, N.C. 1964, Statistical and Probability Analysis of Hydrologic Data, Handbook of Applied. Hydrology, Section 8, pp.. 8.1-8.97, McGraw-Hill Book. Comp., USA.
- Eroskay, S.Ö, 1980, Karst Kaynaklarının Geliştirilmesi, İÜ. Coğrafya Enst. Derg., s. 215-234, İstanbul.
- Karanjac, J, 1977, Recession Hydrograph Analysis in Karst Aqueifers, Karst Hydrogeology Symposium- Proceedings (ed. Giinay, G.,Karanjac, J. 1978), DSI-UNDP Project, TUR 77/015, Tech., Report No.a 27, pp. 65-85, Ankara.,
- Mijatovic, B., (Çev, Korkmaz, N.) 1975, Karstik Akiferlerde Boşalım Eğrisiyle Depolama Katsayısı ve Transm.issibil.ite Tayini, DSI Gn. Md. Yayını, 10 s., Ankara.
- Öziş, Ü, 1979, Türkiye'de Karst Hidrolojisi Çalışmalarına Toplu Bakış, Birinci Ulusal. Hidroloji Kongresi, İTÜ' inşaat Fak., s. 49-63, istanbul
- Öziş, Ü.JÜnal, E.,Harmancıoğlu, N., Benzeden, E., 1981, Underground Storage Capacity of Darns in Karst Regions-Estimated Through Recession Hydrographs, Bull, of the Int. Assoc. of Eng., GeoL, No., 24, pp., 75-79, Germany
- Öztaş, T. 1933, Yeraltında So Toplanmasını Denetleyen Etmenler ve Hidrojeolojik Ortamlar, Koyu. Dergisi, S. 6, s. 4-5, İstanbul*
- Öztaş, T. 1989, Mersin-Taşucu-Boğsak Kaynağı ve Dolayının Karst Hidrojeolojisi (İTÜ Doktora Tezi)-140. s., İstanbul.
- Şahinci., A., 1976» Göksu ve Göldeğirmeni Kaynaklarının İncelenmesi (Doçentlik Tezi), E.Ü, Fen Fak. Jeoloji Kürsüsü, 75. s., İzmir.. -
- Ünal, E. 1981» Karst Bölgelerdeki Baraj Hazinelerinin Yeraltı Biriktirme .Hacminin Oymapmar Örneğinde Alçalma Hidrografi Yöntemiyle İncelenmesi,, E,(X İnşaat Fak.. Hidroloji ve Su. Yapılan Yüksek Lisans Tezi» No. 13,63 s., Izmir