

YEŞİLYURT-ÇELİKİHAN (MALATYA-ADİYAMAN) DOLAYININ HİDROJEOLÖJİK İNCELEMESİ

Hidrojeologic Investigation of Yeşilyurt-Çelikhan (Malatya-Adiyaman) Surrounding, SW Anatolia, Turkey

MEHMET ÖNAL
ALİ ŞAHİNCİ
ALİ M. GÖZÜBOL

BJE.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir
D.B.O. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir
İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü» istanbul

O Z I Bölgedeki stratigrafi istifi Feimo-Karbonifer yaşlı Pötürge Metamorfileri, Eosen yaşlı Maden Karmaşığı, Fenno-Karbonifer yaşlı Malatya. Metamorfileri, "Kreta.se yaşlı Gündüzbey Grubu, Eosen. yaşlı Yeşilyurt Grab«, Gedik Formasyonu. Ye Miyosen yaşlı Kilayik ve Beylerderesi Formasyonlarından yapıldır.

Bölgedeki, kaymaklatın oluşumu karşılaşma., karst-fay, geçirimli ve geçirimsiz litoloji, dokanaklan ve fayların denetimindedir. Pınarbaşı kaynağı 3001/sn, Horata kaynağı 90 l/sn. ve İnekpınan kaynağı 0-30 l/sn. arasında değişir. Küçük ölçekli kaynakların debileri 0,52-0,2 l/sn arasındadır.

Bu kaynakların kimyasal tahlilleri, incelendiğinde .anyonlar' rHCO₃ > rQ" > rSO jre katyonlar' r(Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺) > rNa⁺ > rK⁺ şeklindedir. Be sular Piper'è gore "'Alkali toprak elemeenier (Ca⁺⁺ +.Mg⁺⁺) > Alkali elementler (Na⁺ + K⁺)" ve. "karbonat sertliği. %50*den fazla olan sular., Schauer snuflamasmda "Olağan klorürlü, sulfath ve olağan karbonatlı sular"; Şahincfye göre- ise A-Iab(ba), Â[C-Ialb(ba), ACJlabfba) ve C2A-üab(ab) sunumdadır. Sar sınıflamasmda kaynak suları "'çok iyi özellikte sulama sulan", ABD tuzluluk diagramında ^C^Sf"; Wilcox diyagramında ise "çok iyi - iyi* sulama sulandır.. Türk standartları ve Schoeller sınıflamasına göre» bu sular "orta" ve "iyi" kaliteli sular sınıfına girer. •

A.OİSTK.A.(L' i / Stratigraphie squence of the area consist of the Pötürge Metamorphic in Pe.mo-Carbonifer, Maden. Complex In Eocene., Malatya Metamorphics im Pe-imo-Carbonifer., Gündüzbey group in Cretaceous, Yeşilyurt group., Gedik formations in. Eocene, Kilayik and Beylerderesi formations in Miocene,

The occurrence of the springs in the study area are effected by karstification, karst-fault, boundürs of the permable and impeimable rock units and faults. Pınarbaşı spring 300 l/s, Horata 'sprâg 90 l/s and tnekpuian spring 0-30 l/s are. The small springs are changed between 0,52-0,2 l/s.

The general chemical classifications of 'these springs are as the following: amons rHCQ'j > rQ" > rSQ4" and. cations r{Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺) > . rNa⁺ > rK⁺. According to Piper 'these waters are "Alcalie earth. (Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺) > exveed alcalie elements (Na⁺ + K⁺) and "carbonate hardnees exceedds than ^SQ"; according, to in Schoeller classification are" normal chlorine» sulphate and carbonate, waters*¹; according to Şahinci -these waters are also A-Iab(ba), A j C-Iab(baX AC-Hab(ba) and C2A-Ha.DCab).. According, to Sar classification the pong waters are "'excellent for irrigation",,, C2-S1 according to¹ USA.. laboratory salinity diagram is; although in Wilcox diagram arc "excellent to

GİRİŞ

Bu çalışma, "Çat barajı isale tünelinin mühendislik jeolojisi ve kaya mekaniği incelenmesi ile Malatya-Çelikhan alanının jeolojisi"¹ adlı Tübitak projesinin hidrojeolojik kısmını kapsar.,

Çalışma Yeşilyurt-Çelikhan atasında 600 km.²lik bir alanda yapılmıştır.Bu çalışmanın amacı, bölgenin hidrojeolojik açıdan değerlendirilmesi ile so kaynaklanmn kullanılabilirlik ve içilebilirlik özelliklerinin çıkarılmasını ortaya koymaktır. Bölge daha çok genel jeolojik amaçlı olarak çalışılmıştır (Perinçek, 1978, DSİ, 1977), Ancak, bölgenin hidrojeolojisi detaylı olarak or-

taya konmamış ve su kimyası hiç yapılmamıştır.

Büyük ve küçük debili kaynaklardan ayrı ayrı 1 litrelik su örnekleri alınmış ve bu örneklerin kimyasal tahlilleri Malatya Topraksu'da yapılmıştır. Sn tahlillerinin, değerlendirilmesi Piper, Schoeller.» Şahinci., Sar, ABD, Wilcox., TSE ve Schoeller'e göre yapılmıştır.

STRATİGRAFİ

İnceleme alanında Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı kaya birimlerinin tortul istifi içindeki yeri. Şekil 1 ve. 2'de basitleştirilmiş jeoloji haritasındaki y ay ılımlı Şekil 3 "de gösterilmiştir.

Yas (Age)	Grup (Group)	Formasyon (Formation)	Kalınlık (m) (Thickness (m))	Litoloji Kesiti (Lithological Section)	Açıklamalar (Explanations)	Hidrolik initeci (Hydrogeological features)
Permo-Karbonifer (Permian-Carboniferous)	Malatya Metamorfizmaları (Malatya Metamorphisms)	Kalecik Kt. (Kalecik lms.)	~700	Pmk	Bilümlü kireçtaşı, dolomitik ve karstik kireçtaşı (Biluminous limestone dolomitic and karstic limestone)	Akifer (Aquifer) Tabanda su taşıyıcı (It carries water on the floor)
		Düzağaç (Düzağaç)	~1500	Pmd	Kireçtaşı, dolomit ve kalışsist arakatkılı şist (Intercalated limestone, dolomite and calcisist schist)	Akifer (Aquifer)
		Könlük Kt. (Könlük lms.)	200	Pmk	Rekristalize kireçtaşı (Recrystallized limestone)	Akifer (Aquifer) Tabanda su taşıyıcı (It carries water on the floor)
		Fincaş (Fincaş)	~750	Pmp	Demir (Iron) Metakuvarsit arakatkılı şist (Intercalated metaquartzite schist)	Engel kaya (Impermeable rock)
Tersiyer-Terti (Tertiary-Tertiary)	Maden Karmaşığı (Maden Çarşısı) (Maden Complex)	Çelikhana Fm. (Çelikhana Fm.)	~350	Pmp	Kumtaşı, kireçtaşı, bazalt, andezit, spilite ve şeyl. (Sandstone, limestone, basalt, andesite, spilite and shale)	Engel kaya (Impermeable rock)
Erdek Fm. (Erdek Fm.)		~700	Pmp	Çörtlü kireçtaşı (Cherty limestone)	Akifer (Aquifer)	
Permo-Karbonifer (Permian-Carboniferous)	Pötlüğe Metamorfizmaları (Pötlüğe Metamorphisms)	Çelikhana Fm. (Çelikhana Fm.)	~350	Pmp	Kuvarsit, mermer, mercerkeli ve çeşitli şistler (Quartzite, marble, lensed and various schists)	Engel kaya (Impermeable rock)

Şekil 1 Allakton kaya bilimlerinin: genelleştirilmiş stratigrafik istifi (Gözübol ve Önal 1986'dan)

Figure 1: Generalized stratigraphic section of allochthon rock units (from Gözübol and Önal, 1986)

Pötlüğe Metamorfizmaları

Genellikle mikaşistlerden oluşan birim., Pötlüğe dolaylarında, tipik götünülerinin bulunması nedeniyle Perinçek (1978) tarafından adlandırılmıştır. Çalışma alanının güneyde KD-GB gidişli bir yaydım gösterir. Birim yaklaşık 700 m. kalınlıktadır.

Genellikle, sarı ve kahverengi, şist ve metakuvarsit bileşenlidir. Şistler iyi yapraklanmak ve ayrımsaldır. Metakuvarsitler yersel şistoziteye uyumlu 5-500 cm, kalınlıkta, ve mercerkeldir. Ayrıca yersel olarak da mermerler bulunmaktadır. Değişik düzeylerde, metamorfize andezitik ve dasitik türden kayalarda yer almaktadır. Birim genel olarak muskovit, biyotit,» serisi.» klont» albit ve piroksen şistlerden oluşmuştur.

Birimin, alt dokanağı görülmemektedir. Ost-dokanağı Maden Karmaşığı ile diskordanslıdır*. Birim» olasılıkla Permo-Karbonifer yaşındadır.

Birini fliş tipi tortulların yeşil şist fasiyesinde metamorfizmasıyla oluşmuştur¹. Hidrojeolojik bakımdan engel kaya. niteliğindedir. Çalışma alanının yakın doğusundaki maden suları bu birim içinden çıkmaktadır.

Maden Karmaşığı

Çeşitli renklerde kireçtaşı, kumtaşı, çakıtaşı, kiltaş» andezit,.. diyabaz ve spilite türü litolojilerden, oluşan

birim» Maden dolayında tipik görülmesi nedeniyle Perinçek (1978) tarafından, adlandırılmıştır. Çalışma, alanının güneyinde KD-GB' gidişi bir yaydım gösterir. Birim, yaklaşık 350 m. kalınlıktadır.

Çeşitli renklerde genellikle ince-kalın katmanlı, kaba kırıntılı (çakıtaşı-kumtaşı) ve ince kırıntılı (kiltaş) ardalanmasından oluşur. Yersel, olarak kireçtaşı, kuvarsit» diyabaz ve spilite'de değişik düzeylerde bulunmaktadır. Hafif metamorfizma nedeniyle az belirli yapraklanma görülmektedir.

Alt dokanağı Pötlüğe Metamorfizmaları, üzerinde açılı uyumsuzdur. Ost dokanağı ise Malatya Metamorfizmaları ile bindirmelidir. Olasılıkla, Alt Eosen yaşında (Gözübol ve Önal» 1986) olan birim, çeşitli araştırmacılara göre Alt Eosen'deki Okyanus açılmasına bağlı olarak gelişmiş (Arpat ve Sungurlu» 1975) veya kıta içi çanakta oluşmuştur (Perinçek-Özkaya, 1978). Hidrojeolojik bakımdan engel kaya. niteliği, taşıyıcı.

Çelikhana Formasyonu: Çört bantlı kireç taşından oluşan birim, Çelikhana dolay 1. arında tipik görünümlerinin olması nedeniyle Perinçek (1978) tarafından adlandırılmıştır. Çalışma alanının güneyinde yersel mostralardan sekimde bulunmaktadır. Birim yaklaşık 150 m. kalınlıktadır.

Yas (Age)	Grup (Group)	Formasyon (Formation)	Kalınlık (m) (Thickness (m))	Litoloji Kesiti (Lithological Section)	Açıklamalar (Explanations)	Hidrojeolojik özellikleri (Hydrogeological features)
Tersiyer - Tertiary	Eosen - Eocene	Orta Eosen - Middle Eocene	Yüksek Eosen - Upper Eocene	Gözübol	Çalk. Kum. Kili (P.S.C.) Çapraz kat çakıtaşı (Cross bedded congl.)	Önemiz (Unimportant) Tabanda su taşıyıcı (It carries water on the floor)
					Çalılıktaşı, kumtaşı ve marn (Cong. sand, and marlstone)	Yersel önemli (Local important)
					Kireçtaşı (Limestone)	Karstik kireçtaşı (Karstic limestone) Tabanda su taşıyıcı (It carries water on the floor) Akifer (Aquifer)
					Mum (Marlstone)	Engel kaya (Impermeable rock)
					Resifal Kt. (Resifal Li.)	Önemli (Important)
					Kumtaşı, çakıtaşı ve şeyl (Sandstone, conglomerate and shale)	Yersel önemli (Local important) Engel kaya (Impermeable rock)
					Resifal kireçtaşı (Resifal Limestone)	Önemli (Important) Akifer (Aquifer)
					Taban çakıtaşı (Basal conglomerate)	Önemli (Important)
					Bazalt (Basalt)	
					Kretase - Cretaceous	Üst Kretase - Upper Cretaceous
Resifal kireçtaşı (Resifal Limestone)	Önemli (Important) Akifer (Aquifer)					
Camurtaşı, kumtaşı ve çalılıktaşı (Mudstone, sandstone and conglomerate)	Tabanda su taşıyıcı (It carries water on the floor)					
Malatya Metamorfik (Malatya metamorphic)	Kireçtaşı ve çeşitli şistler (Limestone and various schists)	Önemli (Important) Akifer (Aquifer)				

Şekil 2. Paraallokton ve otokton kaya birimlerinin genelleştirilmiş stratigrafik istifi (Gözübol ve Önal 1986'dan)

Figure 2. Generalized stratigraphic section of paraallochthon and autochthon rocks units (from Gözübol and Önal, 1986)

Kireçtaşı san, ince-kalın düzgün katmanlı» düzlemsel laminab ve yapraklanmalıdır. Tabakalanmaya paralel çört bantlı, mikro fosilli ve aşırı kırıklı ve çatlaklıdır.

Birini genellikle Maden Karmaşığı'nın alt düzeylerinde, uyumlu, olarak bulunur., Alt Eosen yaşında (Gözübol ve Önal, 1986) olan birim; litoloji, doku ve fosil kapsa-

mma göre karbonat şelfi artanında çökelmiştir. Mdrojeolojik bakımdan düşük akifer niteliği taşır.

Malatya Metamorfileri

Şist, filial, rekristaize kireçtaşı» kalkıştı ve dolomilden yapıli olan birim., Malatya güneyinde tipik, görünüliün olması nedeniyle Perinçek (1978) tarafından adlanmıştır, Dana sonra Gözübol ve önal (1986) dört formasyona ayırarak incelemiştir:

Pınarbaşı Formasyonu: Metakuvarsit arakatlı ve sedümanter demir yüzeili çeşitli, şistlerden yapılidir., Çalışma alanının güneyinde KD-GB gidişli bir yaydım gösterir. Yaklaşık 750 m. kalınlıktadır.

Malatya Metamorfileri Maden Karmaşığı üzerinde tektonik dokanaklıdır. Üste ise Gündüzbey Formasyonu açılı uyumsuz olarak örter.

Saptanan fosillere göre. Permo-Karbonifer yaşındadır (Gözübol ve Önal, 1986).

Malatya Metamorfideri kuzeyden geldiği, tahmin edilen alloktion bir kütle konumundadır. Genellikle birimi oluşturan litolojiler ortaç ve düşük metamorfizma geçirmişlerdir. Formasyon kendi içinde aşırı ekaylıdır. Hidrojeolojik olarak engel kaya niteliği itaşır.

Koltık Kireçtaşı: Koyu gri renkli, ince-kalm düzgün katmanlı ve rekristalize kireçtaşından yapılidir; Bol çatlaklı kırıklı ve bitüm kokuludur. Akifer niteliği taşır.

Düzağaç Formasyonu: Kireçtaşı ve dolomit arakatlı» fillit ve şistlerden, yapıli olup. bol çatlaklı ve kırıklıdır. Çok belirgin tabakalanmaya paralel yapraklanma gösterir. Kireçtaşı ve dolomit arakatlıları dolin, düden ve uvala gibi karstik yapılar' içerir ve bol. su taşırlar. Şist ve fillatlar engel kaya niteliğindedir.

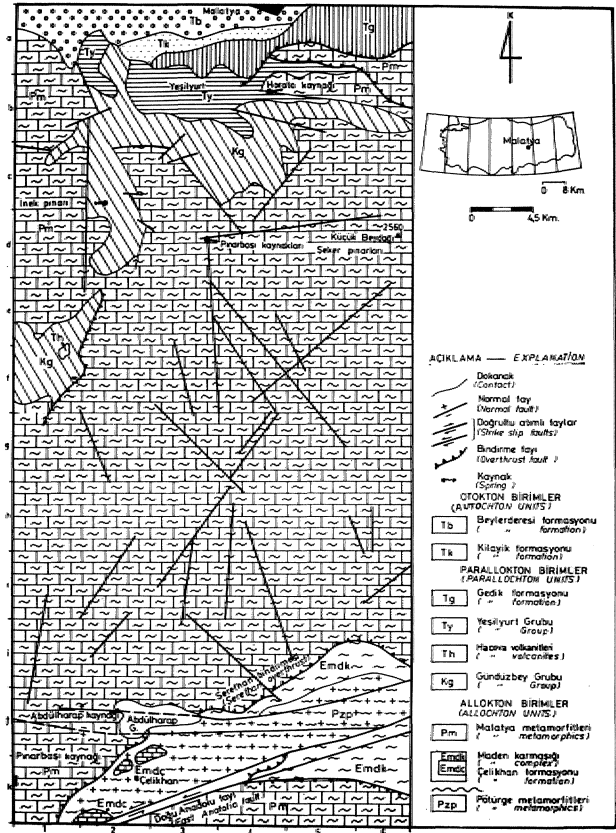
Kalecik Kireçtaşı: Genel olarak dolomitik ve bitümlü kireçtaşından yapılidir. Orta masif katmanlı., aşırı kalın ve bol karstik yapılidir. Bölgede en fazla, su kapsayan birimdir, iyi bir akifer niteliği taşır.

Gündüzbey Grubu.

Grup adını, tipik görünülerinin bulunduğu Gündüzbey nahiyesinden almıştır. Malatya metamorfileri üzerinde açılı uyumsuzdur. Üsteki Yeşilyurt grubunu ise açılı uyumsuz olarak örter.

Birim» resif al ve pelajik kLreçtaşlarında saptanan fosillere göre. Üst. Kretase yaşmdadn- (Gözübol ve önal» 1986). Farklı litolojilerinden oluşan iç fformasyona ayrılarak incelenmiştir. Formasyonlar kendi içinde yanal ve düşey geçişler gösterirler.

Kızılgüney Çakıltığı Formasyonu : Genellikle okside, kırmızı renkli» çakıltası ve yersel kumlası ile çamurtaşından yapılidir. Paleosen yaşlı Haçova Volkanideri birimi keser. Adını Yukarı Hacova köyünün batısındaki Kızılgüney Tep'e'den almıştır'. Ostleyen Üst Kretase yaşlı birimlerinin taban, çakıltasını oluşturur.



Şekil Çalışma alanının tasMaşitirtili» jeobp haritası (Gözübol» 1986)

Figun 1 Simplified geologic map of ft© study area (from GAZÖbol and Oral, 1986)

İnekpınarı Kireçtaşı: Birim, rudist, alg, mercan ve mikrofosilli olan resifal nilelildi kireçtaşı, yersel görknfler şeklindedir.Adını tnekpınarı'ndan. almıştır. Karstik niteliktedir.

Kapul.III Kireçtaşı: Çakıltası, kumtaşı ve şeyi arakatlı pelajik kireçtaşından oluşan birim» Yeşilyurt, Gündüzbey ve Yukarı Banazı-dolaylarında geniş bir yayılım gösterir. Adım Kaşılıllı mevkiinden almıştır. Engel kaya niteliğindedir.

Yeşilyurt Grubu

Grup adını, tipik görünülerinin bulunduğu Yeşilyurt ilçesinden almıştır»,...Altaki Gündüzbey Grubunu açılı uyumsuz olarak örter. Ostdeki Gedik formasyonu ile kısa dereceli. geçişlidir. Saptanan fosillere göre. Üst Eosen yaşındadır (Gözübol ve Önal, 1986). Grup değişik litolojilerden oluşan beş formasyona ayrılarak incelenmiştir. Formasyonlar kenii içinde yanal ve düşey geçişler gösterir.

Zorbon Çakıl taşı: Genellikle okside kırmızı ve kahverengi, ortaç pekleşmiş ve ortaç boylanmış polijenik çakıltasından oluşan birim» adım Zorbon mevkiinden almıştır. Eosen, yaşlı birimlerin taban çakıltasını oluşturur. Akifer niteliğindedir.

Yıldız Kireçtaşı: Nummulit, alg, mercan» gastropod ve exinit fosilleri kapsayan resifal nitelikli kireçtaşı, yersel görünüler şeklindedir. Adım Yıldız Tepe'den almıştır. Karstik niteliktedir.

Yukarı Banazı Formasyonu: Çakıtaşı arakatmanlı kumtaşı ile şeyi ağalanmasından oluşan birim, fliş nitelikli olup, Yeşilyurt ve Yukarı Banazı dolaylarında görünüyü vermektedir. Adını buradan almıştır. Engel kaya niteliğindedir.

Banaz Kireçtaşı: Nummulit, alg, mercan ve gastropod fosilli, masif katmanlı resifal nitelikli kireçtaşı, çizgisel gidişil bir y ayılım gösterir. Adını Banaz mevkiinden almıştır. Karstik niteliktedir.

Malkuyu Formasyonu: Kilitaşı-marn ardalanmasından oluşan birim» Yeşilyurt'un kuzeyindeki Malkuyu Tepe ve dolayında, yaydım, gösterir. Adını buradan almıştır. Engel kaya niteliğindedir.

Gedik Formasyonu

Genellikle açık gri, orta-kalm dftzgün katmanlı, bol mikro fosilli, sıg-su kireçtaşından oluşan birim» karstik yapılu olup, genellikle Gedik Mahallesi dolaylarında, yaylıra, gösterir. Adını buradan almıştır. Birim 300-400 m. kadar bir kalınlığa sahiptir.

Formasyon alttaki Malkuyu, Formasyonu ile kısa, dereceli geçişli, üstteki Kilayik Formasyonu ile açılı diskordanslıdır. Saptanan fosillere göre Orta Eosen yaşındadır (Gözübol ve önal» 1986). Bol karstik yapılu olup, tabanında su taşır.

Kilayik Formasyonu»

Çakıtaşı ve kumlası, arakatlı marndan oluşan birim» Kilayik köyü dolaylarında ve Malatya-Yeşilyurt yol yarماسında yüzlekler vermektedir. Adını Kilayik köyünden almıştır. Kalınlığı yaklaşık 200 m. kadardır.

Formasyon alttaki Gedik formasyonu taban çakıl-taş düzeyi ile açılı uyumsuz olarak öter,, üstteki Beylerderesi Formasyonu ile düşük açılı uyumsuzdur. Olasılıkla Neojen yaşında olabilir (Gözübol ve önal, 1986) Birim sıg göl ortamında çöklemiştir. Krantaşı ara katkıları su taşır.

Beylerderesi Formasyonu

Genellikle kırmızı renkli» iyi pekleşmiş, az, belirli masif katmanlı, kötü-orta yuvarlaklaşmış ve orta, boylanmış» düzlemsel ve oluksal çapraz katmanlı periyodik çakıtaşıdan oluşmuştur. Beylerderesi dolaylarında tipik görünüleri bulunmaktadı*. Adını da buradan almıştır. Kalınlığı en fazla .50 m. kadardır.

Birim, alttaki Kilayik Formasyonu, düşük açılı uyumsuzlukla öter,. Olasılıkla Pliyosen yaşındadır ve genelde alüvyal yelpaze ortamında çöklemiştir. Tabanda bol su taşır.

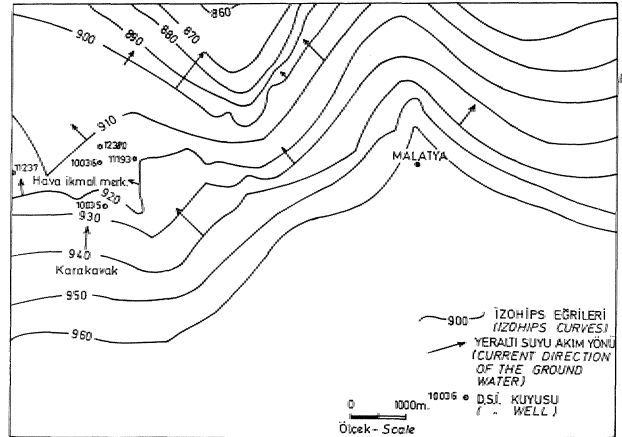
YAPISAL JEOLJİ

Çalışma alanını da içine alan Güneydoğu Anadolu'nun tektonik yapısı, güneydeki Arabistan levhasının kuzeye, ilerlemesi ve Avrasya, levhası ile çarpışması sonucu bugünkü konumunu almıştır. Bu etkili tektonizma, sonucu olarak Doğu Anadolu Fayı, bindirmeler, normal faylar» eklemeler ve kıvrımlar bölgenin yapısını oluşturur (Şekil 3).

Doğrultu atunlu sol yönlü Doğu Anadolu Fayı yaklaşık 1-15 km.'lik bir ezik zon ve birbirleriyle makaslama yapan bir fay prizması şeklindedir. Kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlü faylar yırtmaçlı faylar olup» makaslama düzlemi, oluştururlar. Bindirme fayları genellikle KD-GB doğrultusu, olup,, olasılıkla kuzey veya KB "dan gelen, yatay itilme ile gelişmiştir. • Büyük ölçekli kıvrımlar gözlenmez. Çalışma alanında ayırtılan kayabirimleri alloktan, paralohton ve otokton olarak üç ayrı tektonik aşamaya ayrılarak incelenmiştir. Allohton nitelikli Malatya metamorfileri, içindeki faylar' ve itilme düzlemleri, bol su boşaltır,

HİDROJEOLJİ

Bölgedeki kaynakların, oluşum genelde dört faktörün denedmindedir: 1. karstlaşma, 2. karst-fay, 3.geçirindi ve geçirimsiz litoloji dokanakları ve 4. faylar.



Şekil4. Malatya ovasının su tablası haritası (D.S.I., 1977/ten)

Figure 4. The map of the water table off Malatya plain (from D.S.I., 1977)

Doğrultu atunlu fayların ezik zonları (Abdülhaiap kaynağı) ve kesim noktaları (Pınarbaşı kaynağı) düzenli ve büyük su boşalmalarını oluşturur (Şekil 3). Karstik kaynakların tedbileri değişkendir. Faylar ile karstik yapıların denetiminde olan kaynaklar (Pınarbaşı ve Abdülhaiap kaynakları) düzenli ve yttsek defoildir. Dolomitler, karstik kireçtaşları ve çakıtaşları oldukça iyi bir akifer niteliğindedir. Bölgenin su ihtiyacını karşılarlar.

Pınarbaşı kaynağı 300 l/s* Horata kaynağı 90 l/s ve tnekpınan kaynağı 0,30 l/s arasındadır. Küçük kaynakların debileri 0,52-0,2 l/s. arasında değişmektedir

No	KAYNAK (SPRING)	Kordinatı (Coordinate)	PH (E-Conduct)	Elektrik Geçirgenlik EC x 10 ⁶	KATYON Me / LITRE (" Liter)			TOPLAM (Total)	ANYON Me / LITRE (" Liter)				TOPLAM (Total)	YAKLAŞIK DEBİ (l/s) (App. yield)
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺		CO ₃	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄		
1	Rafa	A6	7.30	320	0.06	0.02	58.0	58.8	0.72	1.72	1.80	—	4.24	0.33
2	Şekerpinarı	D6	7.10	330	0.06	0.02	6.00	6.08	—	3.20	2.00	—	5.20	0.50
3	Kadımağarası	D5	7.90	190	0.06	0.02	3.62	3.70	—	2.80	1.80	—	4.60	0.52
4	Malkuyu	A4	7.00	300	0.13	0.02	5.20	5.35	0.56	3.44	1.80	—	5.80	0.50
5	Pınarbası.1	D3	7.90	240	0.06	0.02	4.80	4.88	0.60	2.80	1.60	—	5.00	3.00
6	Çanakpinarı	C4	7.85	310	0.13	0.02	5.56	5.71	—	3.80	2.00	—	5.80	0.50
7	Çakırahmet	B4	7.25	445	0.13	0.02	8.32	8.47	—	2.20	2.00	—	4.20	0.12
8	Hacıçavus	B4	7.40	490	0.13	0.02	8.96	9.11	0.80	2.80	2.00	—	5.60	0.14
9	Delihasan	B4	7.25	550	0.20	0.02	9.20	9.42	0.80	3.20	1.80	—	5.80	0.20
10	Kızılcağüney	C4	7.90	495	0.17	0.04	8.72	8.93	1.20	1.80	1.80	—	4.80	0.04
11	Gündüzbey.1	B4	7.30	600	0.13	0.02	10.00	10.15	1.60	2.40	2.00	—	6.00	0.16
12	Ayıölen dere	C4	7.70	850	0.40	0.04	16.96	17.40	1.20	2.00	2.00	—	4.40	0.16
13	Gündüzbey.2	B3	7.20	750	0.80	0.02	8.20	9.02	1.60	1.60	4.00	—	7.40	0.12
14	Y. Banazı.1	B4	6.70	470	0.17	0.10	8.80	9.07	0.40	2.40	2.00	—	6.00	0.05
15	Kadımağarası	C5	7.50	455	0.06	0.02	7.72	7.80	1.80	0.10	2.00	—	2.90	0.2
16	Y. Banazı.2	B4	7.60	500	0.25	0.07	7.68	8.00	1.60	1.40	2.20	—	5.20	0.12
17	Gündüzbey.3	B3	6.95	700	0.15	0.02	11.44	12.01	0.80	3.00	2.00	—	5.80	0.10
18	Hacıali	B4	7.20	485	0.06	0.02	9.60	9.68	1.20	1.20	1.80	—	4.20	0.06
19	Kurttepe	C4	7.40	325	0.15	0.02	8.00	8.17	0.80	2.00	1.80	—	4.60	0.25
20	Karagöz	E5	7.30	350	0.15	0.02	6.80	6.97	1.20	0.20	2.00	—	3.00	0.08
21	Söğütçedere	E5	7.40	550	0.20	0.02	10.56	10.78	0.80	2.00	2.00	—	5.20	0.20
22	Gündüzbey.4	B3	7.00	710	0.17	0.05	13.60	13.82	0.80	1.80	2.20	—	4.80	0.25
23	Horata	B4	7.60	360	0.20	0.02	4.00	4.60	1.20	4.60	1.00	—	5.60	9.00
24	Yapraklı	B4	7.50	370	0.40	0.02	4.20	4.62	0.80	4.40	1.00	—	5.40	0.5

Çizelge 1. Karstik suların kimyasal tahlilleri ve yaklaşık debileri

Table 1. Chemical analysis and approximate wateryield of carstic spring waters

Malatya ovası yeraltı su tablası haritasına göre, yeraltı suyunun akım yönü, genellikle güneyden kuzeye doğrudur (Şekil 4)., Malatya ovasında hidrolik iletkenlik katsayısı 100-400 m²/gün/m arasında olduğu tahmin edilmektedir (DSİ, 1977)., Akiferde özgül verim genellikle 1 l/s/m'dir. Bölgenin emniyetli yeraltı soyu rezervi 32x10⁶ m³/yıldır.

Su Kimyası

Bu bölümde* Topraksu tarafından tahlilleri yapılan karstik kaynakların genel kimyasal tahlilleri, sulama, endüstri, içme ve kullanma özellikleri incelenmiştir.

Suların kimyasal tahlilleri Çizelge 1'de; harita üzerinde numaralanmış konumları, koordinat sistemine göre Şekil 3'te verilmiştir.

Kaynak suları genel kimyasal özellikleri ve sınıflandırmaları: Kaynak sularının, anyon ve katyonlarının büyüklük sırası şöyledir (r=mek/l):

$$r (Ca^{++} + Mg^{++}) > r Na^{+} > r K^{+}$$

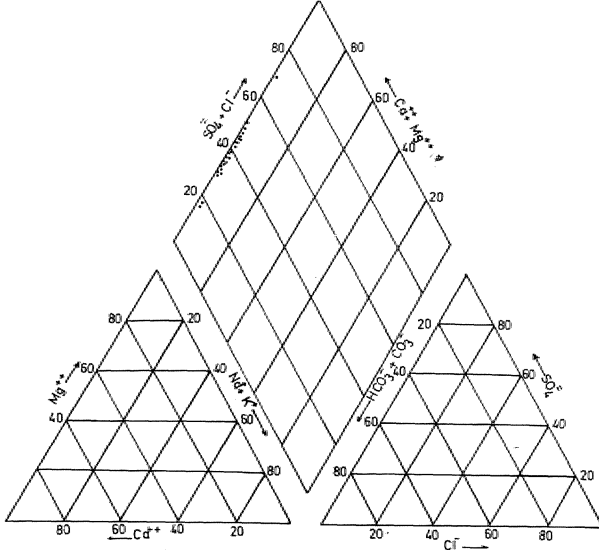
$$r (HCO_3 + CO_3^{--}) > r Cl^{-}$$

Suların kimyasal tahlillerinde, sülfat iyonunun bulunmaması dikkat çeker. Muhtemelen sülfat bakterileri tarafından indirgenmiştir. Kaynak sularının pH \ 7.1 - 7.95; elektriksel iletkenliği 25°C'de 190-850 mikromho/cm arasındadır (Çizelge 1).

Piper sınıflamasına göre karstik sularda alkali toprak elementler (Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺), alkali elementlerden (Na⁺ + K⁺) fazladır. Suların çoğunluğunda, zayıf asit kökleri (CO₃⁻ + HCO₃⁻) > JÜÇÜLİ asit köklerine (SO₄⁻ + Cl⁻) göre üstündür. Suların karbonat zenginliği % 50'den fazladır (Şekil 5).

ŞahincTye göre kaynak suları A-Iab(ba), AjC-Iab(ba), AC-IIab(ba), C2A-IIab(ba) sınıflamasında toplanır (Şekil 5). Sınıflamadaki simgeler A; karbonat oranı çok yüksek; A|C karbonat oranı yüksek; AC; karbonatlı-klorüflü; C2A klorür oranı yüksek karbonatlı; I ab(ba) ve

H ab(ba) kalsiyumlu» magnezyumlu (veya. magnezyumlu-kalsiyumlu) suları tanımlar,



Şekil 5. Piper diyagramı
Figure 5. Pipers diagram

Schoeler'e göre bu sular "olağan klorürlü-bikarbonatlı sular" sınıfına girer. Kaynak sularında çözünmüş toplam iyon miktarı 1000 mg/Tden az olması nedeniyle "tatlı sular" sınıfında yer alır.

İyon baz değişimi, yeraltı sularında K/Na, Na/Ca, Ma/Mg ve Mg/Ca oranlarını tümüyle değiştirebilirler. Baz değişimi endeksi (i.e.b) şu bağıntılarla tanımlanır:

$$i.e.b. = r \frac{Al - (Na + K)}{Cl}$$

ve

$$i.e.b. = T \frac{Cl - (Na + K)}{SO_4 + HCO_3 + NO_3}$$

Kaynak sularında baz değişim endeksleri artıdır. Başka bir deyimle, iyon değişimi ile sulara sodyum iyonu geçişi izlenmez.

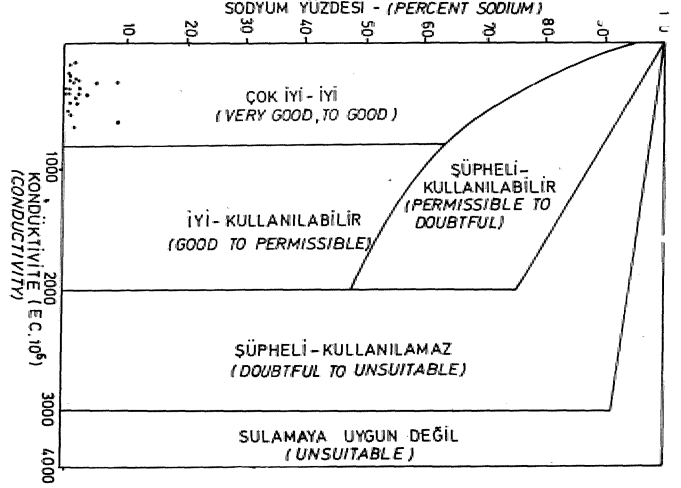
Kaynak sularının tarımda kullanma özellikleri: Sulama suyunda, sodyum, önemli bir yer tutar. Toprağın yapışım, bozarak geçirgenliğini azaltır ve sulamadan soma, soğurulan sodyum, toprak yüzeyinde kaymak şeklinde sert bir kabuk oluşturur. Bu kabuk bitki köklerinin havalanmasını engeller; ayrıca sodyum, bitkiler için zehirli bir ortam yaratır. Sudaki sodyum miktarı, yüzde olarak şöyle bulunur.

$$\% Na = 100 (Na + K) / (Ca + Mg + K + Na)$$

$$SAR = Na / [(Ca + Mg) / 2]^{1/2}$$

Bağıntılarda iyonik mek/1 alınır. SAR (Sodium Adsorption Ratio), sodyumun soğurma oranıdır. % Na, SAR,,

r Cl» R SO4 sınıflamasına göre kaynak suları "Çok iyi özellikte sulama suları" sınıfına girer. Ancak elektriksel iletkenlik yönünden, bu suların bazıları "iyi ve kullanılabilir" özellikte sulama suları sınıfına girer (Çizelge. 1). Kaynak sularında klorür 5 mek/Tden az olması nedeniyle tüm bitkilerin sulanmasında tehlike yaratmaz.



SAMTAWICOK diyagramı
Figure 5. Wicox diagram

% Na ve elektriksel iletkenlik (EC) özelliklerine göre hazırlanan Viloox diyagramında kaynak suları, sulama için "çok iyi - iyi" özellik taşıyor (Şekil 6).

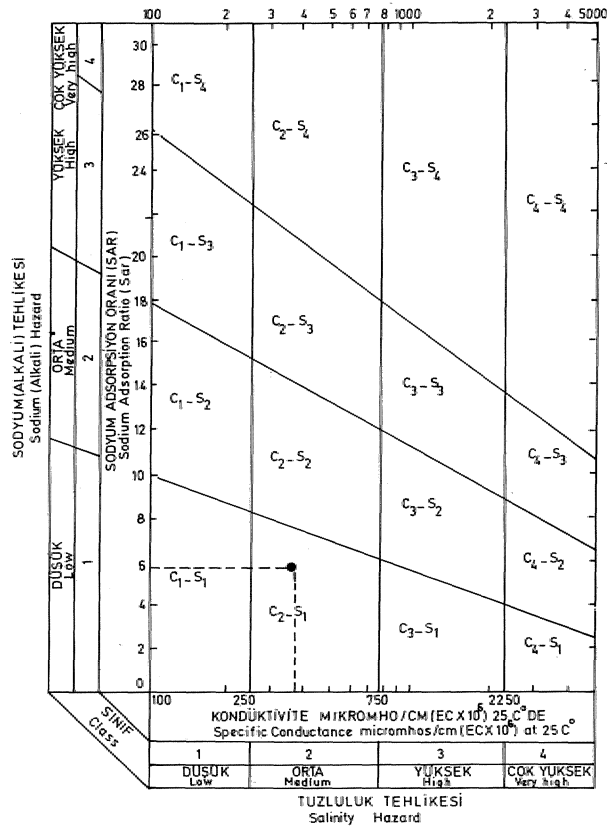
ABD tuzluluk diyagramında göre ise bu sular (Kadımağarası ve Pınarbaşı) C\ S\ (az tozlu - az sodyumlu), büyük bir kısmı C2S1 (Orta tozlu - az sodyumlu) ve Ayıölendere kaynağı, suları C3S1 (tozlu - az sodyumlu) sınıfındadır (Şekil 7).

Suların endüstride kullanma özellikleri: Kimyasal yönden, suların endüstride yararlanılma özellikleri çok farklıdır. Buhar kazanlarında kullanılan suların iç önemli elken, kazan cidarında kabuklaşma (kazan taşı), çürütme ve köpürme özellikleridir. Kaynak sularının çürütme ve köpürme özellikleri Şekil 8'de izlenmektedir. Suların çürütme özelliğini saptamak için suda çözünmüş toplam CO2 miktarının bilinmesi, gerekir. Sudaki toplam CO2 miktarı Şekil 9 yardımıyla bulunur. Burada, suyun toplam alkalinitesi mek/S ile pH'nın bilinmesi, gerekir. Kaynak sularının bir kısmı çürütücü özelliğe sahiptir (Şekil 8).

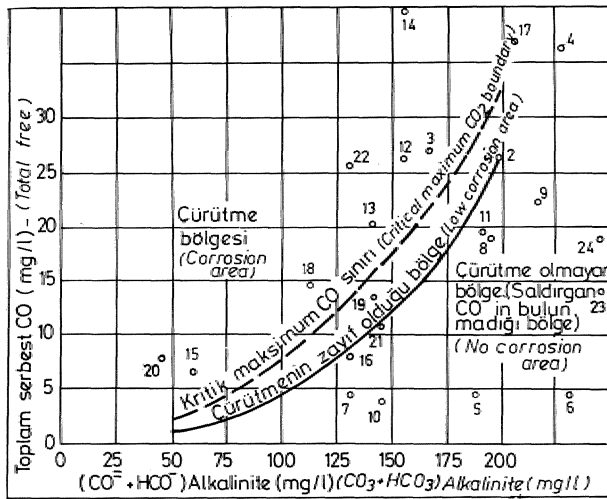
Suların kaynarken köpürmesine neden,, su yüzeyinde sodyum ve potasyum tuzlarmca zengin bir zar tabakasının oluşmasıdır. Suyum kaynarken köpürmesi (F) şu bağıntı ile bulunur:

$$F = 62 r Na + 78 r K \quad (r = mek/1)$$

Bu, bağıntıya göre kaynak suları "kaynarken köpürmeyen sular" sınıfına girer. Ancak, kaynak sularının buhar kazanlarında kullanılmasında kabuklaşma çürüme ve sertlik gibi özellikler dikkate alınmalıdır.



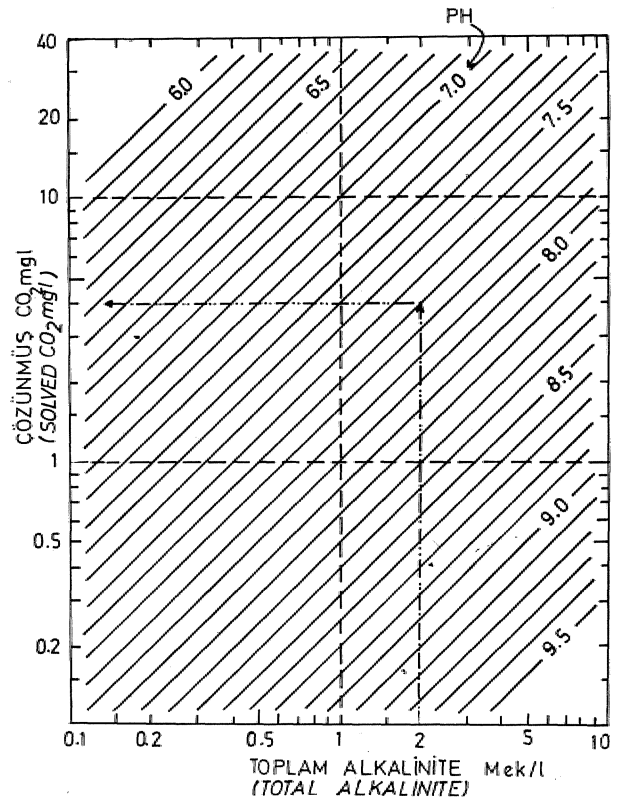
Şekil 7. A.B.D. tuzluluk diyagramı
Figure 7. U.S.A. salinity diagram



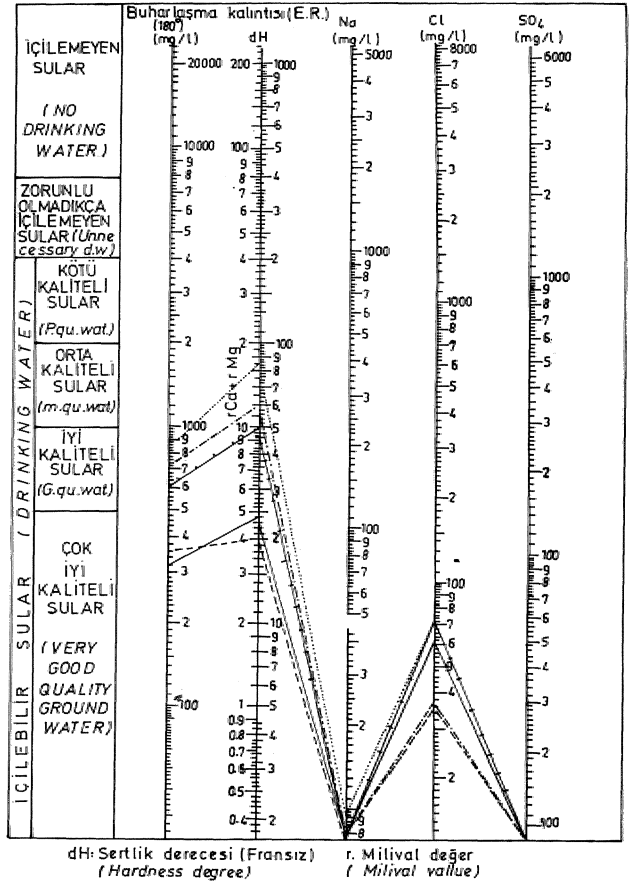
Şekil 8. Suların çürütme özelliklerini gösteren diyagram
Figure 8. Diagram showing corrosion features of waters

Suların içme ve kullanma özellikleri: İçme ve kullanma sularında hiçbir zehirleyici element veya bileşik bulunmamalıdır. İçme suyunda klorür 750 mg/l'yi, toplam iyon miktarı 7,5 mek/l'yi geçmemelidir. Ancak, zorunlu hallerde toplam iyon miktarı 15 mek/l'ye erişen sular içilebilir.

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ - EKİM 1986



Şekil 9. Sularda çözünmüş toplam CO₂ miktarını veren diyagram
Figure 9. Diagram giving total CO₂ amount salved in the waters



Şekil 10. Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramı
Figure 10. Diagram to the drink of the waters according to Schoeller.

Solar, Schoeller içilebilirlik diyagramında* genellikle iyi ve orta kalitededir (Şekil 10). Suların sertliği, içme ve kullandırma için önemli bir yer tutar. Basit şekilde, kalsiyum ve magnezyum iyon (mek/1) toplam değerlerinin beş ile çarpımı, suyun sertliğini (Fransız) verir. Kaynak suları az sert. (2,3, 23» 24), oldukça sert (1, 4, 5, 6), sert, (7, 8* 9, 10» 11, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21) ve çok sert (12; 17, 22) özelliktedir (Çizelge 1).

SONUÇ ve TARTIŞMALAR

1- Bölgede litolojileri farklı Permo-Karbonifer, Üst Ketase, Eosen, ve Neojen yaşlı kaya bilimleri bulunmaktadır.

2- Kaynak sularının hazne kayaları Malatya Metamorfizminin karstik kireçtaşları, tnekpınarı kireçtaşı» Yıldız kireçtaşı ve Gedik formasyonudur. Bunların yüzeye çıkışları, geçirimsiz litoloji dokanakları ile faylara bağlıdır.

3- Yeraltı suyu akım yönü, Malatya ovasında güneyden kuzeye Çelikhane dolaylarında ise kuzeyden güneydedir.

4- Kaynak suları anyon, ve katyon, büyüklük sırası şöyledir: $r(\text{HCO}^-) > \text{iç}^- > \text{SO}_4^{2-}$; $r(\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}) > r\text{Na}^+ > r\text{K}^+$.

5- Schoeller sınıflamasına göre bu sular "Olağan klorürlü - hikaibonath sular" sınıfına girer. Kaynak sularında çözünmüş toplam iyon miktarı 1000 Mg/l'den az olması nedeniyle "tatlı sular" sınıfında yer alır.

6- Sar sınıflamasına göre, elektriksel iletkenlik yönünden, bu suların bazıları "iyi ve kullanılabilir özellikte sulama, sulan" sınıfına girer.

7- Kaynak sularında klorür 5 Mek/Tden az olması nedeniyle tüm bitkilerin sulanmasında tehlike yaratmaz.

8- Wilcox diyagramında kaynak suları, sulama için "çok iyi - iyi" özellik taşır.

9- A.B.D. tuzluluk diyagramına göre ise bu sular

(Kadımağarası ve Pınarbaşı Kaynakları) Cf \$2 (az tuzlu, az sodyumlu) büyük bir kısmı C2S1 (orta tozlu - az sodyumlu) ve Ayıölendere kaynağı suları C3S1 (tozlu, az sodyumlu) sınıftadır.

10- Suların kaynarken köpürmesine neden, su yüzeyindeki sodyum ve potasyum tozlanınca zengin bir zar tabakasının oluşmasıdır. İncelenen kaynak sularında sodyum ve potasyum tozlanınca fakir olması nedeniyle "kaynarken köpürmeyen sular" sınıfına girer ve bazı endüstri dallarında kullanılabilir.

11- İçme suyunda florür 750 Mg/Tyi toplam iyon miktarı 7.5 Mg/Tyi geçmemelidir. Bölgedeki kaynak sularının klorür ve toplam iyon miktarı bu değerlerin altında olması nedeniyle içme ve kullanmaya uygundur.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmayı destekleyen Tübitak'a teşekkür ederiz. Ayrıca, arazi çalışmalarına ve, su örneklerinin alınmasında yardımcı olan Jeoloji Mühendisi Muharrem Akçer'e ve su analizlerini yapan Malatya Toprak Su Müdürlüğü'ne de teşekkür ederiz.

DEĞİNİLEN BELGELER

- A.B.B., SCHOELLER, SAR. T.S.E WILCOX SINIFLAMALARI: m A., Şahmçi, 1986, Yeraltı suda jeokimyası: D.E.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Bölümü, MM/JEO-86 EY.99» tzmir
- D.S.L., 1977, Malatya Qvasi'nin hidrojeolojik etüd rapora: D.S.İ. Yayınlan, Malatya.
- PERİNÇEK, D., 1978, Çelikhane-Smçik-Koçark (Adıyaman) alanının jeolojisi: JLO.Fen Fakültesi Tat. Jeol., Kürsösl.» İstanbul.
- GÖZÜBOL» A.M., ÖNAL,, M.» 1986, Çat Barajı İsalat tünelinin mühendislik jeolojisi, ve kaya mekaniği incelenmesi, ve Malatya-Çelikhane alanının jeolojisi: TUBİTAK, TBAG-647, Ankara