

Gültetim TARCAN, Şevki FİLİZ

Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 3510e Bornova - İzmir

Turgutlu (Manisa) kaplıcaları sıcak ve mineralli sularındaki sodyum bikarbonat zenginleşmesi

Turgutlu'nun yaklaşık 15 km kuzeydoğusunda yer alan inceleme alanında alttan üste doğru sırasıyla Mesozoyik şistler, mermerler, şist-mermer-fillit arda Utması ve dolomitik mermerler gibi Menderes Masif ne ait kayalar ile bunları yataya yakın bir bindirme fayı ile üstleyen ofiyolitik kayalar ve bu birimleri uyumsuz olarak üstleyen Neojen yaşlı tortul kayalar ve Kuvaterner yaşlı alüvyon ve traverten birimleri bulunmaktadır. Toplam debileri 50-100 l/s arasında değişen ve birçok değişik gözeden çıkan sıcak ve mineralli su kaynakları yumuşak ve sodyum bikarbonatça zengin sular içermektedirler. Sodyum (ve bikarbonat) iyonunun artışı, tersine kalsiyum- iyonunun azalışı iyon değişimi ile açıklanabilir. Bu iyon değişimi karbonatların çözünürlüğü ile artan sudaki kalsiyum (ve/veya magnezyum) ile şistlerin ya da Neojen yaşlı tortulların killerdeki minerallerde bulunan sodyum katyonlarının yer değiştirmesi sonucu oluşan doğal yumuşatma tepkimesi olarak gerçekleşir.

Giriş

Bu çalışma Turgutlu Kaplıcaları çevresinde yapılan hidrolojik çalışmaların bir bölümünü kapsar, inceleme alanı Gediz Havzası'nda yaklaşık 160 km² lik bir alan kaplar (Şekil 1), Bu çalışmada sıcak suların oluşumu, hazne kaya

sıcaklıkları, sahadaki yüksek bor derişimi, sahanın jeotermal dan özellikleri vb. diğer hidrojeolojik problemlere değinilmeksizin sıcak, ve mineralli suların genel hidrojeokimyasal özellikleri ile sodyum ve bikarbonat zenginleşmesinin nedenleri üzerinde durulmuştur. Şekil F deki haritada görülen Batı Anadolu'daki sıcak ve mineralli suların birçoğunda da benzer hidrojeolojik problem, ve koşullar bulunması nedeniyle yerbulduru haritası olarak kullanılmıştır. Suların kimyasal analizleri. D.E.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokimya Laboratuvarı'nda AFHA-A.WWÄ-WPCF (1975) standartlarına uygun, olarak yapılmıştır.

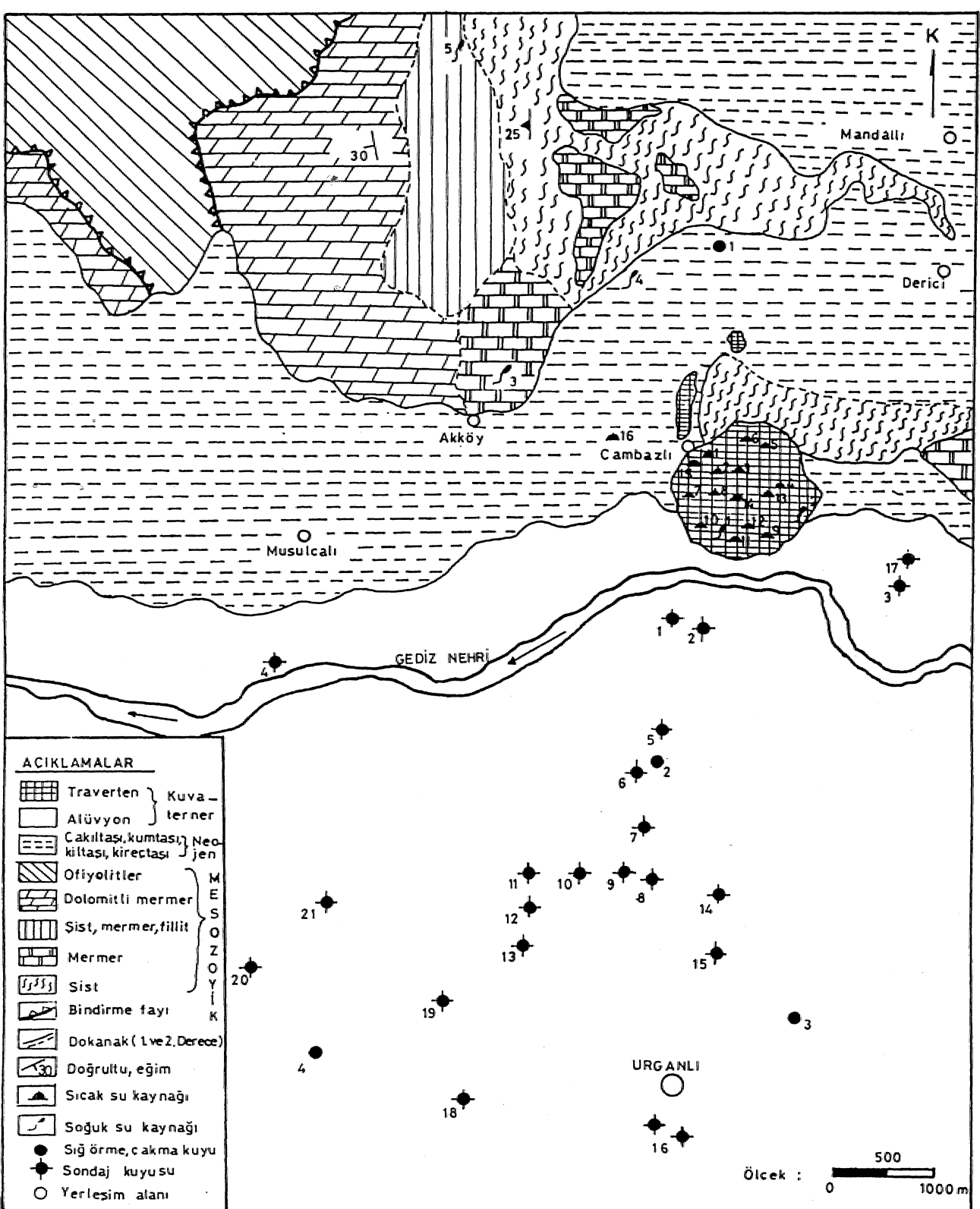
Jeolojik yapı

İnceleme alanında stratigrafik konumuna, litolojik ve hidrojeolojik özelliklerine göre alttan üste doğru sırasıyla Mesozoyik yaşlı şist., mermer, şist-mermer-fillit aşdalanması, dolomitti, mermer ve ofiyolitler ile Neojen yaşlı karasal tortullar, Kuvaterner yaşlı traverten ve alüvyon birimleri ayırt, edilmiştir (Şekil 2). Alanın, temelini, oluşturan şistler başlıca mika şistlerle temsil edilir ve irili, ufaklı, mermer, meta kuvarsit., meta serpantinli, mercekleri içerir., Mermer birimi şistlerle uyumlu ve mercek konumludur. Erdoğan ve Güngör bu iki birime Bayındır Formasyonu, adını verip, Triyas yaşlı olabileceğini, düşündüklerin belirtirler.. Şist ve mermer birimlerinin üzerine uyumlu olarak şist-mermer-fillit ardalanmasından oluşan birim ve onun da üzerine yine uyumlu olarak, dolomitti mermer' birimi, gelir.. Erdoğan, ve Güngör (199:2) bu iki birimi "Kayaaltı Formasyonu" adı altında inceleyerek, yaşının Geç Triyas'dan (Moriyen-Resiyen) başlayıp, Jura (Liyas-Dogger-Makn), Erken. Kretase ve Geç Kretase'ye (Geç Kampamyen'e) değin, devam ettiğini belirtirler. Tüm bu birimlerde- baskın eğim yönü batı ve güneybatı olup, metamorfizma derecesi eğim yönüne doğru gidildikçe azalmaktadır., Dolomitli mermer birimini yataya yakın bir bindirmeyle üstleyen ofiyolitler çoğunlukla, ser-

Şekil 1. Yer buldurma haritası



- | | | | | |
|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1. Alaşehir Kp. (31.5°C) | 9. Urganlı Kap. 2 (78.5°C) | 17. Çamur (65°C) | 24. Ortakçı Kpl. (50°C) | 31. Yenice (40.8°C) |
| 2. Sarıkız md. sy. (14.5°C) | 10. Ilıcak Kay (27°C) | 18. Nardere Ilıcısı (37.1°C) | 25. Kızıldere (100°C) | 32. Gölemezli (57°C) |
| 3. Bahçedere md. sy. (16.5°C) | 11. Sazlıköy (25°C) | 19. Ilıcabaşı son. (60°C) | 26. KD-16 Son. (200°C) | 33. Karahayit (55°C) |
| 4. Sazdere Ilıcısı (32.5°C) | 12. Gümüş (42°C) | 20. İmamköy (35.5°C) | 27. Tekkehamamı Son. (60°C) | 34. Pamukkale (35°C) |
| 5. Kurşuntlu Kay. (62°C) | 13. Gümüş Son. (41.2°C) | 21. Salavatlı (39°C) | 28. İnaltı (55.5°C) | 35. Göz pınarı (28°C) |
| 6. Çelikli Kay. (34.5°C) | 14. Çamköy Son. (92°C) | 22. Güvendik md. sy. (37°C) | 29. Bömekaya (36°C) | A. Aktas |
| 7. Sırt Çamur. (50.2°C) | 15. Bozköy Kükürtlü (62°C) | 23. Gedik (32°C) | 30. Kamara (56.8°C) | K. Kızıldere |
| 8. Urganlı Kap. 1 (64°C) | 16. Bozköy Çelikli (53°C) | | | |



Şekil 2, İnceleme alanının jeoloji haritası ve su noktalarının yeri.

pantiniüerden, serpantinleşmiş ultrabazik kayalardan, mafik volkanilerden ve yer yer' de kumlası..., şeyi ve çörtlerden ibarettir, Erdoğan, ve- Güngör' (1992) ofiyolitlerini içinde bulunan pelajik. kireçtaşı dilimlerinden elde ettikleri fosillerin Bemasiyen (E. Kretase)-Tliro:niyen. (G. Kretase) yaşını verdiğini belirtirler. Tim bu birimleri uyumsuz olarak örten. Neojen yaşlı 'karasal tortullar çakıltaşı, 'kumlası, kiltası, mam ve gösel kireçtaşlanndan oluşur. Güncel ve eski sıcak su çıkışlan çevresinde gözlenen travertenler ve Gediz, Nehri alüvyonlan yörenin en genç oluşuklarıdır.

Hidrojeoloji

Bu bölümde sıcak ve soğuk suların genel Mdrajeoklrn- yasal. özellikleriyle: iyon. değişimi gibi konulara değinilmiştir. Alanda saptanan ve Şekil 2'deki haritada gösterilen. 18 sıcak ve mineralli su kaynağı,, 3 soğuk su kaynağı (mermerlerden gelen), 4 sığ koyu (alüvyon ve. Neojen. tortullarda, bulunan), 21 sondaj kuyusu (alüvyonda bulunan) ve- Gediz Nehri sulan 1992 yılı boyunca her ay periyodik olarak örneklerek., kimyasal analizleri yapılmıştır. Bu çalışmadaki hidrojeokimyasal değerlendirmelerde tüm sıcak ve mineralli suların ve tüm soğuk suların yıllık ortalama değerlerinin ortal.amalan kullanılmıştır.

Hidrojeokimyasal değerlendirmelerde suda, çözünmüş başlıca iyonlardan her birinin litrede miligram (mg/l) olarak tahlil edilen derişimleri kullanılarak» litrede milieşdeğer ağırlık (miliekivalan/l = meq/l)» molarite (mo'l/l), .anyon ve katyonların, yüzdeleri (%meq/l), iyon etkinlik katsayıları (F), iyon etkinlikleri (AC) hesaplanmıştır. Sulardaki iyonlaşma, gücü, bazı iyon oranlan (meq/L olarak), doygunluk indeksleri vb. gibi aşağıda, çok kısa, Mr şekilde özetlenen bazı hidrojeokimyasal hesaplamalar Ye grafiksel gösterimler (25°C 1 atm, basınç- st.and.art şartlarına göre) Excel 5,0 bilgisayar programına adapte edilmiştir., Bu şekilde hız ve kolaylık kazandırılan hidrojeokimyasal değerlendirmelerde iyonların yalnızca mg/l. değerleri yerine konularak çizelge ve grafikler elde edilmiştir- (Levha 1 ve -2), Çizelgelerdeki hesaplamalarda kullanılan bazı bağıntılar' aşağıda kısaca özetlenmiştir (Tarcan, 1995),.

İyonlaşma Gücü (I) : (LSZCiZi² (C=m.olarite, Z=değerlik). iyon etkinlik katsayılarının (Pnin) hesabı için Debye-Hifcke (LogF = -AZi² f⁵) ve Davies (LogF = ~AZi² (I^eYI+I⁰)-Q.,21) bağıntıları kullanılmıştır. A sabiti, bu çalışmada 0.51 olarak alınmıştır ve I = iyonlaşma gücüdür.

Sic = logKaCa⁺CaHCOBIfc/KcI⁰"*1] (kalsit doyma indeksi)

SI_D = logKaCa⁺aMg⁺aHCOa')²^2/ KDAO''f (Dolomit doyma indeksi)

SI_s = log[(aCa⁺)(aSO₄²⁻)/Ks] (Sülfat doyma indeksi)

.-logPcoa = logKIO^XaHCOsIK^{co}) ((CO₂ temi basıncı, atm. olarak)

Bağıntılarda a iyon etkinliğini (AC), K ise termodinamik denge sabitini yansıtır.,

{aH^{*})(aHCO₃⁻)/(aH₂CO₃)=K:1 =10^{m⁴} (Karbonik asit için)

(aH⁺)(aCO₃²⁻)/(aHCO₃⁻)=K2 =1Cf^{co} (Bikarbonat için)

(aCa⁺⁺)(aCO₃²⁻)/(aCaCO₃) = Kc = 10^{*4} (Kalsit için)

(aCa⁺)^{0.5}(aMg⁺⁺)^{0.5}(aCO₃²⁻)/[aMg(CO₃)₂] =KD=10¹⁷ (Dolomit için)

(aCanCaSO¹/aCaSO^{Ks}=10^{*6} (Sülfat için)

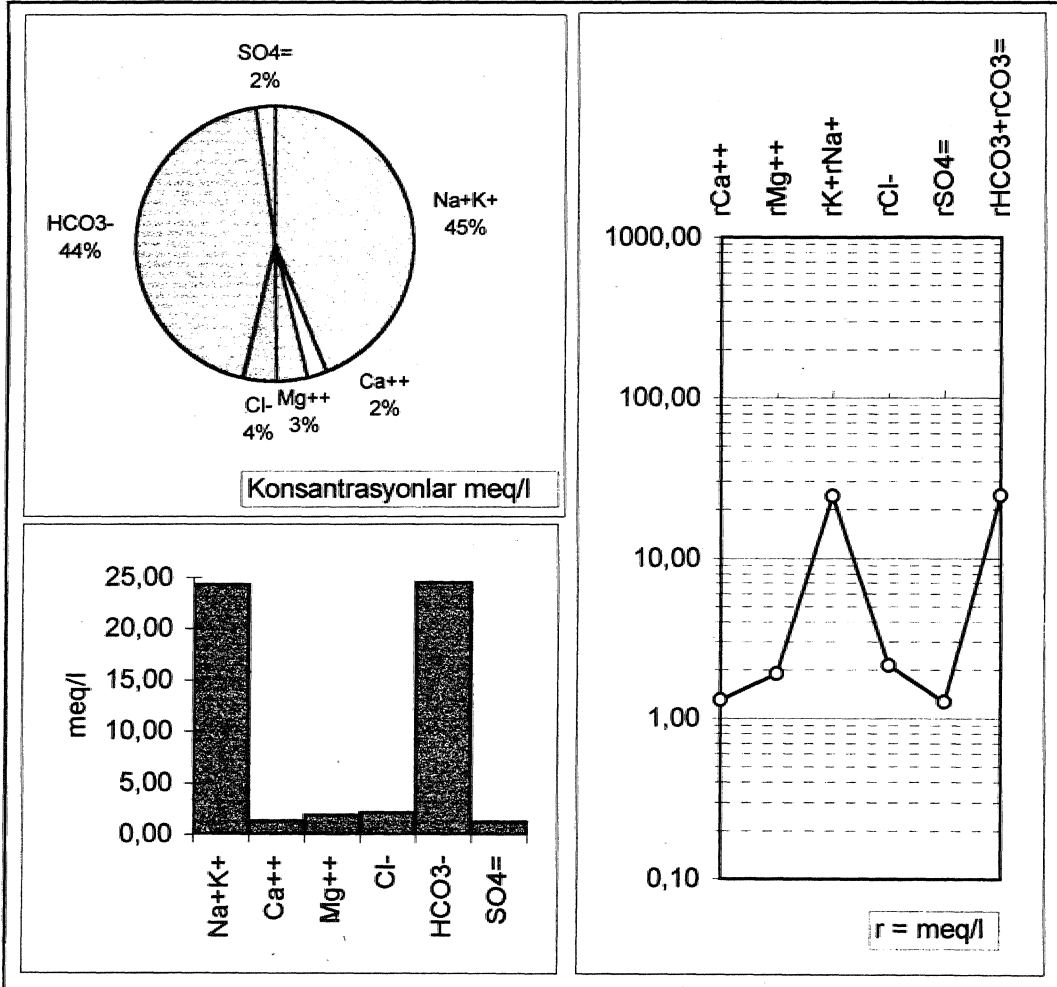
(aH₂CO₃)/Pco2 =Kco₃=10^{n⁴⁶} (Karbondioksit için)

Pozitif doyma indeksleri çökeltici,, negatif doyma, indeksleri ise çözüdürücü özelliğe karşılık gelir. Suların, kaynarken. köpUnne katsayısı (Fo) = 6.2 r Na*+ 78 r K⁺ (r=meq/l) bağıntısıyla bulunur. Fo < 60 ise kaynarken köpürmeyen su, 60<Fo<2ÖÖ ise kaynarken köpüren su ve F>200 ise kaynarken çok köpüren, su özelliğini yansıtır., Suların kimyasal analizlerinde yapılabilecek hatalar anyon katyon dengesinden e=XKasyon-£Anyon / E iyon x. 100 (meq/l) bağıntısıyla hesaplanabilir. Hata yüzdesinin genellikle %5'den düşük olması istenir., Sulama amaçlı sodyum tahlikesi SAR = Na/KCa⁺+Mg^{**})¹] bağıntısıyla bulunur., Suların sertliği Toplam Fransız, Sertliği, olarak tammlanmış olup, pratik olarak 5x(rCa⁺⁺+rMg⁺⁺) bağıntısıyla (re=meq/l) bulunabilir. Levha 1 ve 2 ayrıntılarıyla incelenecek olursa yöredeki sıcak ve mineralli suların doğada az bulunabilen yumuşak ve ileri derecede sodyum ve bikarbonat zenginleşmesi gösteren sular olduğu soğuk suların ise bir çok yerde görülebilen, katyonların hiçbirini, birbirini, geçmeyen bikarbonatlı ve sülfath sular olduğu anlaşılabilir..

İyon değişimi

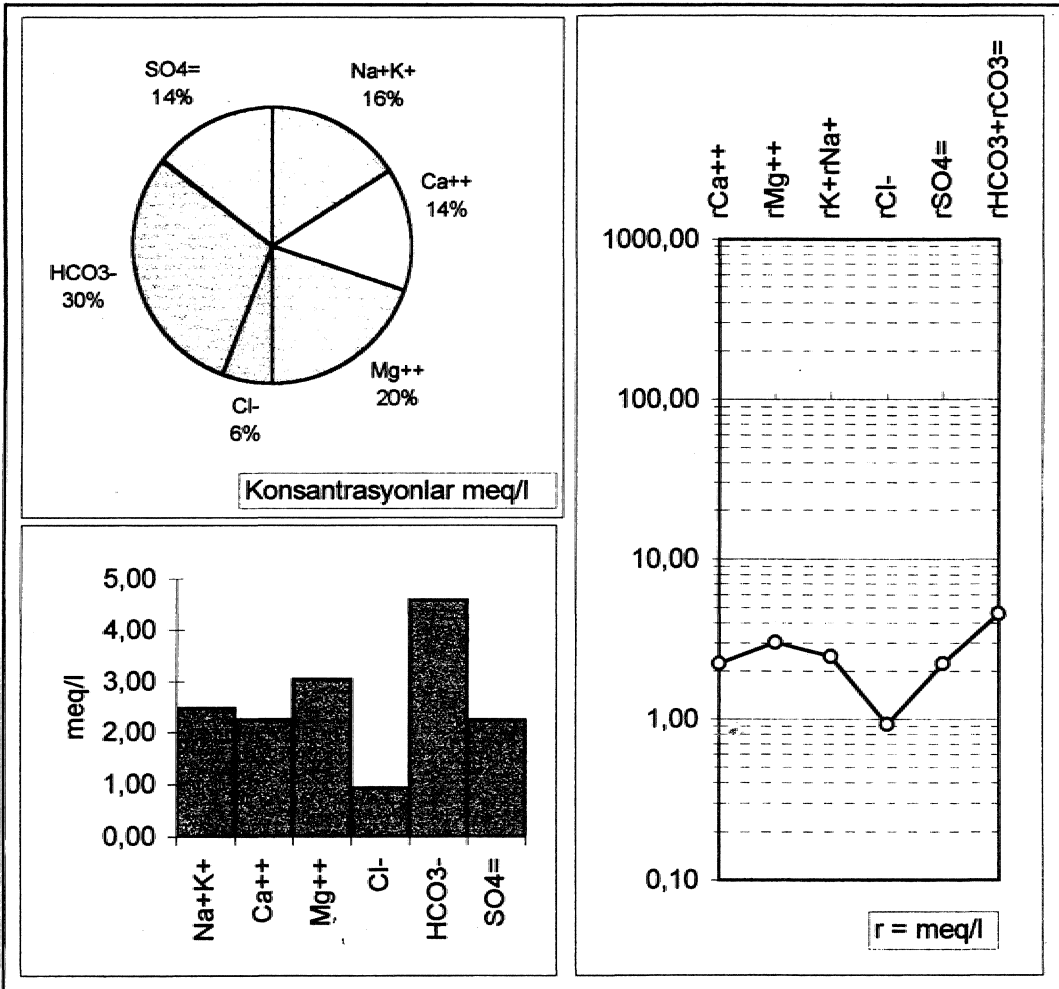
inceleme, alanındaki sıcak ve- mineralli sularda çözünmüş halde bulunan, iyonlardan sodyumun artışı, tersine- kalsiyumun (ve/veya magnezyumun) azalışı iyon değişimi ile açıklanabilir. Yumuşak su elde edilmesinde önemli bir rol oynayan Ca ve Na katyonları arasındaki, deış tokuş kavramı yeni değildir., Daha önce- bir çok akifer sistemi için belirtilmiştir {Foster, 1950; Krothe .and Paozek, 1979; Thors-

Örnek Adı : Turgutlu Sıcak ve Mineralli Suları					Laboratuvar no =			HST	
Örnekleme Tarihi : Yıllık Ortalama (1992)					Sıcaklık(°C) (max) =			78	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	C (mol/l)	CZ2	.5CZ2	F	AC	
Na+	529	23,01	83,65	0,02301	0,02301	0,0115	0,85	0,0195	
K+	51	1,31	4,75	0,00131	0,00131	0,0007	0,85	0,0011	
Ca++	26	1,30	4,72	0,00065	0,00259	0,0013	0,51	0,0003	
Mg++	23	1,89	6,88	0,00095	0,00378	0,0019	0,51	0,0005	
Cl-	76	2,14	7,67	0,00214	0,00214	0,0011	0,85	0,0018	
HCO3-	1496	24,52	87,78	0,02452	0,02452	0,0123	0,85	0,0208	
SO4=	61	1,27	4,55	0,00064	0,00254	0,0013	0,51	0,0003	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				27,507	PH (-log H)			=	6,76
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				27,938	EC (µmho/cm)			=	2195
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				55,444	Si (mg / l)			=	31,00
İyonlaşma Gücü				0,030	B+++ (mg / l)			=	9,50
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				18,223	Sertlik (Fr)			=	15,94
rCl / (rSO4+rHCO3) Oranı				0,083	rCa/rMg Oranı			=	0,69
Sic (Kalsit Doyma İndeksi)				-0,29929	Sis(Sülfat Doyma İndeksi)=			=	-2,36
Sid(Dolomit Doyma İndeksi)				-0,1174	LogPCO2(CO2) Kısmi Basıncı=			=	-0,58
Fo (Köpürme Katsayısı)				1528,62	%e (Hata Yüzdesi)			=	-0,78



Levha 1. İnceleme alanındaki termal suların hidrojeokimyasal özellikleri

Örnek Adı : Turgutlu Soğuk Su Ortalamaları					Laboratuvar no =			CST	
Örnekleme Tarihi : Yıllık Ortalama (1992)					Sıcaklık(°C) =			18	
İYON	mg/l	meq/l	% meq/l	C (mol/l)	CZ2	.5CZ2	F	AC	
Na+	54	2,35	30,25	0,00235	0,00235	0,0012	0,89	0,0021	
K+	5	0,13	1,65	0,00013	0,00013	0,0001	0,89	0,0001	
Ca++	45	2,25	28,92	0,00112	0,00449	0,0022	0,64	0,0007	
Mg++	37	3,04	39,18	0,00152	0,00609	0,0030	0,64	0,0010	
Cl-	33	0,93	11,97	0,00093	0,00093	0,0005	0,89	0,0008	
HCO ₃ -	280	4,59	59,07	0,00459	0,00459	0,0023	0,89	0,0041	
SO ₄ =	108	2,25	28,96	0,00113	0,00450	0,0023	0,64	0,0007	
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				7,765	PH (-log H)			=	7,41
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				7,770	EC (µmho/cm)			=	810
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				15,536	Si (mg / l)			=	11,00
İyonlaşma Gücü				0,012	B+++ (mg / l)			=	0,80
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				1,444	Sertlik (Fr)			=	26,44
rCl / (rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				0,136	rCa/rMg Oranı			=	0,74
Sic (Kalsit Doyma İndeksi)				-0,01933	Sis(Sülfat Doyma İndeksi)=			=	-1,68
Sid(Dolomit Doyma İndeksi)				0,1466	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı=-			=	-1,94
Fo (Köpürme Katsayısı)				155,629	%e (Hata Yüzdesi)			=	-0,03



Levha 2. İnceleme alanındaki soğuk su ortamlarının hidrojeokimyasal özellikleri.

tenson ve dig.; Chapelle ve Knobel, 1983).

$CO_2 + CaCO_3 + H_2O = Ca^{**} + 2 HCO_3^-$ çözünürlük tepkimesi, ile doğal yumuşatma tepkimesi olarak. $Ca^{**} + 2 Na_{(ex)} = Ca_{(ex)} + 2 Na^+$ kation değişim tepkimesi birleştirilecek olursa,,

$CaCO_3 + e_2CO_3 + 2 Na_{(ex)} = Ca_{(ex)} + 2 Ma^* + 2 HCO_3^-$ tepkimesi, ya da,

$Ca^{**} + 2 (HCO_3^-) + katı-2 Na^+ = 2 Na^* + 2(eCO_3^-) + katı-Ca^{**}$ tepkimesi elde edilebilir. Tepkimelerde kalsiyumun, katı faza geçerek azalışı, tersine sodyumun sıvı faza geçerek artışı ve dolayısıyla, bikarbonat zenginleşmesi, açıkça, gerilmektedir. En yaygın, doğal iyon değiştiriciler zeolitler ve killerdir. En yaygın kil. mineralleri 5 grup altında toplanabilir. 1) Kaolinit grubu, 2) Montmorillonit (Simektit grubu), 3) Illit grata,, 4) Klorit grabe, 5) VenmknHt grubu. Her gmp bileşimsel ve yapısal olarak» az ya da çok» pekçok farklı mineral türü içerebilir. Bununla birlikte bu beş grup da tabakalı, alüminyum silikat, mineralidir.

Jeolojik maddelerin kation değişim kapasitesi (KDK) 100 gramik bir kura örnekte yer değiştirebilen kationların milli ekivalan miktarı olarak tanımlanır. Yani birimi meq/100 g dır, Hofmann ve diğ., 1956 verilerine göre baz. kil gruplarının kation, değişim kapasiteleri., Kaolinit için 3-15,, Montmorillonit için 80-150,, Illit ve Klorit için 10-40, Sepiolit için 20-30, Halloysit için 5-50, Vermikulit için ise 100-150 meq/100 g olarak belirlenmiştir. Bu deneysel verilerden görülebileceği gibi montmorillonit tipi killerin kation değişim kapasitesi çok yüksek olup, iyon değişiminde özel. bir öneme sahiptir. Ayrıca gül (1989) toprak örnekleri üzerine yapmış olduğu, deneysel, çalışmalarda, ağırlıklı olarak monmorillonit bulunan toprakların (64.78 meq/100 g değeri ile) en. yüksek KDK. değerine sahip olduğunu, montmorillonitin 'hiç saptanamadığı toprakların ise (5.71 meq/100 g değeri, ile) en düşük KDK değerine sahip olduğunu göstermiştir.

Gevrek, ve diğ. (1989) Menderes. Masifi kayalarında, ve Neojen karasal tortullarında montmorillonitin çok. yaygın olduğuna değinirler. Benzer şekilde Kon ve. Baykal (1993) yaptıkları X ışını difraktometre ve kimyasal analiz çalışmaları ile Turgutlu killerde (inceleme alanındaki sıcak suların örtü kayasını oluşturan Neojen yaşlı karasal tortulların killerde) mantmorülönit tipi. killerin baskın olduğunu belirtirler, Çolak (1995) de Turgutlu killeri üzerine yapmış olduğu yan kantitaüf analiz sonucu %51 simektit (montmorillonit)., %35 illit, %14 kaolinit saptanmıştır., Ayrıca, killerin toplam kayaç min. içeriklerinin başlıca %17-21 kuvars» %7-11 kalsit,, % 12-16 illit-plajiolklas-K feldispat

birlikteliği ve %56-60 arasında değişen simektitlerden oluştuğuna, değinir. Görülebileceği üzere Na ve. Ca arasındaki doğal yumuşatma, tepkimesi, için en uygun Mİ :minerali montmorillonittir. Bu killer de Turgutlu çevresinde oldukça yaygındır. Yeraltısulanndaki yaygın iyonlar .arasında kation değiştirebilme düzeni $Na^+ > K^+ > Mg^{++} > Ca^{++}$ şeklindedir. İki. değerli kationlar daha, sıkı bağlanmış ve tek değerli iyonlarla yer değiştirmeye, eğilimlidirler. Bununla birlikte kation değişim tepkimesi geri. dönüşümlüdür ve. yüksek iyon etkiniMerin.de tek değerli iyonlar iki değerli iyonların yerini alabilir.

İnceleme alanındaki jeotermal sistemde (sıcak ve mineral su akiferinde) kireçli maddelerin çözünmesi ile sular da kalsiyum miktarı artar ve daha sonra da bu kalsiyum iyon değişim yerindeki Mİ. minerallerinden sodyum, ile yer değiştirir, bu. oluşum süreci sıcak ve mineral su özelliğindeki yumuşak ve sodyum, bikarbonat su tipini yansıtan bir yeraltısuyunun ortaya çıkmasını sağlar. İyon değişimi nedeniyle sudaki kalsiyum derişiminin azalmasıyla, sodyum derişim artar. Ma iyonundan daha kolay soğrulabilme yeteneğinde olan Ca. iyonu katı maddede (yani. killerde) soğralur ve killerdeki. Na iyonu da çözeltiliye (sıcak ve mineral sulara) geçer. İnceleme alanındaki, kation değişiminin, kanıtları aşağıda özetlenmiştir.

1- Su 'kimyası verileri: Sodyum ve bikarbonat iyonunun bolluğu, ve kalsiyum, ve- bikarbonatın azlığı.,

2- Kayaç kimyası, verileri; Sıcak su kaynaklarının yakınından alınan ayrılmış jeolojik maddelerde kalsiyum oksit 'yüzdelerinin, yüksekliği (%45-5G),, sodyum oksitlerin düşüklüğü (%Ö.5-Ö,7), sUiyum oksitlerinin düşüklüğü (%X.7-939)..

3- Jeolojik veriler: Sahadaki akifer sisteminde halit (NaCl) gibi suda çok çözünebilen sodyum mineralleri bulunmaktadır. Hazne kaya litolojileri mermer ve şisttir. Ayrıca alandaki tüm jeolojik birimlerden alınan, örneklerin kimya analizi de düşük sodyum oksit yüzdeleri göstermektedir. İnceleme alanındaki suya sodyum verebilecek tek mineral olan sodyum plajiolklaslar da aşağıda belirtileceği gibi. silikatların ayrışma tepkimelerinin sahada baskın olmaması nedeniyle suya. bu denli sodyum kazandırmış olamaz.

4- Mineralojik ve jeokimyasal veriler: Menderes Masifi ve Neojen yaşlı karasal tortullarda yapılan kil analizlerinde yüksek KDK değerine sahip montmorillonit (simektit) tipi killerin yaygın olarak bulunması.

5- Kayaç kimyası ve jeolojik verilerde belirtildiği gibi alandaki suların jeokimyasal oluşum sürecinde baskın tepkime iyon değişimi yerine silikatların ayrışması olsaydı, sıcak suların bulunduğu alanda silisli maddelerin çökme-

si, çatlakların SiO₂ dolgulu olması, seda ve ayrışmış çevre kayaç kimyasında da çok yüksek silisyum derişinden, beklenirdi. Sahada bütün bu beklentilerin olmayışı baskın tepkimenin doğal yumuşatma tepkimeleri olduğunu göstermektedir.

Sonuçlar

inceleme alanında 50-100 l/s toplam debiye sahip ve sıcaklıkları 20-80°C arasında değişen, çok sayıda gözeden çıkan ve bu çalışmada toplam 18 kaynak grubu altında toplanılan sıcak ve mineralli suların hazne kaya litolojileri şistler ve mermerler,, örtü kayaları ise killi düzeyler içeren Neojen yaşlı karasal, tortullardır¹. Bu sıcak ve mineralli sular iyon. değişim, tepkimeleri ile killerde bulunan sodyum iyonu ile sularda bulunan kalsiyum (ve/veya magnezyum) iyonunun yer¹ değiştirmesi sonucu oluşan, yumuşak ve yüksek oranda sodyum-bikarbonat içeren sulardır.

Değınilen Belgeler

- APHA-AWNA-WPCF, 1975 Standart, methods for examination of water and waste water., Forteenth edition., copyright by American. Public- Health Association., Washington D.C., 1193 p.
- Chapelle, F. H., Knobel, L. L., 1983., Aqueous- geochemistry and exchangeable cation composi... of glauconite in the Aquia aquifer., Maryland., Groundwater, v. 21., no. 3» 343-352.
- Çolak., M» 1995, The Emet, and Kırka borate mines (Turkey) 1- Mineralogy and chemistry of the clays 2-Ceramic applica-

tions of their tailing products. Ph., D. thesis., Fribourg University, Switzheland.

- Erdoğan, B., Güngör., T.,, 1992» Menderes Masifi 'nia kuzey kanadının, stratigrafisi ve tektonik evrimi. TPJD Bült 4/1, 9-34.
- Foster, M. D., 1950» The origin of high sodium bicarbonate waters in the- Atlantic and, Gulf Coastal Plains. Geochimica et Cosmochimica Acta. v. 1, 33-48-..
- Gevrek, A. L., Karamandereci, I. H., Aydın» N., 1989, Aydın- Germencik Jeotermal kuyulanna ait örneklerin kil mineralojisi ve hidrotermal alterasyon çalışması, IV. Ulusal Kil Sempozyumu, 20-23 Eylül 1989» Ç.Ü. Sivas Bildirileri, 119-121.
- Gül, R., 1989; Adsorpsiyon olayı ile katyon değiştirme kapasitesi (KDK) arasındaki ilişki. IV.. Ulusal Kil Semp. 20-23 Eylül 1989, Sivas, Bildiriler.
- Hofmann., V., Weis, G., Kock, A., Mehter, V. A., Schol, Z., 1956, Inte-rcrystalline swelling cation exchange and anion exchange of minerals of the montmorillonite group and of kaolinite, Nat., Acad. Sei.. Publ. 456, 273-287.
- Krothe, N. C.,, Parizek, R. R., 1979, An anomalous occurrence of sodium bicarbonate water in a flood, plain in a carbonate terrain.. Groundwater., v. 17, no.6, 595-605.
- Kun, N.,, Baykaı, A., 1993, Turgutlu yöresi killerin teknik özellikleri. Altıncı Ulusal Kil Sempozyumu, 8-11 Eylül 1993, İstanbul, Bildiriler Kitabı., 651-663.
- Tarcan, G., 1995, Hydrogeological study of the Turgutlu Hot -Springs. Dokuz Eylül Üniv. Graduate School of Natural and Applied Sciences., Ph. D. thesis., 214 p.
- Thorstenson, D. K., Fisher., D. W., Croft., M. G., 1979., The geochemistry of the Fox Hills-Basal Hell Creek aquifer in Southwestern North Dakota and, Northwestern South Dakota.. Water Research, v. 15, no. 6, pp. 1479-1498...