

## KARABURUN YARIMADASI'NDAKİ YERALTI SULARIN FİZİKSEL VE İZOTOPIK ÖZELLİKLERİ

Alper BABA  
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir, Türkiye  
alperbaba@iyte.edu.tr

Celalettin ŞİMŞEK  
Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye  
celalettin@deu.edu.tr

Onur SOLAK  
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir, Türkiye

Orhan GÜNDÜZ  
Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye  
orhan.gunduz@deu.edu.tr

Alper ELÇİ  
Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye  
alper.elci@deu.edu.tr

Alim MURATHAN  
DSİ II. Bölge Müdürlüğü, İzmir, Türkiye

Hasan SÖZBİLİR  
Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye  
hasan.sozbilir@deu.edu.tr

(Makalenin geliş tarihi: 05.10.2015, Makalenin kabul tarihi:20.01.2016)

### ÖZ

Türkiye'nin batısında yer alan Karaburun Yarımadası'nın içme suyunun tamamına yakını yeraltı sularından karşılanmaktadır. Özellikle yaz dönemlerinde bölgedeki nüfus artışı ve buna paralel olarak yeraltı suyu kullanımının önemli miktarda artması, kıyı akiferlerinde tuzlanma tehlikesini de beraberinde getirmektedir. Bu durum bölgenin ekonomisini ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğini etkilemektedir. Bu çalışmada, Karaburun Yarımadası'ndaki suların fiziksel ve çevresel izotop içerikleri birlikte değerlendirilerek, bölgedeki akiferlere ilişkin özellikler irdelenmiştir. Bu nedenle inceleme alanında yağışlı ve kurak dönemlerde suların fiziksel ve izotopik özellikleri için 26 noktada su numunesi alınmıştır. Elde edilen verilere göre inceleme alanındaki suların kurak dönemde elektriksel iletkenlik (Eİ) değerlerinin yükseldiği görülmüştür. Bu durum, kurak dönemde bölgedeki geçici nüfus artışı sebebiyle yeraltı suyu tüketiminin artışı ile ilişkilidir. Özellikle kıyı akiferlerinde aşırı su çekilmesi tuzlu su girişiminin artmasına sebep olmuştur. Kurak dönemde bazı kuyulardan alınan su numunelerinin (ILS gibi) trityum ve Eİ değerleri yüksektir.

**Anahtar Kelimeler:** Tuzlu su girişimi, kıyı akiferi, izotop, Karaburun Yarımadası

## PHYSICAL AND ISOTOPIC PROPERTIES OF WATER RESOURCES IN THE KARABURUN PENINSULA

### ABSTRACT

Majority of the drinking water of Karaburun Peninsula, located in western Turkey, is provided from groundwater resources. Especially during summer period, the use of groundwater is increased significantly in parallel to seasonal population growth. Therefore, costal aquifer has been affected by sea-water intrusion in Peninsula. This affects the region's economy and sustainability. In this study,

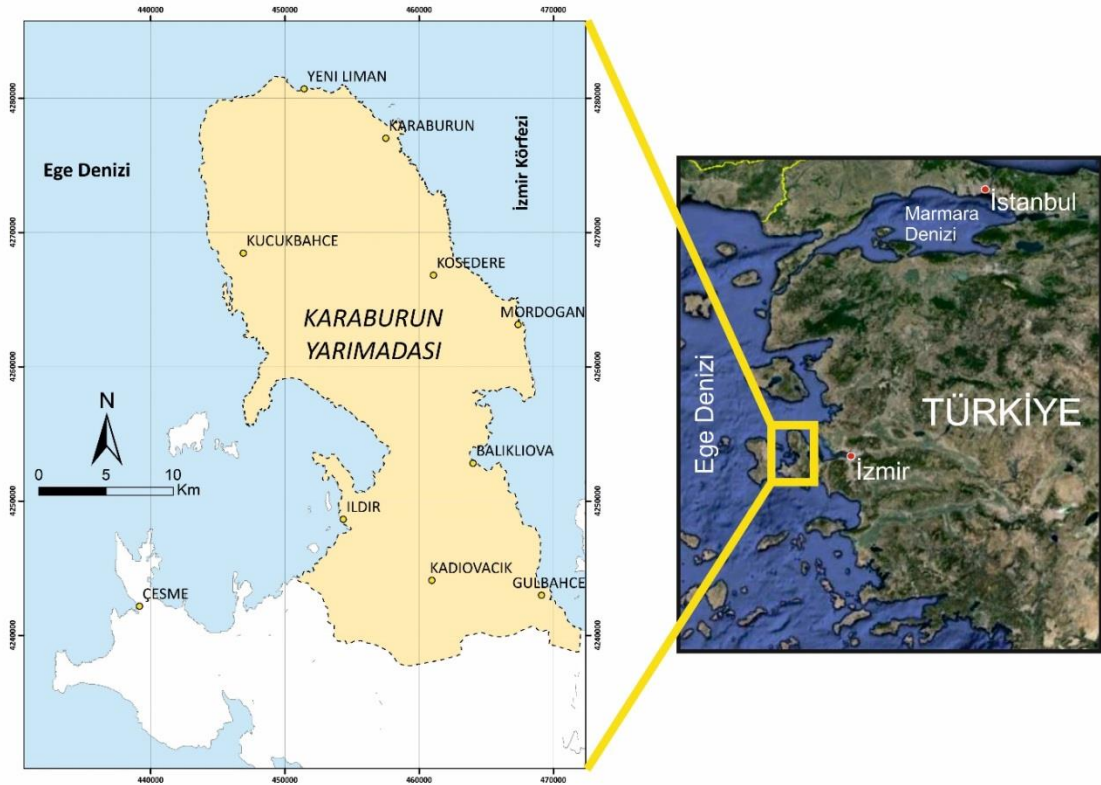
physical and isotopic properties of water resources in Karaburun Peninsula were evaluated and the properties of aquifers were investigated. For this reason, twenty-six water samples were collected in dry and wet seasons. The result show that the electrical conductivity values in water resources increase in dry seasons. This is associated with population growth and increased use of groundwater. In particular, excessive withdrawal of water has led to sea-water intrusion in coastal aquifers. Tritium and EC values are high in some water samples (such as ILS) in the dry season. In this part, aquifers have been affected by seawater.

**Key words:** Sea-water intrusion, coastal aquifer, isotope, Karaburun Peninsula

## 1 GİRİŞ

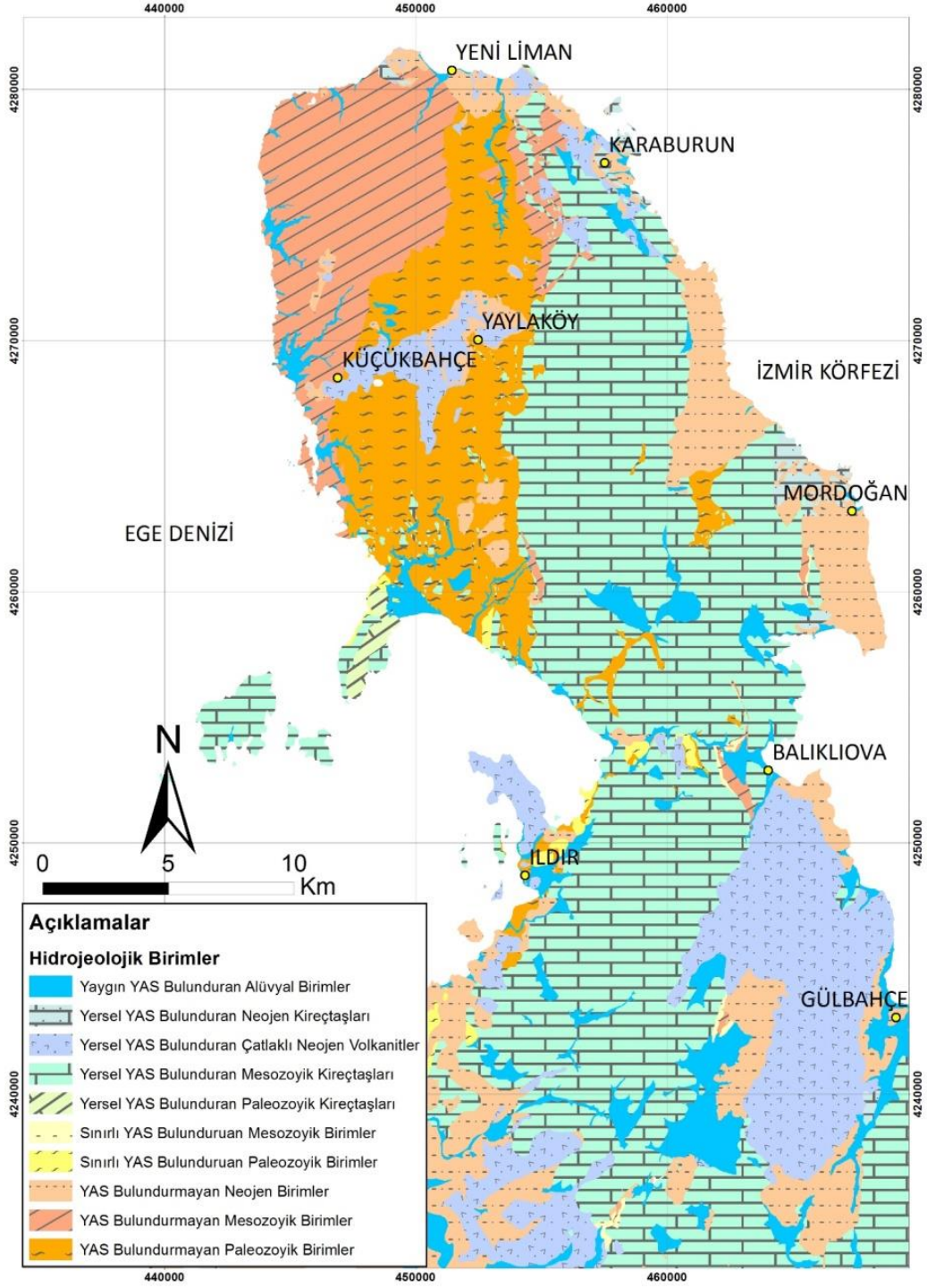
Ülkemizin önemli bir turizm merkezlerinden biri olan İzmir ve çevresinde yeraltı su kaynaklarının önemi gittikçe artmaktadır. Bu ihtiyaç özellikle, Türkiye'nin batı ucunda, Ege Denizi kıyılarında yeralan Karaburun Yarımadası'nda (Şekil 1) daha da yüksek olup, son yıllarda yarımada genelinde artan turizm faaliyetleri nedeniyle su kaynakları ile ilgili sıkıntılar ortaya çıkmaktadır. Bu noktada yarımadadaki mevsimsel değişen içme ve kullanma suyu talebi önemli bir kriterdir. Kış aylarında yarımadanın nüfusu yaklaşık olarak 10.000 iken bu nüfus yazın 20 kata kadar artmaktadır. Yaklaşık 550 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip olan Karaburun Yarımadası oldukça engebeli bir yapıya sahiptir. Ortalama sıcaklığın 17 – 19 °C olduğu yarımadanın ortalama yağış değerleri 600 – 800 mm/yıl

aralığında değişmektedir. Ancak, son yıllarda hem iklim değişiminin etkisi hem de nüfus artışının bir sonucu olarak alandaki kıyı akiferlerinde tuzlanma problemleri artmıştır. Bu çalışma kapsamında yarımadadaki kayaların hidrojeolojik özellikleri ve bu alandaki suların fiziksel ve izotopik özellikleri irdelenmiştir. granodiyorit karakterli volkanik aktivite görülür (Türkecan ve diğ. 1998; Ercan ve diğ. 2000). Temel kaya birimlerinin üst seviyeleri ise Orta Triyas-Geç Kretase yaşlı bir karbonatlı-sedimanter istif ile devam eder (Erdoğan ve diğ. 1990; Çakmakoğlu ve Bilgin 2006). Karaburun Yarımadası'nda Neojende temel birimleri örten volkano-sedimanter bir seri görülür (Çakmakoğlu ve Bilgin 2006; Helvacı ve diğ. 2009). Bu birimleri ise Kuvaterner yaşlı alüvyon kırıntılı birimi yarımadanın çeşitli yerlerinde örter (Şekil 2).



Şekil 1 - Çalışma alanının yer bulduru haritası



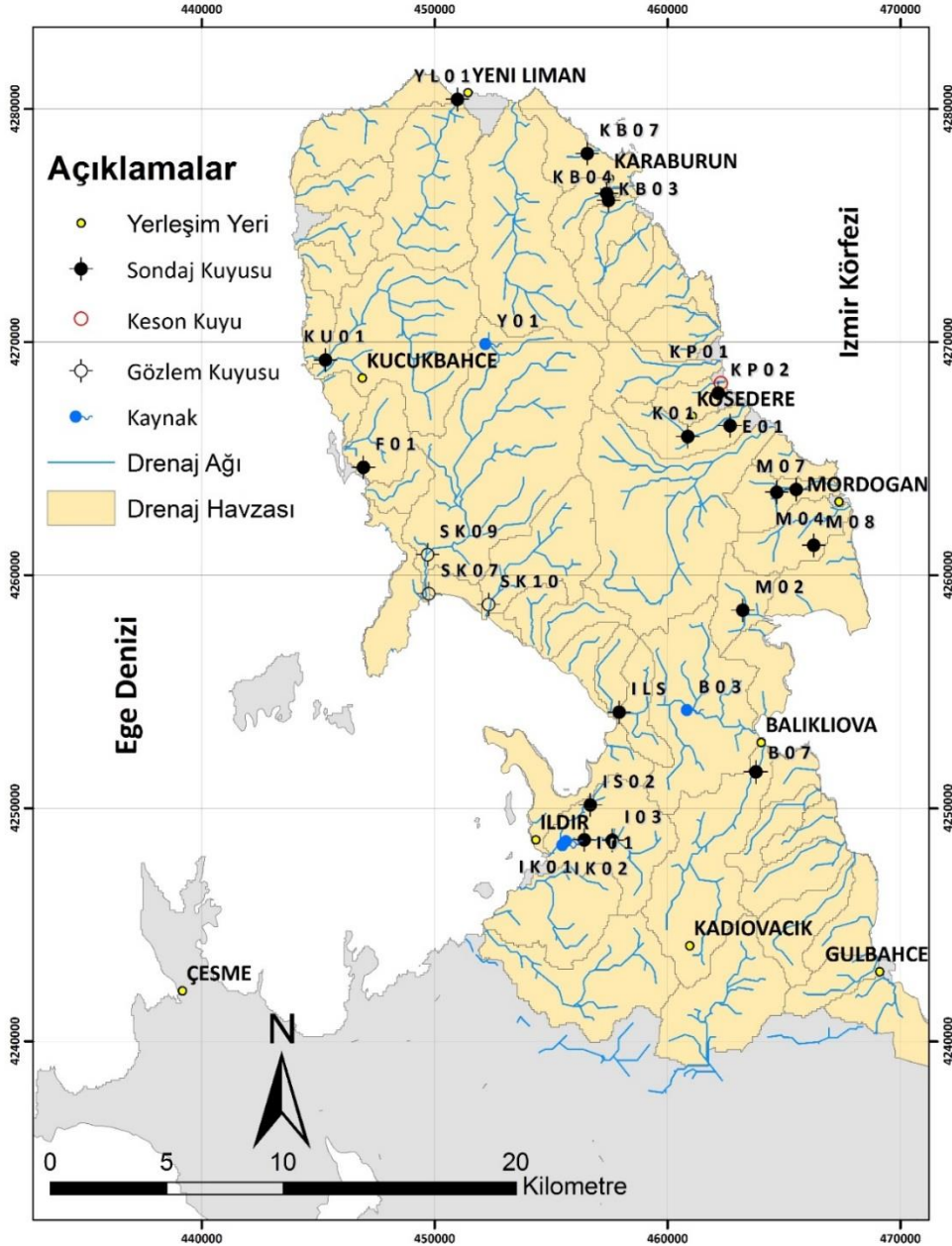


Şekil 3 - İnceleme alanına ait hidrojeoloji haritası

## 2 VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Karaburun Yarımadasının yeraltı sularının kimyasal ve izotopik özelliklerini belirlemek amacıyla, yağışlı ve kurak sezonları temsil etmek üzere iki dönem (Eylül 2014 ve Nisan 2015) boyunca arazide 26 noktadan (Şekil 4) yerinde fiziko-kimyasal parametre ölçümleri

yapılmış ve bu noktalardan su numuneleri alınmıştır. Numunelerin oksijen-18 ( $\delta^{18}\text{O}$ ), döteryum ( $\delta^2\text{H}$ ) ve trityum ( $\delta^3\text{H}$ ) analizleri Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su Kimyası ve Çevresel Trityum Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4 - Yeraltı suyu örnekleme noktaları

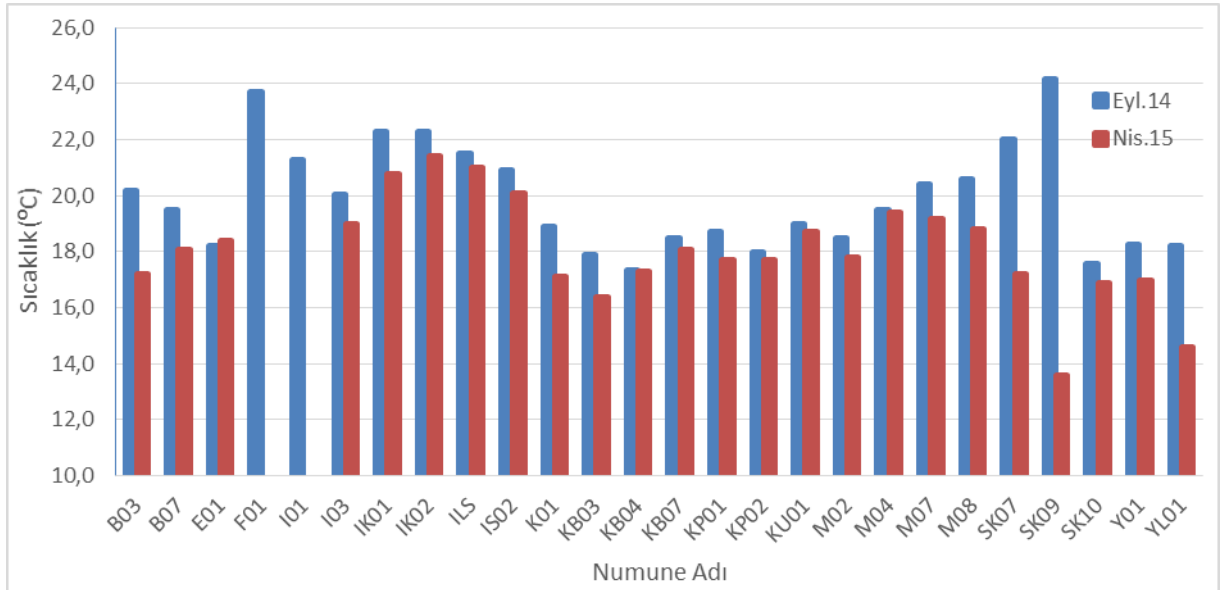
## 2.1 Fiziko-Kimyasal Kalite Parametrelerin Değerlendirilmesi

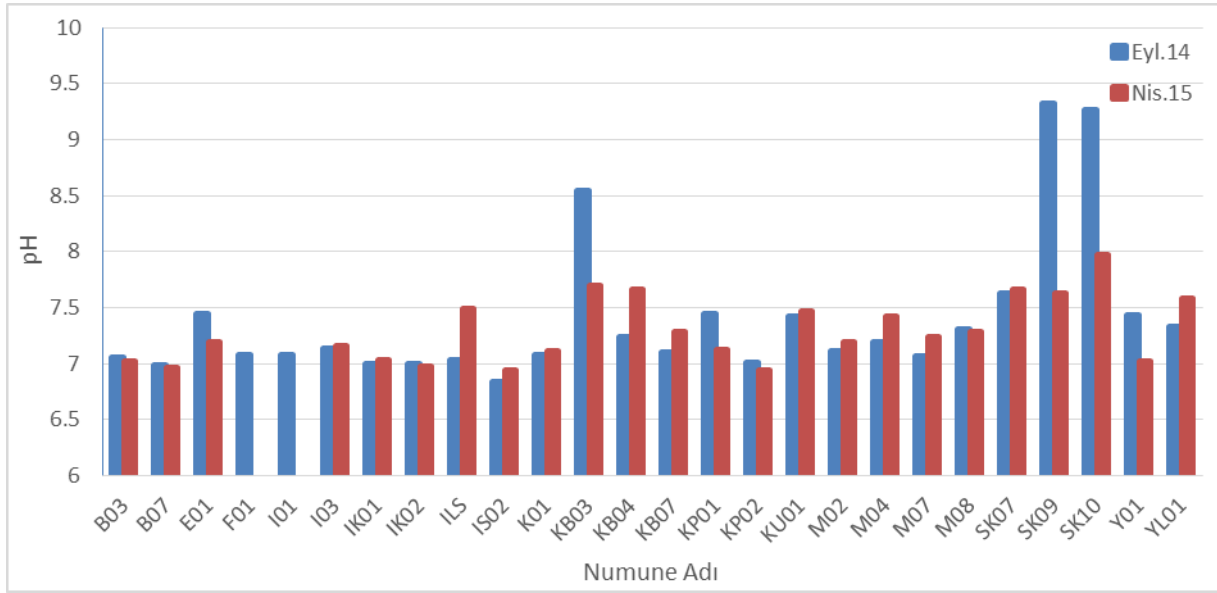
İnceleme alanından su noktalarında kurak ve yağışlı dönemlerde alınan 26 numuneye ait fiziko-kimyasal kalite parametre ölçüm sonuçları Çizelge 1'de sunulmuştur. Suların ortalama sıcaklık değerleri 2014 yılı Eylül döneminde 19,9 °C, 2015 yılı Nisan döneminde ise 18,1 °C'dir. Eylül döneminde suların sıcaklık değerleri 17,3 ile 24,2 °C

arasında, Nisan döneminde ise 13,6 – 21,4 °C arasında değişim göstermiştir. Sıcaklık değerlerindeki bu değişim mevsimsel farklılıklardan kaynaklanmaktadır. İki dönem arasında görülen en yüksek sıcaklık farkı SK09 kuyusunda görülmüştür (Şekil 5). Ayrıca örneklenen yeraltı sularında herhangi bir jeotermal kaynaklı sıcak su girişiminin olmadığı bilinmektedir.

**Çizelge 1 - Su örneklerinin fiziksel parametre değerleri**

Numune Kodu	Tipi	T (°C)		pH		Eİ (µS/cm)	
		Eyl.14	Nis.15	Eyl.14	Nis.15	Eyl.14	Nis.15
B03	Kaynak	20.2	17.2	7.06	7.02	707	758
B07	İçme Suyu Kuyusu	19.5	18.1	6.99	6.96	563	611
E01	İçme Suyu Kuyusu	18.2	18.4	7.45	7.19	753	841
F01	İçme Suyu Kuyusu	23.7		7.08		3764	
I01	İçme Suyu Kuyusu	21.3		7.08		2820	
I03	İçme Suyu Kuyusu	20.1	19.0	7.14	7.16	2710	694
IK01	Kaynak	22.3	20.8	7.00	7.04	2910	5050
IK02	Kaynak	22.3	21.4	7.00	6.98	1465	4220
ILS	İçme Suyu Kuyusu	21.5	21.0	7.04	7.49	4380	7910
IS02	Sulama Suyu Kuyusu	20.9	20.1	6.84	6.94	2330	1940
K01	İçme Suyu Kuyusu	18.9	17.1	7.08	7.11	592	630
KB03	İçme Suyu Kuyusu	17.9	16.4	8.55	7.7	304	456
KB04	İçme Suyu Kuyusu	17.3	17.3	7.24	7.66	1966	566
KB07	İçme Suyu Kuyusu	18.5	18.1	7.10	7.29	665	801
KP01	Keson Kuyu	18.7	17.7	7.45	7.13	726	780
KP02	İçme Suyu Kuyusu	18.0	17.7	7.01	6.94	781	764
KU01	İçme Suyu Kuyusu	19.0	18.7	7.42	7.47	518	434
M02	İçme Suyu Kuyusu	18.5	17.8	7.12	7.19	621	665
M04	İçme Suyu Kuyusu	19.5	19.4	7.19	7.42	724	766
M07	İçme Suyu Kuyusu	20.4	19.2	7.07	7.24	3120	1251
M08	İçme Suyu Kuyusu	20.6	18.8	7.31	7.29	719	1253
SK07	Gözlem Kuyusu	22.0	17.2	7.63	7.67	1315	626
SK09	Gözlem Kuyusu	24.2	13.6	9.33	7.63	2408	453
SK10	Gözlem Kuyusu	17.6	16.9	9.27	7.97	613	750
Y01	Kaynak	18.3	17.0	7.44	7.02	288	358
YL01	İçme Suyu Kuyusu	18.2	14.6	7.33	7.58	517	444
Ortalama		19.9	18.1	7.39	7.29	1472	1376

**Şekil 5 - Örnekleme dönemlerindeki sıcaklık değerleri**



Şekil 6 - Örnekleme dönemlerine ait pH değerleri

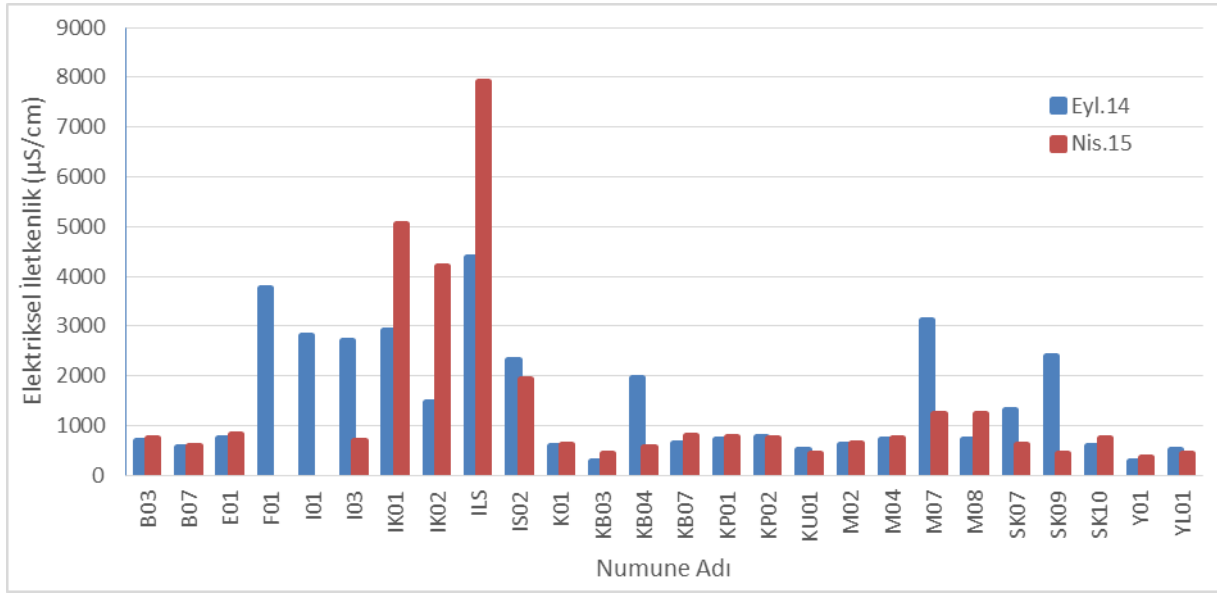
Suların ortanca pH değerleri 2014 yılı Eylül döneminde 7,39, 2015 yılı Nisan döneminde ise 7,30 olarak ölçülmüş ve iki dönem arasında ortalama değerlerde önemli bir farklılık gözlenmemiştir (Şekil 6). KB03, SK09 ve SK10 noktalarında Eylül döneminden Nisan dönemine pH değerlerinde önemli farklılıklar görülmüştür. Bu üç noktada da pH değerlerinin Eylül ayında daha yüksek olduğu gözlenmiştir ve bu fark kurak dönemde görülen yüksek buharlaşma ile ilişkili olarak yorumlanmıştır. En ciddi değişim sıcaklık değerlerinde olduğu gibi SK09 kuyusunda gerçekleşmiştir. SK-9 gözlem kuyusu Karareis sınırları içerisinde denizden en uzak gözlem kuyusu olup, tektonik zon içerisinde yer almaktadır ve daha derin beslenmelidir.

Eylül 2014 ve Nisan 2015 dönemine ait ortalama elektriksel iletkenlik (Eİ) değerleri sırasıyla 1472  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ve 1376  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak ölçülmüştür. I03, IK01, IK02, ILS, KB04, M07 ve SK09 dışındaki noktalarda iki dönem boyunca alınan su numunelerinde Eİ değerleri arasında önemli bir değişiklik gözlenmemiştir (Şekil 7). I03, IK01, IK02, ILS, KB04, M07 ve SK09 su noktalarında ise iki dönem arasında en önemli farklılık ILS kuyusunda görülmüştür. I03, KB04, M07 ve SK09 noktalarında Eİ değerinin kurak dönem numunelerinde daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum mevsimsel olarak yağışın ve beslenme azalması ve yaz döneminde bölgedeki nüfus artışı sebebiyle yeraltısuyu kullanımının artışı

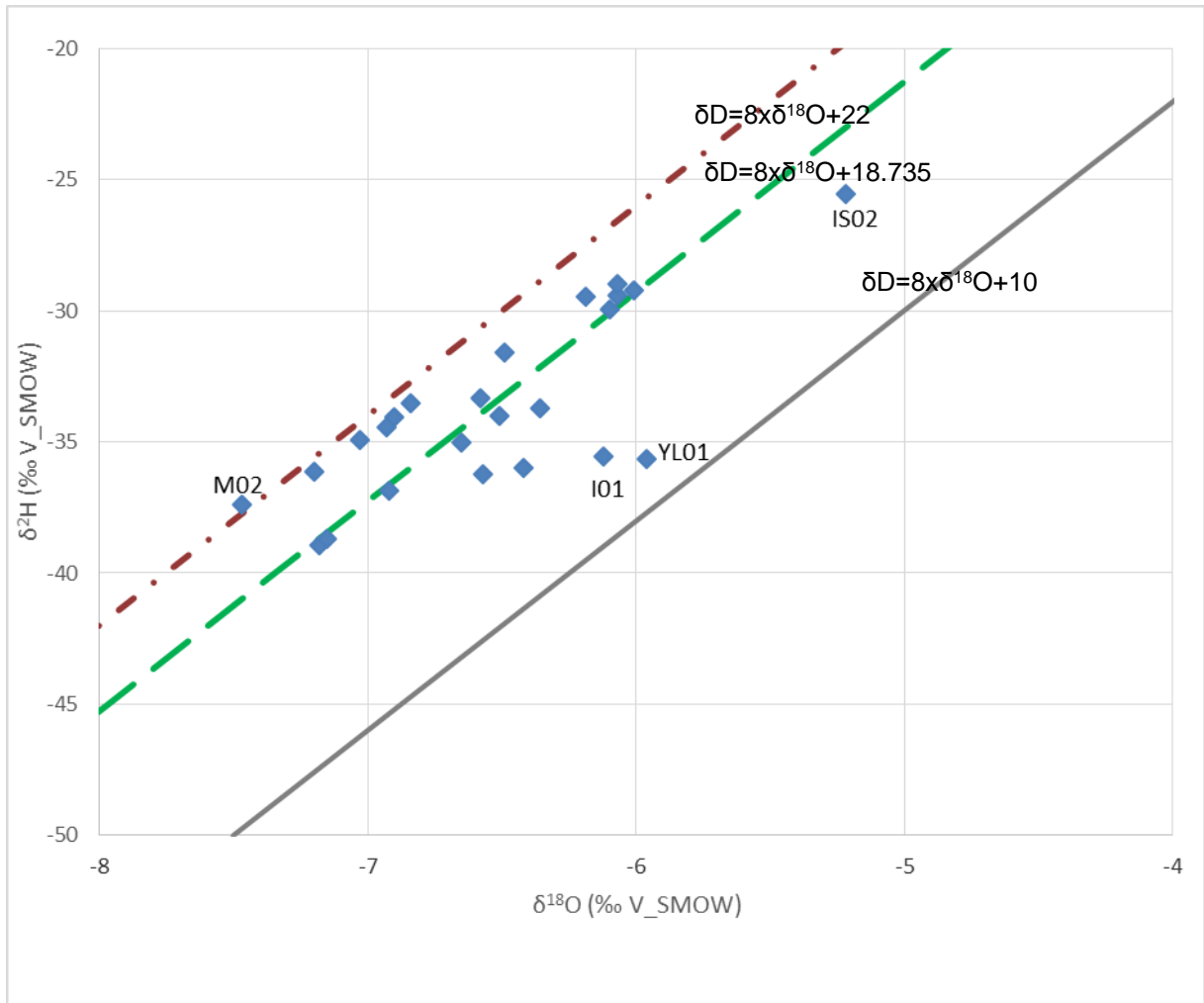
ile ilişkilidir. Kıyı akiferlerinde aşırı su çekilmesi tuzlu su girişimine neden olmuştur.

## 2.2 İzotop Verilerinin Değerlendirilmesi

Çalışma alanında 26 farklı noktadan (bkz. Şekil 4) alınan yeraltı suyu numunelerine ait izotop sonuçları Çizelge 2'de sunulmuştur. İzotopik veriler ile yeraltı sularının kökeni, beslenme kaynakları ve su-kayaç etkileşim sürelerine ilişkin değerlendirmeler yapılabilmektedir. Oksijen-18 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) ve döteryum ( $\delta^2\text{H}$ ), oksijen ve hidrojen elementlerinin duraylı izotoplarıdır ve suların kökensel ilişkileri ve beslenme alanları hakkında bilgi verirler. Beslenme alanları ilişkili akiferlere ait örneklerin oksijen-18 – döteryum grafiği üzerinde birbirlerine yakın konumlarda olmaları beklenir (Ünsal ve diğ. 1996, Değirmenci ve diğ. 2008). Eylül 2014 tarihli numune analiz sonuçlarına göre M02 dışında tüm numunelere ait değerler Dünya Meteorolojik Su Doğrusu (Craig 1961) ile Akdeniz Meteorolojik Su Doğrusu (Gatt ve Carmi, 1970) arasında yer almaktadır (Şekil 8). Bu durum tüm numunelere ait akiferlerin meteorik beslenimli olduğunu ve yağış sularının buharlaşma etkisine girmeden akiferleri beslediğini göstermektedir. Numune analiz sonuçlarına göre çizilen Yerel Meteorik Su Doğrusu ile konumları göz önüne alındığında, I01 ve YL01 numunelerine ait suların göreceli olarak diğer sulara göre yağıştan daha az beslenen bir akiferde bulunduğu veya daha fazla buharlaşmaya maruz kaldığını anlaşılmaktadır.



Şekil 7 - Örnekleme dönemine ait elektriksel iletkenlik değişimleri



Şekil 8 - Eylül 2014 dönemi numune sonuçlarına göre oluşturulan  $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$  grafiği

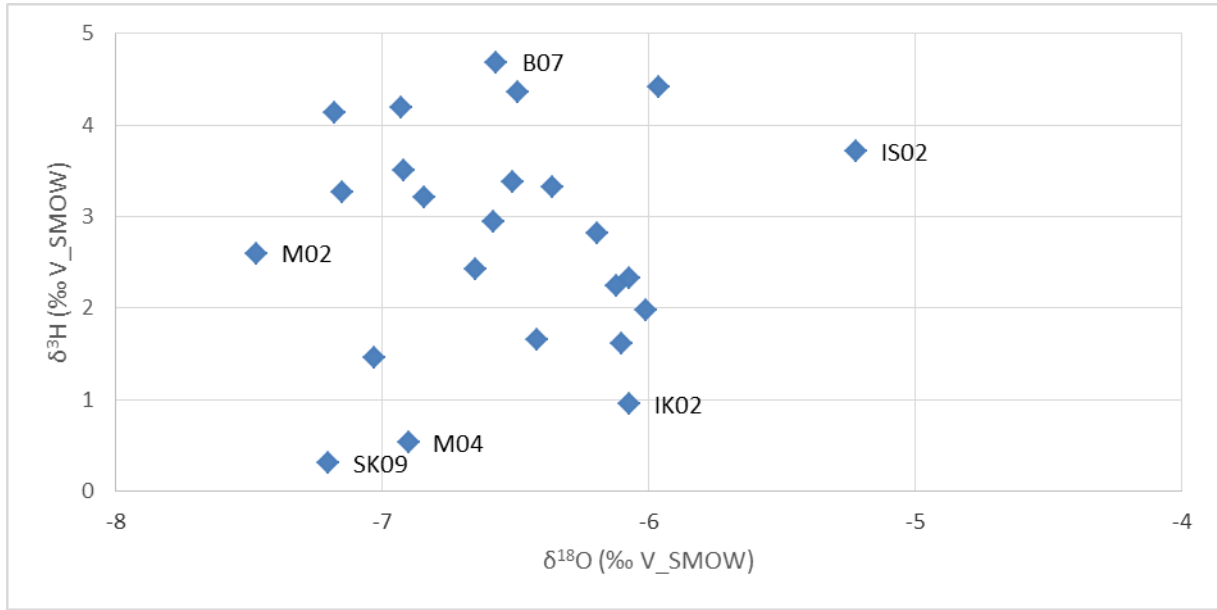


**Çizelge 2 - Eylül 2014 dönemine ait izotop verileri**

Numune Kodu	$\delta^3\text{H}$ (TU)	$\delta^2\text{H}$ (permil) V-SMOW	$\delta^{18}\text{O}$ (permil) V-SMOW
B03	4.69	-36.25	-6.57
B07	1.66	-35.97	-6.42
E01	3.21	-33.5	-6.84
F01	2.88		
I01	2.24	-35.54	-6.12
I03	1.61	-29.95	-6.1
IK01	1.97	-29.21	-6.01
IK02	0.95	-29.42	-6.07
ILS	2.82	-29.44	-6.19
IS02	3.71	-25.52	-5.22
K01	1.45	-34.94	-7.03
KB03	4.14	-38.93	-7.18
KB04	3.27	-38.69	-7.15
KB07	2.43	-35.02	-6.65
KP01	3.38	-34	-6.51
KP02	3.32	-33.73	-6.36
KU01	4.36	-31.6	-6.49
M02	2.6	-37.39	-7.47
M04	0.53	-34.03	-6.9
M07	4.19	-34.44	-6.93
M08	2.94	-33.34	-6.58
SK07	3.85		
SK09	0.31	-36.15	-7.2
SK10	2.33	-28.97	-6.07
Y01	3.5	-36.86	-6.92
YL01	4.42	-35.65	-5.96

Trityum ( $\delta^3\text{H}$ ) hidrojen elementinin kısa (12,32  $\pm$  0,02 yıl) yarılanma ömürlü izotopudur (Clark ve Fritz, 1997). Radyoaktif olan trityum izotopu yeraltı suyunun akiferde kalış süresine bağlı olarak bozunmaya uğrar ve belirli bir bölgede yeraltı suyunu besleyen yağışın trityum içeriğinin bilinmesi durumunda yeraltı suyunun ağırlıklı ortalama yaşının belirlenmesini ve/veya farklı yeraltı sularının karışımına ilişkin öngörülerde bulunulmasını sağlamaktadır. Meteorik kökenli suların yeraltında dolaşım yolu ve süreleri arttıkça trityum izotopunun

bozunmaya uğraması sebebiyle trityum değerleri düşmektedir (Tezcan 1992; Baba 2008; Değirmenci vd. 2008; Göçmez vd. 2008). Eylül 2014 sonuçlarına göre trityum değerleri 0 ile 5 TU arasında görülmektedir (Şekil 9 ve Şekil 10). SK09, M04 ve IK02 no'lu numunelere ait TU değerleri diğer numunelere göre daha düşüktür. Bu sonuç, bu numunelere ait suların diğer sulara göre yeraltında daha derin ve uzun süreli bir dolaşıma sahip olduğunu göstermektedir.



**Şekil 9** - Eylül 2014 dönemi numune sonuçlarına göre oluşturulan  $\delta^3\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$  grafiği

Yeraltı sularında yüksek elektriksel iletkenlik değerleri görülmesi, uzun süreli su-kayaç etkileşimi, kirlenme ve/veya akiferde denizsuyu girişimine işaret etmektedir. Buna göre TU değerinin düşük ve Eİ değerlerinin yüksek olması uzun süreli yeraltı dolaşımına işaret ederken, TU değerlerinin yüksek ve Eİ değerlerinin düşük olması kısa süreli yeraltı dolaşımına işaret eder. Eylül 2014 verilerine göre, trityum ve Eİ değerleri dikkate alındığında B03, KU01, KB03 ve YL01 kısa dolaşım, genç sulardır. SK09 en düşük TU değerli numunedir ve Eİ değeri 2408  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak ölçülmüştür ve diğer sulara göre daha yaşlı ve uzun dolaşımındadır. En yüksek Eİ değeri ILS numunesinde ölçülmüş olmasına rağmen TU değerinin de nispeten yüksek olması bu numuneye ait akiferde deniz suyu girişimine işaret eder.

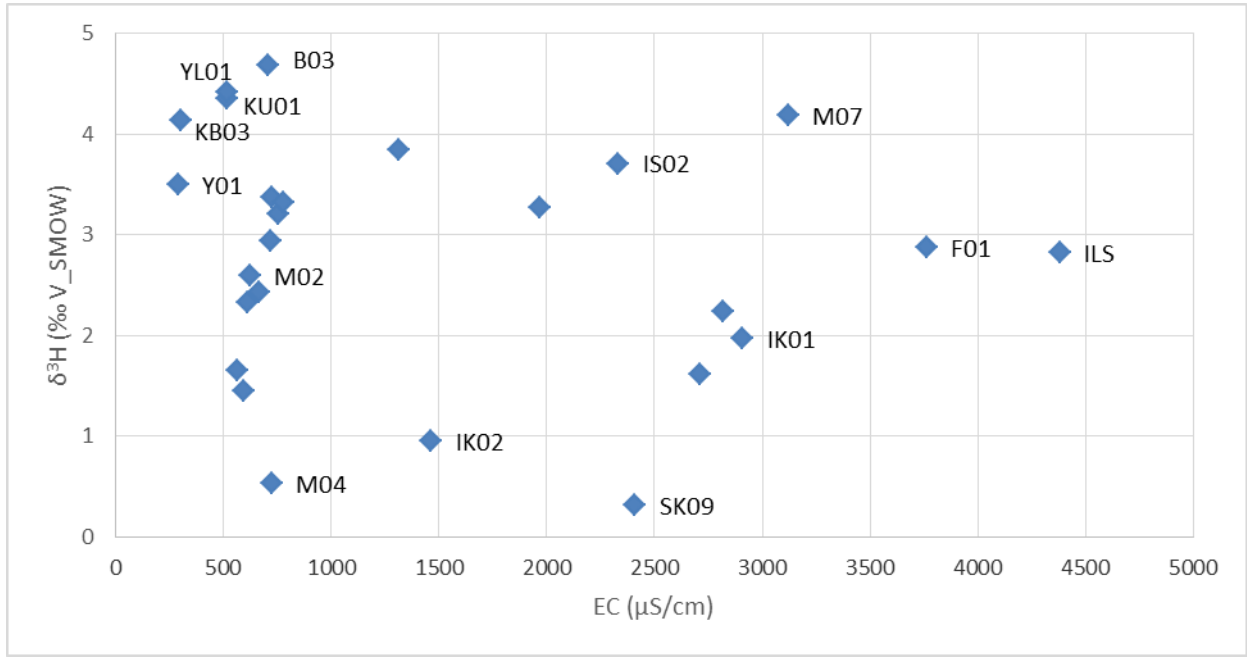
İnceleme alanındaki su kaynaklarında yükseklik ve  $\delta^{18}\text{O}$  ilişkisi de irdelenmiştir (Şekil 11). Elde edilen veriler kot değeri yükseldikçe  $\delta^{18}\text{O}$  değerlerinin azalmasını göstermektedir. Yapılan önceki araştırmalarda da vurgulandığı gibi Oksijen-18 değerleri arasında bir ters orantılı ilişki bulunmaktadır ve her 100 m kot artışına karşılık  $\delta^{18}\text{O}$  içeriğinde ‰ 0,15 ile ‰ Eylül 2014'te alınan  $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$  verilerine göre yarımada'daki tüm akiferler meteorik beslenimlidir.  $\delta^3\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$  verilerine göre, SK09, M04 ve IK02 numunelerine ait sular yarımada'daki diğer su kaynaklarına göre uzun süreli ve derin dolaşıma giren sulardır. SK09 kuyusundan alınan su yüksek Eİ değeri (2408  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ve düşük trityum (0.31 TU) değeri ile diğer su numunelerine göre daha yaşlı ve derin

0,5 arasında azalma görülmektedir (Payne ve Dinçer 1965; Yurtsever ve Gat 1981; Clark ve Fritz 1997).

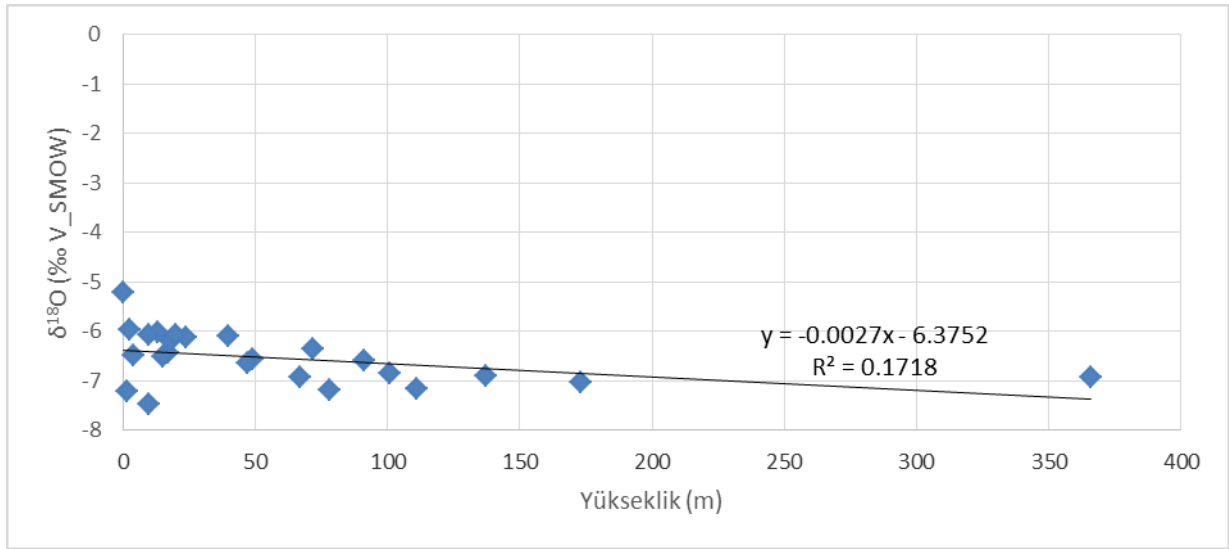
### 3 SONUÇLAR

Karaburun Yarımadası'ndan yağışlı ve kurak dönemleri temsil etmek üzere alınan numunelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında iki dönem arasında suların sıcak değerlerinde farklılıklar görülmüş ve bu farklılıklar mevsimsel olarak yorumlanmıştır. pH değerlerinde büyük farklılıklar gözlenmezken I03, IK01, IK02, ILS, KB04, M07 ve SK09 numunelerine ait elektriksel iletkenlik değerlerinde farklılıklar gözlenmiştir. Eİ değerleri I03, KB04, M07 ve SK09 numunelerinde kurak dönemde daha yüksek iken IK01, IK02 ve ILS numunelerinde yağışlı dönemde daha yüksek olarak görülmüştür. Kurak dönemde Eİ değerlerinin daha yüksek görülmesi bu dönemde nüfus yoğunluğuna bağlı su kullanımının artması, mevsimsel olarak buharlaşmanın artması ve yağışın azalmasına bağlı akifer besleniminin azalması ve buna bağlı olarak deniz suyu girişimi artmasıdır.

dolaşımındadır. ILS numunesine ait Eİ değeri oldukça yüksek (4380  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) olmasına rağmen TU değeri nispeten yüksek (2.82) olması bu kuyuda deniz suyu girişimine işaret etmektedir.  $\delta^{18}\text{O}$  ile yükseklik değerleri ilişkilendirilmiş ve artan yükseklik değerleri ile birlikte  $\delta^{18}\text{O}$  değerlerinin düştüğü görülmüştür.



Şekil 10 - Eylül 2014 dönemi numune sonuçlarına göre oluşturulan δ³H-Eİ grafiği



Şekil 11 - δ¹⁸O değerleri ile yükseklik arasındaki ilişki

#### 4 TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 113Y042 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

## 5 KAYNAKLAR

- Baba, A., Deniz, O. ve Şanlıyüksel, D., 2008. Kazdağları Kuzey Doğusunda Bulunan Soğuk Su Kaynaklarının İzotopik Özellikleri. III. Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, say. 1-12., İstanbul.
- Değirmenci, M., Ekmekçi, M., Atmaca, E. ve Altın, A., 2008. Kayseri Kenti İçme Suyu Havzasındaki Akiferlerin Özelliklerinin İzotop Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi. III. Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, say. 271-284., İstanbul.
- Clark, I.D. and Fritz, P., 1997. Environmental Isotopes in Hydrogeology. Lewis Publishers, New York, 328p.
- Craig, H., 1961. Isotopic variations in meteoric waters. Science 133, 1702-1703.
- Çakmakoğlu, A., Bilgin, R.Z., 2006. Karaburun Yarımadası'nın Neojen Öncesi Stratigrafisi. MTA Dergisi, 132, 33-62.
- Ercan T., Türkecan, A. ve Satır, **M.**, 2000. Karaburun Yarımadası'nın Neojen Volkanizması. Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi Bildiriler Kitabı I; Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayını, Ankara, 1-18.
- Erdoğan, B., Altın, D., Güngör, T., ve Özer, S., 1990. Karaburun Yarımadası'nın stratigrafisi, MTA Dergisi, 111, 1-23.
- Gatt, J.R., and Carmi, I., 1970. Evolution of the isotopic composition of atmospheric waters in the Mediterranean Sea. J. Geophys. Res. 75, 3032-3048.
- Göçmez, G., Kahveci, B. ve Güven, N., 2008. Konya İli Tatlı Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal İncelemesi. III. Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, say.121-132. İstanbul.
- Helvacı C., Ersoy, E.Y., Sözbilir, H., Erkül, F., Sümer, Ö., Uzel, B., 2009. Geochemistry and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology of Miocene volcanic rocks from the Karaburun Peninsula: Implications for amphibole bearing lithospheric mantle source, Western Anatolia. Journal of Volcanology and Geothermal Research 185 (2009) 181–202.
- Kozur, H., 1998. The age of the siliciclastic series ("Karareis formation") of the western Karaburun peninsula, western Turkey, Paleontologica Polonica,58, 172-187.
- Payne, B. and Dinçer, T., 1956. Isotope Survey of Karst Region of Southern Turkey, Proc. Of Sixth Int. Conferance of Radiocarbon and Tritium Dating, IAEA, Publ.
- Türkecan, A., Ercan, T., Sevin, D., 1998. Karaburun Yarımadası'nın Neojen Volkanizması. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor no.: 10185, Ankara.
- Yurtsever, Y. ve Gat, J.R., 1981. Stable Isotope Hydrology. Technical Report Series No:210,IAEA Vienna.
- Ünsal, N., Çelik, M. ve Afşin, M., 1996. Seyfe Kaynağı (Kırşehir) Dolayındaki Yeraltısularının Kimyasal ve İzotopik Özellikleriyle Kökeninin Araştırılması. 30. Yıl Sempozyumu Bildirileri, say. 491-503, KTÜ-Trabzon.