



Denizle İrtibatlı Akarsularda Deniz Suyu Girişiminin İrdelenmesi: Antalya Acısu Deresi Örneği

Harun KAMAN*¹

Namık Kemal SÖNMEZ¹

Mahmut ÇETİN²

Ahmet KURUNÇ¹

Gülçin Ece ASLAN¹

Buket YETGİN UZ³

¹ Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Kampüs, ANTALYA

² Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Balcalı, ADANA

³ Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Taşlıçiftlik, TOKAT

*Sorumlu Yazar

hkaman@akdeniz.edu.tr

Özet: Antalya'da tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı 24 420 ha genişliğindeki Köprüçay sulama sahasında Aksu Çayı ile Köprüçay Irmağı arasında yer alan Acısu Deresinin güney havzasında taban suyu elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin yer yer deniz suyu elektriksel iletkenlik değerine yakın değerlere kadar yükseldiği yapılan çalışmalarla saptanmıştır. Özellikle denize yakın kıyı kesimlerdeki olası deniz suyu girişiminin, gerek taban suyunun niceliği ve niteliğine gerekse toprak tuzluluğuna olumsuz etkileri olabilmektedir. Bu çalışmada, Acısu Deresi boyunca denizden iç kısımlara doğru olası deniz suyu girişiminin irdelenmesi; EC, pH ve nitratın (NO₃) denizden uzaklaştıkça değişkenliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, 2010 yılı haziran ayında, Acısu Deresinin denize mansaplandığı noktadan membaaya doğru ortalama 200 m aralıklarla 10 km'lik bir akarsu kesitinde örnekleme yapılmıştır. Su örnekleri; dere ekseninden ve su yüzünden itibaren yaklaşık 50 cm derinlikten ve 48 noktadan alınmıştır. Alınan su örneklerinde elektriksel iletkenlik (EC), pH ve NO₃ analizleri yapılmıştır. Acısu Deresinin mansaptan membaaya doğru 10 km'lik kesimi için ortalama EC değeri 4.70 dS m⁻¹ bulunmuştur. Minimum ve maksimum tuzluluğunun sırasıyla 1.18 ve 9.37 dS m⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Ortalama pH değeri 7.98 olup, 7.89 – 8.09 arasında bir değişim göstermiştir. Benzer şekilde minimum ve maksimum NO₃ değerleri 2.20 – 9.24 mg l⁻¹ arasında olup ortalama değer 3.01 mg l⁻¹ hesaplanmıştır. Dere eksenini boyunca, mansaptan membaaya doğru gidildikçe EC değerleri için azalan bir trendin varlığı belirlenmiştir. Acısu Deresinin Akdeniz'e döküldüğü noktada tuzluluk 44.20 dS m⁻¹ iken, denizden yaklaşık 6.5 km'lik mesafeden sonra tuzluluğun 3 dS m⁻¹'den daha küçük değerler aldığı saptanmıştır. Dereye atıkların karıştığı noktalarda NO₃ konsantrasyonlarında artışlar gözlenmiştir. Elde edilen bulgular, Acısu Deresi aracılığıyla denizden içeri doğru önemli oranda tuzlu su girişinin varlığını ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Elektriksel iletkenlik, nitrat, pH, taban suyu

Investigation of Seawater Intrusion in Streams Connected to the Sea: An example of Acısu Creek of Antalya

Abstract: Some studies showed that electrical conductivity of groundwater in some places at South basin of Acısu Creek, located between Aksu Stream and Köprüçay River, reaches to the electrical conductivity value of the seawater. The area is located in Köprüçay Irrigation District which covers about 24 420 ha and is one of the important intensive agricultural production area in Antalya. Possible seawater intrusion especially in sea front areas may have negative impacts on either water table level and groundwater quality or soil salinity. In this study, investigation of possible seawater intrusion in inland throughout Acısu Creek; determination of the variability in EC, pH and nitrate (NO₃) behavior away from the river mouth to the spring were aimed. For this purpose, in June 2010, with an average of each 200 m, sampling was realized for 10 km cross-section part of Acısu Creek through the river mouth to the spring. Water samples were taken from the creek center line at 50 cm depth and total 48 points. Electrical conductivity (EC), pH and NO₃ analysis of the samples were done and the results were evaluated. Average EC value of 4.70 dS m⁻¹ was obtained for 10 km cross-section part of Acısu Creek through the river mouth to the spring. Minimum and maximum salinities of the Creek water were 1.18 and 9.37 dS m⁻¹. Water pH values were between 7.89 and 8.09, with average of 7.98. Similarly, water NO₃ values were ranged from 2.20 to 9.24 mg l⁻¹ with average value of 3.01 mg l⁻¹. Acısu Creek through the river mouth to the spring, a decreased trend was obtained for EC value. It is observed that, EC values were less than 3 dS m⁻¹ after about 6.5 km away from the sampling line while water salinity was 44.20 dS m⁻¹ at the point that Acısu Creek flow into Mediterranean Sea. Increasing NO₃ concentrations was observed in points at which some wastes are discharged into the Creek. Obtained evidences show that there is high level of seawater intrusion to the inland throughout Acısu Creek.

Key words: Electrical conductivity, nitrate, pH, water table

GİRİŞ

Topoğrafik özellikler, doğal drenaj yapısı, iklim, jeolojik yapı, ana materyal ve denizden uzaklık gibi doğal faktörler toprak tuzluluğuna neden olmaktadır [1]. Tuzluluk, sulu tarımın sürekliliğini engelleyen ve bitkisel verimi sınırlayan en önemli sorunlardan birisi olup eğer kontrol altına alınamazsa ekilebilir tarım arazileri tarım dışı kalabilmektedir. Dünyada 100'den fazla ülke tuzluluktan etkilenmekte olup tarım yapılan alanların

%37'si alkali, %23'ü tuzlu ve geriye kalan %40'ı da sorunsuz topraktır [2]. Her yıl yaklaşık 4×10⁴ ha alan tuzluluk sorunu nedeniyle tarım dışı kalmaktadır [3]. Ülkemizde de tuzluluk problemi bulunan arazi miktarı maalesef sulanabilir arazinin %20'sine ulaşmıştır [4]. Diğer taraftan, su kaynaklarından en yüksek düzeyde faydanın sağlanması suyun var olması ile yeterli olmayıp, su kalitesinin de amacına uygun olması gerekmektedir [5, 6]. Ülkemizde, tarım en çok su talep eden sektör konumundadır [7, 8, 9]. Fakat son yıllarda hızlı nüfus

artışı ve sanayileşme suya olan talebi giderek arttırmakta ve bunun bir sonucu olarak da su kıtlığı sorunu tetiklenmektedir. Günümüzde yaygın olarak tartışılan iklim değişikliği ve olası sonuçları, Büyükcangaz ve Değirmenci [10] tarafından da belirtildiği gibi su kaynaklarının geliştirilmesi, korunması ve etkin bir şekilde yönetiminde uygun stratejilerin hızlı bir şekilde belirlenmesini zorunlu kılmaktadır.

Sürdürülebilir tarımsal üretim ve su yönetimi için taban suyu derinlik ve tuzluluğu ile olası toprak tuzluluğunun izlenmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. İzleme ve değerlendirme sonucunda elde edilecek bulgulara göre özel önlemlerin alınması ve bazı hususlara dikkat edilmesi yoluna gidilebilir [10]. Çünkü taban suyu derinliği ve tuzluluğu ile toprak tuzluluğu, tarım alanlarında üretimi etkileyen en önemli etmenler arasında yer almaktadır. Taban suyu gözlemleri sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için son derece önemli bilgilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda, Antalya Köprüçay sağ ve sol sahil sulama alanlarında bulunan ve Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilen 211 adet gözlem kuyusundan 2009 yılı haziran ve ekim aylarında elde edilen taban suyu eş derinlik, eş yükseklik, pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$) verileri Kurunç ve ark. [11] tarafından araştırılmıştır. Anılan çalışmada, Köprüçay Irmağı ile Aksu Çayı arasında yer alan Acısu Deresinin güney havzasında denize yakın bir bölgede taban suyu tuzluluğunun 3 dS m^{-1} 'den yüksek olduğu hatta yer yer 46 dS m^{-1} 'ye kadar yükseldiği geniş bir bölge tespit edilmiştir. Taban suyu elektriksel iletkenlik değerinin bu kadar yüksek çıkmasının nedeni Acısu Deresi yoluyla deniz suyunun iç kesimlere kadar ilerlemesine atfedilmiştir [11]. Diğer bir ifadeyle, denizle irtibatlı Acısu Deresi yoluyla deniz suyu girişiminin olabileceği sonucuna varılmıştır.

Deniz suyu girişi, sahil bölgelerinde yer alan akiferlerin denize doğru açılması halinde tuzlu deniz suyunun sahil akiferlerine doğru ilerlemesi olarak tanımlanmaktadır [12]. Bunun sonucunda, deniz suyu girişi ile yer altı sularında aşırı derecede tuzlanmanın görülmesi doğal bir durumdur. Taban suyuna karışan deniz suyu, tuzluluğu artırarak arazinin tarım alanı olarak kullanılamamasına neden olacaktır. Sahil akiferlerinde denize yer altı suyu boşalımı olurken denizden de akifere tuzlu deniz suyu girişi olmaktadır [12]. Tuzlu suyun yoğunluğu yeraltı suyunun yoğunluğundan daha fazla olduğundan yer altı suyu kıyıdaki bir akış aralığından denize doğru akarken tuzlu su da yer altı suyunun altındaki akifere doğru ilerlemektedir. Buna ilave olarak, nehir yataklarının seviyesinin deniz seviyesinden daha yüksekte olmaması halinde nehirlere tuzlu su girişi olmaktadır [12]. Bu gibi durumlarda, nehirlere yakın noktalardan yer altı veya nehir suyunun kullanılması önemli tuzluluk problemlerinin ortaya çıkmasına yol açacaktır.

Yeryüzünde kıyı bölgeleri dünya nüfusunun en yoğun bir şekilde toplandığı yerlerden biridir. Bu bölgeler, doğal

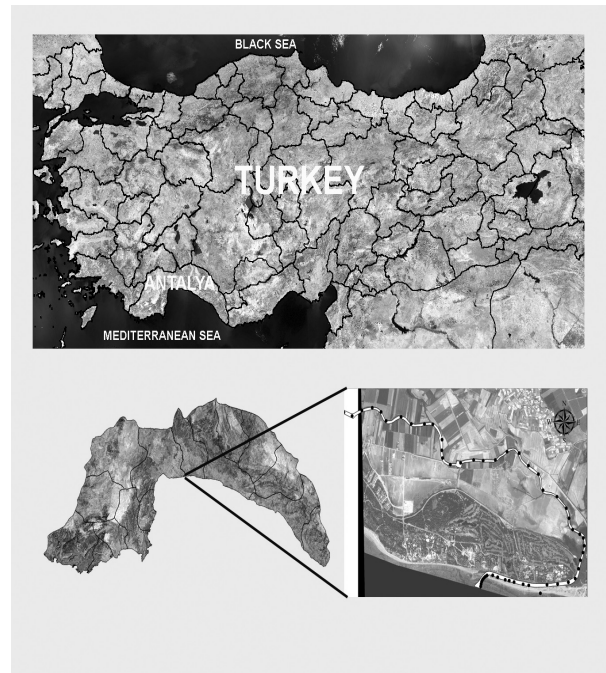
afetlerden kaynaklanan taşkın, deniz kabarması, tuzlu deniz suyu girişi vb. nedenlerden dolayı iyi kalitede su azlığı problemleri ile karşı karşıyadır. Kıyı boyunca yer alan akiferlerde, akifer yönetimine ilaveten tuzlu su girişi problemi vardır [13]. Kıyı akiferleri yönetimi çalışmaları yapılmadığı takdirde, kıyı akiferlerinde aşırı çekim dolayısıyla tuzlulaşmanın artacağı ve bu durumun hem yeraltı suyu kalitesini hem de bu suyla sulanan toprak kalitesini ve verimi olumsuz etkileyeceği belirtilmektedir [12]. Örneğin, Kukul ve Anaç [14] kıyı şeridinde yetiştirilen Satsuma mandarini yapraklarında Na ve Cl içeriklerinin toksik etkisinin, sulama suyu ve topraktaki konsantrasyonlarına benzer olarak denizden karaya doğru azalma gösterdiğini ifade etmiştir. Benzer bir şekilde, kıyı şeridinden içeriği doğru yer altı suları ve topraklardaki tuzluluk değerlerinde azalmalar kaydetmişlerdir [14].

Bu çalışmada, Antalya Köprüçay Irmağı ile Aksu Çayı arasında yer alan Acısu Deresinin denize bağlandığı yerden itibaren 10 km'lik akış mesafesinde olası; (1) Deniz suyu girişi, (2) Tuzluluk, (3) pH ve (4) Nitrat (NO_3) değişimlerinin irdelenmesi amaçlanmıştır.

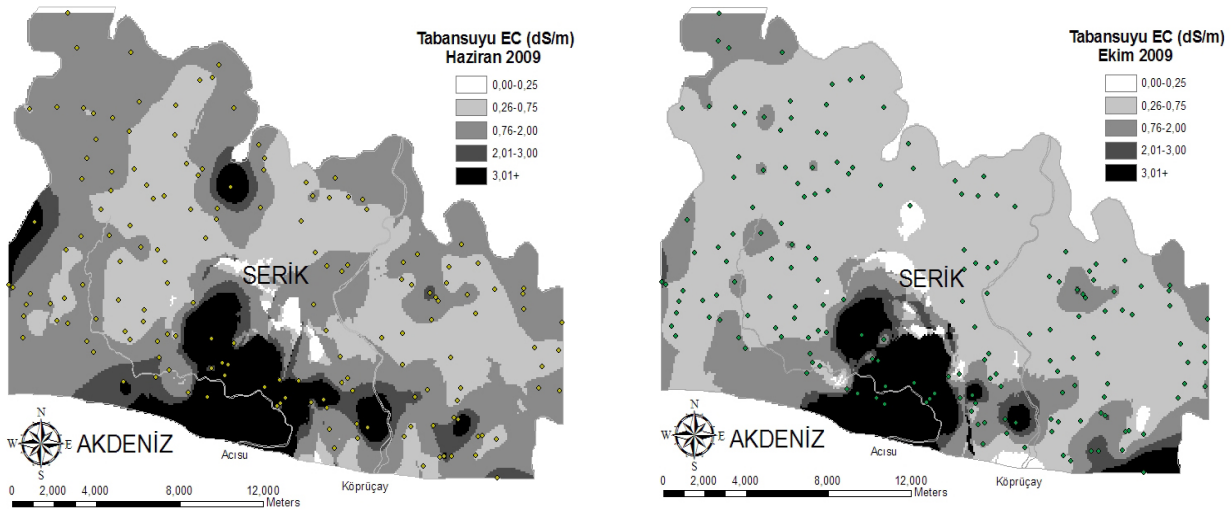
MATERYAL VE METOT

Araştırma Alanı

Antalya bölgesinin en yoğun tarım alanlarından birisi Köprüçay sulama sahasıdır. Köprüçay sulama sahası içerisinde kalan Köprüçay Irmağı ile Aksu Çayı arasında yer alan Acısu Deresi bu çalışmada materyal olarak kullanılmıştır. Çalışma alanı $36^{\circ}49'75''$ ile $37^{\circ}01'97''$ Kuzey enlemleri ve $30^{\circ}49'63''$ ile $31^{\circ}16'62''$ Doğu boylamları arasındadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı ve örnekleme noktalarının yerleri



Şekil 2. Köprüçay sulama sahası, sezon başlangıcı ve sonundaki tabansuyu EC (dS m⁻¹) haritaları [11]

Çalışma alanında yazları çok sıcak ve kurak, kışları ılık ve bol yağışlı Akdeniz iklimi hakimdir. Bölgede ortalama yıllık yağışı 1150 mm, yıllık ortalama buharlaşma ise 1330 mm civarındadır. Yağışın önemli bir kısmının evapotranspirasyonun (ET) düşük olduğu kış aylarında düşmesi yazın sulama yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Su Örneklemesi ve Analizi

Kıyı akiferlerindeki tuzlu deniz suyunun karaya doğru ilerlemesi yer altı suyunda tuz konsantrasyonunun artmasına neden olacaktır. Deniz suyu girişimi kimyasallar ve izotoplar yardımıyla belirlenebildiği [12] gibi, bu yöntemlere ek olarak başka yöntemler de geliştirilebilir. Ele alınan bu çalışmada, deniz suyu girişimini belirlemek amacıyla Acısu Deresinin denize mansaplandığı yerden membaaya (kuzeye) doğru yaklaşık 10 km'lik akış mesafesinde 200 m aralıklarla su örnekleri alınmıştır. Örneklemeler, dere ekseninden ve su yüzeyinden itibaren 50 cm derinlikten ve deniz hariç 48 noktadan yapılmıştır. Her bir gözlem noktasından, EC (dS m⁻¹), NO₃ (mg l⁻¹) ile pH analizleri için küçük plastik kaplar yardımıyla ikişer örnek alınmıştır. Bunlardan NO₃ tayini için alınan örneğe mikrobiyal aktiviteyi önlemek amacıyla iki damla toluen damlatılmıştır. Örnekler laboratuara getirilene kadar soğutucuda bekletilmiştir. Toluenli örneklerde NO₃ analizi kadmiyum indirgeme metoduna göre hazır nitrat reaktif powder pillow kitleler kullanılarak DR 2800 (Hach-Lange, USA) taşınabilir spektrofotometre yardımıyla yapılmıştır. Su örneklerinin EC ve pH değerleri ise Hach Lange HQ40D.99 taşınabilir çift kanallı multimetre kullanılarak belirlenmiştir.

Araştırma, 2010 yılında Haziran ayında yapılmıştır. Çalışma sırasında 1 m hassasiyete sahip taşınabilir el tipi Magellan Explorer 500 GPS cihazı yardımıyla örneklemeler yapılan noktaların coğrafi koordinatları kaydedilmiştir. Pan-sharpened IKONOS renkli resim kullanılarak çalışma alanının ve gözlem noktalarının yerlerini gösteren bir harita oluşturulmuştur (Şekil 1).

Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Araştırmadan elde edilen EC, pH ve NO₃ verilerinin daha kolay yorumlanabilir ve karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamak için tanımlayıcı istatistikleri belirlenmiş ve ayrı ayrı grafikleri oluşturulmuştur.

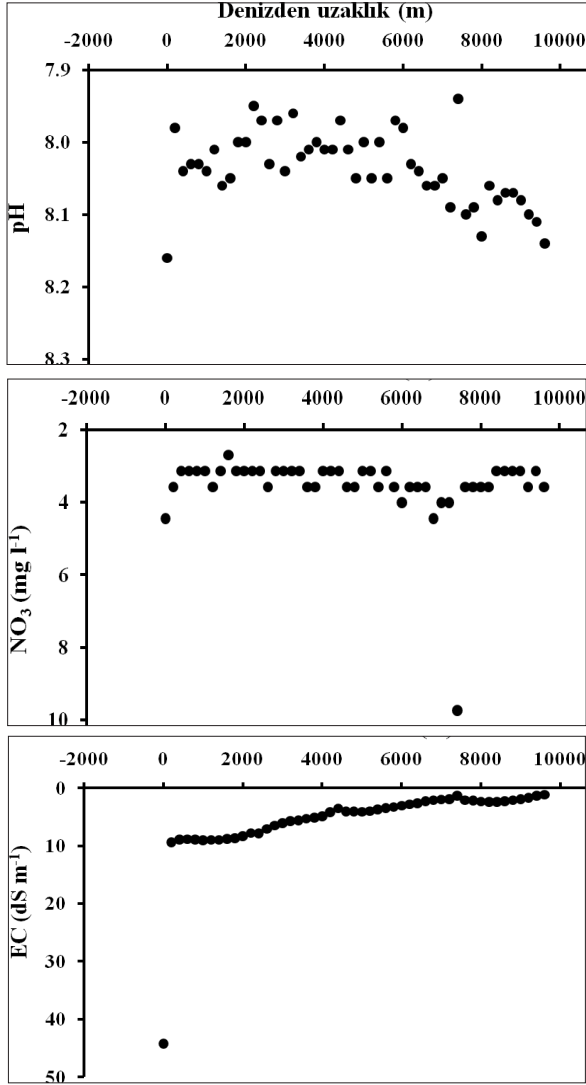
SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kurunç ve ark. [11] tarafından yapılan çalışmada, Köprüçay Irmağı ile Aksu Çayı arasında yer alan Acısu Deresinin güneyinde denize yakın bir bölgede taban suyu elektriksel iletkenliğinin 3 dS m⁻¹'den yüksek olduğu hatta yer yer 46 dS m⁻¹'ye kadar yükseldiği geniş bir alanın varlığı tespit edilmiştir (Şekil 2). Tabansuyu tuzluluk değerinin bu kadar yüksek çıkması, Acısu Deresi yoluyla tuzlu deniz suyunun iç kesimlere kadar ilerlemesine atfedilmiştir [11].

EC değerleri en düşük 1.18 ve en yüksek 9.37 dS m⁻¹ ile geniş bir değişim aralığı göstermiştir (Tablo 1). Acısu Deresinin denize döküldüğü noktada deniz suyu EC değeri 44.20 dS m⁻¹ olarak kaydedilmiştir. Benzer şekilde, NO₃ değerleri, 2.20 ile 9.24 mg l⁻¹ ile oldukça geniş bir değişim aralığına sahip olmuştur. Ortalama NO₃ değeri 3.01 mg l⁻¹ ölçülmüştür. pH değerleri ise 7.89–8.09 arasında değişim göstermiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Su örneklerinden (deniz suyu hariç) elde edilen verilerin kimi tanımlayıcı istatistikleri

İstatistikler	EC (dS m ⁻¹)	NO ₃ (mg l ⁻¹)	pH
Ornek sayısı	48	48	48
Minimum	1.18	2.20	7.89
Maksimum	9.37	9.24	8.09
Aritmetik ortalama	4.70	3.01	7.98
Standart sapma	2.72	0.97	0.05
Tepe değeri	8.94	2.64	7.96
Ortanca değer	4.04	2.64	7.99
Çarpıklık	0.51	5.79	0.13
Basıklık	-1.25	37.28	-0.43



Şekil 3. Acısu Deresinde, denizden itibaren (deniz dahil) yaklaşık 10 km'lik mesafe boyunca EC (dS m^{-1}), NO_3 (mg l^{-1}) ve pH değerleri değişimi

Denizden itibaren 10 km'lik mesafe boyunca yaklaşık 200 m aralıklarla yapılan örnekleme sonucu EC değerinde belirgin bir azalmanın varlığı gözlemlenmiştir (Şekil 3). Acısu Deresinin denize döküldüğü noktada EC 44.20 dS m^{-1} iken, denizden yaklaşık 6.5 km'lik mesafede sonra EC'nin 3 dS m^{-1} 'den daha küçük değerler aldığı belirlenmiştir. Diğer taraftan, pH ve NO_3 değerlerinde ise mansaptan membaa doğru zayıf bir artış görülmektedir (Şekil 3). Buna ilave olarak, Acısu Deresine atıkların karıştığı noktalarda NO_3 konsantrasyonlarında lokal artışlar tespit edilmiştir (Şekil 3).

Deniz suyu girişiminin belirlenmesinde kullanılan diğer yöntemlere [12] ilave olarak burada, bir dere boyunca belirli aralıklarla su örneklerinin EC değerleri irdelenmektedir. Bu çalışmada, Arslan ve ark. [12]'nin tanımına uygun ve Kurunç ve ark. [11]'nin öngördüğü bir şekilde denizle irtibatlı Acısu Deresi aracılığıyla deniz suyu girişiminin varlığı tespit edilmiştir. Benzer bir şekilde, Kukul ve Anaç [14]'in yürüttüğü bir çalışmada

kıyı şeridinden içeri doğru yer altı suları ve toprakların tuzluluk değerlerindeki azalmalar bizim bulgularımızı (Şekil 3) doğrulamaktadır.

Toprakların tuzlulaşmasına etki eden diğer birçok etmenin [1] yanı sıra sahil bölgelerinde deniz suyu girişimi (Şekil 3) ile arazilerin tuzlulaşacağı saptanmıştır. Ülkemizin üç tarafı denizlerle çevrili olması ve sulanabilir arazilerimizin %20'sinde tuzluluk sorunu bulunması [4] göz önüne alındığında, gelecekte arazilerimizde yaşanan tuzluluk sorununun daha da artacağı öngörülebilir. Buna ek olarak, Acısu Deresinde görülen bu deniz suyu girişiminin mekansal ve derinliğe bağlı olarak ve mevsimsel irdelenmesi de daha detaylı sonuçların ortaya konulması açısından gereklidir.

Teşekkür

Bu araştırma; TÜBİTAK TOVAG 1080514 nolu proje çerçevesinde finanse edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Amezketa, E. 2006. An integrated methodology for assessing soil salinization, a pre-condition for land desertification. *Journal of Arid Environments* 67:594–606.
- [2] Szabolcs, I. 1989. Salt-affected soils. CRC Press, Inc. Boca Raton, Fla., p. 274.
- [3] Lamsal, K., Paudyal, G.N., Saeed, M. 1999. Model for assessing impact of salinity on soil water availability and crop yield. *Agr. Water Manage.* 41:57–70.
- [4] Konak, C., Yılmaz, R., Arabacı, O. 1999. Salt tolerance in Aegean Region's wheats. (Turkish with English Abstract) *Tr. J. of Agr. and For.* 23 (5):1223–1229.
- [5] FAO, 2001. Drainage and sustainability. IPTRID Issues Paper No. 3, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- [6] Çetin, M., Kırdı, C. 2003. Spatial and temporal changes of soil salinity in a cotton field irrigated with low-quality water. *Journal of Hydrology* 272:238–249.
- [7] Çetin, M., Özcan, H. 1999. Problems encountered in the irrigated and non-irrigated areas of the Lower Seyhan Plain and recommendations for solution: a case study. (Turkish with English Abstract) *Tr. J. of Agr. and For.* 23 (1):207–217.
- [8] Gündoğdu, K.S. 2004. Sulama proje alanlarındaki taban suyu derinliğinin jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi. *Uludağ Ü. Ziraat Fak. Der.* 18 (2): 85–95.
- [9] Çetin, M., Kırdı, C., Efe, H., Topçu, S. 2007. Aşağı Seyhan Ovası'nda taban suyu derinliği sulama ilişkilerinin coğrafi bilgi sistemi ile irdelenmesi. *V. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 5–7 Eylül 2007, Ankara, s. 419–428.*

- [10] Büyükcangaz, H., Değirmenci, H. 2002. Drenaj sularının sulamada yeniden kullanılması. Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu, 18-20 Eylül 2002, Antakya, s. 614–617.
- [11] Kurunç, A., Sönmez, N.K., Erşahin, S., Yetgin Uz, B., Kaman, H., Uz, İ., Emekli, N.Y., Bacalan, G. 2010. Antalya Köprüçay sulamasının tabansuyuna etkisinin coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak belirlenmesi. I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, Bildiriler Kitabı-1, Sayfa:342–352, 27–29 Mayıs 2010, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- [12] Arslan, H., Demir, Y., Cemek, B., Güler, M. 2010. Kıyı ovalarında deniz suyu girişimi ve tarıma etkileri. I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, Bildiriler Kitabı-2, Sayfa:649–661, 27–29 Mayıs 2010, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- [13] İrtem, E. 2007. Kıyı akiferlerinde tuzlanma ve kıyı akiferlerinin yönetimi. 6. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 25–28 Ekim 2007, İzmir, 99–106.
- [14] Kukul, Y.S., Anaç, S. 2003. Gümüldür yöresinde tuzluluğun satsuma mandarini yaprak Na, Ca, K ve Cl içeriklerine etkisi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 40 (1):103–109.