



**YERALTISUYU TUZLULUK VE KİRLİLİK ÇALIŞMASINDA  
ÖZDİRENÇ YÖNTEMİ VE GÜZELÇAMLI(AYDIN-KUŞADASI)  
UYGULAMA ALANI**

**(RESISTIVITY METHOD IN GROUNDWATER POLLUTION AND SALINITY STUDY  
AND GUZELCAMLI (AYDIN-KUŞADASI) APPLICATION AREA)**

**Petek SINDIRGI\*, Oya PAMUKÇU\*,Özer AKDEMİR\***

**ÖZET/ABSTRACT**

Bu araştırmada, öncelikle yer altı suyu dağılımını izlemek amacıyla yapılan öz direnç çalışmasında elde edilen sonuçlar ışığında, alan genişletilerek tuzluluk ve kirlilik analizlerini içeren bir çalışma yapılmıştır. Öz direnç çalışmaları düşey elektrik sondajları (DES) Schlumberger dizilimi kullanılarak 14 noktada gerçekleştirilmiştir. Düşey elektrik sondajların araştırma derinliği ortalama 250 metre olarak seçilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen modellere göre, yüze yakın (yaklaşık 10-30 metre derinliğinden itibaren), tuzlu sudan etkilenmiş alüvyon birimi gözlenmiştir. Bu da önemli bir tuzluluk sorununu işaret etmektedir. İnceleme alanındaki güncel tuzluluk ve kirlilik boyutunun araştırılması amacıyla 72 adet sondaj kuyusundan su örnekleri alınmıştır. Tüm kuyu verileri bir arada (kimyasal ve bakteriyolojik) değerlendirildiğinde kuyuların ancak %22 si kullanılabilir durumda olduğu saptanmıştır. Aydın - Kuşadası - Güzelçamlı yöresini içeren bu çalışma ışığında bölgenin önemli bir yer altı suyu sorunu olduğu söylenebilir. Gerekli önlemlerin alınarak (arıtma vb.) bölgenin su sorunu çözülmeye çalışılmalıdır.

*In this investigation, the results derived from the resistivity study in order to monitor the distribution of ground water were enlarged leading to a comprehensive study including salinity and pollution. The resistivity studies were conducted at 14 points by using vertical electric drillings, the Schlumberger series. The average depth of vertical electric drillings were selected as 250 m. With the help of this study, an alluvial formation affected by the saline water was observed at depths that are close to surface (nearly 10-30 metres). This situation indicates an important salinity problem. Water samples were taken from 72 boreholes in order to investigate the size of actual salinity and pollution. When all the borehole data are investigated together (in chemical and bacteriological manner), it was determined that merely 22 % of the boreholes could be utilized. Under the guidance of this study which was forwarded to a region extending between Aydın-Kuşadası-Güzelçamlı, an important ground water problem is in question within the study area. The water pollution problem should be disposed by taking necessary measures such as purification and distilling.*

**ANAHTAR KELİMELELER/KEYWORDS**

Tuzluluk, yeraltısuyu kirliliği, öz direnç, kimyasal analiz  
*Salinity, groundwater pollution, resistivity, chemical analysis*

\* Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Tınaztepe Yerleşkesi Buca-İzmir

## 1. GİRİŞ

Yer altı suları, hızla kirlenen ve tükenen doğal kaynakların başında gelmektedir. Bu nedenle günümüze dek pek çok hidrokimyasal (Nazari ve diğ., 1993; Appelo ve Postma, D., 2005; Gaye, 2001), jeolojik (Ahmed ve diğ., 2005; Ross ve diğ., 2005) ve jeofizik çalışmalar (Srinivasamoorthy ve diğ., 2009; Batayneh, 2005) yapılmıştır.

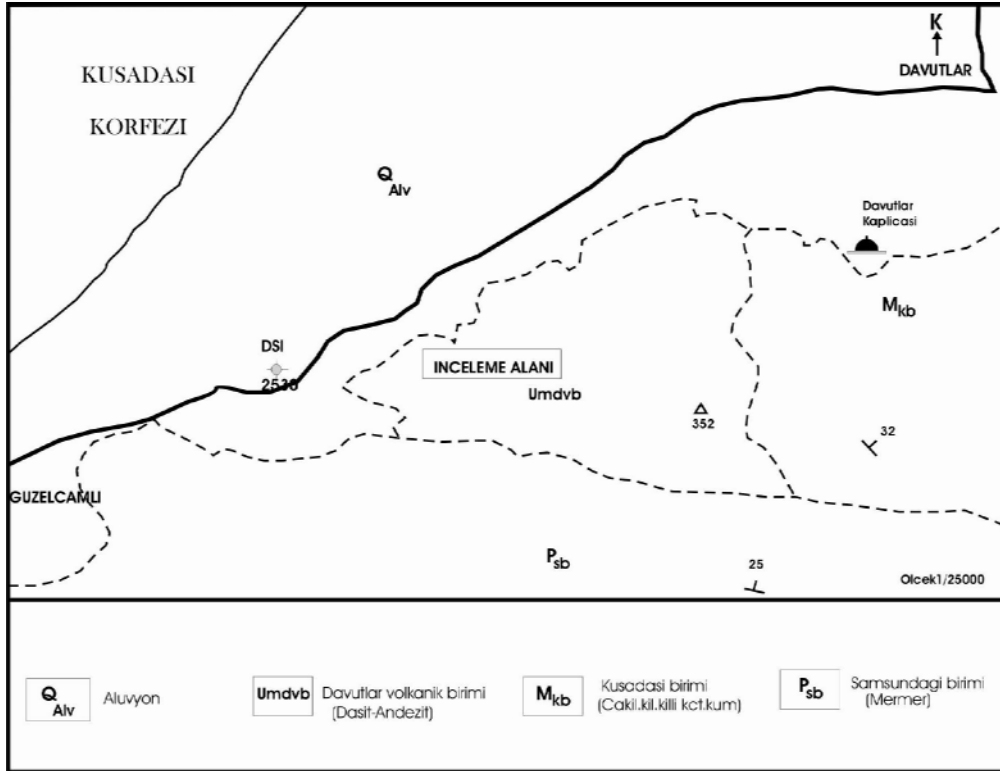
Yeraltısuyu tuzluluğuna ve kirliliğine yönelik jeofizik çalışmalarda çoğunlukla öz direnç (Batayneh, 2005), VLF (Benson, 1997), gibi elektrik ve elektromanyetik (Buseli ve diğ., 1991) yöntemler tercih edilmiştir. Bunun yanı sıra akifer ve kirlilik sınırlarının belirlenmesine yönelik gravite ve manyetik yöntemler de kullanılmıştır (Sultan ve diğ., 2009). Ayrıca 2000 yılında Chandrashekar ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, uzaktan algılama yöntemi ile kirlilik potansiyeli araştırılmıştır. Samsudin ve diğerlerinin 2008 yılında yaptığı yayında ise hidrokimyasal analizlerle jeofizik yöntemler birlikte değerlendirilmiştir.

Yapılan bu çalışmada, Güzelçamlı İlçesi (Şekil 1) su potansiyel alanlarının araştırılması ile yöredeki tuzlanma ve kirlenmenin boyutlarının saptanması amaçlanmıştır.

İnceleme alanı ve civarında (Şekil 2) temelde mermerlerden oluşan ve Samsun Dağı birimi olarak adlandırılan koyu gri, siyahımsı ayrışma renkli ve açık gri, beyaz taze yüzeyli birim yer almaktadır (Şekil 2). Mermerler genelde tektonizma izleri taşımakta ve içerisinde çok sayıda fay, kırık, çatlak ve boşluk bulunmaktadır. Mermerler, Menderes Masifi'ne ait şistler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Mermerleri kıltaşı, silttaşı, kumtaşı ve marn ardalı Kuşadası Birimi uyumsuz olarak üstlenmektedir. Kuşadası birimi, Davutlar ilçe merkezi ve civarında yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 1. Çalışma Alanı



Şekil 2. İnceleme alanının jeolojisi

Çalışma alanı civarında ise, Kuşadası birimi üzerine uyumsuz olarak gelmiş olan dasit-andezit özelliğinde oldukça dayanımlı bir volkanik birim varlığı izlenmektedir. Bu volkanik kayaç üst kısımlarda oldukça parçalanmış ve yamaç boyunca akarak iri parçalı kaya içerikli kalın yamaç molozu şeklinde yamaçların eteklerinde birikmişlerdir (Ercan, ve diğ.,1986; Çalapkulu ve diğ., 1982). Yörede en üstte yer alan çakıllı, kumlu, siltli kil-killi silt içerikli ve oldukça kalın olan alüvyon birimi, deniz kıyısına kadar uzanan düşük eğimli ovayı oluşturmaktadır.

Şekil 2' deki çalışma alanında yapılan öz direnç çalışmalarından elde edilen sonuçlar ışığında Şekil 1' de verilen tüm konut ve sahil kesimini de içeren alanda tuzluluk ve kirlilik çalışması yapılmıştır. DEÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü tarafından 1998 yılında yapılan "Güzelçamlı ilçesi toplu konut inşaat alanı ve ilçenin su potansiyel alanlarının araştırılması ile yöredeki tuzlanma ve kirlenmenin boyutlarının saptanması" (Güzelçamlı tuzluluk ve kirlilik raporu) konulu projede yapılan öz direnç çalışmalarından elde edilen sonuçlar ışığında Şekil 1'de verilen tüm konut ve sahil kesimini de içeren alanda tuzluluk ve kirlilik boyutları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda arama alanlarında jeolojik, jeofizik öz direnç ve 72 kuyudan alınmış su numunelerinin bakteriyolojik ve kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir.

## 2. ÖZDİRENÇ (ELEKTRİK) YÖNTEMİ

### 2.1. DÜŞEY ELEKTRİK SONDAJİ (DES)

Bu ölçüm tekniğinin uygulanışında arazide simetrik elektrod dizilimi (Wenner veya Schlumberger) daha yaygın kullanılır. Bu dizilimin merkezi DES noktasıdır. Ölçülen görünür öz direnç değerleri bu noktanın altına atanır. DES tekniğinde bu merkez noktada yayılı

bulunan elektrod dizilimindeki akım ve gerilim elektrodları arası belli bir sistematik içerisinde daha geniş açılarak ölçüler alınır. Alınan ölçüler elektrod aralığının (AB/2) fonksiyonudur. Akım elektrodları (A ve B) aralığının artırılması yerin daha derinlerine elektrik akımının gönderilmesini sağlar. Böylece yapılan ölçümlerle yerin daha derin kesimlerine ait görünür öz direnç ( $\rho_a$ ) bilgileri ortaya konur. Ohm yasasına göre ortamın görünür öz direnci;

$$\rho_a = k \cdot (\Delta V / I) \quad (1)$$

ile verilir. Burada, k; dizilim türüne bağlı olarak hesaplanan katsayı, I; ortamdaki geçen akım değeri ve  $\Delta V$ ; ortamda ölçülen potansiyel farktır. Uygulanan her açılım türü için görünür öz direnç bağıntılarının elde edilmesi, birden fazla katmanlı yapılar için nokta akım kaynağının yarattığı potansiyel dağılımını incelemek gerekir. DES çalışmalarında asıl olan akım ve gerilim elektrod aralıklarının sürekli olarak artırılmasıdır. Bu nedenle arazi çalışmalarında elektrodlar sık sık yer değiştirilip yeniden toprağa yerleştirilir. Amaca göre elektrod dizilim türü seçilir ve kullanılır.

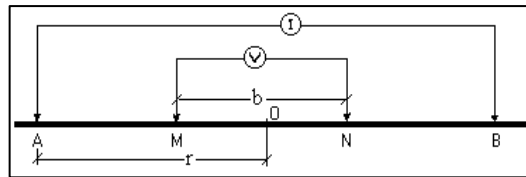
## 2.2. ÖZDİRENÇ ÇALIŞMALARI

Uygulamada öz direnç düşey elektrik sondajları (DES) Schlumberger dizilimi kullanılarak 14 noktada gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Düşey elektrik sondajların araştırma derinliği ortalama 250m olarak seçilmiştir. Öz direnç DES verileri, açılımın fonksiyonu olarak çizilmiştir. Her bir DES noktası için öncelikle kaba değerlendirme yapılarak elektrik ortam birimleri olan "h" (derinlik veya kalınlık) ve " $\rho$ " (öz direnç) ilk kestirim parametreleri olarak saptanmıştır. Saptanan model parametrelerinin oluşturacağı öz direnç anomalisinin elde edilmesi için dönüşük öz direnç ortamında, ilgili parametrelerden hareketle dönüşük öz direnç değişimi Sunde (1949) yineleme bağıntısı kullanılarak bulunmuştur. DES Schlumberger dizilimine ait (Şekil 3) görünür öz direnç bağıntısı (Sunde,1949);

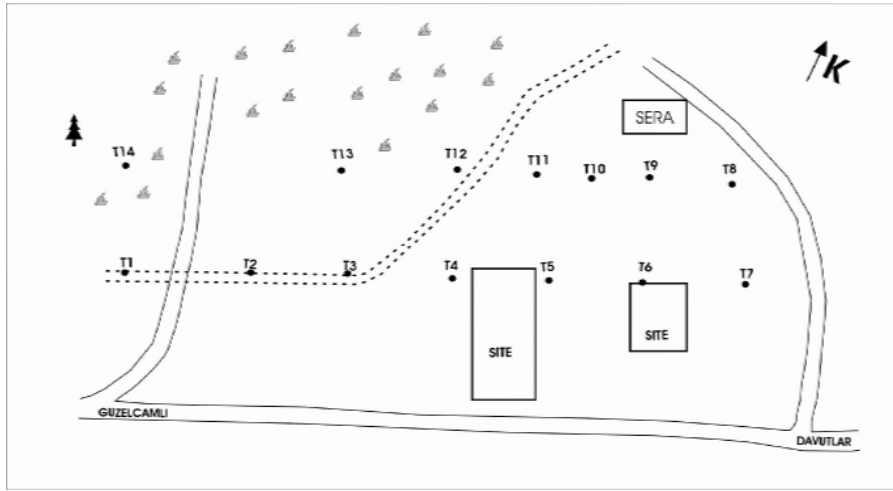
$$\rho_{aSch}(s) = s^2 \cdot \int_0^{\infty} T(\lambda) \cdot J_1(\lambda s) \cdot \lambda \cdot d\lambda \quad (2)$$

şeklindedir. Burada s iki akım elektrodu arasındaki uzaklığın yarısına (AB/2) eşittir,  $T(\lambda)$  dönüşük öz direnç işlevidir. Dönüşük öz direnç işlevi, Ghosh (1971) yaklaşımı kullanılarak görünür öz direnç ortamına aktarılmış ve kuramsal görünür öz direnç değerleri hesaplanmıştır. Değerlendirmede bir diğer yöntem olarak da Money (1980) ters çözüm yöntemi kullanılmıştır. Her iki yöntemden elde edilen veriler, arazi verileri ile karşılaştırılarak yapı parametreleri (derinlik ve kalınlık) saptanmıştır. Saptanan parametrelerden yararlanarak, çalışma alanına ait kuramsal jeolojik modeller oluşturulmuştur.

Gerçekleştirilen değerlendirme çalışmaları sonucu, alanda GB-KD yönlü 2 adet yer yapı modeli oluşturulmuştur (Şekil 5, 6). Her biri yaklaşık 1520 m uzunluğunda olan kesitler üzerinde 7' şer adet DES noktası bulunmaktadır (Şekil 5, 6). Kesitlerde, yüzey örtüsü, alüvyon ve tuzlu alüvyon olmak üzere üç birim saptanmıştır (Güzelçamlı tuzluluk ve kirlilik raporu,1998). Her iki kesitte de yatay ve düşey eksenler eşit ölçeklidir. Alandaki birimlerin öz direnç sınırlamaları aşağıda verilmektedir.



Şekil 3. Düşey elektrik sondaj yöntemi (DES) - Schlumberger dizilimi

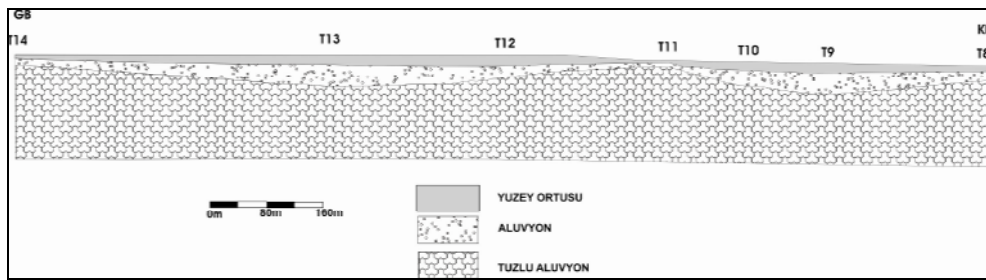


Şekil 4. Çalışma alanında uygulanan öz direnç düşey elektrik sondaj (DES) noktaları

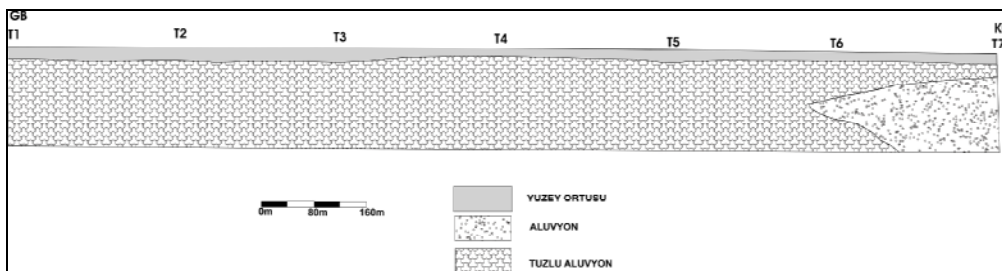
Yüzey örtüsü	40-190	ohm-m
Alüvyon (tatlı su içeren)	18-30	ohm-m
Tuzlu alüvyon	7-15	ohm-m

Kesitlerden izlendiği gibi T14-T8 kesitinde (Şekil 5) en üstte ince bir yüzey örtüsünün varlığı izlenmektedir. Yüzey örtüsünün altında yer alan alüvyon birimi kesitin kuzeydoğusuna doğru kalınlaşmaktadır (60-70m). Tüm kesitte taban seviyeyi ise tuzlu alüvyon birimi oluşturmaktadır.

T1-T7 kesitinde (Şekil 6) ise en üstte ince bir yüzey örtüsünün varlığı izlenmektedir. Yüzey örtüsünün altında yer alan tuzlu alüvyon birimi araştırma derinliğine kadar devam etmektedir. Anılan kesitin (T1-T7) kuzeydoğusuna doğru tuzlu alüvyon katmanının içine daha az tuzlu bir alüvyon katmanı bir kama gibi sokulmaktadır.



Şekil 5. T8-T14 profiline (Şekil 4) ait yer altı modeli



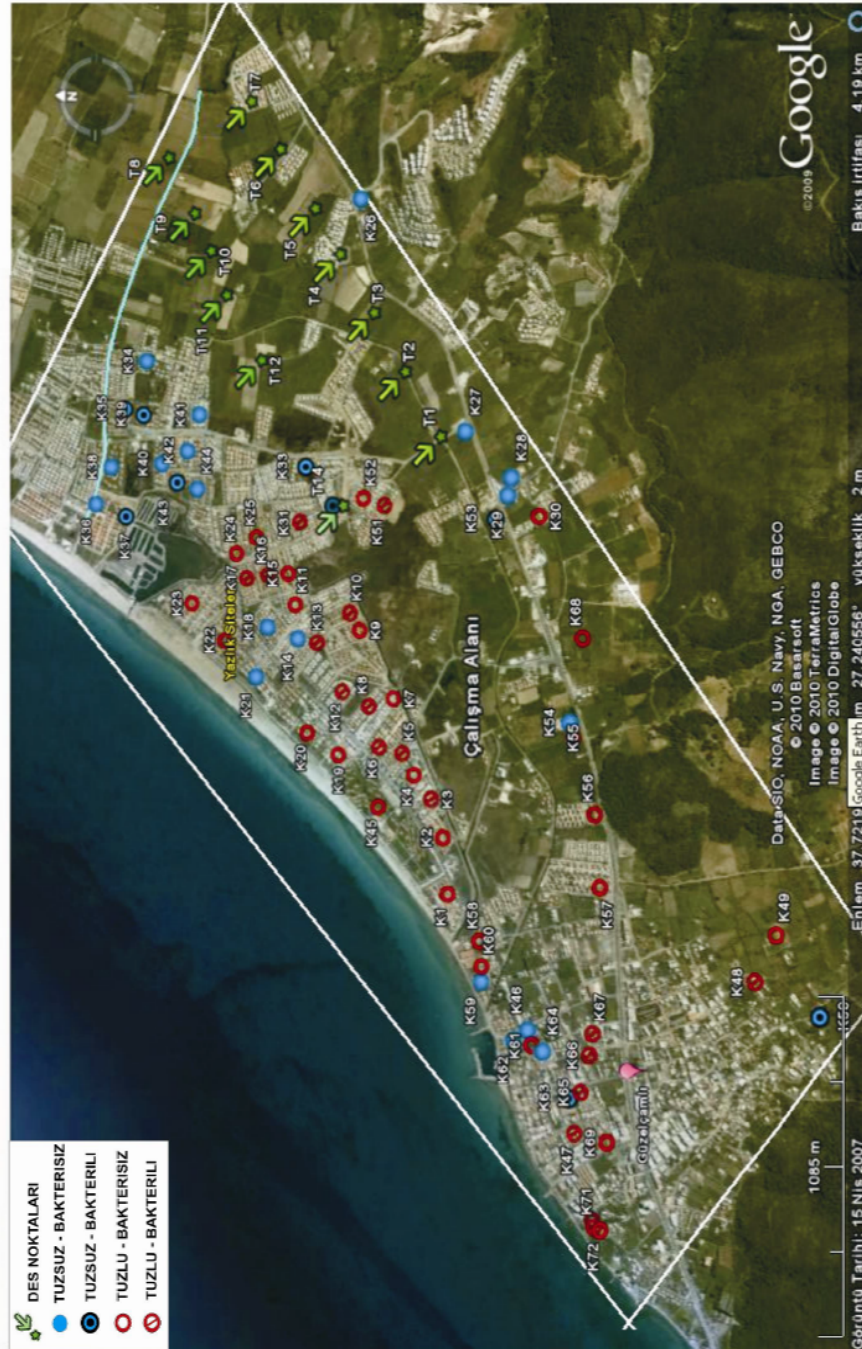
Şekil 6. T1-T7 profiline (Şekil 4) ait yer altı modeli

Çizelge 1. Kuyulara ait Tuzluluk (Klorür) ve Bakteriolojik analiz sonuçları

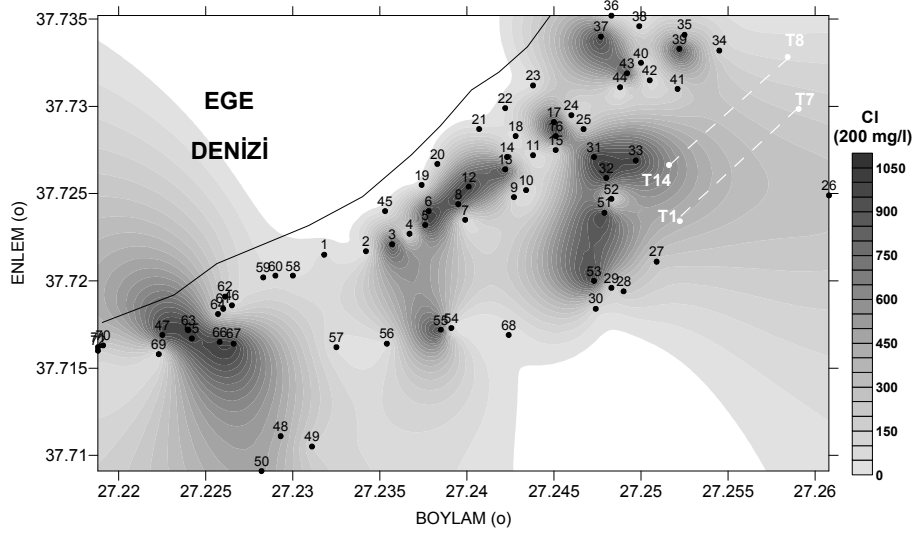
Kuyu No	Klorür Oranı (200 mg/l)	Bakteriyolojik Analiz Sonucu			Sonuç	Kuyu No	Klorür Oranı (200 mg/l)	Bakteriyolojik Analiz Sonucu			Sonuç
		Escheria Coli	Koliform Bakteri	Toplam Bakteri				Escheria Coli	Koliform Bakteri	Toplam Bakteri	
K1	450	0	0	61		K37	30	250	0	ÇOK	
K2	330	0	0	16		K38	24	0	0	46	
K3	246	240	0	ÇOK		K39	24	0	240	ÇOK	
K4	316	0	0	34		K40	26	0	0	38	
K5	264	38	0	ÇOK		K41	26	0	0	168	
K6	280	0	8,8	ÇOK		K42	30	0	0	32	
K7	660	0	0	18		K43	30	8,8	0	ÇOK	
K8	750	240	0	ÇOK		K44	24	0	0	28	
K9	646	0	0	104		K45	210	0	0	45	
K10	640	2,2	0	34		K46	118	0	0	58	
K11	600	0	0	15		K47	2720	0	5	ÇOK	
K12	574	240	0	ÇOK		K48	490	0	0	420	
K13	578	8,8	0	ÇOK		K49	440	0	0	146	
K14	70	0	0	264		K50	30	0	0	473	
K15	242	0	0	150		K51	2230	0	0	ÇOK	
K16	534	0	0	ÇOK		K52	2070	0	0	82	
K17	3320	0	0	ÇOK		K53	87	0	12	ÇOK	
K18	32	0	0	19		K54	170	0	0	10	
K19	1226	0	0	20		K55	350	0	0	ÇOK	
K20	1760	0	0	123		K56	406	0	0	35	
K21	34	0	0	52		K57	470	0	0	40	
K22	934	0	0	50		K58	408	0	0	43	
K23	2000	0	0	32		K59	150	0	0	55	
K24	2184	0	0	82		K60	530	0	0	94	
K25	1620	0	0	280		K61	306	0	0	260	
K26	28	0	21	290		K62	176	0	0	204	
K27	34	0	15	228		K63	128	0	2,2	ÇOK	
K28	19	0	15	238		K64	144	0	0	264	
K29	190	0	0	87		K65	610	0	38	ÇOK	
K30	250	0	0	92		K66	616	240	0	ÇOK	
K31	2560	0	0	ÇOK		K67	520	0	0	ÇOK	
K32	156	0	8,8	ÇOK		K68	348	0	0	6	
K33	76	240	0	ÇOK		K69	404	0	0	31	
K34	26	0	0	133		K70	612	0	0	228	
K35	32	2,2	0	290		K71	1476	0	0	328	
K36	28	0	0	76		K72	366	0	0	134	

### 3. SU ANALİZLERİ

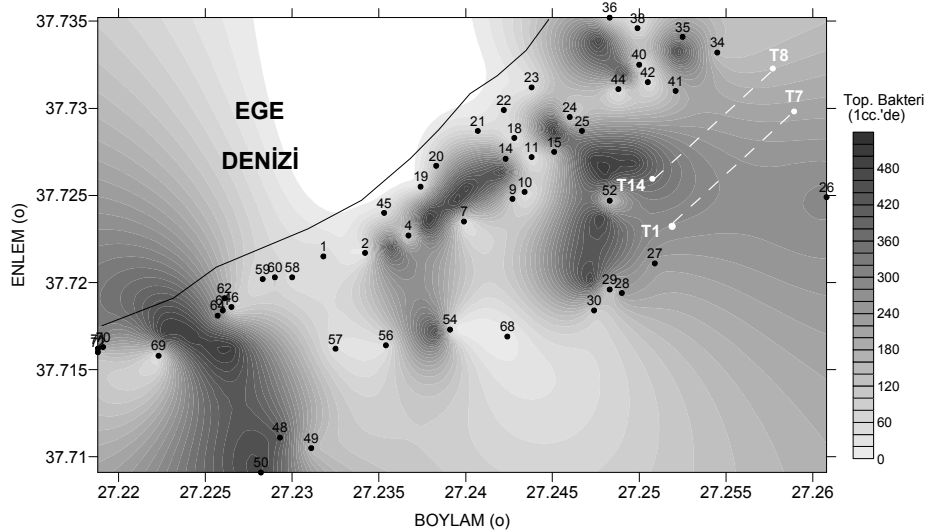
İnceleme alanındaki güncel tuzluluk ve kirlilik boyutunun araştırılması amacıyla 72 adet sondaj kuyusundan su örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerin kimyasal ve bakteriyolojik analizleri Ege Üniversitesi Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı Laboratuvarlarında yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında yer alan ekip, bakteriyolojik analiz için anabilim dalı laboratuvarından özel steril şişe ve nasıl örnek alınacağına dair kılavuz edinerek çalışma alanına ait örnekleri toplamış ve yine aynı laboratuvara teslim etmiştir.



Şekil 7. Kimyasal ve bakteriyolojik su analizi sonuçlarının çalışma alanındaki dağılımı



Şekil 8. Tuzluluk (Cl) dağılım haritası



Şekil 9. Toplam bakteri dağılım haritası

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tuzluluk ve kirlilik araştırması çalışmasında, özdirenç düşey elektrik sondajı (DES) ve var olan kuyulardan alınan su örnekleri üzerinde gerçekleştirilen kimyasal ve bakteriyolojik analiz verileri kullanılmıştır.

Ayrılan birimlerin özdirenç sınırlamaları yüzey örtüsü 40-190 Ohm-m, alüvyon (tatlı su içeren) 18-30 Ohm-m ve tuzlu su içeren alüvyon 7-15 Ohm-m olarak saptanmıştır. Özdirenç verilerinden elde edilen bilgilere göre yörede yaygın bir tuzlanma sorunu vardır. Elde edilen ayrıntılı sonuçlar (kimyasal ve bakteriyolojik) Şekil 7' de verilmektedir. Şekil 7' den görüldüğü gibi kimyasal ve bakteriyolojik analiz sonuçları bir arada değerlendirildiğinde bölgedeki tuzlanma ve kirlilik olayının boyutları bir defa daha çarpıcı olarak gözler önüne serilmektedir. Şekil 7'de gösterilen kuyular ve bu kuyulardan toplanan Klorür oranları dağılımı (200mg/l) Şekil 8'deki haritada gösterilmiştir. Bu haritada kuyu içermeyen bölgelerde konturlama yapılmamıştır (beyaz bölgeler). Şekil 9'da ise kuyu dağılımları ve toplam bakteri dağılımı izlenmektedir. Özellikle deniz kenarına yakın kuyularda (Şekil 8, 9)



tuzluluk ve kirlilik oranı yüksek olmakla beraber iç kesimlere doğru etkin olarak artmaktadır. Yerleşim yerlerinin denize dökülen havza içinde kalması nedeniyle özdirenç ölçümlerinin alındığı bölgenin batı ve kuzeybatısında kalan kıyı kesimlerinde bakteriyolojik kirlilik ve tuzluluk dikkat çekici boyuttadır (Şekil 8, 9).

Özdirenç ölçümleri labarotuvan sonuçları ile birlikte değerlendirilebilir. Özdirenç ölçümleri sonucunda oluşturulan T1-T7 kesitinin (Şekil 6, Şekil 7) kuzeydoğusuna doğru tuzlu alüvyon katmanının içine daha az tuzlu bir alüvyon katmanının kama şeklinde sokulduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra çalışma alanının güney ve güneydoğusundaki yükseklik farkı nedeniyle yüzey sularının havzaya girişi, çalışma alanının bu kısmındaki kuyuların (Çizelge 1., K26, K27, K28) temiz kalmasına neden olduğu şeklinde yorumlanabilir (Şekil 7, 8, 9). Açılmış kuyuları %62 si (44 tanesi) kabul edilebilir tuzluluk sınırının üstündedir. %6 si ise (5 tanesi) tuzluluk sınırına yaklaşmaktadır ki yakın zamanda bu kuyular da kullanılamaz duruma geçeceği açıktır. Tuzluluk açısından kullanılabilir kuyuların oranı ise %38 dir. Ancak bu orana dikkatli yaklaşmak gerekir. Gelecekte bu oranın azalması beklenmemelidir. Kirlilik ve tuzluluk sorunları birbirlerine koşut olarak tehlike sunmaktadırlar. Kuyuların %40 ı halk sağlığı ve çevre kirliliği açısından kullanılamaz durumdadır. Bu kuyuların ancak 3 tanesi klorlanarak kullanılabilir. Tüm kuyu verileri bir arada (kimyasal ve bakteriyolojik) değerlendirildiğinde kuyuların ancak %22 si kullanılabilir durumdadır. Güzelçamlı yöresindeki bu sorunun Davutlar ve Kuşadası'nı da içine alan tüm sahil kesimi için de geçerlidir. Bu konu ile ilgili olarak Kuşadası İlçesinde, Güzelçamlı, Davutlar ve Kuşadası Belediyesi olmak üzere, 3 belediye tarafından ortak kullanılması planlanan ve Kuşatak projesi kapsamında gerçekleştirilecek olan atıksu arıtma tesisi iştermin planı sunulmuştur. Projede, her belediyenin kanalizasyon sistemlerini kendi imkanlarıyla, arıtma tesisini ise ortak olarak gerçekleştireceği belirtilmiştir. Mevcut durumda sadece Kuşadası Belediyesinin kanalizasyon çalışmaları tamamlanmıştır. Ancak arıtma tesisi olmadığı için faaliyete alınamamıştır. Ülkemizin az rastlanan güzellikleri turizm yörelerinden biri olan bu sahil yöresinin tümünde, vakit geçirmeden önlem alınması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

Ahmed, S. M., Hussain, M., Abderrahman, W., 2005, Using multivariate factor analysis to assess surface/logged water quality and source of contamination at a large irrigation Project at Al-Fadhli, Eastern Province, Saudi Arabia, Bull Eng Geol Environ, vol.64, p. 319–327.

Appelo, C.A.J., Postma, D., 2005, Geochemistry, Groundwater and Pollution, Balkema Publishers, Leiden, The Netherlands, 2<sup>nd</sup> Ed. (xviii + 649 pages).

Batayneh, A. T., Barjous, M.O., 2005, Resistivity surveys near a waste-disposal site in the Asr Tuba area of Central Jordan, Bull Eng Geol Environ, v.64: 287–294.

Benson, A.K., Payne, K.L., Stubben, M.A., 1997, Mapping groundwater contamination using dc resistivity and VLF geophysical methods-A case study, Geophysics, v.62(1):80-86.

Buseli, G., Barber, C., Davis, G. B., Williamson, D. R., 1991, The use of electro-geophysical methods for groundwater pollution and soil salinity problems, Exploration Geophysics 22(1):59-64.

Chandrashekar, H., Ranganna, G., Nataraju, C., 2000, Assessment of groundwater pollution potential through remote sensing and GIS technique a case study for Anekal Taluk, Bangalore Urban District, India. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, v. XXXIII, Part B7. Amsterdam.

Çalapkulu, F.; Kun, N. ve Pişkin, Ö., 1982, Söke bölgesinin jeolojisi: Tübitak 7. Bilim Kong. Yerbilimleri Seksiyonu Tebliğler Kitabı:135-146.

Ercan, T., Akat, U., Günay, E. ve Savaşın, Y., 1986, Söke - Selçuk - Kuşadası dolaylarının jeolojisi ve volkanik kayaların petrokimyasal özellikleri : MTA Dergisi, v.105-106:15-38.

Gaye, C.B., 2001, Isotope techniques for monitoring groundwater salinization, First International Conference on Saltwater Intrusion and Coastal Aquifers-Monitoring, Modeling, and Management. Essaouira, Morocco.

Ghosh, D.P., 1971, The application of linear filter theory to the direct interpretation of geoelectrical resistivity sounding measurements: Geophys. Prosp., v.19:192-217.

Güzelçamlı ilçesi toplu konut inşaat alanı ve ilçenin su potansiyel alanlarının araştırılması ile yöredeki tuzlanma ve kirlenmenin boyutlarının saptanması,1998, DEÜ Müh. Fak. Jeofizik Müh. Böl. Projesi Raporu, İzmir.

Money, H.M., 1980, Handbook of engineering geophysics, v.2, Electrical resistivity , Bison instruments Inc.

Nazari, M. M., Burston, M.W., Bishop, P.K., Lerner, D.N., 1993, Urban groundwater pollution: A case study from Coventry, United Kingdom, Groundwater, v.31, (1): 416-424.

Ross, M., Parent, M., Lefebvre R., 2005, 3D geologic framework models for regional hydrogeology and land-use management: a case study from a Quaternary basin of southwestern Quebec, Canada, Hydrogeology Journal, v.,13:690–707

Samsudin, A. R., Haryono, A., Hamzah,U., Rafek, A.G., 2008, Salinity mapping of coastal groundwater aquifers using hydrogeochemical and geophysical methods: a case study from north Kelantan, Malaysia, Environ Geol., v.55:1737–1743.

Srinivasamoorthy, K., Sarma, V.S., Vasantavigar, M., Vijayaraghavan, K., Chidambaram, S., Rajivganthi, R., 2009; Electrical imaging techniques for groundwater pollution studies:A case study from Tamil Nadu State, South India, Earth Sci. Res. J., v.13(1): 30-39.

Sultan, A.S., Mohameden M.I., Santos, F. M., 2009, Hydrogeophysical study of the El Qaa Plain, Sinai, Egypt Bull Eng Geol Environ, v.68:525–537.

Sunde E.D., 1949, Earth conduction effects in transmission systems: New York, Van Nostrand, p.55.