



Samsun-Baruthane tümülüslerinin doğru akım öz direnç yöntemi ile incelenmesi

Investigation of the Samsun-Baruthane tumuli by direct current resistivity method

İrfan AKCA, N. Yıldırım GÜNDOĞDU

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Tandoğan, ANKARA

Geliş (received) : 14 Temmuz (July) 2010

Kabul (accepted) : 30 Eylül (September) 2010

ÖZ

Samsun ili Baruthane mevkiinde bulunan iki tümülüs ve etrafında 2004 ve 2005 yıllarında doğru akım öz direnç yöntemi ile jeofizik incelemeler yapılmıştır. İncelemelerin amacı mezar odaları ve varsa çevre yapılarının yer ve derinliklerinin belirlenmesidir. Aranılan yapıların gömülü oldukları ortam ile büyük öz direnç karşıtlığı göstermesinden yola çıkılarak, inceleme yöntemi olarak akım öz direnç uygun bulunmuştur. Arazi çalışmaları, 25 kanallı çok elektrotlu öz direnç ölçüm sistemiyle yürütülmüştür. Farklı doğrultularda 64 profilde toplanan verilerin değerlendirilmesinde, ağırlıklandırılmış sönümlü en-küçük kareler ters çözüm yöntemi kullanılmıştır. Tüm profillere ait yükseklik verileri ters-çözüm sırasında hesaba katılarak yüzey topoğrafyasından kaynaklanması olası hataların önüne geçilmiştir. Ters çözüm sonuçları yer elektrik kesitleri şeklinde görselleştirilerek, gömülü yapılardan kaynaklanabilecek belirtiler tanımlanmıştır. Tanımlanan belirti alanlarında deneme amaçlı kazılar önerilmiştir. Yapılan kazılarda, iki tümülüsü ayıran bölgede bir duvar ve birbirinden bağımsız iki mezar odası ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arkeojeofizik, doğru akım öz direnç, Samsun, ters-çözüm, tümülüs.

ABSTRACT

Geophysical investigations were carried out at and around two tumuli located at Samsun-Baruthane in 2004 and 2005. The aim of the investigations was to determine the location and depth of the burial chamber and surrounding structures, if present. Since the structures under investigation show a resistivity contrast with the surrounding environment, direct current resistivity was chosen as the appropriate method. A multi-electrode resistivity imaging device with 25 channels was used for the data acquisition. Weighted damped least squares method is used for the inversion of field data, measured on 64 profiles with different directions. In order to avoid the surface topography effects, topographical data for all profiles were incorporated into the inversion process. Inversion results are visualized as geoelectrical sections and anomalies those may arise from possible structures are determined. Test excavations were suggested at the determined anomaly zones. During the excavations a wall between two tumulus and two separate burial chamber were exposed.

Keywords: Archaeogeophysics, direct current resistivity, Samsun, inversion, tumulus.

GİRİŞ

Tümülüsler, arkeolojik alanlarda yapılan jeofizik araştırmalara konu olan başlıca yapılardan olup, genellikle soylu kişilerin gömüldüğü, bir mezar odası ve bu mezar odasına giden bir girişin (dramos) üzerinin yığma toprak ile kapatılması ile inşa edilmişlerdir. Anadolu'da mezar-tepe olarak da adlandırılan bu yapılara oldukça sık rastlanmaktadır. En bilinen örnekleri; Gordion'daki Midas Tümülüsü, Bintepe'deki Alyattes'in tümülüsü ile Nemrut Dağı'ndaki tümülüstür. Tümülüslerde mezar odası ya da dramusun gömülü olmasının, mezar yerinin belli olması ve mezarda bulunan değerli eşyaların korunması amaçlarına yönelik olduğu söylenebilir. Tümülüslerin jeofizik yöntemlerle araştırılması genellikle gömülü bulunan mezar odası ve dramusun yer, doğrultu ve derinliklerinin belirlenmesine yöneliktir. Bu tür araştırmalarda başlıca elektrik ve elektromanyetik jeofizik yöntemler kullanılmaktadır. Başokur (1992) Magnesia ve Meandrum Argavlı Tümülüsü'nde üç gerilim yöntemi ile jeofizik araştırmalar yürütmüştür. İlkışık vd. (1995), Enez-Çataltepe (Edirne) tümülüsünü, elektromanyetik yöntemlerden olan VLF (*very low frequency*) ve doğru akım öz direnç yöntemleri (DAÖ) ile incelemişlerdir. Pınar ve Akçığ (1997), Kösemtuğ tümülüsünün (Bandırma) araştırılmasında dairesel pol-pol dizilimini kullanarak başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Ercan (1999) ise; Eğmir tümülüsünü (Denizli) elektrik, elektromanyetik (VLF), manyetik ve yer radarı gibi birçok yöntemi bir arada kullanarak incelemiştir. Bu çalışmaların bir kısmında doğru akım öz direnç yöntemi ile toplanan verilerin o yıllardaki olanaklar çerçevesinde ya doğrudan ya da basit veri işlem yöntemleri kullanılarak yorumlanması söz konusudur. Verilerden, ters-çözüm yöntemi ile bir yer elektrik modelinin ortaya konulduğu örnekler için, Candansayar ve Başokur (2001), Tonkov ve Loke (2006), Papadopoulos vd. (2010) tarafından yapılan çalışmalara başvurulabilir.

Bu çalışmada, Samsun ili Baruthane mevkiinde bulunan iki adet tümülüste 2004 ve 2005 yıllarında yapılan DAÖ incelemelerinin sonuçları sunulmaktadır. İncelemeler, Samsun Büyükşehir Belediyesi'nin isteği üzerine arkeolojik park ve

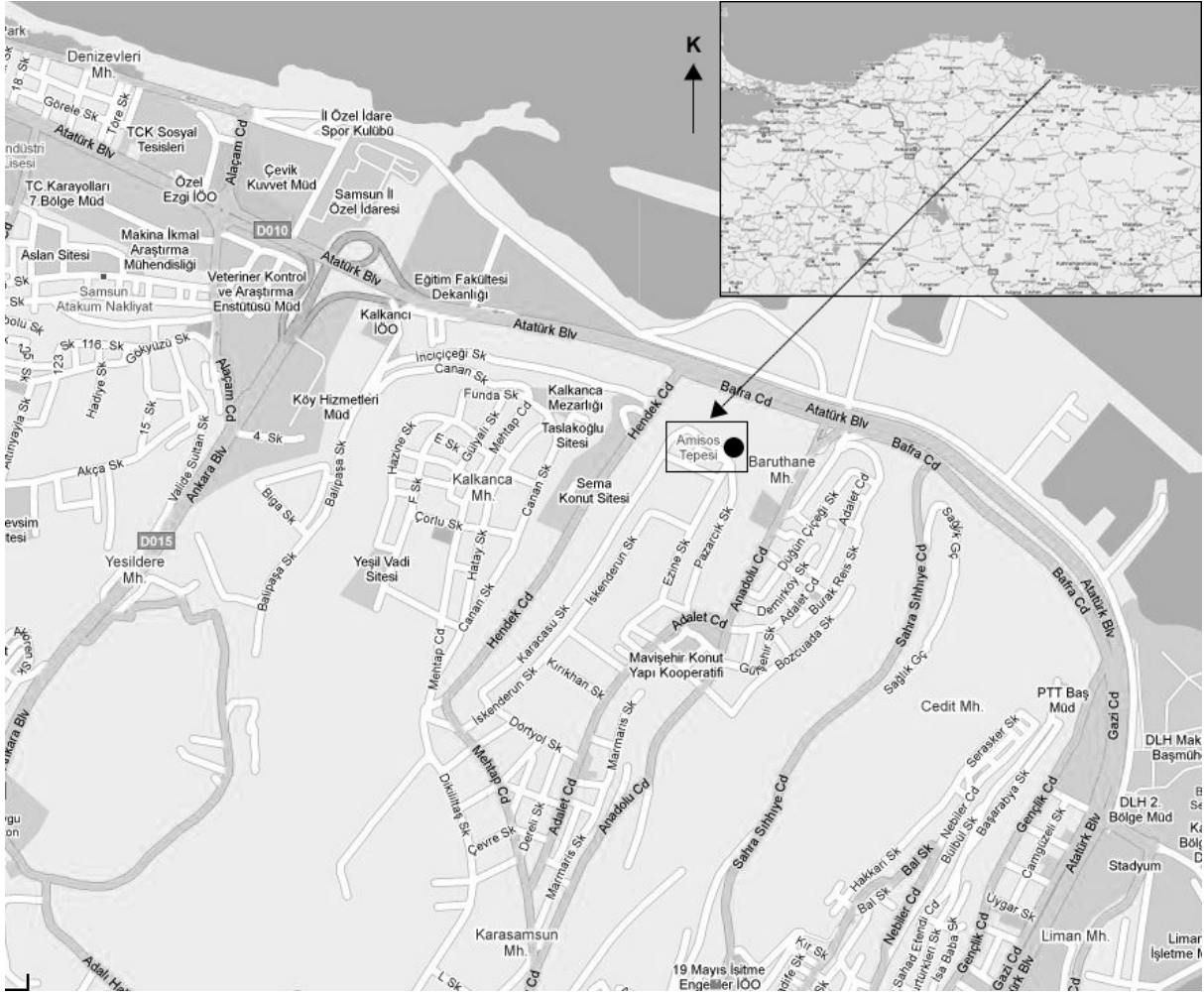
seyir terası olarak projelendirilen sahada bulunan tümülüslerin, mezar odaları ve varsa çevre yapıların bulunması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada DAÖ yöntemi ile farklı doğrultularda 64 profil boyunca ölçümler yapılmıştır. Ölçümlerde çok kanallı öz direnç ölçüm sistemi kullanılmış olup, tüm ölçü noktalarının koordinat ve yükseklikleri hassas GPS sistemleri ile ölçülmüştür. Ölçülen veriler, profil topoğrafyaları da göz önüne alınarak değerlendirilmiş ve sonuçlar iki-boyutlu öz direnç kesitleri şeklinde bir arada sunulmuştur. Elde edilen kesitlerin yorumu ile alanda kazı yerleri önerilmiştir. Tümülüs çevresinde 2004 yılında yapılan kazıların sonuçlarına bağlı olarak yeni bölgelerin araştırılması istenmiş ve çalışma alanı bu doğrultuda genişletilmiştir. Tümülüsler çevresinde geniş bir alanda yeni ölçümler yapılmıştır.

ARAZİ ÇALIŞMALARI

İnceleme alanı (Şekil 1), Samsun-Bafra karayolu üzerinde, kent merkezinin 4 km batısındaki Baruthane mevkiinde yer almaktadır. Boyutları yaklaşık 100x150 m olan inceleme alanında birbirine bitişik iki adet tümülüs yer almaktadır. Tümülüslerden daha kuzeyde olanın boyutları görece daha küçük olup, taban çapı yaklaşık 35 m ve büyük tümülüsün taban çapı ise yaklaşık 45 m'dir.

Tümülüs yapılarında mezar odası ve varsa giriş yerinin, soyguncuları yanıltmak için gizlendiği durumlar söz konusudur. Bunun yanı sıra, çalışma konusu tümülüslerle ilgili arkeolojik bir ön bilgi de bulunmadığından arazi koşullarının olanak verdiği ölçüde farklı yönlerde ölçüm profilleri planlanmıştır. Jeofizik verilerin yorumunda ve özellikle tümülüs araştırmalarında ölçüm yapılan noktaların topoğrafik bilgileri de önemlidir. Bu nedenle çalışma alanının topoğrafik haritası oldukça duyarlı bir GPS ölçüm sistemi kullanılarak hazırlanmıştır. GPS ölçümleri ile belirlenen yükseklik değerlerinden oluşturulan topoğrafik harita ve çalışma alanında veri toplanan 64 profilden değerlendirilen 37 tanesinin konumu Şekil 2'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan GPS alıcı sisteminin yatay hassasiyeti 0.5 cm, düşey hassasiyeti ise 1 cm olarak verilmektedir.

Çalışmaya konu DAÖ verileri, 16-24 Ağustos 2004 ve 26-29 Nisan 2005 tarihleri arasında

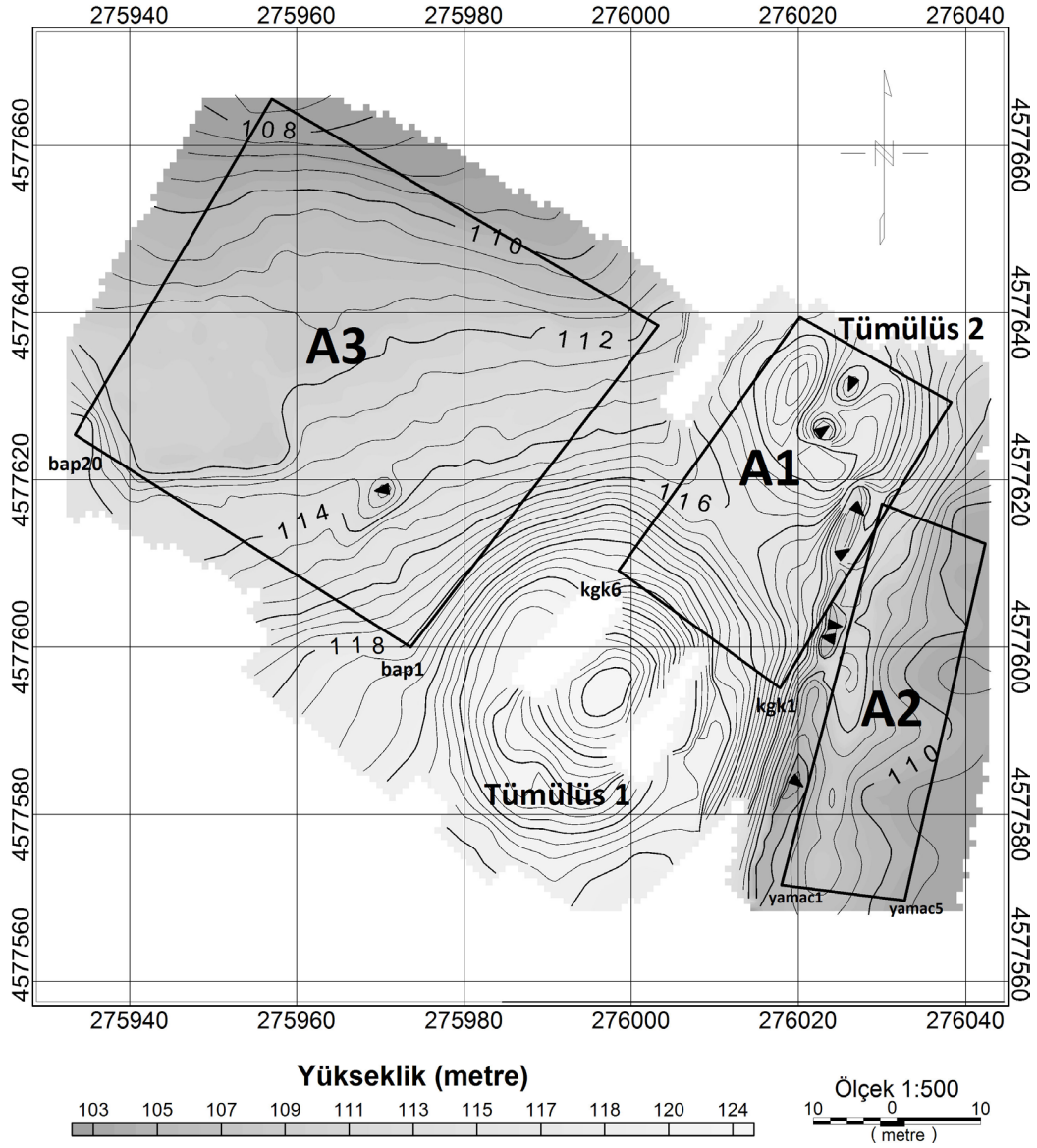


Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.
Figure 1. Location map of the study area.

olmak üzere, iki dönemde toplanmıştır. İlk dönem çalışmaları sonunda önerilen kazı alanlarında bir duvar ve mezar odaları ortaya çıkarılmıştır. Bu buluntuları da içine alacak şekilde yapılması planlanan arkeolojik park alanında başka bir kalıntı olup olmadığının araştırılması amacıyla ikinci dönem çalışmaları yapılmıştır (Akca ve Gündoğdu, 2004). Her iki dönem çalışmalarında DAÖ verileri çok-kanallı öz direnç ölçüm sistemi ile Wenner-Schlumberger dizilimi kullanılarak toplanmıştır. Çalışmada kullanılan ölçüm sistemi, bir serimde 25 elektrot kullanarak ölçüm yapabilmektedir. Bu özelliği nedeniyle elle işletilen ölçüm sistemlerine göre oldukça hızlı veri toplanabilmektedir. Sistem; akım ve gerilim elektrotlarının konumları değiştirilerek derinlik ve profilin açılım yönündeki öz direnç dağılımı

hakkında bilgi edinilmesini sağlayacak verileri toplayabilmektedir. Elektrotlar, profil üzerine eşit aralıklı olarak yerleştirilmektedir. Ölçümler, bir akım ve ona en yakın gerilim elektrotu arasındaki uzaklık her iki yönde, en küçük elektrot aralığının tam katlarında (n) açılarak yapılmaktadır. Bu çalışma boyunca "n" için en büyük değer 11 olarak sabitlenmiştir. Buna göre, bir profilde 25 elektrot kullanılarak 132 adet ölçüm yapılabilmektedir. Ölçüm profillerinin çoğunda topoğrafya, hesaba katılmadığında değerlendirmeyi etkileyebilecek oranda engebelidir. Bu nedenle, tüm elektrot konumlarının koordinat ve yükseklikleri hassas GPS sistemi ile ölçülmüştür.

Topoğrafyanın, DAÖ verilerine etkisi farklı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Telford vd.



Şekil 2. Çalışma alanının topoğrafik haritası ve A1, A2, A3 alanlarının konumu.
Figure 2. Topographical map of the study area and locations of the A1, A2, A3 sites.

(1991), topoğrafyadaki değişimlerin akım dağılımının yüzeyde saçılma ve odaklanmalara neden olarak gerçekte olmayan özdirenç belirtilerinin görülmesine neden olduğunu belirtmektedir. Fox vd. (1980), bu tür yapay belirti türlerini farklı modeller (tepe, vadi, tek yöne eğim) ile göstermeye çalışmışlardır (Erdoğan vd., 2008). Topoğrafyanın etkisinin elektrot dizilimlerine bağlı olarak da değiştiği bilinmektedir (Tsoulos vd., 1997). Erdoğan vd. (2008)'nin sonuçlarından yola çıkarak, incelemede kullanılan elektrot dizilimi olan Wenner-Schlumberger için

çukurlarda ve vadi tabanlarında düşük yapay özdirenç belirtileri, tepe bölgelerinde ise yüksek yapay özdirenç belirtileri beklenmelidir. Ancak bu durum topoğrafya ile uyumlu model ağı düzenlenerek düzeltilebilmektedir.

VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YORUMU

Bu incelemede, arazi çalışmalarında toplanan oldukça kapsamlı veri kümesinin bir bölümünün sonuçları sunulmaktadır. Verilerin

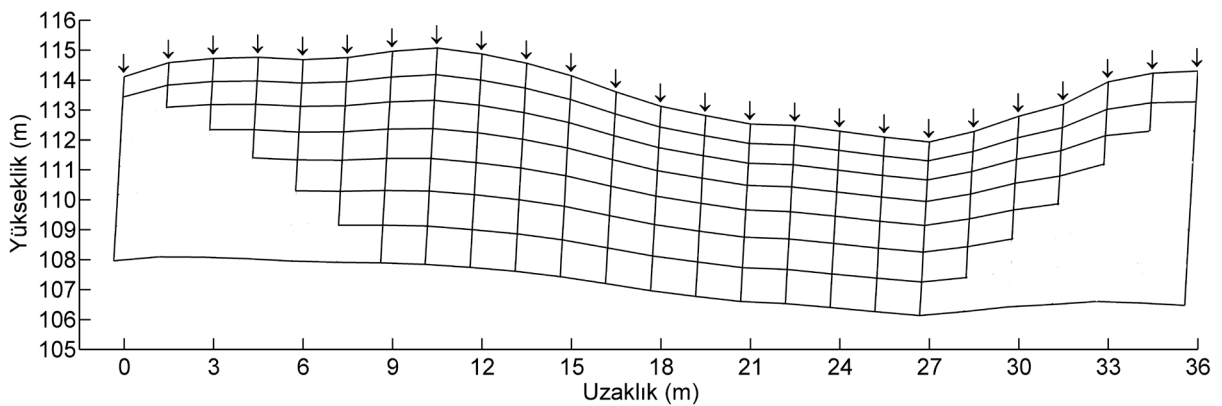
değerlendirilmesinde iki-boyutlu ters-çözüm yönteminden yararlanılmıştır. İki-boyutlu ters çözüm, ölçülen veriden yola çıkılarak, ölçüm doğrultusu boyunca dörtgen hücreler ile ayrıklaştırılan ve belirli bir araştırma derinliğine kadar uzanan yer elektrik modelinin parametrelerinin sayısal yöntemlerle belirlenmesi şeklinde tanımlanabilir (Pelton vd., 1978; Tripp vd., 1984; Loke ve Barker, 1996). Anılan modelde fiziksel parametrenin profil doğrultusuna ve derinliğe bağlı olarak değiştiği, profile dik yönde bir fiziksel parametre değişimi olmadığı ve modelin y- yönünde sonsuza uzanan dörtgen bloklardan oluştuğu kabul edilir. Profil topoğrafyasının düz olması durumunda dikdörtgen hücreler kullanılırken, topoğrafyanın modele eklenmesi durumunda model hücreleri serbest şekilli dörtgenlere dönüşebilir. Bu çalışmaya konu olan tüm veri profillerinde topoğrafyalı ters çözüm yapılmıştır. Ters çözümde kullanılan iki boyutlu model ağı için bir örnek Şekil 3'te verilmiştir. Modelde yalnızca verinin duyarlı olduğu bölümler parametreleştirilmiştir. Model yanıtlarının hesaplanmasında sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Hesaplanmalarda kullanılan sonlu elemanlar ağı, dörtgen model hücrelerinin köşegenleri ile dörde bölünmesi ve ağın yanal ve düşey yönde yapay olarak uzatılması ile oluşturulmuştur. Bu durum, hesaplama ağındaki eleman ve düğüm noktası sayısını arttırsa da, oldukça duyarlı düz çözüm hesaplamalarını olanaklı kılmaktadır.

Model hücrelerinin konum ve büyüklükleri tersözüm işlemi boyunca sabit olduğundan,

kestirilen parametreler hücrelerin öz dirençleri ile sınırlıdır. Model hücrelerine atanan öz dirençlerin ters-çözüm boyunca birbirlerinden tamamen bağımsız değişmelerine izin verildiğinde yorumlanması oldukça güç ve mozaik görümlü kesitler elde edilebileceği gibi, sayısal işlemlerde duraysızlıklar da görülebilir. Bu durumun önüne geçmek için model parametrelerini birbiriyle ilişkilendiren bir yuvarlatıcı kullanılmıştır. Buna ek olarak veri toplama aşamasında gürültülerin veri ile birlikte kaydedilmesini önlemek için önlemler alınmış ve veri kalitesini arttırmak için aynı veri noktasında ölçümler 3 kez tekrarlanmış ise de, verilerin önlenemez miktarda rastgele ve sistematik gürültü içerme si doğaldır. Yüzeydeki çok küçük ve sık bozucu cisimlerin varlığı, elektrotlardaki yüksek kontak direnci gibi nedenler ile saçılmış nokta olarak ele alınabilecek verilere de rastlanabilmektedir. Anılan nedenlerden dolayı tüm veriler öncelikle saçılmış noktalar için taranmış ve varsa veriden uzaklaştırılmıştır. Rastgele gürültülerin ters-çözüm sonuçlarını etkilememesi için ise, ağırlıklandırılmış bir ters-çözüm algoritması kullanılmıştır. Bu algoritmada, bir ön-kestirim değerinden başlayarak parametrelere yapılacak düzeltmeler

$$\Delta p = (A^T w_d A + w_m)^{-1} A^T w_d \Delta d \quad (1)$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Bu bağıntı, en-küçük kareler probleminin ağırlıklı doğrusallaştırılmış çözümü olarak bilinir ve karışık tanımlı



Şekil 3. Verilerin ters-çözümünde kullanılan model ağı (Düşey ok işaretleri elektrot konumlarını göstermektedir).
Figure 3. Model mesh used for the inversion of data (Vertical arrows indicate electrode locations).

problemler için geçerlidir (Menke, 1984; Candansayar, 2002). Burada; A öz dirençlerin kuramsal veriye göre kısmi türevlerini içeren dizey, w_d veri ağırlık dizeyi, Δd veri fark dizeyi ve w_m parametre ağırlık dizeyi olup, T dizey dönüşünü göstermektedir. Veri ve parametre ağırlık dizeyleri ise, sırasıyla aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmıştır.

$$w_d = \frac{1}{\sqrt[4]{\rho_a}} \quad (2)$$

$$w_m = \text{diag}(A^T A) \quad (3)$$

Burada, ρ_a görünür öz dirençleri, diag ise dizeyin köşegen elemanlarını göstermektedir. Ters çözüm işlemine tekdüze yer modeli ile başlanmaktadır. Tekdüze önkestirim modelinin öz direnci ölçülen verilerin logaritmik ortalaması ile belirlenmektedir. Özetlenen değerlendirme yöntemiyle ölçülen veriden üretilen yer elektrik kesitlerine ait sonuçlar izleyen bölümde sunulmuştur. Verilerin değerlendirilmesi ve kesitlerin görselleştirmesinde MATLAB programlama dili ve grafik kütüphanesindeki fonksiyonlardan yararlanılmıştır. Burada sonuçları sunulan veriler başlıca üç alana ayrılmıştır. İki tümülüs arasındaki vadiyi yaklaşık kuzeydoğu-güneybatı yönünde kesen 6 profilin taradığı bölge A1, tümülüslerden daha kuzeyde olanın güneydoğu yamacını kapsayan bölge A2 ve her iki tümülüsün batısındaki geniş bölge ise A3 olarak adlandırılmıştır (bkz. Şekil 2). A1, 2004 yılı çalışmalarında A2 ve A3 ise 2005 yılında yürütülen çalışmalarda araştırılmıştır.

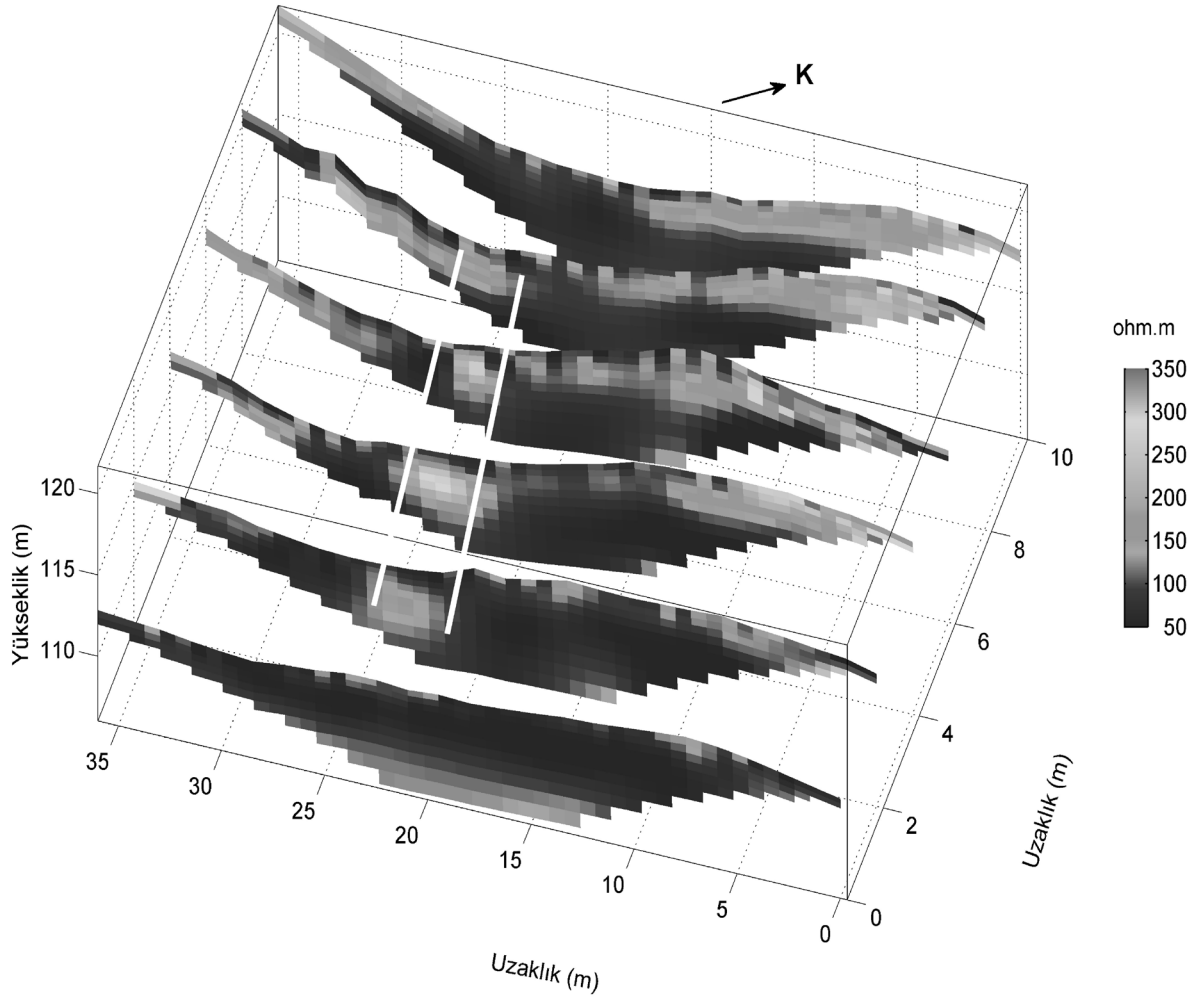
A1 Alanı

Bu alanda 3 m profil aralığı ve 1.5 m elektrot aralığı ile birbirine paralel 6 profilde veri toplanmıştır. Her profilde Wenner-Schlumberger dizilimi ile 11 seviye için 132 veri ölçülmüştür. Araştırma derinliği yüzeyden itibaren yaklaşık 8 m'dir. Ters-çözüm işleminde ve sonuçların görselleştirilmesinde profil topoğrafyaları da dikkate alınmıştır. Bu alandaki profiller kgk1, kgk2, ..., kgk6 şeklinde isimlendirilmiştir.

Verilerin ağırlıklandırılmış sönümlü en küçük kareler yöntemi ile ters-çözümünden Şekil 4'te verilen yer elektrik kesitleri elde edilmiştir. Kesitler incelendiğinde; 100 ohm-m civarında bir öz direnç arka planı içerisinde gömülü, kesit düzlemlerine dik yönde sürekliliği bulunan bir yapı dik kat çekmektedir. Bu yapının öz direnci farklı kesitlerde 200-400 ohm-m arasında değişmektedir. Bunun dışında kesitlerin 0-10 m aralığında yüzeye yakın görülen yüksek öz dirençli bölgenin, kaçak olarak kazılan ve geri doldurulan bölgeden kaynaklandığı yorumlanmıştır. Kesitlerin yaklaşık 24. metreleri civarında önerilen bölgede 2004 yılında yapılan kazı sonucunda, Şekil 5'te verilen duvar ortaya çıkarılmıştır.

A2 Alanı

Birinci dönem çalışmaları sonunda yapılan kazılarda ortaya çıkan durumun ardından, arkeolojik park olarak değerlendirilmek istenen sahada başkaca bir kalıntı olup olmadığı araştırılmak istenmiştir. Bu amaca yönelik olarak çalışma alanı daha da genişletilmiştir. Bu kapsamda A2 alanında yürütülenler kuzeyde yer alan tümülüsün güneydoğu yamacında ve 12x48 m boyutlarında bir alanda gerçekleştirilmiştir. Bu alanda toplam 8 profilde ölçüm yapılmış olup, bunlardan yamac1, yamac2, ..., yamac5 şeklinde adlandırılan beş profilin sonuçları burada sunulmaktadır. Diğer alanlarda olduğu gibi, elektrot dizilimi Wenner-Schlumberger, profil aralığı 3 m ve elektrot aralığı 2 m seçilmiştir. Araştırma derinliğini arttırmak için 25 elektrotlu ölçüm sistemi için mümkün olan en büyük n seviyesi (11) seçilerek bir profil için 132 adet görünür öz direnç ölçümü yapılmıştır. Profillerin başlangıç noktaları civarında önceki yıl yapılan kazılarda ortaya çıkarılan mezar odasının girişi bulunmaktadır. Verilerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen yer elektrik kesitleri Şekil 6'da toplu halde verilmiştir. Girişinin yeri bilinen mezar odalarının neden olduğu belirtiler kesitlerde açıkça seçilmektedir. Bu bölgede yapılan kazı çalışmalarının ilerleyen dönemlerinde arka arkaya sıralanmış üç odalı bir mezar yapısı daha ortaya çıkarılmıştır (Şekil 7). Tümülüs içerisinde bulunan kalıntılar ve bölgedeki diğer kalıntılardan sağlanan bilgiler ışığında bu mezar odalarının Mithridates sülalesinin hüküm sürdüğü



Şekil 4. A1 alanı verilerinin ters-çözümünden elde edilen yer elektrik kesitleri.
Figure 4. Resistivity sections obtained from the inversion of data at A1 site.

Helenistik dönemde yapıldığı anlaşılmaktadır (<http://www.kultur.samsun.bel.tr/>).

A3 Alanı

Samsun Büyükşehir Belediyesi tarafından arkeoloji parkı, seyir terası ve bunlarla bağlantılı teleferik projeleri kapsamında 2004 yılında ortaya çıkarılan duvar ve mezar odaları çevresinde başka bir kalıntı olup olmadığının araştırılması amacıyla incelenen alanlardan biri de tümülüslerin batısında kalan ve yaklaşık 48x40 m boyutlarındaki A3 alanıdır. Burada yürütülen doğru akım özdirenç çalışmalarında 2 m aralıklı 20 paralel profil üzerinde Wenner-Schlumberger

dizilimi ile ve 2 m elektrot aralığı ile veri toplanmıştır. Genelde çok keskin topoğrafik değişimler olmamasına karşın, özellikle profillerin baş ve son kısımlarındaki yükseklik farklarının ters-çözümüne katılabilmesi için gerekli ölçümler yapılmıştır. A3 alanında toplanan verilerin (bap1, bap2, bap3,.....,bap20) ters-çözümünden elde edilen yer elektrik kesitleri Şekil 8'de toplu olarak sunulmuştur. Kesitler incelendiğinde, neredeyse tüm alan boyunca sürekliliği olan gömülü yapılardan kaynaklanması olası belirtilere rastlanmıştır. Başlangıçtaki profillerde tek ve yavaş bir belirti görülürken, bu belirti 20. metreden sonra iki kola ayrılmaktadır. Belirli bir mimari yapı kalıntısı ile deneştirilememiş olmakla



Şekil 5. A1 alanında önerilen kazı sonucunda ortaya çıkarılan duvar.
Figure 5. The wall excavated at the suggested location at A1 site.

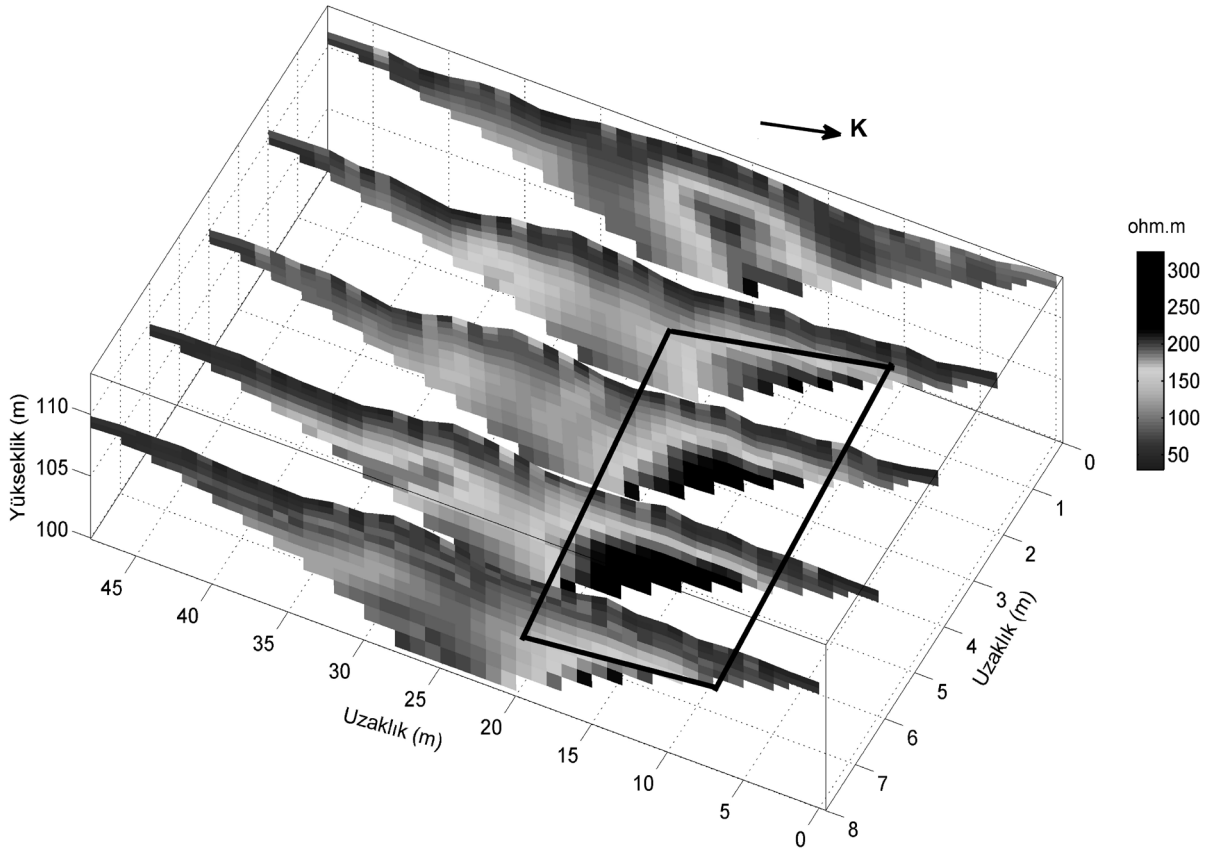
birlikte, bu belirtilerin gözleendiği alanlarda deneme amaçlı iki kazı önerilmiştir. Yapılan kazılarda herhangi bir kalıntıya rastlanmamıştır. Bu alana ait yer elektrik kesitlerinde gözlenen belirtilerin kaynağının, kazıyı yürüten ekip tarafından kazmayla kazılamayacak derecede sert şekilde tanımlanan birimden kaynaklandığı anlaşılmıştır. Alanın jeolojisi ile ilgili bir araştırma ve inceleme yapılmadığından, bu birimin nasıl bir litolojiye karşılık geldiği anlaşılamamıştır. Ancak yüksek özdirenç belirtilerine neden olması, yapısı gereği kabul edilebilir görülmüştür.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Tümölüsler, topoğrafik ve mimari özellikleri açısından jeofizik yöntemlerle araştırılması güç yapılardır. Buna karşın özel önlemler ve değişikliklerle yapılan uygulamalar ile bu tür

yapıların araştırılmasında başarılı sonuçlar alınabilmektedir. Esas olarak üç-boyutlu olarak toplanan verilerin topoğrafyalı ters-çözüm ile değerlendirilmesinin çok daha başarılı sonuçlar vereceği beklenilebilir. Verilerin değerlendirilmesinde kullanılan ağırlıklandırılmış sönümlü en küçük kareler yöntemi durağan bir ters çözüm sağlamanın yanında kolay yorumlanabilir kesitler üretmiştir. Çalışmada kullanılan elektrot diziliminin yüzeye çok yakın ve küçük ölçekli (kaçak kazı kalıntıları, çalı kökleri vb.) bozuculardan etkilendiği görülmüştür. Bu durumun önüne geçmek için aynı profil üzerinde birden fazla elektrot dizilimi ile ölçü alınabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, iki veya daha fazla jeofizik yöntemin bir arada kullanılması gibi uygulamaların daha başarılı sonuçlar üreteceği söylenebilir.

Birinci dönem (2004) çalışmaları sonunda özellikle A1 alanında tanımlanan belirti dikkate değer



Şekil 6. A2 alanı verilerinin ters-çözümünden elde edilen yer elektrik kesitleri.
Figure 6. Resistivity sections obtained from the inversion of data at A2 site.

görülerek kazı önerilmiş ve takip eden aylarda burada yapılan kazı çalışmalarında kireçtaşından yapılmış ve metal bağlantı elemanları ile sağlamlaştırılmış 50 cm eninde 70-130 cm yüksekliğinde bir duvar ortaya çıkarılmıştır. Mezar odasının doğrudan yerinin bulunması tümülüsün yapısı ve veriye topografyanın pozitif ve negatif etkileri dolayısı ile oldukça güçtür (Erdoğan vd., 2008). Bu nedenle birinci dönem çalışmalarında doğrudan mezar odalarının yerinin bulunması yerine, muhtemel girişin yerinin bulunması umut edilmiştir. Ancak bu beklentiyi sağlayabilecek bir ize rastlanmamıştır. İlk kazı döneminde kuzeydeki tümülüsün girişinin bulunması üzerine çevresinde genişletilerek yapılan jeofizik çalışmalarda, kazılar ile ortaya çıkarılan iç içe üç odadan oluşan mezar yapısının izleri açıkça belirlenmiştir. Jeofizik çalışmalar ve ardından yapılan kazı çalışmaları ile ortaya çıkarılan yapılar

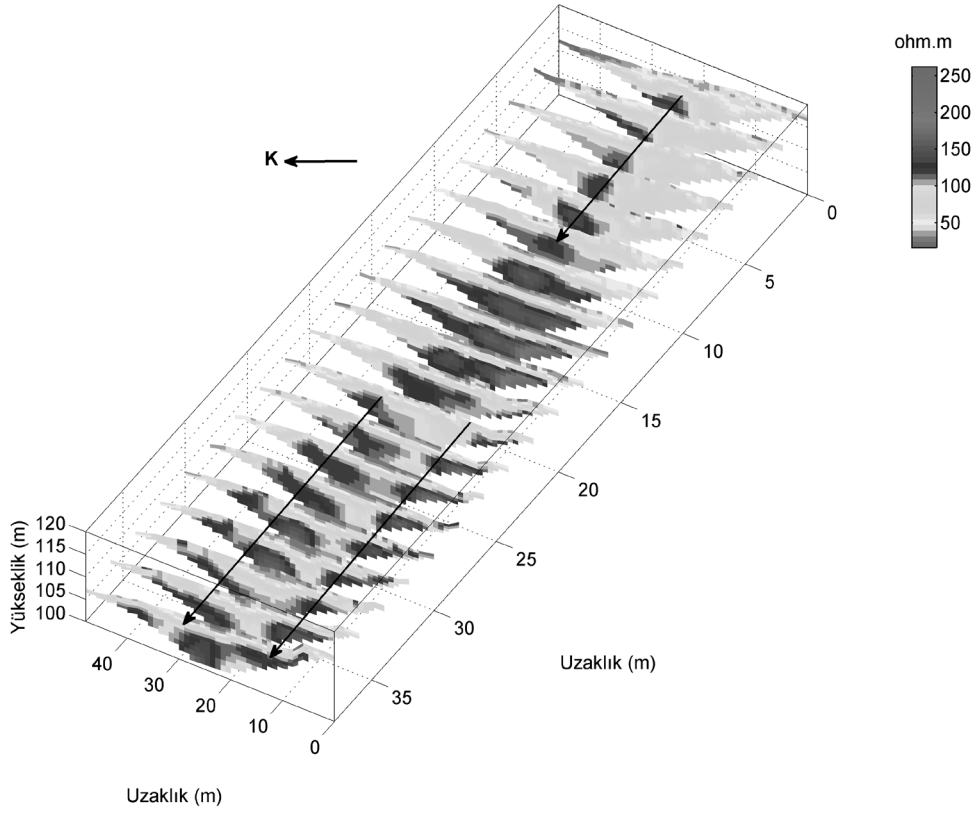
dışında bir kalıntıya rastlanmadığından tümülüslerin etrafının, seyir terası, teleferik altyapısı gibi inşaat çalışmalarına açılacağı yönünde öneride bulunulmuştur. Projenin tamamlanmasının ardından mezar odaları düzenlenerek arkeolojik park adı altında ziyarete açılmıştır.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, arazi çalışmaları süresince kendilerini en iyi şekilde ağırlayan ve her konuda yardımlarını esirgemeyen Samsun Büyükşehir Belediye Başkanlığı'na ve ölçüm aletlerini kullanma olanağı sağlayan Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na teşekkür ederler.



Şekil 7. A2 alanında 2005 yılı kazılarında ortaya çıkarılan mezar odası (Ünan, 2009).
 Figure 7. Sepulture exposed during the 2005 excavations (Ünan, 2009).



Şekil 8. A3 alanı verilerinin ters-çözümünden elde edilen yer elektrik kesitleri.
 Figure 8. Resistivity sections obtained from the inversion of data at A3 site.

KAYNAKLAR

- Akca, İ. ve Gündoğdu N. Y., 2004. Baruthane Tümülüslerinde yapılan jeofizik incelemeler sonuç raporu. Samsun Büyükşehir Belediyesi, Ankara (yayımlanmamış).
- Başokur, A.T., 1992. Magnesia ve Meandrum (Ortaklar) Argavlı Tümülüsü'nde jeofizik araştırmalar. T.C. Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü, VIII. Arkeometri Sonuçları Toplantısı Bildiriler Kitabı, Ankara, s. 71-80.
- Candansayar, M. E., 2002. Sönümlü en küçük kareler ve eşlenik türev algoritmalarının ardışık kullanımı ile manyetotellürik verilerinin düzgülendiricili iki boyutlu ters çözümü. Doktora Tezi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara Üniversitesi, Ankara (yayımlanmamış).
- Candansayar, M. E., and Başokur, A. T., 2001. Detecting small-scale targets by the 2-D inversion of two-sided three-electrode data: application to an archaeological survey. *Geophysical Prospecting*, 49, 13-25.
- Ercan, A., 1999. Eğmir Helenistik (Lidya) dönemi yatırında (Tümülüs) arkeojeofizik araştırmalar Denizli-Türkiye. *Jeofizik*, 13, 31-49.
- Erdoğan, E., Demirci, I., and Candansayar, M. E., 2008. Incorporating topography into 2D resistivity modeling using finite-element and finite-difference approaches. *Geophysics*, 73 (1), F135-F142.
- Fox, R. C., Hohmann, G. W., Killpack, T. J., and Rijo, L., 1980. Topographic effects in resistivity and induced-polarization surveys. *Geophysics*, 45, 75-93.
- İlkışık, M., Bayrak, M., Başaran, S., Başokur, A.T. ve Uluggerli, E., 1995. Enez-Çataltepe tümülüsünde elektromagnetik-VLF ve elektrik araştırmalar. *Jeofizik*, 9 (1-2), 19-23.
- Loke, M.H., and Barker, R.D., 1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a Quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 44, 131-152.
- Menke, W., 1984. *Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory*. Academic Press, Orlando.
- Papadopoulos, N. G., Yi, M.J., Kim, J.H., Tsourlos, P., and Tsokas G.N., 2010. Geophysical investigation of tumuli by means of surface 3D electrical resistivity tomography. *Journal of Applied Geophysics*, 70, 192-205.
- Pelton, W.H., Rijo, L., and Swift, C.M.J.R., 1978. Inversion of two-dimensional resistivity and induced-polarization data. *Geophysics*, 43, 788-803.
- Pınar, R., and Akçığ, Z., 1997. Geophysical investigation of Kösemtuğ Tumulus, Bandırma, (Northwest Turkey). *Archaeological Prospection*, 4, 15-23.
- Samsun Büyükşehir Belediyesi, 2010. <http://www.kultur.samsun.bel.tr/programlar/amisos/amisos2.htm>, 10 Temmuz 2010.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E., 1991. *Applied Geophysics*, Cambridge University Press.
- Tonkov, N., and Loke, M.H., 2006. A resistivity survey of a burial mound in the 'Valley of the thracian kings'. *Archaeological Prospection*, 13, 129-136.
- Tripp, A.C., Hohmann, G.W., and Swift, C.M., 1984. Two-dimensional resistivity inversion. *Geophysics*, 49, 1708-1717.
- Tsourlos, P. I., Szymanski, J. E., and Tsokas, G. N., 1997. The effect of terrain topography on commonly used resistivity arrays. *Geophysics*, 64, 1357-1363.
- Ünan, S., 2009. Samsun-Dondortepe tümülüsü. *MASROP E-dergi*, 4, 1-18.

