

# DOĞU ROMA (BİZANS) BÜYÜK İMPARATORLUK SARAYININ JEOFİZİK YÖNTEMLERLE ARANMASI

## Archaeogeophysical Prospectings For Great Empire Palace Of Eastern Roman (Byzantine) Empire

Ahmet ERCAN<sup>1,2</sup> ve Özer KENAR<sup>3</sup>

### ÖZET

Sultanahmet semti Doğu Roma'dan (Bizans) Osmanlı'ya dek tarihsel dönemlerin birbiri üstüne binmiş uygarlık kalıntıları ile kaplıdır. Çalışmanın konusu olan Doğu Roma Büyük İmparatorluk Sarayı'nın (BİS) üzerinde, bugün Sultanahmet Camisi güneyi, Arasta Çarşısı, Arasta, Şifa hamamları ve Sokullu Sarayı'nın kalıntıları yer alır.

Çalışma alanı içinde Osmanlı ve Doğu Roma döneminden kalma gömülü kalıntıları aramak üzere, elektrik, sismik ve polarizasyon yöntemlerinde oluşan jeofizik araştırmalar yapılmıştır. Arazinin tabanında Paleozoik yaşlı grovaklar ve bozuşmuş kesimi, onun üzerinde geçmiş uygarlık molozları ve arkeolojik kalıntılar ve örtü bitkisel toprak yer alır. Tarihsel moloz ya da arkeolojik kalıntı üzerinde, özdirenç değerleri ve sismik hız yüksek, dalga geliş zamanı erken, polarizasyon açıları 90° uçaşmaktadır. Ancak, arkeolojik kalıntı üzerinde yukarıdaki parametrelerin genliği büyüdüğü gibi anomalileri de keskinleşmektedir. Bu görünüşleri ile molozdan ayrılabilir. Sismik yöntemle  $x = 3$  m'lik açılım için  $t_p$  geliş süresi ortalama 6.5 milisaniye iken, arkeolojik kalıntı-

### ABSTRACT

Sultanahmet region of İstanbul – Turkey, is surrounded with remainings of many civilizations from Eastern Roman (Byzantine) to Ottoman periods. Southern part of Sultanahmet Mosque, Arasta Bazaar, Turkish baths and ruins of Sokullu Palace take palace on the land where Byzantine Palace had situated in the past.

Combined geophysical technics such as D.C. electric, seismic and self potential were run with different combinations. Overburden layer consists of artificial fills of remanent of old civilizations and top soil over the Paleozoic aged graywayk known as Thrace formation.

There were observed higher resistivity and seismic velocity and sooner travel time and 90° polarization anomalies while crossing such archeological discontinuities. Anomalies are relatively distinct and sharp and have higher amplitudes on the hidden structures but are smoother over the artificial fill. Therefore, they can be distinguished whether it is important or not. Two way travel time happen to take average value of 6.5 milliseconds which reduces

1 Yeraltı Aramacılık, Spor Cd. Acısu Sk. No. 9/2 Maçka 80680 Beşiktaş, İstanbul.

Tel: 0212/227 77 19 – 20 Faks: 0212/ 259 45 80

2 İTÜ Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ayazağa, İstanbul.

3 Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

lar üzerinde 5.5 milisaniyeden erken, dolgu toprak üzerinde 6.5 milisaniyeden geçtir. Sismik ölçülerden dolgu kalınlığı batıda 2, doğuda 8 metre bulunmuş olup, tabanda grovaxların yüzeye ğimi 5° ile doğuya doğru eğimlidir.

Birleşik yorum, BİS'e giden giriş tünelinin çalışma sahası içinde olduğunu göstermiştir. Giriş tüneli merdivenlerinin bulunduğu yerden kuzeye doğru uzanan jeofizik süreksizliğin tarihsel moloz yığını olduğu sanılmaktadır. Moloz, farklı zamanlarda örtülü katmanlar ya da öbek öbek yığıntılar biçiminde arazinin çeşitli yerlerinde dağılmış olarak bulunur. Bunların dışında çalışma alanında başkaca arkeojeofizik işaretlere karşılaşılmamıştır.

to the level of 5.5 and increases up more than 6.5 milliseconds over the hidden walls and fills, respectively.

It was found that paleotopographic slope inclined 5° to the east and has a depth of 2 meters at Western and 8 meters at Eastern sides of the study area. Combined interpretation indicate that entrance to the tunnel which goes into the Byzantine palace is beneath the study area. Geophysical discontinuity, aligning between the strairway to the north was considered to be consisting with artificial fill. Such fills could be remanents of different periods which were piled in dome or sink – fill forms, mostly in eastern part. There does not exist any other archeological remanents in the field.

## GİRİŞ

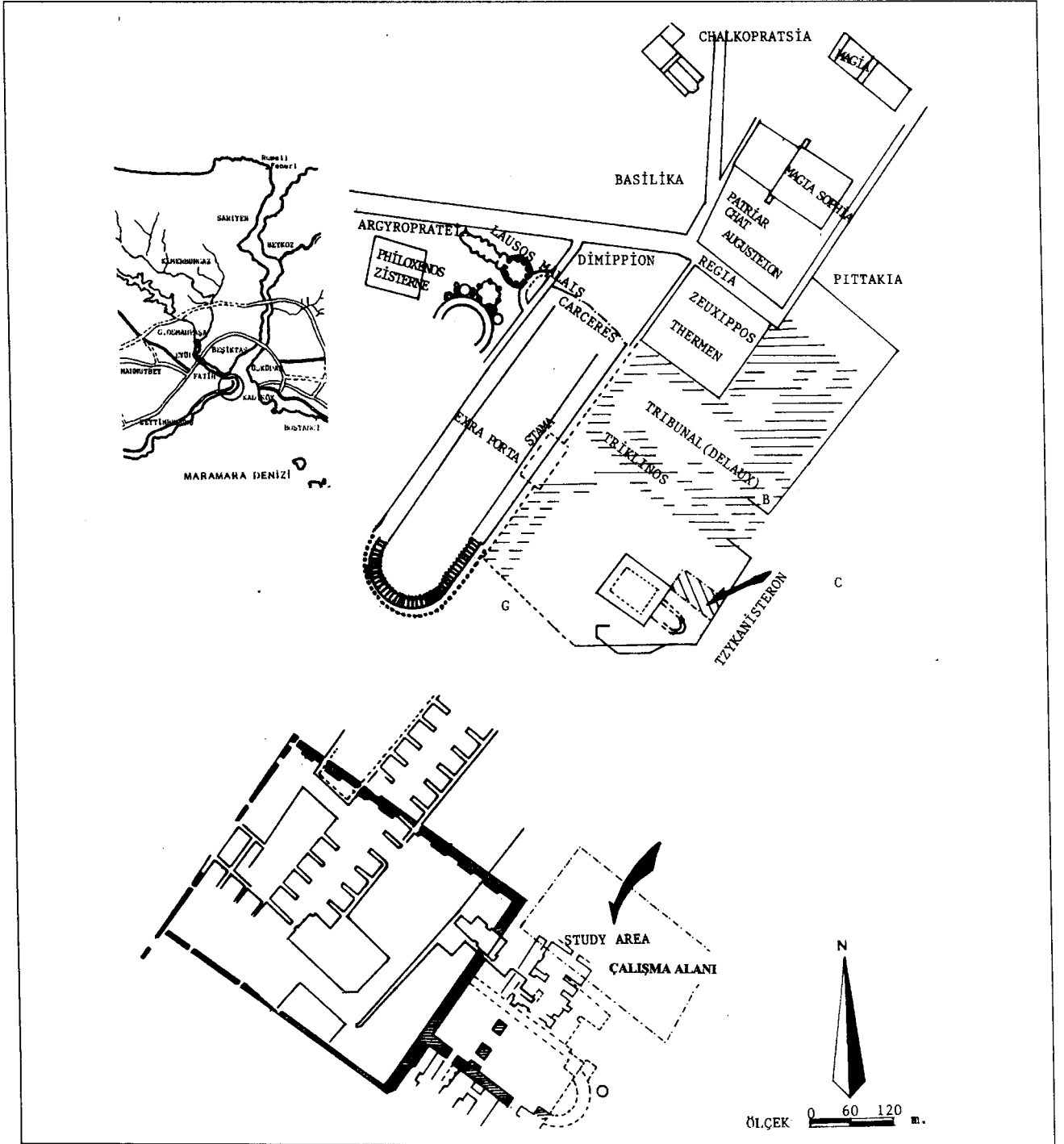
**Amaç ve Konum:** Osmanlı döneminde Sokullu Mehmet Paşa Sarayı arazisi altında Doğu Roma İmparatorluğu'ndan kalma Büyük İmparatorluk Sarayı (BİS) ve Külliyesinin aranması arkeo-jeofizik çalışmanın konusudur. İstanbul ili, Eminönü İlçesi, Sultanahmet Mahallesi'ndeki çalışma alanının kuzeybatısında Toprak (Yeni Torun Sokak) Mozaik Müzesi ve Sultanahmet Camisi, güney batısında Tunuslu Mahmut Paşa Konağı (Orman İdaresi) güney ve güneydoğusunda Akbiyik Caddesi ve Kabasakal Sinanağa Mahallesi (Cankurtaran) kuzeydoğusunda Sokullu Mehmet Paşa Sarayı arsa uzantısı yer alır (Şekil 1 ve 2). Sokullu Mehmet Paşa Sarayı'nın mahkeme tutanaklarına göre, sarayın çevresi duvarlarla çevrilidir. Sarayın altında cephanelik, dört büyük özel bölük ahır ve yaklaşık binbeşyüz arabalık ot alabilen ahır bodrumu ve bir büyük mahzen, karşılıklı iki has ahır içinde bir kuyu yer almaktadır.

### Doğu Roma İmparatorluğu Dönemi

Bizans döneminde bugünkü Sultanahmet'in çevresi şöyledir. Bugünkü Dikilitaş ve Alman Çeşmesinin olduğu yerde, At Koşu Alanı (Hipodrom), kuzeydoğuda (Hagia Sophia) ve Yerebatan (Basilika) ve güneyde BİS

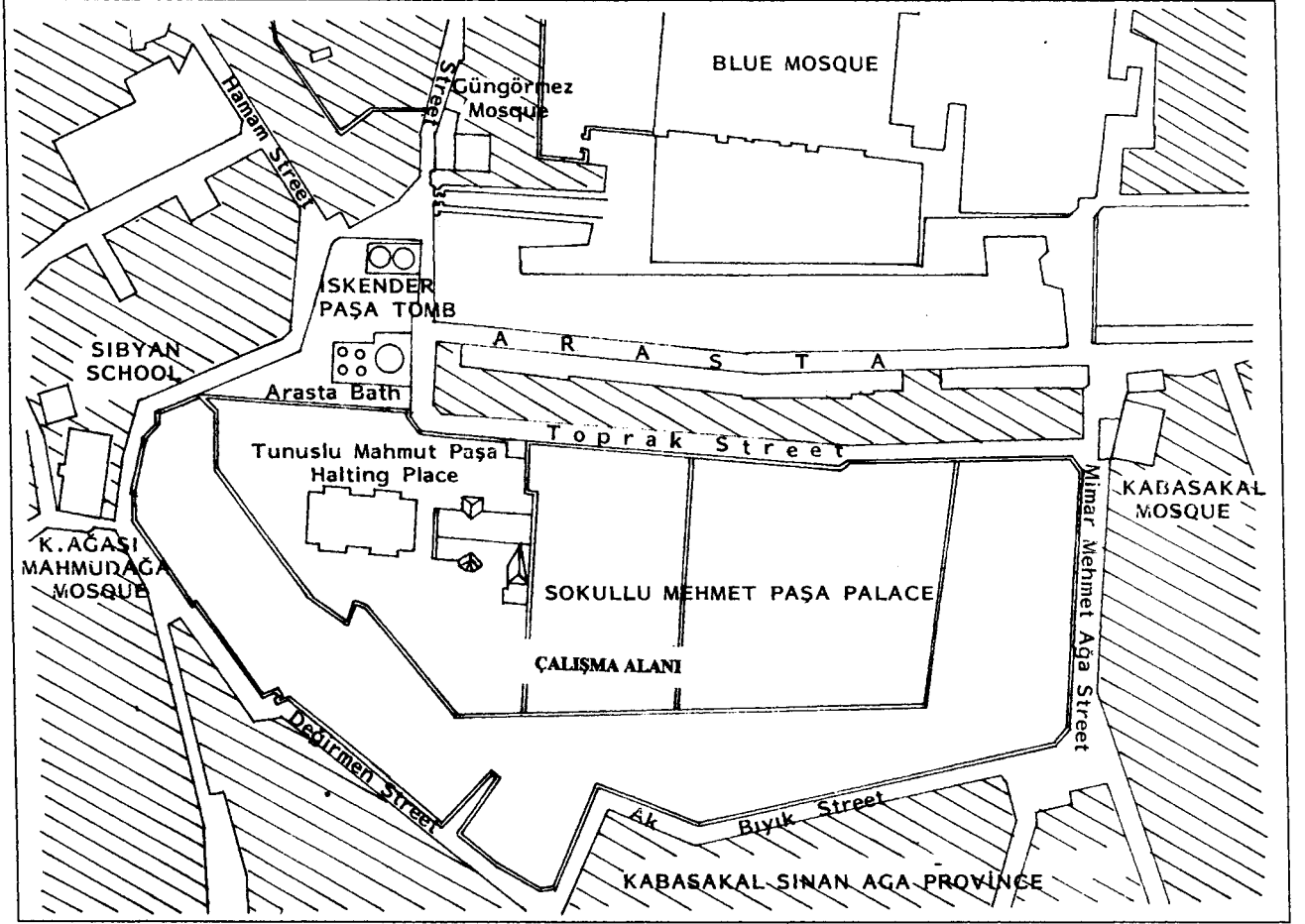
yer alır (Şekil 1 ve 2). Bugünkü Şifa Hamamı ve Arasta Hamamı ve Arasta Çarşısı ile güneydeki Tunuslu Mahmutpaşa Konağı tam BİS üzerinde yer almaktadır (Şekil 1 ve 2). Sarayın 4 ile 5. yüzyıllar arası yapıldığı sanılmaktadır (Brett et al. 1947a, b; Rice 1958; Müller 1977; Eyice 1988 ve 1997 ve Jobst 1997). Kuzeydeki Mozaik Müzesi BİS'in bir parçasıdır. Sarayın oval güneydoğu çıkıntısı bugünkü Orman Bakanlığı arsası altında kalmaktadır. Oval çıkıntısının kuzeydoğusunda sürekli çizgi ile çizilen girintili çıkıntılı dehlizler çalışma alanı altına kadar sokulur. Belkide kuzeydoğuya doğru devam eder. İşte bu devamlılığı araştırmak üzere arsada jeofizik çalışmalar yapılmıştır.

**Bugünkü Durum:** Sokullu Sarayının olduğu yerde, geçmiş saraydan salt birkaç kalıntı vardır. Bunlar; Toprak Sokağa açılan sarayın giriş kapısı Toprak Sokak boyunca yıpranmış, yer yer yıkılmış çevre duvarları, arsa ortasında yaklaşık 4x4x3 metre boyutunda eski ve içine merdivenle inilen olasılıkla Osmanlı döneminden kalma boş bir oda, bu odanın 10 metre güneydoğusunda merdivenle inilen BİS'na giden dehliz girişi, güneyde dehlizlerin hava bacaları ve yıkılmış bir binanın temelleri. Güneyde, BİS dehlizleri ve kalıntıları üzerine inşaatına başlanan ve yarım kalan Orman Bakanlığı yapısı; doğuda, Cankurtaran'a bakan kalın destek duvarı yer alır.



Şekil 1. İstanbul, Eminönü yarımadası üzerinde, boğaz girişine bakan çalışma alanı konumu (Daire içindeki alan) (sol üst), Bizans döneminde Sultanahmet ve dolay. Güneyde Bizans Sarayı ve çalışma alanı. Ok çalışma alanını gösterir (sağ üst). Bizans Sarayı (taralı çerçeve), onun üzerine oturmuş olan Osmanlı Eserleri (sürekli çizgiler) ve çalışma alanı (kesikli çizgiler).

Figure 1. Constantinopolis (İstanbul), Eminönü peninsula and antique settlement of Byzantine period in Sultanahmet region and plan view of Sultanahmet square during the Byzantine period. Byzantine Palace and investigation site located on the south. Arrow indicates the study area. Byzantine Palace (shaded area) and superpositing on Ottoman buildings (with continuous lines) and study area (with dashes).



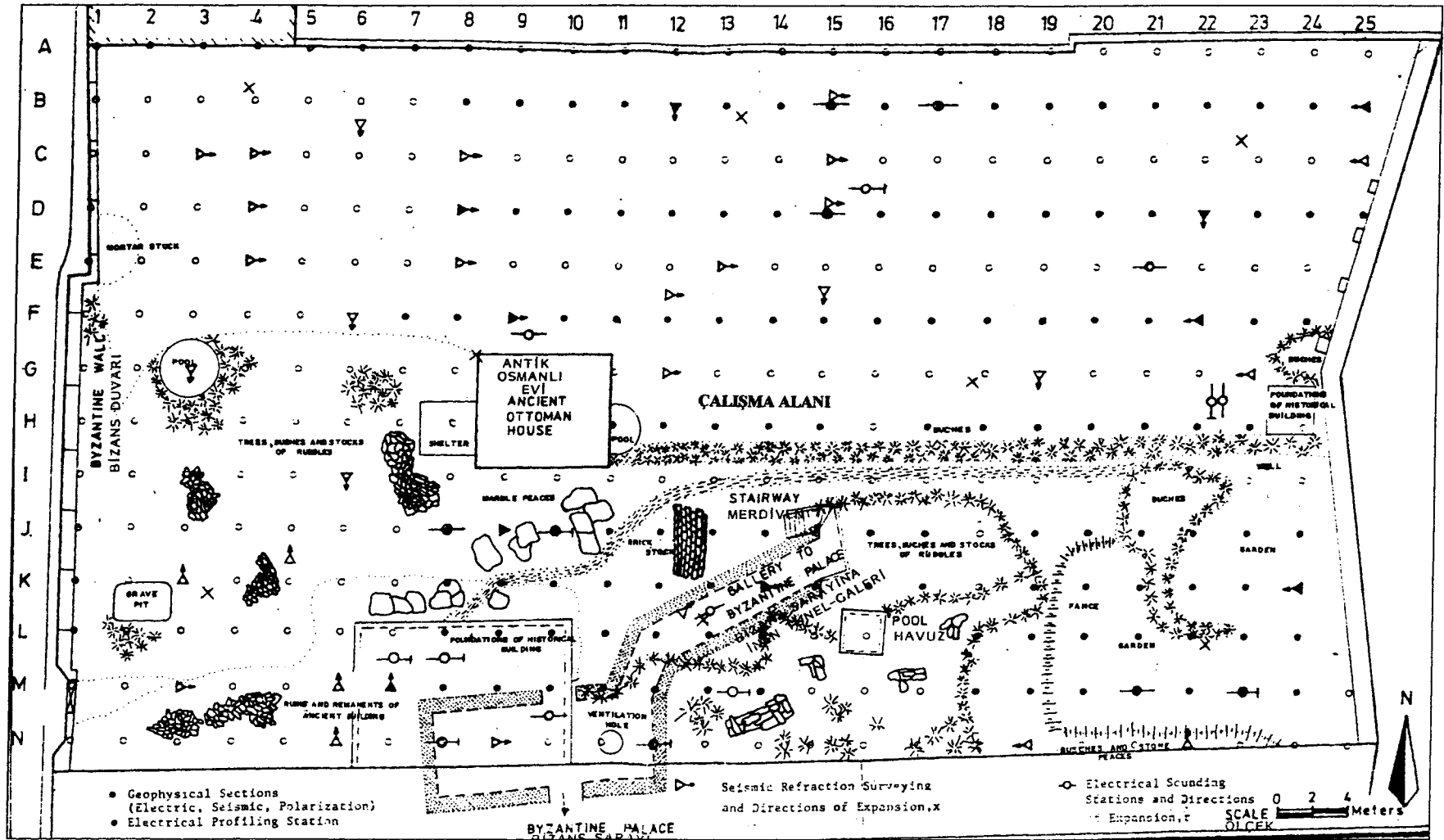
Şekil 2. Sultanahmet Meydanı'nda Sokullu Mehmet Paşa Sarayı'nın arazisini gösteren Vaziyet Planı.  
Figure 2. Sultanahmet square, plan showing the site belonging to Sokollu Mehmet Paşa Palace.

Bunun dışında arsada inşaat artığı molozlar, eski mermer, tuğla, harç ve taş parçaları, tuğla ve taş yığınları yer alır. Boş olan kesimde, incir, nar, gibi meyve ağaçları ve bir köşesinde sebze bahçesi, güre ve çalılıklar yer alır (Şekil 3). Bizans Mahzenine 1.80 m genişliğinde 9 basamaklı batıdan doğuya açılan ve güneye dönen bir merdivenle inilir. 3.2 x 1.8 m genişliğindeki boşluk batıya doğru eğimli ve 2.25 m genişliğinde 11.75 metre boyunda bir galeri ile sürer ve 2 m boyunda güneybatıya bir dirsek vererek geniş bir odaya açılır. Odanın giriş ağzı 2.10 metre doğu-batı uzanımlı boyutu 4.5 x 12.4 metre (56 m<sup>2</sup>)'dir. Bu odanın üzerinde K noktasında ve giriş galerisindeki E noktasında havalandırma bacaları yer alır. Odanın hem kuzey ve hem de güney duvarlarında kemerli 1.90 m genişlikli mahzen girişleri yer alır. Kuzeydeki giriş toprakla örtülüdür.

**Arazinin Bugünkü Yüzey Yükseltisi:** Arsanın denizden ortalama yüksekliği  $26 \pm 2$  m'dir. Batıdan doğuya (% 1 - % 7) yüzde eğim, (0.5 ile 4°) açısız eğimli arazide en yüksek yeri dış kapı ağzı (28.85 m) en düşük yeri 25.85 m ile güneydoğudaki mandıra önündedir. Düzya da düze yakın olan arazide en yüksek yer ile en düşük yer arasında yükseklik farkı 3 metredir. Bu yükseklik, arazinin ilksel morfolojisinden çok, batıya yığılmış moloz yığınlarından kaynaklanır.

#### YERYAPISI

Çalışma alanının bulunduğu kesimde temel kaya Trakya Formasyonu diye bilinen İstanbul Paleozoikini yansıtan kum taşları (şeyl (grovak))'tır. Genelde ilk 10 metresi bozuşmuş olan grovakta, çatlaklar 50 metre de-



Şekil 3. Çalışma alanının bugünkü durumu ve jeofizik ölçü noktalarının dağılımı.  
 Figure 3. Present projection of the study area and distribution of the geophysical stations.

rine dek gelişebilmektedir. Çoğunlukla, çatlaklarında nemlilik ve az miktarda su içerebilir. Tüm İstanbul – Eminönü yarımadasında olduğu gibi arazinin üzerini geçmiş uygarlıkların kalıntılarının karışımı olan moloz bir dolgu dönemselliklerle örter. Molozlar taş (genellikle maktralı kireçtaşı), tuğla, testi parçaları, harç, mermer parçaları, irili ufaklı çakıl, mozaik gibi karışımlardır. Bunlar kimi yerlerde düzenli yığınlar kimi yerlerde gelişigüzel dağılmış olarak görülürler. Arsa içinde molozların üzerine 1.8 ile 1.5 m kalınlığında kil, kum ve ince taneli gereçten olmuşmuş bitkisel toprak gelir.

KG doğrultulu normal faylar tepeden denize doğru inen yüzey biçiminin basamaklı oluşmasına yardımcı olmuştur. Bunlardan, biri arazinin ortasından 2–3 metrelik atımla, diğeri arazinin doğusundan 7–8 metre atım ile geçer.

## JEOFİZİK ARAŞTIRMALAR

Yeraltı süresizliklerini fiziksel özellik değişimlerinden yararlanarak belirlemeye dayanan jeofizik yöntemler, etkin ve edilgen (active ve passive) ölçümler olarak yüzeyden uygulanmıştır. Çalışma alanında yapay kaynaklı sinyal alış–verişine dayanan elektrik ve sismik ile doğal kaynaklı sinyal algısına dayanan polarizasyon yöntemleri farklı uygulama biçimleri kullanılarak uygulanmış, sonuçları birleştirilerek yorumlanmıştır.

### Elektrik Yöntemler

Yer içinde doğru akım elektrik akımının geçişine karşı yeraltı süresizliklerinin gösterdiği farklı dirençlerin belirlenmesini içerir. Doğru akım elektrik öz direnç yöntemleri, çalışma alanında üç türde uygulanmıştır: a. Elektrik delgi (Sounding) – ROA (z), b. Elektrik kaydırma (Profiling) – ROA (x), c. Elektrik haritalama (Mapping) – ROA (x, y). Yaklaşık DB doğrultusunda uzanan alanda, 19 noktada elektrik delgi, 126 noktada elektrik kaydırma, 312 noktada elektrik haritalama ölçüsü alınmıştır (Şekil 3). Delgi kaydırmalarda Løgn (Yarım Schlumberger) dizilimi için  $r_{\infty} = 500$  m boyunda ve doğu kesimde serili duran kaynak kullanılmıştır. Yer yer Schlumberger dizilimine geçilmiştir. Elektrik kaydırmalarda, Yarım Schlumberger dizilimi ve DB doğrultulu serim uygulanmıştır. Haritaların ölçümlerinde KG doğ-

rultulu akım kolu serimi araziye iki eşit parçaya bölmüş, ölçümler KG doğrultusunda uzanan 25 doğrultu boyunca alınmıştır. Taş yığınları, girilmeyen çalılık ve beton temelleri denk gelen yerlerde ölçüler atlanmış ve buradaki değerler ara değer bulma ile kestirilmiştir.

### Sismik Yöntemler

Yer içinden sismik dalga geçişine karşı yer süresizliklerinin gösterdiği ayrı tepkilerin belirlenmesini kapsar. Sismik yöntemler, çalışma alanında üç türde uygulanmıştır: a. Sismik kırılma, b. sismik yansıma, c. sismik kaydırma. Çalışma alanında tek kanallı, darbeli Geometrics – Nimbus taşınabilir sismografiyle ölçüler alınmıştır. Hesaplamalarla kritik evreler belirlenmiştir. Buna göre vuruş noktasından, 2 m uzaklıktan sonra kırılan, tam yansımaya uğramış dalgalar ilk geliş olarak, daha sonraki yüksek erkli varışlar da yansıma dalgaları olarak alınmıştır.

**Sismik Kaydırma.** Durağan kaynak – (Jeofon) duyaç aralığı (x) için sarsım sinyalinin gidiş–geliş zamanı (t)'nin ölçülmesine dayanır. Böylece, süresizlik konumu, boyutu, uzanış ve biçimi belirlenmiştir. Sismik kırılma ölçüleri 1'er metrelik aralıklarla 39 noktada DB ve KG doğrultulu açılımlarla, sismik yansıma ölçüleri 312 noktada, sismik kaydırma ölçüleri x = 3 ve 6 m için yaklaşık 624 noktada uygulanmıştır.

### Uçlaşma (Polarizasyon) Yöntemleri

Doğal Uçlaşma, Self Potential (SP) olarak da bilinen bu yöntem, yeraltında iletkenlik, iyon konsantrasyonunu, sıcaklık ve basınç farklılığından doğan doğal uçlaşma akımlarının yansıttığı doğal gerilimin, bir noktaya göre göreceli ölçülmesini kapsar. Böylece, süresizliğin yeri, derinliği ve fiziksel süresizlik açısı bulunur. Ölçüler, a. Yığma (Stacking), b. Türev (gradient) biçiminde uygulanır. Yığma ölçümlerinde; göreceli V– gerilim değeri, türev ölçümlerinde ölçü noktaları arasındaki gerilim düşümü  $\Delta V / \Delta x$  ölçülmüştür. Yıgımsal gerilim değerleri ve türev değerleri 312 noktada 0.1 mV duyarlıkla ölçülmüştür. Her iki ölçüde de ölçme KG doğrultusunda sürdürülmüş, bağlama noktası kuzeydeki arsa içinde seçilmiştir.

## KALINTILARIN SİMGESEL JEOFİZİK TEPKİLERİ

### Elektrik Dalgısı

Yer yer moloz, inşaat artığı ve kazı ürünü olan üst toprak, oturmuş ve orta-sert'tir. Elektrik özdirenci sıklığına, kuruluğuna, karışımına göre  $220 \pm 50$  Ohm-m, kalınlığı 0.8 ile 1 metre arasında değişir. Yüzey toprağı altında kısmen gevşek ve nemli toprak yer alır. Elektrik özdirenci  $75 \pm 25$  Ohm-m arasında olup göreceli olarak iletkenidir. Kalınlığı  $1.3 \pm 0.5$  metre arasında değişir (Çizelge 1). Sözü edilen yapay topraklar altında ya da gömülü olarak Orta Çağa özgü arkeolojik kalıntılar ya da arazinin olağan jeolojik kaya olan paleozoik yaşlı kumtaşları (grovak) yer alır.

Yapay kalıntılar; taş ve tuğladan yapılmış içi dolu ya da boş galeri ya da odacıklardan oluştuğu için süreksizliğin türüne göre simgesel yükselim ve düşümlü bir biçim içerirken, ana kayadan oluşan belirtiler, simgesel bir temel yükselimi ve sonlu bir özdirençle bitmektedir (Şekil 4 ve 5).

### Simgesel Elektrik Polarizasyon ve Sismik Tepkiler

Yatay yönde elektrik ve sismik özelliklerdeki değişim içi boş tünel ve molozun ayırt edilmesini sağlayıcı işaretler vermektedir.

Dirençli süreksizlik üzerinde elektrik özdirenç yükselmekte,  $t_p$  sismik dalga geliş zamanı düşmekte, sismik dalga hızı artmaktadır. Uçlaşma yön değiştirmektedir, (dirençli kesim üzerinde artı elektrik alan) (Şekil 6). Düzenli yapı yerine moloz olması durumunda, elektrik özdirenç değeri 2-2.5 kat küçülmekte, ancak sismik geliş zamanı ve hız çok etkilenmemekle birlikte belirti genişliği artmaktadır (Şekil 6).

Simgesel hız değerleri için kritik açı değerleri  $31^\circ$  ve  $48^\circ$ 'dir. Kritik açının bu değerleri için yansımaya uğrayan dalgalar yeryüzünde kaynaktan yaklaşık 2 m uzaklıktan, tam yansımaya uğramış dalgalar ise yaklaşık 13 m uzaklıktan sonra algılanmıştır. Çalışma alanında Bizans döneminden kalma duvarlar üzerinde yapılan hız deneyinde ise P dalga hızı  $2500 \pm 100$  m/s, S dalgasının hızı ise  $1800 \pm 100$  m/s olarak elde edilmiştir.

### Kazı – Jeofizik İşaret Uyumu

Jeofizik ölçülerin duyarlılığını belirlemek ve jeofizik haritalara gerçekçi yorum getirmek üzere D 13.5 noktasının doğu-batısı doğru önceden açılmış 2.5 metre derinliğindeki çukurdaki zemin kesiti incelenmiştir. Çukurdaki kesit ile bu çukuru en yakın D 15 noktasında çekilen Schlumberger elektrik dalgısı karşılaştırılmıştır. Sonuçlar ile çukur kesiti arasında iyi bir uyum gözlenmiştir. Eğri biçimi HKH türüdür (Şekil 4 ve 7).

1. Katman, bitkisel tarım toprağı olup, elektrik özdirenci 330 Ohm-m, kalınlığı 1.3 metredir.

2. Katman, kısmen nemli, çakıl ve çakıl boyutunda dolgu gereçlerinden oluşmuştur. Elektrik özdirenci 165 Ohm-m kalınlığı 1.7 metre, taban derinliği 3 metredir.

3. Katman, 3750 Ohm-m ile dirençlidir. Bu katmana giriş derinliği 3 metre, katmanın kalınlığı 60 cm olup, eski zaman inşaat artıklarının oluşturduğu, küp, testi parçacıkları, tuğla, taş harç parçaları ve çeşitli eski inşaat artıklarından oluşmuştur. Çok düzenli bir belirti veren bu molozların, elektrik haritada gözlenen yüksek görünür özdirenç belirtisini yaratan kaynak olduğu sanılmaktadır.

4. Katman, iletken olup 60 Ohm-m özdirencindedir. 3.6 metrede girilen bu katmanın kalınlığı 8.4 metre, taban derinliği 12 metredir. Alttaki Paleozoik kumtaşı ve şeylin bozuşmuş ürünü olan bu birimin genellikle kili ve nemli olması beklenir.

5. Katman, 280 Ohm-m ile orta dirençlidir. Paleozoik kumtaşları olması beklenen bu birime giriş derinliği 12 metredir.

### YERALTI JEOFİZİK KESİTLERİ

Olası süreksizlik eksenleri KG doğrultusundadır ve buna dik DB doğrultusundaki M, L, K, J, H, F, D ve B yeraltı jeofizik kesitleri çıkarılmıştır. Bunlardan J, L Şekil 8 ve 9'da verilmiştir. Kesitlerde yukarıda yeraltının ayrı fiziksel özellik ve ayrı ölçüm türlerine göre jeofizik tepkileri, altta bunların değerlendirilmesinden çıkarılan yeraltı yapısı sunulmuştur. Yukarıdan aşağıya doğru, sözü edilen jeofizik tepkiler;

**Çizelge 1. Sultanahmet arkeolojik alanındaki doğal ve yapay birimlerin simgesel jeofizik özellikleri.**  
**Table 1. Typical geophysical values of various materials in the Sultanahmet archaeological site.**

Birim	Kalınlık H (metre)	Elektrik Özdirenç RO (ohm-m)	Sismik Hız V1 (m/sn)	tp x = 3 m. (msec)
<b>ÜST TOPRAK</b>				
Kum, taş, moloz, eski kazı toprağı, inşaat artıklarından oluşan karma topluluk	0.8 - 1	220 ± 50	325 ± 75	15 ± 5
<b>DOLGU TOPRAK</b>				
Eski kazı artığı, orta-sıkı, gevşek, nemli, kum, taş kırığı	1.5 - 6	75 ± 25	445 ± 50	10 ± 2
<b>TEMEL KAYA</b>				
Paleozoik kumtaşı, şeyl, grovak üst kesimi bozuşmuş	-	500 ± 100	600	
<b>ARKEOLOJİK KALINTILAR</b>				
Taş ve tuğladan yapılmış örme duvar, eski taş-tuğla yığintıları	0.5 - 6	750 ± 250	1000 ± 150	6 ± 1

1. En üstte, elektrik kaydırma eğrileri yer alır. Bunlardan kesikli çizilen duran kaynak (stationary source S.S.) sürekli çizilen gezen kaynak (moving source M.S.) için elde edilen tepkileri sunmaktadır. Her ikisinde de ölçü alma aralığı 3 metre olmakla birlikte S.S.'de ölçüm doğrultusu KG, M.S.'de DB'dir.

2. Ortada, sismik tepki eğrileri yer alır. Bunlardan sürekli eğri  $V_{2p}$ , örtü altı (ikinci katman) P-dalgası hız değişimini, kesikli eğri ise  $x = 3$  m alıcı-verici aralığı için sismik dalga geliş zamanı ( $t_3 - msn$ ) olarak yansıtır.

3. Altta, yerin SP eğrisini yansıtır. Sürekli eğri Polarizasyon gerilimini, basamaklı olan türevini yansıtır.

4. Tabanda, yer alan ve jeofizik verilere göre hazırlanan kesit ise yukarıdaki belirtilerin değerlendirilmesinden ve kazı sonuçlarından çıkarılan süreksizlik yorumlarını içerir.

Kesitte, kesikli çizgi sismik ölçülerden çıkarılan yeraltının olasılıkla yapılaşma öncesi morfolojisini yansıtır. Çemberler, polarizasyon mekanizmasını belirtir.

### İşaretler Arası Uyum

Jeofizik işaretler arasında bir uyum vardır. Bu uyum, dirençli süreksizlikler üzerinde; özdirenç değerleri büyük,  $t_3$  sismik dalga geliş zamanları erkenci, polarizasyon değerleri  $90^\circ$  uçlaşmalıdır. Ancak belirti konumlarından yer yer kaymalar gözlenir. Bu noktalarda, sismik hızda artış izlenmiştir. Ancak sismik hız değerleri seyrek aralıklarla ölçüldüğünden her durumda uyum izlenmeyebilir. Uçlaşma ve gezen kaynak elektrik belirtiler sismikten bulunan yeraltı kesiti ile uyum göstermektedir. Taban kaya derinleştikçe (örtü kalınlaştıkça) gerilim değerleri (-) değerlere doğru gitmekte ve özdirenç değerleri de küçülmektedir.

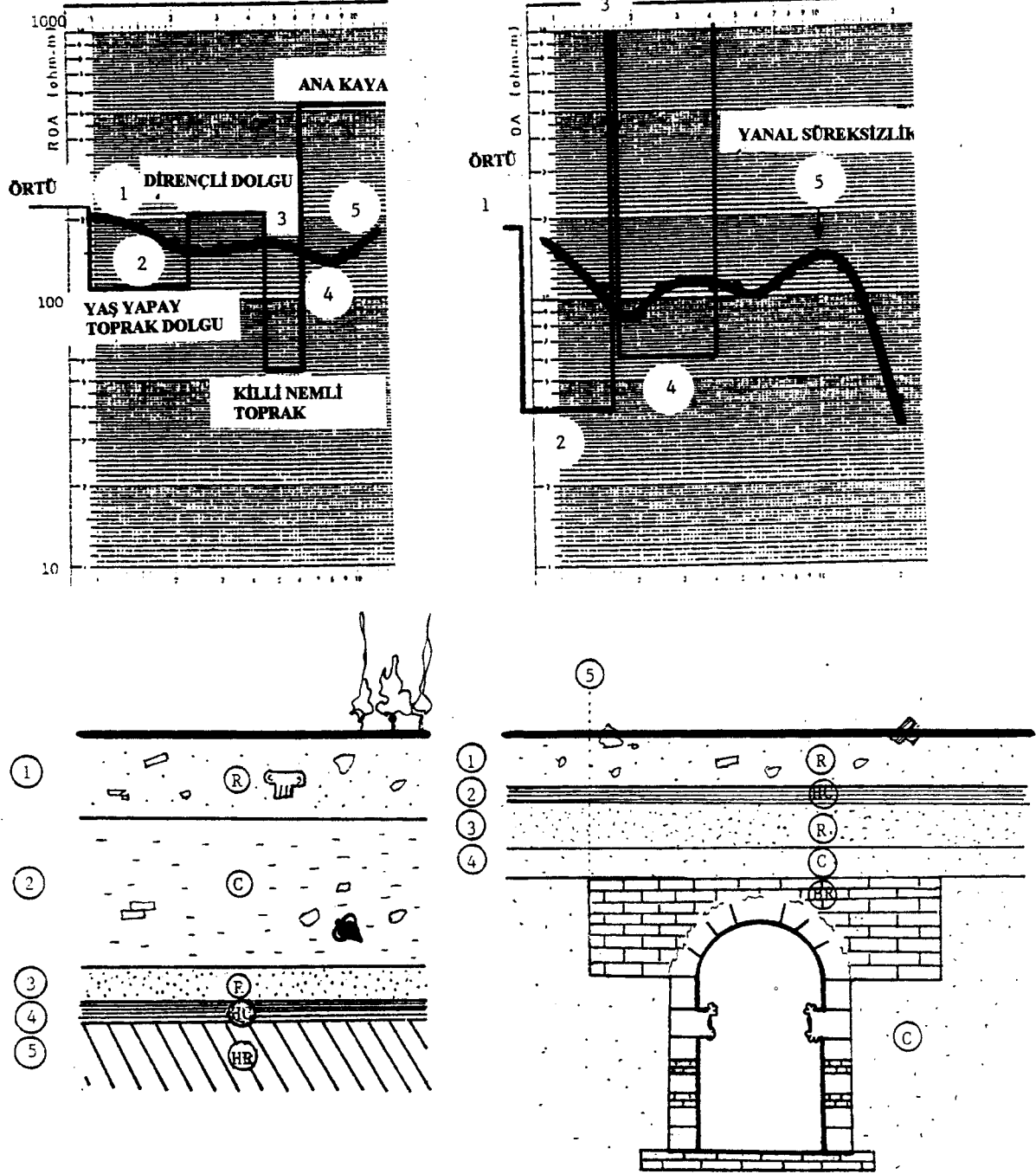
### JEOFİZİK KAT HARİTALARI

#### Gezen Kaynak Elektrik Kaydırma Ölçüleri

Lögn dizilimi; yakın uçları,  $r = 20$ ,  $b = 3$ ,  $\Delta x = 3$  m ve sonsuz ucu, doğudaki Cankurtaran demiryolunun deniz tarafına çakılarak düzenlenmiştir. Dizilim merkezi

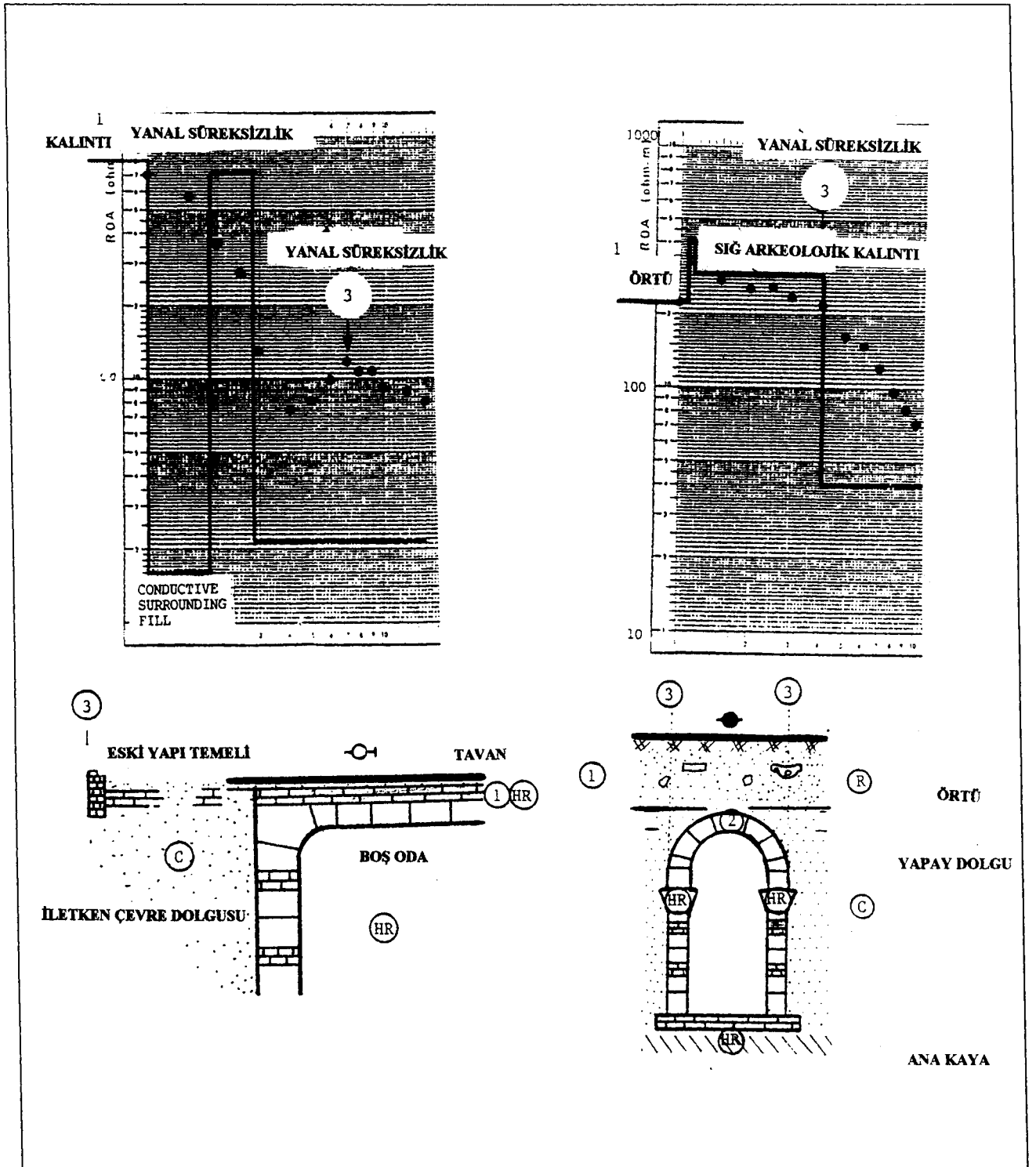


## BİZANS İMPARATORLUK SARAYI



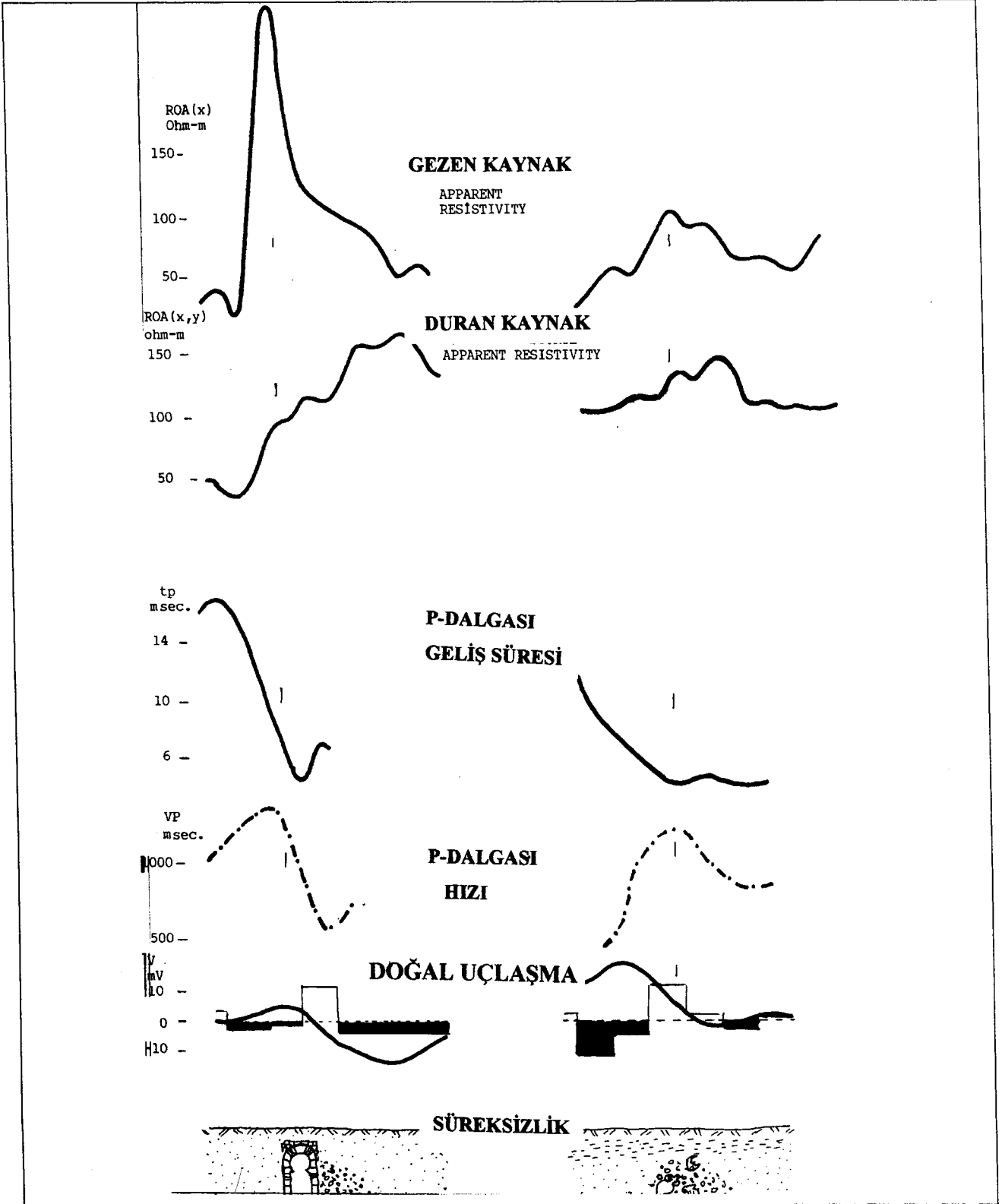
Şekil 4. Çalışma alanının simgesel yer elektrik tepkisi (sol). Derinde yanıl süreksizliğin düşey elektro üzerindeki işareti (LM 8.5) (sağ)

Figure 4. Typical geoelectrical sounding response of the study area and typical geoelectrical sounding response of a deep lateral discontinuity (LM 8.5) (C-Conductive, HC-Highly Conductive, R-Resistive, HR-Highly resistive)



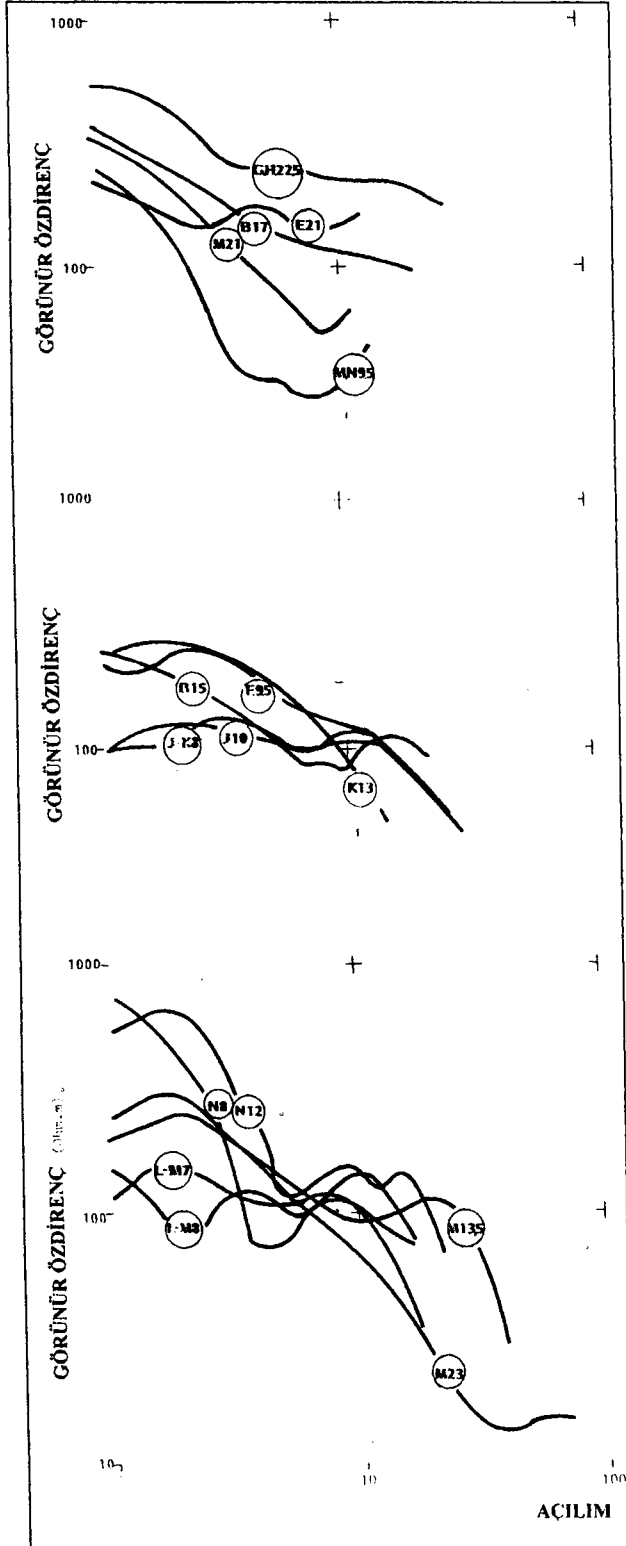
Şekil 5. Dirençli arkeolojik kalıntının simgesel elektrik delgisi. Ölçü merkezi kalıntının orta – üzerinde (K 13) (sağ), Arkeolojik oda ve yandaki yıkık temelin yerelektrik delgisi (N 8) (sol). (C-İletken, HC-çok iletken, R-dirençli, HR-çok dirençli)

Figure 5. Typical geoelectrical sounding anomaly over the resistive archeological remain (K 13) (on the right) and typical geoelectrical sounding anomaly over the shallow archeological room and neighboring foundation remnant (N 8).



Şekil 6. Gömülü bir tünel ve molozun jeofizik belirtiler üzerinde simgesel işaretleri.

Figure 6. Characteristic geophysical signatures of an hidden tunnel and resistive rubble.



Şekil 7. Çalışma alanında alınan çeşitli Yarım Schlumberger elektrik delgi eğrileri.

Figure 7. Various Half-Schlumberger electrical sounding curves of the site.

3'er metre aralarla DB doğrultusunda kaydırılarak 7 ile 25 noktaları arası taranmıştır. Bu doğrultudaki ölçümler özellikle KG doğrultusunda uzanan süreksizliklerin belirlenmesine duyarlıdır. ROA (x, y, r= 20 m) için görünür özdirenç değerleri 25 ile 275 ohm-m arasında değişmektedir. En büyük özdirenç değerleri halihazırda bilinen Bizans Sarayı giriş galerisi üzerinde gözlenir (Şekil 10). Galeri üzerinde değerler 100 ile 275 ohm-m üzerinde yer almaktadır. Bu arazide kullanılan dizilim boyu için ortalama görünür özdirenç değeri 50 ohm-m, geçiş özdirenç 75 ohm-m, belirgin anomali özdirenç 100 ohm-m ya da daha büyük değerlerdir. Süreksizliğin sığ olduğu yerlerde ROA 200 ile 275 ohm-m arasında yer alırken, derinleştikçe 100 ohm-m ve hatta 75 ohm-m'ye dek düşmektedir.

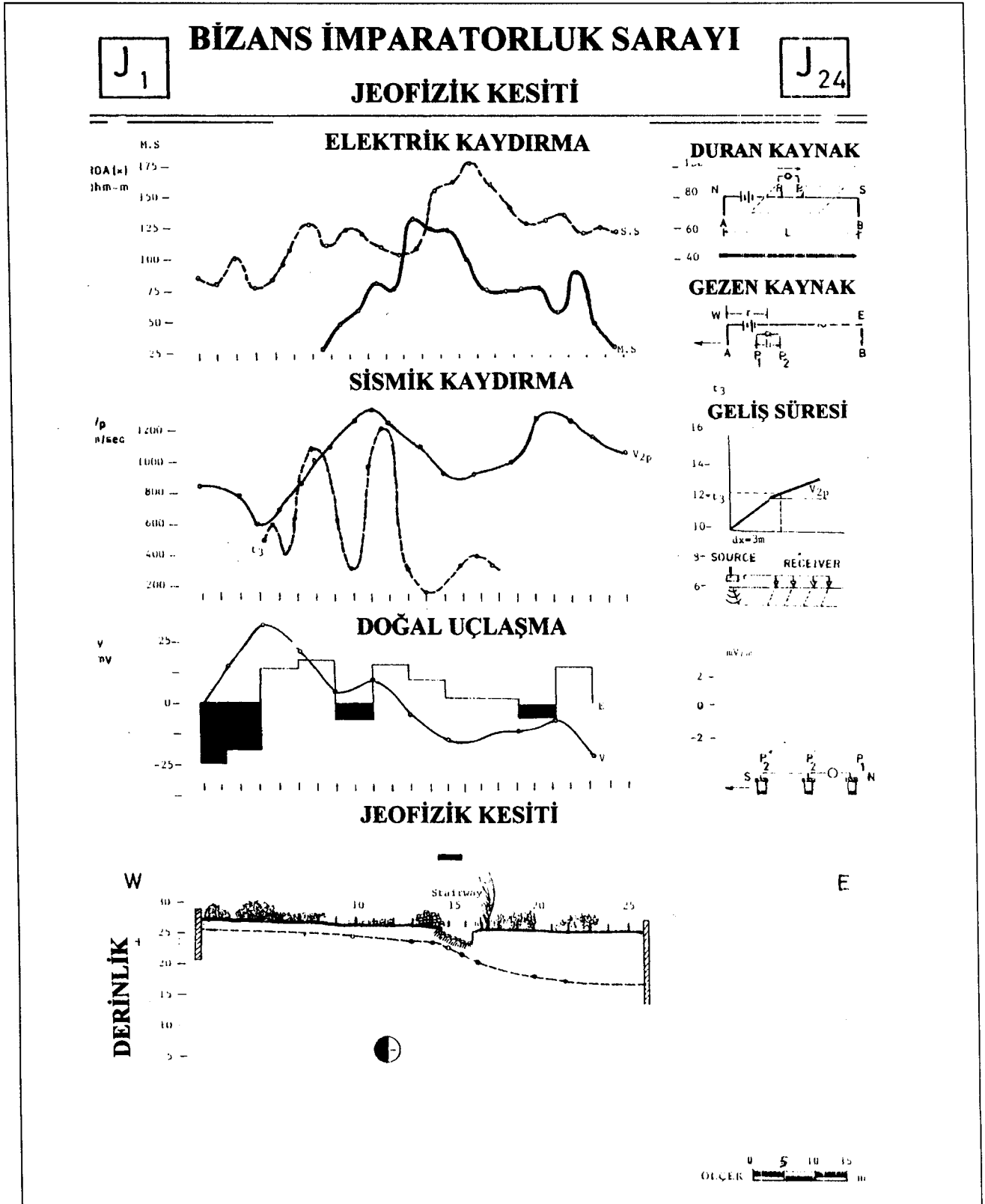
#### Duran Kaynak Elektrik Haritalama Ölçüsü

Duran kaynak akım kolu boyu  $L = 150$  m olup dik-dörtgen biçimli çalışma alanının yan kenarı DB, kısa kenarı KG doğrultulu olup  $45 \times 75$  metre en ve boyundadır. Bu arazide ROA (x, y) görünür elektrik özdirenç kat haritasını çıkarmak üzere, duran kaynak akım kolu KG doğrultusunda serilmiş ve serim çizgisi araziye doğu ve batı bölüm olmak üzere iki eşit parçaya bölmüştür. Kaynak akım kolu boyu  $L = 150$  m, yerden geçen akım 1500 mA durağan tutulmuştur. Ölçüler KG doğrultusunda 3 metrelik gerilim kolundaki gerilim düşüşleri biçiminde ölçülmüş, okumalar iki nokta arasına atanmıştır (Şekil 10). ROA (x, y) eş görünür elektrik özdirenç kapanımları 11 ile 146 ohm-m arasında değerler vermiştir.

#### SİSMİK KIRILMA HARİTALARI

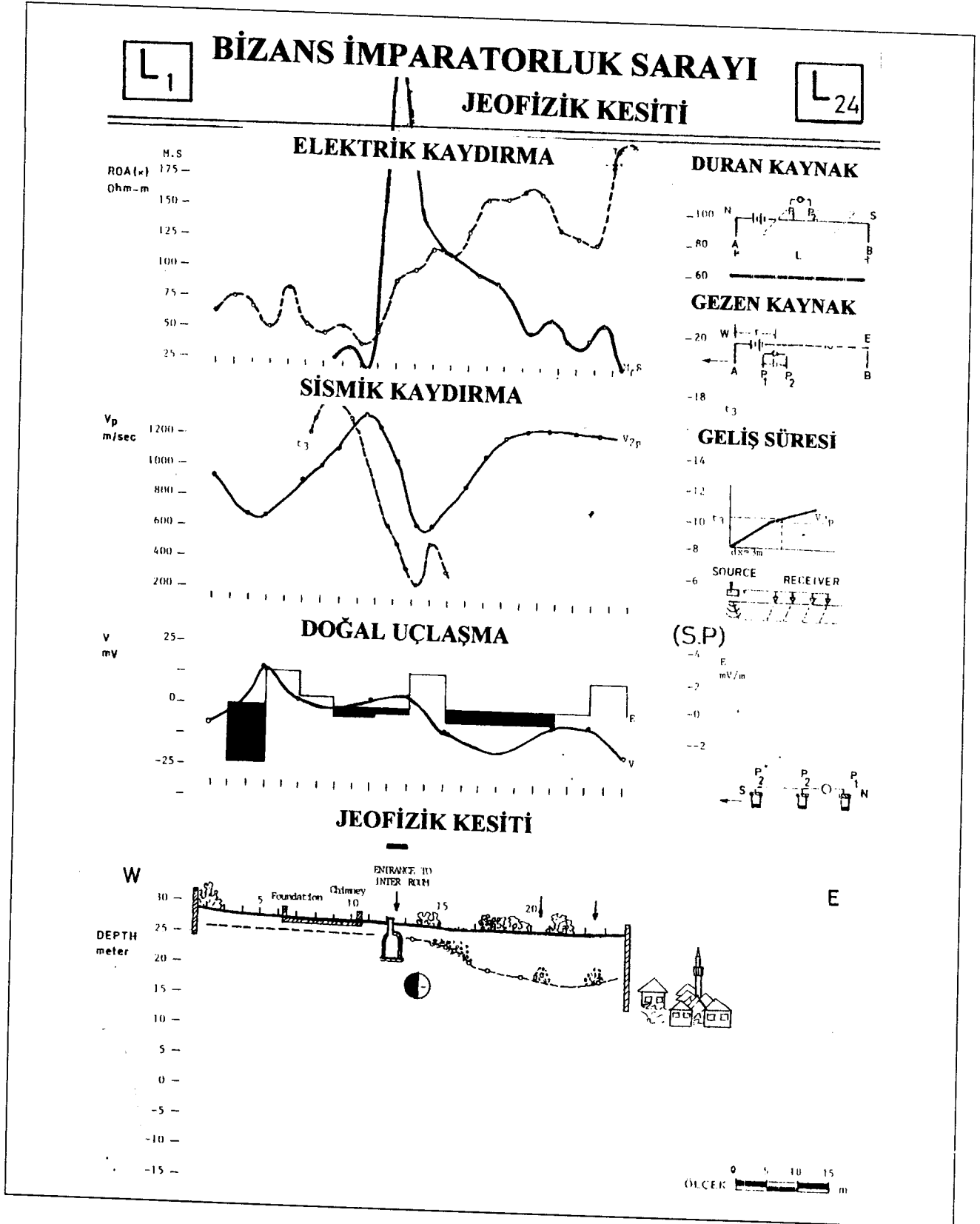
Sismik kırılma ve yansıma ölçülerinden,  $V_1(x, y)$ ,  $V_2(x, y)$  ve  $h_1(x, y)$  çıkarılmıştır. Ayrıca  $x=3$  kaynak - alıcı aralığı için  $t_3$  sismik görünür geliş zamanı kat haritaları çıkarılmıştır (Şekil 11 ve 12).

Birinci katman, temel kaya ya da arkeolojik kalıntıyı kapatan üst örtü katmanını simgeler. Örtünün simgesel dalga hızı,  $V_1 = 334 \pm 53$  m/s bulunmuştur. Değerler örtünün sıklığına göre 200 ile 600 m/sn arasında değişir. İkinci katman, örtü altında temel kaya, ya da arke-

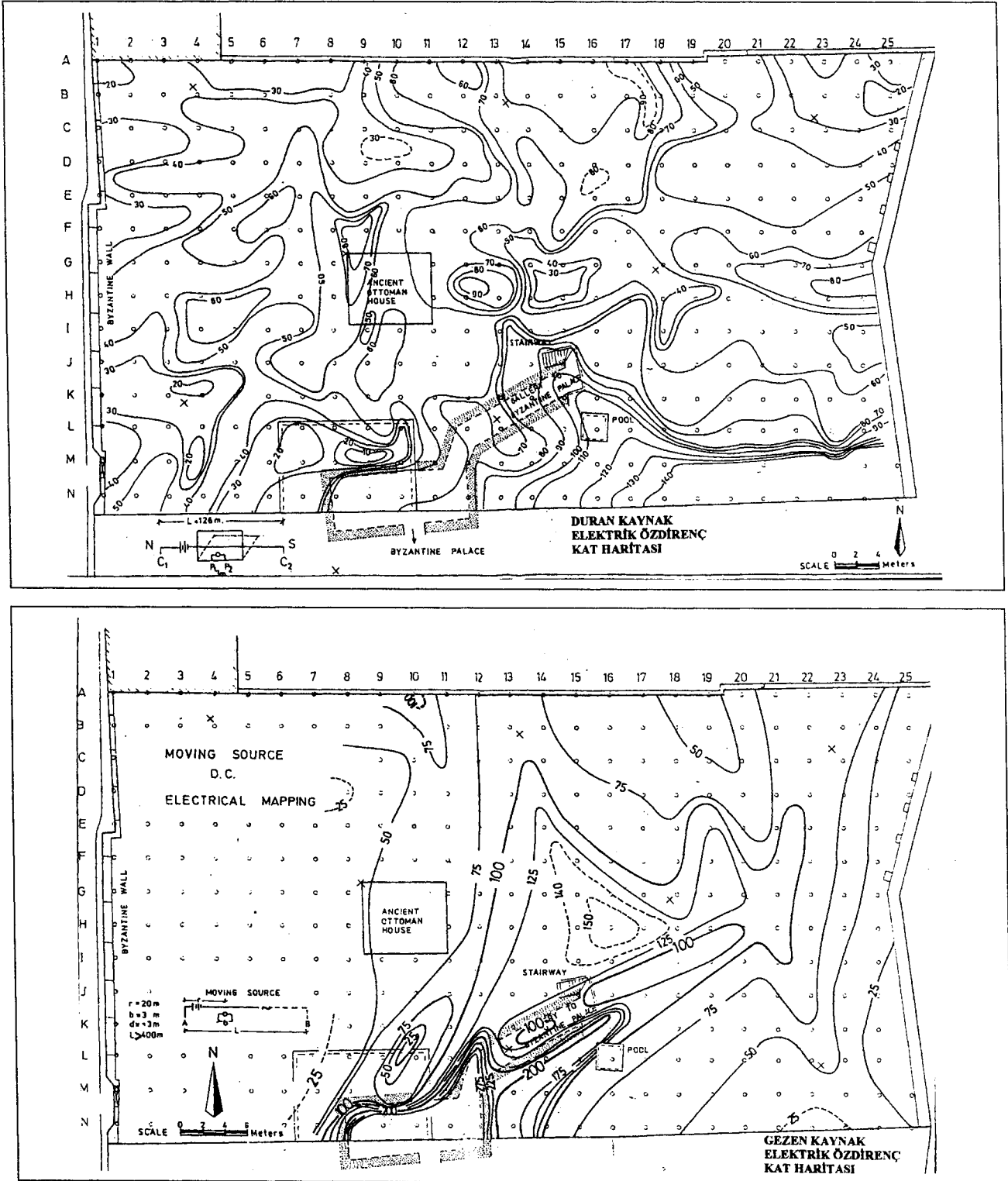


Şekil 8. J- doğrultusu boyunca arkeojeofizik kesiti.

Figure 8. Archaeogeophysical section along profile J.

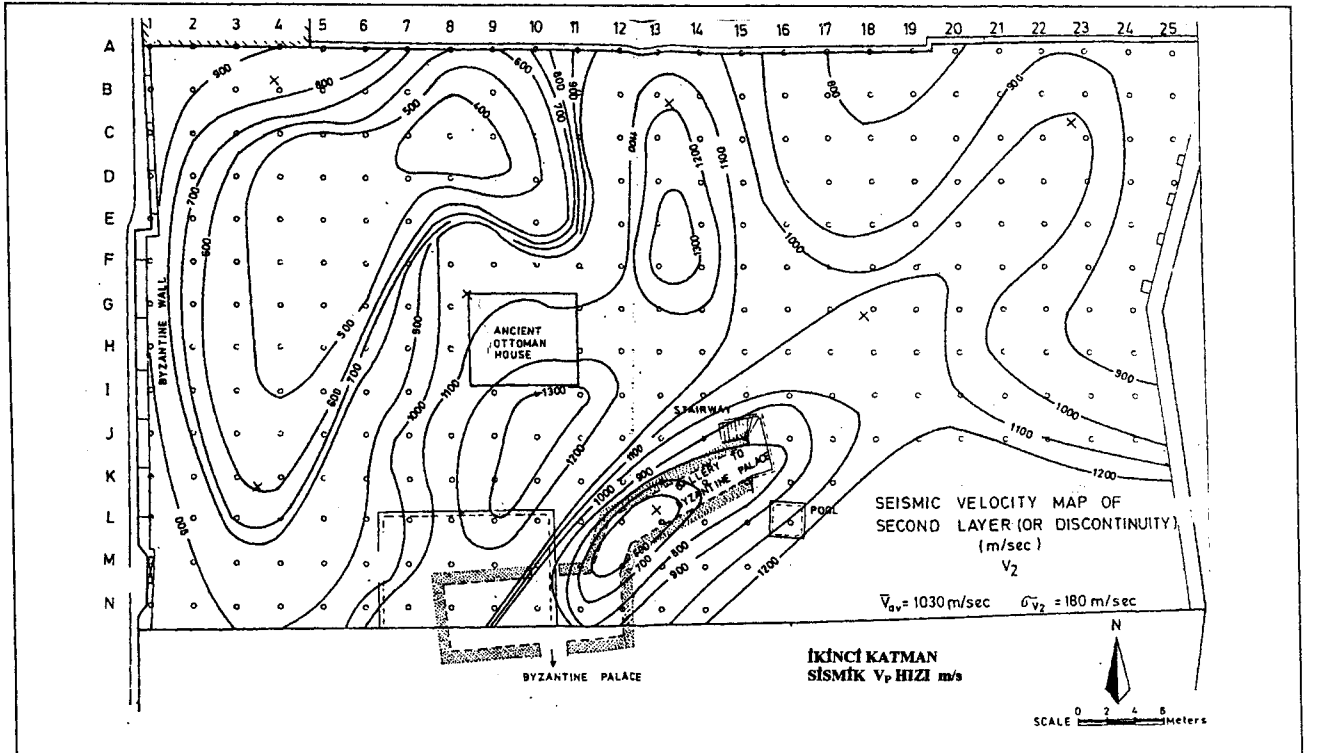
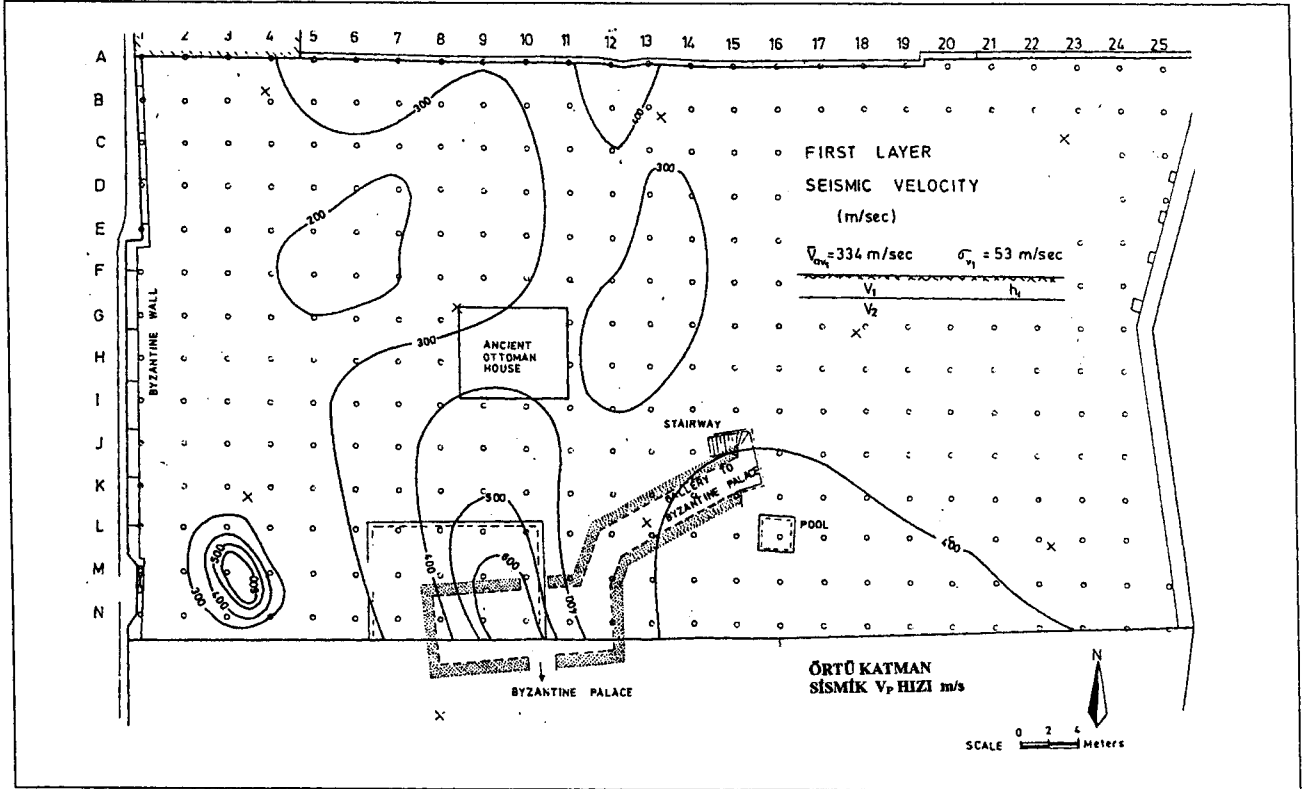


Şekil 9. L- doğrultusu boyunca arkeojeofizik kesit.  
Figure 9. Archaeogeophysical section along profile L.



Şekil 10. Yer elektrik kat haritaları. a. Duran kaynak görünür elektrik öz direnç kat haritası (Ohm-m) (yukarıda). b. Gezen kaynak doğru akım görünür elektrik öz direnç kat haritası (aşağıda). Yarım Schlumberger  $r = 20$  m,  $b = 3$  m,  $dx = 3$  m,  $L \geq 400$  m (Ohm-m)

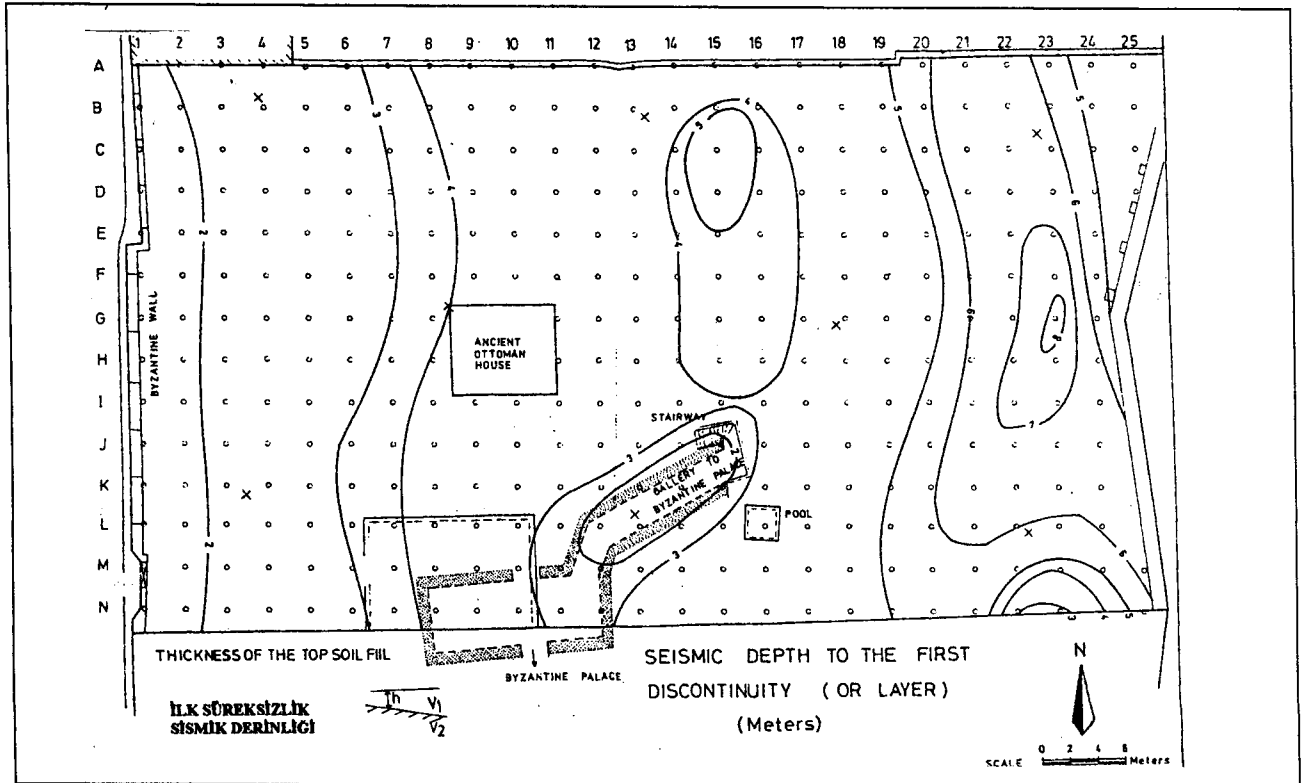
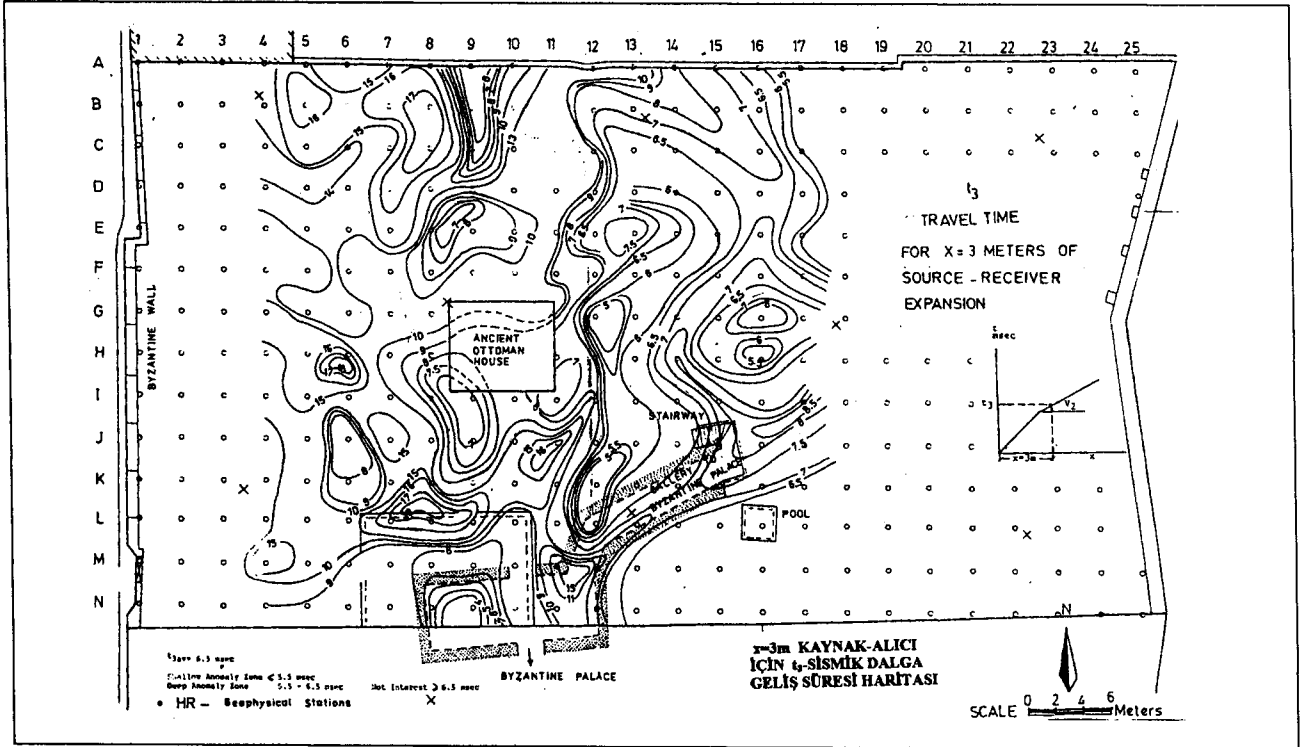
Figure 10. Moving source D.C. apparent resistivity map. Half Schlumberger array,  $r = 20$  m,  $b = 3$  m,  $dx = 3$  m,  $L \geq 400$  m (below). Stationary source D.C. electrical resistivity map (Ohm-m) (above)



Şekil 11. Birinci katman sismik hız haritası –  $V_1$  (yukarıda) ve ikinci katman sismik hız haritası –  $V_2$  (aşağıda).

Figure 11. Seismic velocity map of first layer layer –  $V_1$  (above) and seismic velocity map second layer –  $V_2$  (below).





Şekil 12. İlk sığ süreksizliğe olan sismik derinlik (aşağıda) ve  $x=3$  m kaynak – alıcı aralaması için sismik geliş süresi kat haritası.

Figure 12. Seismic depth to the first discontinuity (below) and travel time map for  $x=3$  meters of source – receiver distance (above).

olojik kalıntı hızını yansıtır. Ortalama hız değeri,  $V_2 = 1030 \pm 180$  m/s'dir. En yüksek değerlerini Bizans galerisi üzerinde edinir. Örtü altı süreksizlik, çalışma alanı altındaki temel kaya olabileceği gibi, taş-tuğla örme duvar ya da bunların döküntüsünden de kaynaklanabilir. Ancak temel kaya da görünür P- dalgası hızının,  $V_{2\text{temel}} = 750 \pm 250$  m/s ve örme duvarlarda,  $V_{2\text{duvar}} = 1200 \pm 100$  m/s olması çoğunlukla temel kayanın yapay kalıntıdan ayrılmasına yardımcı olur (Şekil 11 ve 12).  $x = 3$  metre için ortalama geliş zamanı  $t_{3\text{ort}} = 6.5$  milisaniye olarak bulunmuştur. Sığ belirti kuşaklarında bu değer 5.5 ms'den küçük, derin belirti kuşaklarında 5.5 – 6.5 ms olduğu belirlenmiştir. Temelin derin, ya da kalıntı olasılığının olmadığı yerlerde, geliş süresi 6.5 ms'n'den büyüktür.

### UÇLAŞMA KAT HARİTALARI

3 metre aralarla KG doğrultusunda, arazinin kuzey-batısından başlamak üzere yığmsal (staging) bağlamalı olacak biçimde sürdürülmüştür.

Polarizasyon Gerilimi (V) ( $-30$  mV) ile ( $+30$  mV) arasında değişmektedir. KG doğrultulu 13 noktalarından geçen çizgi, yaklaşık (+) ve (-) uçlaşmanın sınırını gösteren sıfır uçlaşma çizgisidir (Şekil 13). Sismik geliş süresi haritasına göre, bir çizgi taban kayanın içerdiği şev çizgisi ile çakışmaktadır (Şekil 12). Diğer bir deyişle (+) bölüm (batı kesimde) taban kaya sığ ve örtü ince, doğu kesimde taban kaya derin ve örtü kalındır. Ayrıca arazinin, doğusu batısına göre daha nemlidir. Ancak sismik derinlik haritası ile karşılaştırıldığında eksi genlikli gerilim anomalileri, örtünün kalın olduğu kesimlerde oluşmaktadır.

### KALINTI DERİNLİĞİ VE KONUMU

Duran ve gezen kaynak elektrik özdirenç ROA ( $x, y$ ), Doğal Uçlaşma gerilim ve elektrik alan  $G(x, y)$ , E ( $x, y$ ), sismik hız ve gelişzamanı  $V(x, y)$ ,  $t(x, y)$  jeofizik haritaları üst üste çakıştırılarak kalıntı konum ve boyutlarının yüzeydeki izdüşümlerini gösteren iki boyutlu belirtiler elde edilmiştir (Şekil 14).

Sözü edilen belirtilerin simgelediği süreksizliklerin türü, elektrik özdirenç, sismik hız gibi fiziksel değişimlerin büyüklüğüne doğrudan bağlı değildir. Böyle je-

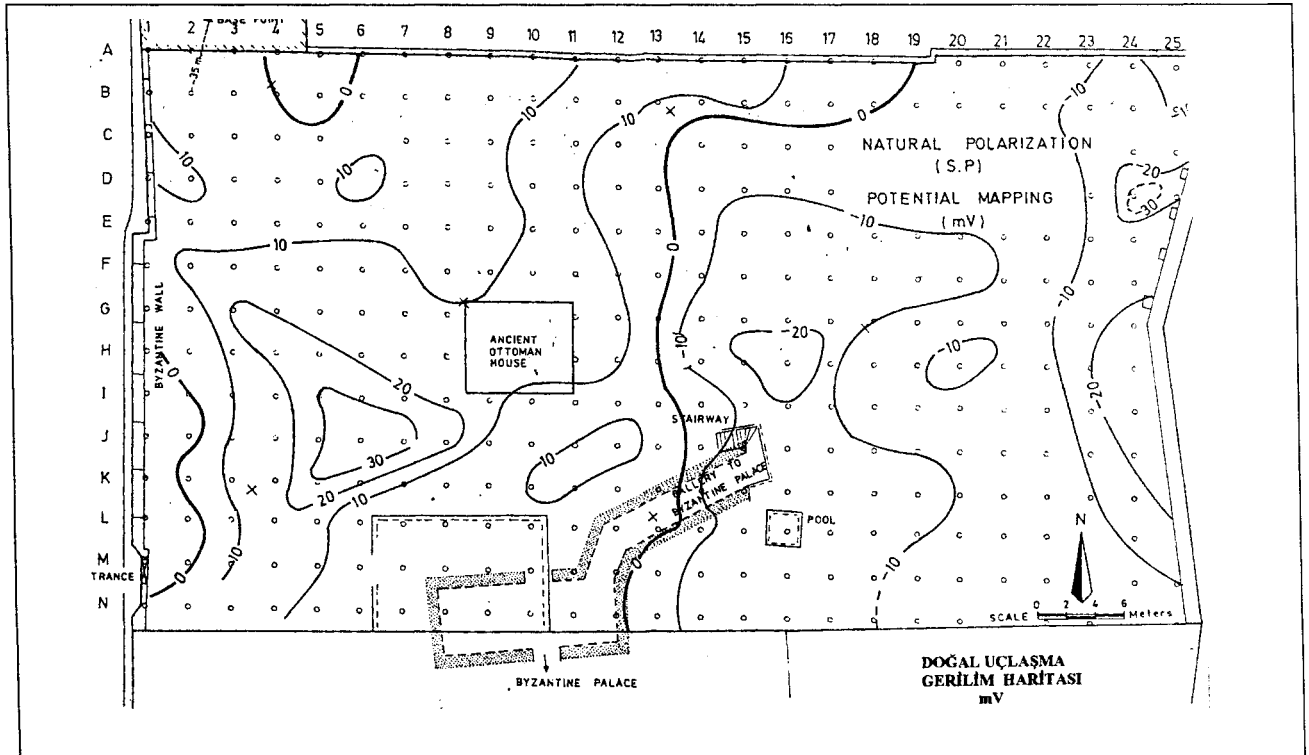
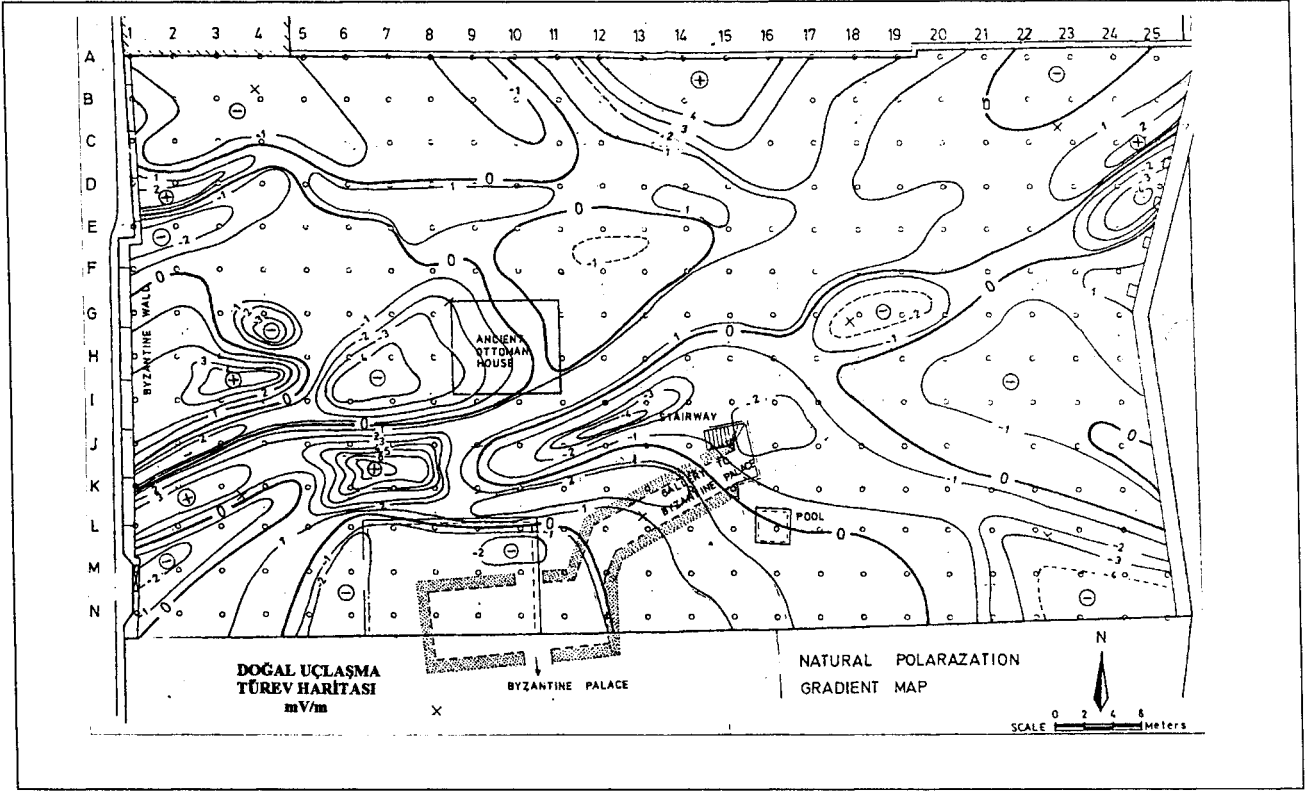
ofizik süreksizlikler, arkeolojik kalıntı olabileceği gibi, tarihsel dönemlerde bir yere yığılmış inşaat artığı taş, tuğla yığını, arkeolojik değeri olmayan, yeni zamanda yapılmış inşaat kalıntıları, ya da yerel olarak sıkıştırılmış kuru ya da nemli toprak ya da ölçü zamanında yüzeyden aktığı görülen çeşme suyunun yüzeyde yeraltı boşluklarında oluşturdukları birikintiler de olabilir.

Bu çalışma ile aranan kalıntı türü, yeraltı oda ve galerileri gibi yüksek elektrik özdirenç ve yüksek sismik hız değerleri vermesi beklenen süreksizlikler olduğundan bu gibi belirtiler üzerinde derinlik denetimi için elektro çekimleri ve sismik kırılma ölçüleri alınmıştır.

Derinlik denetimi için çalışma alanında 20 tane düşey elektro çekimi Schlumberger ya da Lögn dizilimi kullanılarak yapılmıştır. Elektrik delgi noktaları, 14 yerde iki boyutlu jeofizik belirtiler üzerinde ve yerin doğal tepkisini belirlemek üzere ve bir kaç yerde de belirti dışında seçilmiştir. Ölçülerde biri sığ, diğeri derin olmak üzere iki derinlik düzeyi ile karşılaşılmıştır. Sığ derinlikteki süreksizlik derinlikleri 0.7 ile 2.8 metre, derin süreksizlikler 6 ile 10 metredir. Genelde sığ derinlikler kalıntının tavanının, derinler ise tabanı ya da tabandaki kayayı simgelemektedir. Belirtiler üzerinde alınan, düşey ve yanal süreksizlikler işaret eden elektrik delgiler aşağıda verilmektedir.

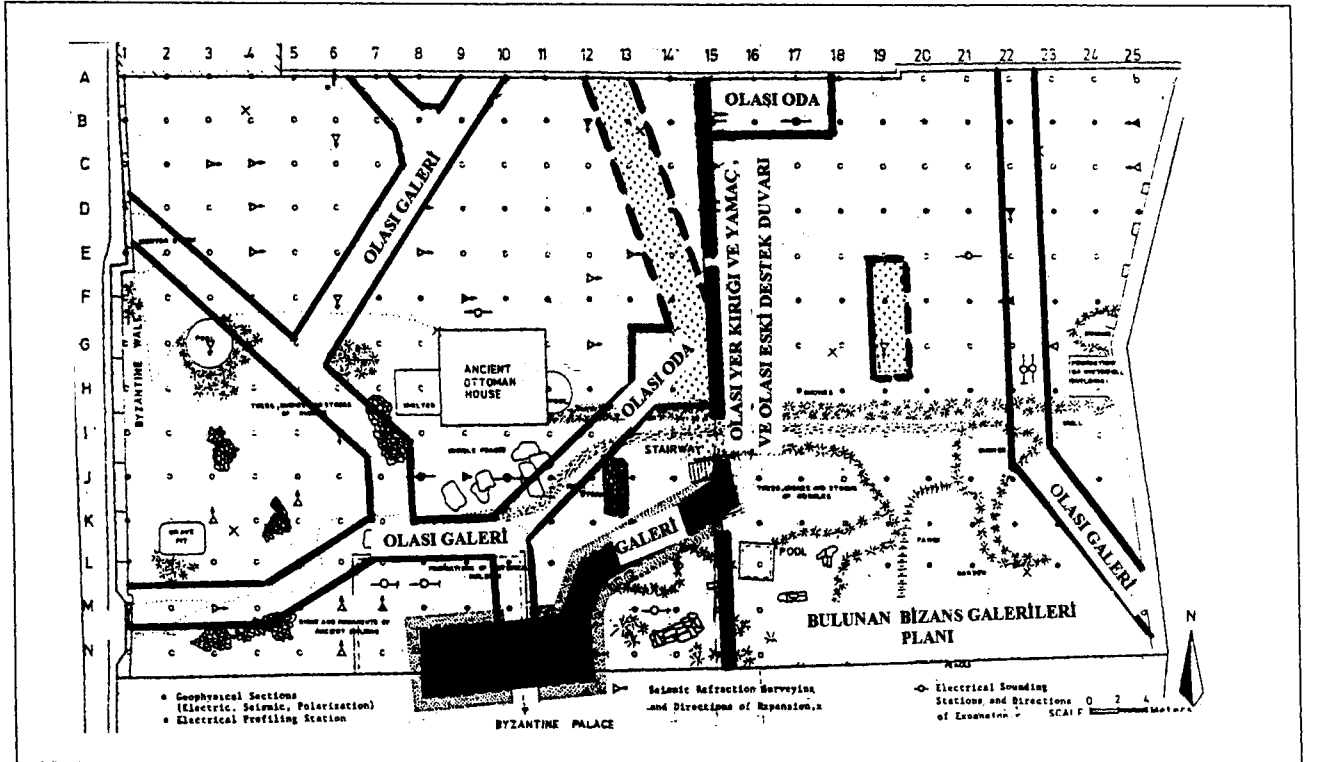
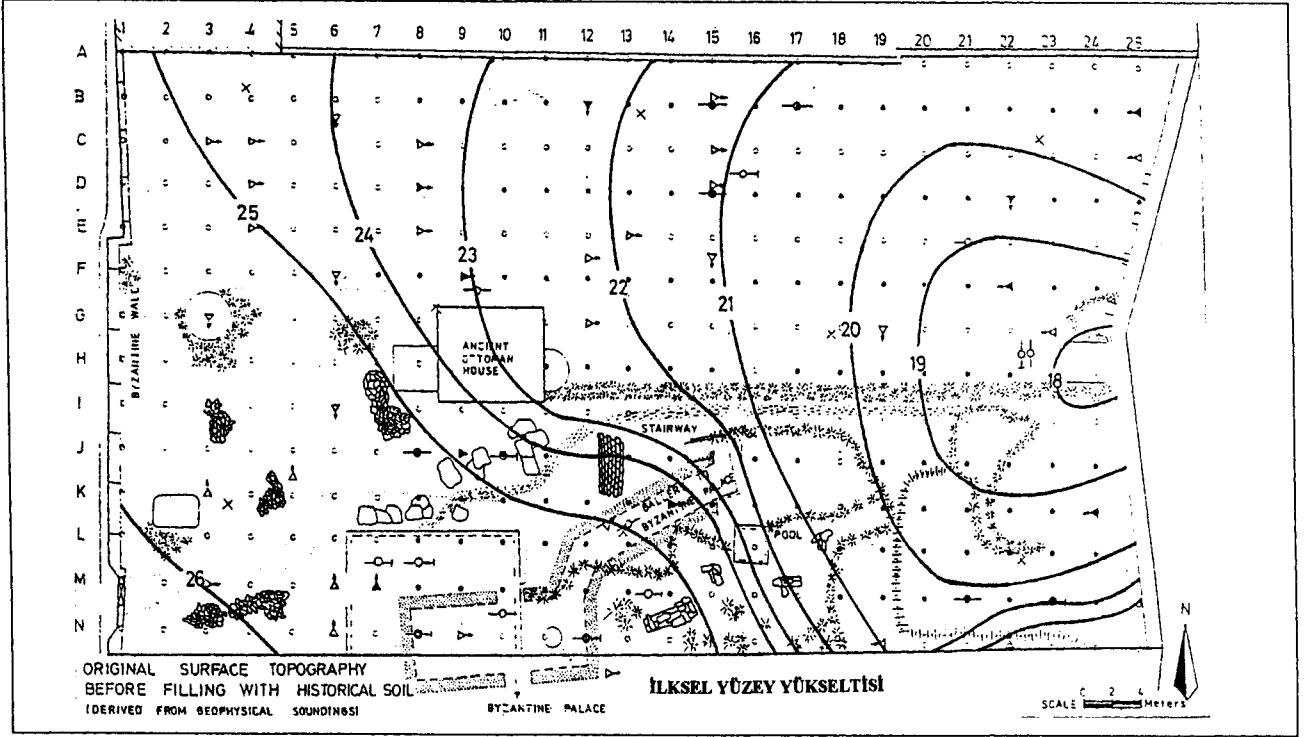
Elektrik delgilerin biçimlerinden izlendiği gibi çoğu keskin köşeli doruk ya da çukur yapmaktadır. Bu durum, eğriyi biçimlendiren ana etmenin yatay süreksizlikler olduğunun bir işaretidir. O nedenle, her ne kadar eğriler ayrıca katmanlı ortam modeline göre değerlendirilmiş olsa da, yanal süreksizliklere göre değerlendirilmeleri önemle gözönünde bulundurulmalıdır.

Derinlik denetimi yapmak üzere çalışma alanının ayrıca 39 noktasında sismik kırılma ölçüsü alınmıştır. Ancak, sismik ölçü aralığı en az 1 metre alınmıştır. O nedenle genellikle 1 metreye dek olan süreksizlikler değil, 2 metreden sonra olan süreksizlikler gözlenebilmiştir. İlk katmanın ortalama sismik hızı  $V_{1p} = 334 \pm 53$  m/s iken, ikinci katmanın  $1030 \pm 180$  m/s bulunmuştur. Ortalama ikinci katman derinliği  $4 \pm 2$  metredir. Derinlik değerlerinin batıdan doğuya 2 metreden 8 metreye dek düşmesi genelde sismikte görülen süreksizliğin, araziye örten yapay dolgu ile Paleozoik temel kaya dokunağı olduğu ve ilksel topografyanın batıdan doğuya doğru % 9 ( $5^\circ$ ) eğimli olduğu anlaşılır (Şekil 14, 8 ve 9).



Şekil 13. SP türev haritası (mV/metre) (yukarıda) ve SP gerilim haritası (mV) (aşağıda).

Figure 13. SP gradient map (mV/m) (above) and SP map (mV) (below).



Şekil 14. Jeofizik çalışmalarla belirlenen, Bizans İmparatorluk Sarayı yapılmasından önceki kestirilmiş özgün yüzey yükselti haritası (yukarıda) ve çalışma sonucu belirlenen arkeolojik kalıntı yerleri (gölgeli olarak gösterilmiştir).

Figure 14. Original subsurface topography before filling with historical soil, derived from geophysical data (above) and interpreted location of possible locations of underground Eastern Roman galleries (below).

## SONUÇLAR

Sokullu Sarayının kurulduğu yerde, Bizans Sarayı kalıntılarının varlığı, jeofizik araştırmalarla elektrik, sismik ve doğal uçuşma yöntemi kullanılarak aranmıştır. Her yöntemden elde edilen süreksizlikleri, üst üste koyarak birleşik değerlendirmeye gidilmiştir. Güneydeki Mandıra kesiminde B1S giden galeri ölçeğinde başka bir süreksizlik işareti ile karşılaşmamıştır. Ancak, J 15 noktasında galeri girişinin kuzeydeki B 13 noktasına doğru giden yüksek dirençli, yüksek sismik hızlı ve 90° polarizasyon açılı süreksizliğin eski yapı yıkıntıları artık malzemesini kapsayan moloz yığını olduğu sanılmaktadır. Tam bu çizgi boyunca paleotopografyanın, belki bir fayla kazanılmış şev boyunca dökülmüş molozlar şevi düzlemek amacı ile Bizans ya da Osmanlı döneminde atılmış olabilir. Düzenli bu moloz kuşağının yanısıra, arazinin hemen hemen tamamına yayılmış, dönemsel gömülü moloz katmanları yer alır. Molozların öbek oluşturduğu yerlerde yerel süreksizlik işaretleri ile karşılaşmış olup, bunlardan biri G 19 – E 19 arasında uzanır.

Elektrik süreksizliklerden sığ olanları 0.7 ile 2.8, derin olanları 6 ile 10 metredir. Sığ olanlar, sıkıştırılmış yapay kazı toprağı orta dirençli yıkık inşaat gerçelerinden oluşmuş molozlar yüksek dirençli, düzenli arkeolojik yapılar çok yüksek özdirençli, özdirenç belirtileri ile tanınmıştır.

1 – 1.5 metre kalınlığındaki bitkisel toprak örtüsü simgesel sismik dalga geçiriş hızı  $334 \pm 53$  m/sn'dir. Tarihsel moloz ve duvar biçiminde arkeolojik kalıntının  $1000 \pm 150$  m/sn'dir. Tarihsel molozun üst yüzeyinin derinliği  $4 \pm 2$  metre, ilksel Paleozoik temel in ise 8 ile 10 metre olduğu belirlenmiştir. Jeofizikten bulunan ve tarihsel dönemde araziye molozların atılmadan önceki yüzey topografyasının batıdan doğuya doğru % 9 ya da 5° eğimli olduğu bulunmuştur. Eş derinlik çizgileri KG doğrultuludur. Arazinin bugünkü topografyası batıda 28.5, doğuda 26.5 metre, molozlar dökülmeden önce, batıda 26, doğuda 18 metre olarak belirlenmiştir.

## KATKI BELİRTME

*Bu çalışma T.C. Kültür Bakanlığı Anadolu ve Müzeler Müdürlüğü İstanbul Arkeoloji Müzesi ve İstanbul 1 numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu isteği ile, Prof. Dr. Metin Altunbay sorumluluğunda sürdürülmüştür. Çalışmanın akçal desteğini HÜKO Metal A.Ş'den, Makine Müh. A. İrfan Kocabiyik, önceki yerleşimler üzerine bilgileri Prof. Dr. Ahmet Refik Alp sunmuştur. Ölçüler için jeofizik donanım ve mühendis desteğini Yeraltı Aramacılık laboratuvarları sağlamıştır. Çalışmada yer alan Jeofizik Müh. Metin Özmen, Ümit Al, Harita Teknisyeni Melek Köklü, Halil Kabak, jeofizik deneyimcileri Hakan Dikici, Şinasi Onur, Ümit Yalçın Kalyoncu, Halil Yılmaz ve yazmanımız Lale Kırım uğraşları için sağolsunlar.*

## KAYNAKLAR

- Brett, G., Martiny, G. ana Stevenson, R.B.K. 1947a, The Great Palace of the Byzantine Emperors. Being a first report on the excavations carried out in İstanbul on behalf of the Walker Trust (The University of St. Andrews) 1935 – 1938. Oxford.
- Brett, G., Martiny, G. and Stevenson, R.B.K., 1947b, The Great Palace of the Byzantine Emperors, Oxford.
- Eyice, S.1988, "İstanbul'da Bizans İmparatorlarının Sarayı: Büyük Saray", Sanat Tarihi Araştırmaları Dergisi, 1., 3, 3–36.
- Eyice, S. 1997, Büyük Saray Döşeme Mozayığı ve Halılar ile Olan İlişkisi, Arkeoloji ve Sanat Mecmuaı, 81, 19–24.
- Jobst, W. 1997, A–Z İstanbul Rehber Atlas, Aysa Limited, Şişli–İstanbul, 288.
- Müller–Wiener, W. 1977, Bildlexikon zur Topographie İstanbuls, Tübingen, 225–237.
- Rice, D.T. 1958, The Great Palace of the Byzantine Emperors, Second Report, Edinburgh.