

SULTAN AHMET CAMİİ'NDE ARKEOJEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Archeogeophysical Studies in The Sultan Ahmet (Blue) Mosque

Emre Evren | Jeofizik Y.Müh. / İ.T.Ü. Avrasya Yerbilimleri Ens.

Doç.Dr. Ziyadin Çakır | İ.T.Ü. Maden Fak. Jeoloji Böl.

Hakan Mintaş | Çevre Müh. / Tespit Mühendislik.

H.Murat Ceylan | Jeoloji Müh. / Vakıflar İstanbul I.Bölge Müdürlüğü.

Murat Sav | Arkeolog / Vakıflar İstanbul I.Bölge Müdürlüğü.

Mehmet Tuzer | Jeofizik Müh. / Tespit Mühendislik.

Dara Meral | Tespit Mühendislik.



Bu çalışmada İstanbul Fatih ilçesinde bulunan Sultan Ahmet Camii'nin içinde, dış avlularda, tüm alt bahçe alanlarında ve dış parsellerde gerçekleştirilen yeraltı haritalama çalışmaları anlatılmaktadır. Mayıs-Temmuz 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilen arazi ölçümleri ve saha çalışmaları sonucunda Sultan Ahmet Camii oturma sahasının yaklaşık 30 metre derinliğe kadar olan kısımların yeraltı haritaları oluşturulmuştur. Bu sayede daha önce varlığından emin olunamayan çok sayıda yapay ve doğal yer içi oluşumu haritalanması ve (3B) yeriçi modellerinin oluşturulması amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Sultan Ahmet camii, jeoloji, jeofizik, jeoradar, anomali

This article summarizes the archaeogeophysical survey performed inside, outside courtyard, all the lower gardens of the Blue Mosque, Fatih, Istanbul. After the ground surveys and field works performed between May-July 2011, underground maps of the 30 metres deep of the floor area of the Blue Mosque were generated. Thus, lots of artificial and natural earth formations which were not be cleared about their existence before, were mapped. The results of the Blue Mosque geology studies are also presented in the 3D forms.

Key Words: Blue Mosque, geology, geophysics, georadar, anomaly

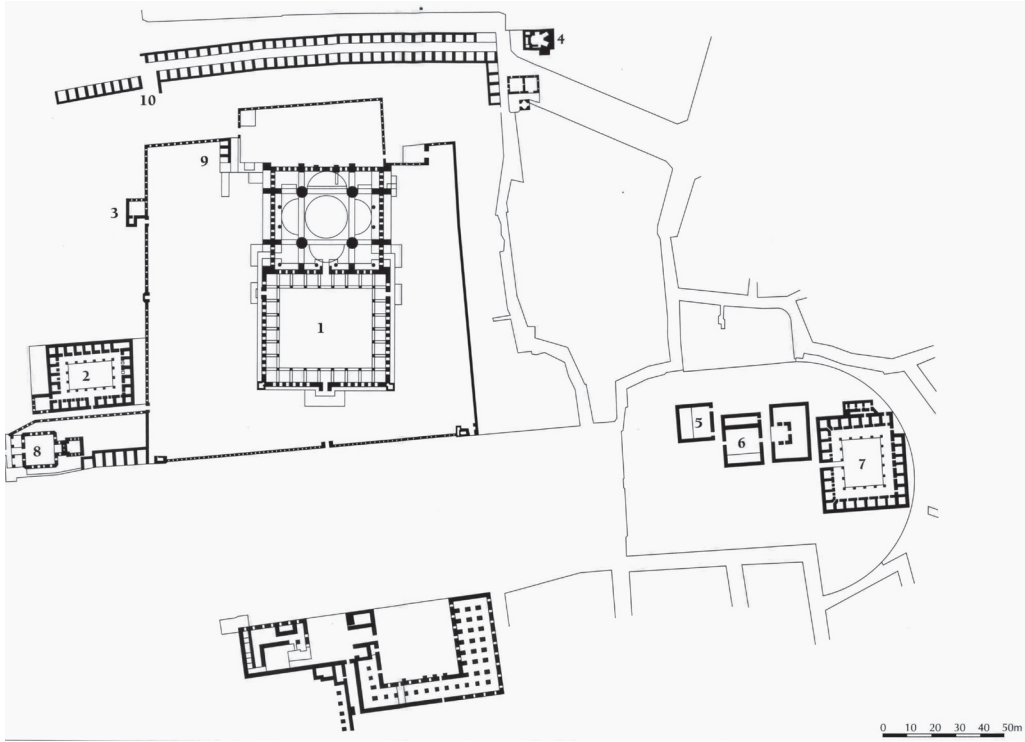
GİRİŞ

Bu çalışmada özetlenen yerbilimleri çalışması, Sultan Ahmet Camii arazisi içinde, yeraltında bulunan tarihi ve güncel yapıların, jeolojik katmanlarının konumu, fay, kırık ve çatlakların varlığı, yapay ve doğal boşlukların tespiti, yer içi su muhteviyatı haritalanması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Sultan Ahmet Camii yerbilimleri çalışması, Türkiye'de kentsel alan içinde bulunan bir tarihi yapı için gerçekleştirilen en kapsamlı arkeojeofizik çalışmalarından birisidir. Çalışmanın tamamında gerek cami içi gerekse cami ile bağlantılı dış alanlarda yeraltını son derece yüksek çözünürlükte görüntülemeye imkân veren en son teknolojik özelliklere sahip yerbilimleri ve haritalama ekipmanları kullanılmış olup, maksimum ayrıntı ile haritalamaya imkân sağlanacak şekilde oluşturulmuştur.

İstanbul'un simge yapılarından biri olan ve Fatih ilçesinde bulunan Sultan Ahmet Camii, H.1018 / 1026-M.1609/1617 yılları arasında sultan I. Ahmet tarafından Mimar Sinan'ın öğrencisi Mimar Sedefkâr Mehmet Ağa'ya yaptırılmıştır. Hadikat'ül Cevâmi'de caminin tamamlanma tarihi olan H.1026 / M.1617 rakamının ebced ile yazıldığı belirtilmiştir (Ayvansaraylı 2001: 57). İmaret, medrese, tabhane, darüşşifa, dâr'ül kura, mektep, arasta, hamam, çeşme ve sebiller, dükkanlar, hünkâr kasrı ve türbesiyle be-

raber bir külliye olarak inşa edilmiştir (Ahunbay 1994:55). Bunların bir kısmı sonradan ilave edilmiştir. M.S. III. Yüzyılda başlanıp, IV. yüzyılda, Doğu Roma İmparatoru Konstantinos zamanında tamamlanan ve *at meydanı* anlamına gelen Hipodromun alanı ve çevresinin Latin işgali sırasında (1204-1261) önemli bir yıkım yaşadığı ve İmparatorluk sarayının Ayvansaray'a taşınmasının ardından önemini yitirdiğini bilmekteyiz. XV. Yüzyıl başlarında ıssızlaşan bu alanda XVI. Yüzyılda devletin önde gelenlerine ait bazı saraylar bulunmaktaydı (M.Wiener 2007: 470). Caminin oturduğu alanda, Kanuni'nin veziri Semiz Ali Paşa'nın sarayı mevcuttu (Kuban 2007: 361). Bu saraylardan bir kısmının yerinde ise daha evvelen bir Bizans Sarayı bulunmaktaydı (Kuban 2007: 361). Temel kazısı sırasında, hafriyattan çıkarılan toprak ve dolgu malzemesi, Hipodroma nakledilmiş ve böylece Hipodromun kotu yükselmiştir (M.Wiener 2007: 470). Külliyenin imaret yapısı, Hipodromun Sphendone duvarının üstüne inşa edilmiştir.

Kentin I.tepesinin üzerinde yükselen Cami, dört ana paye üzerine oturan ve harimin orta bölümünü örten merkezî kubbe ve bunu dört yandan tamamlayan birer yarım kubbeyle örtülmüştür. Klasik Osmanlı cami şemasının devamı mahiyetindeki yapının dört köşesinde kalan kare bölümlerin de üzerleri birer kubbe tonozla tamamlanmıştır.



Sultan Ahmet Külliyesi vaziyet planı (D.Kubandan)

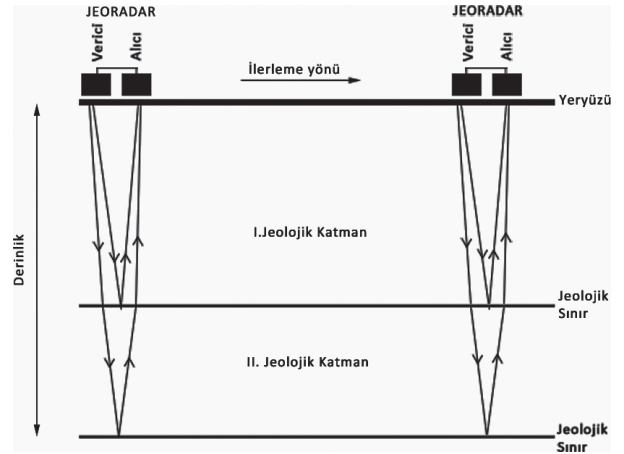
Kuzeyde yer alan revaklı avlu ve avlu ortasındaki şadırvan ile tamamlanan plan şemasına verilen en önemli katkılardan birini altı adet minare oluşturmaktadır. Dört adedi üçer, diğerleri de ikişer şerefelidir.

Gerek dönemini yansıtan ve mavi tonlarındaki İznik çinileri, gerek ahşap işçiliği, gerekse revzenlerinde ve hatlarında yansıtılan işçilik son derece sanatsaldır.

YERALTI RADARI / JEORADAR

Yeraltı Radarı veya genel adıyla Jeoradar (GPR: Ground Penetrating Radar) yöntemi, yakın yüzey araştırmalar için kullanılan yüksek frekanslı elektromanyetik prensip ile çalışan bir jeofizik yöntemdir. Yakın yüzey tanımı özellikle jeoteknik çalışmalar düşünüldüğünde yapı duvar-tavan araştırmalarından (0-2 metre arası girişim derinliğinden) derin yeraltı suyu ve maden haritalama (0-90 metre) derinliklerini kapsayacak şekilde değişkendir.

En yalın tabiriyle tıptaki MRI tekniğinin yerbilimlerdeki karşılığı olan jeoradar bir verici anten, alıcı anten, kontrol ünitesi ve kayıtçıdan oluşmaktadır (Şekil 1, 2 ve 3). Verici anten yatay doğrultuda elektrik alan vektörüne sahiptir ve birkaç nanosaniyeli elektromanyetik sinyal üretir. Yer içinde ilerleyen dalgalar anomali verecek herhangi bir nesne veya yüzey ile karşılaştıklarında yansıma ve/veya saçılmaya uğrayarak tekrar yukarı çıkarlar ve yüzeydeki alıcı anten, kontrol ünitesi ve kayıtçı yardımı ile yeryüzünde ilerleme yönü boyunca zamanın bir fonksiyonu olarak kayıt edilirler (Şekil 1). Zaman birimi nanosaniyedir (ns). İlerleme yönü boyunca jeolojik tabakalardan ve/veya gömülü



Şekil 1: Jeoradar çalışma prensibi.

nesnelere yansıtılarak toplanan elektromanyetik veriler bir kayıtçı ile dijital olarak kaydedilerek değerlendirilmeye tabi tutulur.

Ölçümler genellikle bir profil üzerinde veya gerçek zamanlı GPS ölçümleri ile beraber dağınık düzende ancak koordinatlı olarak alınır (Şekil 2 ve 3). Her ölçüm noktasındaki izler yan yana getirilerek tam profil radar kesitleri (radargramlar) elde edilir (Şekil 4). Ölçüm noktası sıklığı yerinde araştırılması istenilen oluşumlara göre ayarlanır. İstenildiğinde söz konusu 2 boyutlu (2B) radargramlar koordinatlarına göre birleştirilerek yeraltı haritaları üç boyutlu (3B) halde görüntülenebilir. Bu işlem için bir sahada kuzey-güney yönlü jeoradar profillerinin yanı sıra doğu-batı yönlü profillerde alınması ve mühendislik standartlarında bir kareyaj oluşturulması 3B yerçi modellerinde lokasyon, derinlik ve geometri hatalarını minimuma indiren bilimsel bir yaklaşımdır.



Şekil 2: Sultan Ahmet Camii arazi ölçümlerinde kullanılan USRADAR marka 250 Mhz merkez frekanslı antene sahip bir jeoradar düzeneği.

Jeoradar yöntemi başlıca yapısal araştırmalarda toprak stratigrafisinin ve jeolojik kesitlerin ortaya çıkarılmasında ve yeraltı karstik boşluklarının aranmasında (Davis and Annan, 1989), yüzeye yakın jeolojik birimlerin tespitinde (Daniels, 2004), fay, kırık ve çatlakların haritalanmasında (Gren et al., 2003), yeraltı su dağılımı ve seviyesinin tespitinde (Harari, 1996; Aspiro and Aigner, 1999), yüzeye yakın sıvı hidrokarbon aramalarında (Changryol et al., 2000) kullanılır. Bununla birlikte arkeolojik çalışmalarda tapınak, mezar, duvar, temel ve benzeri tarihi kalıntıların bulunmasında (Sambuelli et al., 1999; Daniels, 2000), metalik materyal arama çalışmalarındaki yeraltında gömülü boru, boru hattı, su veya akaryakıt tankı ve eski endüstriyel atık alanlarının tespitlerinde, zemin araştırmalarında, tünel araştırmalarında, karayolu, demiryolu, su tünelleri, tüp geçitler, maden galerileri içinde duvar cephelerinin sağlıklı tespitinde, galeri içinde bozunmuş zon ve cevher aramada, galeri ilerleme yönü tespitlerinde (Cardelli et al., 2002) ve adli tıp vakalarında yeraltındaki insan silah, mayın, vb. kalıntılarını aramada (Hammon III et al., 2000) tüm dünyada etkin olarak kullanılmaktadır.

Jeoradar çalışmalarında frekans anten aralığı, durak aralığı, kayıt uzunluğu ve örnekleme aralığı araştırma amacına göre belirlenmesi gereken değişkenlerdir. Yeraltı radarı ölçümlerinde frekans en önemli değişkendir ve birçok parametrenin belirlenmesinde rol oynar. Eğer çalışma derinliği (d) çözünürlüğü ön planda ise uygun frekans (f):

$$f = \frac{150}{d \sqrt{\epsilon}} \text{ (Mhz)}$$

ile bulunur (Milson, 1996). Burada derinlik, çözünürlüğü hedeflenen derinliğin %25 i olarak alınır ve (ϵ) dielektrik sabitidir. Uygulamada çözünürlük ölçütü ve nüfus derinliği koşullarına dikkat edilmelidir. Çözünürlük durak aralığından da etkilenir. Eğer sabit aralıklı hatlarda iki durak arası uzaklık, dalga boyunun $\frac{1}{4}$ 'ünden daha büyük ise kuramsal olarak tanımlanabilecek hedefler belirlenemez. Bu koşul yaklaşık olarak:

$$Dx = \frac{75}{f \sqrt{\epsilon}} \text{ (m)}$$

ile verilebilir. Diğer bir yaklaşımla her iki işlemde Dx in en fazla araştırma derinliğinin $\frac{1}{8}$ i kadar veya daha az olması gerektiği görülebilir. Anten dizilimleri genelde yan yana olarak yapılmasına rağmen uygulamada ucucu dizilimler de kullanılır. Jeolojik uzanım bilindiği durumlarda antenler yapıya paralel olarak tutulur. Uygulamalarda anten aralığı araştırma derinliğinin $\frac{1}{5}$ veya daha azı alındığında iyi sonuç elde edildiği görülmüştür. Derinliğe bağlı olarak deneye dayalı bağıntı ise:

$$D_{anten} = \frac{2x_{derinlik}}{\sqrt{\epsilon - 1}} \text{ (m)}$$

ile verilir. Örnekleme frekansının seçiminde örnekleme kuramı göz önünde tutulmalıdır. Jeoradarda kullanılan en yüksek frekans merkezi frekansın 1,5 katı olduğuna göre örnekleme aralığı merkezi frekansın en az 3 katı olmalıdır. Sağlıklı ölçüm için 2 katsayısının da kullanımı önerilir. Bu durumda örneğin 100 MHz merkezi frekansta örnekleme aralığı :

$$\Delta f = 100 \times 3 \times 2 = 600 \text{ (Mhz)}$$

ve

$$\Delta t = 1.67 \text{ ns}$$

bulunur.

Jeoradar ünitelerinin portatif ve taşınabilir olması, çevreye herhangi olumsuz bir etki yapmaması, diğer jeofizik yöntemlere göre çok daha hızlı 2B veri toplanabilmesi (Şekil 4) ve yüksek çözünürlüklü yeraltı görüntülemesini yapabilmesi yöntemin en büyük avantajlarıdır. Hasarsız tespit alanında çalışabilen en önemli ekipmanlardan biri olan jeoradar üniteleri yeryüzüne paralel çalışabildiği gibi yüksek frekanslarda kullanıldığında özellikle tarihi yapılarda duvar, tavan, yapı arkası boşluk, nemlilik belirlenmesi gibi birçok düşey ölçüm istenen uygulamada da kullanılabilir. Jeoradar yöntemini kısıtlayan durumlar ise; yüksek iletken bir ortamda çalışmaması ve derinlikle çözünürlük derecesinin göreceli olarak azalmasıdır. Jeoradar verici antenlerine ait penetrasyon/girişim derinliği ve dolayısıyla herhangi bir derinlikteki hedef nesnenin belirlenebilmesi, o bölgedeki toprak / yapı özelliklerine de bağlıdır. Toprak yüksek iletkenlikli ise GPR yöntemini kısmi olarak etkisiz hale getirebilir ve farklı antenler ile ekstra ölçümlere gereklilik oluşabilir. Yöntemin sonuç vermesi için aranan nesne ile çevre birimleri arasında yeterli elektriksel kontrastın olması gerekmektedir.

Arazide jeoradar verisi, en basit haliyle şu ekipmanlar grubu ile toplanır: bir bilgisayar, ham jeoradar verisini kaydetme özelliğine sahip bir kontrol ünitesi ve alıcı-verici jeoradar antenleri. Kontrol ünitesi yardımıyla kullanılan



Şekil 3: Derin jeolojik birimleri, yeraltı suyunu ve olası kırık-çatlak-fay zonlarının araştırılmasına yönelik kullanılan MALA marka 100 Mhz merkez frekanslı antene sahip bir jeoradar düzeneği.

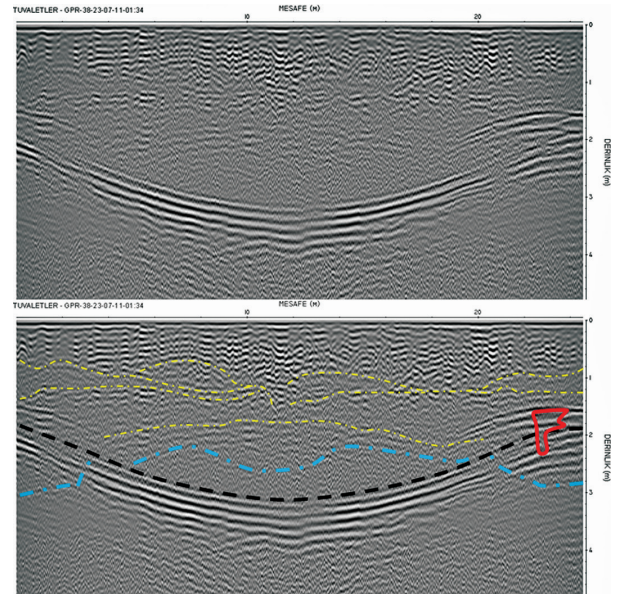
frekans, ölçümün yapılacağı zaman pencereleri, yağma yapılacak iz sayısı, v.b. koşullar ayarlanır. Ölçümlerde kullanılan frekans değerleri istenilen penetrasyon derinliğine göre 10 ile 5000 Mhz arasındadır. Jeoradar ile beraber ölçümde kullanılan bilgisayarlar yardımı ile gerektiğinde ve koşullar el verdiğinde birçok “ön” veri-işlem çalışması arazide anlık olarak yapılabilmektedir. Antenler ayrı ayrı olabildiği gibi tek bir parça olarak kapalı ve korumalı bir sistem içinde de yer alabilirler.

Şekil 4’te bir 2 boyutlu (2B) jeoradar profiline örnek gösterilmektedir. Üst şekil ile alt şekil aynı jeoradar radargramını göstermektedir; ancak alttaki radargramın üzerine tabakalar ile ilgili yorumlar belirtilmiştir. Her iki şekilde de yatay eksen ilerlenilen mesafe (m), düşey eksen ise inilen derinliği (m) göstermektedir. Sultan Ahmet Camii tuvaletler kısmında alınan bu 500 Mhz jeoradar profilinde eski kültür seviyesi (siyah kesikli çizgiler) ve üstünde yer alan dolgu birime ait geometri ve kalınlıklar (sarı kesikli çizgiler) gösterilmektedir. Mavi çizgi lokal yeraltı suyunu göstermektedir. Kırmızı ile gösterilen yüksek genlikli oluşum ise gömülü bir taş yapı kalıntısına işaret etmektedir.

SULTAN AHMET CAMİİ'NDE YERBİLİMLERİ ÇALIŞMALARI

Sultan Ahmet Camii’nde gerçekleştirilen jeofizik ölçümlerinin tamamında yeraltının ayrıntılı haritalanmasına imkân veren ve yatayda (x,y) yaklaşık 10 cm, düşeyde (z) ise ortalama 20 cm lokasyon çözünürlüğüne sahip Jeoradar ekipmanları kullanılmıştır. GPR ekipmanlarına ek olarak jeofizik ölçümler ile aynı anda çalışan, gerçek zamanlı koordinat kaydedebilme yeteneğine sahip ve yatay düzlemde ± 10 cm lokasyon doğruluğu seviyesinde hata payına indirgenmiş GPS sistemleri kullanılmıştır.

Teknik olarak bakıldığında 100 Mhz merkez frekansına sahip antenler ilk 0-20/25 metre derinliğin haritalanması-



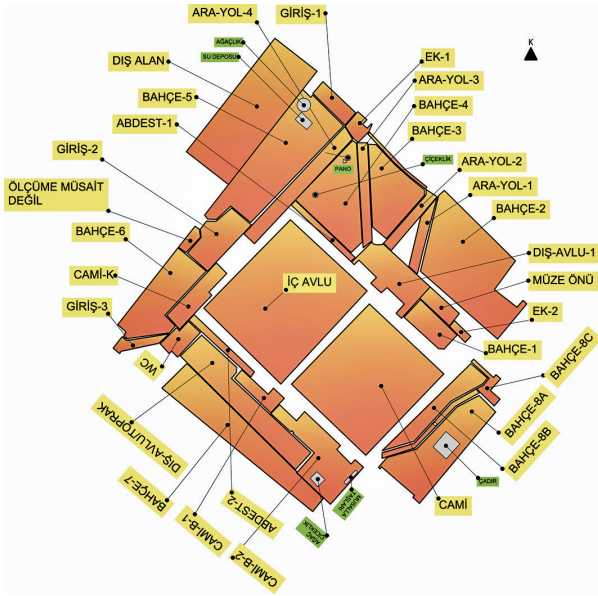
Şekil 4: 2B jeoradar profiline örnek.

na, 250 Mhz antenler ilk 0-9/12 metre derinliğin haritalanmasına ve 500 Mhz antenler ise ilk 0-3/6 metre derinliğin farklı çözünürlükler ile haritalanmasına olanak sağlamıştır. Arazide eş zamanlı olarak:

- 1) 100 Mhz frekans ölçümleri, 30 metreye kadar derin jeolojik birimlerin, fay-kırık-çatlakların ve kısmen yeraltı suyu etkilerinin incelenmesi amacıyla,
- 2) 250 Mhz frekans ölçümleri, ortalama ilk 10 metre derinlikte yer alması muhtemel gömülü tarihi yapıların, jeolojik birimlerin, yeraltı suyunun ve kısmen güncel tesisatların görüntülenmesi amacıyla ve son olarak,
- 3) 500 Mhz frekans ölçümleri de ortalama ilk 5 metre derinlikte yer alan olası gömülü tarihi yapıların ve güncel tesisatların haritalanması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Tüm arazide toplam 5349 adet ve 75330 metre uzunluğunda 2B jeoradar profili toplanmıştır (Tablo 1). Daha sonra aynı koordinatlarda gerçekleştirilen eş zamanlı jeoradar ölçümlerinden elde edilen verilerin tamamı ofis ortamında birleştirilerek değerlendirilmeye tabi tutulmuştur. Bu değerlendirme sırasında ilk aşamada tüm jeoradar ölçümleri suni kaynaklı ve istenmeyen elektromanyetik etkilerden (telefon ve telsiz vericileri, aktif güç ve aktarım kabloları, vb.) frekans bazında temizlenmiş, yeraltı görüntüleri açık ve görsel açıdan yorumlanabilir hale getirilmiştir. Elde edilen radargramlar bölgelerine göre sınıflandırıldıktan sonra belirlenen her bir alt alan için elde bulunan temizlenmiş profiller GPS koordinatlarına ve eldeki dijital arazi eskizlerine ve yazılı arazi notlarına göre birleştirilerek 3B yeraltı modellerinin oluşturulmasına geçilmiştir.

Jeofizik yeraltı haritalama çalışmalarda 2B jeoradar ölçümlerinden 3B derinlik haritalarının ve volümetrik/

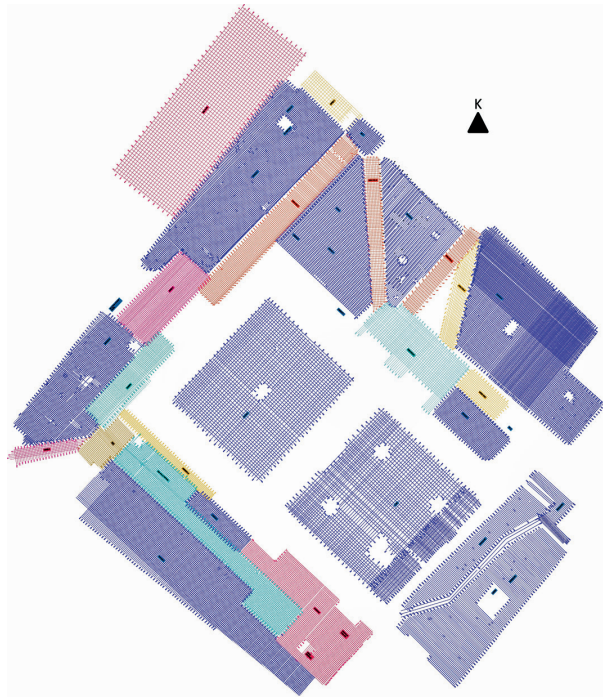


Şekil 5: Sultan Ahmet Camii alt çalışma alanları.

hacimsel modellerin oluşturulması kısmında en önemli unsurlardan biri kareyaj aralıklarının (K-G ve D-B doğrultulu jeoradar profillerinin birbirlerinden olan uzaklıklarının) koordinatları ile tam olarak kayıt edilmesi ve ideal olarak, bu aralıkların mümkün olduğu kadar birbirine eşit uzaklıkta olması gerekliliğidir (örneğin, "1mx1m", "5mx5m", gibi). Bunun en önemli sebeplerinden biri 3B veri modellerinin oluşturulması sırasında tahmin (interpolasyon) metodlarının kullanılmasıdır. Veri olmayan yerlerde eldeki jeoradar ölçüm nokta değerlerini kullanarak en iyi uygunluk (best fit) yoluyla 3B model oluşturulması sırasında jeoradar profillerinin ASTM D6432 - 99 (2005) standartlarında belirlenen şekilde ve arazi şartları elverdiği ölçüde tam bir mühendislik kareyajı ile toplanması gerekmektedir. Profil aralıklarının arazinin büyük bir kısmında çevresel şartlar zorlanarak 0.5 metre ve altı gibi düşük bir mesafede tutulması, Sultan Ahmet Camii arazi içinde oldukça ayrıntılı bir yeraltı görüntüleme çalışması yapılmasına olanak vermiştir. Bu bağlamda Sultan Ahmet Camii'nde gerçekleştirilen ve burada özetlenen yerbilimleri çalışması, ileride özellikle kent sınırları dâhilinde yapılacak benzer uygulamalar açısından önemli bir örnek teşkil etmektedir.

Yeraltı görüntüleme çalışmalarında arazilerin olabildiğince "tek parça" incelenmesi genel olarak kabul gören bir yaklaşımdır; ancak Sultan Ahmet Camii, iç avlu ve dış avluyu oluşturan arazide çok sayıda geometrik engel olduğu gözlemlenmiş (metal bahçe çitleri, ağaçlar, reklam panoları, kuyular, korumalı su/atık su kuyuları, yere sabitlenmiş banklar, vb.) ve arazinin tamamında sürekli halde veri toplanmasının imkan dahilinde olmadığı sonucuna varılarak arazi mühendislik kareyajı şartını sağlayan alt alanlara ayrılmıştır (Şekil 5).

Cami ana çalışma arazisinde toplam 29 alt alanda gerçekleştirilen 2B ölçümler bir araya getirilerek her alt alan



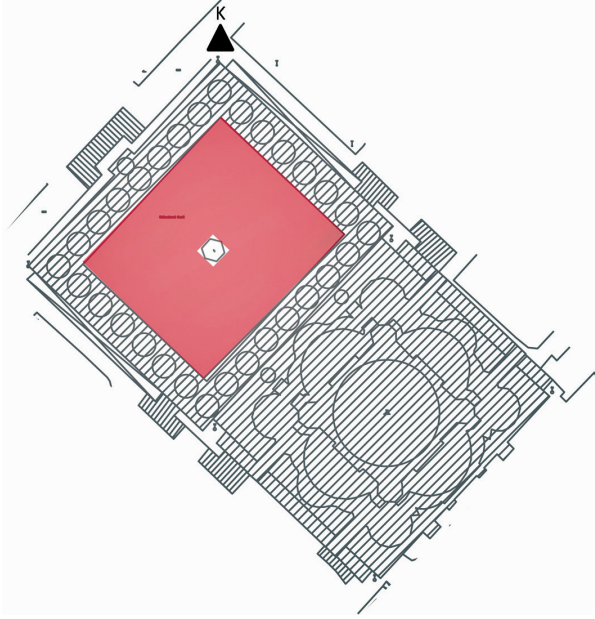
Şekil 6: Sultan Ahmet Camii'nde toplanan jeoradar profilleri.

için 3B veri modelleri çıkarılmış, daha sonra bu modellerden seçilen derinliklerde (ortalama her 0.25 veya her 0.50 metrede bir) enkesit alınarak yeraltının kademeli derinliklerde değişimi incelenmiştir. Bahsi geçen derinlik enkesit haritalarında koyu renge yakın gösterilen yüksek genlikli yapılar gömülü unsurları gösterirken, açık renge yakın bölgeler düşük genliği ve kendi içinde tutarlı jeolojik birimleri ve/veya boşluk, su içeren lokasyonları temsil etmektedir.

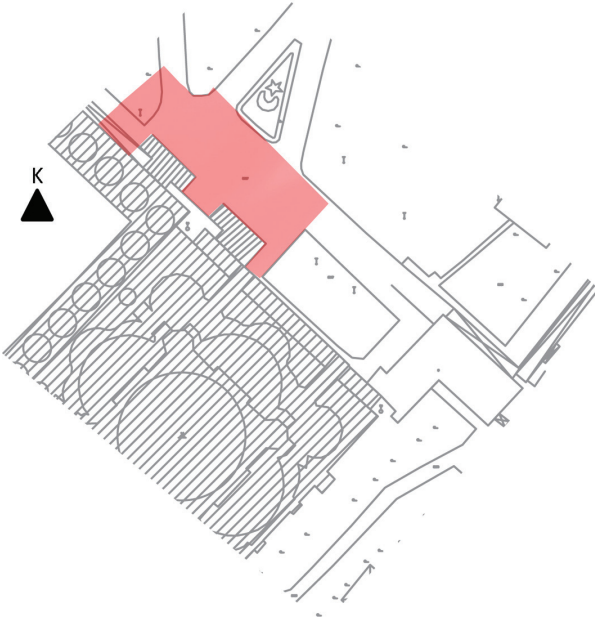
No	Alt alan	Top. Profil	No	Alt alan	Top. Profil
1.	Cami İçi	701	16.	İkinci Giriş	181
2.	İç Avlu	417	17.	Bahçe 6	148
3.	Dış Avlu 1	205	18.	Cami-K	369
4.	Müze Önü	85	19.	Üçüncü Giriş	36
5.	Bahçe 1	72	20.	Abdesthane	99
6.	Bahçe 2	305	21.	Cami B-1	64
7.	Ara Yol 1	61	22.	Cami B-2	264
8.	Ara Yol 2	55	23.	Toprak	208
9.	Bahçe 3	104	24.	Bahçe 7	316
10.	Ara Yol 3	42	25.	Bahçe 8	422
11.	Bahçe 4	176	26.	Ek-1	33
12.	Abdesthane	71	27.	Ek-2	31
13.	Ara Yol 4	299	28.	WC	126
14.	Ana Giriş	77	29.	Dış Alan	70
15.	Bahçe 5	312	TOPLAM PROFİL		5349

Tablo 1: Sultan Ahmet Camii alt alanlara göre profil sayısı dağılımları.

Cami İç Avlusu (Şekil 7) araştırma alanına oluşturulan 3B modelden türetilen kuşbakışı enkesit haritalarında (Şekil 8) ilk 4 metre içinde gömülü yapı ve kısmi boşluklara ait izlere rastlanmakla beraber bu yapıların çoğunun ortamda bulunan dolgu ile ilgili olduğu sonucuna varılmaktadır. Şekil 8'de üstten alta sırasıyla kuşbakışı olarak 192-240 cm arası, 431-470 cm arası ve 910-956 cm arası derinlik enkesitleri verilmekte ve bu şekilde derinlikle lokasyonları deği-



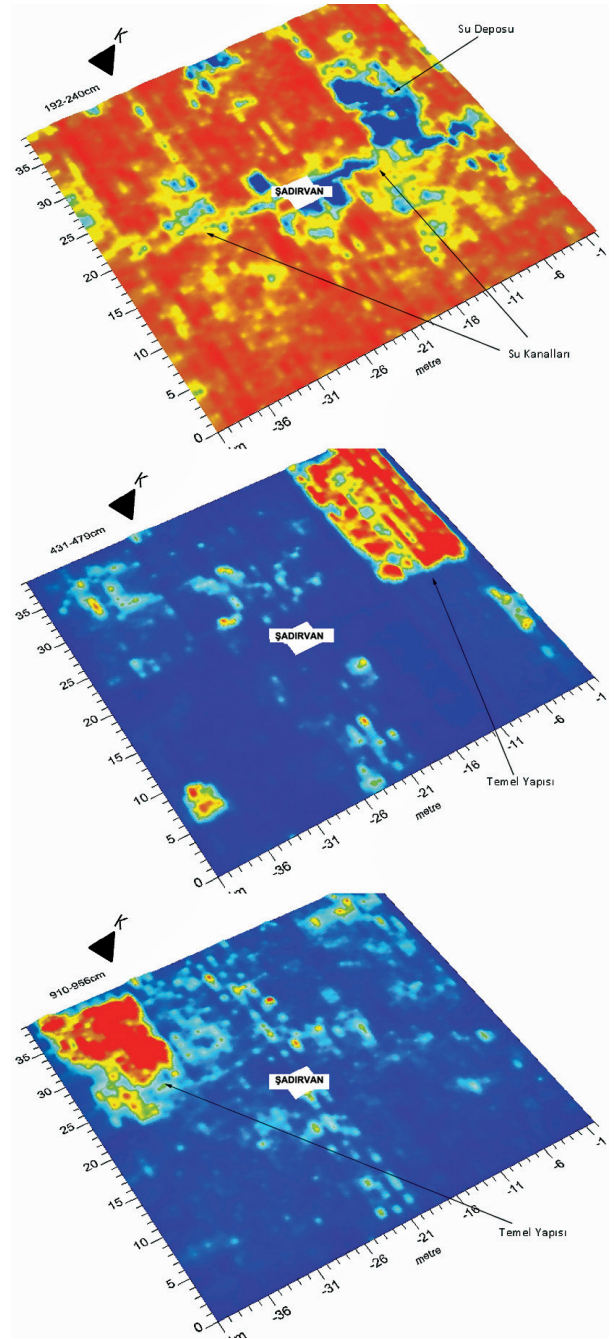
Şekil 7: Sultan Ahmet Camii İç avlu kısmı.



Şekil 9: Sultan Ahmet Camii ana avlu (Ayasofya Camii tarafı avlusu) alanı.

şen güçlü genliğe sahip taş yapılar dikkat çekicidir. Özellikle 192-240 cm derinlik enkesitlerinde görülen ve su kanalı olan yapının yanı sıra, 4 metre derinlikten itibaren 9.56 metre derinlik sınırına kadar yüksek genlikli ve dikdörtgene yakın şekilli gömülü yapıların varlıkları dikkat çekmiştir (Şekil 8). Bu yapıların avlunun dört tarafında yer alan minareler ile ilintili temel yapıları olduğu anlaşılmakta olsa da farklı derinliklerde görülmelerinin sebebi konu uzmanlarında ayrıca araştırılmalıdır.

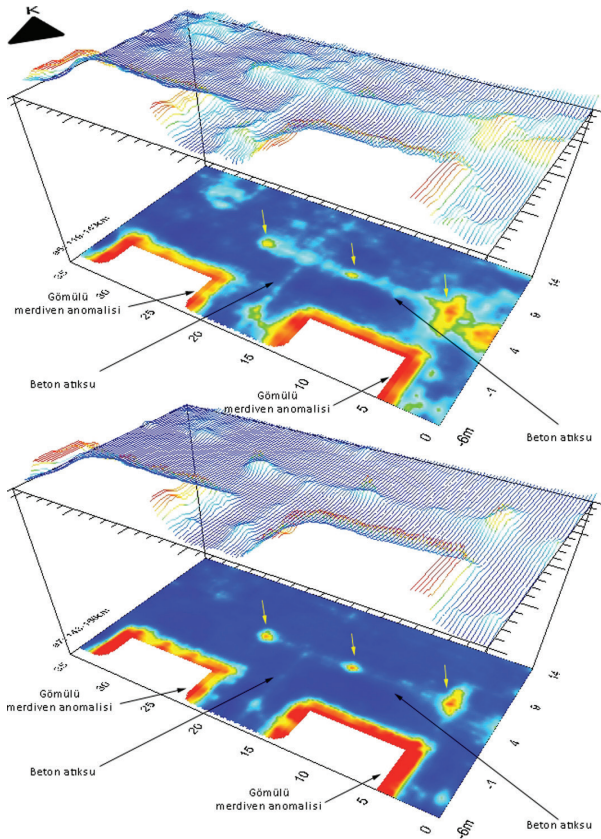
Sultan Ahmet Camii ana avlu kısmında (Şekil 9) 5 metre derinlik altında önemli bir yapıya rastlanılmamasına karşın, ilk 5 metre derinliğe yönelik 500 Mhz ölçülerinde güncel olduğu anlaşılan yapıların varlığı tespit edilmiştir.



Şekil 8: İç Avlu alanına ait derinlik enkesitleri.
Ortadaki boşluk avlu şadırvanına denk gelmektedir.

Bunlardan önemlileri Şekil 10'da görülebileceği gibi 3B model ve Şekil 11'de verildiği üzere volümetrik yeraltı modeli olarak özetlenmiştir. Şekil 10'da üst küp model 119-143 cm arası derinliği, alttaki küp 143-166 cm arası derinlikteki yapıları göstermektedir. Sarı oklar deşarj noktalarındaki rögar uzanımlarıdır. Ayrıca merdivenler olduğu düşünülen yapı izleri yaklaşık 165 cm derinliğe dek izlenmektedir. Bu şekilde 3 adet rögarı birbirine bağlayan beton borular ve bu borulara bağlantılı olduğu ve camiye doğru ilerlediği görülen daha ufak çaplı tali borunun varlığı şekillerde açık olarak görülmektedir.

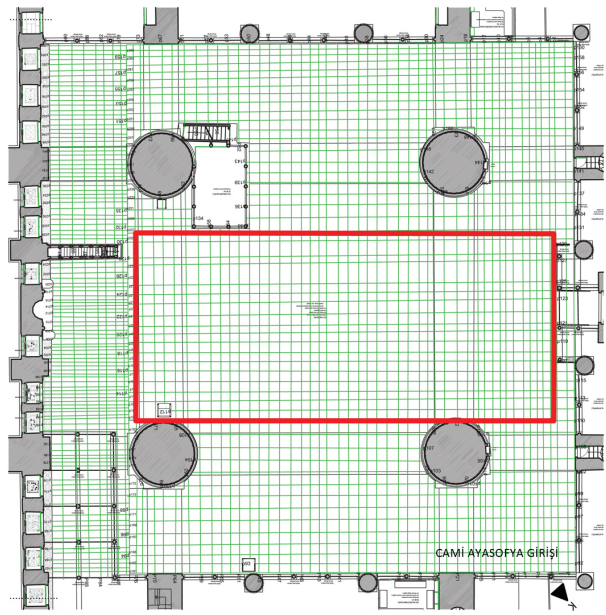
Sultan Ahmet Camii ana avlu alt arazisinde dikkati çeken bir diğer unsur merdivenlerin önündeki yüksek



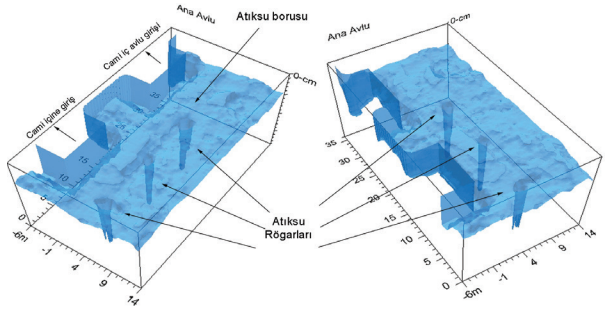
Şekil 10: Sultan Ahmet Camii ana avlu (Ayasofya Camii tarafı avlusu) alanına ait derinlik enkesitleri.

genlikli yapılardır (Şekil 10 ve Şekil 11). Yaklaşık 1 metre genişliğinde oldukları görülen söz konusu yapıların merdivenlerin yeraltında kalan devamları olduğu yorumu getirilmiştir. Ana avluda yer alan merdivenlerin kenarlarında gözlemlenen anomaliler yeraltında merdivenlerin devam ettiği izlenimi vermektedir. Yaklaşık 1 metre genişliğinde olan anomali sınırları yüzeyde gözlemlenen merdivenlerden yaklaşık 40 cm daha geniştir. Ara sınırlar kesin olarak görülmemesine karşın 165 cm. derinliğe kadar izlenebilen yapının birden fazla basamaktan oluşabileceği sonucu da göz önüne alınmıştır.

Sultan Ahmet Camii içi araştırma arazisinde gerçekleştirilen tüm jeoradar ölçümlerinin birleştirilmesinden oluşturulan 3B modelden türetilen derinlik enkesit haritaları Şekil 13'te sunulmaktadır. Bu şekilde yer alan enkesitlerde koyu renk ile anomali veren yerler gömülü yapısal unsurları göstermektedir. Arazide ilk bakışta en keskin kontrast farkına sahip olan unsurlar dış etkiler sebebiyle oluşmuş anomalisel unsurlardır. Enkesitlerde boşluk şeklinde görülen dairesel yapılar cami içindeki dört büyük sütuna denk gelmektedir. Sütün yarıçaplarının gerçek hayattakinden küçük olmasının sebebi interpolasyon uçlaşmalarıdır. Cami içindeki ölçümlerde diğer alt alanlarda olduğu gibi farklı merkez frekanslara / araştırma derinliğine ait jeoradar sistemleri ile toplanan 2B ölçümlerin birleştirilmesinden türetilen 3B modele ait enkesitlerin hesaplanması sırasında ortamda genlik dispersiyonuna yol açan çok sayıda iç etkinin



Şekil 11: Sultan Ahmet Camii ana avlu (Ayasofya Camii tarafı avlusu) alanına ait 3B hacimsel eş yüzey modelleri.

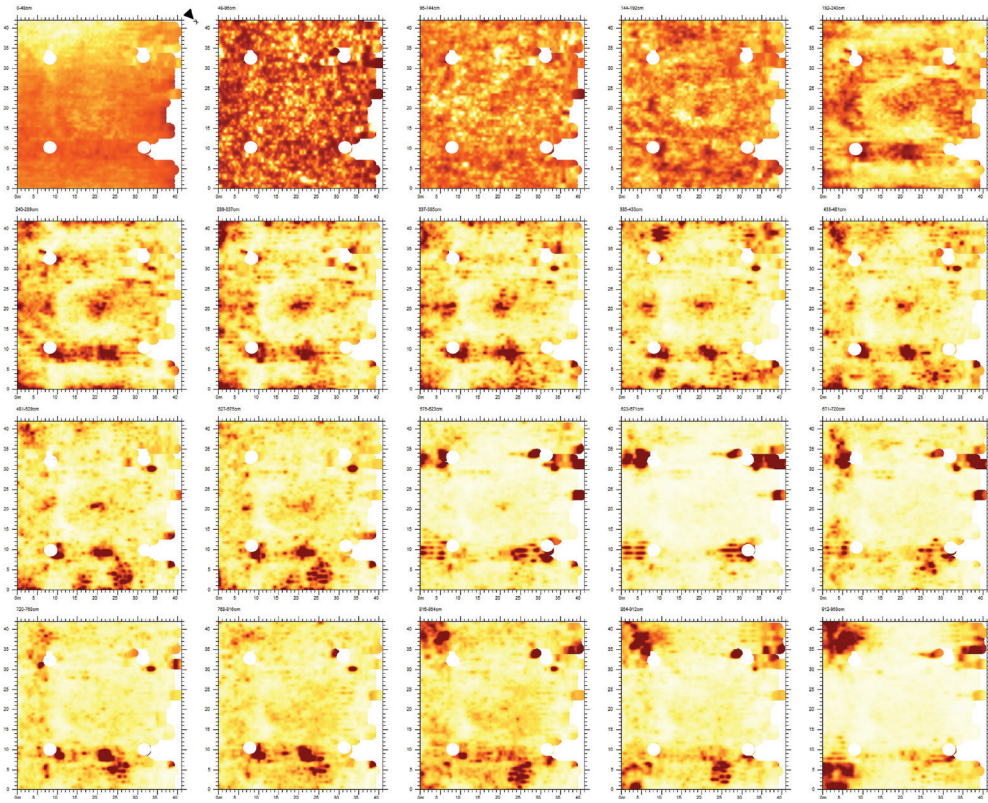


Şekil 12: Sultan Ahmet Camii içi jeoradar profillerinin oturumunu gösteren plan.

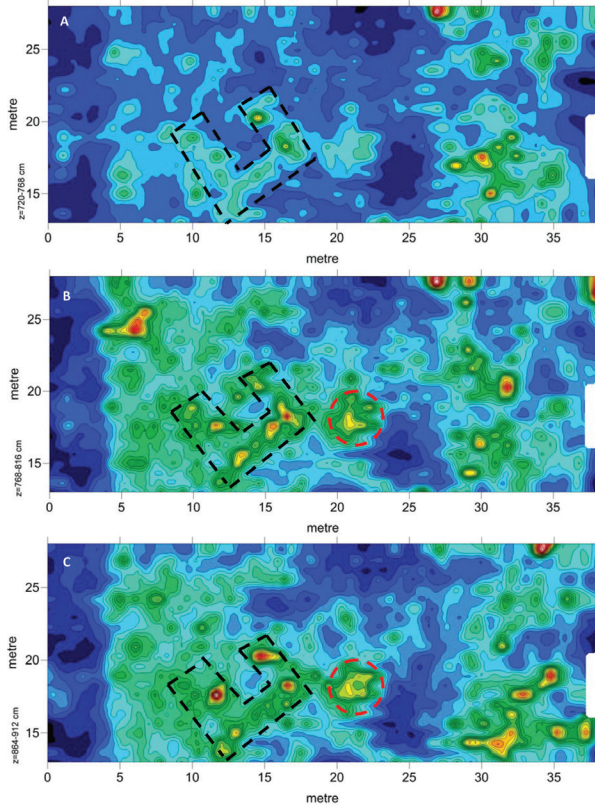
varlığı gözlemlenmiştir (elektronik ses düzenekleri, yere yakın cami avizesi, vb.). Bu etkilerin filtrelenerek azaltılması sırasında özellikle caminin 4 sütunu arasında kalan alanda yalnız kalan bazı güçlü / yüksek genlikli anomalilerin varlığı fark edilmiştir.

Şekil 12'de kırmızı dikdörtgen ile gösterilen ve "ayrıntı alan" olarak tanımlanan yaklaşık 15 m X 37 m = 555 m² büyüklüğündeki bu orta alanda gerçekleştirilen ve radar darbelerini darbe zarfları (pulse envelope) haline getirmekte kullanılan Hilbert transformasyonu (Taner et. al, 1979) ve gömülü kablo, tesisat ve olası tüm dış etkilerden kurtulmak amacıyla uygulanan migrasyon (migration) işlemlerinin ardından bu alt alandaki tüm açık anomaliler büyük oranda yalnız bırakılmıştır. Tüm hesaplamaların ardından elde edilen sonuçlar Şekil 14'de görülebilir.

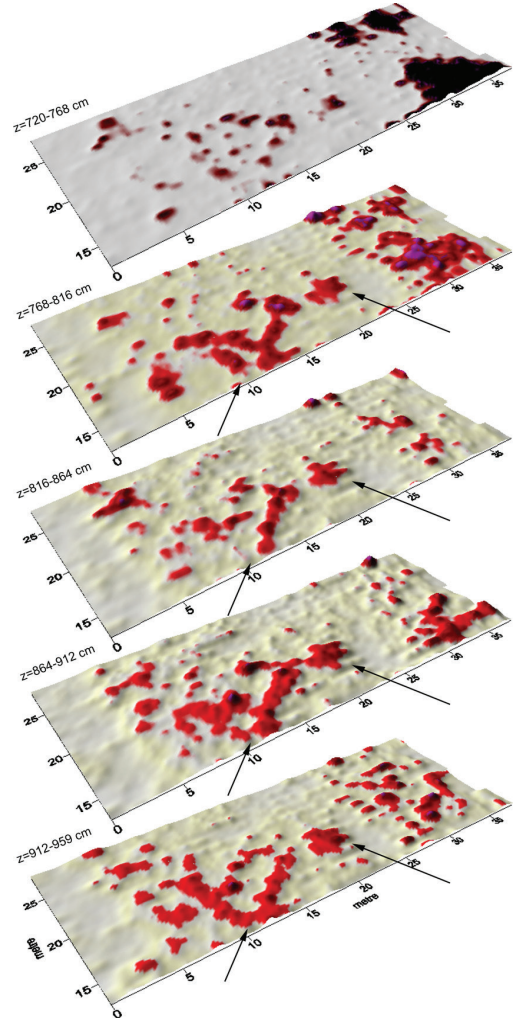
Şekil 14'te A:720-768 cm, B:768-816 cm ve C:864-912 cm arası derinliklere ait enkesitler görüşe sunulmaktadır. Yaklaşık 7 metre derinlik civarından itibaren kendini belli eden duvar yapıları 9.5 metre derinliğe kadar net bir şekilde takip edilebilmektedir. Siyah kesikli çizgiler yapının yaklaşık sınırlarını göstermektedir. Kırmızı kesikli çizgiler ise lokal kalan ancak yer içine doğru devamlılık gösteren diğer bir kararlı yapıya işaret etmektedir. Cami içindeki bu



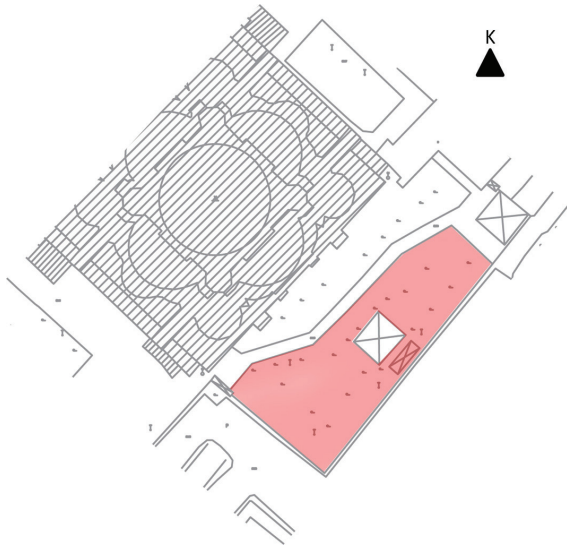
Şekil 13: Sultan Ahmet Camii içine ait derinlik enkesitleri.



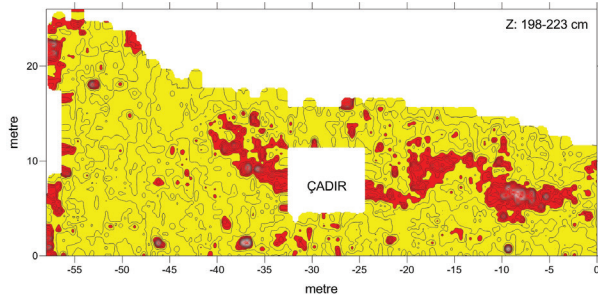
Şekil 14: Cami içi ayrıntı 3B model sonuçlarından yapıya odaklanan kontur haritaları



Şekil 15: Sultan Ahmet Camii içine ait 3B derinlik enkesitleri. (Oklar derine doğru süreklilik gösteren yoğun genlikli yapıları işaret etmektedir)



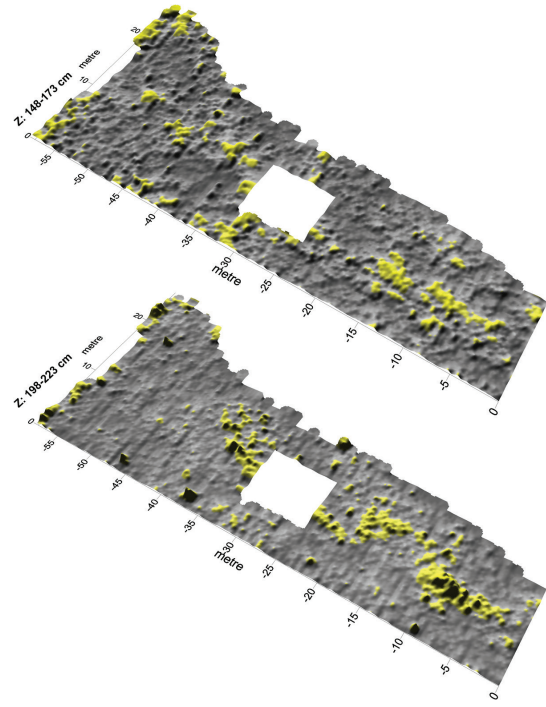
Şekil 16: Cami güneydoğusunda yer alan bahçe içi ölçümlerinin yerini gösteren harita. (Alt ölçüm alanının lokasyonu kırmızı renk ile sınırlanmıştır).



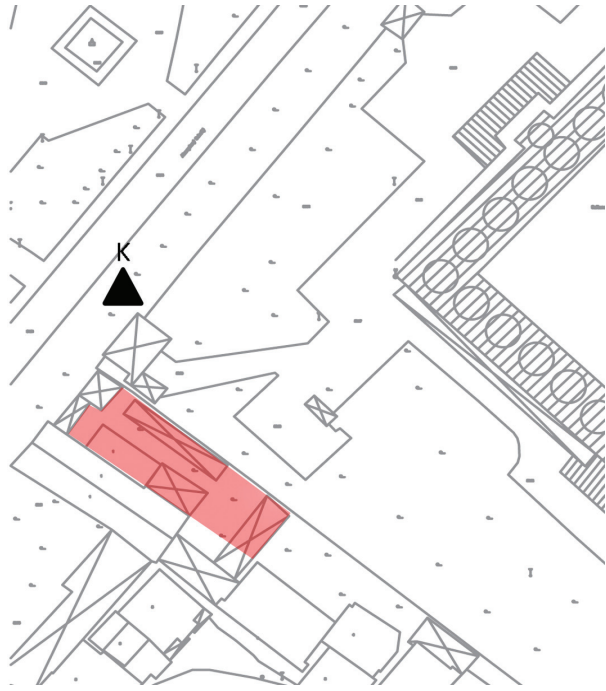
Şekil 17a: Cami güneydoğusunda yer alan bahçe içi enkesit

ayrıntı alanda özellikle ortalama 7-9 metre arası derinlikte ve X:12/Y:13 metre koordinatlarından başlayıp X:18/Y:18 metre koordinatlarına dek uzanan yapı baskın olarak göze çarpmaktadır. İlk bakışta ortası boş bir oda tipi yapısal unsur görünümünde olan bu anomali topluluğunun çevresinde ana yapıya yakın genlikte birden fazla anomali de bulunmaktadır; ancak artan derinlikle süreklilik gösteren ana yapının dışında süreklilik anlamında yalnızca Şekil 15'te kırmızı kesikli daire içinde işaretlenen bir lokal yapının daha varlığından söz etmek mümkündür. Söz konusu ayrıntı alanında X:30-37 metreler arasında görülen anomaliler yüksek genlikli olmalarına rağmen kendi içlerinde herhangi bir devamlılık göstermemekte ve dağınık bir halde ortama yayılmış izlenimi vermektedir. Bu işaretlerin ortamda bulunan tarihi ancak yıkık bir yapıyı göstermekte oldukları sonucuna varılmıştır.

Sultan Ahmet Camii içi derinlik enkesitlerinde bir diğer ilgi çekici unsur ise 816-958 cm derinliklerde (Şekil 13'te son 3 enkesit) sol üst ve alt köşelerde görülen ve Cami İç Avlusu alt alanında aynı derinliklerde ve aynı karakteristiklerde rastlanılan ve minareler ile alakalı olduğu yorumu getirilen temel yapılarıdır. Bu yüksek genlikli sağlam unsurların cami iç avlusunda (Şekil 8) karşılaşılan yapılar ile aynı fiziksel özelliklere sahip olduğu ve tüm yapının da minarelerin izdüşümlerine denk geldikleri görülmektedir.

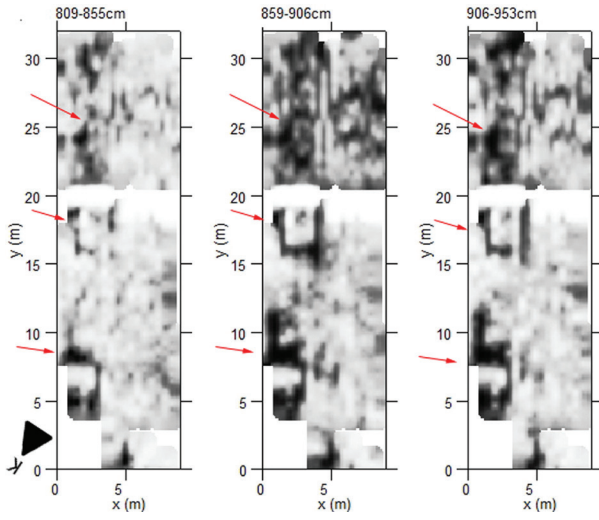


Şekil 17b: Cami güneydoğusunda yer alan bahçe içi derinlik enkesitleri

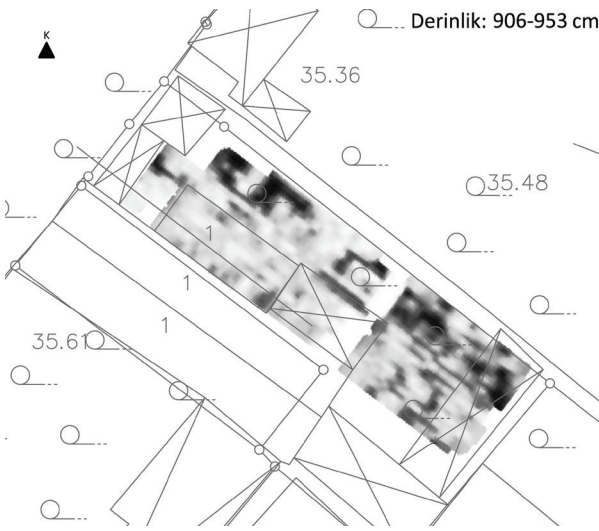


Şekil 18: Cami kuzeybatısında yer alan 41 ve 42. parsel ölçümlerinin yerini gösteren harita. (Alt ölçüm alanının lokasyonu kırmızı renk ile sınırlanmıştır).

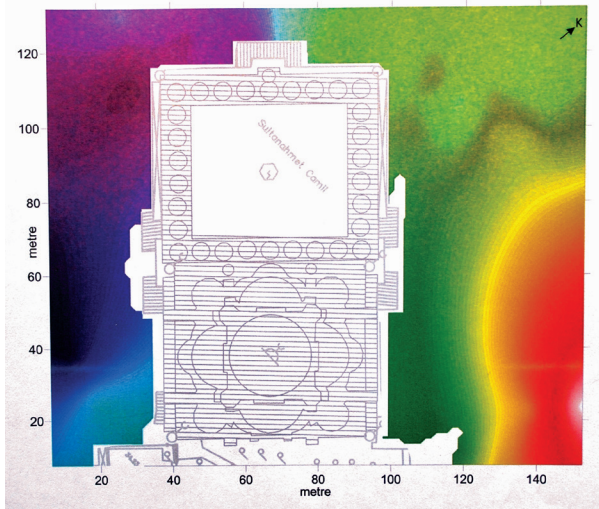
Sultan Ahmet Camii'nin güney doğusunda yer alan kapalı bahçe alanı (Şekil 16) açık izlenebilen ve çevresi ile genlik kontrastı en fazla olan gömülü yapıların karşılaştığı alanlardan biridir. Bu alanda yaklaşık 1,5 – 3 metre arası derinliklerde karşılaşılan sürekli ve açık izlenebilen karışık sahibi oluşumların gömülü tarihi yapısal unsurlar oldukları düşünülmektedir. Artan derinlikle değişen geometrik özelliklere sahip söz konusu oluşumların bu alt alanın diğer kısımlarına oranla çok daha yüksek genlikte oldukları ve sınırlarının ortamdaki jeolojik birimlerden yüksek kontrast ile ayrıldığı gözlemlenmektedir. 3 metre sonrası derinliklerde geometrik



Şekil 19: 41 ve 42. parsellerdeki ölçüm sonuçlarına ait derinlik enkesitleri



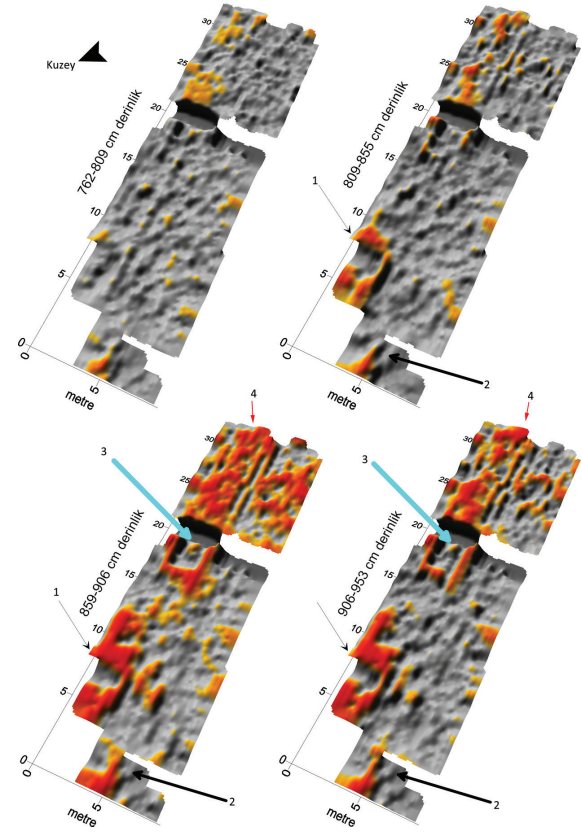
Şekil 20: Sultan Ahmet Camii 41 ve 42. parsellerdeki ölçüm sonuçlarının plan üzerine süperpozisyonuna bir örnek enkesit.



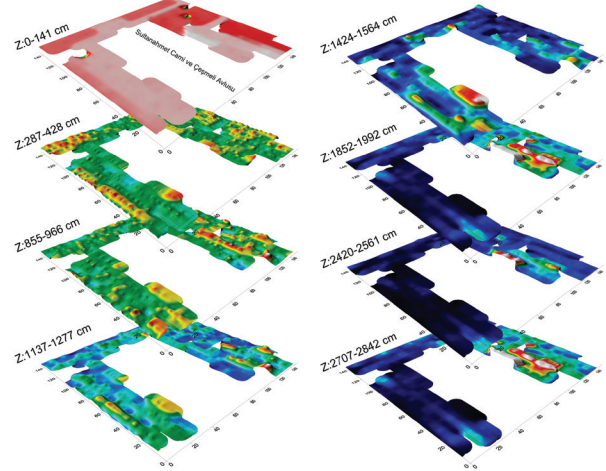
Şekil 23: Cami çevresinin yer altı nemliliğini gösteren kontür haritası

özellikleri değişen ve daha dağınık bir halde uzandığı gözlemlenen bu yapıların daha derinlerde kendi içinde çok daha istikrarlı bir şekilde devam ettikleri izlenmiştir. Şekil 17'de 198-223 cm arası derinliği gösteren enkesit kontür haritası görülebilir. Sarı ile gösterilen alanlar düşük genlikli jeolojik

41. - 42. Parseller Derinlik Enkesitleri (3B)



Şekil 21: 41 ve 42. parsellerdeki ölçüm sonuçlarına ait 3B açılı derinlik enkesitleri.



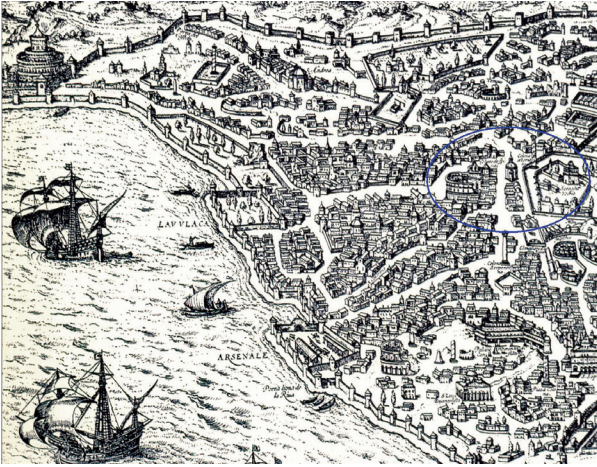
Şekil 22: Sultan Ahmet Camii 100 Mhz derinlik enkesitleri.

birimleri (yapay+doğal dolgu), kırmızı renkli konturlar gömülü yapıları temsil etmektedir. Şekil 17b'de ise 148-173 cm (üst) ve 198-223 cm (alt) 3B derinlik enkesitleri verilmektedir. Ortadaki boş alan arazide kurulu olan çadıra tekabül eden kısımdır. Gömülü yapılar sarı renk filtresi ile çevredeki diğer yeraltı birimlerinden ayrıştırılmıştır.

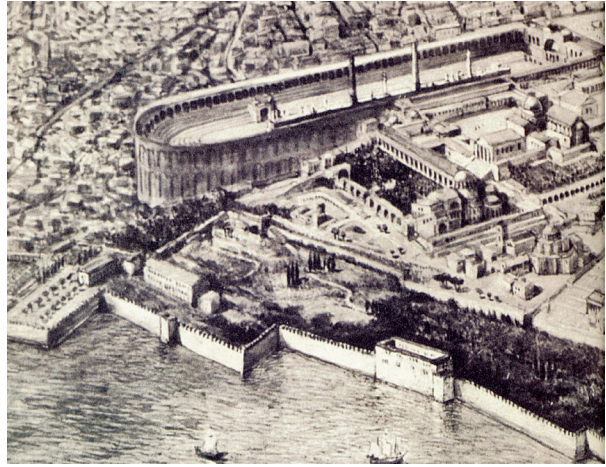
Sultan Ahmet Camii dışında kalan 41. ve 42. parsellerde (Şekil 18) gerçekleştirilen jeoradar ölçümlerinden elde edilen 3B yeriçi model sonuçlarından bir ayrıntı Şekil 19 ve Şekil 20'de verilmiştir. Şekil 19'da 762-953 cm arası derinlik enkesitlerinde siyaha yakın renkler yüksek genliğe sahip sağlam gömülü yapılara karşılık gelmektedir ve bu yapılar kırmızı oklar ile işaret edilmektedir. Güneyde kalan gömülü yapı



Şekil 23: Solda Panvino tarafından yapılan gravür, Matrakçı Nasuh'un İstanbul betiminden ayrıntı, Sultan Ahmet Meydanı sağda.



Şekil 24: Braun Hogenberg tarafından 1500 yıllarında yapılan gravürde hipodrom ve çevresi

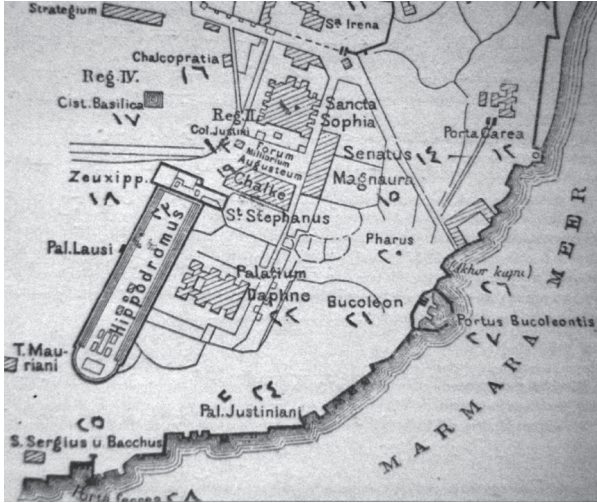


Şekil 25: C.E.Arseven'in perspektifine göre Hipodrom ve Büyük Saray (X. Yüzyıl rekonstrüksiyonu)

ların kuzeydekilere göre daha dağınık bir düzende oturma yaptıkları, dolayısıyla bu yapıların yıkık oldukları sonucuna varılmıştır. Enkesitlerde Y: 20 metre civarında alanı boyuna geçen beyaz çizgisel kısım yeryüzü engeline karşılık gelmektedir ve bu hatta X eksenini boyunca ölçüm bulunmamaktadır. 3B modelden türetilen söz konusu derinlik enkesitleri incelendiğinde 8 metre civarı bir derinlik sonrasında yeraltında yüksek genlikli sağlam yapıların kendini belli etmeye başladığı görülmektedir. Aynı yapıların gölgelenmiş 3B enkesit görüntüleri Şekil 21'de görülebilir. Bu şekilde 762-953 cm arası derinlikleri kapsayacak şekilde toplam 4 adet birbirini takip eden enkesit gösterilmektedir. Şekil 21'de devamlılık gösteren farklı unsurlar farklı sayılar ile tanımlanarak yapıların derine doğru gelişimleri işaretlenmiştir. Buna göre alanın kuzeybatısında görülen 1 ve 2 no.lu gömülü yapılar ile beraber inceleme arazisinin ortasında kalan ve yaklaşık 4 x 2 metre boyutundaki odamsı yapı 3 numaralı ok ile işaretlenmiştir. Alanın güneydoğusunda kalan ve 4 sayısı ile işaretlenen diğer yapılar ise yer yer doğrusal bir süreklilik göstermelerine rağmen dağınık bir halde ortamda yayılmıştır.

Sultan Ahmet Camii arazisinde gerçekleştirilen yerbilimleri çalışmasında gömülü tarihsel yapıların ve güncel insan yapısı tesisatların haritalanmasının yanı sıra jeolojik

katmanların, yeraltında karşılaşılması muhtemel herhangi olası ikincil fay, kırık veya heyelana veya diğer olası duraysızlıklara neden olabilecek süreksizlik düzlemlerinin de ayrıntılı olarak ortaya koyulması amaçlanmıştır. Bu sebeple arazide merkez frekansı 100 Mhz olan ve yaklaşık 30 metre araştırma derinliğine dek inebilen jeoradar sistemleri kullanılmıştır. Orta çözünürlük seviyesinde kullanılarak mümkün olan en derinden bilgi alınmasına yönelik çalışmaların sonucunda Sultan Ahmet Camii oturma alanında deprem ile ilgili fay, kırık, çatlak düzlemi, vb. herhangi açık bir süreksizlik düzlemine rastlanılmamıştır. Ancak özellikle caminin güneybatı/batısında bulunan ve zaman zaman 15 metre derinlik mesafelerine kadar çıktığı saptanan yeraltı suyunun düşük genlikli/düşük stabiliteli olduğu saptanan kum+kil ardışıklı jeolojik seviye içlerinde oldukça geniş bir alana yayılmış olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 22'de jeoradar 100 Mhz frekans çalışması sonucunda elde edilen 3B modellerden türetilen ve jeolojik tabakaların ortalama her 1,5 metredeki değişimini ve gösteren derinlik enkesitleri verilmektedir. Caminin güneybatı tarafında 15 metre derinlikten sonra suya oldukça doygun olan düşük genlikli (koyu mavi renk ile gösterilen) kum+kil tabakaları dikkat çekmektedir. Caminin kuzey-



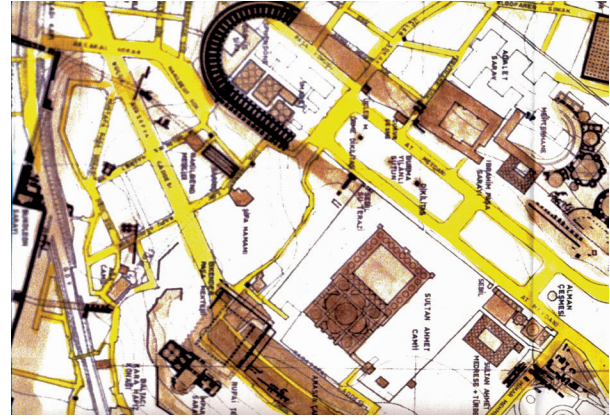
Şekil 26: Bizans dönemi rekonstrüksiyonuna göre Hipodrom ve Büyük Saraya ait bazı kompleksler (İhtifalci Mehmed Ziya Bey'den).

doğu tarafında görülmeyen bu tabakalar güneybatı tarafında yoğunlaşma göstermektedir.

Verilerin Arkeolojik Açından Yorumlanması:

Sultan Ahmet Külliyesinin oturduğu alanın Roma öncesi dönemdeki kullanım biçimi kesin olarak saptanamamıştır. Yalnız, M.Ö. VII. Yüzyılda bugünkü Sarayburnu sirtlarında kurulan ve Ayasofya'nın olduğu yere kadar yayılan Byzantion kentinin ardülkesi olduğu muhakkaktır (Tezcan 1989: 9, Tekin 2008: 63). Acaba bu dönemler alan bir nekropol müydü? Roma İmparatoru Septimius Severus döneminde (193-198) inşa edilmeye başlanan ve günümüzde, Sultan Ahmet Camiinin doğusunda yer alan hipodrom, kenti yeniden tesis eden ve Doğu Roma'nın başkenti ilân eden İmparator Konstantinos döneminde (324-337) tamamlanmıştır (Gurlitt 1999: 9, Akyavaş 2000: 166). Çeşitli yönetim bölgelerine ayrılan kentin III. Bölgesinin sınırları içinde kalan hipodrom, zaman içinde önemli ölçüde tahribata uğramış, özellikle Latin istilası sırasında zenginliklerini de yitirmiştir (Kos 1995: 25). Günümüzde spinasını belirleyen üç anıt-sütun ile güneydeki sphendone duvarı sağlam olup, doğu-batı ve kuzey duvarları mevcut değildir. Eski gravür ve haritalar sayesinde detayları görmemiz mümkün olmaktadır. XV. yüzyıla ait Boundelmonti ve Vavassore tarafından yapılan iki gravür bu konuda çok önemlidir. Gravürlerde, Sultan Ahmet camii'nin yapılacağı yerde birkaç küçük konut yapısı dışında önemli herhangi bir yapının bulunmadığı gözlemlenmektedir.

Hipodromun yaklaşık 370 metre uzunluğundaki güney duvarının bir kısmının Sultan Ahmet Camii avlusuna rastladığı, yapılan ölçümler neticesinde öne sürülmüştür (Arseven 1989: 169). Arkeofizik çalışması sırasında cami avlusunun batısında (41-42 nolu parsellerde), düzenli şekilde doğu-batı istikametinde ilerleyen kalıntının, hipodromun



Şekil 27: Hipodromun güney duvarının duvarının cami avlusuna doğru uzamı (A.Muslubaş'tan)

güney duvarıyla çakıştığı görülmekle, bu kalıntının hipodroma ait olduğu ispat olunmaktadır. A.Muslubaş tarafından yapılan bir çizimde de hipodromun güney duvarının uzantısı anomalilerdeki konum ve doğrultuda görülmektedir. Anomalilere bakıldığında kalıntının - 8 m ile - 9,5 m arasındaki derinliklerde olduğu gözlemlenmektedir (Şekil, 19,20). Spina üzerindeki Mısır obeliski, örme obelisk ve Plataia anıtlarının özgün kotunun -5.00-5.50 m derinlikte olduğu göz önüne alındığında hipodroma ait duvar kalıntılarının temeliyle ilgili olduğu ortaya çıkmaktadır. Sultan Ahmet Camii inşa edilirken çıkarılan hafriyatın hipodroma döküldüğü, bazı mermerlerin de cami avlusunda, döşemede kullanıldığı bilinmekle birlikte (Muslubaş 2007: 69) biri de medresede kullanılmıştır.

Cami hariminin hemen hemen ortalarına denk gelen noktada (Şekil 12) yapılan ölçümlerde ortaya çıkan ve 3B model sonuçlarından yapıya odaklanan kontur haritalarına bakıldığında yaklaşık -7 m ile - 9,5 m arasında derinliklerde bulunan kalıntının ve düzensiz bazı izlerin de Konstantinos zamanında (324-337) hipodromun yanında inşa edilen Daphne Sarayı'na¹ ait olma olasılığı mevcuttur (Şekil 14,15). Daphne Sarayının denize nazır olduğunu biliyoruz ki, meydandaki en uygun yerin Sultan Ahmet Camiinin oturduğu yükseltinin olduğunu söylemek mümkündür. Saraydan, hipodromdaki özel loca olan kathismaya gitmek için bir geçit mevcuttu. Zaten İmparator Konstantinos VII.Porphrogenetos da Törenler Kitabında, sarayın hipodroma bağlandığına değinmiştir. Sarayın merasim salonları, daireleri ve müştemilatı mevcuttu. 532 yılında hipodromda başlayan Nika ayaklanması sırasında yıkılan saray, İmparator Iustinianus tarafından yeniden yaptırılmıştır (Eyice 1988: 3). Muhtemelen Latin istilası sırasında yağmalanmış ve ardından terk edilmiştir.

Osmanlı döneminde bugünkü Sultan Ahmet Camii ve kompleksinin olduğu yere vezirlere ait çeşitli saraylar yapıldığı daha evvel belirtilmişti. Cami yapılmadan evvel bu sarayların satın alma yoluyla mülkiyeti sağlandıktan sonra yıkıldığı bilinmektedir.

1 Daphne, mitolojide Apollon'un aşık olduğu orman perisi olarak geçmektedir.

Kaynakça

- Ahunbay, Zeynep, (1994) Sultan Ahmed Külliyesi, *İstanbul Ansiklopedisi*, C.7, 55-61.
- Akyavaş, A.Ragıp, (2000) Tarihi At Meydanı, *Âsitâne I*, İstanbul.
- Arseven, C.E. (1989) *Eski İstanbul*, (Haz.D.Yelkenci), İstanbul.
- Aspiron, U., and Aigner, T., (1999) Towards realistic aquifer models: Three dimensional georadar surveys of Quaternary gravel deltas (Singen Basin, SW Germany), *Sedimentary Geology*, 129, 281-297.
- Ayvansaraylı Hafız Hüseyin Efendi,(2001) *Hadikat'ül Cevâmi*, (Çev.A.N.Galitekin),İstanbul: İşaret Yayınları.
- Cardelli, E., Marrone, C., and Orlando, L.,(2003) Evaluation of tunnel stability using integrated geophysical methods, *Journal of Applied Geophysics*, 52, 93-102.
- Changryol, K., Daniels, J. J., Guy, E., Radzevicius, S. J., and Holt, J., (2000) Residual hydrocarbons in a water-saturated medium: A detection strategy using ground penetrating radar, *Environmental Geosciences*, 7, 4, 169-176.
- Daniels, J.J., (2000) Ground penetrating radar for imaging archeological objects in the subsurface, Proceedings of the New Millennium International Forum on Consideration of Cultural Property, *Kongju*, Korea, 247-265.
- Daniels, D. J., (2004) *Ground Penetrating Radar, 2nd Edition. The Institute of Electrical Engineers*, London, United Kingdom.
- Davis, J.L., and Annan, A.P., (1989) Ground-penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, 37, 531-551.
- Eyice, Semavi,(1988) İstanbul'da Bizans İmparatorlarının Sarayı: Büyük Saray, *STAD*, C.I,S.3,İstanbul,s.3-36.
- Gökay,O.Ş. (1975) Risale-Mimariye- Mimar Mehmet Ağa-Eserleri, *Ord.Prof.Dr. İ.Hakkı Uzunçarşılı'ya Armağan*, Ankara, s.113-215.
- Green, A., Gross, R., Holliger, K., Horstmeyer, H., and Baldwin, J., (2003) Results of 3-D georadar surveying and trenching the San Andreas fault near its northern landward limit, *Tectonophysics* 368,7-23.
- Gurlitt, Cornelius, (1999) *İstanbul'un Mimari Sanatı*, (Çev.R.Kızıltan),İstanbul.
- Hammon III, W. S., McMechan, G. A., and Zeng, X., (2000) Forensic GPR: finite-difference simulations of responses from buried human remains. *Journal of Applied Geophysics*, V. 45, 171-186.
- Harari, Z., (1996) Ground-penetrating radar (GPR) for imaging strigraphic features and groundwater in sand dunes, *J. Applied Geophysics*, 36, 43-52.
- İhtifalci Mehmet Ziya Bey, (2004) *İstanbul ve Boğaziçi*, C.I-II, İstanbul:Bika Yayını.
- Kos, Karoly, (1995) *İstanbul Şehir Tarihi ve Mimarişi*, (Çev.N.Güngörmüş), Ankara:Kültür Bakanlığı Yayını.
- Kuban, Doğan, (2007) *Osmanlı Mimarişi*, İstanbul: YEM Yayınları.
- Milson, J., (1996) *Field geophysics*: JohnWiley & Sons, Inc.
- Muslubaş, Ali, (2007) *Sultan Ahmet Tarihi Alan Araştırması Çevre Düzenlemesi Öncesi İnceleme ve Metot Önerisi*, İstanbul.
- Müller-Wiener,W. (2007) *İstanbul'un Tarihsel Topografyası*, (Çev. Ü.Sayın), İstanbul:Yapı-Kredi Yayınları.
- Sambuelli, L., Socco, L.V., and Brecciaroli, L., (1999) Acquisition and processing of electric, magnetic and GPR data on a Roman site (Victimulae, Salussola, Biella), *Journal of Applied Geophysics*, 41:189-204.
- Taner, M.T., Koehler, F., and Sheriff, R.E., (1979) Complex seismic trace analysis, *Geophysics*, 44, 6, 1041-1063.
- Tekin, Oğuz, (2008) Koloni Kentinden İmparatorluk Başkentine Antik Çağ'da İstanbul, *Aktüel Arkeoloji*, S.9, s.58-65.
- Tezcan, Hülya, (1989) *Topkapı Sarayı ve Çevresinin Bizans Devri Arkeolojisi*, İstanbul: Türkiye Turing ve Otomobil Kurumu Yayını.