



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İSTANBUL DAMATRY S ARAYINDAKİ TAHRİBATLARIN
JEOLOJİK VE JEOFİZİK YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

Hakan MEHMETOĞLU

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Atiye TUĞRUL**

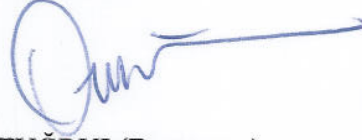
**II. DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Fethi Ahmet YÜKSEL**

Nisan, 2018


İSTANBUL

Bu çalışma, 27.04.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı , Jeoloji Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.


Tez Jürisi



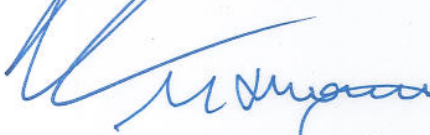
Prof. Dr. Atiye TUĞRUL(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi




Prof. Dr. Hakan HOSGÖRMEZ
İstanbul Üniversite
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. Namık AYSAL
İstanbul Üniversite
Mühendislik Fakültesi



Prof. Dr. Zihni Mümtaz HİSARLI
İstanbul Üniversite
Mühendislik Fakülte



Prof. Dr. Mustafa YILDIRIM
Yıldız Teknik Üniversite
İnşaat Fakülte



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında sabırla bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen tez danışmanım Prof.Dr.Atiye TUĞRUL'a,

Çalışmamın her aşamasını görüş ve katkıları ile destekleyen II.danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Fethi Ahmet YÜKSEL'e,

Tez konusunu bana öneren ve konu ile ilgili bilgi birikimini paylaşan Doç.Dr.Namık AYSAL'a,

Saha çalışmaları ve tez yazım aşamasında destek ve katkılarından dolayı Dr. Öğretim Üyesi Murat YILMAZ'a ve Dr. Selman ER'e,

Çalışma alanında bulunan yapıların mimarisi ilgili bilgi ve veri temininde yardımlarını esirgemeyen AKROPOL MİMARLIK Yönetim Kurulu Başkanı Sn.Cengiz ERDOĞAN'a,

Yine çalışma alanı ile ilgili edinmiş oldukları bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen Kimya Mühendisi Sn.Nimet ALKAN başta olmak üzere İBB Koruma ve Uygulama Denetim Müdürlüğü çalışanlarına,

Tarihi kalıntıların çevresinde yapılan saha çalışmaları ve toplanan verilerin değerlendirilmesi aşamasında destek ve yardımını gördüğüm Sn.Kerim AVCI başta olmak üzere GEOMETRİK Mühendislik Müşavirlik Yer altı Araştırmaları firması çalışanlarına,

Katkılarından dolayı, emekli İstanbul Arkeoloji Müzeler Müdürü Sn. Zeynep KIZILTAN'a ve Müze çalışanlarına,

Tez çalışmam süresince sabır ve özveri ile daima yanımda olan ve desteğini esirgemeyen aileme sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

Nisan 2018

Hakan MEHMETOĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ.....	xi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1.ÇALIŞMANIN AMACI	2
1.2.ÇALIŞMA ALANI	3
1.2.1. Damatrys Sarayının Tarihçesi	4
2. GENEL KISIMLAR.....	9
2.1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	9
2.1.1. Araştırma Alanı İle İlgili Çalışmalar	9
2.1.2. Araştırma Konusu İle İlgili Çalışmalar	11
2.2.TARİHİ ESER KALINTILARININ BULUNMASINA YÖNELİK ARKEOJEOFİZİK ÇALIŞMALAR	13
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	15
3.1. BÜRO ÇALIŞMALARI	15
3.2. ARAZİ ÇALIŞMALARI	17
3.2.1. Jeolojik Arazi Çalışmaları	17
3.2.2. Jeofizik Arazi Çalışmaları	19
3.2.2.1. Yer Radarı (GPR) Yöntemi Çalışma Prensipleri	22
3.2.2.2. Elektromanyetik Sinyallerinin Oluşturulması ve Yayınımı.....	22
3.2.2.3. Elektromanyetik Sinyallerin Yansıması	25
3.2.2.4. Elektromanyetik Sinyallerin Enerji Kaybı ve Sönümlenmesi	27
3.2.2.5. Anten Tipi ve Frekansının Seçilmesi.....	28
3.2.2.6. Örnekleme Aralığı ve İstasyon Aralığının Seçilmesi	31
3.2.2.7. Penetrasyon Derinliği.....	33

3.2.2.8. Çalışma Alanının Karelemlendirilmesi ve Çalışmaya Etki Eden Faktörler	35
3.2.2.9. Arazide Ölçüm ve Değerlendirme	38
3.2.2.10. GPR Çalışmasında Kullanılan Veri İşlem Yöntemleri ve Veri Sunumu	41
4. BULGULAR.....	48
4.1. JEOLJİK VERİLER.....	48
4.1.1. Araştırma Bölgesinin Jeolojik Yapısı ve Yerleşime Uygunluk Durumu	48
4.1.2. Araştırma Bölgesi Yakın Çevresinin Genel Jeolojisi.....	48
4.1.2.1. Kurtköy Formasyonu (Opk).....	48
4.1.2.2. Aydos Formasyonu (Oa).....	49
4.1.2.3. Yayalar Formasyonu Gözdağ Üyesi (OSyg).....	50
4.1.2.4. İstinye / Pelitli Formasyonu (SDp).....	51
4.1.2.5. Pendik Formasyonu Kartal Üyesi (Dpk).....	52
4.1.2.6. Belgrad / Sultanbeyli Formasyonu (Tsd).....	53
4.1.2.7. Alüvyon (Qal).....	54
4.1.3. Yapı Unsurlarında Kullanılan Kayaç Türleri	57
4.1.4. Yapı Unsurlarında Meydana Gelen Tahribat ve Bozunma Türleri	60
4.2. JEOFİZİK VERİLER.....	65
4.2.1. Veri Toplama.....	65
4.2.2. Veri İşlem Aşamaları.....	66
4.2.3. Arkeojeofizik Verilere Bağlı Değerlendirmeler	66
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	84
5.1. SONUÇLAR	84
KAYNAKLAR.....	87
EKLER.....	91
ÖZGEÇMİŞ	120

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: Halihazır harita üzerinde işaretlenen 1. ve 3. Derece Arkeolojik Sit Alanı Sınırları.	1
Şekil 1.2: Çalışma Alanı Yerbulduru Haritası.	3
Şekil 1.3: Damatrys Sarayı çevrede bulunan yapılar (Uçar,2008).	5
Şekil 1.4: 1993 yılında yapılan yol altyapı çalışmaları (İstanbul Bölge Kurulu Arşivi).	6
Şekil 1.5: Damatrys Sarayına ait eski fotoğraflar ve Tanrıça Demeter.	7
Şekil 1.6: Damatrys Sarayı'nın 2011 yılına ait fotoğraflar (google).	7
Şekil 1.7: Çalışma alanının kazı-restorasyon işlemleri başlamadan önceki hali ve sonrası.	8
Şekil 3.1: Reflexw programına ait ekran görüntüsü.	15
Şekil 3.2: Reflexw programına ait 2D değerlendirme görüntüsü.	16
Şekil 3.3: GPR-Slice programına ait 3D değerlendirme görüntüsü.	16
Şekil 3.4: Damatrys Sarayı veri toplama işlemine ait görüntüler.	17
Şekil 3.5: Damatrys Sarayı kayaç tanımlama işlemine ait görüntü.	18
Şekil 3.6: Damatrys Sarayı kayaçlarda meydana gelen deformasyonların tanımlanmasına ait görüntü.	18
Şekil 3.7: Damatrys Sarayı veri toplama işlemine ait görüntüler 250 MHz Antenli Mala marka GPR Cihazı fotoğrafı (uwyo.edu /University of Wyoming sitesinden alınmıştır).	19
Şekil 3.8: Damatrys Sarayı veri toplama işleminde ölçüm planlama ve saha ekibi.	20
Şekil 3.9: Sahada gerçekleştirilen GPR çalışmasında ölçüm alınması ve kullanılan ekipman.	20
Şekil 3.10: Sahanın farklı bölgelerinde (2A Bölgesi) yapılan GPR Çalışmasına ait görüntüler.	21
Şekil 3.11: Sahanın farklı bölgelerinde (2C Bölgesi) yapılan GPR Çalışmasına ait görüntüler.	21

Şekil 3.12: GPR anteninden yeraltına gönderilen elektromanyetik dalgaların yayılım örneği (Conyers ve Goodman, 1997'den uyarlanmıştır).....	23
Şekil 3.13: Şekil 3.13'te birbirinin aynı olmayan dielektrik geçirgenlik değerine sahip ortamda seyahat eden 300 MHz merkez frekanslı bir antenden yayılan elektromanyetik dalgaların oluşturduğu yatay çözünürlük büyüklükleri (Conyers ve Goodman, 1997'den uyarlanmıştır).....	24
Şekil 3.14: Derinliğe bağlı olarak bağıl dielektrik geçirgenlik katsayıları (a) artan ve (b) azalan yer altı modeli için dalga kırılma etkileri (Conyers ve Goodman, 1997'den uyarlanmıştır).	25
Şekil 3.15: Farklı frekanslardaki antenlerin yansıma iz görüntüleri.....	31
Şekil 3.16: Deltaik bir bölgenin 50 MHz anten ve 3 m istasyon aralığı ile ölçülmüş GPR yansıma görüntüsü (Moorman, 2001).	33
Şekil 3.17: Aynı bölgenin istasyon aralığının Nyquist örnekleme aralığı olan 0.5 m ile ölçümü (Moorman, 2001).....	33
Şekil 3.18: Elektromanyetik dalga iletkenliği ile penetrasyon derinliği ilişkisi (Moorman, 2001).....	34
Şekil 3.19: Profil yönü seçimi.....	35
Şekil 3.20: Su tablası sınırının radargram kesitindeki görünümü (Stickley vd., 2000).	37
Şekil 3.21: Hız ile bağıl dielektrik sabiti arasındaki ilişki (Daniels, 2004).	38
Şekil 3.22: GPR ölçümlerinde derinlik, frekans ve çözünürlük ilişkisi (Kadioğlu, 2006).....	40
Şekil 3.23: Kapalı sistem antenli GPR cihaz ile veri toplama ve radargram kesiti (www.definesohbeti.com).	41
Şekil 3.24: Genel frekans filtre gösterimi (Yalçınar, 2009).....	42
Şekil 3.25: Yer radarı verilerine uygulanan temel veri işlem aşamaları akış diyagramı.	42
Şekil 3.26: a) Ham sinyal; b) Dewow süzgeci uygulanmış sinyal (Cassidy, 2009).	43
Şekil 3.27: a) Ham Veri; b) Ham veriye dewow(düşük frekansların atılması) uygulanmış hali.	43
Şekil 3.28: a) Gömülü bir borunun radar veri örneği b) Gösterilen verinin süzgeçlenerek düzeltilmiş hali (Annan, 2001).	44
Şekil 3.29: GPR verisinin background removal işlemi uygulandıktan sonraki hali (Öğretmen, 2012).	44
Şekil 3.30: 450 MHz yer radarı kesitindeki sıfır-zaman değişim örneği (Cassidy, 2009).....	45

Şekil 3.31: Veriye enerji kazancı uygulandıktan sonraki görüntü (Öğretmen, 2012).	46
Şekil 3.32: Hiperbol çakıştırma ile hız belirleme (Casidy, 2009).....	46
Şekil 3.33: Aynı radargramın aynı renkler kullanılarak farklı genlik-renk fonksiyonları ile görüntülenmesi (Kadıoğlu, 2004).....	47
Şekil 4.1: Kurtköy Formasyonu Yüzeyleme Haritası (İBB DEZİM).	49
Şekil 4.2: Aydos Formasyonu Yüzeyleme Haritası (İBB DEZİM).	50
Şekil 4.3: Yayalar Formasyonu/Gözdağ Üyesi Yüzeyleme Haritası (İBB DEZİM).	51
Şekil 4.4: Pelitli Formasyonu/İstinye Üyesi Yüzeyleme Haritası (İBB DEZİM).....	52
Şekil 4.5: Pendik Formasyonu/Kartal Üyesi Yüzeyleme Haritası (İBB DEZİM).....	53
Şekil 4.6: Sultanbeyli Formasyonu Yüzeyleme Haritası (İBB DEZİM).	54
Şekil 4.7: a) Damatrys Sarayı yakın çevresinin 1/2000 ölçekli jeoloji haritası (İBB,2009) b) Damatrys Sarayı yakın çevresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası (İBB,2017).....	55
Şekil 4.8: Damatrys Sarayı yakın çevresinin Yerleşime Uygunluk Haritası (İBB,2009).....	55
Şekil 4.9: İstanbul Birliği'nin paleozoyik kayastratigrafi birimlerinin genelleştirilmiş sütun kesiti (İBB İstanbul İl Alanının Jeolojisi, 2011).....	56
Şekil 4.10: Çalışma sahasında yer alan yapılar.....	60
Şekil 4.11: Damatrys Sarayındaki kalıntılar (Sürel,B. 2011).	61
Şekil 4.12: Çalışma alanı bölgeleri.	65
Şekil 4.13: Çalışma alanı 1.Bölge olarak tanımlanan alanda yapılan GPR çalışmasına ait profiller ve değişik seviyelere ait derinlik kat haritaları.....	68
Şekil 4.14: Çalışma alanı 1.Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 2D radargram görselleri.....	69
Şekil 4.15: Çalışma alanı 1.Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 3D küp modeli görselleri.....	70
Şekil 4.16: Çalışma sahasındaki 1.bölgenin 2012 ve 2016 yılına ait fotoğrafları.	71
Şekil 4.17: a) Çalışma sahası GPR profil dizilimi b) GPR çalışmalarına ait genel görüntü.....	72
Şekil 4.18: Çalışma alanı 2A bölgede yapılan GPR çalışmalarına ait profiller ve değişik seviyelere ait derinlik kat haritaları.	73

Şekil 4.19: Çalışma alanı 2A.Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 2D radargram görselleri.....	74
Şekil 4.20: Çalışma alanı 2A Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 3D küp modeli görselleri.....	75
Şekil 4.21: Çalışma sahasındaki 2A Bölgenin 2012 ve 2016 yılına ait fotoğrafları.	76
Şekil 4.22: a) Çalışma sahası 2A bölge GPR profil dizilimi b) GPR çalışmalarına ait genel görüntü.	76
Şekil 4.23: Çalışma alanı 2B Bölgede yapılan GPR çalışmalarına ait profiller ve değişik seviyelere ait derinlik kat haritaları	77
Şekil 4.24: Çalışma alanı 2B Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 2D radargram görselleri.....	78
Şekil 4.25: Çalışma alanı 2B Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 3D küp modeli görselleri.....	78
Şekil 4.26: Çalışma sahasındaki 2B Bölgenin 2012 ve 2016 yılına ait fotoğrafları.	79
Şekil 4.27: a) Çalışma sahası 2B bölge GPR profil dizilimi b) GPR çalışmalarına ait genel görüntü.	79
Şekil 4.28: Çalışma alanı 2C Bölgede yapılan GPR çalışmalarına ait profiller ve değişik seviyelere ait derinlik kat haritaları.	80
Şekil 4.29: Çalışma alanı 2C Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 2D radargram görselleri.....	81
Şekil 4.30: Çalışma alanı 2C Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 3D küp modeli görselleri.....	82
Şekil 4.31: Çalışma sahasındaki 2C Bölgenin 2012 ve 2016 yılına ait fotoğrafları.	82
Şekil 4.32: a) Çalışma sahası 2C bölge GPR profil dizilimi b) GPR çalışmalarına ait genel görüntü.	83

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: Çeşitli yer altı ortamlarının bağıl dielektrik geçirgenlik katsayısı ϵ_r , hız V , elektrik iletkenlik σ ve sönümlenme α değerleri (Leckebush,2003'den alınmıştır).....	28
Tablo 3.2: Bazı antenlerin merkez frekanslarına göre bilgi alınan derinlik ve düşey çözünürlükler.....	29
Tablo 3.3: GPR anten merkez frekanslarına karşılık en yüksek ölçüm aralığı- Minimum anten aralığı değişimi.	29
Tablo 3.4: Farklı merkez frekans değerindeki antenler için baskın dalga boyu ve bu antenlerin farklı dielektrik geçirgenlik değerine sahip ortamlar içerisindeki dalga boylarındaki değişimler (Conyers ve Goodman, 1997).	30
Tablo 3.5: Frekans değerleri ve önerilen zaman örnekleme aralıkları (Sensors&Software, 1996).	32
Tablo 3.6: Bazı jeolojik malzemeler için göreceli dielektrik sabiti ve iletkenlik değerleri (Shön, 1998; Daniels, 1996).....	36
Tablo 3.7: Kullanılan anten frekansına bağlı olarak çözünürlük değişimi (Takahashi, 2004).....	37
Tablo 3.8: Frekansa göre örnek maksimum ölçüm aralıkları (Kadıoğlu, 2004).	39
Tablo 3.9: Derinliğe bağlı örnek frekans seçimleri (RAMAC/GPR Operating Manuel).....	40
Tablo 4.1: Yapıda kullanılan doğal taşların ait oldukları formasyon ve örnek resimleri.	57
Tablo 4.2: ICOMOS tahribat türleri ve Damatrys Sarayında görülen tahribat türleri.....	61
Tablo 4.3: Damatrys Sarayı'nda görülen tahribat türü ve örnek yerleri.....	62
Tablo 4.4: Damatrys Sarayı yerleşim alanında yapılan GPR çalışması uzunlukları.	65

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
ω	: Radyan Cinsinden Frekans
ϵ_0	: Boşluğun Elektrik Geçirgenliği
μ	: Ortamın Manyetik Geçirgenliği
σ	: Elektrik İletkenlik
ϵ	: Ortamın Elektrik Geçirgenliği
ϵ_r	: Ortalama Bağlı Dielektrik Geçirgenlik Katsayısı
A	: Fresnel Bölgesinin Yarıçapı
D	: Yeryüzünün Yansıtıcı Yüzeye Derinliği
λ	: Radar Enerjisinin Merkez Frekanslı Dalga Boyu
α	: Sönümlenme Katsayısı
K	: Bağlı Permittivite
K'	: Dielektrik Katsayısı
$\omega K'$: Dielektrik Katsayısı Faktörü
$i\omega K''$: Dielektrik Kayıt Faktörü
F	: Merkez Frekansı
f_r	: Tekrarlama Frekansı
Δt	: Örnekleme Aralığı
V	: Hız

Kısaltmalar	Açıklama
GPR	: Ground Penetrating Radar (Jeoradar)
mm.	: Milimetre
cm.	: Santimetre
m.	: Metre
ps.	: Pikosaniye
ns.	: Nanosaniye
ms.	: Milisaniye
kHz.	: Kiloherz
MHz.	: Megahertz
m²	: Metrekare

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSTANBUL DAMATRYNS SARAYINDAKİ TAHRİBATLARIN JEOLJİK VE JEOFİZİK YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Hakan MEHMETOĞLU

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Atiye TUĞRUL

II. Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Fethi Ahmet YÜKSEL

Bu çalışma, İstanbul İli, Sancaktepe İlçesi, Samandıra Mevkiinde yıkıntı halde bulunan tarihi Damatryns Sarayının yapı unsurlarındaki kayaçlarda meydana gelen tahribat türlerinin cinsi ve düzeyinin belirlenerek sınıflandırılması, günümüzdeki halinden daha büyük bir alanı kapladığı tahmin edilen sarayın gömülü kaldığı düşünülen kısımlarının bulunmasına yönelik yapılmıştır.

Damatryns Sarayı 14 yüzyıl önce Bizans İmparatorları II.Tiberius ve Maurikius (578-602) tarafından inşaa ettirildiği düşünülen ve yapıldığı dönemde İstanbul yerleşim alanı dışındaki en büyük ve en önemli eser olma özelliği taşıyan tarihi yapılardan birisidir. Günümüzde yıkıntıları arasında haç biçimindeki sarnıcı, kemer ve tonozları teşhis edilebilen sarayın gözle görülebilenden çok daha büyük bir alanı kapladığı düşünülmektedir. Bu nedenle sarayın gömülü olduğu düşünülen kısmının ortaya çıkarılmasına yönelik yer radarı (GPR) yöntemi ile sahada veri alınmış, yapılan çalışmalar sonucu elde edilen iki (2B) ve üç boyutlu (3B) yeraltı kesit ve görüntülerine göre yapı kalıntısı olarak düşünülebilecek yüksek genlikli anomaliler tespit edilerek devam eden kazı çalışmaları ile korelasyonu sağlanmıştır. Yüksek genlikli bu anomalilerin doğrusal devamlılığı olanlar duvarları, yaygın görümlü olanlar olası taban döşemesi veya tonozları, dairesel devamlılık gösterenler ise olası kuyu veya sütun vb. yapıları temsil ettiği düşünülmektedir. Ayrıca tarihi yapının yerüstünde kalan kısımlarında kullanılmış doğaltaşların türleri ve tahribat şekilleri Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi (ICOMOS) tarafından önerilen sınıflandırmaya bağlı olarak değerlendirilmiştir. Bu şekilde alanda yapılan

tüm jeolojik ve jeofizik çalışmaların bütüncül değerlendirilmesine bağlı olarak mevcut yapının herhangi bir zarar görmeden ortaya çıkarılmasına olanak sağlayacak yönde tespitler yapılmaya çalışılmıştır.

Nisan 2018, 136 sayfa.

Anahtar kelimeler: Jeoloji, Jeofizik, Arkeojeofizik GPR, Yer radarı, ICOMOS



SUMMARY

M.Sc. THESIS

DETERMINING DESTRUCTION OF ISTANBUL DAMATRY'S PALACE USING GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL METHODS

Hakan MEHMETOĞLU

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Geological Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Atiye TUĞRUL

Co-Supervisor : Assist. Prof. Dr. Fethi Ahmet YÜKSEL

The aim of this study is to determine and classify the deterioration types and levels of rocks placed in the structural parts of the Damatry's Palace taking place in Samandıra region (Sancaktepe/Istanbul); and to investigate the buried parts of this palace which is believed to have been situated on a bigger area comparing to present day.

The Damatry's Palace is the biggest and most prominent historical building of its era which ordered to be built in a rural area of Istanbul by Byzantium emperors, Tiberius 2nd and Maurikius (578-602) 14 centuries ago. It is thought that the palace of which a cross shaped cistern, arch and pendentives can be seen out of its ruins, used to be situated on a bigger area. Therefore, for having a correlation between ongoing excavations and 2D and 3D subsurface sections of high amplitude anomalies identified as possible existing debris, GPR (Ground Penetration Radar) has been conducted through the project area. Considering these high amplitude anomalies, it is accepted that continuously linear ones represent the walls, distributed ones represent the pendentives or slabs; and continuously circular ones represent wells or columns. Furthermore, the types and deterioration mechanisms of stones used in over ground parts of the structure have been examined according to the specification offered by International Council on Monuments and Sites (ICOMOS). Thus, it is aimed to conduct some wholistic

studies covering the geological and geophysical methods to bring out the existing palace without any damage.

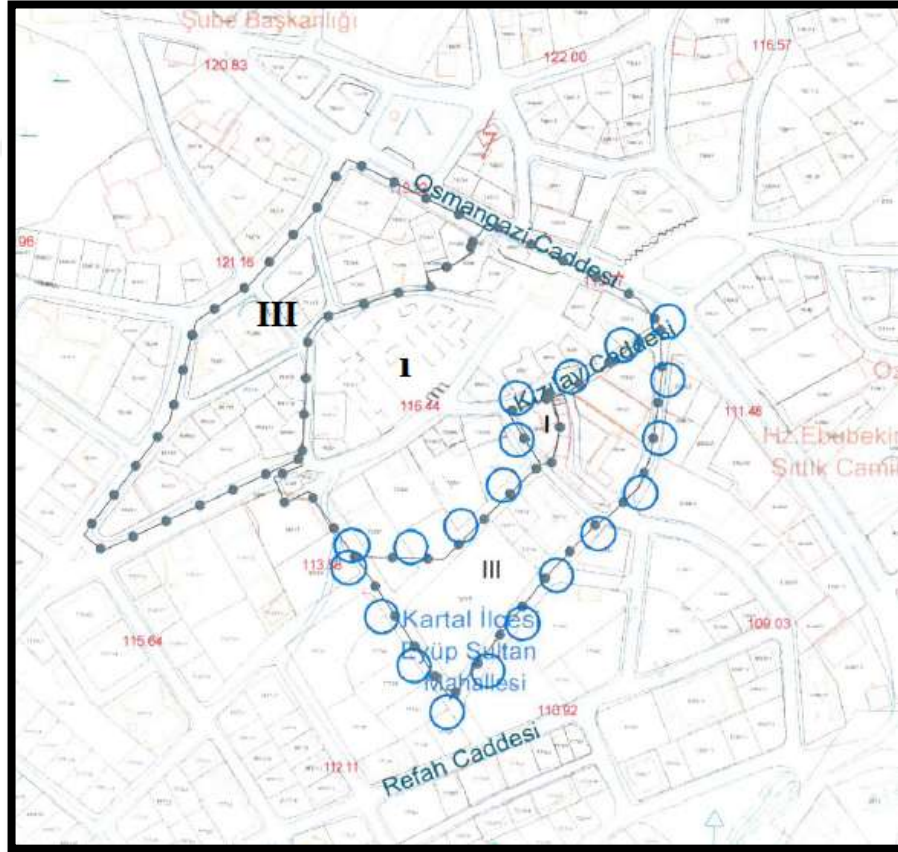
April 2018, 136 pages.

Keywords: Geology, Geophysics, Archaeogeophysics, GPR, Ground Penetrating Radar, ICOMOS



1. GİRİŞ

Tarihi yapıların günümüzdeki durumları üzerinde çeşitli çalışmalar yapılarak yapıdaki geçmiş dönemlere ait müdahalelerin aydınlatılmaya çalışılması ve yapının özgün durumuna göre yeniden ayağa kaldırılması, geçmiş dönem üzerine bilgi edinilerek gelecek dönemlere yol gösterilmesi insanlık tarihi bakımından oldukça önemlidir. Çalışma kapsamında çeşitli araştırmalar yapılan Damatry's Sarayı da Bizans İmparatorluğu dönemine ait önemli eserlerden biri olup İstanbul II Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulunun 26.07.1996 tarihli ve 4226 numaralı kararı ile 1. Derece Arkeolojik Sit Alanı olarak ilan edilmiş bir sahada bulunmaktadır. Son olarak İstanbul V Numaralı Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu tarafından alınan 20.07.2017 tarihli ve 4675 sayılı karar ile I. ve III. Derece Arkeolojik Sit Alanı sınırları genişletilerek gerekli plan değişikliklerinin yapılması uygun görülmüştür. (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Halihazır harita üzerinde işaretlenen 1. ve 3. Derece Arkeolojik Sit Alanı Sınırları.

Saray, birkaç yıl öncesine kadar harabe halinde iken yakın zamanda başlayıp halihazırda devam eden restorasyon çalışmaları ile aslına uygun şekilde restore edilmeye çalışılmaktadır. Bizans İmparatorları tarafından 14 yüzyıl önce inşa ettirilen saray, boyutları ve özellikleri göze alındığında Bizanstan günümüze ulaşan sayılı tarihi yapılardan biridir. İlgisizlik nedeniyle yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalan saray o dönemde yabancı hayvan çeşitliliğiyle av için tılsımlı bir mekan olduğu düşünülerek Bizans İmparatorlarının gözde sayfiye alanlarından biri olarak düşünülmekteydi (Bölge Kurul Arşivi).

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Kalıntıları günümüze kadar ulaşan Damatrys Sarayı o dönemdeki İstanbul'un Anadolu'ya açılan kapısı olarak düşünülmekte, Bizans ordusunun toplanma ve konaklama bölgesi olarak kullanılan saray, İmparatorların Anadolu'dan başkent İstanbul'a girmeden önceki gecelerini geçirdiği yer olarak bilinmektedir (Bölge Kurul Arşivi). Kalıntıları arasında haç şeklindeki sarnıcı, kemer ve tonozları teşhis edilebilen sarayın gözle görülebilenden çok daha büyük bir alanı kapladığı düşünülmektedir. Bu çalışmanın amacı sarayın gözle görülemeyen, gömülü kaldığı düşünülen kısmının araştırılarak, yapı unsurlarında meydana gelmiş tahribatların cinsi ve düzeyinin belirlenmesi, sarayda devam eden restorasyon ve kazı çalışmaları öncesinde yol göstermek, çalışmaların daha hızlı ve ekonomik şekilde tamamlanmasına yardımcı olacak şekilde veri elde edip, çözüm sunmaya çalışmaktır. Bu amaçla, yapı unsurlarında kullanılmış kayalarda meydana gelmiş tahribatlar belirlenerek restorasyon çalışmasının aslına uygun şekilde yapılmasına yönelik önerilerde bulunulacaktır. Ayrıca, sarayın gözle görülemeyen gömülü kaldığı düşünülen yeraltındaki kısmının bulunulmasına yönelik jeofizik yöntemlerden Jeoradar (GPR-Ground Penetrating Radar) alanda uygulanarak gömülü tarihi yapıların yerleri, günümüzde hangi durumda oldukları ve lokasyonları belirlenmeye çalışılmış, devam eden kazı çalışmaları ile elde edilen veriler korele edilerek çalışmaların daha sağlıklı yürütülmesi hedeflenmiştir. Tez kapsamında GPR yönteminin özellikleri ayrıntılı şekilde verilmiştir. GPR sistemi olarak Ramac\Mala markalı 250 MHz antene sahip kapalı sistem cihaz ile saha ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonucunda elde edilen veriler yapının olası durumu hakkında bilgi edinilecek şekilde derlenerek yorumlanmıştır. Son olarak ölçüm alınan yerlerde gömülü kaldığı düşünülen kısımların fiziksel/geometrik durumları hakkında bulgular edinilmiş,

1.2.1. Damatrys Sarayının Tarihçesi

Damatrys Sarayı; günümüze kadar ulaşabilmiş kalıntılarının çok daha büyük bir alanı kapladığı düşünülen, bu anlamda şekil ve büyüklüğü bakımından erken dönem Bizans devrinden günümüze ulaşan ve yakın çevresindeki ormanlarda av hayvanlarının bulunması sebebi ile av zamanları kullanılmak üzere yaptırıldığı tahmin edilen önemli yapılardan biridir. Tarihi kaynaklarda Bizans İmparatorlarının Anadolu'daki seferlerinden İstanbul'a dönerken bir geceyi burada geçirdikleri ve yaklaşık 700 yıl süresince birçok imparator için Karadeniz ve Doğu bölgesine yapacakları sefer öncesi önemli karargâh yeri olduğundan bahsedilmektedir (Bölge Kurul Arşivi). Bizans kaynaklarında, İmparator II.Tiberius (578-582) ya da damadı bir sonraki imparator Mavrikios'un (582-602) Damatrys denilen bu yerde bir yazlık saray inşa ettirdiği yazılıdır (Gülgün Köroğlu, 2008). Sarayın yakınlarında VI.yüzyılda kurulmuş olan "Spira" ya da "Stina" adını taşıyan bir de manastır olduğundan bahsedilmektedir (Eyice, 1986). Sarayın ismi, Samandıra'nın tarihte rastlanan ilk adı olan Demeter'den gelmektedir. Demeter, Yunan mitolojisinde "*tarım ve bereket tanrıçası*" anlamına gelir ve insanlara toprağı ekip biçmesini öğreten "*tanrıça*" olarak bilinir (Şekil 1.5). Damatrys adından ilk kez derlemeci Theophanes, dil bilimci Leo ve tarihçi Niketas Choniates'in yazılarında yer verilmektedir. Bu kişiler buradan sayfiye yeri olarak "*pedion tou Damatrous*" (Damatrys ovası) söz ederler. İmparator II. Iustinianos, 711 yılında tahtını korumak için ordularını burada toplamıştı. Ayrıca yapının üçlü bir çatıya sahip olduğu ve 12. Yüzyıldan sonra terk edildiği bilinmektedir (Ertuğrul, 1984). 12-13. asır itibari ile sarayın kullanılamaz hale geldiğini, VIII. Mikhail ve II. Andronikos Palaiologos'un buraya dinlenmek ve avlanmak üzere geldiklerinde düz ovada çadırlarda kalmış olmaları göstermektedir. Saray yapılış amacı olan av ve dinlenmenin yanı sıra, doğu istikametine yapılan seferlerde Bizans Ordusu'nun toplanma bölgesi olarak kullanılmış, imparatorların şehre dönüşlerinde de, başkent İstanbul'a varmadan önce son gecelerini geçirdikleri yer olmuştur. İmparator Samandıra'da konaklarken haberciler bir gün önceden başkente ulaşmakta ve İmparator'u karşılamak için gerekli hazırlıkların yapılmasını sağlamaktadır. 1043 yılında bir kısım Selçuklu kuvveti Samandıra'da konaklamış, bunun üzerine patrik Patrik Constantinos Androbolanos Selçuklu Türklerinin üzerine bir ordu göndermiştir. Ancak bu ordu Samandıra'ya geldiğinde isyan etmiş, her ne kadar Patrik Saray'a sığınmışsa da isyancılar içeri girerek onu öldürmüşlerdir (Janin, 1923). Tarihler 1296 yılını gösterdiğinde İstanbul'da yıkıcı çok büyük bir depremin olduğu ve şehir toparlanana kadar tahtın geçici bir süre için Samandıra'ya taşınmış olduğu belirtilmektedir. Bu tarihten sonra

Samandıra ile ilgili Bizans tarihi hakkında yazılan kaynaklardan bilgi edinilememiştir. Nitekim bu tarihlerde Osmanlı akınları önlenemez olmuş, Abdurrahman Gazi isimli Osmanlı Komutanı'nın Aydos kalesini kuşatarak fethetmesi ile Samandıra Türk toprağı olmuştur. Samandıra, Cumhuriyet yıllarına kadar büyük bir mekânsal gelişime sahne olmadan bu niteliğini korumuştur. Ancak, Cumhuriyet döneminde Kartal İlçesine bağlı bir bucak olan Samandıra, 1992 yılında belediye statüsüne kavuşarak hızla gelişmeye başlamıştır. Özellikle son yıllarda artan nüfus ve kontrolsüz yapılaşma neticesinde Damatrys Sarayı kalıntıları da çevre baskısı altındadır (Şekil 1.3). Özellikle seksenli yıllardan sonra Samandıra'nın yoğun göç alması, çarpık kentleşme ve ilgisizlik sonucu saray yok olma tehlikesiyle yüzyüze gelmiştir. Günümüze harabe halinde dahi olsa ulaşmayı başaran yapı, iklim koşullarına açık durumda olması, bakımsızlık ve çevresel etkiler gibi birçok değişkenden etkilenerek her geçen gün biraz daha fazla tahribata uğramaktadır (Şekil 1.4).



Şekil 1.3: Damatrys Sarayı çevrede bulunan yapılar (Uçar,2008).



Şekil 1.4: 1993 yılında yapılan yol altyapı çalışmaları (İstanbul Bölge Kurulu Arşivi).

Yukarıdaki bilgilere göre Damatrys Sarayı ile ilgili çok az sayıda çalışma yapıldığından yapıya dair bilgilerde çok sınırlı olarak kalmıştır. Sit alanı olarak ilan edilmiş olan alanın, araştırmalar arkeolojik kazılar ve koruma çalışmalarına fazlasıyla ihtiyacı bulunmaktadır (Şekil 1.6).



Şekil 1.5: Damatrys Sarayına ait eski fotoğraflar ve Tanrıça Demeter.



Şekil 1.6: Damatrys Sarayı'nın 2011 yılına ait fotoğraflar (google).

Büyük bir taht salonu etrafında gruplaşan mekânlar ve kiler, mutfak, hamam, sarnıç, ahır gibi diğer mekânlardan oluşan yapının, dini işleve sahip birimleri günümüze kadar ulaşmamış ya da toprak üstüne çıkmamıştır (Akyürek ve diğerleri, 2007).

Akyürek; köşelerinde kartal rölyefleri bulunan ve İstanbul Arkeoloji Müzeleri envanterinde yer alan dekoratif mermer bir sütun başlığı dışında bezeme ögesi bulunmadığını ve taht salonunun orijinal zemininin mozaik döşemeli olabileceğini belirtmektedir (Akyürek ve diğerleri, 2007).

Damatrys Sarayı kalıntılarının rölöve ve restorasyon projesine yönelik kazı çalışmalarına 25.02.2013 tarihinde İstanbul Arkeoloji Müzeler Müdürlüğü başkanlığında başlanmış olup kazı çalışmaları halen devam etmektedir (Şekil 1.7).



Şekil 1.7: Çalışma alanının kazı-restorasyon işlemleri başlamadan önceki hali ve sonrası.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Önceki incelemeler, araştırma bölgesi ve araştırma konusu ile ilgili olarak iki bölümde sunulmuştur. İnceleme alanı çevresinde çeşitli araştırmacılar tarafından jeolojik, minerolojik, petrografik, jeofizik, arkeojeofizik, arkeolojik ve mimari-restorasyon konularında araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmanın amacına yönelik olarak araştırma alanında yapılan çalışmalar ile ilgili bilgiler verilmeye çalışılmıştır.

2.1.1. Araştırma Alanı İle İlgili Çalışmalar

Akartuna (1963) İstanbul Boğazı'nın kuzey kesimlerini kapsayan çalışmasında Paleozoyik ve Kretase yaşlı birimler arasındaki bindirmeyi incelemiştir. Silüriyen, Devoniyen ve Karbonifer birimlerinin volkanik kökenli Kretase tüfleri üzerine itilmiş olduğunu belirten araştırmacı, bindirme düzleminin İstanbul Boğazı suları altında Marmara Denizi'ne doğru daldığını ileri sürmüştür. Araştırmacıya göre; Çırçır Suyu'nun kuzeybatısında Kızılcık Dere'deki tektonik pencere ile Zekeriyaköy'deki Kretase tüfleri üzerinde klipler halinde yer alan Paleozoyik yaşlı grovak ve şeyler, bindirme ile ilgili her türlü kuşku ortadan kaldırmaktadır. Kretase ile Neojen arasında büyük bir çökelmezlik olması nedeniyle bindirmenin yaşının çalışma alanında belirlenemeyeceğini kaydeden araştırmacı, bu durumun Şile yöresindeki bindirmenin devamı olduğunu belirterek, yaşının İpresiyen-Lütesiyen arasında olması gerektiğini ileri sürer.

Baykal ve Kaya (1965) İstanbul Silüriyen'i çökellerini "Arkoz formasyonu", "Ortokuarsit formasyonu", "Silisli şey formasyonu" ve "Meranlı kalker formasyonu" adları altında tanımlamıştır.

Brinkmann (1966) Kocaeli Yarımadası'ndaki Paleozoyik yaşlı birimleri "Kocaeli serisi", "Akviran serisi", "Marmara serisi" ve "Tuzla serisi" adları altında incelemiş, bu serileri sırasıyla Ordovisiyen-Silüriyen, Silüriyen-Alt Ordovisiyen, Alt Devoniyen ve Orta Devoniyen olarak yaşlandırılmıştır.

Haas (1968 a ve b) Maltepe, Sultançiftlikköy, Mudarlı ve Gebze arasında yer alan Paleozoyik yaşlı birimlerin stratigrafisi ve paleontolojisini konu alan araştırmasında, Paleozoyik yaşta kaya-stratigrafi birimlerini “stratigrafi adlama kuralları”nı da gözeterek tanımlamış, birimlerin konodont ve tribolit faunasını ayrıntılı olarak incelemiştir. Araştırmacı, Paleozoyik istifinin Ordovisiyen’den başlayarak ve Üst Karbonifer’e kadar çıkan boşluksuz bir istif olduğunu belirtmiş ve Brinkmann (1966)’daki gibi, Paleozoyik yaşlı birimleri “Bithynische Serie”, “Akviran Serie”, “Marmara Serie”, “Tuzla Serie” ve “Thrazische Serie” gibi ayrı balıklar altında incelemiştir. Adı geçen araştırmacının Paleozoyik stratigrafisi ile ilgili bulgu ve tanımlamaları, İstanbul dolayında yapılan çoğu araştırmada temel veri olarak kullanılmış olmasına karşın, yaptığı formasyon adlamalarının kullanılması ihmal edilmiştir.

Kaya (1973) Devoniyen ve Alt Karbonifer yaşlı birimleri İstinye formasyonu, Kozyatağı formasyonu, İçerenköy Şeyli, Büyükada formasyonu, Baltalimanı formasyonu ve Trakya formasyonu adları altında tanıtmıştır. İstinye formasyonunun tabanında gösterdiği bir kumtaşı düzeyini “Eskibağlar üyesi” adıyla incelemiş olan araştırmacı, bu birimin Silüriyen ve Ordovisiyen kayalarını aşmalı olarak üzerlediğini belirtmiştir. Araştırmacıya göre ayrıca, Kartal formasyonu hem İstinye formasyonu’nu ve hem de Ordovisiyen kayalarını, Büyükada formasyonu da Pendik grubunu (Kartal formasyonu, Kozyatağı formasyonu ve İçerenköy şeyli) Ordovisiyen temele doğru transgresif olarak üzerler.

Önalın (1981) Bostancı-Maltepe-Kartal-Pendik-Tuzla-Kurtköy-Büyükbakkalköy yerleşim alanlarıyla sınırlı olan alanda ve Adalar’da yapmış olduğu doçentlik tezi çalışmasında Paleozoyik yaşlı birimlerin stratigrafi ve sedimentoloji özelliklerini incelemiştir.

İBB (2009) Anadolu Yakası Mikrobölgeleme Rapor ve Haritalarının yapılması çalışması kapsamında İstanbul İl sınırları içerisinde sınırlandırılmış alanın deprem etkisi ve yerel zemin koşulları açısından farklı tehlike potansiyelleri belirlenerek elde edilen veriler ışığında Yerleşime Uygunluk Haritaları hazırlanmıştır.

Özgül N. (2011) İBB Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü ekibi ile birlikte gerçekleştirilen çalışma ile yerleşime uygunluk çalışmaları için baz oluşturacak jeolojik verileri sağlanmış,

İstanbul İl Alanını kapsayan bazda büyük ölçekte jeolojik inceleme, birimlerin tanımlanması ve jeolojik haritaların çizimi yapılmıştır.

Aslan Ç. (2014) İstanbul Ömerli-Hüseyinli arasında kalan bölgenin jeolojisi, kaya-zemin özellikleri ve tektonik modellemesi ile deprem riski açısından irdelenmesi yapılmış olup ayrıca bölgede yer alan formasyonların birbirleriyle ilişkileri incelenerek bölgenin stratigrafisi çıkarılarak, Kuzey Anadolu Fay hattı Marmara kırığında olası 3 farklı kırılma senaryosu ile bölgenin tektonik modellemesinin yapıldığı belirtilmiştir.

2.1.2. Araştırma Konusu İle İlgili Çalışmalar

Davis ve Annan (1989) genel olarak yeryüzüne yakın jeolojik birimlerin belirlenmesinde GPR yöntemini kullanmışlardır. Yapılan çalışma ile örtülü ana kaya derinliğinin bulunması, kırık-fay zonlarının tespit edilmesi yönünde gelişim kaydedilmiştir.

Sambuelli vd.(1999) arkeolojik araştırmalar ile tapınak, mezar, duvar, temel ve benzeri tarihi kalıntıların bulunmasında GPR yöntemini kullanmışlardır. Alınan veriler farklı yüzey çalışmaları ile desteklenerek gömülü yapıların yer tespiti konusunda gelişim kaydedilmiştir.

Hammon III vd.(2000) yeraltındaki insan kalıntılarını aramada GPR yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarda kullanılan farklı frekans bantlarında antenler ile adli tıp konusunda çözüm geliştirilmeye çalışılmıştır.

Özkap K. (2008) tez çalışmasında arkeolojik çalışmalarda GPR verilerine güncel veri-işlem yöntemlerinin uygulanması üzerine çalışmıştır. Araştırma sahası olarak belirlenen Tuna El Gebel (Mısır)'da 400 MHz anten ile GPR verileri alınmış, verilere uygulanan güncel veri işlem aşamaları ile yer altındaki arkeolojik kalıntılar detaylı biçimde tespit edilebilmiştir.

Kurtulmuş T.Ö. (2008) tez çalışmasında iki boyutlu yer radarı modelleme çalışmaları bir sonlu farklar algoritmasıyla başarılmıştır. Yeraltında gömülü yapıların fiziksel ve geometrik özelliklerindeki değişimler ile bu yapılar ile ilişkili anten frekanslarının etkisi basit ve karmaşık

benzeşim modelleri kullanılarak test edilmiş, sonuç olarak yer radarı çalışmalarından önce modelleme çalışmalarının mutlaka yapılması gerektiği ve anten frekans seçiminin hedef derinliğin belirlenmesi açısından önemi ortaya konmuştur.

Öngen vd. (2010) : Damatris Sarayı Yapı Taşları, Sıva ve Harçlarının Petrografisinin araştırılması çalışması kapsamında tarihi eserin farklı bölgelerinden alınan örnekler incelenmiştir. Sonuç olarak yapı taşlarının bir ocaktan çıkarılıp işlenmiş örneklerden ziyade çevreden toparlanılarak kullanılan; Kurtköy, Aydos, İstinye Formasyonları başta olmak üzere İstanbul Paleozoyik istifinden gelen malzemeler olduğu belirtilmiştir.

Sürel B. (2011) Damatris Sarayı Restorasyon Projesi kapsamında tarihi eserin günümüze ulaşan kalıntılarının rölöve, restitüsyon, restorasyon projelerinin hazırlanması, belgelenerek tarihsel açıdan incelenmesi ve benzer diğer Bizans Sarayları ile karşılaştırılması hedeflenmiş olup, çalışma sonunda tarihi yapının günümüzdeki hali ortaya konarak, mevcut halinin korunması, aslına uygun yeniden ayağa kaldırılması hususunda önlem ve öneriler belirtilmiştir.

Öcal A. ve Dal M. (2012) Doğal Taşlardaki Bozunmalar adı altındaki çalışmasında doğaltaşlar sınıflandırılarak tanımlanmış, doğaltaşların kullanım yerleri ve alanları belirtilerek, taşlar üzerindeki bozunma şekilleri ve ayrışma türlerine görsel örneklerle değinilmiştir.

Deniz H. (2013) tez çalışması kapsamında kent arkeolojisinde arkeojeofizik uygulamalar: Geç Roma dönemi Beyazıt-Vezneciler Bazilika Alanında GPR araştırmaları konulu çalışmada, alanda bulunan gömülü nesnelere fiziksel ve geometrik özelliklerini ortaya koymaya çalışmıştır.

Çetinbaş Çelik N. (2015) restorasyon alanında koruma laboratuvarının önemi ve koruma laboratuvar çalışmalarının örnek bir yapı üzerinde değerlendirmesi konulu yüksek lisans tez çalışmasında incelediği yapıdaki (Serkl Doryan) malzeme ve meydana gelen hasarları yerinde incelemiş, ve bu hasarları Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi'ne (ICOMOS) bağlı Uluslararası Bilimsel Taş Komitesi (ISCS) tarafından 2008 yılında yayınlanmış olan "Illustrated Glossary on Stone Deteration Patterns" adlı rehberine göre (ICOMOS 2008) sınıflandırma yapmıştır.

Asal R. (2015) Damatrys Sarayı Kazısı ile ilgili çalışmalarında sarayın rölöve ve restitüsyon projesine yönelik kazı çalışmaları yapılmış ve 2017 yılı itibari ile devam etmekte olup birçok çalışmalarda yazıt, değişik dönemlere ait sikke, lüle ve küp parçaları gibi birçok bulgu elde edildiği belirtilmiştir.

2.2. TARİHİ ESER KALINTILARININ BULUNMASINA YÖNELİK ARKEOJEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Arkeoloji eski uygarlıkları maddi bulgular yolu ile inceleyen bilim dalıdır. Eski çağlardan günümüze kalan her türlü tarihi eserin incelenmesi başta arkeolojinin kapsamındadır. Jeofizik bilimi ise yer altının fiziksel parametreler ile görüntülenmesi ve araştırılmasını sağlayan bir bilim dalıdır. Jeofizik yöntemlerin arkeolojik yapı kalıntılarının aranmasına yönelik kullanılması ise arkeojeofizik olarak tanımlanabilir. Özetle arkeojeofizik; yüzeyden uygulanan jeofizik yöntemlerle, araştırılan arkeolojik yapı kalıntılarına herhangi bir tahribat vermeden olabilecek en kısa sürede arkeolojik yapı kalıntısının yerini, derinliğini, geometrik ve fiziksel durumunu belirleyerek, kazı planlamasına yön veren ve arkeolojik kazıya ekonomik yarar sağlayan jeofizik dalıdır. Ayrıca jeofizik ve arkeolojik bulgular sonucunda tarihi yapı kalıntısının yeniden yapılandırılması (rekonstrüksiyon), restorasyon ve konservasyon çalışmaları sırasında çeşitli jeofizik metodlarla incelenmesi de arkeojeofizik kapsamındadır. Kazı öncesi, kazılacak alanda toprak altındaki yapıların fiziksel ve geometrik özelliklerinin tahmin edilebilmesi kazının başarısı için çok önemlidir. Bu nedenle yardımcı jeofizik uygulama teknikleri ile bu alanlarda kazı öncesinde bir takım araştırma amaçlı uygulamalar yapmak gerekmektedir. Yapılan bu jeofizik uygulamaların geleneksel arkeolojik tekniklerle yapılması mümkün değildir (Candansayar, 2013).

Arkeolojik araştırmalarda, jeofiziğin kullanımının yaygınlaşmasında önemli etmenlerden biri de jeofiziğin çözüm gücüdür. Jeofizik biliminin gerekli bilgiye en kısa sürede ulaşım, uygulama yapılan arkeolojik alandaki kalıntılara hiçbir şekilde zarar vermemesi bu bilimin arkeolojik çalışmalarda uygulanmasında en önemli gerekçe olmuştur. Arkeolojik çalışmaların başlangıcında uygulanan jeofizik yöntemler, yer altında gömülü durumda bulunan arkeolojik malzemelerin derinliği, geometrisi ve fiziksel özellikleri hakkında doğru bilgi verebilmektedir. Bu şekilde kazı işlemleri belirlenen hedefe yönelik yapılarak kısılan kazı süreci ile birlikte çalışma giderleri büyük ölçüde azaltılabilmektedir. Petrol, maden vb. araştırmalar gibi nitelik

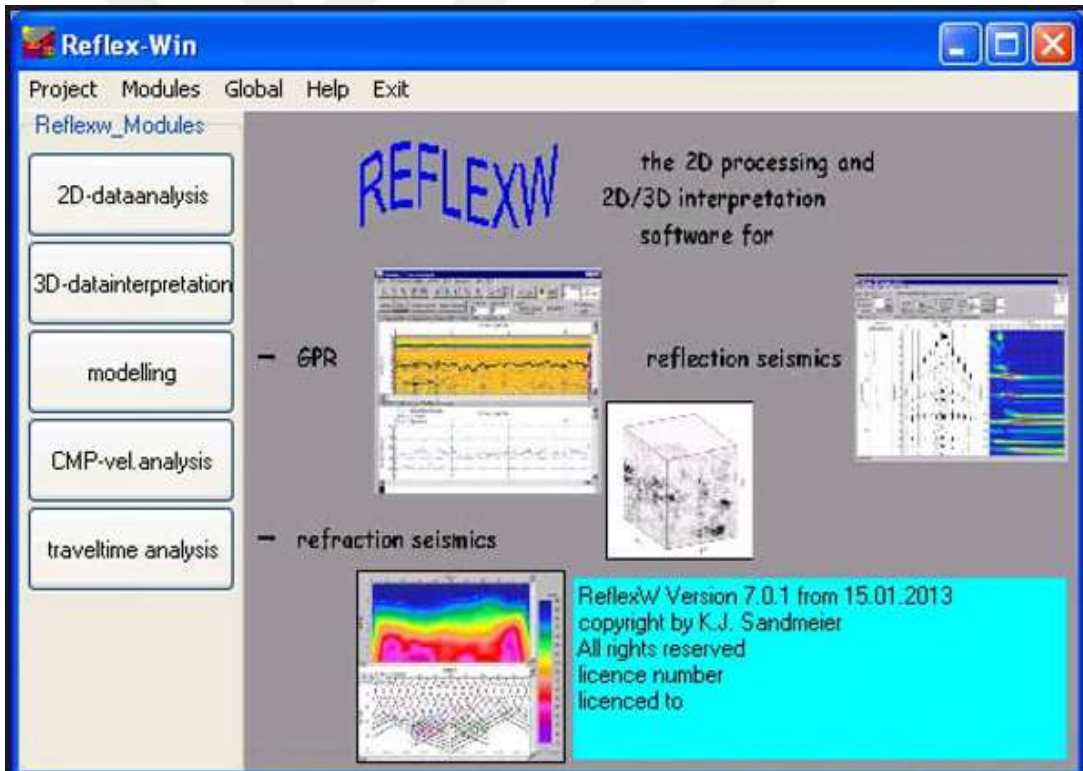
olarak jeofiziğin geleneksel hedeflerine göre oldukça yüzeysel ve küçük olan arkeolojik yapıların aranması, bilgisayar destekli teknolojik gelişimin sağladığı olanaklar ile birlikte kolaylaşmış ve güvenilirliği artmıştır. Son yıllarda arkeojeofizik alanda yapılan çalışmaların yaygınlaşması, yerbilimci ve arkeologların bilgi birikiminin artması ile birlikte arkeolojik araştırmalarda kullanılmak üzere özel ölçüm cihazları ve sayısal analiz teknikleri geliştirilmiştir (Sünbül,2007).



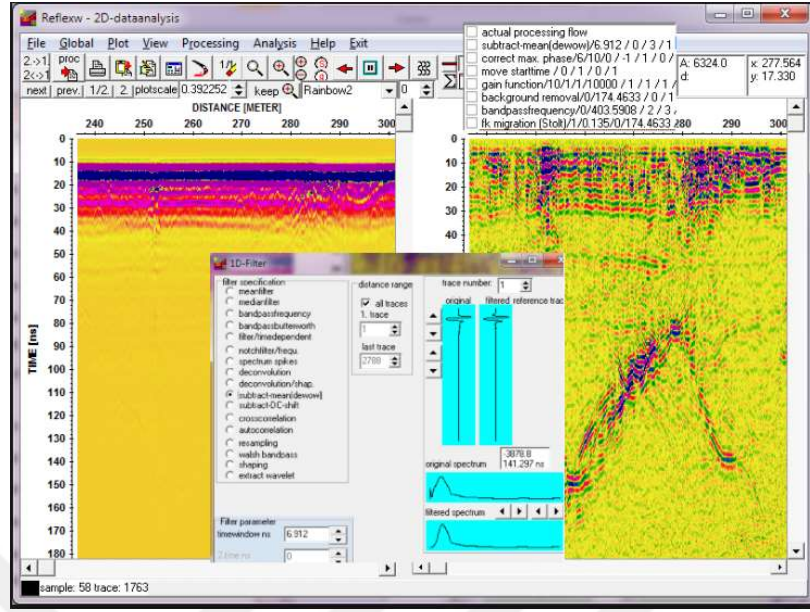
3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. BÜRO ÇALIŞMALARI

Büro çalışmaları kapsamında çalışma sahasında yer alan tarihi eser ile ilgili çeşitli meslek disiplini ile ilgili araştırmacılar tarafından yazılmış kaynaklar elde edilerek detaylı bilgi edinilmiştir. Yapının önceki hali ile ilgili edinilen bilgiler, arazi çalışmalarında elde edilen veriler ile birlikte değerlendirilmiş yapının mevcuttaki durumu ortaya konulmaya çalışılmıştır. Belli bir plan dahilinde karelelandırılan araştırma sahasında belirlenen ölçüm aralıkları ile toplanan jeoradar (GPR) izlerinin yan yana getirilmesi ile iki boyutlu (2B) jeoradar kesitleri (radargramlar) oluşturulmuştur (Şekil 3.1). Elde edilen iki boyutlu radargram verileri büroda Reflex 2D programı yardımıyla bir takım veri işlem aşamalarına tabi tutulmuştur (Şekil 3.2).

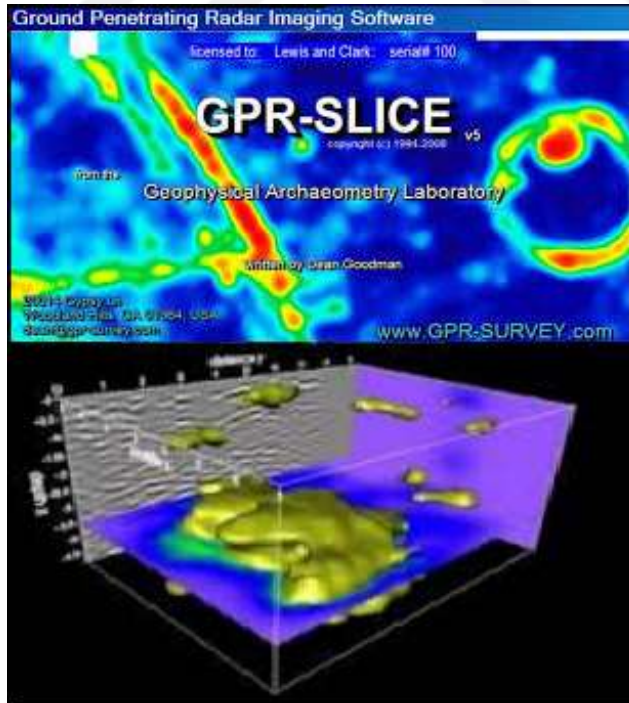


Şekil 3.1: Reflexw programına ait ekran görüntüsü.



Şekil 3.2: Reflexw programına ait 2D değerlendirme görüntüsü.

Veri işlem aşamalarına tabi tutulan iki boyutlu (2B) veriler daha sonra, GPRSlice üç boyutlu (3B) grafik yazılımları kullanılıp bir araya getirilerek, GPR verileri (radargramlar) yorumlanmıştır (Şekil3.3).



Şekil 3.3: GPR-Slice programına ait 3D değerlendirme görüntüsü.

Arkeolojik çalışmalarda veri toplama işlemi yapılmadan önce planlamanın doğru şekilde yapılarak uygun ekipman ile yeterli derecede bilgi alınması olası tarihi yapıların günyüzüne çıkarılması aşamasında zarar görmemesi açısından oldukça önemlidir. Tahribatsız bir yöntem olan GPR, kültür varlığının korunması ve yapının geçmişi ve geleceği arasında doğru ilişkinin kurulması açısından arkeoloji ve jeofizik biliminin ne kadar iç içe olduğunun bir kanıtıdır.



Şekil 3.4: Damatrys Sarayı veri toplama işlemine ait görüntüler.

3.2. ARAZİ ÇALIŞMALARI

3.2.1. Jeolojik Arazi Çalışmaları

Tarihi eserlere zarar vermeden yapı üstünde gözlemlenen tahribatların bilimsel yöntemlerle araştırılıp değerlendirilmesi, eserin uygun şekilde onarımının yapılması için atılacak ilk adımdır. Çalışmalara araştırma yerinde yapılan gözlem ve incelemeler ile başlanmıştır. Yerinde yapılan gözlem ve incelemeler sırasında tahribat/bozunmaya uğramış dikkat çeken bölgeler en az 5 megapiksel kamera ile fotoğraflanmıştır. Son aşamada ise yapı üstündeki doğaltaşlarda meydana gelen tahribat-bozunma türleri Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi (ICOMOS) tarafından önerilen sınıflandırmaya bağlı olarak ayırtılarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.5: Damatrys Sarayı kayaç tanımlama işlemine ait görüntü.



Şekil 3.6: Damatrys Sarayı kayalarda meydana gelen deformasyonların tanımlanmasına ait görüntü.

3.2.2. Jeofizik Arazi Çalışmaları

GPR (Jeoradar) yöntemi verici anten merkez frekansı 10 MHz ile 2.6 GHz olan radyo dalgaları kullanılarak, yer altına gönderilen sinyalin gömülü olarak bulunan cisim veya nesneden yansımaları sonucu alıcı anten ve kayıtcı ile kaydedilerek yeraltının haritalanması amacıyla kullanılmaktadır. GPR ile kullanılan elektromanyetik dalganın özelliklerine göre yeraltındaki cisimleri geometrisini santimetre mertebesinde hassas şekilde tespit etmek mümkündür.

Bölgenin jeolojik özelliklerine ve araştırma derinliğine bağlı olarak yapılan ön araştırmalar neticesinde Ramac/Mala markalı 250 MHz kapalı sistem ile arazi ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiş olup toplamda 2035,02 metre, 79 profil boyunca veri alınmıştır. Ölçüm sırasında MALA marka ölçüm cihazı ve ekipmanları (ProEx ünite, 250 MHz anten, notebook) kullanılmıştır (Şekil 3.7). Çalışma sırasında verici anten ile birkaç nanosaniyelik (ns) elektromanyetik dalga üretilerek yeraltına gönderilmiş, yer içinde bir cisim, engel veya süreksizlik ile karşılaştığında farklı davranış gösteren dalgalar yüzeydeki alıcı anten, kontrol ünitesi ve kayıtcı yardımı ile zamanın fonksiyonu olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.10). Zaman birimi nanosaniye olarak kaydedilen bu radar izleri profiller üstünde belli bir kareyaj oluşturacak şekilde alınmaya çalışılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.7: Damatrys Sarayı veri toplama işlemine ait görüntüler 250 MHz Antenli Mala marka GPR Cihazı fotoğrafı (uwyo.edu /University of Wyoming sitesinden alınmıştır).



Şekil 3.8: Damatrys Sarayı veri toplama işleminde ölçüm planlama ve saha ekibi.



Şekil 3.9: Sahada gerçekleştirilen GPR çalışmasında ölçüm alınması ve kullanılan ekipman.



Şekil 3.10: Sahanın farklı bölgelerinde (2A Bölgesi) yapılan GPR Çalışmasına ait görüntüler.



Şekil 3.11: Sahanın farklı bölgelerinde (2C Bölgesi) yapılan GPR Çalışmasına ait görüntüler.

3.2.2.1. Yer Radarı (GPR) Yöntemi Çalışma Prensipleri

Arkeolojik çalışmalarda, tarihi eser ya da yapıyı oluşturan elemanların hasar görmeyeceği yöntemlerle araştırılması çok önemlidir. Bu noktada kullanılan jeofizik yöntemlerden ilk akla geleni GPR-Yer Radarı (Jeoradar) yöntemidir. GPR yönteminin temel esası elektromanyetik dalga teorisine dayanmaktadır. Yer altına verici bir anten vasıtasıyla elektromanyetik dalga gönderilir, gönderilen dalganın bir kısmı geri yansır bir kısmı ise kırılarak yoluna devam eder. Yansıyarak cihaza ulaşan elektromanyetik dalgalar alıcı bir anten vasıtasıyla kayıtçıda kayıt edilir. Bu uygulama ile alınan veriler, ortamdaki fiziksel süreksizlik ve farklılıkların bulunmasına bağlı olarak değerlendirilerek gömülü yapının gözlemsel veya karot alınarak belirlenemeyen özellikleri tespit edilmeye çalışılır. Bu şekilde kazı çalışması öncesi ve sırasında yapının durumu ile ilgili hızlı ve ekonomik çözümler üretilmektedir (Şekil 3.9).

Yeraltı elektromanyetik dalgaların ara yüzeylerinden yansıyabileceği veya iletilebileceği farklı dielektrik özelliklerine sahip kayalardan oluşmaktadır. Dielektrik özellikteki bu değişimler elektromanyetik dalgaların ara yüzeylerde farklı açılarda kırılmasına neden olmaktadır. Ortamdaki dielektrik geçirgenlik farklılığı farklı frekanslarda kullanılan verici antenler için farklı çözünürlükler sunabilecektir.

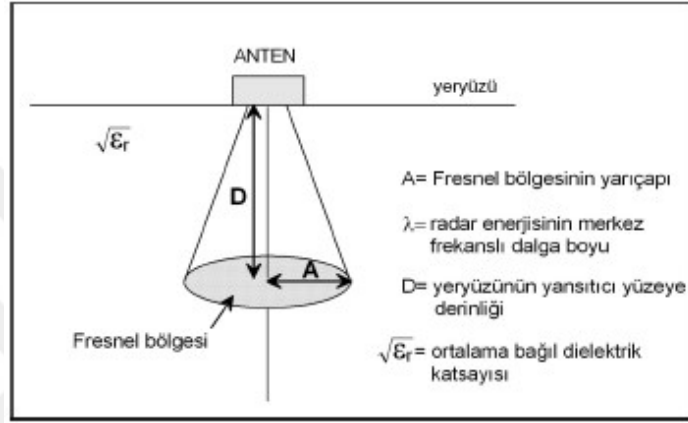
3.2.2.2. Elektromanyetik Sinyallerinin Oluşturulması ve Yayınımı

GPR yönteminin sahada uygulanışı sırasında açık veya kapalı sistem antenler vasıtasıyla farklı frekanslarda elektromanyetik dalgaların yeraltına gönderilmesi ve yansıyan sinyallerin kaydedilerek yorumlanması esastır. GPR anteninden yere iletilen elektromanyetik sinyaller tekil bir dalga darbesi değil, birden fazla darbe dizisi şeklindedir. Bu darbe dizisindeki art arda gelen dalga darbeleri arasındaki aralığın tersi tekraralama frekansı (fr) olarak tanımlanmaktadır.

GPR ölçümleri sırasında farklı frekans bantlarında antenler yardımı ile yeraltına Şekil 3.12’de gösterilen koni biçimde yayılan, dalga boyları farklı elektromanyetik sinyaller gönderilmektedir.

Korumalı antenlerden gönderilen elektromanyetik dalgalar anten üzerindeki koruyucu donanımlardan yansiyabileceği için dalgaların ışınım örüntüsünün yukarı yöndeki yayılımı açık antenlere göre görece azalmaktadır.

GPR çalışması sırasında yeraltındaki konumu ve durumu tahmin edilebilen yapıların aranması sırasında anten dipolüne dik yönde alınabilecek ölçüler en doğru sonuca ulaşılmasına olanak sağlayacaktır.



Şekil 3.12: GPR anteninden yeraltına gönderilen elektromanyetik dalgaların yayılım örneği (Conyers ve Goodman, 1997'den uyarlanmıştır).

GPR çalışmalarında elektromanyetik dalgaların yansıdığı alan fresnel zonu olarak tanımlanır, bu alan yatay çözünürlük olarak da tanımlanabilir. Bilgi alınabilen yatay alanın, Fresnel bölgesinin bir değişkeni olduğu söylenebilir. Dalga boyu, ışınım örüntüsü ve derinlik, Fresnel bölgesinin büyüklüğünü belirler. Conyers ve Goodman (1997) Şekil 3.12'de gösterilen elektromanyetik dalga yayılım konisine ait farklı derinliklerinde değişen alansal bölgenin büyüklüğünü bulabilmek için 3.1'i; Annan (1992) ise 3.2'yi kullanmıştır.

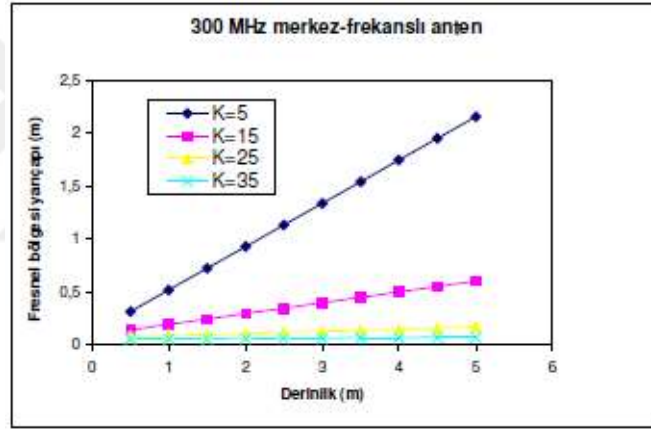
$$A = \frac{\lambda}{4} + \frac{D}{\sqrt{\epsilon_r + 1}} \quad (3.1)$$

$$A = \frac{\lambda}{2} + \frac{D}{\sqrt{\epsilon_r - 1}} \quad (3.2)$$

Burada A, farklı derinliklerde oval şekildeki bu alansal bölgenin uzun ekseninin yarıçapını; D derinlik değerini ve ϵ ise ortamın dielektrik sabitini belirtmektedir. Fresnel bölgesi olarak

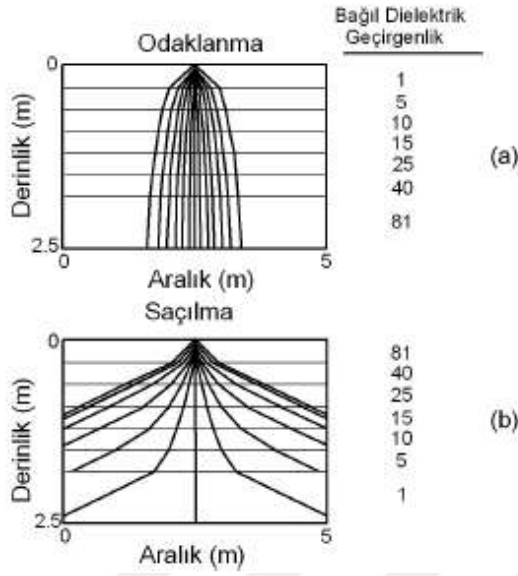
tanımlanan oval şekilli bu bölgenin kısa eksenini yaklaşık olarak uzun eksen boyunun yarısı olarak kabul edilmektedir. Farklı araştırmacılar tarafından kullanılan bağıntılardaki yaklaşımlar elektromanyetik dalgaların geçtiği ortamın bağıl dielektrik geçirgenlik değerinin aynı olmasından dolayı gerçek yer koşullarına göre yaklaşık bir sonuç ortaya koymaktadır.

Şekil 3.13'te birbirinin aynı olmayan dielektrik geçirgenlik değerine sahip ortamlarda seyahat eden 300 MHz merkez frekanslı bir antenden yayınan elektromanyetik dalgaların oluşturduğu yatay çözünürlük büyüklükleri görülmektedir. Şekil 3.13'te artan derinliğe bağlı olarak Fresnel zonu olarak tanımlanan alansal bölgenin büyüklüğünün arttığı anlaşılmaktadır. Yine elektromanyetik dalgalar dielektrik geçirgenliği büyük bir alandan görece daha düşük bağıl dielektrik geçirgenliğe sahip bir ortama geçtiğinde alansal bu ortamın genişleyeceği açık olarak görülmektedir.



Şekil 3.13: Şekil 3.13'te birbirinin aynı olmayan dielektrik geçirgenlik değerine sahip ortamda seyahat eden 300 MHz merkez frekanslı bir antenden yayınan elektromanyetik dalgaların oluşturduğu yatay çözünürlük büyüklükleri (Conyers ve Goodman, 1997'den uyarlanmıştır).

Yeraltındaki yapıların farklı yalıtkan özellikleri, elektromanyetik dalgaların ara yüzey sınırlarında değişik açılarda kırılmasına neden olmaktadır dolayısıyla yansıyan elektromanyetik dalgaların da bu durumdan etkilenmesini sağlamaktadır. Derinlere nüfuz eden elektromanyetik dalgalar, ortamın bağıl dielektrik geçirgenlik katsayısının artışına bağlı olarak farklı özellikteki ortam sınırlarında görece dar bir açıyla kırılır ve dalgaların yer içinde daha fazla odaklanmasına neden olur (Goodman, 1994). Eğer elektromanyetik dalgalar bağıl dielektrik geçirgenliği yüksek hareket alanlarına doğru seyahat ediyorsa, bu odaklanma etkisi artarak meydana gelmeye devam eder.



Şekil 3.14: Derinliğe bağlı olarak bağıl dielektrik geçirgenlik katsayıları (a) artan ve (b) azalan yer altı modeli için dalga kırılma etkileri (Conyers ve Goodman, 1997'den uyarlanmıştır).

Derinlik değişimi ile birlikte elektromanyetik dalgaların farklı ortamlara belli açılarda geçiş yaparak yol alması ve bu duruma bağlı olarak meydana gelen odaklanma miktarı Snell Yasası ile tanımlanabilir (Sheriff, 1984). Bu yasada farklı özellikteki ortamların sınırında meydana gelen yansıma ya da kırılma ölçüsü, elektromanyetik dalgaların ortam sınırlarına ulaştığındaki hızı ve geliş açısı ile ilişkilidir. Bağıl dielektrik geçirgenlik katsayılarının derinliğe bağlı olarak artması elektromanyetik dalgaların ilerleyiş hızının küçülmesine ve geliş açısının daralması iletim konisinin görece daha büyük odaklanmasına neden olur. Elektromanyetik dalgalar derinlere doğru seyahat ederken, yer altının bağıl dielektrik geçirgenlik değerinde azalma meydana geliyor ise, iletim konisi sınırlarında geniş açıda kırılarak, genişler ve etrafa dağılır.

Eğer yer altının bağıl dielektrik geçirgenlik değerinde azalma meydana geliyor ise, elektromanyetik dalgalar odaklanma eğilimindedirler. Bu nedenle, görece iletkenlik değeri düşük alanlarda yapılan GPR çalışmalarında profillerin aranan gömülü nesnenin uzanımına dik ve sık serimlerden oluşmasına özen gösterilmelidir.

3.2.2.3. Elektromanyetik Sinyallerin Yansıması

Yeryüzünde oluşan dalgalardan alıcıya ilk ulaşanı hava dalgalarıdır. Elektromanyetik dalgalar ise hava içinde çok hızlı hareket ederler. Direkt ulaşan hava dalgasının geliş zamanı

basit biçimde bulunabilir ve sabit bir değerdedir. Söz konusu dalgaların varış süreleri çoğunlukla verinin prosesi sırasında düzeltme işlemlerinde kullanılır.

Alıcıya ulaşan hava dalgasından sonraki dönüş ise direkt olarak gelen yer dalgasıdır. Bu çeşit elektromanyetik dalgalar alt sınırın üst yüzeyinde ilerlerler. Alıcıya ulaşan sonraki sinyaller ise iletken olmayan ara yüzeylerden geriye dönen yansımalarıdır. Bu yansımalar anomali oluşturan ara yüzeylerin derinlik farklılıklarına bağlı olarak alıcıya ulaşırlar. Yer altında derinliği görece az, yüzeye yakın obje veya katmanlardan yansıyan sinyaller alıcıya daha kısa sürede ulaşacaktır.

Elektromanyetik dalgalar sınırlarda yansıyabildiği gibi kırılabilmektedirler. Ancak, bu kırılmalar 2D radargram görüntülerinde anlaşılabilirliği düşük görüntüler oluşturmakta veya çoğunlukla görülememektedir.

Radargram kesitlerinde alıcıya ulaştığı görülen sinyallerin gücü ve varış süreleri, elektromanyetik dalgaların yayılım hızları ve sinyalin sönümlenme durumundan etkilenmektedir. GPR anteninden gönderilen elektromanyetik dalga enerjisinin bir miktarı da farklı iletkenlik özellikleri olan ortamların yüzeylerinden yansır. Yansıyan enerji miktarı, birbirinin aynı olmayan iki ortamın bağlı dielektrik geçirgenlik katsayılarının farkına uyumlu şekilde değişim gösterir. İdeal iki dielektrik maddenin yansıma katsayısı r ile belirtilir.

$$R = (\sqrt{\epsilon r_1} - \sqrt{\epsilon r_2}) / (\sqrt{\epsilon r_1} + \sqrt{\epsilon r_2}) \quad (3.3)$$

$\sqrt{\epsilon r_1}$ ve $\sqrt{\epsilon r_2}$ farklı alanların dielektrik geçirgenlik katsayılarıdır. Yer altındaki farklı özelliklere sahip sınırların bağlı dielektrik geçirgenlik değerleri arasındaki tezatlığın büyümesi, oluşacak yansıma genliklerinin artması anlamına gelir.

Radargram kesitlerinde yansımaların anlaşılabilirliğinin yüksek olması için değişik ortamların elektriksel özelliklerinin birbirinden oldukça farklı şekilde zıt olması gereklidir.

Radargramlarda anomali anlamı ifade eden yüksek genlikli yansıma izleri genellikle doğrusal devamlılığı olan, yaygın görünümlü olan veya dairesel devamlılık gösteren şekilde üç çeşittir.

3.2.2.4. Elektromanyetik Sinyallerin Enerji Kaybı ve Sönümlenmesi

Radar huzmeleri yeraltında ilerlediklerinde artan derinlikle birlikte dalgaların seyahat ettiği ortamın bağıl dielektrik geçirgenlik katsayısı, elektrik iletkenliği ve manyetik geçirgenliği ile ilişkili olarak sönümlenirler ve enerji kaybına uğrarlar (Doolittle ve Miiler, 1991; Duke, 1990; Shih ve Doolittle, 1984). Leckebush (2003) elektromanyetik sinyallerin derinlere ilerledikçe hızlı bir biçimde sönümlendiğini, enerjilerinin azaldığını belirtmiş, bu durumu elektromanyetik dalgaların karakteristik yayılım hareketinin uzaklığa bağlı ters orantılı biçimde etkisini azaltması ile açıklamıştır. Leckebush (2003)'a göre elektromanyetik dalgaların sönümlenmesi yerin iletkenlik özelliklerine bağlı olarak değişim gösterir. Eğer bir ortamın bağıl dielektrik katsayısı ve iletkenlik değeri biliniyorsa, herhangi bir x mesafesindeki sönümlenme (3.4) belirtilen bağıntı ile bulunabilir.

$$e^{-\alpha x}, \alpha = 1.69 \frac{\sigma}{\sqrt{\epsilon r_1}} \quad (3.4)$$

Moorman (2001), sönümlenme katsayısı (α) için bu eşitliği (3.5) ile vermiştir.

$$\tan^2 \delta = \sigma_{DC} (\omega K' \epsilon_0)^{-1} \text{ ve } c = 2.998 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \quad (3.5)$$

Moorman (2001) için; elektrik iletkenlik ve dielektrik etkisi domine bir ortam için sönümlenme katsayısı ise (3.6) ya da (3.7) ile belirtilen formüller kullanılarak hesaplanabilir. Farklı yer altı ortamlarının sönümlenme oranı tablo 3.1' de belirtilmiştir.

$$\alpha \sim (60\pi\sigma_{DC}) (K')^{0.5} (\text{m}^{-1}) \quad (3.6)$$

$$\alpha \sim (1.64\delta / (K')^{0.5}) (\text{dBm}^{-1}) \quad (3.7)$$

Tablo 3.1: Çeşitli yer altı ortamlarının bağıl dielektrik geçirgenlik katsayısı ϵ_r , hız V , elektrik iletkenlik σ ve sönümlenme α değerleri (Leckebush,2003'den alınmıştır).

Madde	ϵ_r	V (mns ⁻¹)	σ (mSm ⁻¹)	α (dBm ⁻¹)
Hava	1	0.3	0	0
Tuzlu Su	81-88	0.033	3000	600
Tatlı Su	80	0.033	0.5	0.1
Granit (kuru)	5	0.13	0.01	0.01
Kum (kuru)	5	0.13	0.01	0.01
Kil (ıslak)	10	0.095	500	300
Kumlu toprak (kuru)	2.6	0.19	1.4	1
Kumlu toprak (ıslak)	25	0.06	69	23
Killi toprak (kuru)	2.5	0.19	2.7	3
Killi toprak (ıslak)	19	0.07	500	200
Gösel çökel	50	0.04	-	-
Su altında bulunan kültürel tabaka	70	0.04	-	-

Elektromanyetik dalga enerjisinin soğurulma kayıpları, ortamın görece nem muhtevasının artması, ortamdaki tuz niteliği ve niceliğine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Ayrıca, sığ kısımdaki zemin içerisindeki yüksek miktarda çözünmemiş karbonat içeriği de büyük oranda elektromanyetik dalganın sönümlenmesine sebep olabilir (Batey, 1987).

İletken özelliği yüksek ortamlar elektromanyetik dalga yayılımını önlerler. Bu çeşit ortamlarda elektromanyetik dalga enerjisi derinlere doğru seyahat ettikçe seri şekilde sönümlenir ve her ne kadar düşük frekanslı anten kullanılsa da dalgaların ulaşabileceği derinlik birkaç metreden daha azdır.

3.2.2.5. Anten Tipi ve Frekansının Seçilmesi

GPR çalışmalarında kullanılan anten tipleri çoğunlukla açık ve kapalı olmak üzere iki çeşittir. Açık antenlerde alıcı-verici üniteler ayrı yerlerde, kapalı antenlerde ise koruyucu ünite içerisinde, frekans özelliklerine göre belli mesafede konumlandırılmış şekilde aynı yerdedirler. Her iki tip antenin de taşıma kolu mevcuttur. Her iki anten tipi ile de oldukça hızlı veri alınabilir. Ancak çevresel dış etkilerin yoğun olabileceği zorlu arazilerde kapalı sistemin kullanılması daha uygundur. Ölçümler, cihazın belirlenen yerlere taşınması suretiyle yapılabilir. Çalışma yapılan alan özellikleri ve aranan gömülü nesnenin olası özelliklerine bağlı olarak GPR çalışması için seçilen bazı antenlerin merkez frekanslarına bağlı olarak bilgi alınabilen derinlik ve düşey çözünürlükler tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2: Bazı antenlerin merkez frekanslarına göre bilgi alınan derinlik ve düşey çözünürlükler.

Merkez Frekans (MHz)	Düşey ayrımlılık (m)	Maksimum penetrasyon (m)
10	2	60
25	1.0	50
50	0.5	40
100	0.25	25
200	0.125	12
500	0.05	6
800	0.03	2.5
1000	0.025	1.5

GPR çalışmasında kullanılan antenin çözünürlük özelliklerine yani merkez frekansına uygun bir ölçüm aralığı seçilmeli; bu değer, Nyquist örnekleme aralığını geçmemelidir. Bu oran yaklaşık olarak dalga boyunun dörtte biridir. Kullanılan anten merkez frekanslarına karşılık gelen en yüksek ölçüm aralıkları Tablo 3.3'te belirtilmiştir (Sensors&Software, 1996).

Tablo 3.3: GPR anten merkez frekanslarına karşılık en yüksek ölçüm aralığı- Minimum anten aralığı değişimi.

Frekans	Maksimum Ölçüm Aralığı	Frekans	Minimum Anten Aralığı
12.5	2.0	12.5	8
25	1.0	25	4
50	0.5	50	2
100	0.25	100	1
200	0.10	200	0.5
450	0.05	450	0.25
900	0.02	900	0.17

GPR çalışmalarında kullanılacak anten frekansı, araştırılan derinlik ve bulunması hedeflenen olası gömülü nesnenin durumu dikkate alınarak belirlenmelidir. Dalga boyu, penetre edilen derinlik ve çalışmanın düşey çözünürlüğünü etkileyen bir değişkendir. Dalga boyunun uzaması düşey çözünürlüğü azaltırken bilgi alınan derinliğin artmasına karşılık gelir.

Çalışmadaki antenin merkez frekansı (f), yeraltına gönderilen elektromanyetik dalganın baskın dalga boyunu (λ) belirler.

$$\lambda = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon r}} \quad (3.8)$$

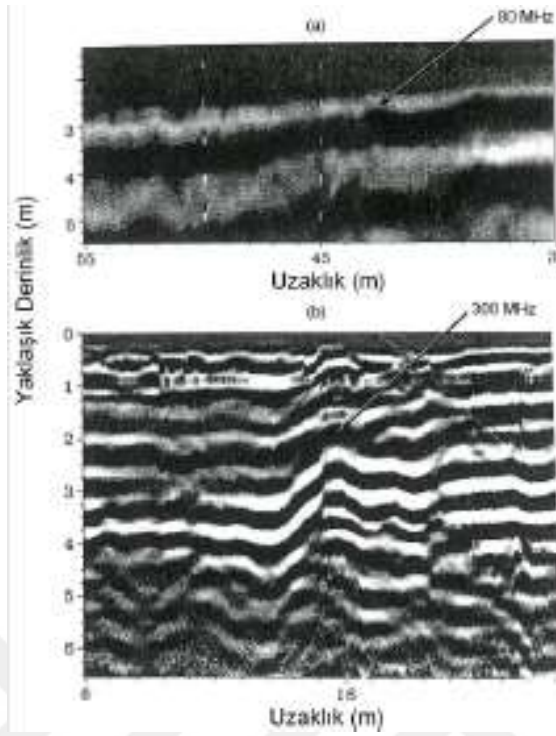
Bilgi alınan derinlik ile yer altı çözünürlüğü arasında eş değer bir değişkenlik söz konusudur. Farklı merkez frekans değerindeki antenler için baskın dalga boyu ve bu antenlerin farklı dielektrik geçirgenlik değerine sahip ortamlar içerisindeki dalga boylarındaki değişimler tablo 3.4'te belirtilmektedir.

Yapılan çalışmada istenilen sonucun elde edilmesi için kullanılacak antenin frekansının, bulunması hedeflenen olası gömülü yapıları belirleyip belirleyemedikleri (3.1) ve (3.2)' belirtilen eşitlikler kullanılarak hesaplanabilir. Çalışma yapılan alandaki bağıl dielektrik geçirgenlik değeri bilinebiliyor ise, (3.1) ve (3.2) eşitlikleri ile hedeflenen derinlikteki Fresnel bölgesi bulunabilir.

Tablo 3.4: Farklı merkez frekans değerindeki antenler için baskın dalga boyu ve bu antenlerin farklı dielektrik geçirgenlik değerine sahip ortamlar içerisindeki dalga boylarındaki değişimler (Conyers ve Goodman, 1997).

Anten Merkez Frekansı (MHz)	Merkez Frekansın Dalga Boyu			
	$\epsilon_r=1$ (hava içinde)	$\epsilon_r=5$	$\epsilon_r=15$	$\epsilon_r=25$
	(metre)			
1000	0.30	0.13	0.08	0.06
900	0.33	0.15	0.09	0.07
500	0.60	0.27	0.15	0.12
300	1.00	0.45	0.26	0.20
120	2.50	1.12	0.65	0.50
100	3.00	1.34	0.77	0.60
80	3.75	1.68	0.97	0.75
40	7.50	3.35	1.94	1.50
32	9.38	4.19	2.42	1.88
20	15.00	6.71	3.87	3.00
10	30.00	13.42	7.75	6.00

Sıradan bir GPR profilinde, farklı frekansta antenler kullanılarak aynı lokasyonda alınan ölçümlerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen radargram kesitlerinde, düşük frekanslı antenler kullanılarak elde edilen elektromanyetik dalga yansıma iz görüntülerinin daha yüksek frekanslı antenlerin görüntüsüne göre daha yuvarlak olma eğiliminde olduğu görülür (Şekil 3.15). Bu durum düşük frekanslı antenin Fresnel bölgesinin daha yüksek frekanslı antenin Fresnel bölgesinden daha fazla alan kaplamasından kaynaklanır (Annan ve Cosway, 1992).



Şekil 3.15: Farklı frekanslardaki antenlerin yansıma iz görüntüleri.

Yüksek frekanslı antenler, sığ derinliklerdeki çok küçük yapıları görüntülemek için kullanılabilirler. Ancak, bu tip antenlerin dalga boyu çok kısa olduğundan derinden bilgi alınırken yetersiz kalırlar. Düşük frekanslı yani uzun dalga boylu antenler ise derinlerden bilgi almak için kullanılsalar da düşey çözünürlükleri yetersiz olduğundan dolayı sığ derinliklerdeki küçük nesnelerin belirlenmesinde kullanılmazlar. Yine düşük frekanslı antenlerin boyutları büyük ve daha ağırdır, dolayısı ile arazide mobilizasyonları güçtür. Yüksek frekanslı antenler ise düşük hacimli ve hafiftirler, mobilizasyonları düşük frekanslı antenlere göre oldukça kolaydır.

3.2.2.6. Örnekleme Aralığı ve İstasyon Aralığının Seçilmesi

GPR çalışması sırasında çalışmanın amacına yönelik sağlıklı sonuç elde edilmesi için örnekleme aralığının seçimi önemli bir husustur. Örnekleme aralığı bir sinyal üzerindeki noktalar arası zaman farkıdır. Merkez frekans değeri arttıkça veri toplanırken daha küçük örnekleme aralığı tercih edilmelidir.

Tablo 3.5: Frekans değerleri ve önerilen zaman örnekleme aralıkları (Sensors&Software, 1996).

Frekans	Önerilen Örnekleme Aralığı (ps)
12.5	6800
25	3200
50	1600
100	800
200	400
450	200
900	100

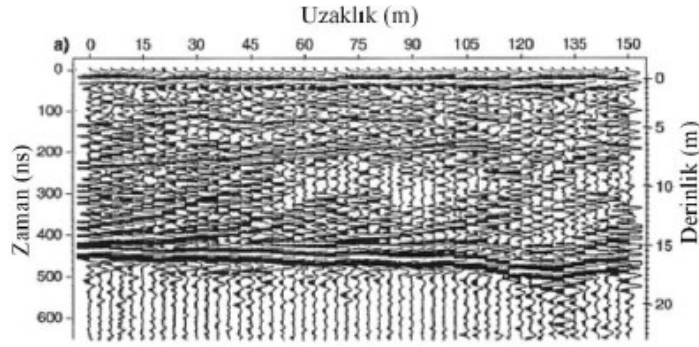
Veri toplanırken amaca uygun kayıt zamanı ve örnekleme aralığının seçilmesi çok önemlidir. Uzun kayıt alınırken düşük örnekleme aralığının seçilmesi sistem hafızasının gereksiz şekilde doldurulmasına neden olabilir.

GPR ölçümleri yapılırken bir diğer önemli husus da istasyon aralığı seçimidir. İstasyon aralığı seçimi, antenlerin merkez çalışma frekansı ve yeraltında bulunan malzemenin dielektrik özelliklerine bağlıdır. Nyquist örnek aralığı ana materyalin dalga uzunluğunun dörtte biri kadardır ve şu şekilde ifade edilir.

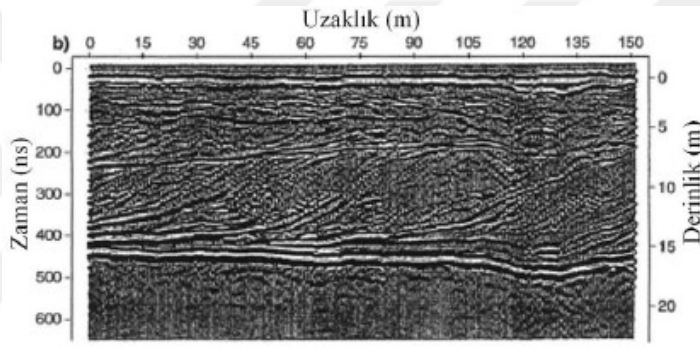
$$\Delta t = \frac{c}{4f\sqrt{K}} = \frac{75}{f\sqrt{K}} \quad (3.10)$$

Burada, “f” anten merkez frekansıdır (MHz) ve “K” da ana bölgenin bağlı permitivitesidir. Eğer istasyon aralığı Nyquist örnekleme aralığından büyük olursa, veri dik bir şekilde eğimli olan reflektörleri ve kırılma noktalarını yeteri kadar tanımlayamayacaktır. Düz uzanan reflektörlerde bu kriter tehlike arz etmektedir.

Ölçümlerin yerleri şekil 3.16 ve şekil 3.17’da gösterildiği şekilde 50 MHz’lik veri 3m’lik Nyquist aralığı 0.5 ile 0.77 arasında hesaplanandan daha büyük bir istasyon aralığına sahiptir, şekil 3.17’da gösterilen şekilde Nyquist örnekleme aralığı, 0.5 olan istasyon aralığı ile ölçüldüğünde eğimli bölgelerin daha anlaşılabilir şekilde görüldüğü gözlenmiştir.



Şekil 3.16: Deltaik bir bölgenin 50 MHz anten ve 3 m istasyon aralığı ile ölçülmüş GPR yansıma görüntüsü (Moorman, 2001).



Şekil 3.17: Aynı bölgenin istasyon aralığının Nyquist örnekleme aralığı olan 0.5 m ile ölçümü (Moorman, 2001).

İstasyon aralığının seçilmesinde kolaylık sağlayacak bir dengeleme sistemi vardır. Pratik açıdan, veri hacmi ve çalışma zamanı istasyon aralığının artması ile azalmış olacaktır. Veri yorumunda ise Nyquist örnekleme aralığında kalınması önemlidir. Maksimum kayıt frekansının üzerinde yapılan örneklemede herhangi bir kazanç sağlanamamaktadır. Çalışma planı yapılırken örnekleme aralığının irdelenerek doğru olarak seçilmesi veri kalitesini oldukça arttıracaktır.

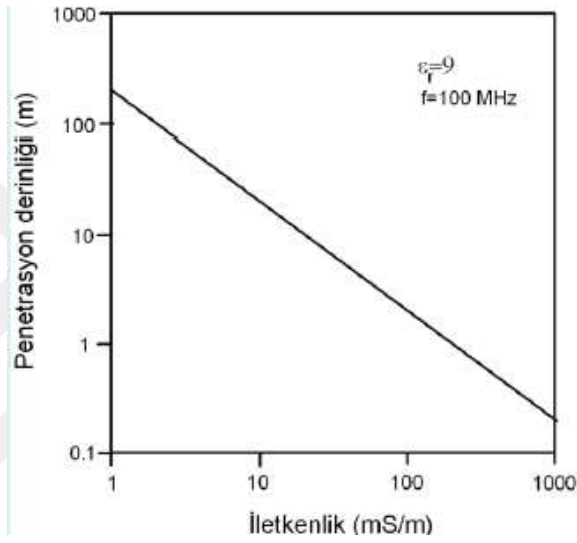
3.2.2.7. Penetrasyon Derinliği

Penetrasyon derinliğini başlıca etkileyen unsurlar; yer altındaki tabakaların sayısı, ara yüzlerdeki dielektrik terslik, yer içinde ilerleyen dalganın sönümlenme oranı ve kullanılan antenin merkez frekansıdır.

Elektromanyetik dalgalar her bir tabaka sınırına vardığında, dalgaların bir bölümü yüzeye dönerken bir bölümü de daha derindeki tabakalara doğru ilerlerler. Tabaka sayısı arttıkça,

derinlere doğru dalganın enerji miktarında azalma olur. Özellikle sediman tabakalardaki bölgesel dielektrik değişkenlikler kompleks yansımalar oluşturabilir, bu durumun sonucunda araştırma derinliği azalabilir (Moorman, 2001).

Elektromanyetik dalganın yayıldığı ortamın elektrik iletkenliği arttığında, dalga enerjisi süratle sönümlenir, bu şekilde penetrasyon derinliği azalır. Elektromanyetik dalga penetrasyonu ile elektrik iletkenlik arasındaki ilişki şekil 3.18’de verilmiştir. Şekilden anlaşılacağı üzere iletkenliğin artması elektromanyetik dalga penetrasyonunu ciddi biçimde azaltmaktadır.



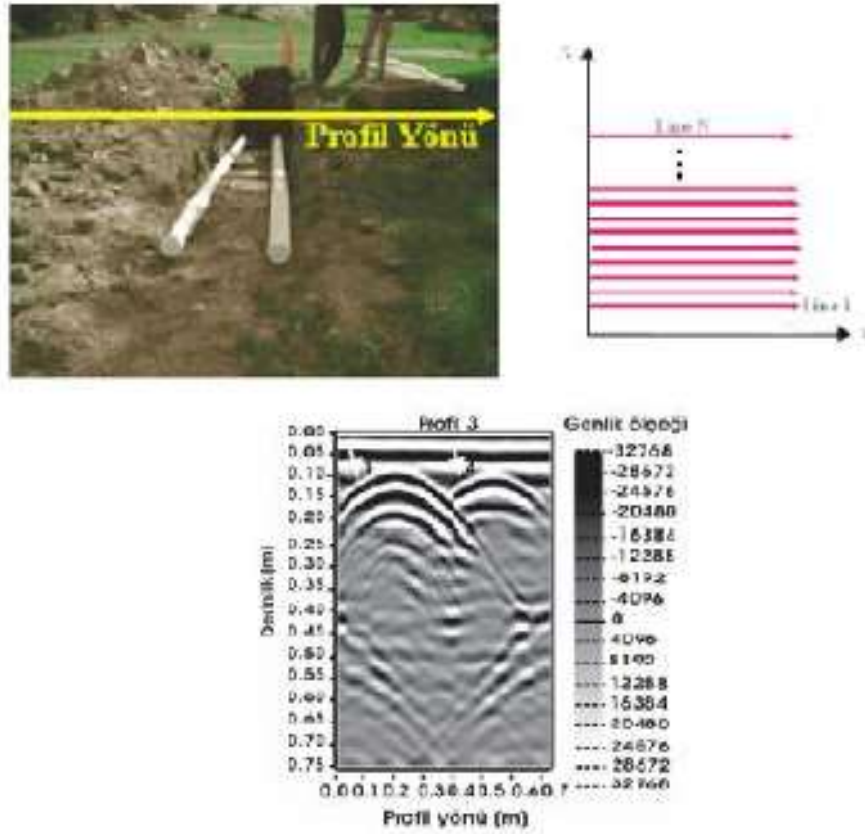
Şekil 3.18: Elektromanyetik dalga iletkenliği ile penetrasyon derinliği ilişkisi (Moorman, 2001).

Elektromanyetik dalgaların ulaştığı derinlik kullanılan anten frekansına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Düşük frekanslı antenler daha uzun dalga boyuna sahip sinyaller üretir. Bu tip antenlerin ideal ortam şartlarındaki penetrasyon derinlikleri fazladır. Düşük frekanslı dalga boyuna sahip anten kullanmanın en büyük dezavantajı yeraltındaki ufak boyutlu yapıların tespit edilememesi ve ince tabaka kalınlıklarının ölçümlenememesidir. Bu durum yer altından alınan verilerdeki netliği azaltır ve alanda problemin tespitine yönelik çözüm üretmeyi zorlaştırır (Conyers ve Goodman, 1997).

3.2.2.8. Çalışma Alanının Karelelandırılması ve Çalışmaya Etki Eden Faktörler

Çalışılan alanının amaca yönelik profil hatlarının arkeolog veya sanat tarihçisi yardımı ile seçimi ve alanın doğru şekilde bölgelere ayrılması çalışmanın amacına ulaşması açısından oldukça önemlidir. Sahada alınan verinin amaca yönelik uygun şekilde alınması çalışmanın başarılı bir şekilde sonuçlandırılmasını sağlayacaktır.

Genellikle çalışma profilleri araştırma yeri altındaki tespit edilmesi hedeflenen cisimlerin doğrultusuna dik şekilde konumlandırılmalıdır. Çalışma alanında alınan veriler ile oluşturulan radargram görüntülerinin üstünde belirlenen anomalilerin yorumlanması ile gömülü nesnenin fiziksel durumu ile ilgili bilgi alınabilir.



Şekil 3.19: Profil yönü seçimi.

Yer radarı araştırmalarında yerin iletkenliği ve dielektrik sabiti ortamın fiziksel ve geometrik özelliklerinin bulunmasını etkileyen en önemli faktörlerdir. Bu iki parametre ortamın suya doğun olup olmamasına göre oldukça etkilenmektedir, özetle ortamdaki su, GPR sinyallerinin performansı üzerinde oldukça fazla bozucu etkiye sahiptir (Griffin ve Pippet, 2002). Tablo 3.6'da bazı jeolojik malzemeler için göreceli dielektrik sabiti ve iletkenlik değerleri verilmiştir.

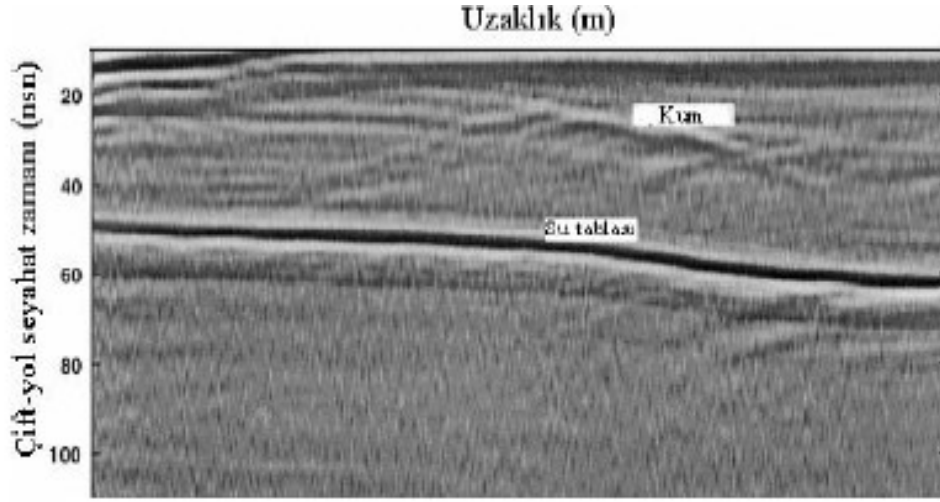
Tablo 3.6: Bazı jeolojik malzemeler için göreceli dielektrik sabiti ve iletkenlik değerleri (Shön, 1998; Daniels, 1996).

Malzeme	Göreceli Dielektrik Sabiti	İletkenlik (mS/m)
Hava	1	0
Saf su	80	0.01
Deniz suyu	80	3000
Kuru kum	3-5	0.01
Suya doğun kum	20-30	0.1-1
Kireçtaşı	4-8	0.5-2
Kiltaşı	5-30	1-100
Silt	5-30	1-100
Kil	5-40	2-1000
Granit	4-6	0.01-1
Kuru tuz	5-6	0.01-1
Buz	3-4	0.01

Yüksek iletkenlik değerine sahip ortamın (suya doğun yoğun içeriği kil olan) düşük iletkenlik değerine sahip ortamdan (kuru kum vb.) daha fazla enerji soğurduğu görölmektedir (Griffin vd., 2002). GPR çalışmalarında çalışılan ortamın iletkenliğinin düşük olması istenir, iletkenliği yüksek olan zeminlerde elektromanyetik dalgalar daha fazla soğurulur ve derine nüfuz edemez. Bu duruma bağlı olarak zemin yapısı, yoğunluğu, zeminin içerdii suyun hacmi ve tuzluluk oranı elektromanyetik sinyalleri etkilemektedir (Bristow ve Jol, 2003).

Dielektrik sabiti ile dalga yayılma hızları arasında ters orantı mevcuttur. Yer altına iletilen elektromanyetik dalğanın hızı, dielektrik katsayısındaki ani bir azalma ile artmaktadır. Bu durumda oluşan ortam farklılığı sınırda bir yansıma yüzeyi oluşturur ve ilerleyen dalga kısmi olarak geri dönüp alıcı antene ulaşabilir. Dielektrik sabit değerinin yüksek olduğu ortamlarda ise (su içeriğin yüksek olduğu kilin yoğun olduğu ortamlar) dalga hızı azalır ve elektromanyetik dalga enerji kaybına uğrar. Dolayısıyla böyle ortamlarda GPR çalışması yapmak oldukça güçtür (Weeds, 1994).

Su yüksek polarizibilite özelliğine sahiptir. Bu nedenle de dielektrik katsayısı en yüksek değerdedir. Suyun bu özelliğinden dolayı elektromanyetik dalgaların suya doygun ortamda ilerlemesi oldukça zordur. Su tablası sınırı GPR çalışmalarında kolay bir şekilde tespit edilebilmekte olup, bu sınır, elektromanyetik dalgalar için iyi bir yansımaya yüzeyi oluşturmaktadır (Şekil 3.20)



Şekil 3.20: Su tablası sınırının radargram kesitindeki görünümü (Stickley vd., 2000).

Çalışma alanındaki elektromanyetik kaynaklar ile metalik yapıların varlığı önemli bir etkendir. Ölçüm alanında uygun ekipmanla güvenli ve ekonomik bir şekilde çalışmanın yapılıp yapılamayacağı önemli bir husustur. Eğer ortamda olağan dışı koşullar veya tehlikeler var ise (ısı, kirlilik, trafik vb.) önemle dikkate alınmalıdır. Saha koşullarıyla ilgili not alınmalı veri prosesi aşamasında bu notlar özellikle dikkate alınarak işlem yapılmalıdır (Annan, 1999).

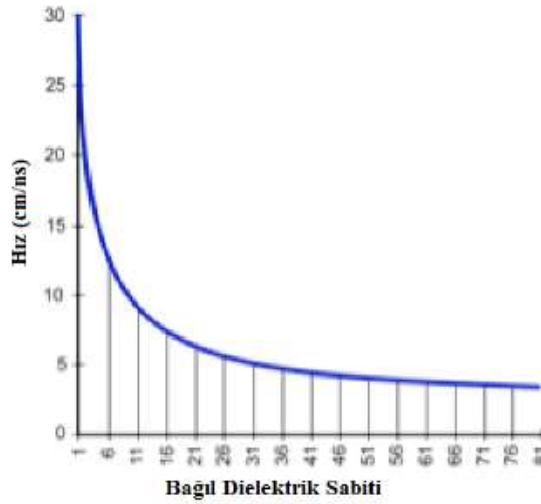
GPR çalışmalarında önemli etkenlerden biri de anten frekansının çalışmanın amacına yönelik doğru seçilmesidir. Frekans ile çözünürlük arasında doğru orantı; derinlik ile ters orantı vardır. Tablo 3.7’de kullanılan anten frekansına bağlı olarak çözünürlük değişimi gösterilmiştir.

Tablo 3.7: Kullanılan anten frekansına bağlı olarak çözünürlük değişimi (Takahashi, 2004).

GPR Parametreleri	Dielektrik Sabit		Elektrik İletkenlik		Anten Frekansı	
	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek
Yayıma Hızı	Yüksek	Düşük				
Penetrasyon	Kısa	Uzun	Uzun	Kısa	Uzun	Kısa
Dalga Boyu	Uzun	Kısa			Uzun	Kısa
Çözünürlük	Düşük	Yüksek			Düşük	Yüksek

3.2.2.9. Arazide Ölçüm ve Değerlendirme

GPR saha çalışmaları bilgisayar, kayıt-kontrol cihazı, alıcı ve verici antenlerden oluşur. Kullanılan anten frekansı 25-3000 MHz arasında değişir. Antenler arası uzaklık seçimi, antenin frekans değeri, saha koşulları ve anten büyüklüğüne uygun şekilde seçilmelidir. Genel olarak anten aralıklarının sabit tutulmasında fayda vardır. Antenlerin fiziksel büyüklükleri kullandıkları frekans değerine bağlı olarak değişim göstermektedir. GPR araştırma yapılan sahada ortamın dielektrik sabiti değerleri aracılığıyla elektromanyetik hız değişimi ile ilgili bilgi edinilmektedir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21: Hız ile bağıl dielektrik sabiti arasındaki ilişki (Daniels, 2004).

Ölçüm alma sırasında kullanılan antenin frekansı birçok değişkenin belirlenmesinde rol oynayan önemli bir parametredir. Eğer d derinlik çözünürlüğü alınırsa uygun frekans (3.11)

$$f = \frac{150}{d\sqrt{Z}} \text{ MHz} \quad (3.11)$$

denklemleri ile bulunur. Burada hedef derinliğin çözünürlüğünün derinliğin (d) yaklaşık olarak $1/4$ ' ü değerinde alınmalıdır. (Annan vd., 1975; Annan ve Cosway, 1992; Roberts ve Daniels, 1996).

Tablo 3.8: Frekansa göre örnek maksimum ölçüm aralıkları (Kadioğlu, 2004).

Frekans	Maksimum Ölçüm Aralığı (m)
12.5	2.0
25	1.0
50	0.5
100	0.25
200	0.10
450	0.05
900	0.02

Durak aralığı da çözünürlüğü etkileyen bir unsurdur, iki durak arası uzaklığın sabit aralıklı hatlarda dalga boyunun %25 inden fazla olduğu durumlarda ise tanımlanabilecek hedefler teorik olarak saptanamayabilir. Bu koşul yaklaşık olarak aşağıdaki denklem ile sağlanabilir.

$$D_x = \frac{75}{f\sqrt{\epsilon}} \text{ m} \quad (3.12)$$

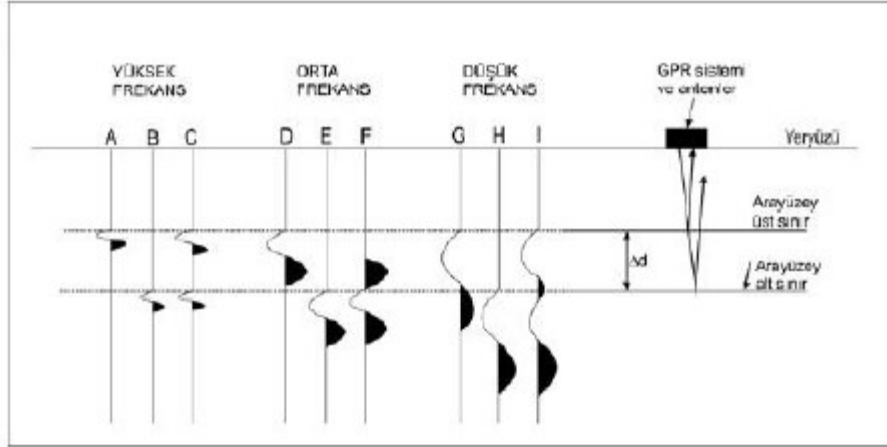
Elde edilen her iki bağıntıdan yola çıkılarak bulunan bir başka varsayıma göre ise D_x 'in maksimum araştırma derinliğinin $1/8$ 'i kadar veya daha az olması gerektiği anlaşılmaktadır. Anten dizilimleri genelde yan yana konumlanmasına rağmen uygulamada uç uca gelecek şekilde kullanılır.

Uygulamalarda iyi sonuç elde edilmesi için kullanılan anten aralığının araştırma derinliğinin $1/5$ 'i veya daha azı alınması gerektiği görülmüştür. Bu şekilde derinliğe bağlı olarak ampirik bağıntı aşağıda belirtilen şekildedir.

$$D_{\text{anten}} = \frac{2d}{\sqrt{(\epsilon-1)}} \text{ m} \quad (3.13)$$

Anten frekansı dışında örnekleme frekansının seçiminde örnekleme kuramına da dikkat edilmelidir. Basit şekilde 100 MHz merkezi frekansta örnekleme aralığı;

$$\Delta f = 100 \times 3 \times 2 = 600 \text{ MHz ve } \Delta t = 1,67 \text{ ns olarak elde edilir (Weymouth, 1986).}$$



Şekil 3.22: GPR ölçümlerinde derinlik, frekans ve çözünürlük ilişkisi (Kadıoğlu, 2006).

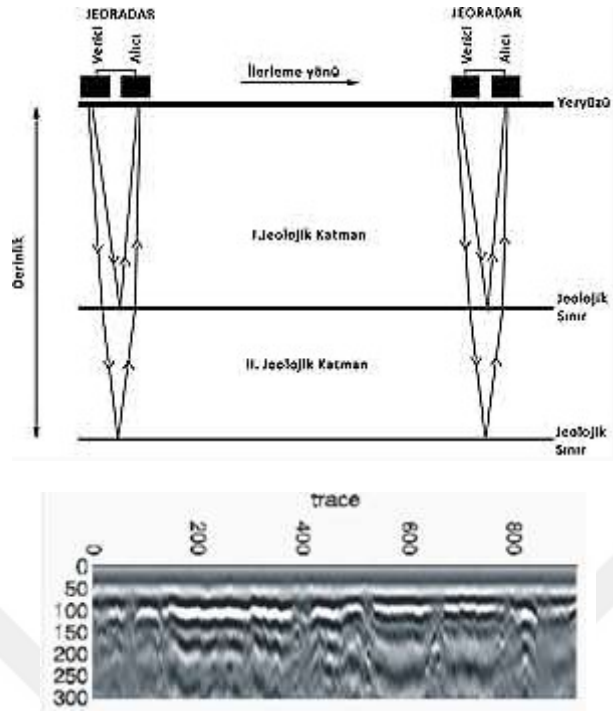
Tablo 3.9: Derinliğe bağlı örnek frekans seçimleri (RAMAC/GPR Operating Manuel).

Anten Frekansı (MHz)	Hedeflenen cismin büyüklüğünün alt sınırı (m)	Ortalama derinlik aralığı (m)	Ortalama penetrasyon derinliği (m)
100	0.1-1	2 - 15	15 - 25
250	0.05 - 0.5	1 - 10	5 - 15
500	0.04	1 - 5	3 - 10
800	0.02	0.4 - 2	1 - 6

Veri toplama aşaması alıcı ve verici anten konumuna göre birkaç farklı yöntem kullanılarak yapılabilmektedir.

Genellikle kapalı anten sistemlerindeki sabit anten aralıklı veri toplama en çok tercih edilen ölçüm şeklidir. Bu şekilde her ölçüm noktasına ait izler yan yana dizilerek radargram adı verilen radar kesiti oluşturulur. Şekil 3.23'de izler zamanın fonksiyonudur ve zaman birimi nanosaniyedir.

$1s = 10^9$ ns (nanosaniye) ve $1s=10^{12}$ ps (pikosaniye)

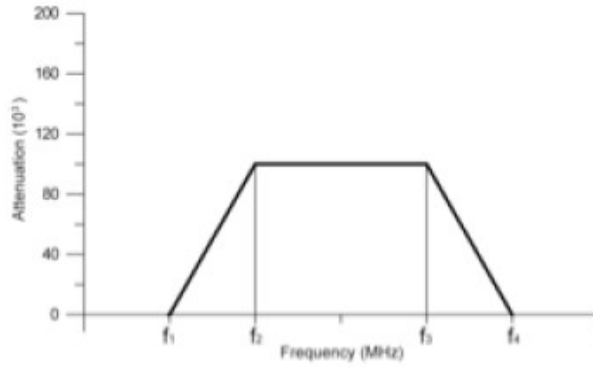


Şekil 3.23: Kapalı sistem antenli GPR cihaz ile veri toplama ve radargram kesiti (www.definesohbeti.com).

3.2.2.10. GPR Çalışmasında Kullanılan Veri İşlem Yöntemleri ve Veri Sunumu

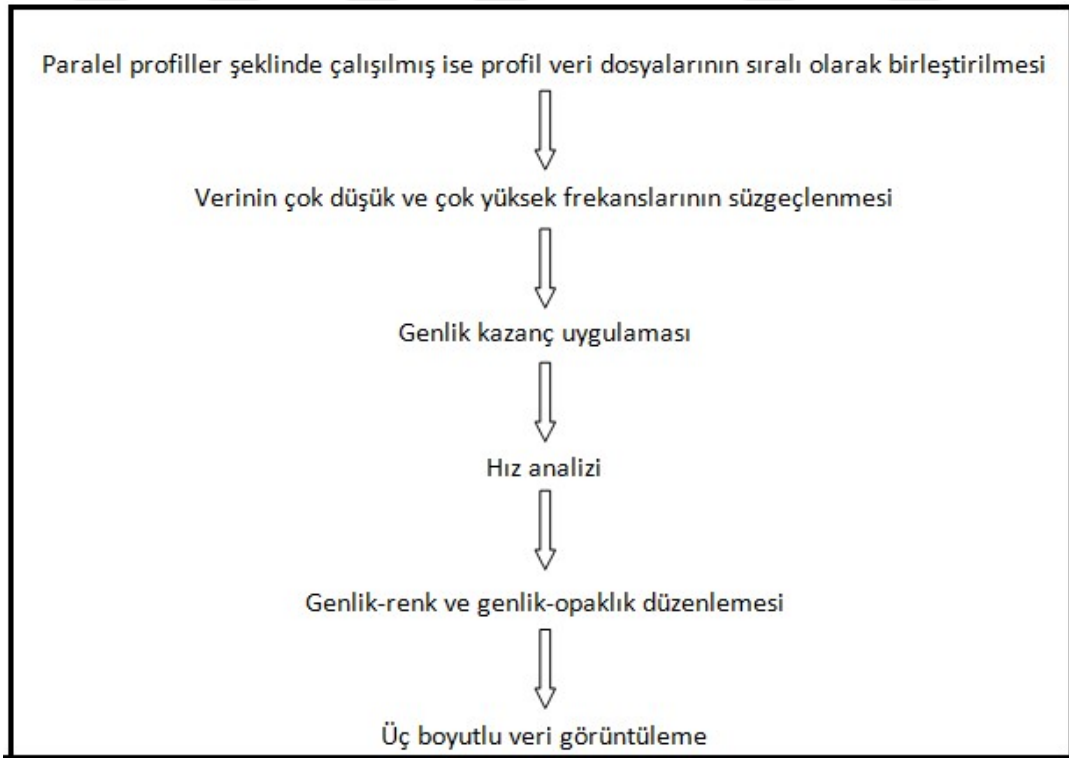
Sahada amaca yönelik uygun ekipman kullanılarak sayısal olarak alınan GPR verisinin yorum aşamasına hazır olması amacıyla bir takım veri-işlem uygulamalarına tabi tutulması gereklidir. Arazide veri alınırken istenilen yığılma adetinin sağlanması ile veri kalitesi arttırılabilir, alınan veriler alçak-yüksek geçişli süzgeçler kullanılarak iz genlikleri yorum yapılabilecek düzeye getirilmiş olur.

Çalışma sırasında kullanılan anten frekansı amaca uygun şekilde seçilmeli, veri alınırken çevresel olarak ortamda bulunan frekanslardan ayrıştırılmalıdır. Ayrıştırmanın gerçekleştirilemediği durumlarda ise uygun süzgeç teknikleri ile gürültü frekanslarının veri yorumunu zorlaştırıcı kısımları temizlenmelidir (Şekil 3.24).



Şekil 3.24: Genel frekans filtre gösterimi (Yalçın, 2009).

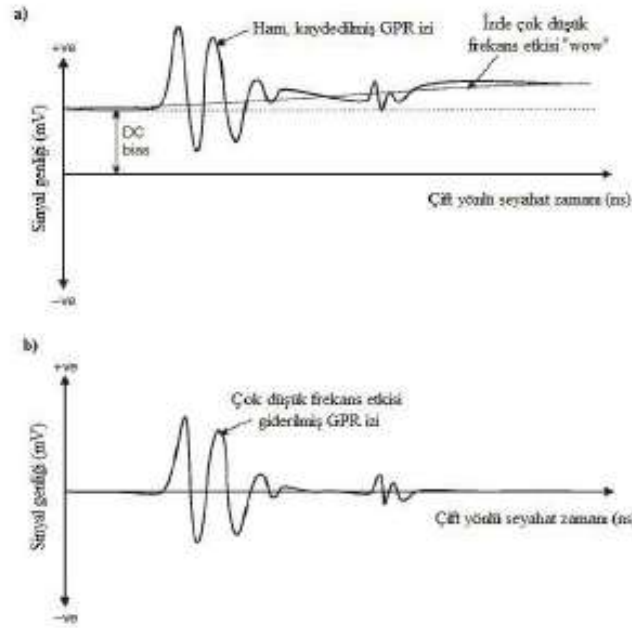
Alınan GPR verilerinin amaca uygun hale getirilmesi için veri içindeki ortamın belirlenmesi istenilen gerçek durumu görmeyi engelleyen yanıltıcı nitelikte veriden ayıklanması amacıyla veri- işlem aşamalarına tabi tutulur, bu şekilde veri üzerinde yapılacak yorum ve yorumlamalar daha sağlıklı yapılabilir. Yer radarı verilerine uygulanan temel veri-işlem aşamaları şekilde belirtilen akış diyagramı ile tanımlanabilir (Şekil 3.24).



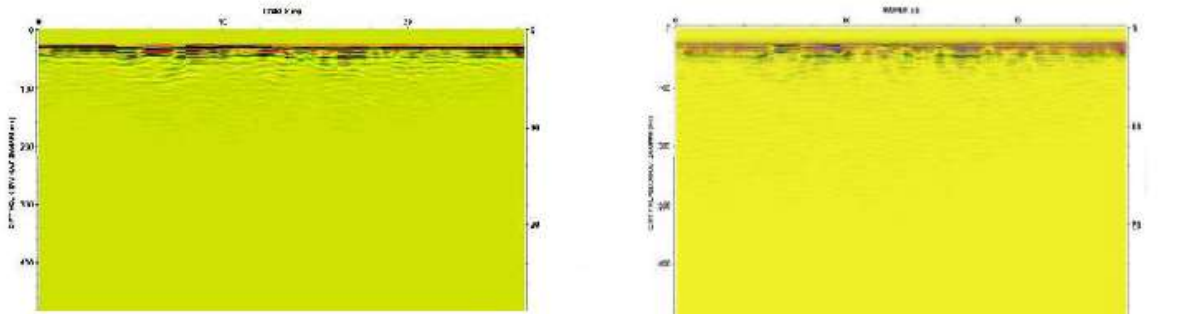
Şekil 3.25: Yer radarı verilerine uygulanan temel veri işlem aşamaları akış diyagramı.

Süzgeçleme

GPR verilerinde çok düşük frekanslı gürültüler kullanılması gereken uygun verileri örtmektedir. Buna 'wow' etkisi denilir. Temel veriyi bozucu bu etkiyi yok etmeye yönelik yapılan süzgeçleme işlemine 'dewow' denir. Bu bozucu etkiye, kaydedilen sinyalde ilk gelen verilerin sebep olduğu aşırılaşma ve doygunluk etkileri neden olmaktadır ve sinyalden bu bozucu etkinin atılması amacıyla süzgeçleme işlemi uygulanmaktadır. Yapılan süzgeçleme işlemi ile istenmeyen bu gibi durumlar ortadan kaldırılabilir (Kadıoğlu, 2004).



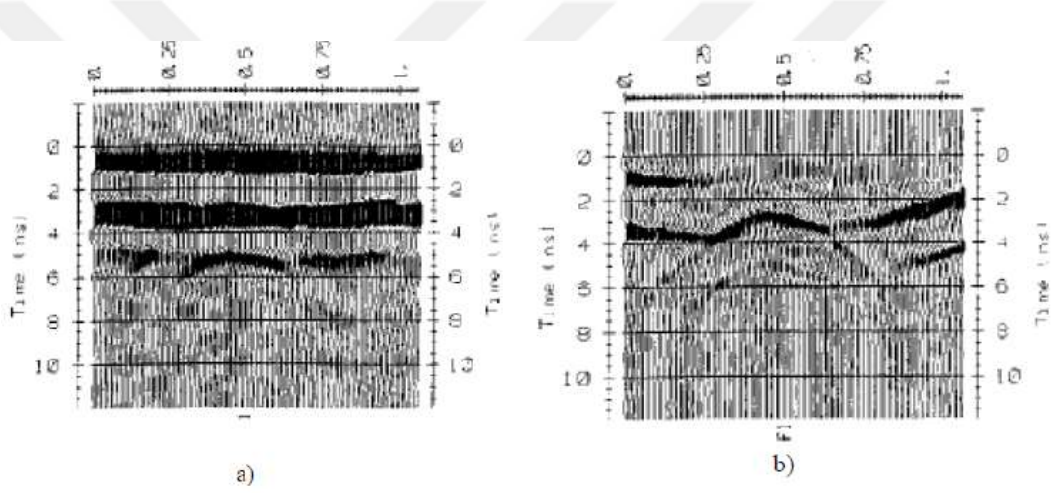
Şekil 3.26: a) Ham sinyal; b) Dewow süzgeci uygulanmış sinyal (Cassidy, 2009).



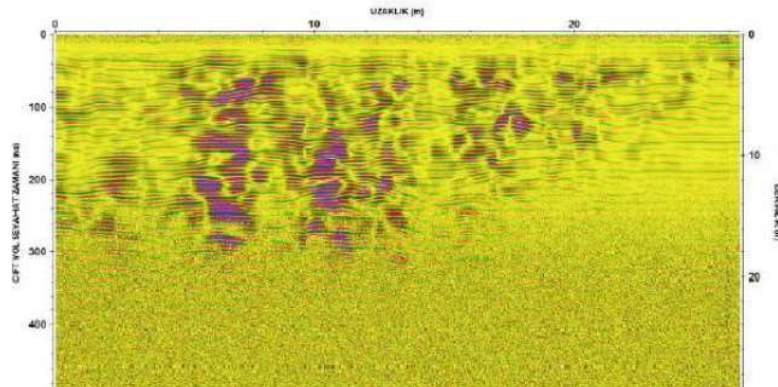
Şekil 3.27: a) Ham Veri; b) Ham veriye dewow(düşük frekansların atılması) uygulanmış hali.

Background Removal

Radar verilerinin içinde orjinal verilerin büyük ölçüde geri planda kalmasına yol açan ‘ringing’ adı verilen yatay gürültüler mevcuttur. Ringing etkisi GPR verilerinde uyumlu gürültünün en genel türlerindedir ve veri uygun şekilde temizlenmemiş ise derin yapılar tamamen örtülebilir. Ringing hem yatay hem de periyodik olarak görülür ki bu özelliği de atılmasına olanak sağlar. GPR verisinin yoğun ringing gürültü etkisi altında hedef derinliği daha da sığlaşır çünkü güçlü ringing derinden gelen zayıf yansıma etkilerinin kaybolmasına neden olmaktadır. Bu işlem yüksek geçişli süzgeçler kullanılarak yapılmaktadır (Wilchek, 2000). Bu bozucu iz etkilerinin giderilmesi ile yeraltından gelen verilerin ortam özelliklerini gerçeğe yakın, anlaşılabilir hale getirmesi sağlanmaktadır.



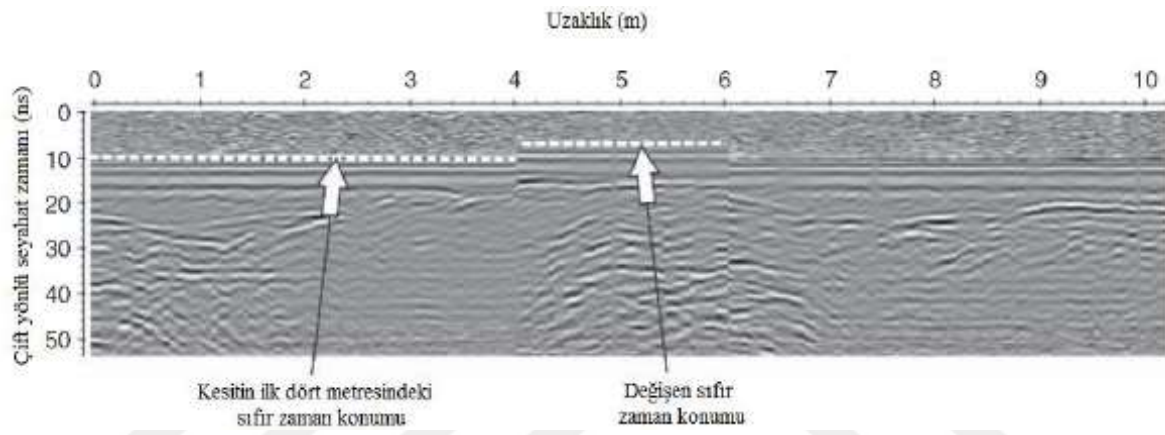
Şekil 3.28: a) Gömülü bir borunun radar veri örneği b) Gösterilen verinin süzgeçlenerek düzeltilmiş hali (Annan, 2001).



Şekil 3.29: GPR verisinin background removal işlemi uygulandıktan sonraki hali (Öğretmen, 2012).

Sıfır - Zaman Düzeltmesi

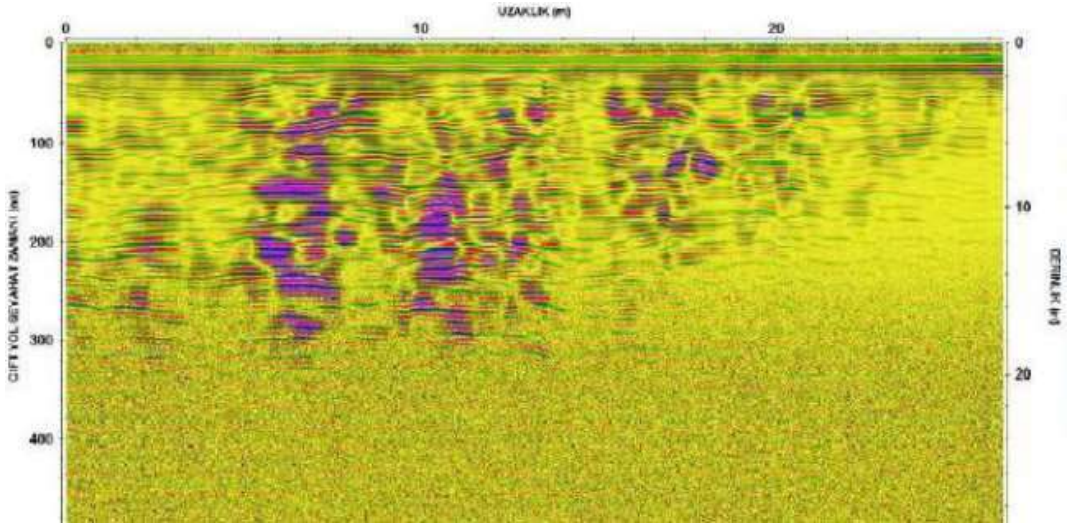
Elektromanyetik dalgalar, havadan yere geçerken, kullanılan kabloların özellikleri, elektronik duraysızlık ve sıcaklık değişimleri nedeniyle kayıt üstünde bir gecikme meydana gelir. Bu gecikme sıfır-zaman gecikmesi olarak adlandırılır (Jol,2009). Veri üstünde herhangi bir işlem uygulanmadan ilk olarak sinyallerin ortak sıfır zaman konumuna doğrulanması gerekmektedir. Bu durum için genelde bazı özel esaslar kullanılarak veya çoğu zaman işlem yazılımlarında herhangi bir müdahale olmaksızın yapılarak elde edilir. Bu şekilde gereksiz kısım veriden uzaklaştırılarak başlangıç süresi zaman ekseninin başlangıcına taşınır.



Şekil 3.30: 450 MHz yer radarı kesitindeki sıfır-zaman değişim örneği (Cassidy, 2009).

Genlik Kazanç Uygulaması

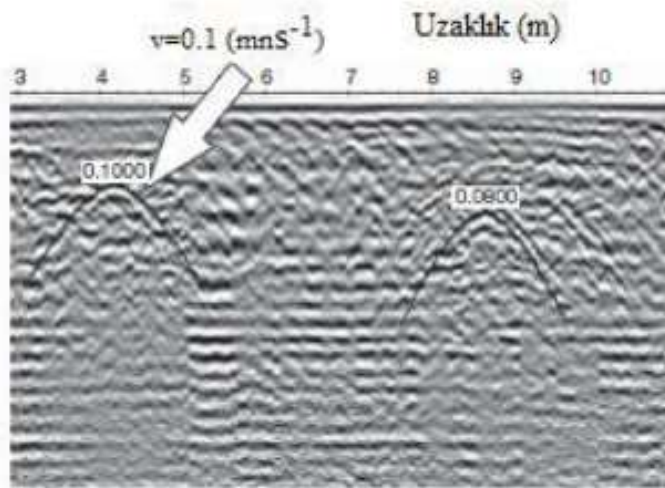
Veri prosesi sırasında dalganın ilerlediği ortamda mesafeye bağlı olarak genlikte meydana gelen azalmayı geri kazanmak, verinin bu şekilde yorumlanabilir hale gelmesini sağlamak amacıyla uygulanan bir süzgeçleme yöntemidir. Bu süzgeç işlemi, iz üzerinde aşağıya doğru ilerledikçe genliklerde belirli bir büyümeye neden olmaktadır. Çünkü elektromanyetik dalgalar uzaklara ilerledikçe ortam içerisinde daha fazla enerji kaybetmektedirler. Bu olumsuzluğu gidermek amacıyla veriye genlik kazanç düzeltmesi uygulanır (Kadioğlu, 2004).



Şekil 3.31: Veriye enerji kazancı uygulandıktan sonraki görüntü (Öğretmen, 2012).

Hız Analizi

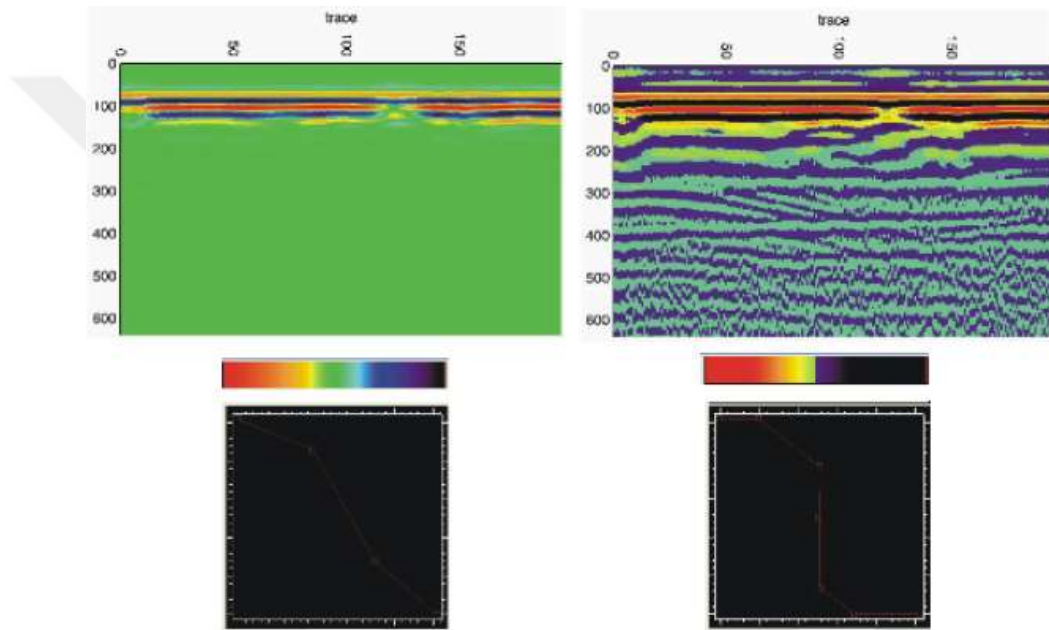
Anomaliyi oluşturan nesnenin yarattığı hiperbolik izler, ortamın hızı ile ilgili bilgi verir ve ortamın hızı GPR verileri üzerindeki izler kullanılarak hiperbol çakıştırma işlemi ile hesaplanır. Radargram üzerindeki saçılmalara bağlı olarak oluşan bir anomalinin tepe noktası ve yan açılımı üzerindeki birer noktanın işaretlenmesi ile hiperbolik şekle sebebiyet veren duruma ait hız hesaplanmaktadır (Kadıoğlu, 2003).



Şekil 3.32: Hiperbol çakıştırma ile hız belirleme (Casidy, 2009).

Genlik - Renk Fonksiyonunun Düzenlenmesi

Yer içinde yol alan elektromanyetik dalga yansıma veya saçılmaya sebebiyet veren, anomali oluşturabilecek bir ara yüzey veya nesne ile karşılaştığında genlik bilgisi bulunmak istenen objenin niteliğini belirten yansıma katsayısı ile birimlenir. Bu durum radargram kesitleri üzerinde olayın veya objenin tanımlanmasını kolaylaştırmaktadır. Anomali oluşturan bir nesnenin görüntüsünün dominant hale getirilebilmesi amacıyla genlik-renk görüntüleme fonksiyonu düzenlenir. Bu fonksiyon verilerin prosesini değerlendiren tarafından düzenlenmektedir (Kadioğlu, 2004).



Şekil 3.33: Aynı radargramın aynı renkler kullanılarak farklı genlik-renk fonksiyonları ile görüntülenmesi (Kadioğlu, 2004).

4. BULGULAR

4.1. JEOLJİK VERİLER

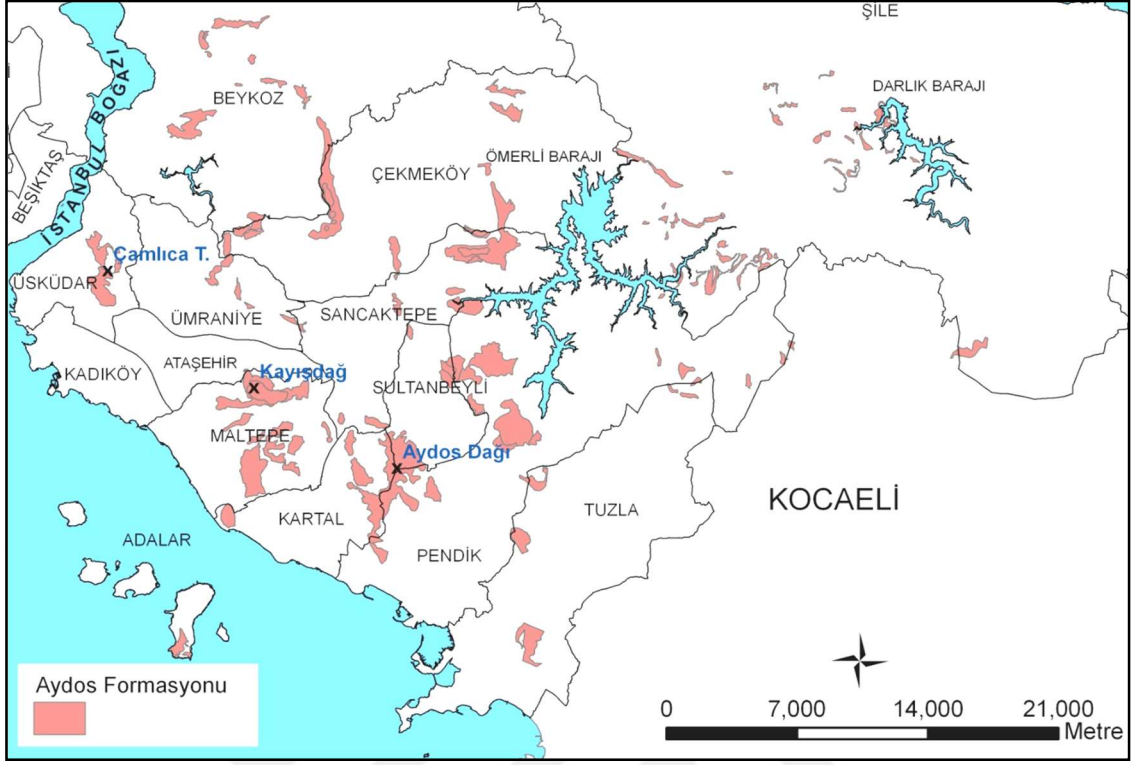
4.1.1. Araştırma Bölgesinin Jeolojik Yapısı ve Yerleşime Uygunluk Durumu

Araştırma bölgesi, İBB Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü'nün yapmış olduğu Mikrobölgeleme çalışmaları kapsamında hazırlanan 1/2000 ölçekli jeoloji haritasında çalışma alanının bulunduğu bölgede "Tsd" lejantlı Sultanbeyli Formasyonu Dudullu Üyesine ait açık kahverengi sarımsı kahverengi, kumlu çakıl ve mangan birikintili birimlerin yüzeylendiği belirtilmektedir (Şekil 4.7). 1/2000 ölçekli yerleşime uygunluk haritalarında ise çalışma alanı "ÖA-5b" (Yumuşak Zeminler ile temsil edilen Orta-Hafif Mühendislik Önlemleri Gerektiren Alanlar) lejantlı sınırlar içerisinde kalmaktadır (Şekil 4.8). Ayrıca çalışmalar kapsamında alan yakınında yapılan sondajlarda genel olarak yüzeyde kalınlığı 1-2 m olan killi çakıllı dolgu seviyesi, altında kalınlığı 0.5-15.0 m arası değişen Sultanbeyli Formasyonu Dudullu Üyesine ait kumlu çakıl birim, en altta ise sondaj sonuna kadar devam eden ara ara volkanik dayklar ile kesilmiş Pendik Formasyonu Kartal Üyesi birimlere ait parçalı kırıklı ayrılmış şeyl birimlere rastlanmıştır. (Ek-1 1/2000 Ölçekli Jeoloji Haritası, Ek-2 1/2000 Ölçekli Yerleşime Uygunluk Haritası, Ek-3 Çalışma Alanı Yakınına ait Sondaj Logu)

4.1.2. Araştırma Bölgesi Yakın Çevresinin Genel Jeolojisi

4.1.2.1. Kurtköy Formasyonu (Opk)

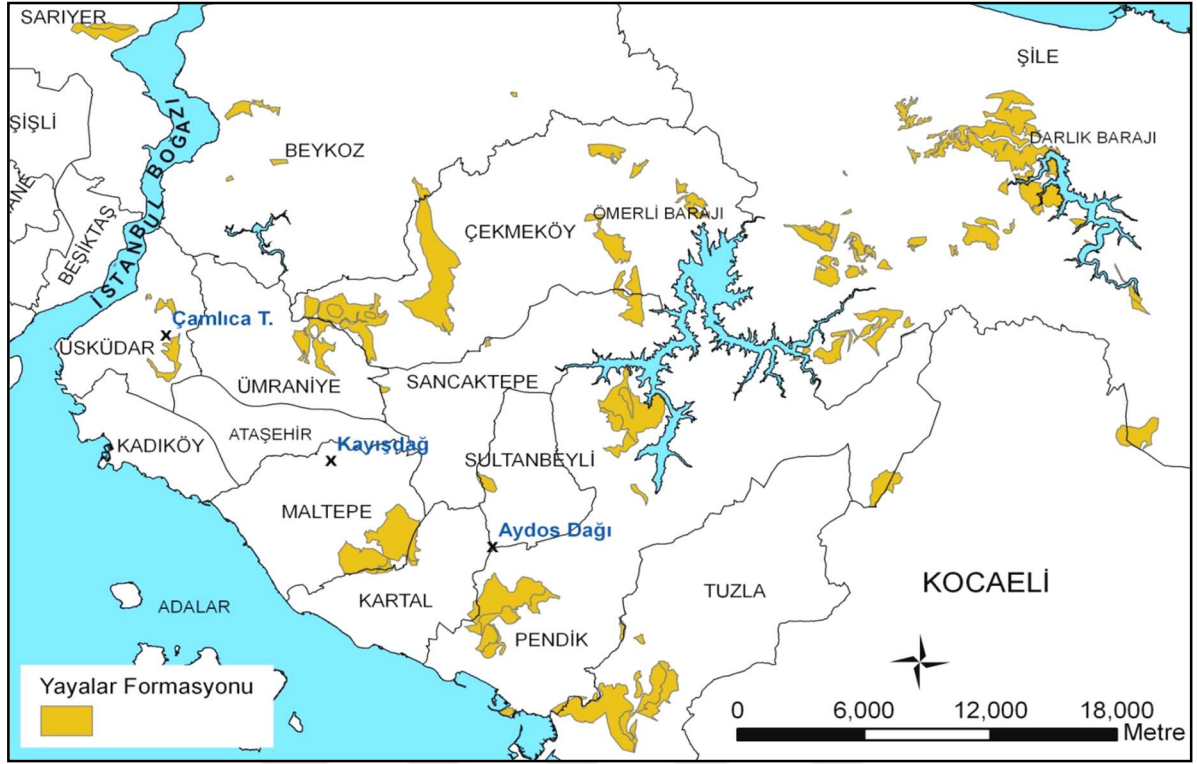
İstanbul Paleozoyik istifinin tabanında yer alan stratigrafik birimdir. Kurtköy Formasyonu arkoz türü kızılımsı mor, eflatun renkli kırıntılı kayalardan oluşur. Birim ilk kez Önalın (1982) tarafından Kurtköy Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Formasyon hakim olarak mor renkli, karmaşık düzenli iç yapılı, tabakalanması belirsiz, tabaka kalınlıkları yaklaşık 15-20 m olan çakıltaşlarından oluşmuştur. Formasyona ait farklı kayaç fasiyesleri, farklı bölgelerde ve stratigrafik açıdan farklı düzeylerde görülmektedir. Özgül (2005) formasyonun alt seviyesini boz-mor-eflatun renk aralanmalı, kumtaşı arakatlı miltaşlarının hakim olduğu Bakacak Üyesi, üst seviyesini ise çakıltaşı ara katlı bordo-mor kumtaşından oluşan Süreyyapaşa Üyesi adlarıyla incelemiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.2: Aydos Formasyonu Yüzeyleme Haritası (İBB DEZİM).

4.1.2.3. Yayalar Formasyonu Gözdağ Üyesi (OSyg)

Aydos Formasyonu üzerine uyumlu ve tedrici geçiş ile gelir. Alt kesimlerinde ince ve dalgalı paralel ince katmanlı ve yeşilimsi gri şeyl seviyelerden oluşmaktadır (Önalın, 1982). Gözdağ formasyonu genellikle boz yeşilimsi kahve renkli, bazı kesimlerde iyi çimentolanmış oldukça sert, bazı kesimlerde ise daha gevşek tutturulmuş kayalardan oluşmaktadır. Bol kuvars kırıntılı şeyl, feldspatlı vake, demirli arenit, oolitik şamosit, kireçli vake taşları gibi yer yer değişik bileşimlerden oluşmuştur. Genel olarak iyi boylanmamış, zayıf, olgun kayalardır. Genel anlamda mikalı kumtaşlarından oluşan formasyon Önalın (1981) tarafından adlandırılmıştır. İBB Mikrobölgeleme çalışmasında Yayalar Formasyonunun Gözdağ Üyesi olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.3).

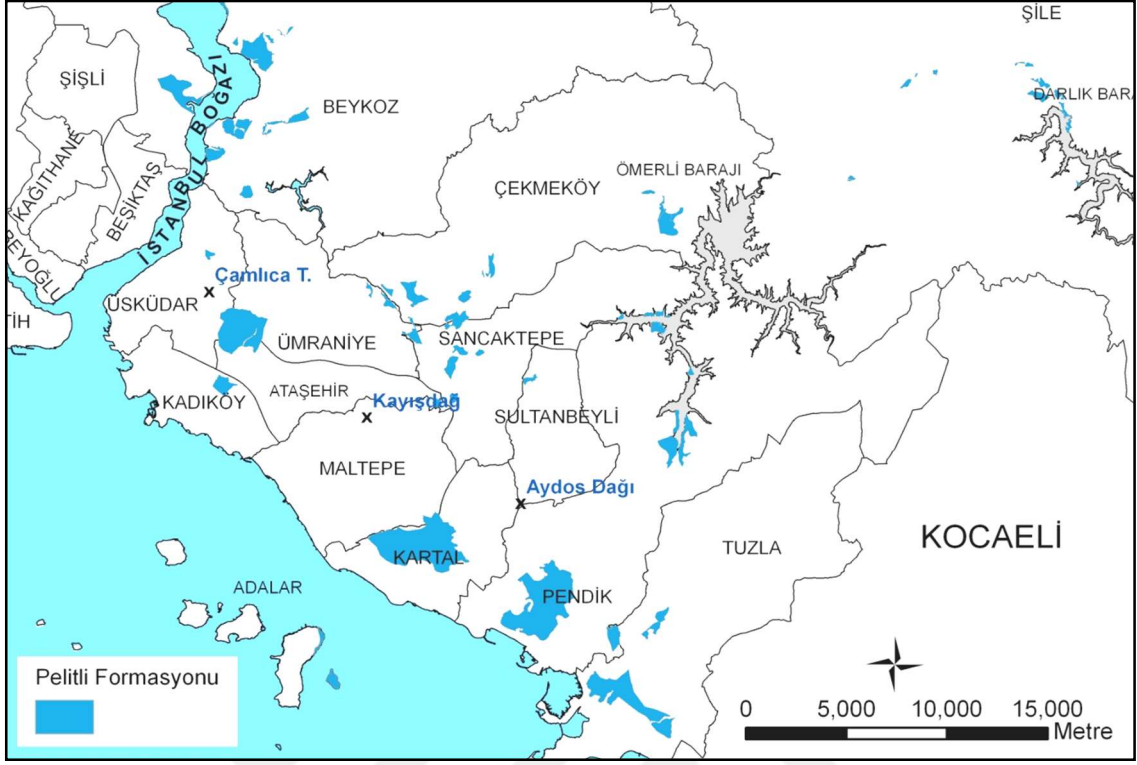


Şekil 4.3: Yayalar Formasyonu/Gözdağ Üyesi Yüzeyleme Haritası (İBB DEZİM).

4.1.2.4. İstinye / Pelitli Formasyonu (SDp)

Devoniyen yaşlı kireçtaşlarından oluşan İstinye formasyonu en altı siyahımsı mavi renkli, laminalı ve ince tabakalı kireçtaşı-çamurtaşları ile pembe renkli şeyl ardalanmasından oluşur. Birimin kireçtaşları içerisinde pelletler ve hayvan eşeleme izleri görülmüştür. Şeylli seviyeler ise paralel ve çapraz laminalıdır (Önalın, 1982).

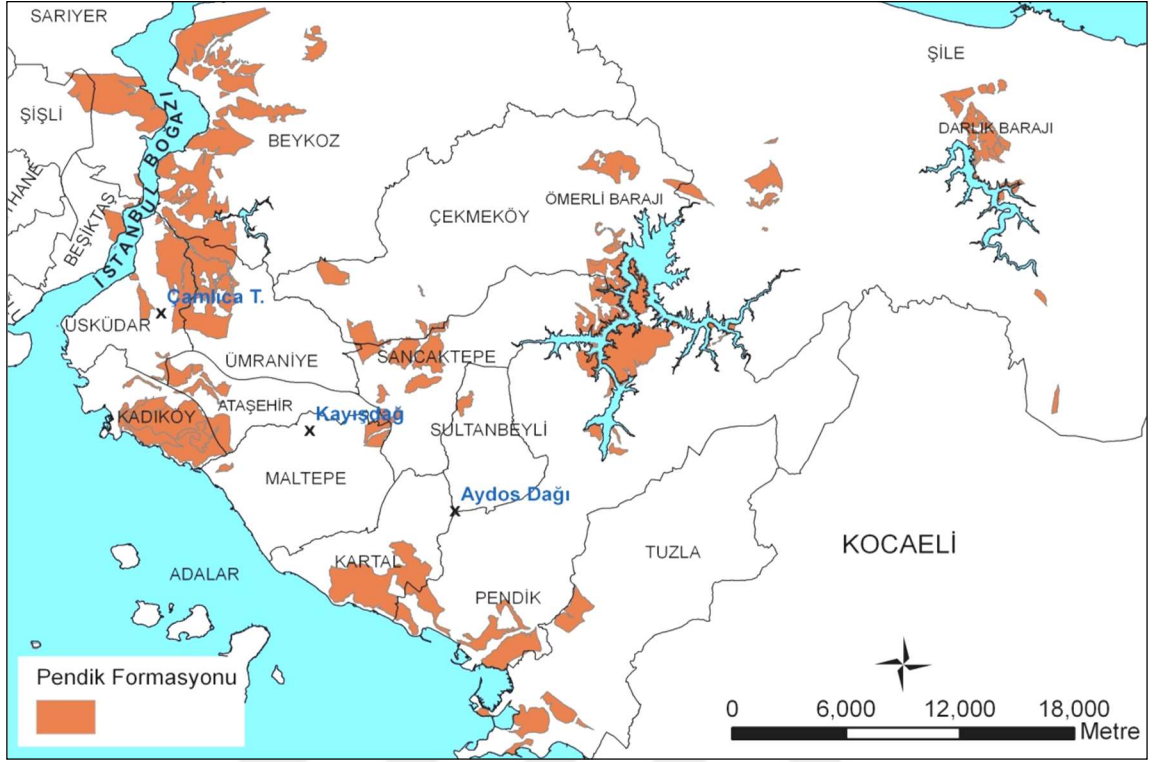
Kaya (1973, 1978) istifin alt kısmını Dolayoba kireçtaşı, üst kısmını ise İstinye Formasyonu olmak üzere iki bölüme ayırtlamış olup, Türkiye Stratigrafi Komitesi (Tüysüz ve diğ., 2004) grup adlaması yapmaksızın Kaya (1973)'ün adlamasını kabul etmiştir. İBB Mikrobölgeleme çalışmalarında İstinye Formasyonu, Pelitli Formasyonu içerisinde belirtilmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Pelitli Formasyonu Yüzeyleme Haritası (İBB DEZİM).

4.1.2.5. Pendik Formasyonu Kartal Üyesi (Dpk)

Genellikle alt seviyelerde grovak ve şeyl; orta seviyelerde kireçtaşı ara katkılı grovak-şeyller ile üste doğru da sarımsı boz kahve renkli şeylerden oluşur. En alttaki grimsi sarımsı kahve renkli grovak-şeyl aralanmalı olan ve içerisinde bazen ince bantlar ve mercıklar halinde kireçtaşları kapsayan bu birim İstanbul genelinde oldukça yaygındır. Boğazın doğu ve bazı batı kesimleri ile Ümraniye kuzeyi, Erenköy, Samandıra, Kartal, Pendik, Kaynarca, Tuzla ve Ömerli kuzeyinde yaygın olarak izlenmektedir. Kahve ve gri renklerde görülen bu seviye bol fosilli şeyl ve grovaktan oluşmuştur. Ayrıca bu üye bazen bol fosilli mercıklar ve bantlar halinde koyu mavi renkli karbonatlı vake taşlarını da kapsar. Özgül ve diğ. (2009) adlamada öncelik kurallarını dikkate alarak 'Pendik' adını istifin tamamını kapsayacak şekilde formasyon adı olarak, Kartal adını ise formasyonun bir kısmını oluşturan bol makrofosilli mikalı kiltası-miltası-şeyl istifi için üye kategorisinde kullanmıştır (Şekil 4.5). (Pendik Formasyonu Kartal Üyesi)



Şekil 4.5: Pendik Formasyonu/Kartal Üyesi Yüzeyleme Haritası (İBB DEZİM).

4.1.2.6. Belgrad / Sultanbeyli Formasyonu (Tsd)

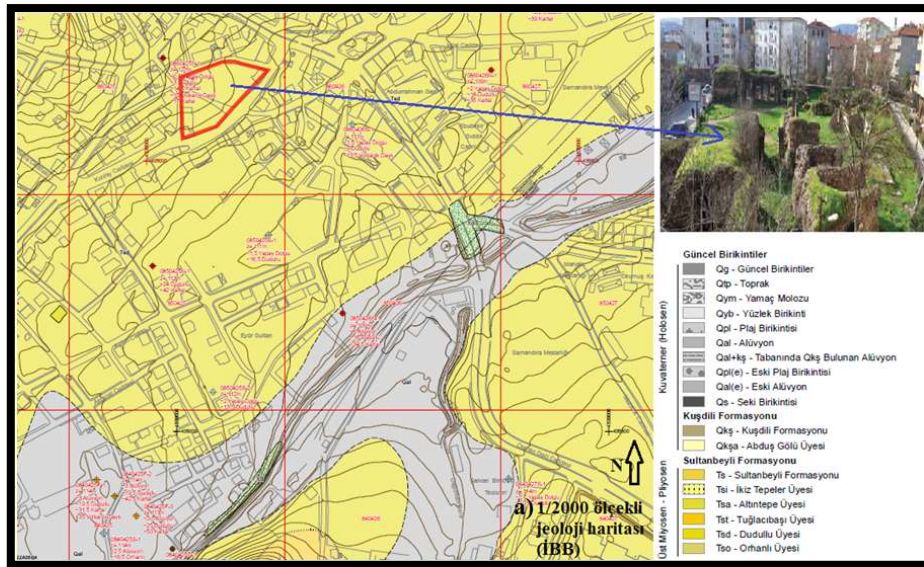
Anadolu Yakasında gerçekleştirilen mikrobölgeleme çalışmaları kapsamında İBB-Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü tarafından genel olarak Sultanbeyli bölgesini de kapsayan, alanın güneydoğu kesiminde geniş alan kaplayan Geç Neojen birikintilerinin araştırılması hususunda yapılan çalışmalar kapsamında birimin Sultanbeyli Formasyonu olarak tanımlanması uygun görülmüştür. Birim, İstanbul Paleozoyik istifi üzerinde uyumsuz olarak yer alır. Kil ara seviyeli kum ve çakıllar ile tabanda yer yer çapraz tabakalı kumtaşlarından oluşur. Birim içerisinde yer yer 20 cm'ye kadar değişen boyutlarda çeşitli kayaç blok ve çakılları da bulunmaktadır (Gözübol ve Aysal, 2008). Damatrys Sarayı'nın bulunduğu araştırma bölgesindeki jeolojik birim "Tsd" lejantlı Sultanbeyli Formasyonu Dudullu Üyesi olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: Sultanbeyli Formasyonu Yüzeyleme Haritası (İBB DEZİM).

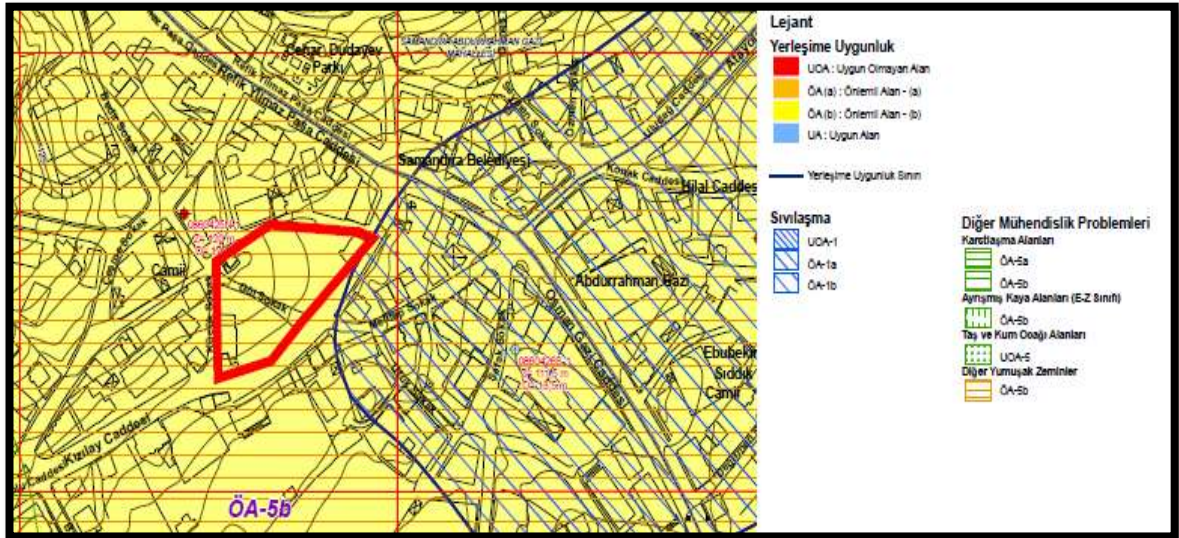
4.1.2.7. Alüvyon (Qal)

Güncel dere yatakları boyunca izlenen kırıntılı ve kaba kırıntılı malzemelerden oluşmuştur. Ağırlıklı olarak blok, çakıl, kum ve silt boyutunda malzeme içeriği gözlenir.





Şekil 4.7: a) Damatryz Sarayı yakın çevresinin 1/2000 ölçekli jeoloji haritası (İBB,2009) b) Damatryz Sarayı yakın çevresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası (İBB,2017)



Şekil 4.8: Damatryz Sarayı yakın çevresinin Yerleşime Uygunluk Haritası (İBB,2009).


SİSTEM	SÜRE	FORMASYON	ÖYE	YAKLAŞIK KALINLIĞI (m)	KAVATÖRÜ	EK AÇIKLAMALAR					
KARBONİFER	1-2	ÜST DEVRİNİN ALT KARBİNİFER	Küçükköy	1000		Kumtaşı-Miltası-Şeyil ardışı; alttan üste doğru şeyil-miltası (<i>Acıbadem Üyesi</i>), kireçtaşı (<i>Cebeci Kireçtaşı</i>), fidir-seyil ardışı (<i>Kartaltepe Üyesi</i>), türbiditik kumtaşı-seyil ardışı (<i>Küçükköy Üyesi</i>) düzeylerini kapsamakta					
			Karaberece	30		Lidit; kara-koyu külrengi, ince katmanlı, yer yer laminale; fosfatlı küresel (1-5 cm) silis yumrulu					
			Acıbadem	400		Yumrulu Kireçtaşı; külrengi, sarımsı-boz-yeşil pembe-si kil-killi kireçtaşı ana katkı, seyrek krinoidli, sücek yapılı					
			Cebeciköy			Lidit-Sevil; ince-orta katmanlı, kara-koyu külrengi ince katmanlı lidit ile pembe-si, sarımsı boz şeyil-kiltaş ardışı; seyrek kireçtaşı (mikrit) arakatlı					
			Baltalimanı	40		Kireçtaşı-Killi Kireçtaşı; kara-koyu külrengi, ince-orta, düz ve dalgalı katmanlı, şeyil arakatlı, seyrek makrofosilli; yumrulu görünümlü kireçtaşı ara düzeyli					
			Ayınceburnu	40		Mikali şeyil-miltası					
			Yörükali	30		Kireçtaşı-Killi Kireçtaşı; koyu külrengi, orta-kalın katmanlı mikrit; kireçli kiltaş-killi kireçtaşı arakatlı; üst düzeylerinde sücek yapılı					
			Tuzla	60		Mikali şeyil-miltası; kara-koyu külrengi, ayrışmış boz-açık kalverengi, ince-orta katmanlı, yarılgan, bol mika pullu şeyil egemen, seyrek olarak, bol kavrak kırıntılı kireçtaşı, ince kumtaşı arakatlı; brakyopod, trilobit vb. makrofosilce zengin					
						Yumrulu görünümlü Kireçtaşı; külrengi, boz, dalgalı katmanlı, sücek yapılı; değişen oranda kireçtaşı-kiltaş-kireçli kiltaş ardalanmalı					
						Kireçtaşı (mikrit); koyu külrengi, ince-orta katmanlı kireçtaşı egemen; yer yer katırlı ve laminale; alt düzeylerinde yer yer makrofosilli					
						Laminale kireçtaşı (mikrit); koyu külrengi, ince dokulu, pembe-kızıl kiltaş-seyil arakatlı, distarmonik kıvrımlı					
			DEVRİNİN	3-4	ÜST DEVRİNİN ALT - ORTA DEVRİNİN	PENEK	650	10-100	Kartal		
SİLURİYEN	5-6	ÜST SİLURİYEN - ALT SİLURİYEN							PULTELI	60	280
			SİLURİYEN	7-8	ÜST SİLURİYEN - ALT SİLURİYEN	YAYALAR	60	110			
ORDOVSİYEN (7) - SİLURİYEN	9-10	ÜST ORDOVSİYEN (7) - ALT SİLURİYEN							YAYALAR	110	40
			ORDOVSİYEN	11-12	ÜST ORDOVSİYEN - ALT ORDOVSİYEN	AYDOS	70	50			
ORDOVSİYEN	13-14	ÜST ORDOVSİYEN - ALT ORDOVSİYEN							KURTEKÖY	70	50
ORDOVSİYEN	15-16	ÜST ORDOVSİYEN - ALT ORDOVSİYEN	KURTEKÖY	70	50	Manastır Tepe					
ORDOVSİYEN	17-18	ÜST ORDOVSİYEN - ALT ORDOVSİYEN	KURTEKÖY	70	50	Gülsuyu					
ORDOVSİYEN	19-20	ÜST ORDOVSİYEN - ALT ORDOVSİYEN	KURTEKÖY	70	50	Süreyyapaşa					
ORDOVSİYEN	21-22	ÜST ORDOVSİYEN - ALT ORDOVSİYEN	KURTEKÖY	70	50	Bakacak					
ORDOVSİYEN	23-24	ÜST ORDOVSİYEN - ALT ORDOVSİYEN	KURTEKÖY	70	50	KOCATÖNGEL					

Şekil 4.9: İstanbul Birliği'nin paleozoyik kayastratigrafisi birimlerinin genelleştirilmiş sütun kesiti (İBB İstanbul İl Alanının Jeolojisi, 2011).

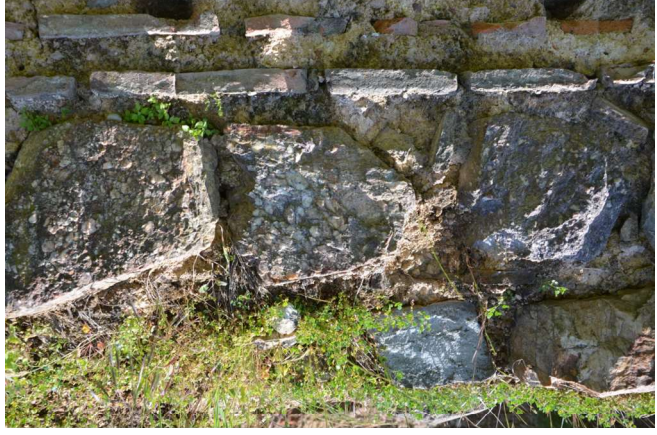
4.1.3. Yapı Unsurlarında Kullanılan Kayaç Türleri

Damatrys Sarayı'nın ayakta kalan kalıntıları üzerinde yapılan gözlemsel incelemelerde yapı unsurlarında kullanılan kayaç çeşitlerinin çevre jeolojik durumu ile uyumlu olarak malzeme kullanımının gerçekleştiği görülmektedir. Saray inşasında kullanılan kayaçların kökenleri makroskopik olarak araştırıldığında çoğunlukla İstanbul Anadolu yakasında mostra veren kayaçlar olduğu görülmektedir (Öngen ve diğ., 2010). Eserdeki bazı yapı unsurlarında kullanılan jeolojik malzeme ve formasyon ilişkisine ait örnekler Tablo 4.1'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1: Yapıda kullanılan doğal taşların ait oldukları formasyon ve örnek resimleri.

Formasyon	Örnek
Kurtköy Formasyonu (Çakıllı Kumtaşı- Kumtaşı)	

Kurtköy Aydos
Formasyonu,
Çakıllı –Bloklu Kumtaşı-
Çakıltaşı



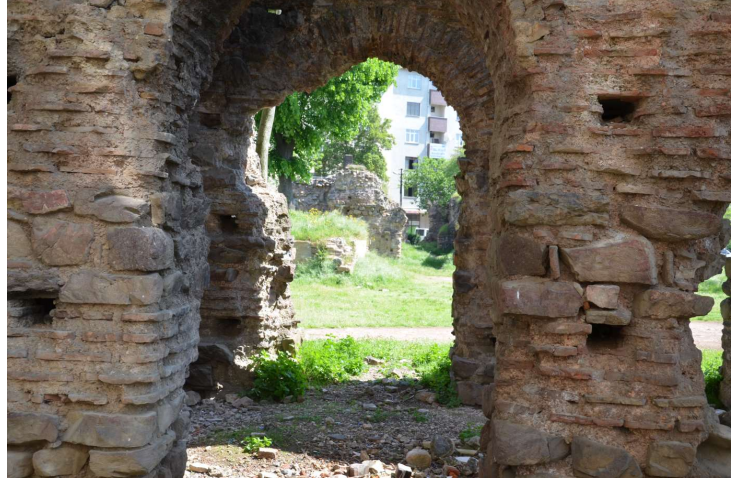
Yayalar Formasyonu,
Gözdağ Üyesi,
Çakıllı Kumtaşı
(Feldispatlı Kuvars arenit)



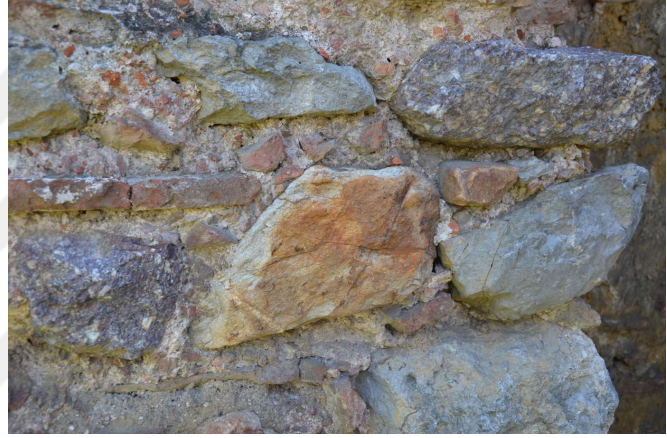
Pelitli Formasyonu,
Dolayoba Üyesi,
Kireçtaşı



Aydos Formasyonu
Kuvarsit / Pendik
Formasyonu Kartal Üyesi
Kireçtaşı, Çamurtaşı



Kurtköy Formasyonu,
Çakıltaşı /Subarkoz



Kurtköy Formasyonu,
Kumtaşı

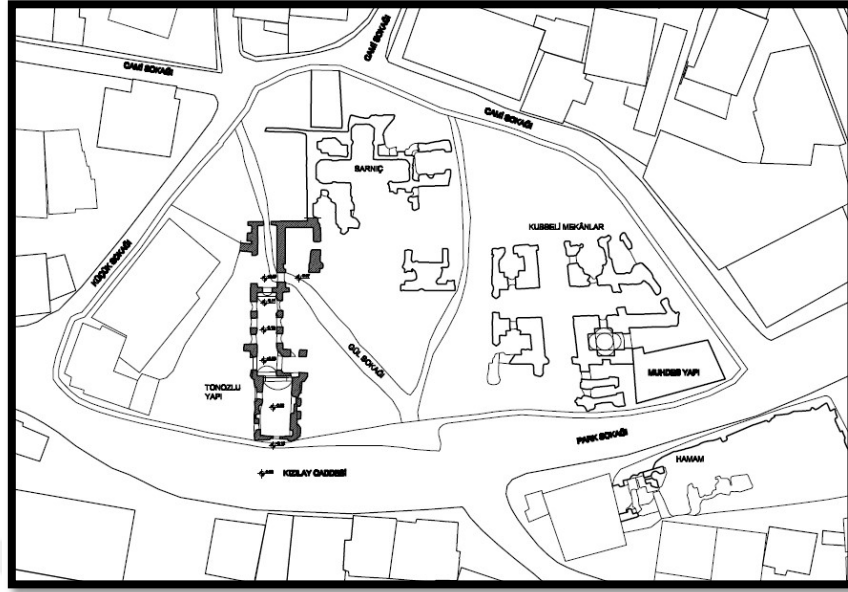


4.1.4. Yapı Unsurlarında Meydana Gelen Tahrifat ve Bozunma Türleri

Damatrys Sarayı koruma sahası incelendiğinde sahada farklı yapıların olduğu görülmektedir (Şekil 4.10). Sürel (2011) yılında yaptığı çalışmada bu yapıların pafta içinde dağılımını göstermiştir (Şekil 4.11). Bu yapılarda kullanılan doğal taşlarda meydana gelen tahribat türleri belirlenirken Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi (ICOMOS) tarafından önerilen sınıflandırma kullanılmıştır (Tablo 4.2). ICOMOS tarafından önerilen tahribat sınıflamasında beş ana madde bulunmaktadır. Kırık-deformasyon, ayrılma, malzeme kaybı, renk değişimi-birikim ve biyolojik yerleşim başlıklarında toplanan tahribatların hepsi sahada gözlemlenmiştir. Bu ana başlıkların altında otuz iki adet alt başlık bulunmaktadır. Bunlardan sadece beş tanesi sahada gözlemlenmiştir. Bunlar kırık, parçalara ayrılma, mekanik hasar, renk değişimi ve bitki yerleşimidir (Tablo 4.2).



Şekil 4.10: Çalışma sahasında yer alan yapılar.








Şekil 4.11: Damatry's Sarayındaki kalıntılar (Sürel,B. 2011).




Tablo 4.2: ICOMOS tahribat türleri ve Damatry's Sarayında görülen tahribat türleri.

Ana Başlıklar	
Kırık / Deformasyon	Ayrıma
	Malzeme Kaybı
	Renk Değişimi / Birikim
	Biyolojik Yerleşim
Alt Başlıklar	
x	Kırık
	Deformasyon
	Kabarma
	Patlama
	Yapraklanma
	Çözünme
x	Parçalara Ayrılma
	Pullanma
	Soyulma
	Alveolizasyon
	Erozyon
x	Mekanik Hasar
	Mikrokarst
	Kayıp Parça
	Tozuma
	Kırınılanma
	Kabuk Oluşumu
	Birikme
x	Renk Değişimi
	Çiçeklenme
	Kabuklanma
	Film Tabakası
	Parlak Görünüş
	Grafiti
	Küfleşme
	Toprak birikimi
	Alt Çiçeklenme
	Alg
	Liken
	Yosun
	Mantar
x	Bitki

Tablo 4.3: Damatrys Sarayı'nda görülen tahribat türü ve örnek yerleri.

Yapı no	Tahribat türü	Örnek
5 nolu yapı	Kırık	
1 nolu yapı	Renk Değişimi	

3 nolu yapı	Kırık	
3 nolu yapı	Kırık	
2 nolu yapı	Biyolojik yerleşim	

5 nolu yapı	Biyolojik yerleşim	
4 nolu yapı	Mekanik Hasar	
1 nolu yapı	Parçalara ayrılma	

4.2. JEOFİZİK VERİLER

4.2.1. Veri Toplama

Arkeojeofizik amaçlı yapılan ölçümler neticesinde çalışma alanı, 7 adet birbirinden bağımsız yapı arasında 2 bölgeye ayrılmış ve toplam 2.034,02 metre GPR verisi 79 profil boyunca alınarak değerlendirilmiştir. Bu bölgelerden elde edilen veriler için 2D (iki boyutlu) ve 3D (üç boyutlu) olarak derinlik en kesitleri oluşturularak yer altında gömülü vaziyetteki yapı temelleri ve unsurlarının fiziksel durumu, geometrisi aydınlatılmaya çalışılmış, ayrıca elde edilen verilerden yerüstündeki yapı kalıntılarında kullanılan kayalardaki meydana gelmiş tahribatların ilişkisi değerlendirilmiştir. Bu amaçla 2012 yılında gerçekleştirilen saha çalışmalarından elde edilen veriler ile 2013 yılında başlanarak günümüzde devam eden yapı temeli geometrisinin çıkarılmasına yönelik kazı çalışmaları korele edilmiştir.

Tablo 4.4: Damatrys Sarayı yerleşim alanında yapılan GPR çalışması uzunlukları.

BÖLGE	PROFİL ARALIKLARI	PROFİL UZUNLUKLARI (metre)
1	1-55	1471,42
2	56-79	562,60



Şekil 4.12: Çalışma alanı bölgeleri.

4.2.2. Veri İşlem Aşamaları

Çalışma kapsamında alınan veriler iki ayrı program vasıtasıyla işlenerek yorumlanmaya çalışılmıştır. ReflexW v.3.5.8. programı ile sahada alınan veriler işlenmiş ve yorumlanmış; GPRSlice programı ile genlik kazanç işlemi ve uygun genlik-renk fonksiyonu oluşturularak 3D (3 boyutlu) görüntüler elde edilmiştir. Yapılan yer radarı yöntemi ile toplanan verilere uygulanan veri işlem adımları;

- Profillerin düzenlenmesi
- Sıfır zamanı düzeltmesi: İlk varış zamanında sıçramalara neden olan izler ortak sıfır zaman konumuna ayarlanması şeklindedir. Buradaki amaç bu bölümü veriden atarak başlangıç zamanı sıfır zaman düzeltmesi ile zaman ekseninin başlangıcına taşımaktır.
- Çok düşük frekansların giderilmesi–dewow: Düşük frekanslı derinden yansıyan dalgaların istenilen sinyalleri örtüp engellemesini önlemek amacıyla yapılmıştır.
- Genlik kazanç işlemi–gain: Derinlerden yansıyan dalgaların genlikleri yüzeyden yansıyanlara göre daha düşüktür. Bu durumu düzelterek derinden gelen verilerin kalite ve çözünürlüğünü arttırmak amacıyla genlik kazanç düzeltmesi yapılmaktadır.
- Band geçişi ikinci düzen butterworth süzgeç ile süzgeçleme
- Hız analizi,
- Genlik–renk fonksiyonu düzenleme: Süzgeçlenen veriye son olarak görselliğin artırılması ve tanımlamanın kolaylaşması amacıyla düzenleme işlemi uygulanmıştır.

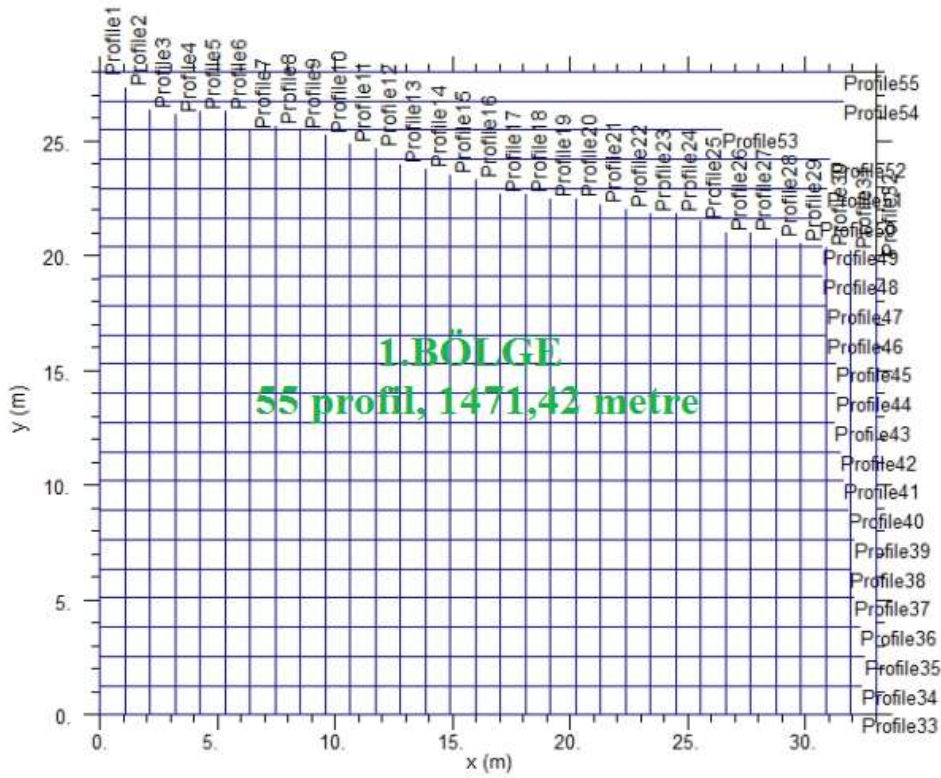
şeklinde belirtilebilir.

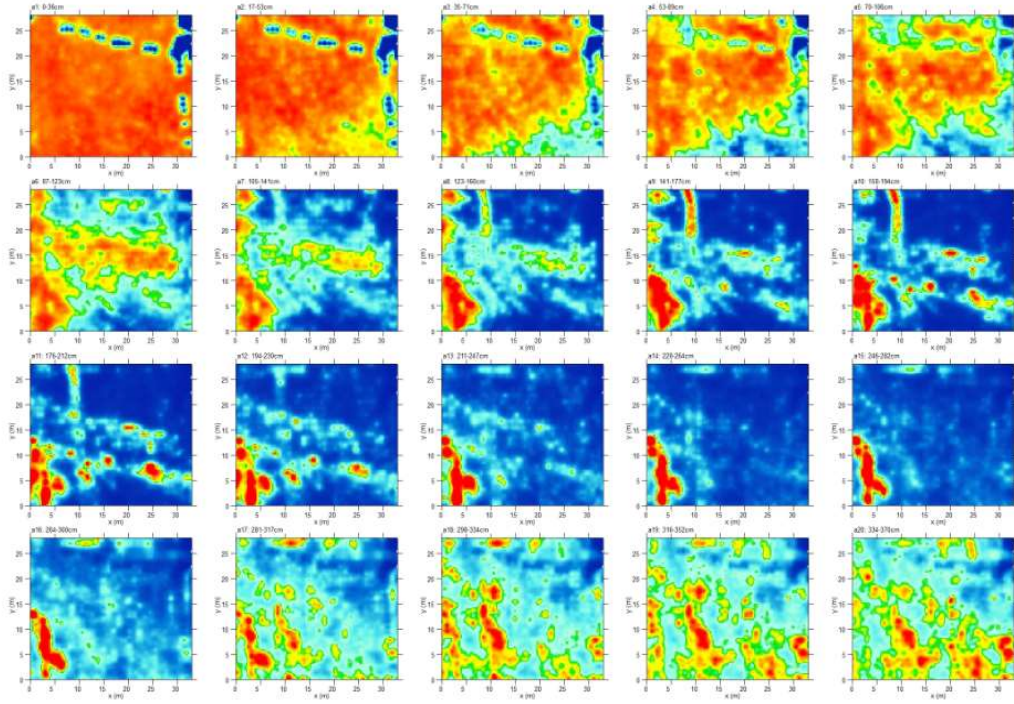
4.2.3. Arkeojeofizik Verilere Bağlı Değerlendirmeler

1. BÖLGE (1-55 PROFİL) JEORADAR (GPR) DEĞERLENDİRMESİ

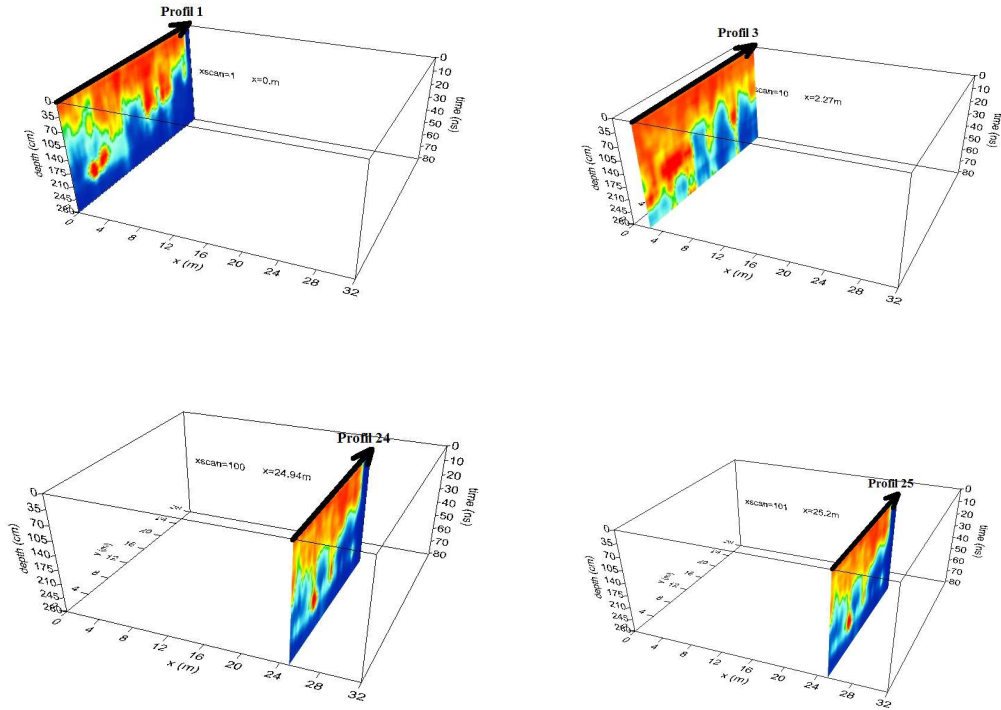
Çalışma alanının 1.bölgesinde 55 profil ölçü alınarak 1x1 metrelik karelaj ile oluşturulan 33x28 metrelik alanda; derinlik kat haritaları, 2D radargram kesitleri ve 3D yer altı küp modelleri incelendiğinde, yaklaşık 70-100 cm derinliğe kadar olan kısımda gözlemlenen yüksek genlikli anomalilerin yerüstünde kalıntıları bulunan tonozlu mimari yapı katının gömülü kalmış taban döşemesi seviyesini temsil edebileceği, 1.00 m ve 2.00 metre derinliklerde gözlemlenen

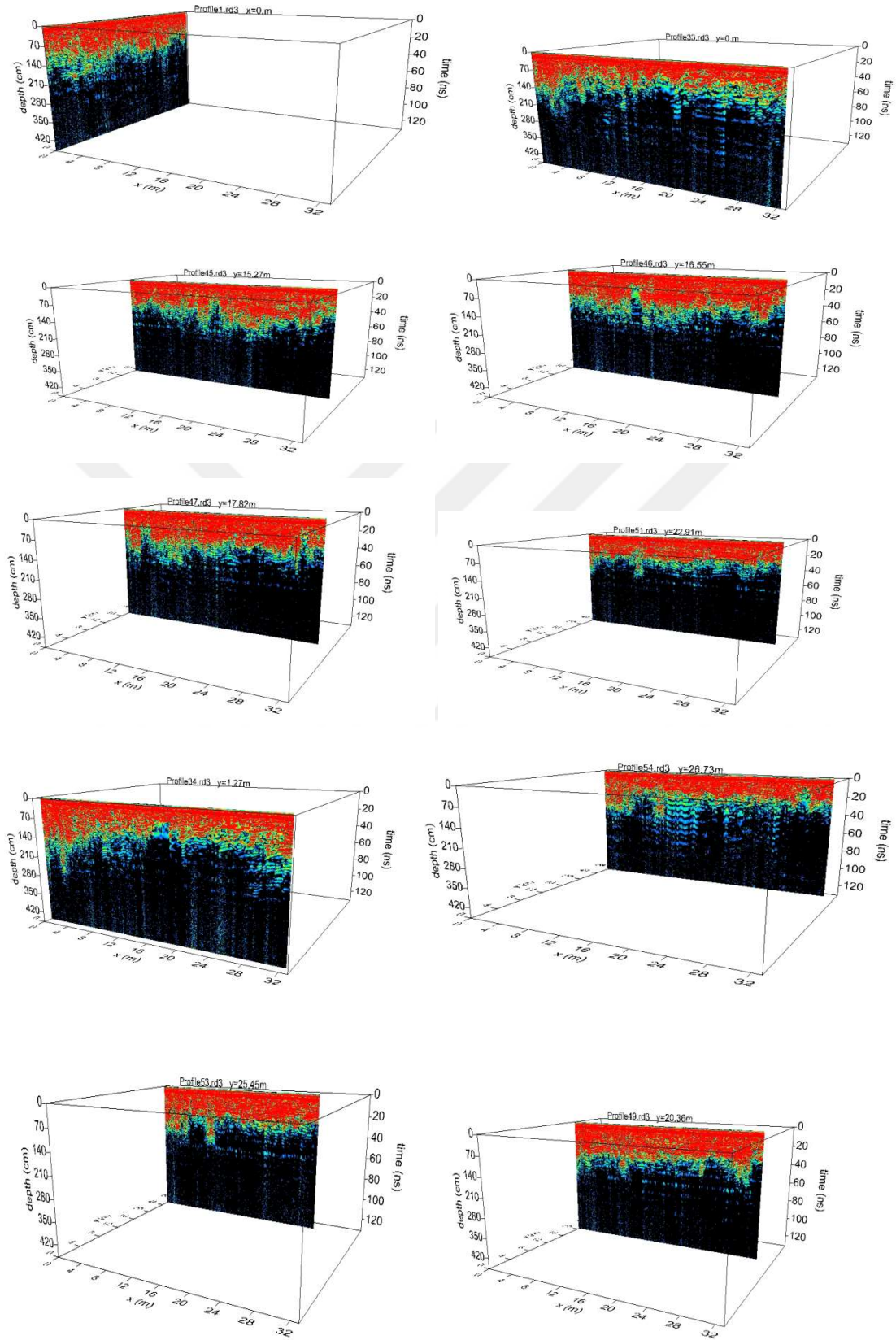
doğrusal devam eden dikdörtgen formlu yüksek genlikli anomalilerin ölçüm alınan yerin batısında konumlanmış tonozlu yapının ve kuzeyinde yer alan sarnıç yapısına ait temel geometrisi formunu temsil eden anomaliler olduğu, bu yüksek genlikli anomalilerin farklı derinliklerde düzensiz dağılım göstererek yaklaşık 4.00 metre derinliklere kadar devam ettiği gözlenmektedir.



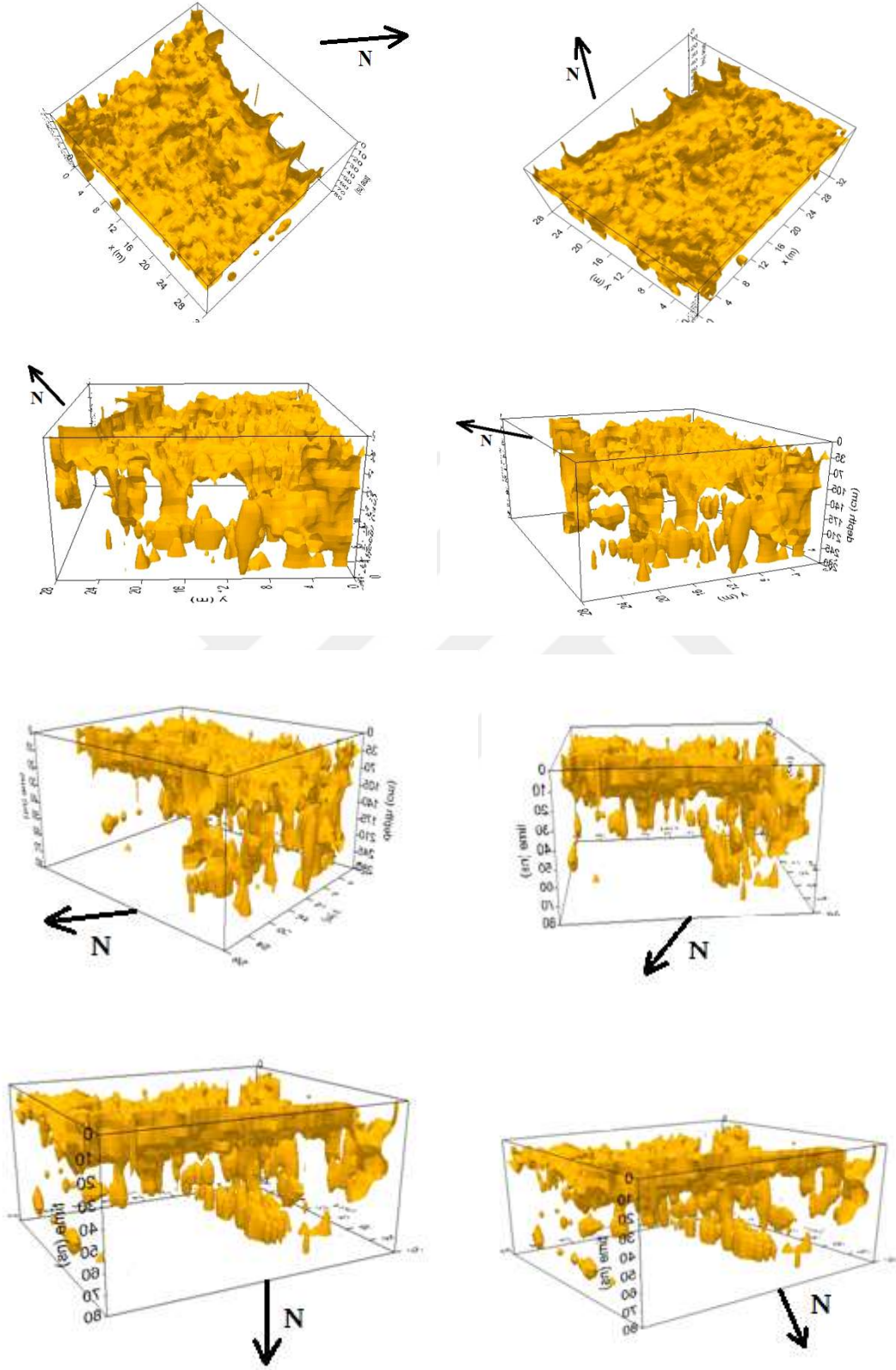


Şekil 4.13: Çalışma alanı 1.Bölge olarak tanımlanan alanda yapılan GPR çalışmasına ait profiller ve değişik seviyelere ait derinlik kat haritaları

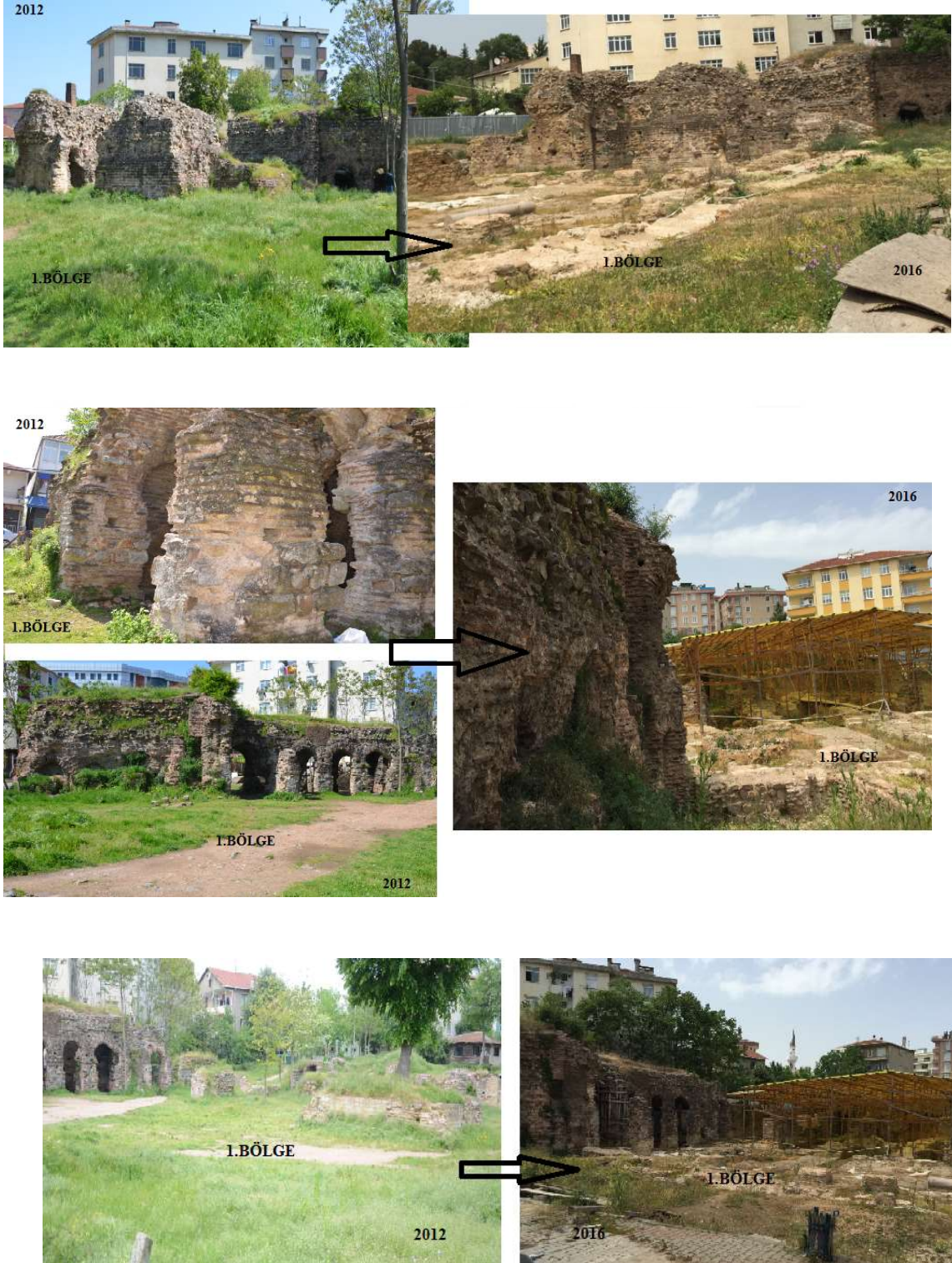




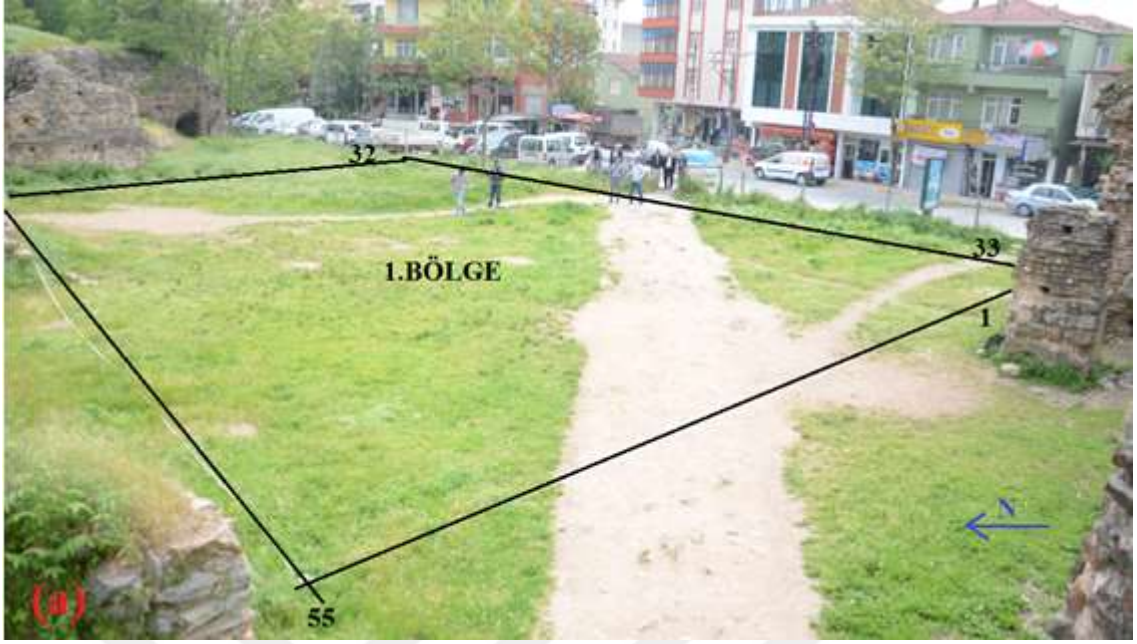
Şekil 4.14: Çalışma alanı 1.Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 2D radargram görselleri.



Şekil 4.15: Çalışma alanı 1.Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 3D küp modeli görselleri.



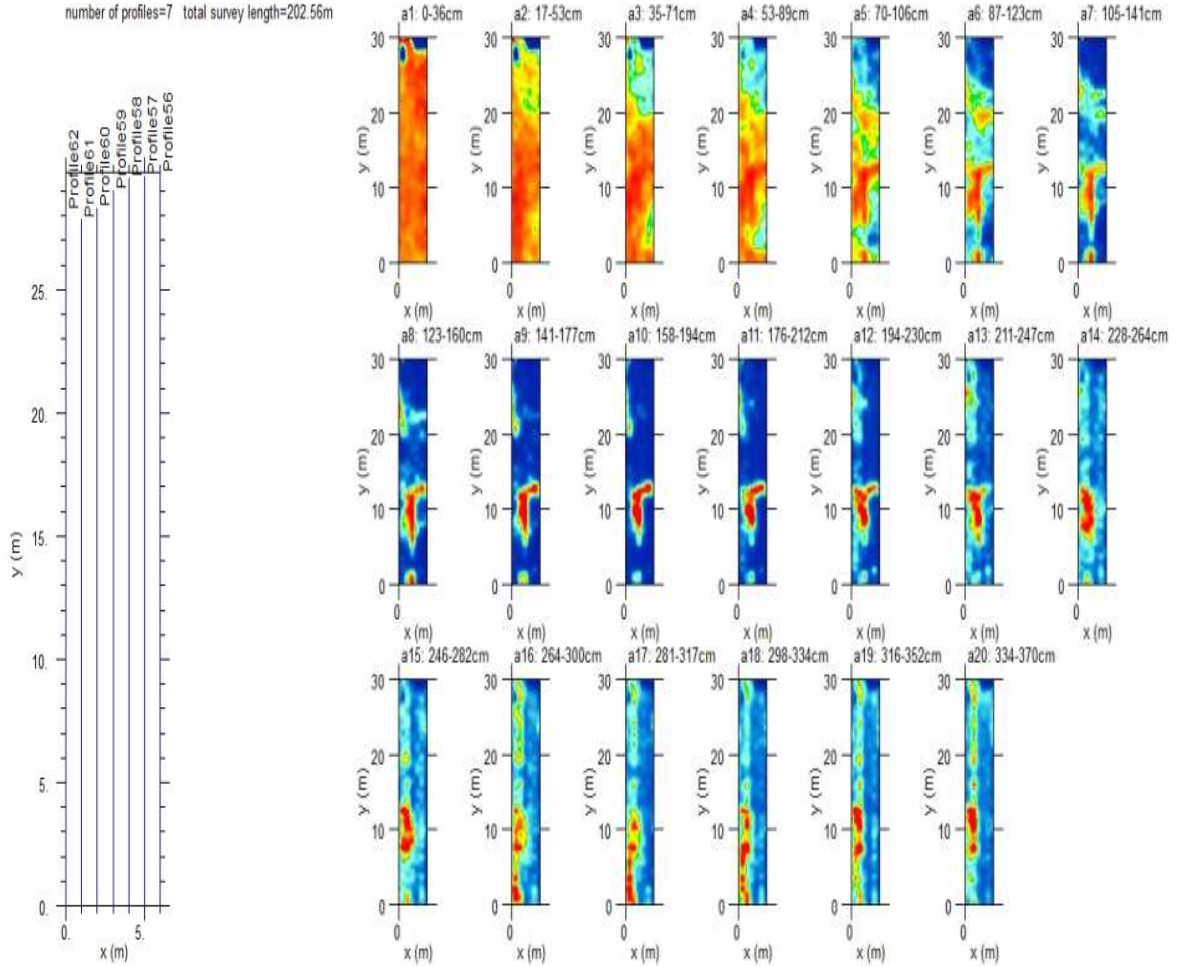
Şekil 4.16: Çalışma sahasındaki 1.bölgenin 2012 ve 2016 yılına ait fotoğrafları.



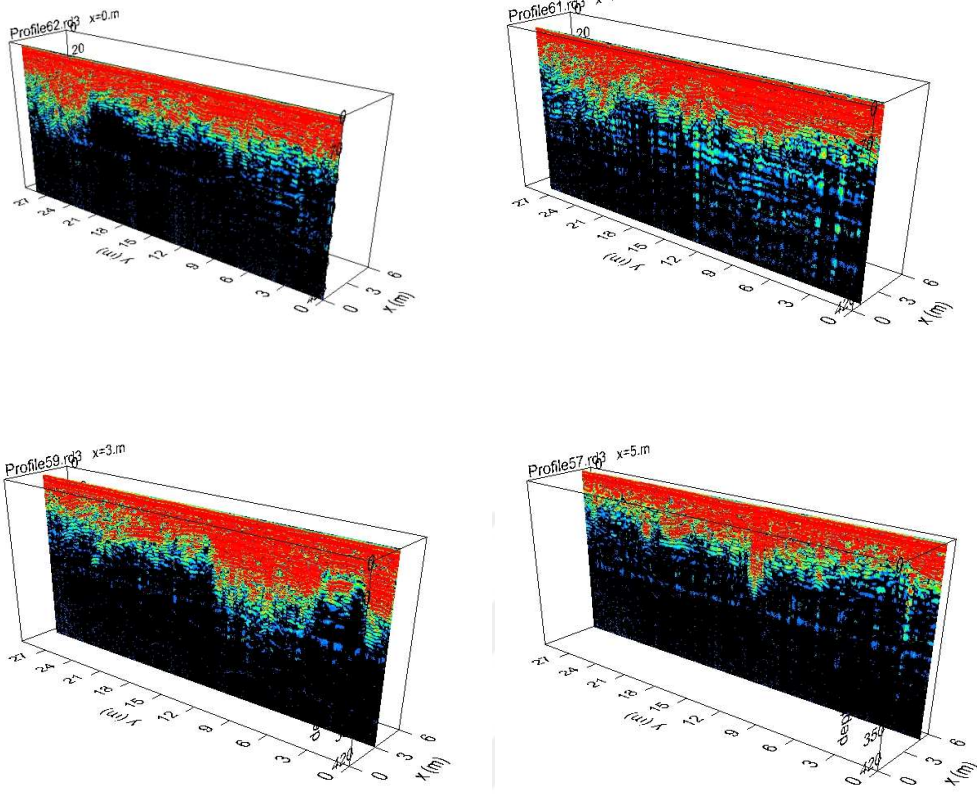
Şekil 4.17: a) Çalışma sahası GPR profil dizilimi b) GPR çalışmalarına ait genel görüntü.

2A. BÖLGE (56-62 PROFİL) JEORADAR (GPR) DEĞERLENDİRMESİ

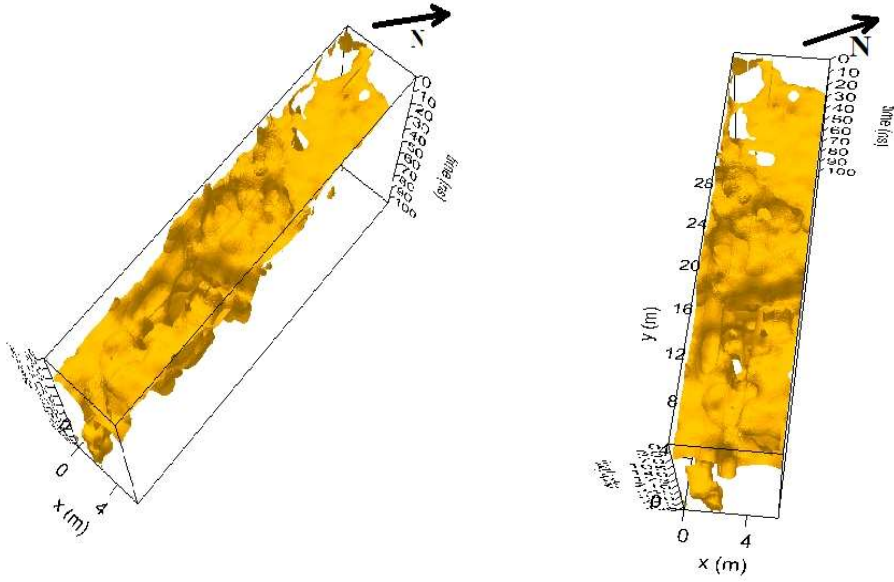
2A. bölge araştırmalarına yönelik alınan 7 profil, 202.56 metre uzunluğunda ölçü alınmış olup, sarnıç yapısının KD yönünde kalan kısımda profillerin KB uzanımlı ekseninin 8-12 metrelerinde yüzey kısımlardan başlayıp yaklaşık 4 metre derinliğe kadar devam eden doğrusal, yer yer köşe formu yüksek genlikli anomalilerin belirgin olduğu gözlenmektedir. Yatay ve düşey doğrultuda sürekliliğe sahip lokal alanda gözlenen bu yüksek genlikli anomaliler mimari temel yapı geometrisini belirten veri dağılımını sergilemektedir.

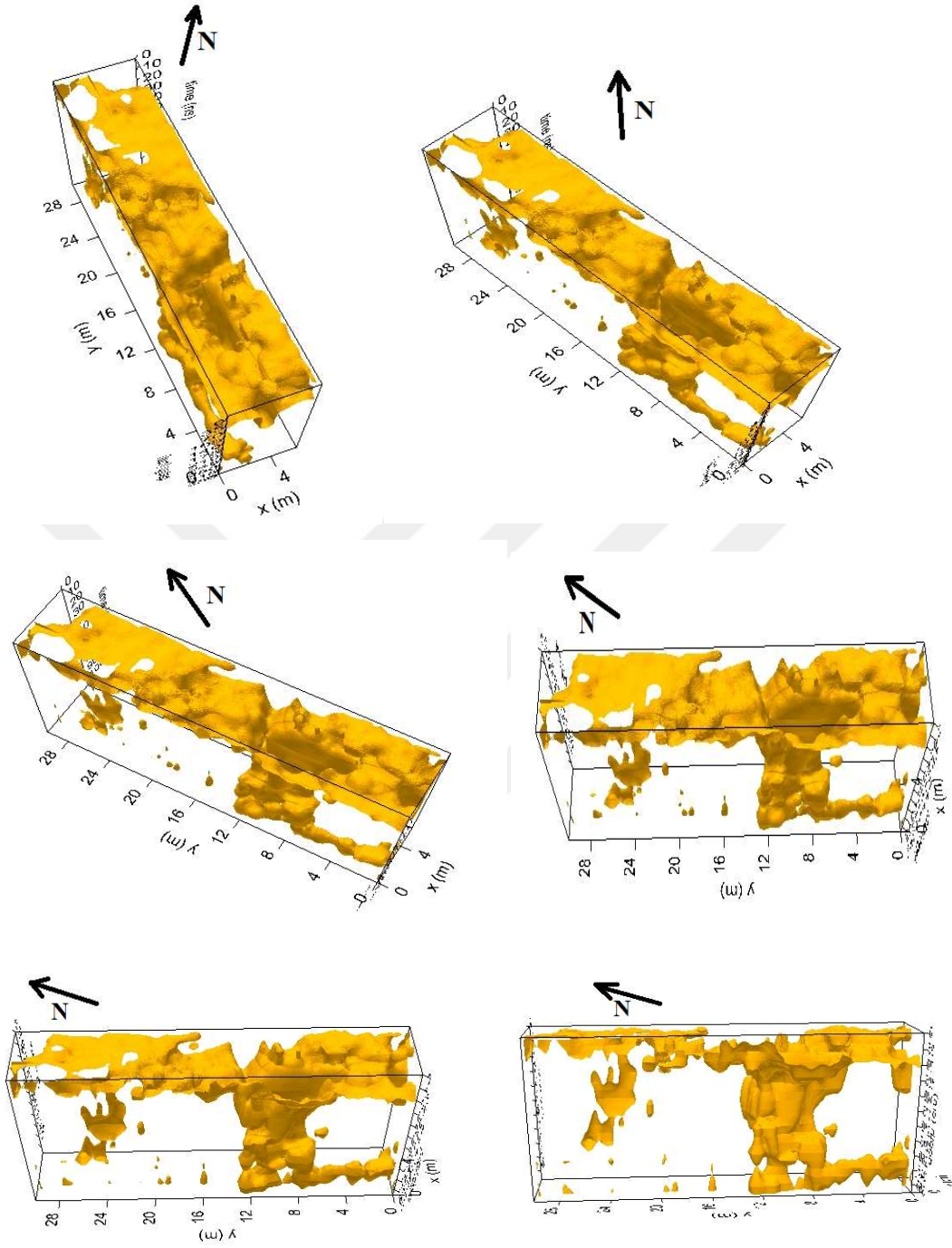


Şekil 4.18: Çalışma alanı 2A bölgede yapılan GPR çalışmalarına ait profiller ve değişik seviyelere ait derinlik kat haritaları.



Şekil 4.19: Çalışma alanı 2A.Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 2D radargram görselleri.

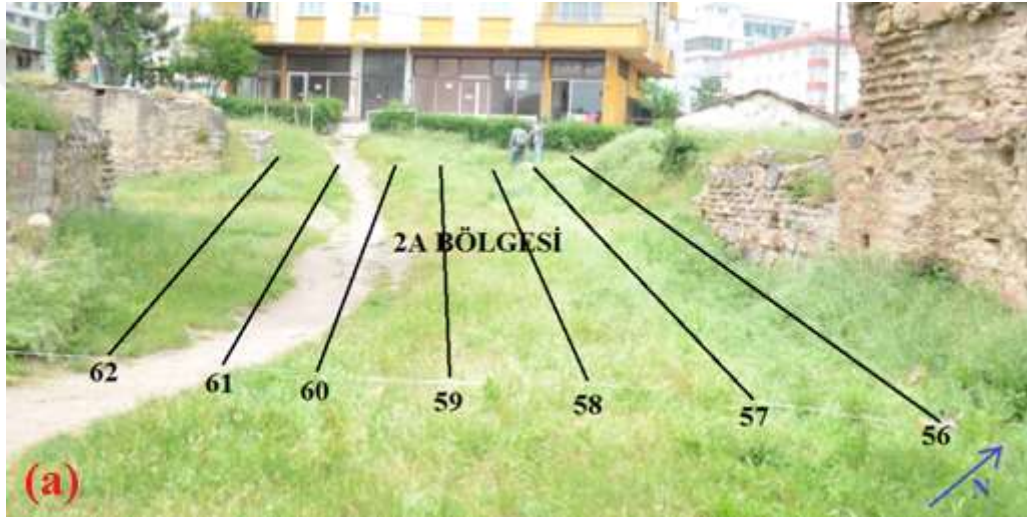




Şekil 4.20: Çalışma alanı 2A Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 3D küp modeli görselleri.



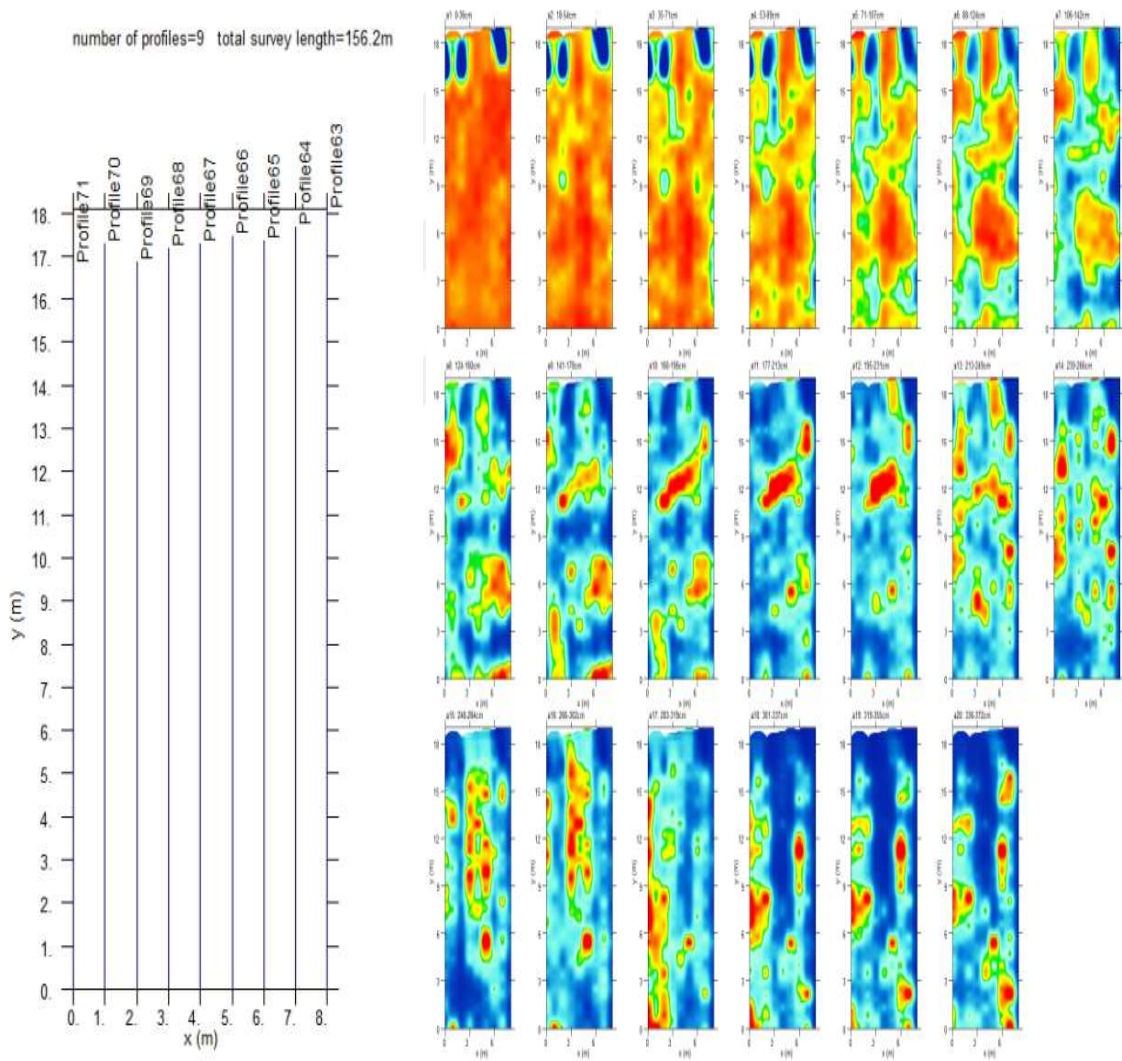
Şekil 4.21: Çalışma sahasındaki 2A Bölgenin 2012 ve 2016 yılına ait fotoğrafları.



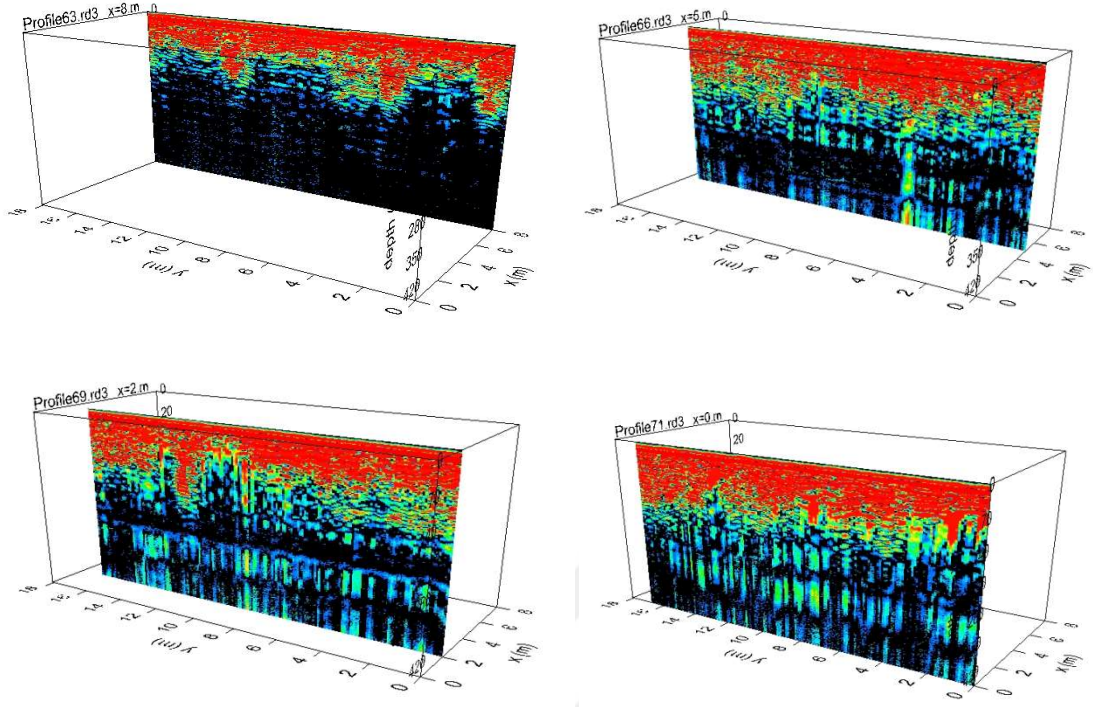
Şekil 4.22: a) Çalışma sahası 2A bölge GPR profil dizilimi b) GPR çalışmalarına ait genel görüntü.

2B BÖLGE (63-71 PROFİL) JEORADAR (GPR) DEĞERLENDİRMESİ

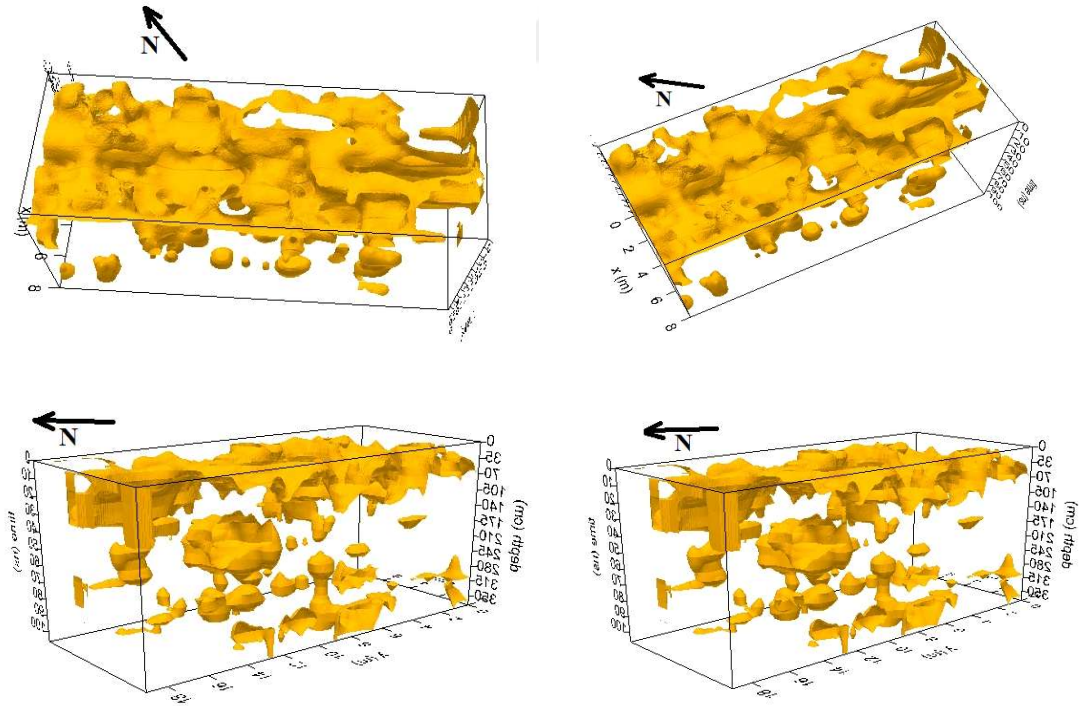
2B bölge araştırmalarına yönelik sarnıç yapısının GB yönünde kalan kısımda 9 profil 156.2 metre uzunluğunda ölçü alınmış olup, 70 cm derinlikten sonra düzensiz olarak devamlılık gösteren yüksek genlikli anomalilerin varlığı gözlenmektedir. Bu anomalilerin sahada bulunan haç şeklindeki sarnıç yapısının devamlılığını sağladığı düşünülen kısımların olabileceğini düşünülmektedir. Belirtilen yüksek genlikli anomaliler birbirinden bağımsız, devamlılık arz etmeyecek şekilde 4.00 metre derinliklere kadar gözlenmektedir.



Şekil 4.23: Çalışma alanı 2B Bölgede yapılan GPR çalışmalarına ait profiller ve değişik seviyelere ait derinlik kat haritaları



Şekil 4.24: Çalışma alanı 2B Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 2D radargram görselleri.



Şekil 4.25: Çalışma alanı 2B Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 3D küp modeli görselleri.



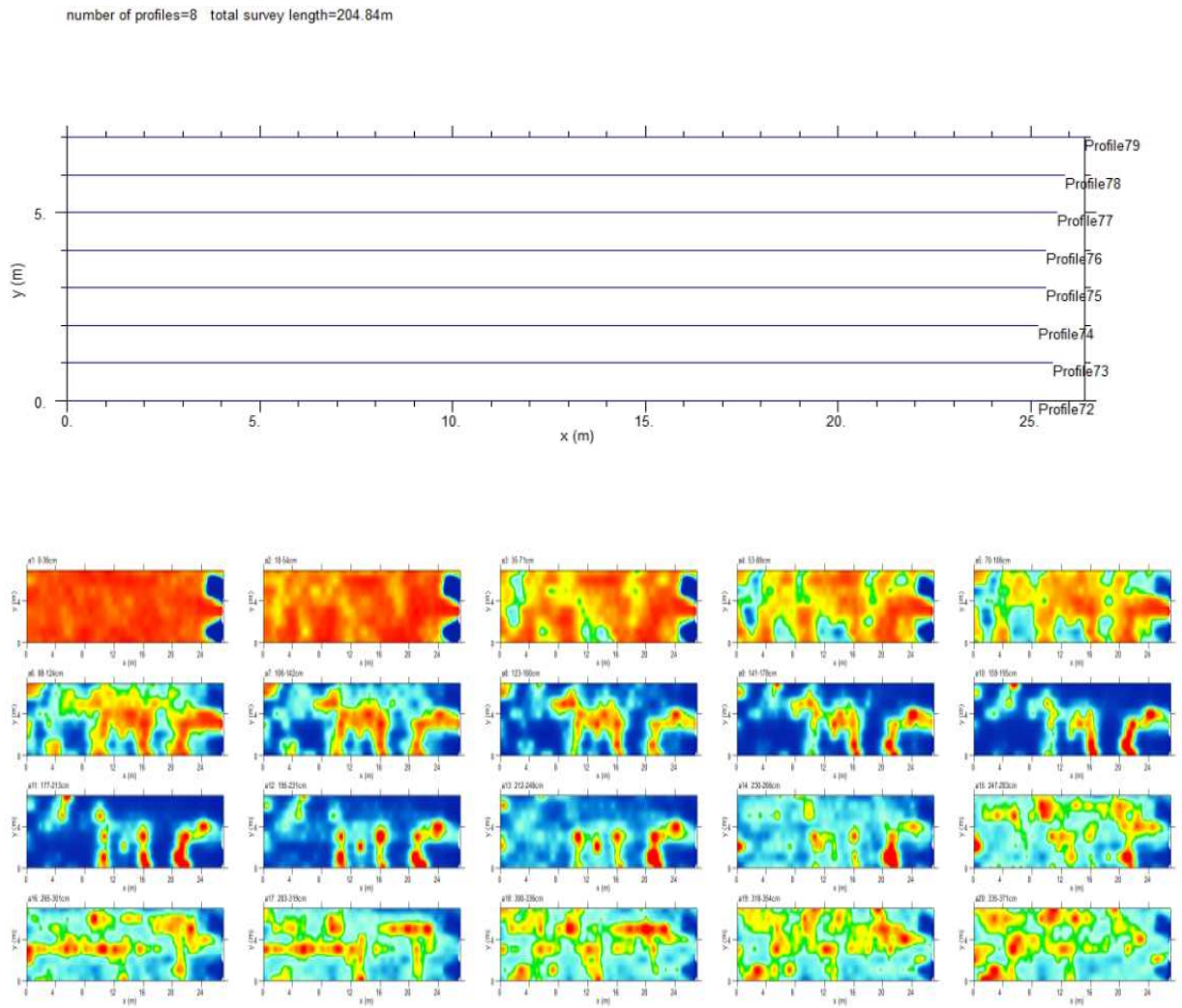
Şekil 4.26: Çalışma sahasındaki 2B Bölgenin 2012 ve 2016 yılına ait fotoğrafları.



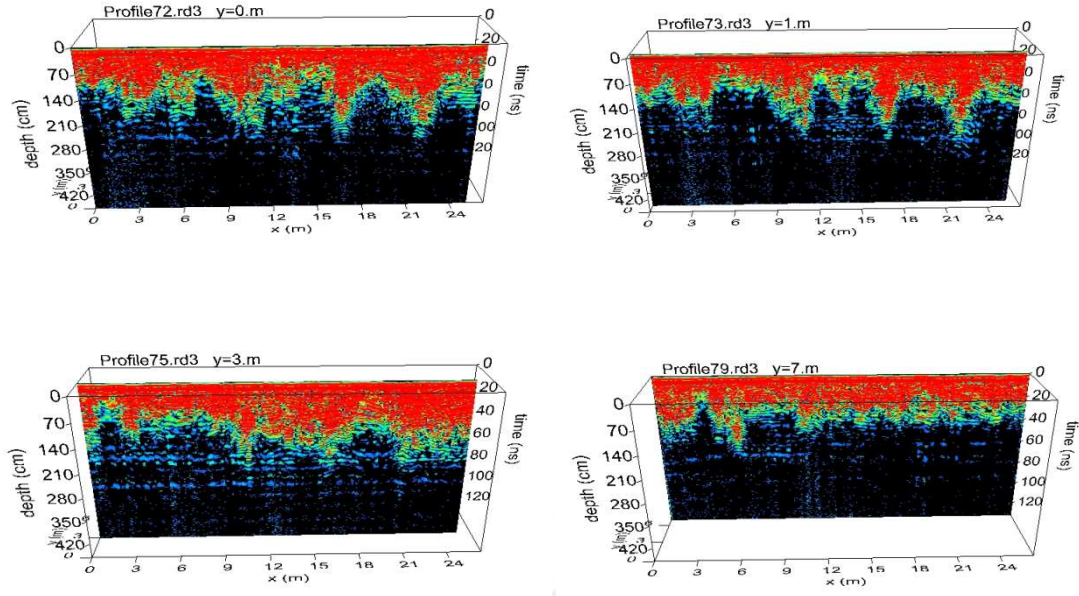
Şekil 4.27: a) Çalışma sahası 2B bölge GPR profil dizilimi b) GPR çalışmalarına ait genel görüntü.

2C BÖLGE (72-79 PROFİL) JEORADAR (GPR) DEĞERLENDİRMESİ

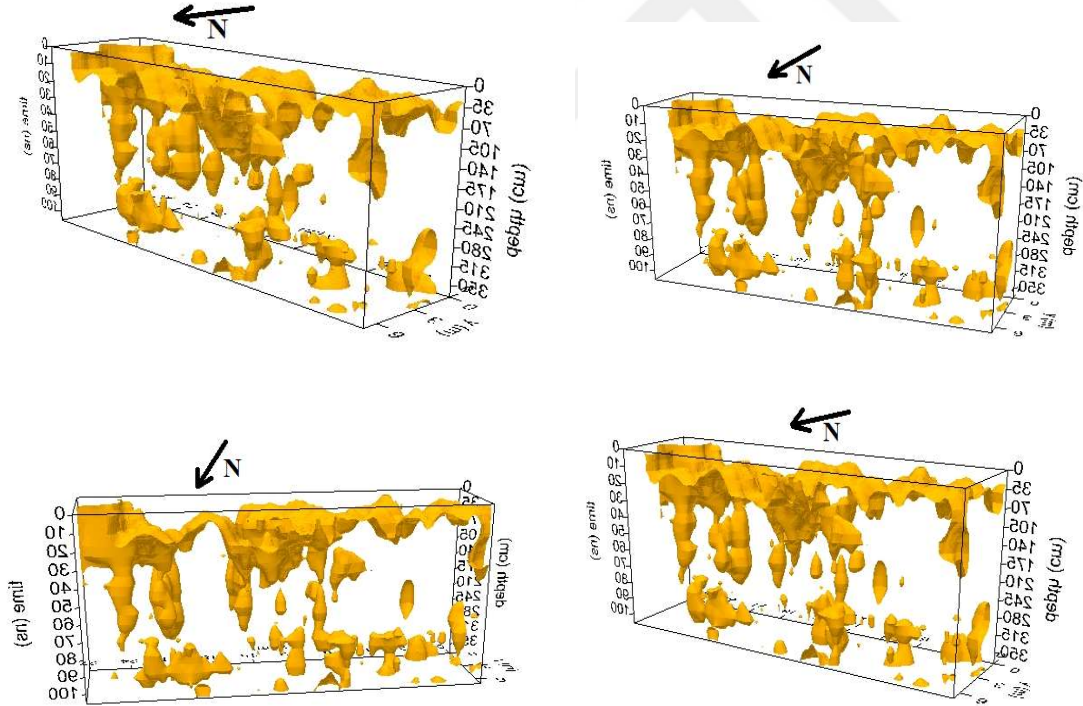
2C bölge araştırmalarına yönelik sarnıç yapısının GD yönünde kalan kısımda GB-KD doğrultulu 8 profil, 204.84 metre uzunluğunda ölçü alınmış olup, 0.00-0.70 m derinlikte belirlenen yüksek genlikli anomalilerin, alanda bulunan haç biçimindeki sarnıç ve kubbeli yapıların mimari yapı katının gömülü kalmış taban döşemesi seviyesini temsil edebileceği, yine yaklaşık 2.50 metre derinlikten sonra gözlenen kesikli doğrusal ve yer yer köşe yer yer silindirik dönüşlü yüksek genlikli anomalilerin belirtilen yapıların mimari temel yapı formunda devamlılığı sağlayan yapı unsurlarını temsil ettiği düşünülmektedir.

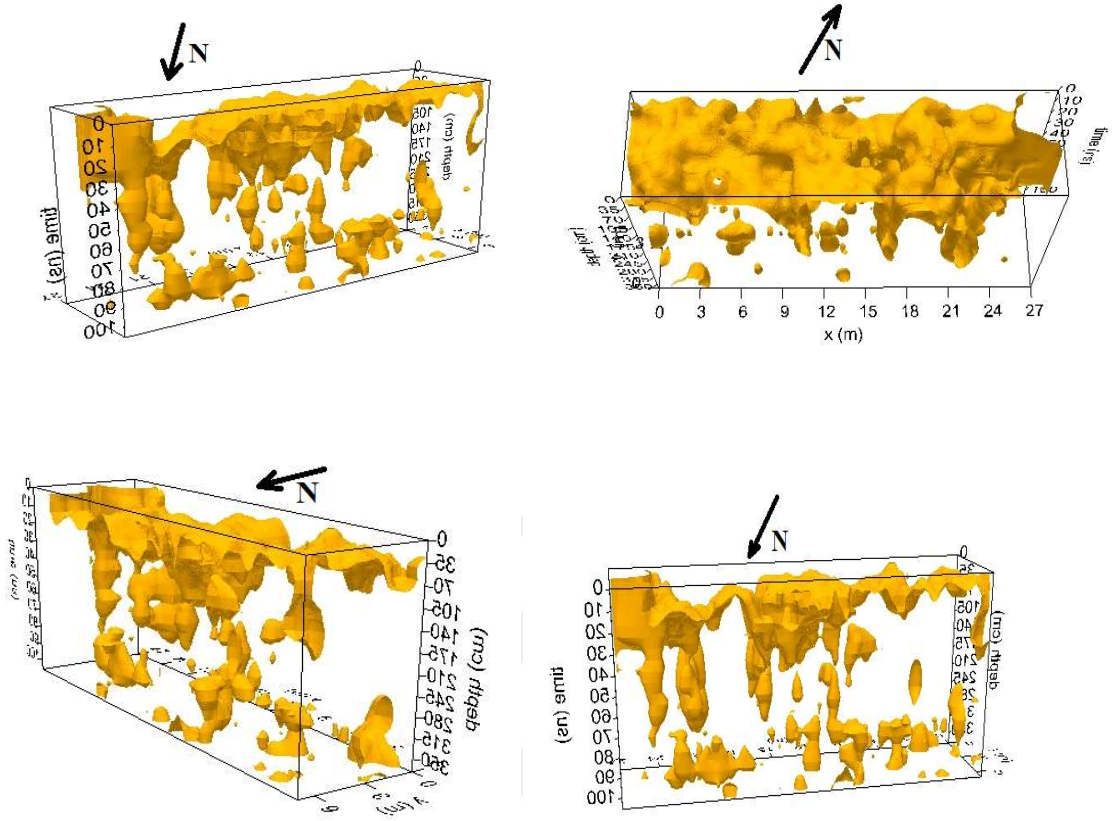


Şekil 4.28: Çalışma alanı 2C Bölgede yapılan GPR çalışmalarına ait profiller ve değişik seviyelere ait derinlik kat haritaları.



Şekil 4.29: Çalışma alanı 2C Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 2D radargram görselleri.





Şekil 4.30: Çalışma alanı 2C Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 3D küp modeli görselleri.



Şekil 4.31: Çalışma sahasındaki 2C Bölgenin 2012 ve 2016 yılına ait fotoğrafları.



Şekil 4.32: a) Çalışma sahası 2C bölge GPR profil dizilimi b) GPR çalışmalarına ait genel görüntü.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. SONUÇLAR

1. Bu yüksek lisans tez çalışması; İstanbul İli, Sancaktepe İlçesi, Samandıra Mevkiinde yıkıntı halde bulunan tarihi Damatrys Sarayı'nın yapı unsurlarındaki kayaçlarda meydana gelen tahribat türlerinin cinsi ve düzeyinin belirlenerek sınıflandırılması, kazı ve restorasyon çalışmaları halihazırda devam eden, günümüzdeki halinden daha büyük bir alanı kapladığı tahmin edilen sarayın gömülü kaldığı düşünülen kısımlarının tahribat görmeden günyüzüne çıkarılması ve restorasyon çalışmaları kapsamında yapılan kazı çalışmalarına yön gösterilmesi amacı ile yapılmıştır.
2. Damatrys Sarayı ve çevresinde yapılan jeolojik incelemede saray kalıntılarının bulunduğu kısmın temellerinin Sultanbeyli Formasyonu Dudullu üyesine (Tsd) ait killi kumlu çakıllı birimler üzerinde inşaa edildiği belirlenmiştir.
3. Damatrys Sarayının ayakta kalan kalıntıları üzerinde yapılan gözlemsel incelemelerde yapı unsurlarındaki kayaç çeşitlerinin çevre jeolojik durumu ile uyumlu olarak kullanıldığı görülmektedir. Saray yapımında tuğla, doğaltaş ve harç kullanılmıştır. Saray inşasında kullanılan kayaçların kökenleri makroskopik olarak araştırıldığında çoğunlukla İstanbul Anadolu yakasında mostra veren kayaçlar olduğu görülmektedir. Bu bağlamda sarayın restorasyonu sırasında Kurtköy, Aydos, Yayalar (Gözdağ Üyesi), Pelitli (Dolayoba Üyesi) ve Pendik (Kartal Üyesi) formasyonuna ait doğal taşlar kullanılmalıdır.
4. Damatrys Sarayı'na ait yapılarda kullanılan doğal taşlarda meydana gelen tahribat türleri belirlenirken Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi (ICOMOS) tarafından önerilen sınıflandırma kullanılmıştır. ICOMOS tarafından önerilen tahribat sınıflamasında beş ana madde bulunmaktadır. Kırık-deformasyon, ayrılma, malzeme kaybı, renk değişimi-birikim ve biyolojik yerleşim başlıklarında toplanan tahribatların tümü sahada gözlemlenmiştir. Bu ana başlıkların altında otuz iki adet alt başlık yer almakta olup, bunlardan sadece beş tanesi sahada gözlemlenmiştir. Bunlar; kırık, parçalara ayrılma, mekanik hasar, renk değişimi ve bitki yerleşimidir.
5. Damatrys Sarayı'nın gömülü kaldığı düşünülen kısımlarının ve temel kalıntılarının günyüzüne çıkarılmasına yönelik yapılan kazı çalışmalarının sağlıklı yürütülmesine yardımcı

olacak şekilde alanda GPR (Jeoradar) ölçümleri alınmıştır. Alanda bulunan 7 birbirinden bağımsız yapı kalıntısı arasında kalan bölge 2 kısma (1, 2 A/B/C) ayrılmış olup, 79 profil boyunca toplam 2.034,02 metre uzunluğunda veri toplanmıştır. Saha çalışmaları Mala markalı 250 MHz antene sahip kapalı sistem cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Alınan veriler Reflex 2D programı yardımıyla değerlendirilmiş ve şu şekilde yorumlanmıştır;

1. Bölgede; 55 profil ölçü alınarak oluşturulan derinlik kat haritaları, 2D radargram kesitleri ve 3D yer altı küp modelleri incelendiğinde, yaklaşık 0.70-1.00 m derinliğe kadar olan kısımda gözlemlenen yüksek genlikli anomalilerin yerüstünde kalıntıları bulunan tonozlu mimari yapı katının gömülü kalmış taban döşemesi seviyesini temsil edebileceği, 1.00 m ve 2.00 metre derinliklerde gözlemlenen doğrusal devam eden dikdörtgen formlu yüksek genlikli anomalilerin ölçüm alınan yerin batısında konumlanmış tonozlu yapının ve kuzeyinde yer alan sarnıç yapısına ait temel geometrisi formunu temsil eden anomaliler olduğu, bu yüksek genlikli anomalilerin farklı derinliklerde düzensiz dağılım göstererek yaklaşık 4.00 metre derinliklere kadar devam ettiği gözlenmektedir.

2. Bölgede yapı kalıntıları arasında kalan kısımlar 2A, 2B ve 2C olmak üzere 3 bölgeye ayrılmış ve şu şekilde yorumlanmıştır;

2A Bölgesinde; 7 profil, 202.56 metre uzunluğunda ölçü alınmış olup, sarnıç yapısının KD yönünde kalan kısımda profillerin KB uzanımlı ekseninin 8-12 metrelerinde yüzey kısımlardan başlayıp yaklaşık 4 metre derinliğe kadar devam eden doğrusal, yer yer köşe formlu yüksek genlikli anomalilerin belirgin olduğu gözlenmektedir. Yatay ve düşey doğrultuda sürekliliğe sahip lokal alanda gözlenen bu yüksek genlikli anomaliler mimari temel yapı geometrisini belirten veri dağılımını sergilemektedir.

2B Bölgesinde; sarnıç yapısının GB yönünde kalan kısımda 9 profil 156.2 metre uzunluğunda ölçü alınmış olup, 70 cm derinlikten sonra düzensiz olarak devamlılık gösteren yüksek genlikli anomalilerin varlığı gözlenmektedir. Bu anomalilerin sahada bulunan haç şeklindeki sarnıç yapısının devamlılığını sağladığı düşünülen kısımların olabileceği düşünülmektedir. Belirtilen yüksek genlikli anomaliler birbirinden bağımsız, devamlılık arz etmeyecek şekilde 4.00 metre derinliklere kadar gözlenmektedir.

2C Bölgesinde ise; sarnıç yapısının GD yönünde kalan kısımda GB-KD doğrultulu 8 profil, 204.84 metre uzunluğunda ölçü alınmış olup, 0.00-0.70 m derinlikte belirlenen yüksek genlikli

anomalilerin, alanda bulunan haç biçimindeki sarnıç ve kubbeli yapıların mimari yapı katının gömülü kalmış taban döşemesi seviyesini temsil edebileceği, yine yaklaşık 2.50 metre derinlikten sonra gözlenen kesikli doğrusal ve yer yer köşe yer yer silindirik dönüşlü yüksek genlikli anomalilerin belirtilen yapıların mimari temel yapı formunda devamlılığı sağlayan yapı unsurlarını temsil ettiği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Abdüsselamoğlu, Ş., 1963, İstanbul boğazı doğusunda mostra veren Paleozoyik arazide stratigrafik ve paleontolojik yeni müşahedeler: *Maden Tetkik Arama Enst. Dergisi*, 60, 1-7.
- Asal R., 2015, 24. Müze Kurtarma Kazıları Sempozyumu ve 1.Uluslararası Müzecilik Çalıştayı, Şanlıurfa, s:269-273
- Arslan F., 2006, Depremden Zarar Görmüş Tarihi Yapıların Güçlendirilmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara
- Annan A.P., Cosway Sw., 1992. Simplified Gpr Beam Model For Survey Design. *Extended Abstracts Of 62nd Annual International Meeting Of The Society Of Exploration Geophysicist, New Orleans*, 25–29 October. Sensors And Software Inc.
- Altunel, E., Meghraoui, M., Karabacak, V., Akyüz, H.S., Ferry, M., Yalçiner, C. Ç., Munsch, M., 2009, Archeological Sites (Tell & Road) Offset By The Dead Sea Fault in The Amik Basin, Southern Turkey, *Geophysical Journal International*, 179 (3), 1313-1329.
- Annan, A.P., 2001, Ground Penetrating Radar Workshop Notes, Sensors & Software, Ontario, Canada
- Aydeniz, N.E (2009), Kent Arkeolojisi Kavramının Dünyadaki Gelişimi ve Türkiye'deki Yansımaları, *Journal of Yasar University*, 4(16), 2501-2524.
- Arpat, E. ve Şentürk, K., 2003, İstanbul Yöresinin, Orta Eosen'den bu yana, Jeolojik gelişiminin ana çizgileri: *İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu (19-22 Aralık 2003) Bildiriler Kitabı*, 39-48, Jeol.Müh. Odası, İstanbul.
- Babin, C., 1973, Bivalvia of the Kartal Formation of Devonian age, Istanbul: O.Kaya ed. Paleozoic of Istanbul da, 37-87.
- Batı, Z., Ediger, V. Ş. ve Erler, A., 1995, Trakya Havzasında Oligosen-Miyosen Geçişinin Palinostratigrafisi ve Paleobiyocoğrafyası: Trakya Havzasının Jeolojisi Sempozyumu, (30 Mayıs-03 Haziran, 1995), Lüleburgaz-Kırıkkale (Bildiri Özetleri).
- Baykal, M. F., 1963, İstanbul Boğazı batısındaki sahanın jeolojik etüdü: *Maden Tetkik Arama Enst. Rap. No. 3267*, Ankara.
- Baykal, F. ve Kaya O., 1963, İstanbul bölgesinde bulunan Karbonifer' in genel stratigrafisi: *Maden Tetkik Arama Enst. Derg.*, 61, 1-9.
- Candansayar, M.E., 2013, Arkeoloji Jeofiziği, *Jeofizik Bülteni*, Sayı: 72, 6-9.
- Cassidy, N.J., 2009, Ground Penetrating Radar Theory And Applications By Editor Jol, *Ground Penetrating Radar Data Processing, Modelling And Analysis*, H.M, 146-172.,
- Conyers, L. B., 2004, Ground-Penetrating Radar For Archaeology, Altamira Press, Walnut Creek, California.

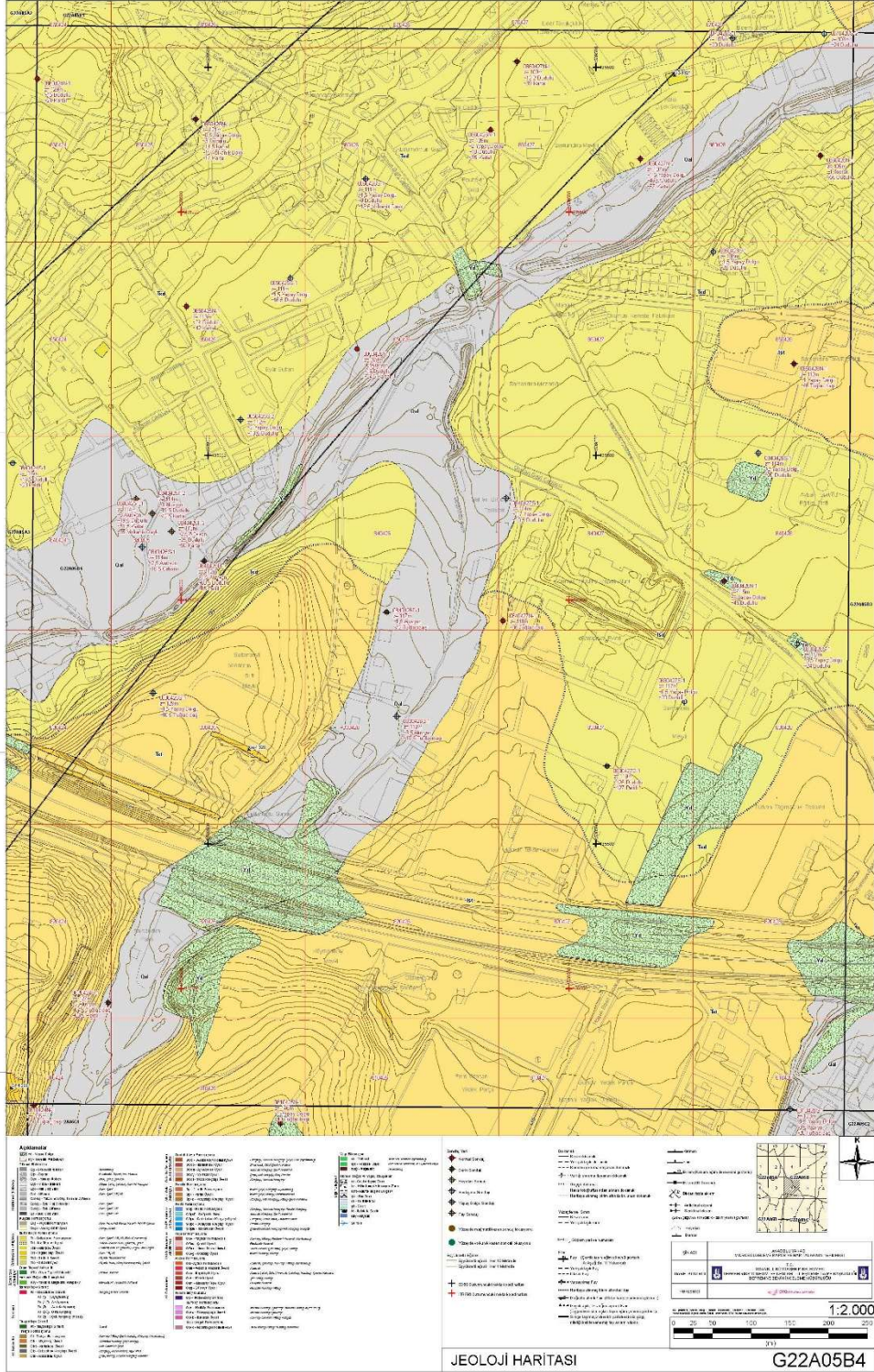
- Deniz H.,2014, *Kent Arkeolojisinde Arkeojeofizik Uygulamalar: Geç Roma Dönemi Beyazıt Vezneciler Bazilika Alanı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Doolittle, J.A., Collins, M.E., 1995, Use of soil information to determine application of ground-penetrating radar, *Journal of Applied Geophysics* S. 33:101–108.
- Ercan, A., 1999, Kazı Öncesi Arkeolojik Aramalarda Yeraltının Görüntüsünün Çekilmesi, *İdol Arkeoloji ve Arkeologlar Derneği Dergisi*, Mayıs, Haziran, Temmuz, S. 1, 1-21.
- Ersin Ö., 2007, *İstanbul Beyazıt'taki Theodosius Forumu Geç Antik Dönemden Osmanlı Dönemi'ne Kadar Forum Ve Yapılarının Değişimi*, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, S:104, İstanbul.
- Griffin, S., ve Pippett, T., 2002, Ground Penetrating Radar, In Papp, E. (Editor),2002, *Geophysical And Remote Sensing Methods For Regolith Exploration*, Crclme Open File Report 144, 80-89.
- Gross, R., Green, A., Holliger, K., Horstmeyer, H., Baldwin, J.,2002, *Shallow Geometry And Displacements On The San Andreas Fault Near Point Arena Based On Trenching And 3d Georadar Surveying*, *Geophys. Res. Lett.* 29, 34-1– 34-4.
- Hoşkan N., Yüksel F.A., Avcı K., Ergüven K., Korkut T., 2014, *Tios Antik Kenti Stadion Alanında Jeoradar (GPR) Çalışmalar*, 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye, Ss.432-435.
- Janin, R., 1953, *La Géographie Ecclésiastique De L'empire Byzantin*, Institut Français D' tudes Byzantines, Paris P. 327,191.
- Janin, R., 1964, Constantinople Byzantin: *Développement Urbain Et Répertoire Topographique*, Institut FrançAis D' tudes Byzantines, Paris, Pp, 69-72.
- Jol, H.M., 2009, *Ground Penetrating Radar: Theory And Applications*, P:30, Elsevier Science, Oxford, Uk, 978-0-444-53348-7.
- Kadioğlu, S., 2003, *3d Ground Penetrating Radar-Data Acquisition, Processing, And Interpretation*, 14th International Petroleum Congress And Natural Gas Congress And Exhibition Of Turkey, Ankara- Turkey, 485-486.
- Kadioğlu, S., 2004, *GPR (Yer Radarı) Yöntemi*, 2006-2007 Dönemi, Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü.
- Kadioğlu, S., Kadioğlu, Y.K., 2006; *Yer Radarı Yöntemi ile Bir Mermer Sahasındaki Kırıkların, Sağlam Ve Bozuk Alanların Belirlenmesi*, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 21, Sayı 1.
- Kaya, M.A., 2006, *Arkeojeofizik Araştırmalar*, Jfmo Yayınları, 104 Sayfa, Ankara.
- Kaya, O.,1971, *İstanbul'un Karbonifer stratigrafisi*: Türkiye Jeol. Kur. Bült., XIV, 2, 143-199.
- Kesemen, O., 2007, *Yer Radarı (GPR) Verilerinin İşlenmesinde Yeni Yaklaşımlar*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Koçarslan, A., 2008, *Sonlu Farklar Yöntemiyle Çok Yüksek Frekanslı Elektromanyetik Dalga Alanı Hesabı*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kurtulmuş T. Ö., 2007, *Siğ Jeofizik Aramacılıkta Yer Radarı Modellemesi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Le Pichon, X., Şengör, A.M.C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Çağatay, N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B., Saatçılar, R. and Tok, B., 2001, The active Main Marmara Fault: Earth and Planetary Science Letters 192, 595-616.
- Mala Geoscience., 2003, *Basic Radar Theory, Fundamentals Of Ground Penetrating Radar* (Cd), Sweden.
- Mathews T.F., 1980, *The Early Churches Of Constantinople: Architecture And Liturgy*, University Park, Pennsylvania State University, P: 67-73.
- Mccalpin, J.P., 1996. *Paleoseismology*, Academic Press, 588p.
- Öngen S., Aysal N., Şahin O., Baykır M., Eruş M., Kongaz T., 2010, *Damatrix Sarayı Yapı Taşları, Siva ve Harçlarının Petrografisi*, İstanbul.
- Özgül (2005), *İstanbul dolayının temel jeolojik özellikleri*: İstanbul Büyükşehir Nazım Planı Doğal Yapı Gurubu, 57 s.
- Özgül, N., Üner, K., Bilgin, İ., Özcan, İ., Korkmaz, R., Akmeşe, İ., Yıldız, Z., Yıldırım, Ü., Akdağ, Ö. ve Tekin, M., 2005, *İstanbul İli Temel Jeolojik Özellikleri*: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Planlama ve İmar Daire Başkanlığı, 80s. (yayımlanmamış)
- Özgül, N., Akay, E., Akdeniz, N., Bilgin, R., Dalkılıç, H. ve Gedik, İ., 2007, *İstanbul'un 3030 sayılı il alanı ile Kocaeli il sınırı arasında kalan doğu kesiminin jeolojisi*: İ.B.B. Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Raporu (yayımlanmamış).
- Özgül, N., Akdeniz, N., Bilgin, R., Dalkılıç ve Gedik, İ., 2009, *İstanbul'un Kadıköy-Üsküdar ilçeleri ile Kocaeli il sınırı arasında kalan doğu kesiminin jeolojisi*: İ.B.B. Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Raporu, 216 s.
- Özgül, N., Akay, E., Akdeniz, N., Bilgin, R., Dalkılıç, H. ve Gedik, İ., 2011, *İstanbul İl Alanının Jeolojisi*, İ.B.B Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, İstanbul
- Özgül, N., *Stratigraphy of the İstanbul Region, 5-9 October 2009: 2nd International Symposium on the Geology of the Black Sea*, abstract, 249 s., MTA-JMMOB ortak basımı, Ankara.
- Özgül, N., 2010, *Paleozoic Stratigraphy of the İstanbul Region*: Turkish Journal of Earth Sciences, TÜBİTAK özel yayını (İncelemede).
- Öcal A. D., Dal M., 2012, *Doğal Taşlardaki Bozunmalar*, Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi, Kırklareli.
- Öcal A. D., 2010, *Kayaçtan Yapılmış Eski Eser Koruma Çalışmalarına Arkeometrik Bir Yaklaşım: Ayrışma Durumu Haritası, Türkiye ve Kolombiyadaki Anıt Eserlerin Bozunma Analizi*.

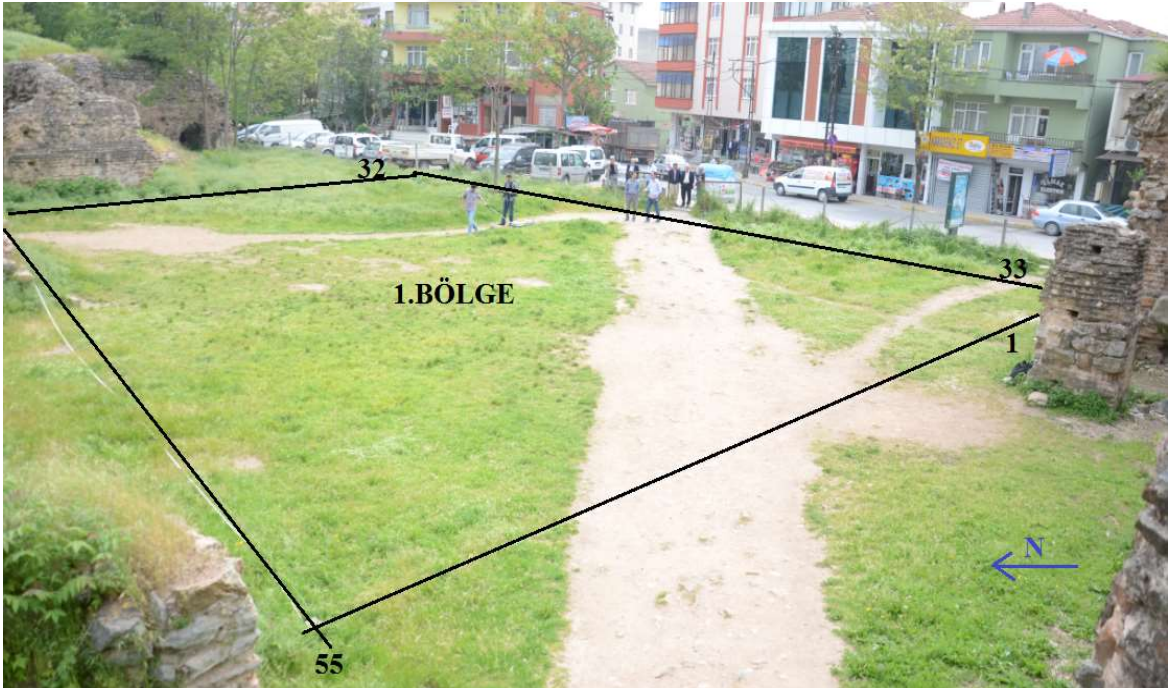
- Salwen, B., 1978, *Archaeology In Megapolis: Updated Assesment*, Journal Of Field Archaeology, 5 (4), 453-459.
- Sarıççek I., 2014, *Mühendislik Problemlerinde GPR Yöntemi*, Gümüşhane Üniversitesi, Sürekli Eğitim Uygulama Araştırma ve Merkezi, Gümüşhane
- Sünbül, F., 2007, *Balıkesir-Burhaniye-Ören'deki Bergaz Tepe Adremytteion Antik Alanının Arkeojeofizik Yöntemlerle Tespiti*, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), T.C. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sürel B.,2011, *Damatrix Sarayı Restorasyon Projesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Şengör, A.M.C., 1984, *Türkiye'nin tektonik tarihinin yapısal sınıflaması: Türkiye Jeol. Kur., Ketin Simpozyumu*, 20-21 Şubat, ss.37-61, Ankara.
- Takahashi, T., 2004, *Suggested Methods For Land Geophysics In Rock Engineering, Rock Mechanics And Mining Science*, 41, 885-914.
- Tintin Z., 2012, *Arkeolojik Alanda Taş Koruma: Sağlamaştırma Yöntemleri*, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Ankara Anadolu Medeniyetleri Müzesi Müdürlüğü, Ankara
- Wainwright, G. J., 1993, *The Management Of Change: Archaeology And Planning, Antiquity*, 67 (255), 416-421.
- Wiener W.M., 2001, *İstanbul'un Tarihsel Topoğrafyası*, Yapı-Kredi Yayınları, Sf: 258- 262, İstanbul, 975-08-0158-X.
- Wilchek, L. A., 2000, *Ground Penetrating Radar For Detection Of Rock Structure*, M.S. Thesis, Alberta University, Canada.
- Yalçın, C. Ç., 2009, *Gömülü Yapıların Yeraltı Radarı (Gpr) Yöntemi İle Araştırılması: Büyük Menderes Grabeni'nde Paleosismolojik ve Arkeosismolojik Uygulamalar*,Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmangazi Üniversitesi.
- Yalçın, C. Ç., Bano, M., Kadioglu, M., Karabacak, V., Meghraoui, M., Altunel, E., 2008, *New Temple Discovery At The Archaeological Site Of Nysa (Western Turkey) Using Gpr Method*, Journal Of Archaeological Science, Doi: 10.1016/J.Jas.12.016
- Yüksel, F.A., Belli, O., Tarhan-Bal, O., 2009, *Van-Yoncatepe 2008 Yılı Arkeojeofizik Uygulamaları* , 25. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, 151-164.
- Yüksel F. A., Avcı K., Ergüven K., 2012, *Edirne (Hadrianapolis) Kalesi Duvar Temellerinin Jeofizik Yöntemlerle (GPR) Araştırılması*, Edirne

EKLER

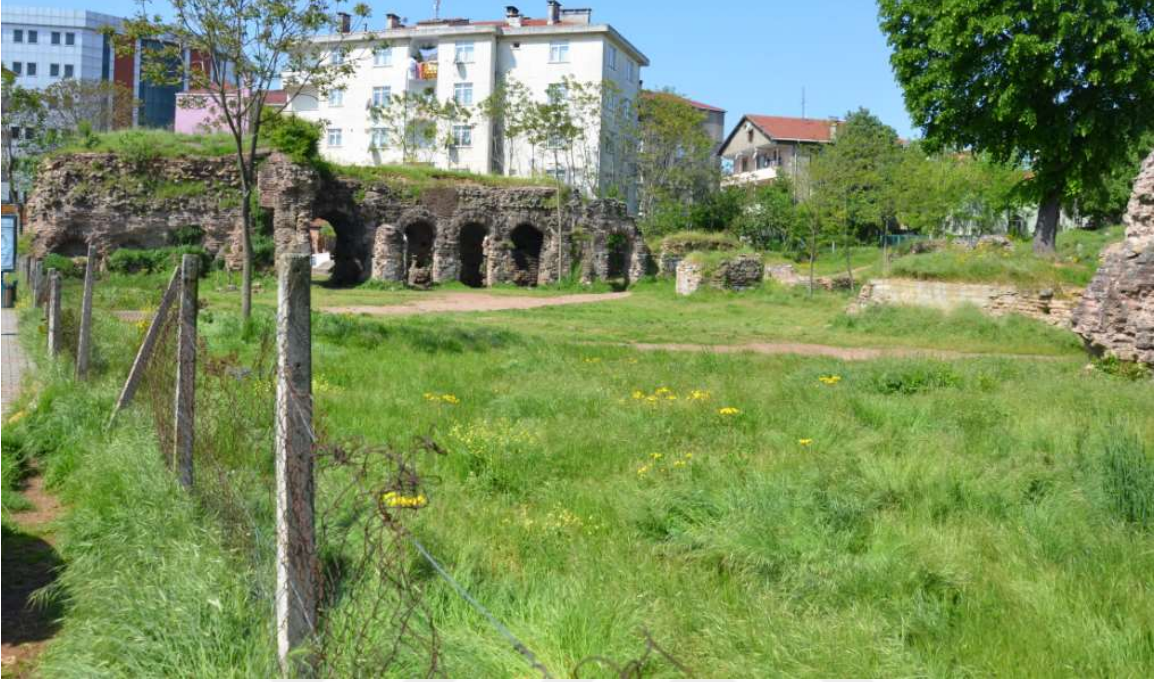
EK 1. Çalışma alanına ait 1/2000 ölçekli Jeoloji Haritası (İBB,2009).



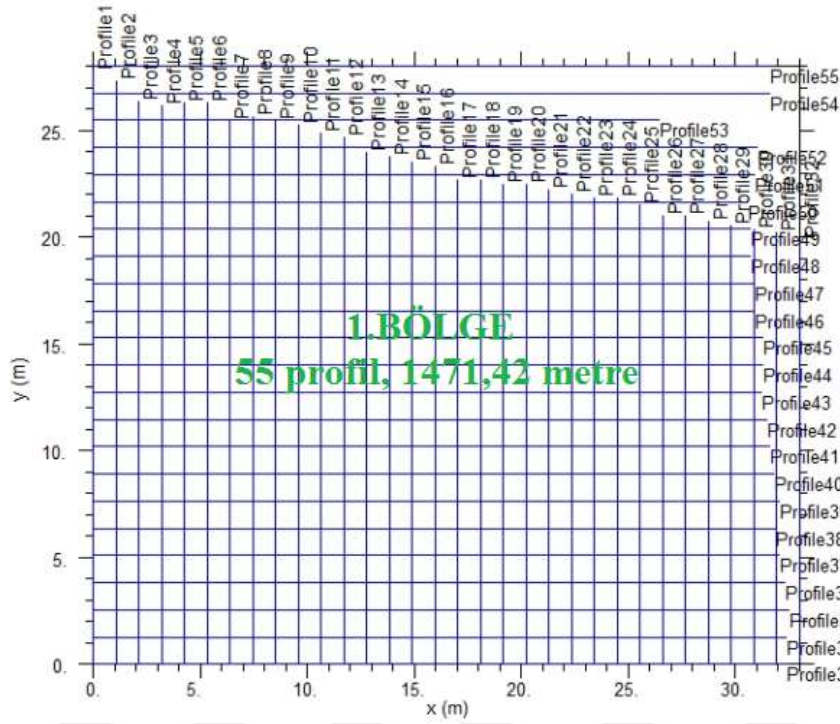
EK 4. Çalışma sahasında 1.bölgede yapılan GPR çalışmaları fotoğrafları.



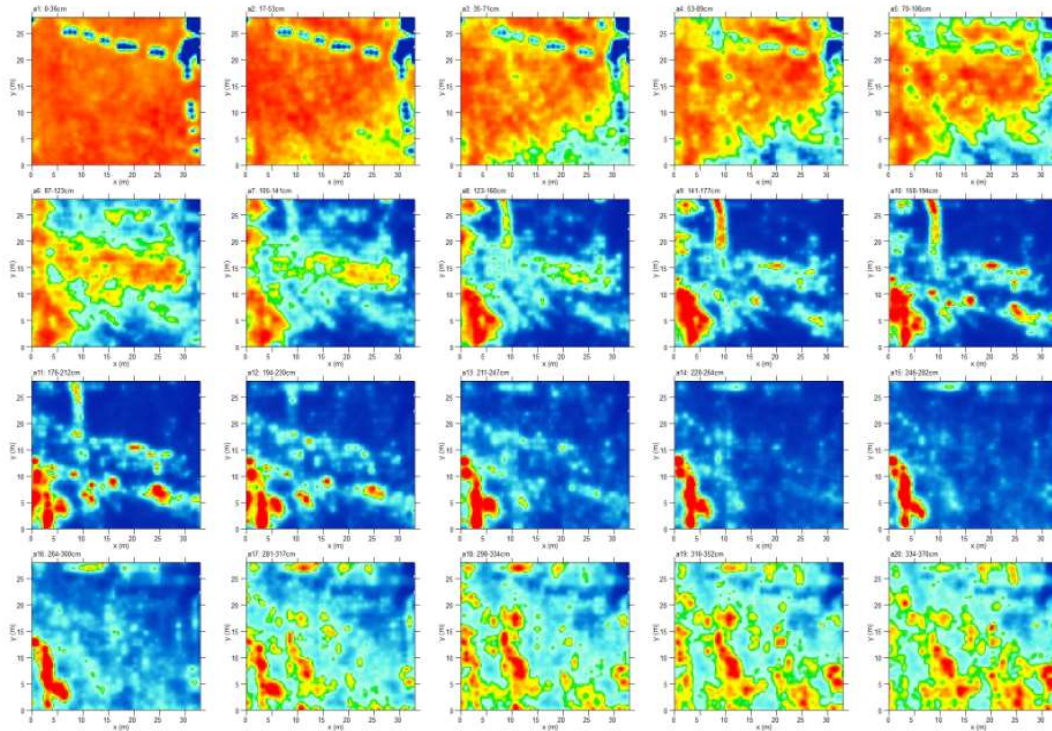
EK 4. (devam)



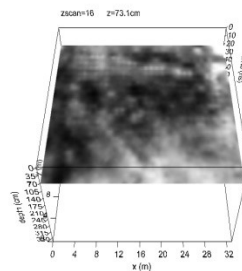
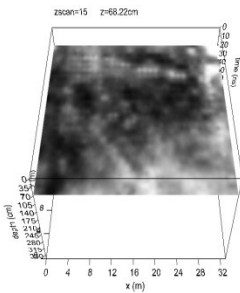
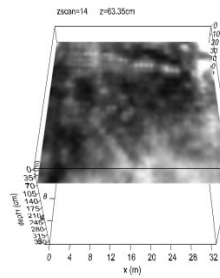
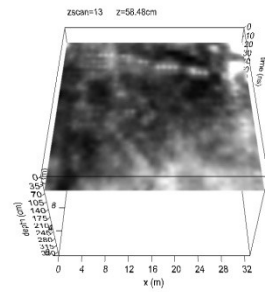
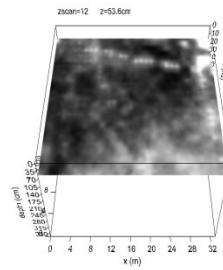
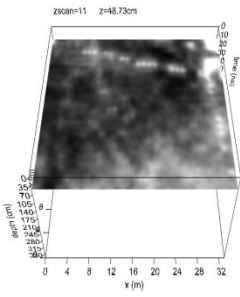
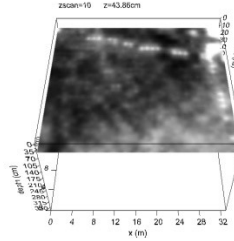
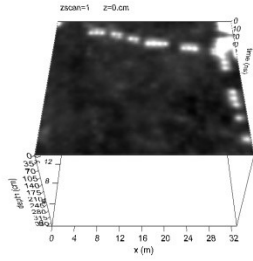
EK 5. Çalışma sahasında 1.bölgede yapılan GPR çalışmalarına ait profiller.



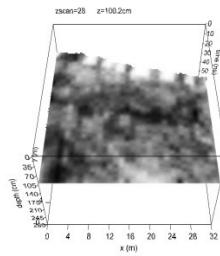
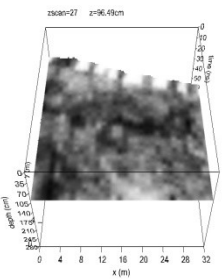
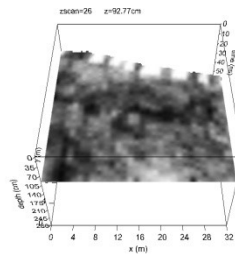
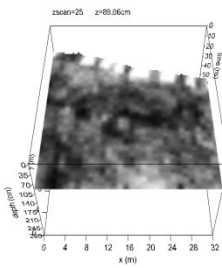
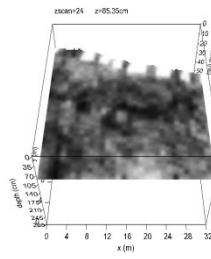
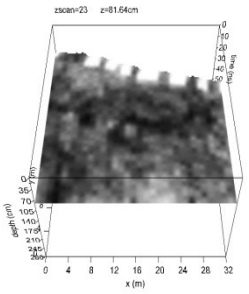
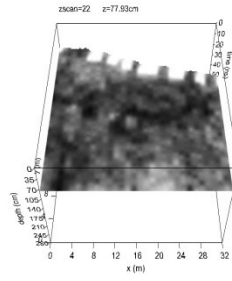
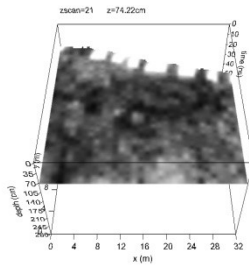
EK 6. Çalışma sahasında 1.bölgede yapılan GPR çalışmalarına ait derinlik kat haritaları.



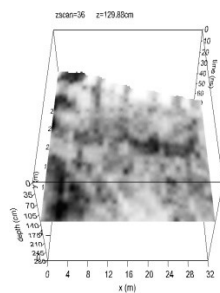
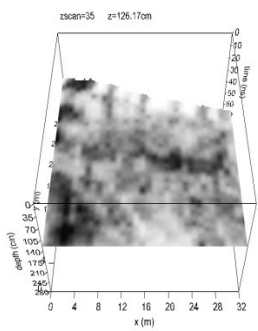
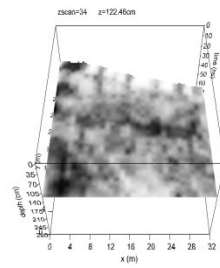
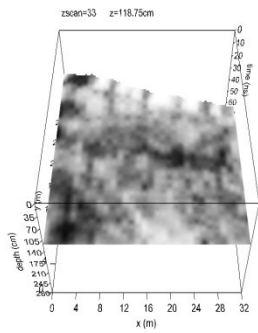
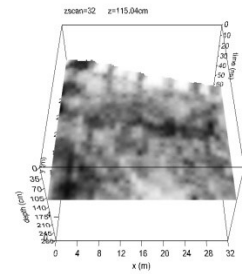
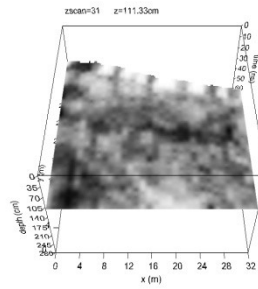
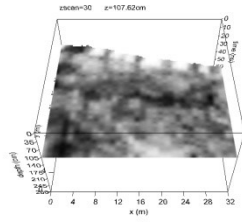
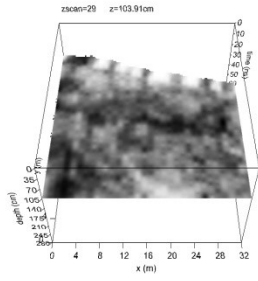
EK 6. (devam)



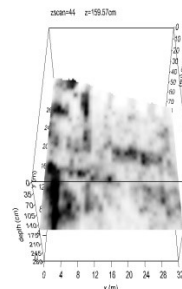
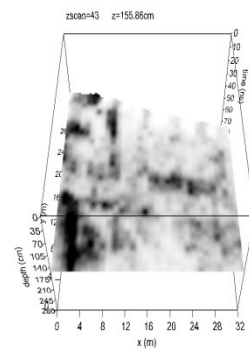
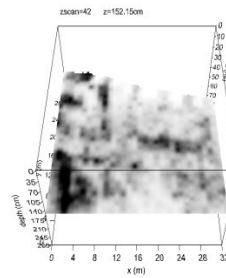
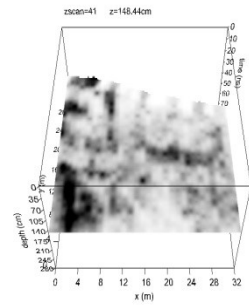
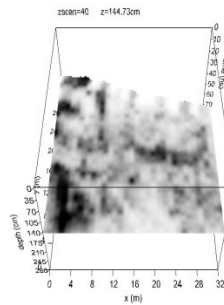
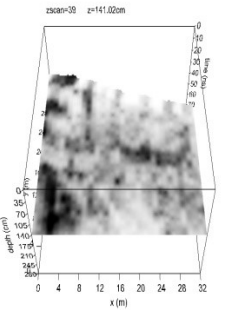
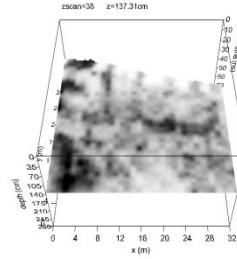
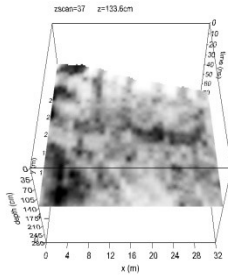
EK 6. (devam)



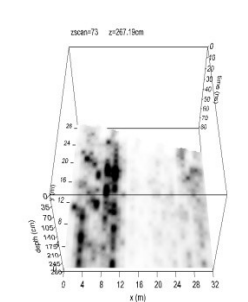
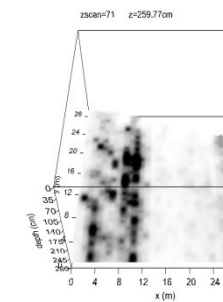
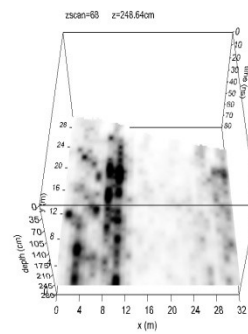
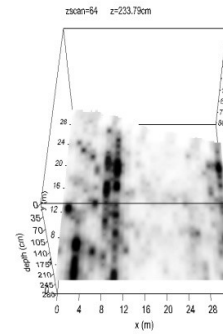
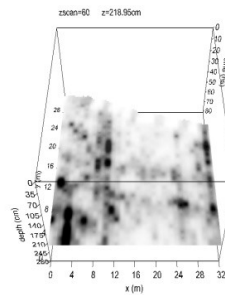
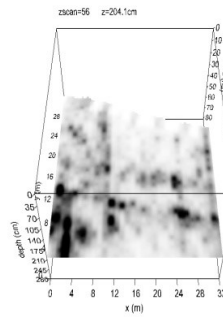
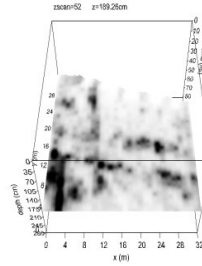
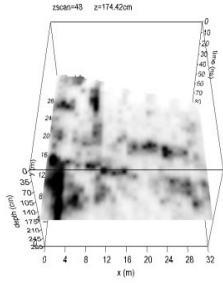
EK 6. (devam)



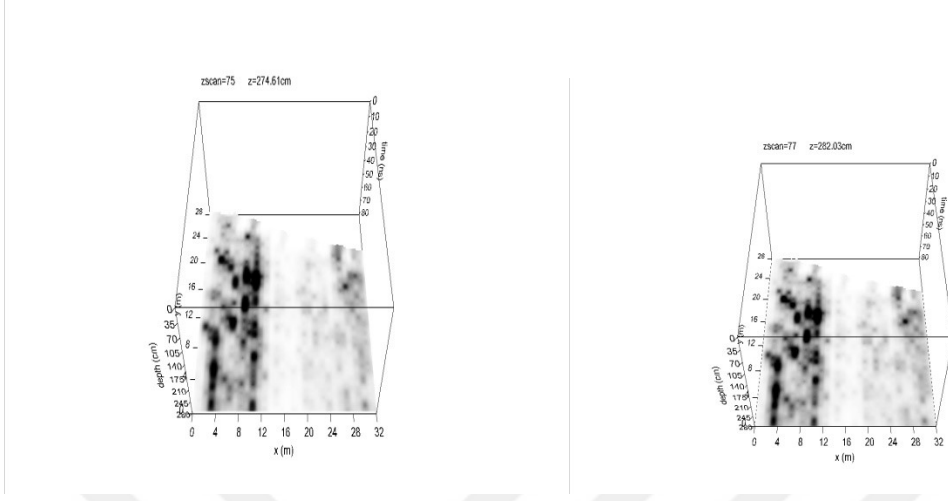
EK 6. (devam)



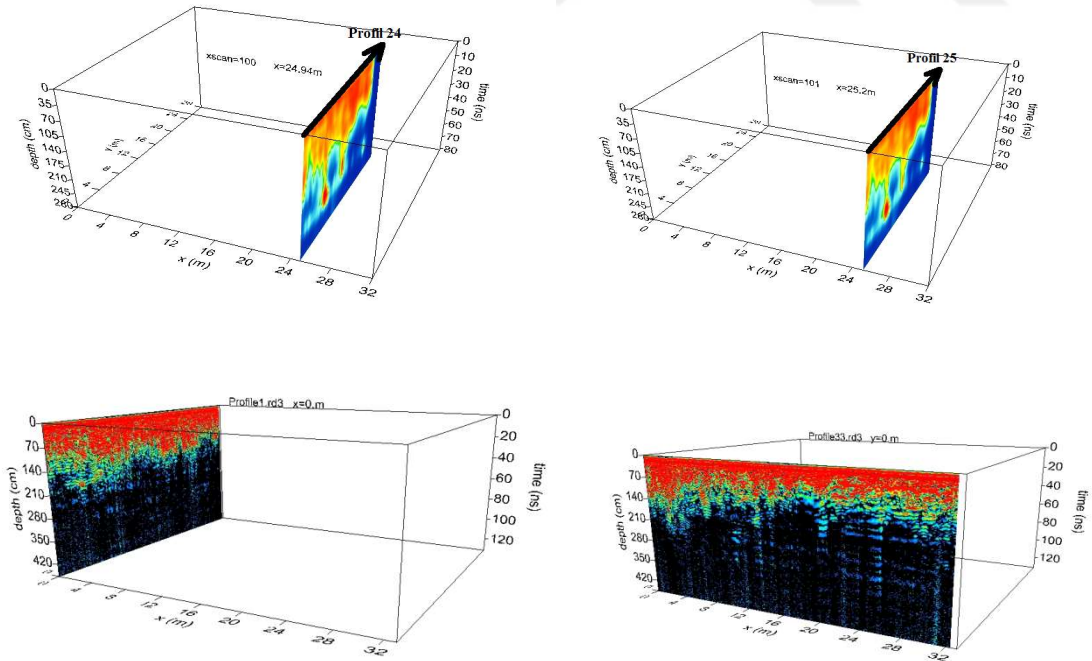
EK 6. (devam)



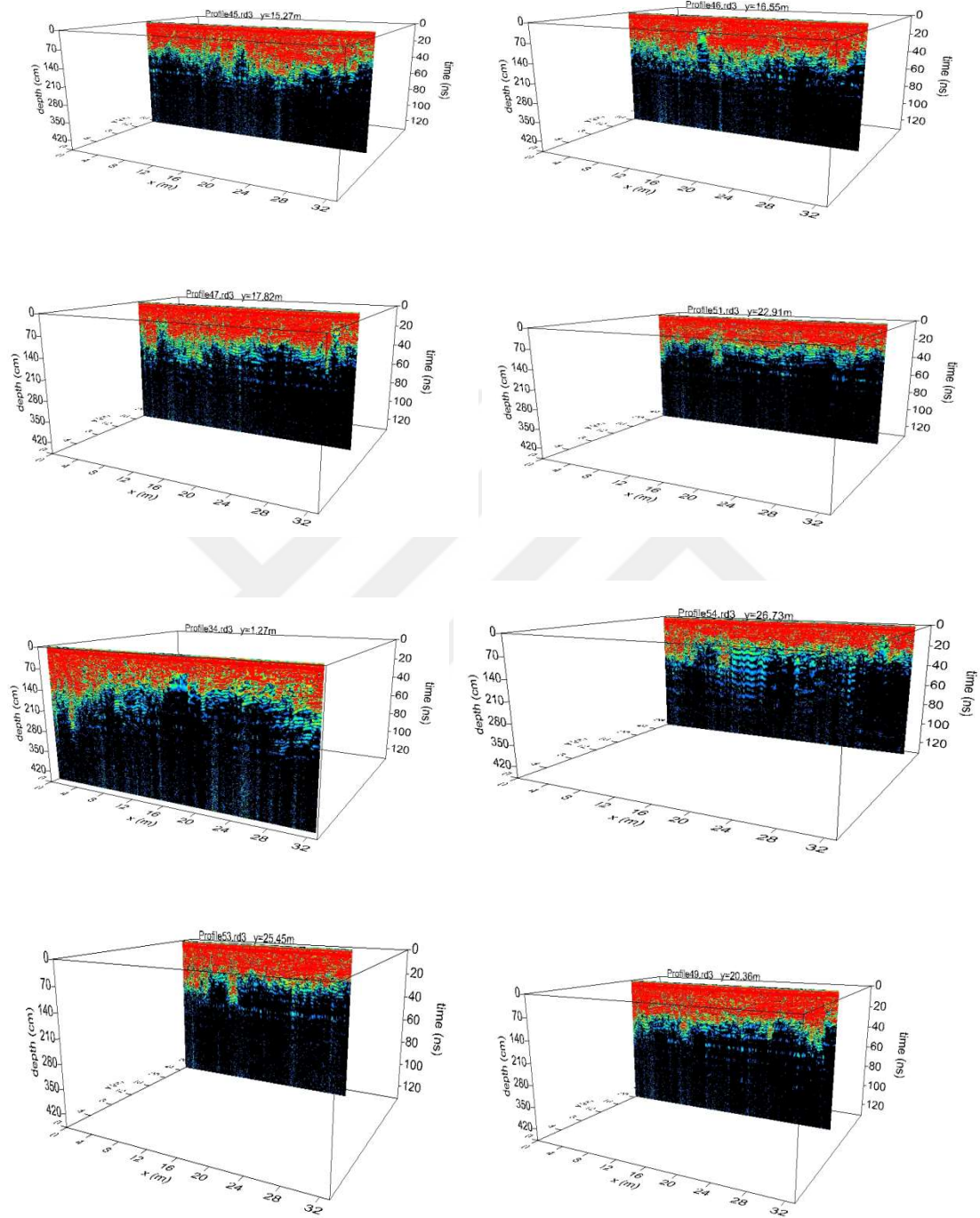
EK 6. (devam)



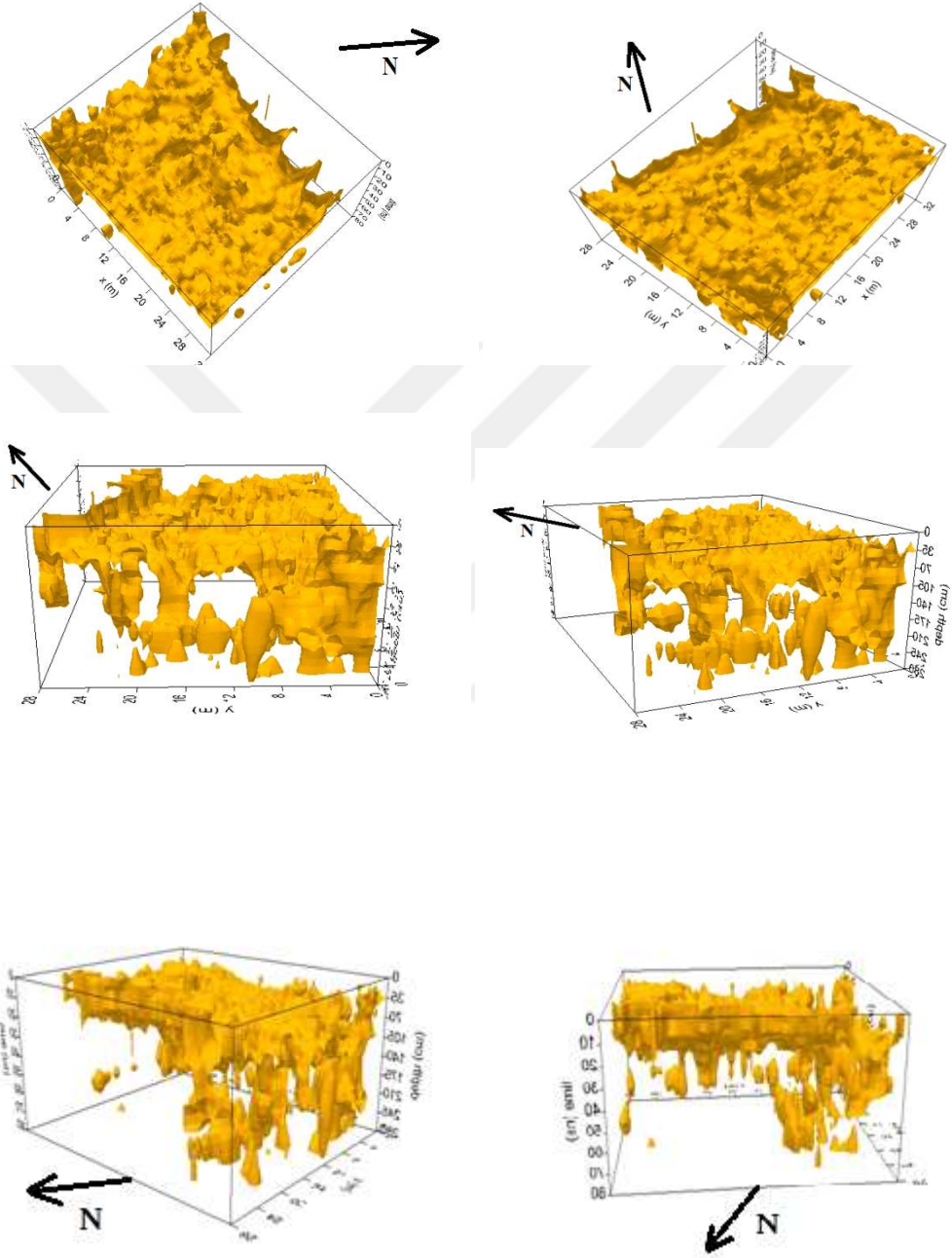
EK 7. Çalışma alanı 1.Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 2D radargram görselleri.



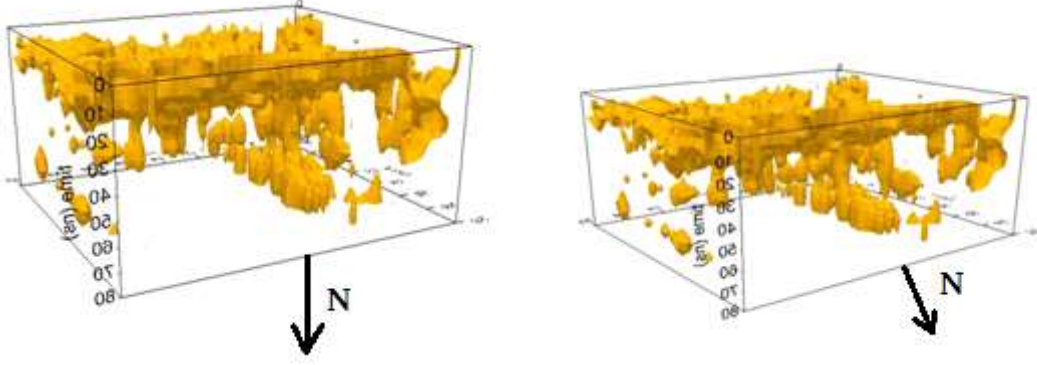
EK 7. (devam)



EK 8. Çalışma alanı 1.Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 3D radargram görselleri.



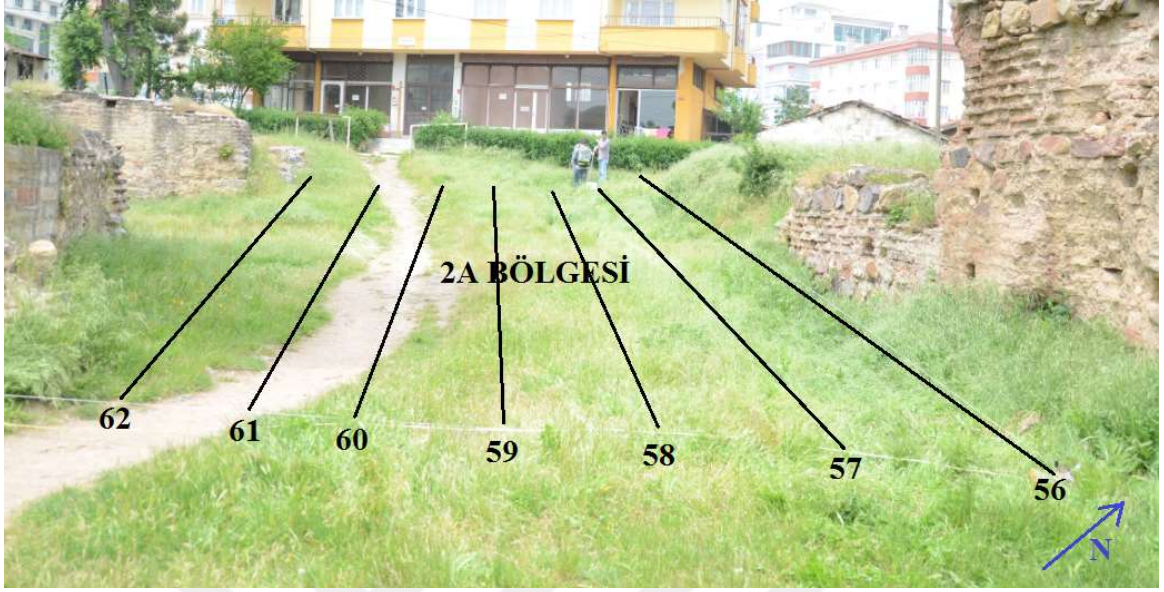
EK 8. (devam)



EK 9. Çalışma sahasında 2A bölgede yapılan GPR çalışmaları fotoğrafları.

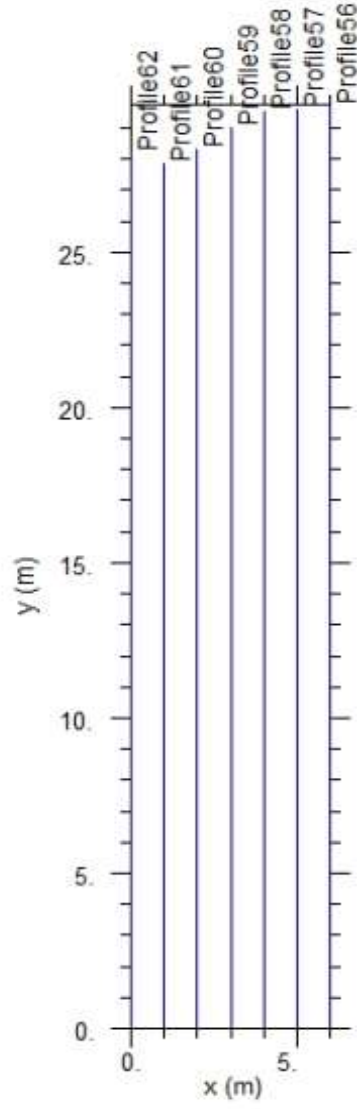


EK 9. (devam)

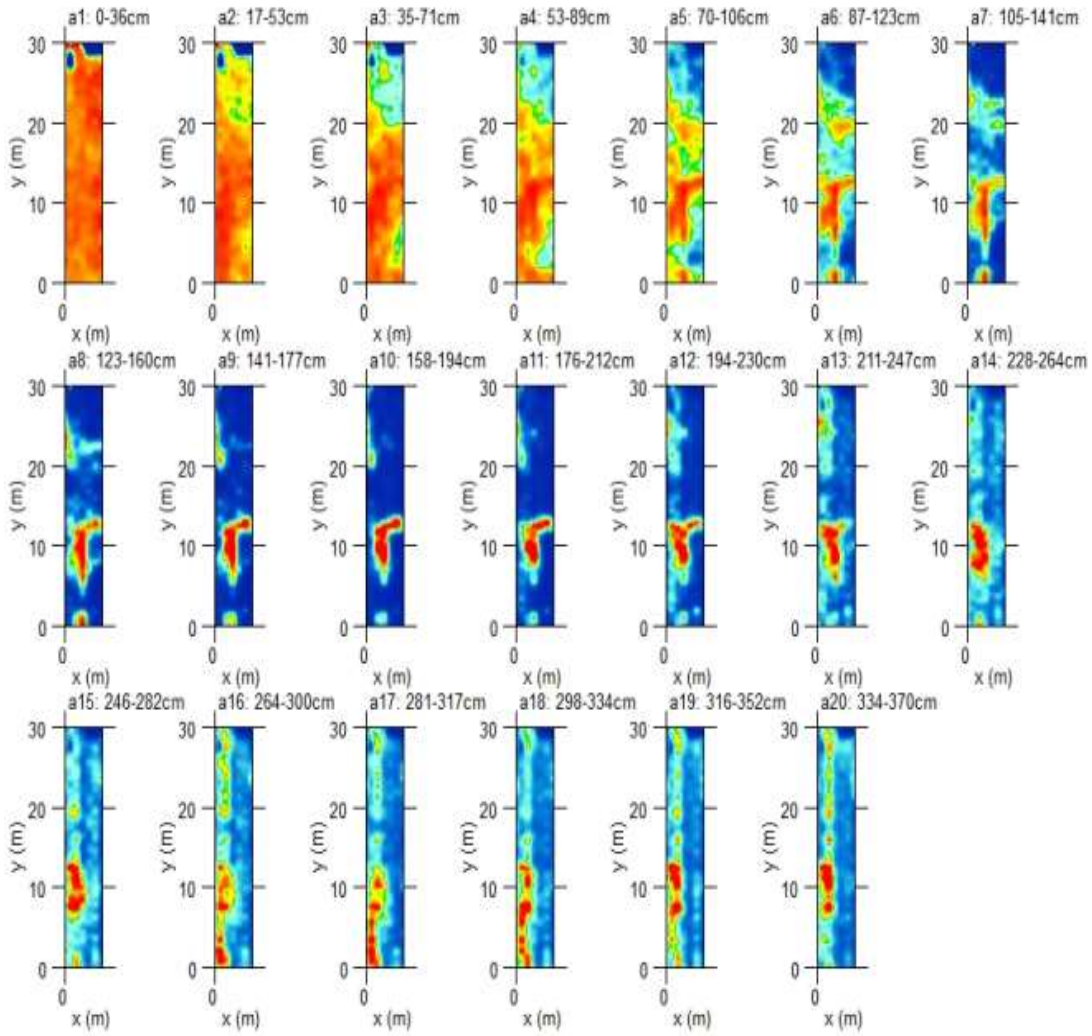


EK 10. Çalışma sahasında 2A bölgede yapılan GPR çalışmalarına ait profiller.

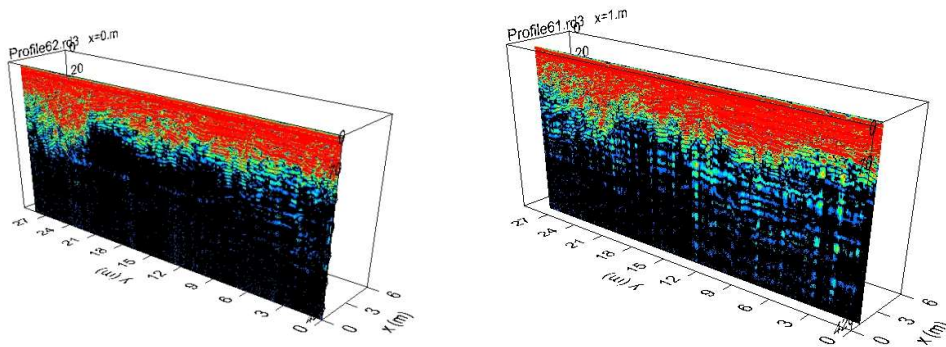
number of profiles=7 total survey length=202.56m



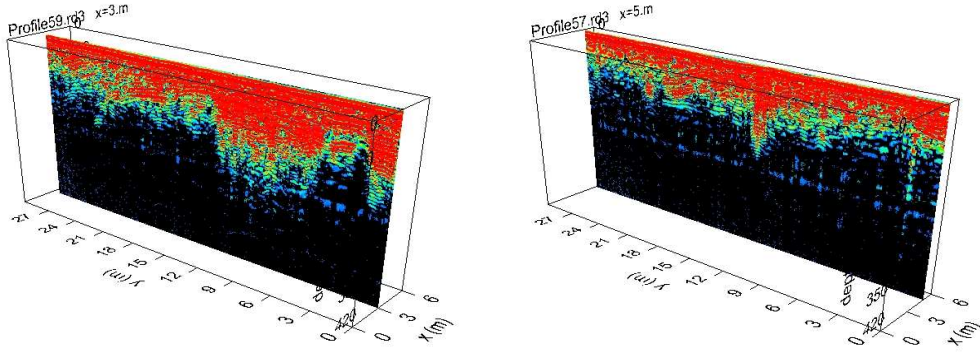
EK 11. Çalışma sahasında 2A bölgede yapılan GPR çalışmalarına ait derinlik kat haritaları.



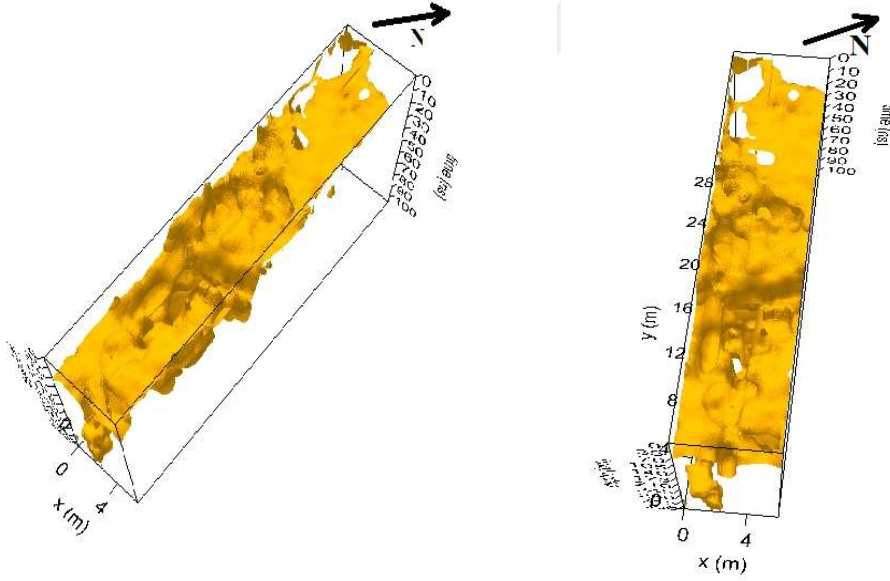
EK 12. Çalışma alanı 2A Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 2D radargram görselleri.



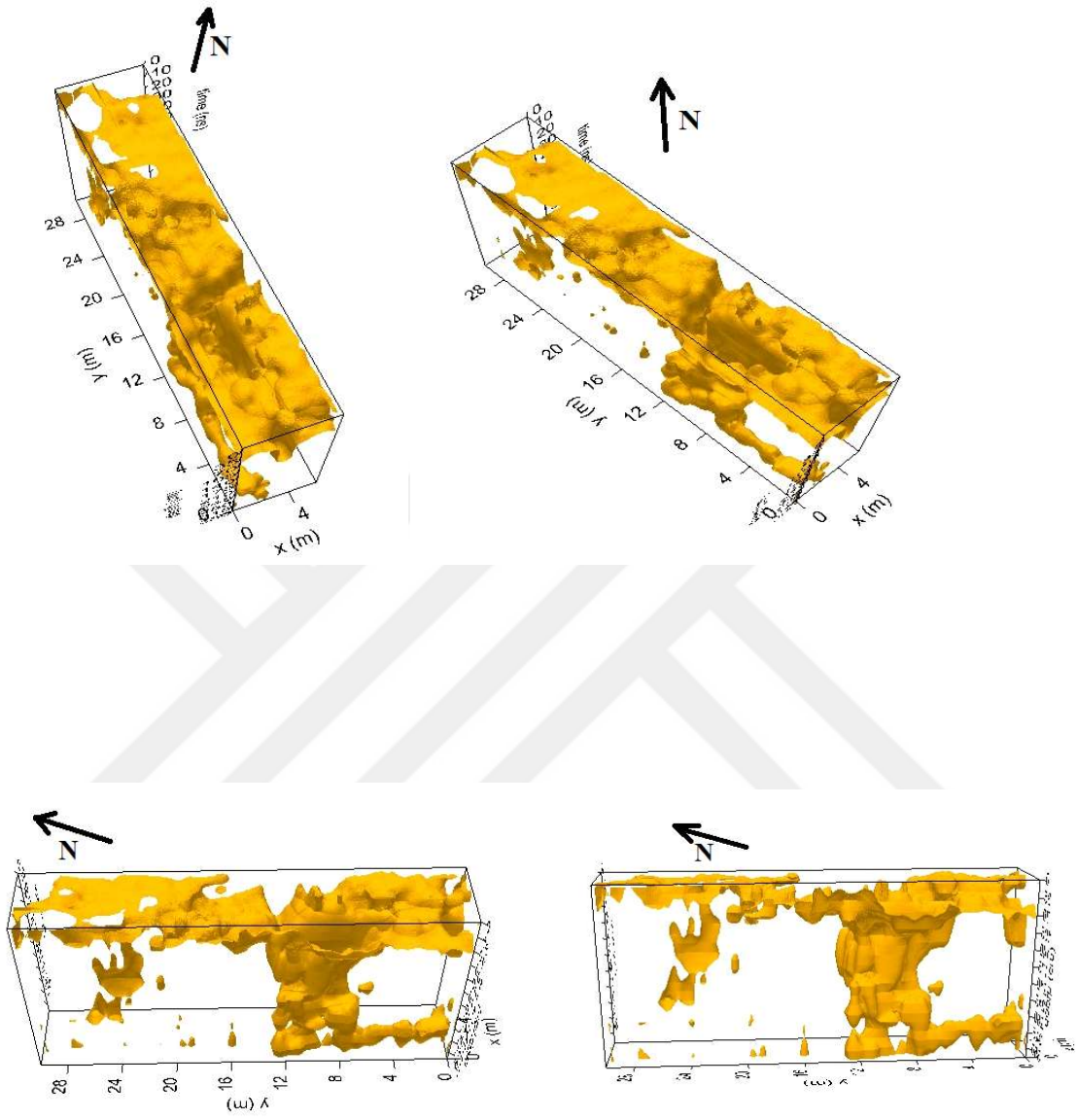
EK 12. (devam)



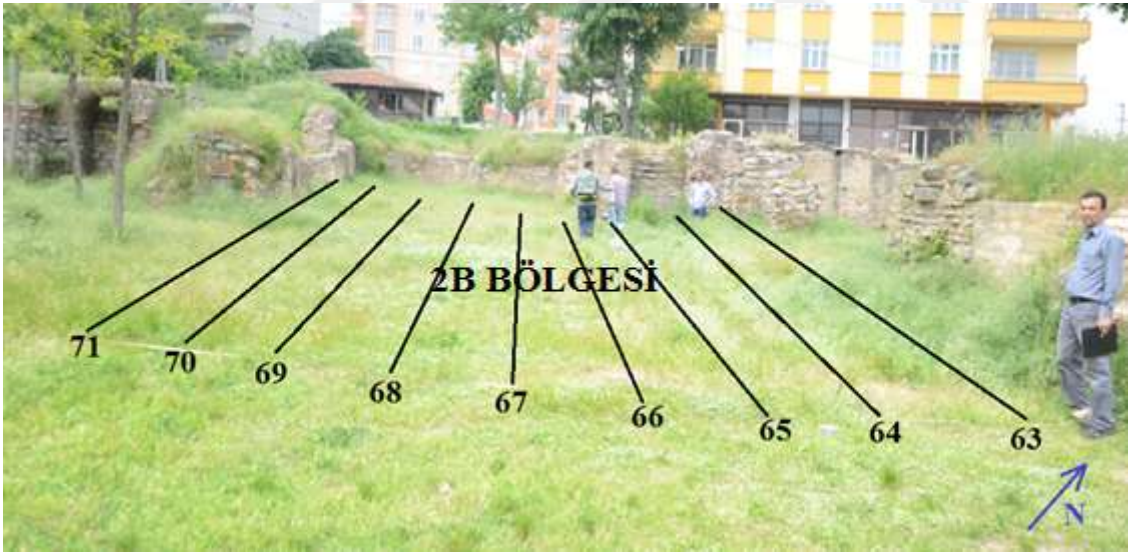
EK 13. Çalışma alanı 2A Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 3D radargram görselleri.



EK 13. (devam)



EK 14. Çalışma sahasında 2B bölgede yapılan GPR çalışmaları fotoğrafları.

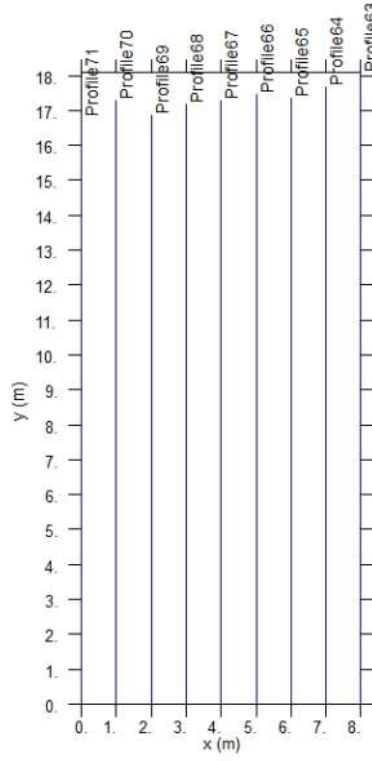


EK 14. (devam)

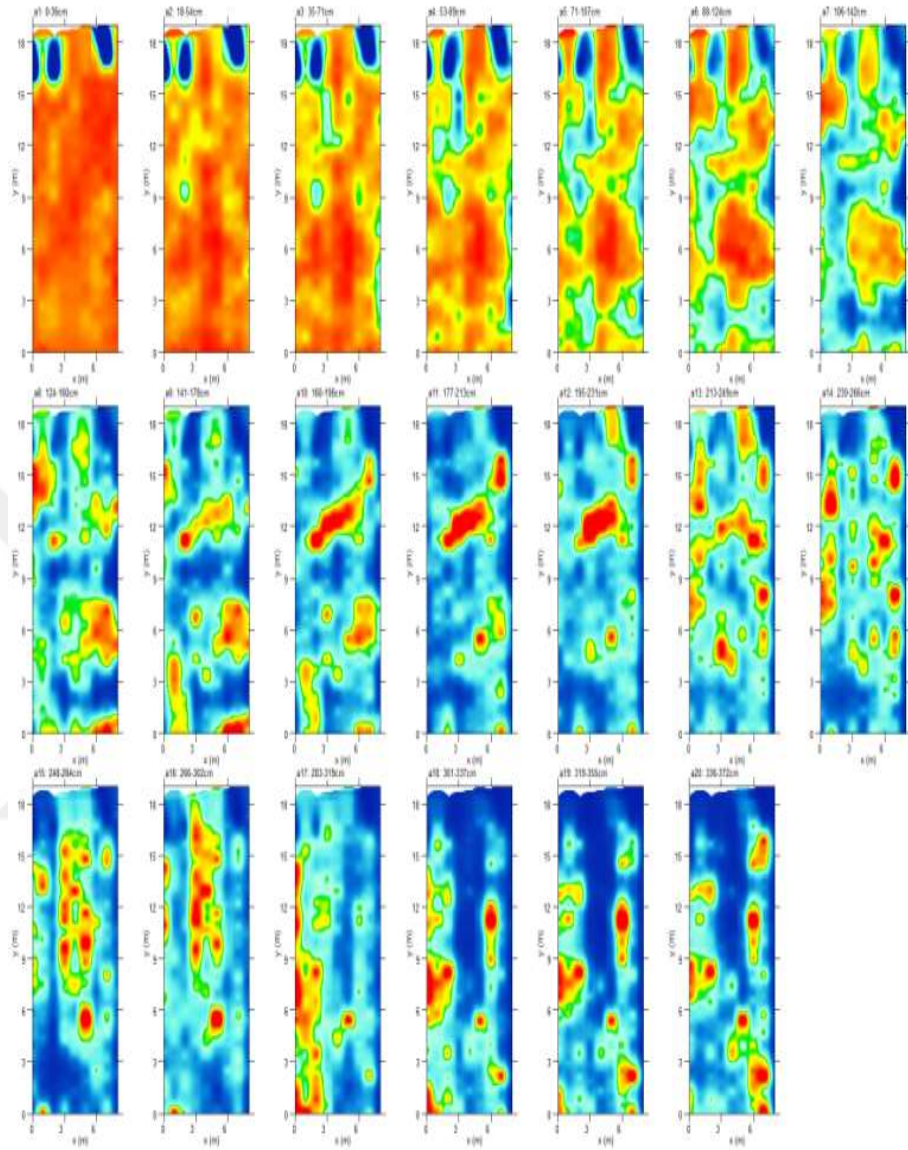


EK 15. Çalışma sahasında 2B bölgede yapılan GPR çalışmalarına ait profiller.

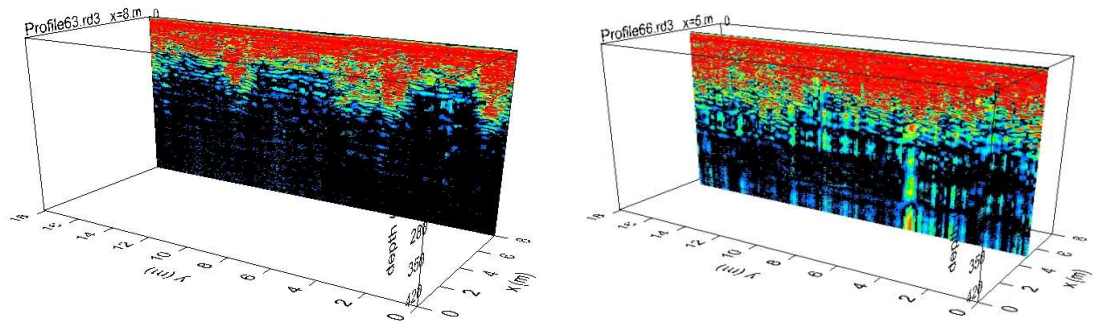
number of profiles=9 total survey length=156.2m



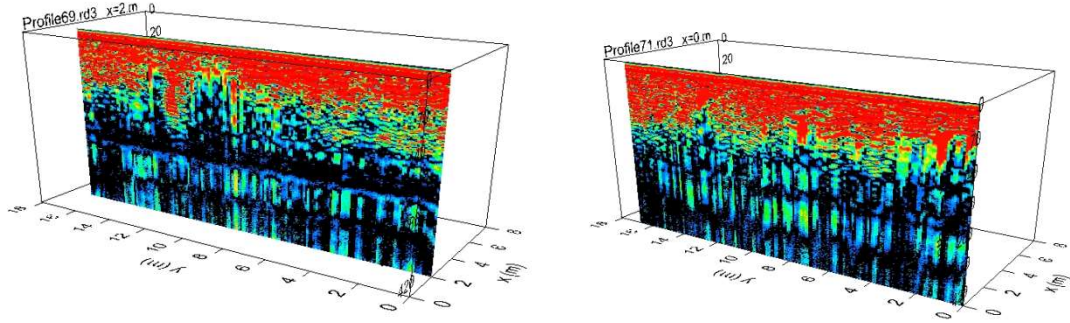
EK 16. Çalışma sahasında 2B bölgede yapılan GPR çalışmalarına ait derinlik kat haritaları.



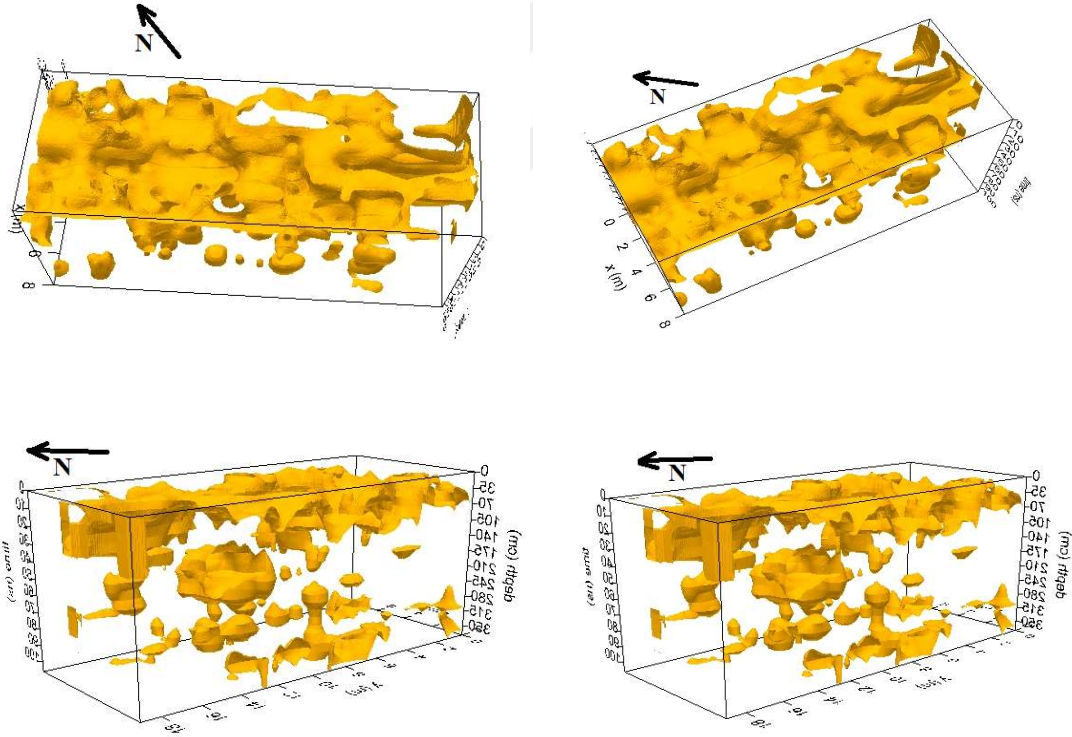
EK 17. Çalışma alanı 2B Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 2D radargram görselleri.



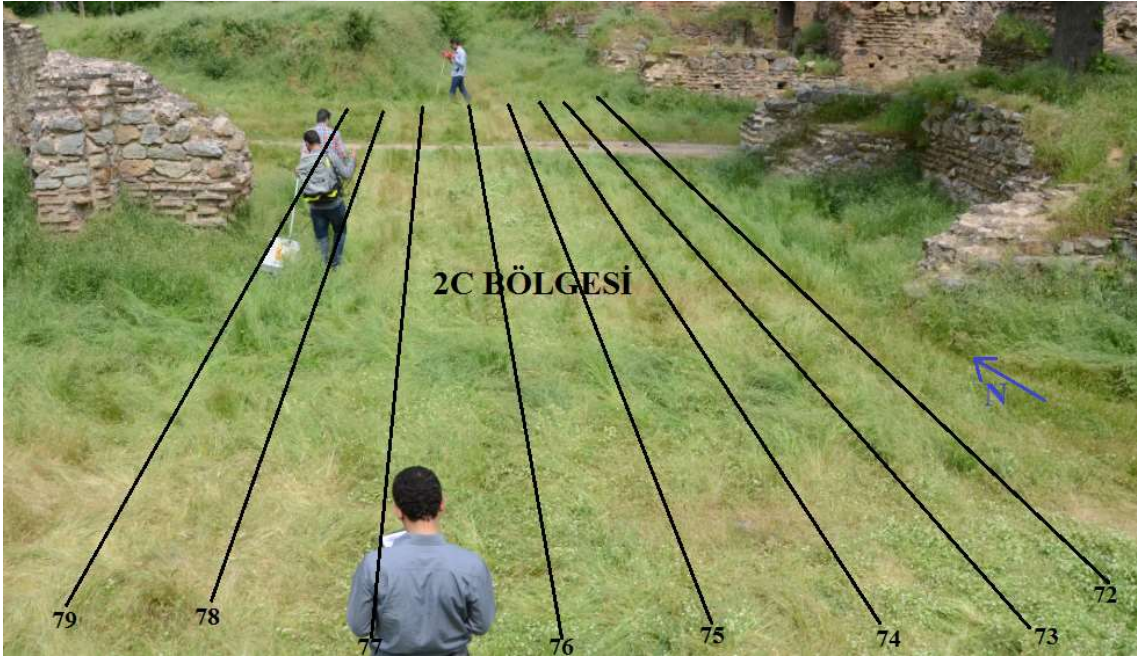
EK 17. (devam)



EK 18. Çalışma alanı 2B Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 3D radargram görselleri.



EK 19. Çalışma sahasında 2C bölgede yapılan GPR çalışmaları fotoğrafları.

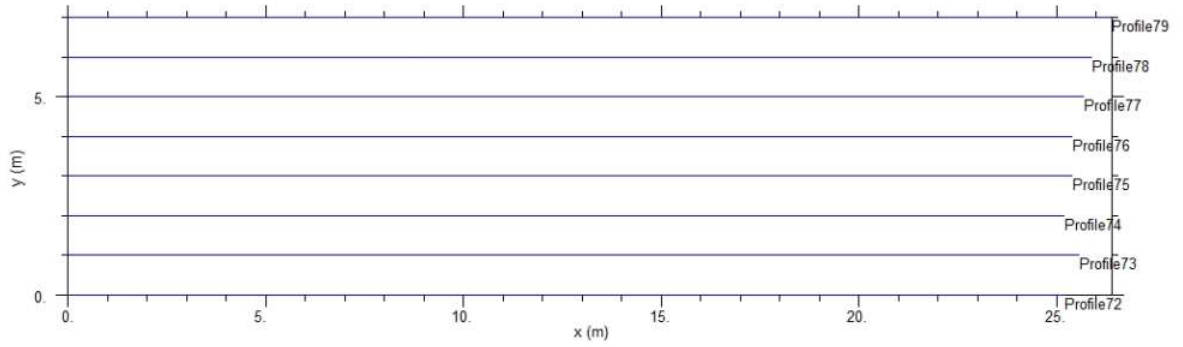


EK 19. (devam)

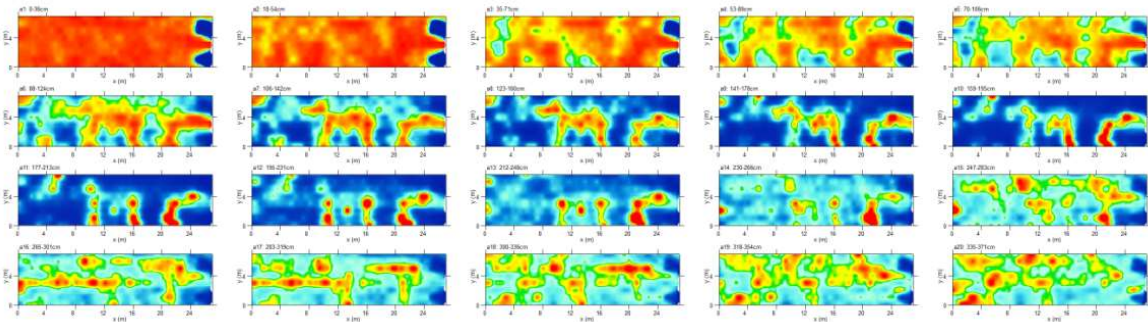


EK 20. Çalışma sahasında 2C bölgede yapılan GPR çalışmalarına ait profiller.

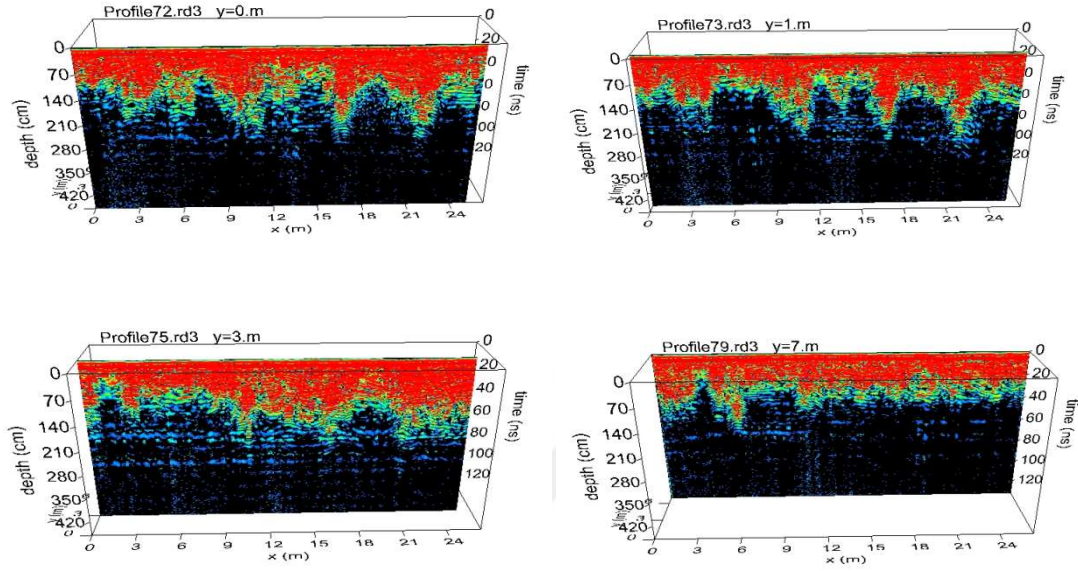
number of profiles=8 total survey length=204.84m



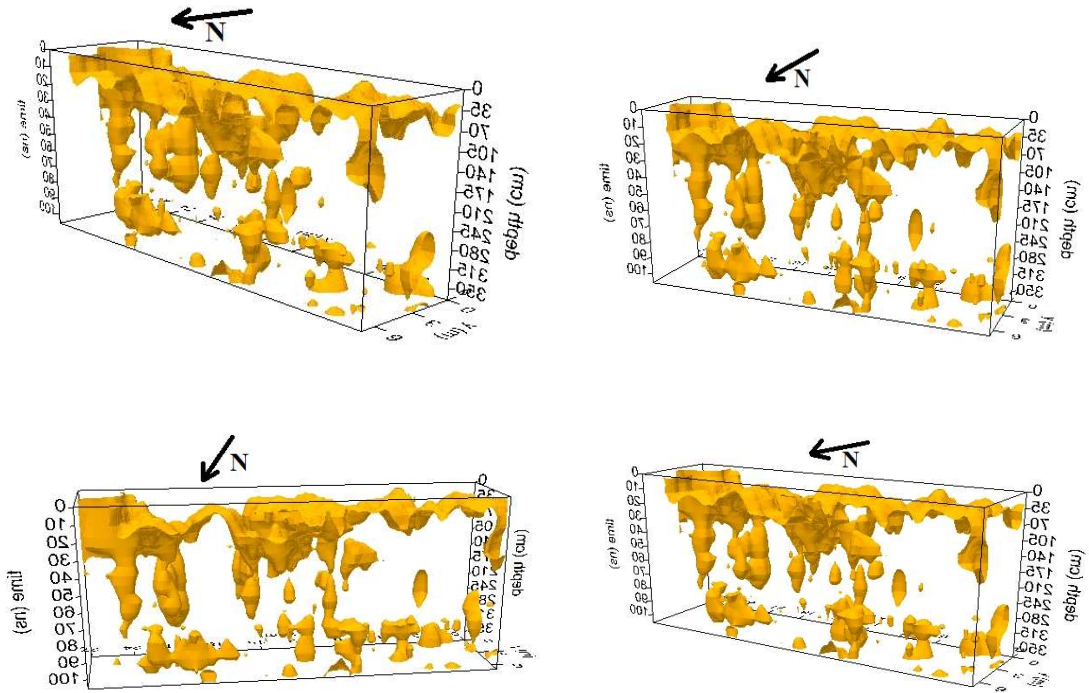
EK 21. Çalışma sahasında 2C bölgede yapılan GPR çalışmalarına ait derinlik kat haritaları.



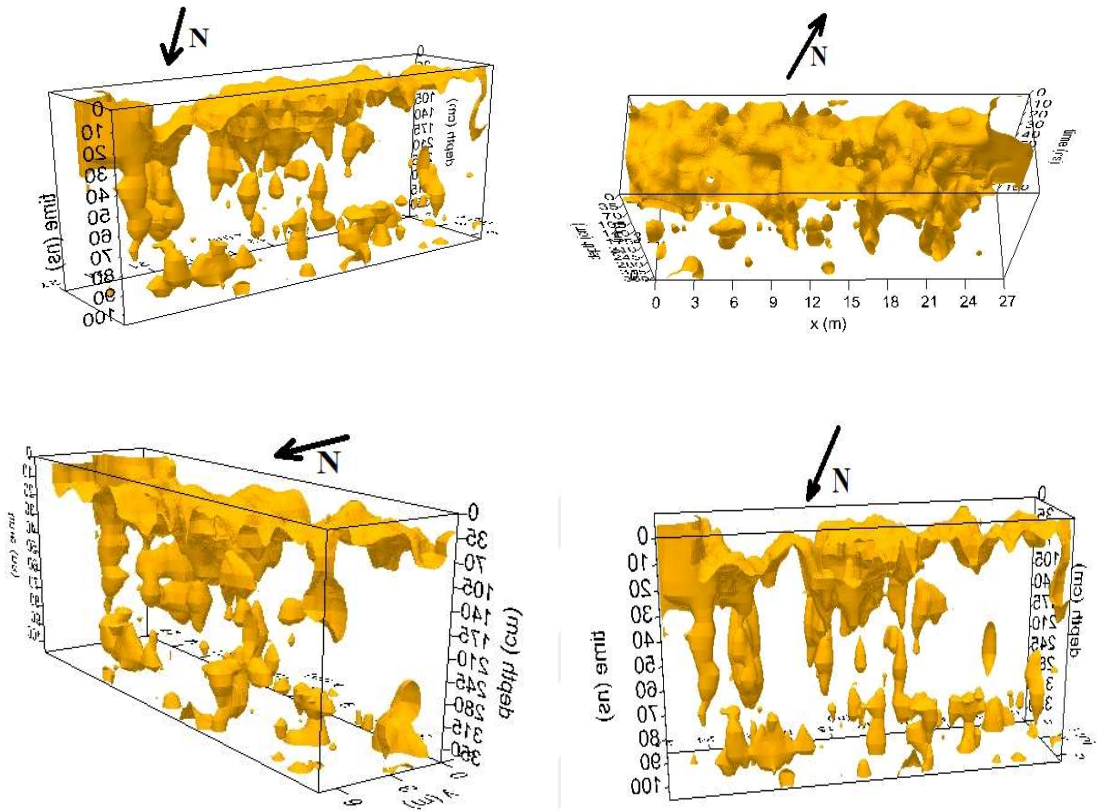
EK 22. Çalışma alanı 2C Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 2D radargram görselleri.



EK 23. Çalışma alanı 2B Bölgede yapılan GPR çalışmasına ait profillerin 3D radargram görselleri.



EK 23. (devam)



EK 24. Kanun ve Yönetmelikler:

Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıklarının Tespit ve Tescili Hakkında Yönetmelik, 1987, (<http://teftis.kulturturizm.gov.tr/TR,14437/korunmasi-gerekli-tasinmaz-kultur-ve-tabiat-varliklarin-.html>), 16 Ocak 2018 tarihinde erişim sağlandı.

5226 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu ile Çeşitli Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun, 2004, (<http://www.tbmm.gov.tr/kanunlar/k5226.html>), 16 Ocak 2018 tarihinde erişim sağlandı.

Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu, 702 nolu İlke Kararı (Kentsel Arkeolojik Sit Alanları Koruma ve Kullanma Koşulları), 2005, (<http://teftis.kulturturizm.gov.tr/TR,14344/702-nolu-ilke-karari-kentsel-arkeolojik-sit-alanlari-ko-.html>), 16 Ocak 2018 tarihinde erişim sağlandı.

Kültür Bakanlığı, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu, 338 nolu İlke Kararı,1993,(<http://www.kultur.gov.tr/teftis/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF060F3652013265D6E2D7DF7E52BC5F7D>), 16 Ocak 2018 tarihinde erişim sağlandı.

Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu, 658 nolu İlke Kararı (Arkeolojik Sitler, Koruma ve Kullanma Koşulları), 1999,(<http://teftis.kulturturizm.gov.tr/TR,14329/658-nolu-ilke-karari-arkeolojik-sitler-koruma-ve-kullan-.html>), 16 Ocak 2018 tarihinde erişim sağlandı.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Hakan MEHMETOĞLU
Doğum Yeri	Şişli
Doğum Tarihi	12.06.1983
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0532 797 54 00
E-Posta Adresi	hakanmehmetoglu@hotmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Kocaeli Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Jeofizik Mühendisliği Bölümü
Mezuniyet Yılı	25.07.2007

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Jeoloji Mühendisliği Programı