

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LAUBRANDA ANTİK KENTİNDE ÇOKLU
ELEKTROT REZİSİVİTE YÖNTEMİNİN
UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cansu ERİK KÖSE

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Günay BEYHAN

Mayıs 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


**LAUBRANDA ANTİK KENTİNDE ÇOKLU
ELEKTROT REZİSİVİTE YÖNTEMİNİN
UYGULANMASI**

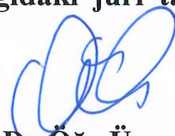
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cansu ERİK KÖSE

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 27/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.


**Dr Öğr.Üyesi.
Şerafeddin ÇAKIR
Jüri Başkanı**


**Dr.Öğr.Üyesi
Günay BEYHAN
Üye**


**Dr.Öğr.Üyesi
Ayhan KESKİNSEZER
Üye**

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Cansu ERİK KÖSE

27.05.2019

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu tezi hazırlama sunma ve sonlandırmamda elimden tutan çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Günay Beyhan 'a, Fransa, Yunanistan, Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Romanya, Bulgaristan, Slovakya İsveç ve Türkiye olmak üzere bir çok ülkeyi bir araya getiren bana bu önemli çalışmanın bir parçası olma fırsatını veren ve bu heyecanı sonuna kadar hep birlikte yaşadığımız Fransız Enstitüsü Anadolu eserleri başkanı Doç. Dr. Oliver Henry'e, bu çalışmayı hazırlarken gerek sahada gerekse bilgisayar başında uzun çalışma saatlerinde benimle tüm bilgisini esirgmeden paylaşan, edindiğim tüm tecrübelerin sahibi çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Can Karavul'a, her zaman daha fazlasını yapabileceğimi bana hatırlatan, maddi manevi tüm desteklerini fazlasıyla hissettiren, kişiliklerini ve hayattaki duruşlarını her zaman örnek aldığım çok kıymetli annem İfakat Erik ve babam Asım Erik 'e, hayatımın en mükemmel yol arkadaşı , her kararımda arkamda sapasağlam duran ve desteğini en iyi şekilde hissettiren çok değerli eşim Kerim Köse'ye sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
ÖZET.....	vii
SUMMARY	viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
ARKEOJEOFİZİK.....	3
BÖLÜM 3.	
ARKEOJEOFİZİK ARAŞTIRMALARDA KULLANILAN YÖNTEMLER.....	5
3.1. Elektrik Yöntem	7
3.2. Magnetik Yöntem.....	7
3.3. Polarizasyon yöntemleri.....	8
3.4. Elektromagnetik (EM) Yöntem.....	8
3.5. Yeraltı Radarı (Ground Proping Radar).....	9
3.6. Radiometrik Yöntem	9
3.7. Sismik Yöntem.....	9
3.8. Gravite Yöntem	10
BÖLÜM 4.	
REZİSİVİTE YÖNTEMİ.....	11

4.1. Toprağın Elektriksel Özellikleri.....	11
4.1.1. Toprağın nem içeriği	12
4.1.2. Geçirgenlik (permeability)	12
4.1.3. İyon içeriği	12
4.1.4. Isı.....	12
4.2. Ölçümleri Etkileyen Faktörler.....	13
4.2.1. Değme gerilimleri	13
4.2.2. Değme direnci	13
4.2.3. Elektrot uçlaşması	13
4.2.4. Doğal akımlar	14
4.2.5. Yapay akımlar	14
4.3. Elektrik Özdirenç Yöntem Teorisi	14
4.4. Homojen ve İzotrop Ortamda Potansiyel Dağılım	15
4.5. Eşpotansiyel Eğrileri	18
4.6. Dizilim Çeşitleri	18
4.6.1. Wenner elektrot dizilimi.....	19
4.6.2. Schlumberger elektrot dizilimi.....	20
4.6.3. Dipol dizilimler	21
4.6.4. Yarım wenner elektrot dizilimi	23
4.6.5. Yarım schlumberger elektrot dizilimi	23
4.7. Düşey elektrik sondajı.....	25
4.8. Özdirenç Profil Ölçüsü (Yanal Kaydırma).....	25
4.9. Sığ Amaçlı Özdirenç Araştırmalarının Planlanması	26
4.10. Birleşik Ters Çözüm	26

BÖLÜM 5.

MİLAS'IN TARİHİ VE MİLASDA BULUNAN ANTİK KENTLER	27
5.1. Milas'ın Tarihi.....	27
5.2. Milasda Bulunan Antik Kentler	28
5.2.1. Iasos.....	28
5.2.2. Laubranda.....	29
5.2.3. Euromos	30

5.2.4. Herakleia / Latmos	31
5.2.5. Beçin.....	32

BÖLÜM 6.

GÜNEYBATI EGE’NİN COĞRAFYASI, TEKTONİĞİ, JEOLJİSİ VE

ENDÜSTRİYEL HAMMADDELERİ	33
6.1. Bölgenin Coğrafyası.....	33
6.2. Bölgenin Tektoniği.....	34
6.3. Bölgenin Jeolojisi	35
6.4. Bölgenin Endüstriyel Hammaddeleri	36

BÖLÜM 7.

SONUÇLAR	41
----------------	----

KAYNAKÇA.....	47
---------------	----

ÖZGEÇMİŞ	48
----------------	----

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

cm	:	Santimetre
DES	:	Düşey elektrik sondajı
I	:	Akım
m	:	Metre
m ²	:	Metre kare
M.Ö.	:	Milattan önce
M.S.	:	Milattan sonra
NT	:	Nano Tesla Manyetik ölçüm birimi
T	:	Tesla Manyetik ölçüm birimi
Ohm/m	:	Jeofizik öz direnç birimi
V	:	Elektrik potansiyeli
ERM	:	Elektrik tomografisi
2D	:	2 boyutlu
3D	:	3 boyutlu
%	:	Yüzde
°C	:	Santigrad derece
∞	:	Sonsuz
vb	:	ve benzeri

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1. Küresel koordinatların gösterilmiş [5].....	16
Şekil 4.2. Wenner (α) Elektrot Dizilimi.....	20
Şekil 4.3. Schlumberger elektrot dizilimi,	21
Şekil 4.4. Dipol – Dipol Elektrot Dizilimi	22
Şekil 4.5. Yarım Wenner Elektrot Dizilimi	23
Şekil 4.6. Yarım Shlumberger Elektrot Dizilimi	24
Şekil 7.1. Laubranda Antik Kentinde oluşturulan çalışma lokasyonları.....	41
Şekil 7.2. Birinci Çalışma Alanından RESDIN3V ile Elde Edilen Kat Haritaları .	42
Şekil 7.3. Birinci çalışma alanında gömülü Olduğu Düşünülen Arkeolojik Yapının Derinliğe Göre Dağılımı	43
Şekil 7.4. İkinci Çalışma Alanından RESDIN3V ile Elde Edilen Kat Haritaları ...	44
Şekil 7.5. Üçüncü Çalışma Alanından Elde Edilen 1. Düşey Kesit.....	45
Şekil 7.6. Üçüncü Çalışma Alanından Elde Edilen 2. Düşey Kesit.....	45

ÖZET

Anahtar kelimeler: Laubranda Antik Kenti, Arkeojeofizik, Rezisivite

Laubranda (Labranda) antik kenti, Muğla- Milas'ın 14 km. kuzeydoğusunda, dağların üstünde, Kariyalılar için önemli bir kült merkezi olup, kutsal alan olarak kurulmuş antik kentlerden biridir. Laubranda'daki arkeolojik kazılar, 1948 yılında başlamış olup dönem dönem devam etmektedir. Bu Antik Kentte; Zeus Tapınağı, Zeus su kaynağı, Rahip Evleri, Doğu Hamamı, Dinsel Yıkanma Salonu ve Surlar arkeolojik kazılarla yer yüzeyine çıkarılmış önemli yapılardır. Bu çalışma; Laubranda yer yüzeyine çıkarılmış yapıların devamlılığına ve henüz açma yapılmamış alanlarda yeni yapıların olma ihtimaline ışık tutmak için yapılmıştır. Bu sebeple antik kentte üç farklı lokasyonda toplam yirmibir profil olmak üzere rezisivite (elektrik özdirenç) ölçümleri alınmış olup, elde edilen veriler yorumlanarak yer altı modellenmesi yapılmıştır.

APPLICATION OF MULTIPLE ELECTRODE ARRAY IN ANCIENT CITY LAUBRANDA

SUMMARY

Keywords: Ancient city of Laubranda, Archeogeophysics, Resistivity

The ancient city of Labranda (Laubranda), 14 km northeast of Mugla-Milas, is an important cult center for the Carians on the mountains and is one of the ancient cities established as a sanctuary. This ancient city is one of the ancient cities established as a sanctuary. The archaeological excavations in Laubranda started in 1948 and continue for the period. These are important structures that have been excavated on the surface but archaeological excavations in this ancient city; Temple of Zeus, Water Supply of Zeus, Priest Houses, Eastern Bath, Religious Bath Hall and City Walls. This work; in the Laubranda was built to shed light on the continuity of the structures unearthed on the ground and the possibility of new structures in the areas that have not been opened yet. For this reason, the resistivity (electrical resistivity) measurements were taken at twenty one different locations at the three different locations in the ancient city and the data were interpreted and the underground modeling was performed.

Therefore, in three different locations in the ancient city, a total of twenty-one lines of resistivity (electrical resistivity) was measured and the data were interpreted and ground modeling was performed.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İsmi antik çağlarda savaş aracı olarak kullanılan çift ağızlı balta 'labrys'den alan ve Karyalılar için oldukça önemli kült bir merkez olan Labranda Antik Kenti, MÖ. 6. yüzyılda kurulmuştur. Zeus'un sembolü olan bu balta figürü, Karia'daki Zeus tasvirlerinin tümünde görülmektedir.

Labranda Antik Kenti'ne MÖ. 4. yüzyılda en parlak dönemini yaşatan Karia Satrapı Moussollos (MÖ. 377-354) ve kardeşi İdrieus (MÖ. 351-344), Labraunda'yı bir aile kutsal alanı haline getirip, kutsal alanda her yıl 5 gün süren dinsel bayramların kutlanmasını geleneksel hale getirdiler. MÖ. 355'te yapılan kutlamalar sırasında bir suikastten kurtulan Moussollos, kentte büyük bir imar faaliyeti başlatarak suni teras, giriş binası, anıtsal merdiven, iki ziyafet salonu, sundurmalı yapı, stoa ve etrafı sütunlu Zeus tapınağı olmak üzere bir dizi anıtsal yapı inşa ettirdi.

MS. 3-1.yüzyıllara denk gelen Helenistik devirde, yalnızca bir çeşme yapısı inşa edilen kutsal alana, MS. 1-2 yüzyıllarda Kuzey Stoa yeniden inşa edilerek 2 hamam yapısı ile birkaç yapı daha eklendi. MS. 4.yüzyılda ise, yöre halkının Hıristiyanlığı kabul etmesi ile Doğu Propylon yakınında bir Bizans Kilisesi yapıldıysa da yine MS. 4.yüzyılda meydana gelen büyük bir yangınla kutsal alan kült yeri olmaktan çıktı. Günümüzde ise Milas'a dek uzanan 8 m genişliğindeki kutsal yolun kalıntıları, birkaç yerde korunabilmiştir [1].

Labraunda'daki kazılar, 1948 yılında başlatılmış, o tarihten itibaren dönem dönem devam etmektedir. Antik kentin yerleşiminin büyük olması sebebiyle de çalışmaların uzun yıllar süreceği öngörülmektedir.

Antik kentlerin yeryüzüne çıkarılma çalışmalarındaki en önemli sorunlardan biri zamanın uzun olması ve buna bağlı maliyet artışıdır. Jeofizik Yöntemler ile gömülü yapıların derinlik, şekil ve yönleri kolaylıkla tespit edilebilir. Yer altındaki yapıya zarar vermeden kısa sürede düşük maliyetle yeryüzüne çıkarılması olanağı sağlayan jeofizik yöntemler bu sebeple arkeolojik kazılarda tercih edilmektedir.

Jeofizik yöntemlerden rezisivite yöntemi, çalışma alanında hakim olan jeolojik formasyonun öz direnci ile gömülü olduğu düşünülen yapıya ait malzemenin öz direnci arasındaki farklılığının net olarak tespiti ile kesin sonuçlar vermektedir.

Çalışma alanında 3 lokasyonda yapılan toplam 21 profil rezisivite çalışması yapılmıştır. Elde edilen elektrik öz direnç verileri 2D ve 3D ters çözüm teknikleri kullanarak yorumlanarak; 1. bölgede birbiri ile bağlantılı iki oda şeklinde yapı tespit edilmiş, 2. ve 3. bölgede ise antik kentten kopan düzensiz parçalara rastlanılmıştır.

BÖLÜM 2. ARKEOJEOFİZİK

Uygulamalı jeofizik, yerkabuğundaki ekonomik yapıların (petrol, maden, su, vb.) yüzeyden yapılan çalışmalarla aranmasını amaç edinmiştir. Başlangıçta jeoloji mühendisliğinin sorunlarını çözmeyi ve maden mühendisliği için maden aramalarını öne çıkaran jeofizik mühendisliği ilerleyen süreçte jeoloji ve maden mühendisliklerine ek olarak birçok bilim dalına katkı koymaya başlamıştır. Bu bilim dallarından biri de arkeolojidir.

İlk uygulamalarında gömülü durumdaki arkeolojik yapı kalıntılarının belirlenerek arkeoloji bilimine kazı açısından yön verilmesini amaçlayan uygulamalı jeofizik çalışmaları dünyada ve Türkiye’de 2000’li yıllardan itibaren arkeolojinin farklı sorunlarının çözümüne de katkı koymaktadır. Jeofizik yöntemlerin arkeolojik yapı kalıntılarının aranmasına yönelik uygulamaları tüm dünyada “Archaeogeophysics” (Ateş, 2002) ya da “Archaeological Geophysics” (Cott, 2002) gibi isimlerin yanısıra “Geophysical Survey” (Matias and Almeida, 1992) veya “Geophysical Prospection” (Wynn, 1986) olarak da isimlendirilmektedir. Bu adlandırma farklılığı ülkemizde de gözlenmekte ve kimi zaman “arkeojeofizik” kimi zaman da “arkeoloji jeofiziği” terimleri kullanılmaktadır. Adlandırmadaki bu farklılıklara karşılık arkeojeofizik ya da arkeoloji jeofiziği; yüzeyden uygulanan jeofizik yöntemlerle, araştırılan arkeolojik yapı kalıntılarına herhangi bir hasar vermeden ve olabilecek en kısa zaman sürecinde arkeolojik yapı kalıntısının yeri, derinliği ve durumunu belirleyerek arkeolojik kazının planlanmasına yön veren ve arkeolojik kazıya ekonomik kazanç sağlayan jeofizik dalıdır. Ek olarak, jeofizik ve arkeolojik bulgular sonucunda antik yapı kalıntısının yeniden yapılandırılması (reconstruction) ve antik yapıların restorasyon çalışmaları sırasında, “yapı jeofiziği” ne benzer şekilde, restore edilecek olan yapının jeofizik yöntemlerle incelenmesini de arkeoloji jeofiziği kapsamında saymak gerekir.

Uygulamalı jeofizik yöntemler yardımıyla arkeolojik yapı kalıntılarının araştırılmasına ilişkin ilk uygulamalar 1940'lı yılların ortasına rastlamaktadır. Bilinen ilk çalışma 1946 yılında Atkinson tarafından İngiltere'de yürütülen öz direnç çalışmasıdır. Bunu 1958 yılında yine İngiltere'de gerçekleştirilen manyetik çalışma izlemiştir. Türkiye'de Türk bilim insanlarının arkeojeofizik uygulamaları ilk olarak 1960'lı yıllarda Keban kurtarma kazıları ile başlamıştır.

Bugünlere değin antik kent oturma alanlarının belirlenmesi, yeraltı odalarının, kazı alanlarının çıkarılması, gömülerin bulunması, yatır (tümülüs) ve höyük araştırmaları, uygarlık yaşı belirleme gibi uygulamalarda jeofizikten yararlanılmıştır [2].

BÖLÜM 3. ARKEOJEOFİZİK ARAŞTIRMALARDA KULLANILAN YÖNTEMLER

Arkeolojik kalıntıların aranmasında kullanılan jeofizik yöntemlere arkeojeofizik araştırmalar denir. Arkeolojik aramalarda, çevre dostu olan jeofizik, yoklama (sondaj) kazılarından önce başvuru ve yeraltında gömülü kalıntıların yer, biçim, uzanım, derinlik özelliklerini üç boyutta veren tek bilimsel yöntemdir.

Arkeolojide jeofizik yöntemler, uygulama alanı olarak kalıntı arama, kalıntı kurtarma, kalıntı yaşlandırma olmak üzere üçe ayrılır.

Kalıntı arama

Kalıntı arama kendi içinde; Yerleşim yerinin belirlenmesi için bölgesel ve belirlenen yerleşim yeri içinde sürdürülen ayrıntı çalışmaları olmak üzere ikiye ayrılır. Çoğunlukla uygulamalar hâlihazırda belirlenen yerleşim alanlarında, kazı izlencesini yönlendirici, yerel yüksek ayrımlı jeofizik yöntemlerle yeraltı haritalamaları biçimindedir. Bölgesel yerleşim yerlerinin bulunmasında kullanılan yöntemler ise; hava ya da uzaydan çekilen fotoğraflar yakın kızılötesi çekimler ya da sayısal imgeleme (imageri) yöntemleridir. Kalıntıların derine gömülü olduğu ya da yersel ve politik koşullar nedeniyle yaklaşılamayan yerlerde Isısal Kızılötesi (Thermal Infrared) yöntemleri uygulanır. Elektrik, Yapay Uçlaşma (IP), Elektromagnetik (EM), Elektromagnetik Radar, Radiometrik, Magnetik Gravite ve Sismik yöntemler, arkeojeofizikte en çok kullanılan yüzey arama yöntemleridir.

Kalıntı Kurtarma

Geleneksel arkeolojik kazılar, daha önce insanın yaşadığını belli eden, yüzeyde kalıntılar içeren ya da yerleşim üzerine tarihsel bilgilerin ya da jeofizik belirteçlerin

olduğu yerlere yoklama çukurları ya da delmeler yaparak sürdürülür. Kazının amacı, daha sonraki deneyler, istatistik çalışmalar ve diğer buluntularla ilgili üçboyutlu ilişkiyi belirlemek üzere kültürel ve biyolojik belgelerin derlenmesidir. Bu üç boyutlu ilişki: 1. Kazı Yeri: Seçilen bir alanda yüzey belirteci içersin ya da içermesin kazının nereden başlayacağı sorundur. Her yana çakma ya da delme yaparak yitirilen zaman ve artan giderler arkeologları mutlu etmez. Yönlendirmenin, kazı öncesi, jeofizik ölçümlerle belirlenmesi hedefe daha kısa sürede, daha ekonomik varmak için tercih edilir. 2. Kazı Süresi: Arkeologlar için üzücü yan, yıllarca gömülü olarak korunan eserlerin kazı ile yüzeye çıkarak bozuşması, küflenmesi ya da yağma edilmesi ya da birbirlerine göre konumlarının değiştirilmesidir. O nedenle, kazının zarar vermeden, birbirleri ile ilişkili yerlerde başlanıp bitirilmesi istenir. 3. Eski Yerleşim Alanının Yeni Kullanıma Açılması: Günümüzde ise, insanlık gerek çevrecilerin baskısı ile gerekse yasalarla arkeolojik alanların yerlerinin belirlenmesi ve bu gibi yerlerin tümüyle yitirilmeden korunmaya alınmasına özen göstermektedir. Jeofizik yöntemlerin uygulanmasıyla eski bina temelleri, daha önce toprak ya da kaya içine kazılan yerler, boş odalar, gömüler, taş, kil ve kireç ocakları, gömülü sütunlar, çöp döküm alanları, eski kentler, kolay, çabuk ve ekonomik olarak bulunabilmektedir.

Kalıntı Yaşı Belirleme

Arkeomagnetizma kapsamındaki bu işlemde, kil ve kireç ocağından toplanan örneklerin son yakma zamanında kazandıkları yerin o günkü mıknatıslanma yönünün, yer magnetik alanının seküler değişim tarihçesine göre olduğu yere bakarak uygarlığın son bulunduğu tarih belirlenebilir.

Jeofizik; arkeoloji biliminin kılavuzluğunda, yeraltının fiziksel özelliklerinde değişimin belirlenmesini izler. Bu fiziksel özellikler, elektrik dirençte, sıcaklık soğurmada, mıknatıslanma duyarlığında, yoğunlukta, dielektrik özellikte, sismik yansıtma farklılıklardır. Buna göre jeofizik yöntemler sırası ile; elektrik, termal, elektromagnetik, magnetik, gravite, yeraltı radarı ve polarizasyon (uçlaşma) ve sismik yöntem olarak sınıflandırılır. Arkeolojik kalıntılarda elektriksel dirençteki farklılıkların nedenleri; kalıntı ve gömü ile çevrenin direnç ayrılığı, nemlilik,

gözeneklilik ve iyon yoğunluğu, toprağın gevşek ve sıklığı, taşın ve toprağın mineral katkılarıdır. Arkeolojik katılarda mıknatıslanma kaynakları ise; gömü ve kalıntı içindeki mıknatıslanır minerallerin oranı, uygarlık yaşında sıcaklıkla hematitin magnetite dönüşü ile kazanılan ısı kalıcı (thermo remanent) magnetizma, ya da biyolojik olarak organizmaların eski çöplüklerdeki hematiti ayırıştırma ile magnetite dönüştürmesi, metal yığınları ve benzer mıknatıslanma özellikleridir. Arkeolojik kalıntılarda yoğunluk ayrılığının kaynağı; yoğun taş ile yeğin toprak arasındaki farklılık, dolu ve boş gömülü hacimler gibi özelliklerdir. Dielektrik ayrılık kaynağı; nemlilik, su, hacimsel ve saçılmış minerallerin yarattığı dielektrik özelliktir. Arkeolojik kalıntılarda yansıtma, özelliğindeki değişimin kalıntı sıklığı ve yoğunluğunun ses ve elektromagnetik dalgayı yansıtma ve geçirme özelliğindeki değişimlerdir.

3.1. Elektrik Yöntem

Elektrik yöntem; elektrik özdirençlerine göre yeraltında gömülü süreksizlikleri arar. Haritalama yöntemi ile yeraltı süreksizliklerin iki boyutlu izdüşümleri, elektrik kaydırma ile sınırları ve elektriği delgi ile derinlikleri bulunur. Elektrik ölçülerde, doğru akım ya da 0.3 hz'den küçük frekanslı elektrik akımın yerde oluşturduğu gerilimi kullanarak yerin direnci ve kullanılan dizilime göre özdirencini ölçen yöntemdir. Elektrik Yöntem; Sit alanlarının sınırlarını belirlemede, gömülü kalıntıların yerlerini, derinliklerini, geometrilerini belirleme ve eski kent planını görüntülemeye, tümülüslerin yapısını çıkarma ve kazı yönlendirmede, yeraltına çizili boş odaların yer ve boyutlarını belirlemede eski su yolları ve yeraltı donanımını belirlemede kullanılır.

3.2. Magnetik Yöntem

Magnetik yöntem; yerdeki gömülerin ayrı mıknatıslanma özelliklerinden kaynaklanan magnetik belirtilerinden tanınmasına dayanır. Özellikle geçmiş uygarlık kalıntıları olan kireç ve demir ocaklarının, ateş yakma yerlerinin, mıknatıslanabilir metallerin gömülü oldukları yerlerin bulunmasında son zamanda magnetik alan ölçümü yerine,

değişimi (gradiometer) ölçülmektedir. Eski mıknatıslanma (archeomagnetism) kalıntı yaşı belirleme yöntemidir. Kilden ve demirden yapılmış malzemeler, yapıldığı zamandaki yer magnetik alanın yönünü kazanır ve şiddetinden etkilenir. Bu gibi malzemelerde mıknatıslanma yönlerini bulup, bunu yer magnetik alanının hangi tarihte, hangi yönde olduğunu gösteren çizelgelerle karşılaştırarak uygarlık yaşını bulmada kullanılır. Malzemelerin mıknatıslanma özellikleri. Yer magnetik alanı için ve onun etkisiyle mıknatıslanmış toprak taş ve demirli nesnelere etkiyle mıknatıslanmış denir. Bunlarda magnetik alan kaldırılınca mıknatıslanma özelliği yok olur. Pişirilmiş kil, yakılmış ya da ısıtılmış taş soğumakta iken, kimyasal bozuşmaya uğrarken ya da çökelirken gereç, o günkü magnetik alanın yönünü alır. Daha sonra magnetik alan değiştiğinde kazanmış oldukları mıknatıslanma özelliğini korurlar. Bunlara kalıcı mıknatıslanma (remanent) denir. Doğanın kendi kimyasal gelişme süreciyle ve organik ayrışma ile ya da insan etkilerinin sürdüğü yerlerde hematitten, mıknatıslanma özelliği daha çok olan magnetite ya da maghemite dönüşler görülür. Sonuçta bu gibi yerlerde yüksek mıknatıslanmalar gözlenir. Dolayısıyla yüzey toprağın, yanmış evlerin, pişirilmiş taş ve toprağın, çöplüklerin, ocakların mıknatıslanması yüksek görülür. Magnetik Yöntem; Kalıntı yeri, eski kil üretim ocak ve fırınları, uygarlık yaşı belirlemede kullanılır.

3.3. Polarizasyon yöntemleri

Polarizasyon yöntemleri yapay uçlaşma(ip) ve doğal uçlaşma(sp) olarak ikiye ayrılır. Yapay Uçlaşma (IP). Saçılmış ya da okside olmuş metal parçalarını aramada kullanılır. Ancak, parçaların az olması yeterli büyüklükte belirti elde etmeyi engeller. Doğal Uçlaşma (SP). Deniz altındaki batıkların yerlerini dirençli tümülün ya da şehir kalıntılarını, derine gömülü metalik cisimleri, eski su kanallarını bulmada kullanılır.

3.4. Elektromagnetik (EM) Yöntem

Elektromagnetik yöntem; yer altındaki gömülü malzemeyi iletkenlik ayrılıklarına göre ayıran yöntemdir. Henüz tümüyle okside olmamış eski metalik parçaların, eski ocak

gibi magnetik belirti veren yerlerin, aynı işareti veren güncel metalik çöplüklerden ayırt edilmesinde, mezar içlerinde metalik parça olup olmadığını anlamada kullanılır.

3.5. Yeraltı Radarı (Ground Proping Radar)

Yeraltı radarı (ground proping radar) arkeolojide kullanılan en yeni elektromagnetik ayardır. Yüksek frekansta yollanan dalgaların yeraltındaki süreksizliklerden yansıma hızını ölçerek, adeta yeraltını görüntüleyen bu yöntemin uygulamasını sınırlayan etmenler, yüzey iletkenliği ya da kil katmanının alttan gelecek bilgileri örtmesidir. Sığ mezarların, sütunların, temellerin bulunmasında başarılı olmuştur. Yeraltına bakan radar, çoğunlukla hacim içindeki su oranı değişiminden kaynaklanan, yerin dielektrik özelliklerini haritalar. O nedenle yeraltı radarları metal ya da metal olmayan dielektrikle ayrılıklarına duyarlıdır. Esas olan elektromagnetik darbenin süreksizliğe gidip gelme yansıma zamanını ölçer. Yeraltı radarı; gömülü definelerin yer, derinlik ve boyutlarını, yeraltındaki eski ve tesisatların uzanımlarını belirlemede kullanılır.

3.6. Radiometrik Yöntem

Radiometrik yöntem insan iskeleti, yemek artıkları ya da diğer organik gereç yığınlarının önemli oranda ürettiği kalsiyum fosfatın, ancak algılanabilir düzeydeki radyo çekirdeklerinin algılanmasına dayanır. Gömülü duvarların ve boşlukların aranmasında nötron dağılımı yöntemi denenmiş olsa da radyasyon tehlikesi nedeniyle bu yöntem fazlaca kullanılmaz.

3.7. Sismik Yöntem

Sismik Yöntem; yeraltına yollanan ses dalgalarının gidiş-geliş zamanını ölçmeye dayanır. Türlü uygulamalarda sismik kırılma yöntemi çok az başarılı olmuştur. Ancak 20 ile 3000 hz arasında taramalı sinyal üretilen sarsıntılarının yansımalarını algılayan sonik spektroskopi, özellikle boşlukların bulunmasında başarılı olmuştur. Ses-yansıtma yöntemi (acoustic-reflection-sidescan sonar) ise deniz ortamında batık kentlerin, gemilerin, deniz çökellerinin yer ve kalınlıklarını bulmada kullanılır. Sismik

yansıma yöntemleri, maliyet ve uygulama sınırlandırmaları nedeniyle daha az kullanılır.

Yüksek Ayrımlı Sismik Ölçüler. Arkeolojide kullanılan yüksek ayrımlı sismikte, yere sarsıntı üretici ile yollanan dalğanın frekansı 3.5 kHz ile 7 kHz arasında değişir. Ölçülerin maliyeti diğer jeofizik yöntemlere göre pahalı olduğundan seyrek olarak ve genellikle denizde kullanılır. **Sismik Kırılma ve Yansıma Ölçüleri.** Sismik Kırılma çalışmaları yapay dolgu kalınlığının ve ilksel topografyanın yanal hız süreksizliklerinin belirlenmesinde yardımcı olmuştur. Belli bir alıcı-verici aralığı (dx) için dizgeyi doğrultu boyunca kaydırarak ölçülen t-geliş (travel time) değişimi, arkeolojik kalıntılar üzerinde erken geliş belirteçleri vermiştir. Taş ve tuğladan oluşmuş arkeolojik kalıntılar üzerinde öz direnç, yüksek sismik hız, erken sismik dalga gelişi, artı polarizasyon belirteçleri uyum içinde denenmiş görülmüştür. Sismik Yöntem; akıntı kanalları, körfezler, göller, lagünler, ayırıcı engeller, tuz ya da şeyl domları ve karstik boşluklar, denizin karaya doğru ilerlediği (transgressive) ya da gerilediği (regressive) yerlerin belirlenmesi ve yeraltı boşluklarını tespit etmede kullanılır.

3.8. Gravite Yöntem

Gravite Yöntem; gereçlerin yoğunluk ayrılıklarından kaynaklanan yerçekimi ivmesindeki değişimlerin ölçülmesine dayanan arkeolojik araştırmalarda yeterli yüksek ve teren düzeltmesi yapılamadığından az kullanılır. Daha çok gravi-gravidienti ölçülerek yeraltı boşlukları ve büyük yapılar araştırılır. Gravite Yöntemi; Sit alanı sınırları, yeraltı boşlukları, gömülü odalar, yer, boyut ve derinlikleri, tümülüs araştırmalarında kullanılır [3].

BÖLÜM 4. REZİSİVİTE YÖNTEMİ

Elektrik özdirenç yöntemi en sık kullanılan jeofizik yöntemlerden biridir. Elektriksellik, elektroliz işlemiyle yeryüzü boyunca oluşan iletimdir ve toprak ile kayaçlarda bulunan gözeneklilik ile gözeneklerin içerdiği su oranına bağımlı olarak değişim gösterir. Bu yöntemde amaç, yer içindeki yapıların yatay ve düşey yönde elektriğin iletim biçimlerini araştırmaktır. Kayaçlar; elektriği iletme yeteneğinin yanı sıra elektriğin iletimine karşı direnç gösterme özelliğine de sahiptir ve bu özelliğe de dirençlilik (rezistif) adı verilir. Kayaç birimleri içerisinde gözenekliliği az ve sıkı olanlar oldukça zayıf ileticidirler ve yüksek dirence sahiptirler [4]. Buna karşılık gözeneklilik miktarı arttıkça gözeneklerdeki sıvı oranına bağlı olarak iletkenlik artar ve direnç azalır.

Arkeolojik çalışmalarda; aranılan yapı içeriği ve yoğunluğu bakımından örtü biriminden farklı olduğundan bulunması kolaylaşır. Toprak ve kille karışmış yüksek özdirence sahip taş ve kayaçların ayrımı önemlidir. İklimsel değişikliklerinde etkisiyle kayaç ya da sedimentin su içeriğindeki değişimler arkeolojik yapıların etkilerini örtebilir. Bu sebeple toprak özdirencindeki değişimlere neden oluşturabilecek koşulların bilinmesi ve göz önünde tutulması gerekmektedir.

4.1. Toprağın Elektriksel Özellikleri

Toprağın akım iletimi elektrolitik bir olaydır ve içerikteki nem bu olayı etkiler. Toprak çeşitlerindeki direnci etkileyen faktörler Şöyle açıklanabilir:

4.1.1. Toprağın nem içeriği

Arkeolojik çalışmalarda yer altının sığ derinlikleri araştırıldığı için toprağın nem içeriği önemlidir. Genellikle arkeolojik yerleşim alanları akarsu yakınlarına kurulduklarından araştırma alanlarının yer altı su seviyesi yüksektir. Bu konuda bölgenin yağış durumu da önemli faktördür. Uzun süre yağış almayan yerlerde yer altı su seviyesi düşeceğinden özdirenç yüksek olacaktır. Ayrıca, uzun süre yağış almayan bir bölge yakın zaman içerisinde güçlü bir yağış almışsa, nem yüzeyde kalacağından elektrotlara kısa devre yaptıracağından ölçüm sonuçlarını etkileyip yanlış sonuçlara varılmasını sağlayabilir.

4.1.2. Geçirgenlik (permeability)

Bir toprağın yüksek oranda nem içeriğine sahip olması, akımın çok iyi akması için yeterli değildir. Toprağın su tutabilmesi gözenekliliği ile doğru orantılıdır. Böylece, gözeneklilik ile geçirgenlik arasındaki ilişki yardımıyla akımın iletimindeki geçirgenliğinde önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber toprağın içerisindeki bitki sapları ve toprak türü de geçirgenlik üzerinde etkilidir.

4.1.3. İyon içeriği

Toprakta çözülmüş durumda bulunan çeşitli tuzların elektrik iletimine etkisi büyüktür. Topraktaki iyon durumunu, jeolojik yapı, yağmur suyu, modern tarımsal gübreleme ve çeşitli kültürel işlemler etkiler.

4.1.4. Isı

Özdirenci etkileyen bir başka olayda, toprağın ısısındaki değişimlerdir. Bu konuda Hesse (1986) [44] tarafından yapılan ayrıntılı bir çalışma özdirencin topraktaki ısı değişikliklerinden etkilendiğini ortaya koymuştur. Hesse, bu çalışmasında her 1°C'deki artışın özdirenç üzerinde yaklaşık %2'lik bir azalmaya neden olduğunu

göstermiştir. Birçok araştırma belirli sıcaklıklar altında yapıldığından, ısının arkeolojik yapılar üzerinde çok etkili olmadığını söyleyebiliriz [4].

4.2. Ölçümleri Etkileyen Faktörler

En sade anlatımıyla öz direnç yöntemi; iki farklı noktadan yere çakılan iki metal çubuk yoluyla yeraltına gönderilen elektrik akımının, yer altında oluşturduğu gerilimin diğer iki farklı noktaya çakılan iki metal çubuk yoluyla ölçme işlemidir. Bu ölçme işlemi etkileyen bazı faktörler vardır:

4.2.1. Değme gerilimleri

Ölçme esnasında elektrotlarla yer arasında, kimyasal özelliklere bağlı olarak, küçük oranlarda doğru akım gerilimleri ölçülür. Elektrot değişimleri sırasında değme gerilimleri arasında farklılıklar olacaktır. Tuzluluğun ve nemin yüksek değerlerde olduğu yerlerde bu farklar yapının etkisini örtebilir. Bu etkiyi ortadan kaldırmak için dalgalı bir akım kaynağı kullanılmasında fayda vardır.

4.2.2. Değme direnci

Arkeolojik alanların toprak örtüleri çoğunlukla bozulmuş yapıdadır. Taşlar, bitki sapları, tarımsal uygulamalar gibi etkenler bir noktadaki toprakla elektrot arasındaki direncin diğer bir noktadakinin farklı olmasına neden olabilir. Bu etkiyi gidermek için toprak sulanabilir ancak bu durumda da suyun dercesine bağlı olarak direnç değerlerinde farklılıklar olabilir.

4.2.3. Elektrot uçlaşması

Ölçümlerde doğru akım kullanılması durumunda elektrotlar arasında elektrokimyasal uçlaşma olabilir ve bu da elektroliz benzeri bir olay yaratır. Bu durumda elektrotlar üzerinde zamanla yük birikmesi olur ve ölçülen direnç zamanla artar. Bu etkiden kurtulmak için alternatif akım kaynağı tercih edilmelidir.

4.2.4. Doğal akımlar

Yer manyetik alanının geçici şbağlı olarak indüklenmiş veya tellürik akımlar gibi doğal kaynaklı akımlar vardır. Bu tür akımlar çok geniş uzanıma sahip olabilirler ve dünyanın hemen her yerinde görünürler. Nadiren de olsa bunlar, ölçümlerde aranılan yapının etkisini örtecek büyüklükte olabilir. Bu tür gürültülerin büyüklüğü, akım yoğunluğuna, yerin özdirencine, elektrotlar arası mesafeye ve elektrotların doğrultularına bağlıdır. Arkeolojik araştırmalarda, sığ derinlikler incelendiğinden elektrot aralıkları kısa tutulur ve bu sayede gürültülerde küçülür. Ancak tamamen yok edilmek istenirse yine dalgalı akım kullanmak yeterli olacaktır.

4.2.5. Yapay akımlar

Araştırma sahasına yakın yerlerdeki elektrikli demiryolları, elektrik hatları, madenler ve insan yapısı çeşitli elektrik kaynakları yeryüzünde bir akıma neden olur ve kendiliğinden uçlaşmalar meydana gelir. Profil seçiminde bunlara dikkat etmek gerekmektedir. Ancak alternatif profil olasılığı yoksa dalgalı akım kullanmak faydalı olur.

4.3. Elektrik Özdirenç Yöntem Teorisi

Özdirenç ölçümlerinin teorisinde yer tamamen homojen ve izotrop olarak kabul edilir. Böyle bir ortamda akım kaynağının tek bir nokta akım kaynağının tek bir nokta civarındaki potansiyel denklemi Ohm Kanununa göre geliştirilebilir.

Ohm Kanunu bir devreden doğru akım geçirilmesiyle ortaya çıkarılmıştır. Pasif bir devre elemanının üzerinde meydana gelen potansiyel düşmesinin bu elemandan geçen akıma oranı sabittir. bu oranın kantitesi rezistans olarak açıklanır:

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad (4.1)$$

Bu pasif devre elemanı üç boyutlu, homojen ve izotrop olursa potansiyel gradiyent (E) ve akım yoğunluğu (J) aynı yönde olur bu durumda Ohm Kanununun potansiyel şekli;

$$E = \rho J \quad (4.2)$$

Burada (ρ) ortamın öz direncidir. Ortamın iletkenliği, öz direncin tersidir ve

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (4.3)$$

M.K.S. sisteminde birimi mho/m'dir. Burada (σ), yüklerin hareketi ve yoğunluğu ile ilgilidir. Ohm Kanunu deneysel ve lineerdir. Bu sebeple uygulamalarda belirli koşulların ortaya konması gerekmektedir. Örneğin, uygulama alanında yüksek akım yoğunlukları olduğunda Ohm Kanununda bazı sapmalar görülür. Lineerliğin korunması için özellikle elektrot civarlarında alçak akım yoğunlukları (1 Amp/m² gibi) tercih edilmelidir.

E elektrik alanının konservatif olmasından,

$$E = \rho J \quad J = \sigma (-\nabla V) \quad (4.4)$$

Burada (V) volt olarak ölçülür.

4.4. Homojen ve İzotrop Ortamda Potansiyel Dağılım

Bir ortamda akım akışı yüklerin korunumu kanuna göre aşağıdaki bağıntıyla belirtilir;

$$\text{div } J = \frac{\partial q}{\partial A} \quad (4.5)$$

$q = (Q/\text{cm}^3)$ yük yoğunluğudur. Bu denklem süreklilik denklemdir ve stasyonery akım için indirgenerek;

$$\text{div}(j) = \text{div} \left(\frac{1}{\rho} \text{grad } V \right) = 0 \quad (4.6)$$

yazılabilir veya;

$$\text{grad} = \left(\frac{1}{\rho}\right) \text{grad } V + \frac{1}{\rho} \text{div} (\text{grad } V) = 0 \quad (4.7)$$

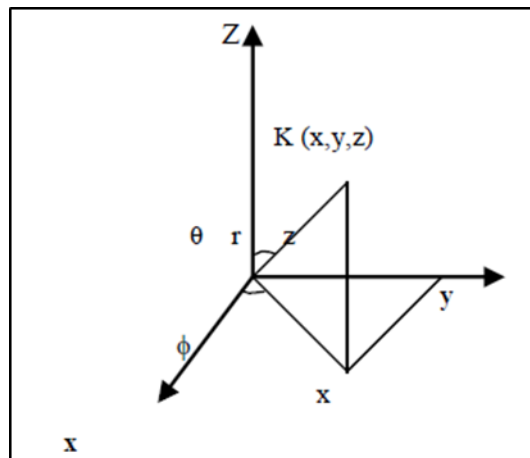
yazılabilir ve bu doğru akım elektrik prospeksiyonunun temel denklemdir. P koordinat eksenine bağımlı değilse yani ortam izotropsa;

$$\nabla^2 V = \text{div grad } V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} \quad (4.8)$$

yazılabilir. Bu denklem Laplace Denklemi olarak bilinir. Buna göre buna göre homojen ve izotrop bir ortamda akan doğru akımın potansiyel dağılımı Laplace Denklemi sağlar.

Sonsuz homojen bir ortamda herhangi bir K noktasından I akımı verildiğinde, K'dan r uzaklığında potansiyel sadece r'nin fonksiyonu olacaktır. Buradan Laplace Denklemi küresel koordinatlarda şu şekilde elde edilir;

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad (4.9)$$



$$x = r \sin \theta \cos \phi$$

$$y = r \sin \theta \sin \phi$$

$$z = r \cos \theta$$

Şekil 4.1. Küresel koordinatların gösterilmesi [5].

Akımın tek bir kaynaktan yayıldığı kabul edilirse, ϕ ve θ doğrultularına göre alınan türevlerin ihmal edilmesi koşuluyla akımın bu doğrultulara göre simetrik aktığı kabul edilebilir. O zaman denklemi;

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) = 0 \quad (4.10)$$

olur. Bu denklemin integrali alınarak,

$$V = C_1 + \frac{C_2}{r} \quad (4.11)$$

denklemi elde edilir. Kaynaktan çok uzakta bulunduğu kabul edilen potansiyel sıfır alınırsa entegrasyon sabiti $C=0$ olur. Bu noktada eş potansiyel yüzeyleri küreseldir ve elektrik çizgileri gibi radyaldır.

Herhangi bir r uzaklığındaki akım yoğunluğu;

$$J = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial V}{\partial r} = \frac{1}{\rho} = \frac{C_2}{r^2} \quad (4.12)$$

biçiminde yazılabilir. Böylece r yarıçaplı bir yüzeyin dışına akan toplam akım:

$$4\pi r^2 J = \frac{4\pi}{\rho} C_2 \quad (4.13)$$

Şeklinde yazılır. Gerekli sadeleştirmeler yapılırsa $C_2 = \frac{1}{4\pi}$ olarak bulunur. Bu durum yarı sonsuz ortam için $C_2 = \frac{1}{2\pi}$ olur. Böylece homojen bir yer yüzeyinde akım kaynağının herhangi bir noktadaki potansiyeli ;

$$V = \frac{1}{2\pi} \frac{I}{r} \quad (3.14)$$

Olarak elde edilir.

Arazide özdirenç çalışmalarında akım yer içine iki elektrot aracılığıyla verilir. Bu durumda potansiyel,

$$V = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (3.15)$$

Olur. Burada r_1 ve r_2 kaynak noktalarının P noktasına olan uzaklıklarıdır.

Bu denklemin; ortam homojen ve izotrop olarak kabul edilerek türetildiği unutulmamalıdır. Burada ρ gerçek özdirenci ifade eder. Pratikte yer homojen ve izotrop olmadığından bu denklem geçersizdir ve bu durum için yeni potansiyel ifadeler gereksinim vardır. Bu tür ortamlarda gerçek öz direnç yerine heterojeniteyi tanımlayacak görünür özdirenç değerinden bahsedilmelidir.

4.5. Eşpotansiyel Eğrileri

Özdirenç uygulamalarında yere iki farklı noktadan akım verilir ve oluşan potansiyel farkının başka iki nokta arasındaki potansiyel elektrotlarınca ölçülür. Ortam homojen ise özdirenç sabit olacağından akım eğrileri düzgün olarak yayılırlar. Bu akım eğrilerine dik olacak şekilde aynı potansiyel değerine sahip noktaları birleştiren eğriler çizilirse bunlara eş potansiyel eğrileri denir. Ortamın homojen olmaması durumunda, bozucu bir kütlenin varlığı gibi eş potansiyel eğrileri düzgün dağılamazlar.

4.6. Dizilim Çeşitleri

Özdirenç araştırmalarında araştırma alanı, hedeflenen araştırma derinliği, araştırmanın konusu gibi çeşitli değişkenler göz önünde tutularak, kullanılan elektrotlar birçok farklı biçimde dizilebilirler. Uzun süredir araştırmacılar yöntemin başarısını artırabilmek için değişik elektrot dizilimleri geliştirmişlerdir. Ölçülen alanın, homojen ve izotrop olduğu varsayılırsa, ortamın özdirenci;

$$\rho = k (\Delta V/I)$$

olarak gösterilir. Burada, ρ (ohm.m) ortamın özdirenci, k (m) geometrik faktör, ΔV (volt) potansiyel farkı, I (amper) akımı göstermektedir. Ancak yeryüzü homojen ve izotrop olmadığından yani yanal yönde ve düşey yönde düzensizlikler içerdiğinden potansiyel farkı

karmaşık bir ortamın akıma karşı tepkisi ve ölçülen özdirenç değeri de gerçek özdirenç olmaktan çıkar (ΔV_a) ve görünür özdirenç (ρ_a) olarak adlandırılır. Bu durumda bağıntı;

$$\rho_a = k (\Delta V_a / I)$$

olarak yazılır. Bu bağıntı tüm dizilimler için geçerlidir. Elektrotların birbirlerine göre farklı yerleştirilmesinden kaynaklanacak fark, k sabitinin dizilime göre farklılık göstermesiyle aşılır. Özdirenç yönteminde sıklıkla kullanılan elektrot dizilimleri şunlardır:

- Wenner Dizilimi
- Schlumberger Dizilimi
- Dipol Dizilimler
- Yarım Wenner Dizilimi
- Yarım Schlumberger Dizilimi

4.6.1. Wenner elektrot dizilimi

Wenner elektrot dizilimine göre; iki akım elektrotu (C_1 ve C_2) ve iki potansiyel elektrotundan (P_1 ve P_2) oluşan dört elektrot bir doğru boyunca eşit aralıklarla (Şekil 4.2.) dizilir. Bu dizilim çeşidinde k geometrik faktörü;

$$k = \frac{2\pi}{\frac{1}{C_1 P_1 C_2 P_1} + \frac{1}{C_1 P_2} + \frac{1}{C_2 P_2}}$$

şeklinde yazılır. Elektrotlar arası uzaklık a olursa;

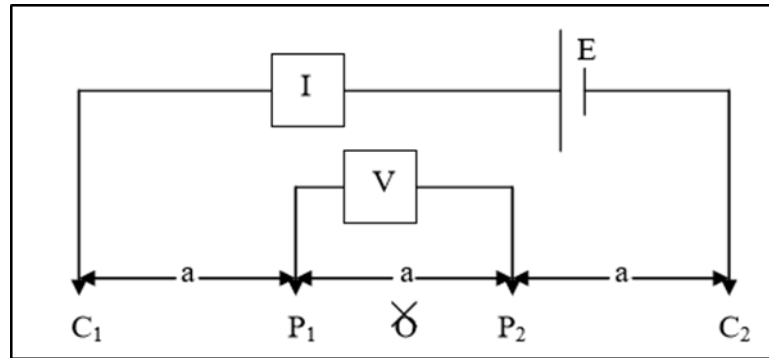
$$k = \frac{2\pi}{\frac{1}{a} + \frac{1}{2a} + \frac{1}{2a} + \frac{1}{a}}, \quad k=2\pi a$$

olarak yazılabilir. Bu durumda Wenner elektrot dizilimine göre görünür öz direnç bağıntısı;

$$\rho_{aw} = 2\pi a (\nabla V a / I) \text{ biçiminde yazılabilir.}$$

Wenner diziliminde elektrotlar $C_1P_1P_2C_2$ veya $P_1C_1C_2P_2$ düzeninde sıralanırsa, Alfa

(α) Dizilimi, $C_1C_2P_1P_2$ düzeninde sıralanırsa, Beta (β) Dizilimi, $C_1P_1C_2P_2$ veya $P_1C_1P_2C_2$ düzeninde sıralanırsa, Gama (γ) dizilimi olarak adlandırılır [6].



Şekil 4.2. Wenner (α) Elektrot Dizilimi

Wenner elektrot dizilimi yanal süreksizliklerden etkilendiği için daha ziyade sığ araştırmalarda (Arkeojeofizik gibi) tercih edilir.

4.6.2. Schlumberger elektrot dizilimi

$$k = \frac{2\pi}{\frac{1}{a-\frac{b}{2}} + \frac{1}{a+\frac{b}{2}} + \frac{1}{a+\frac{b}{2}} + \frac{1}{a-\frac{b}{2}}} = \pi \left(\frac{a^2}{b} - \frac{b}{4} \right)$$

bu durumda Schlumberger elektrot diziliminde görünür öz direnç;

$$\rho_{as} = \pi \left(\frac{a^2}{b} - \frac{b}{4} \right) \frac{V}{I}$$

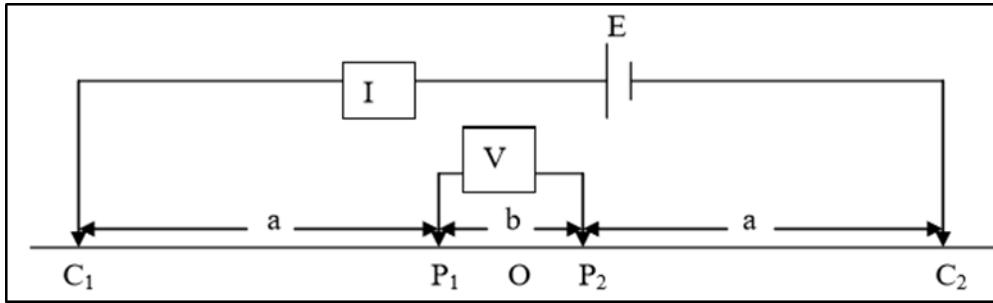
Olarak elde edilir. Pratikte $a \gg b$ olduğunda $\frac{b}{2a} \rightarrow 0$ kabul edilir.

$$E = \frac{\partial V}{\partial r} = \frac{\rho I}{2\pi r^2}$$

olur ve bu durumda görünür öz direnç;

$$\rho_{as} = 2\pi r^2 \frac{E}{I} \rightarrow \rho_{as} = \frac{bI}{\pi a^2 V} = \pi a^2 \frac{I}{E}$$

Şeklinde yazılabilir.



Şekil 4.3. Schlumberger elektrot dizilimi,

Schlumberger elektrot dizilimi derin araştırmalara imkân verdiği ve uygulaması daha hızlı ve kolay olduğu için bu tür çalışmalarda en çok tercih edilen dizilimdir.

4.6.3. Dipol dizilimler

Dipol dizilimlerde birden fazla çeşit vardır. Burada uygulamalarda en çok kullanılan yöntem olan Dipol-Dipol Elektrot Diziliminden bahsedilecektir. Derin elektrik

sondajları için kullanılan bu tip açılımlarda; elektrotlar, iki akım elektrotu (C_1 ve C_2) ve iki potansiyel elektrotu (P_1 ve P_2) olarak adlandırılırsa, elektrotlar aynı doğrultu üzerinde $C_1 C_2 P_1 P_2$ olmak üzere dizilir. $C_1 C_2$ uzaklığı (a), $C_2 P_1$ uzaklığı (na) ve $P_1 P_2$ uzaklığı (a) Şeklinde olmalıdır. Bu dizilim çeşidinde potansiyel ifadesi;

$$V_{dd} = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{na} - \frac{1}{(n+1)a} \right) - \left(\frac{1}{(n+1)a} - \frac{1}{(n+2)a} \right) \right\}$$

Şeklinde dir. Bu durumda k geometrik faktörü;

$$k = \frac{2\pi a}{\frac{1}{n} - \frac{2}{n+1} + \frac{1}{n+1}} = a\pi n(n+1)(n+2) = 2\pi aG$$

olur. Burada $G = \frac{1}{2}n(n+1)(n+2)$ olup

$n=1$ için, $G=3$

$n=2$ için, $G=12$

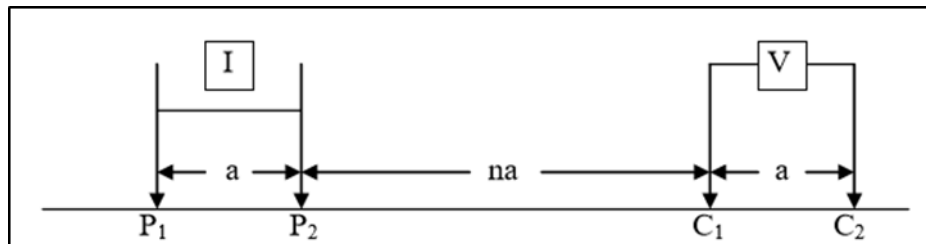
$n=3$ için $G=30$

$n=4$ için, $G=60$

olarak hesaplanır. G sabit olduğundan geometrik faktör a elektrot aralığıyla değişir.

Bu durumda görünür rezisivite;

$$\rho_{add} = 2\pi aG \frac{V}{I}$$



Şekil 4.4. Dipol – Dipol Elektrot Dizilimi

4.6.4. Yarım wenner elektrot dizilimi

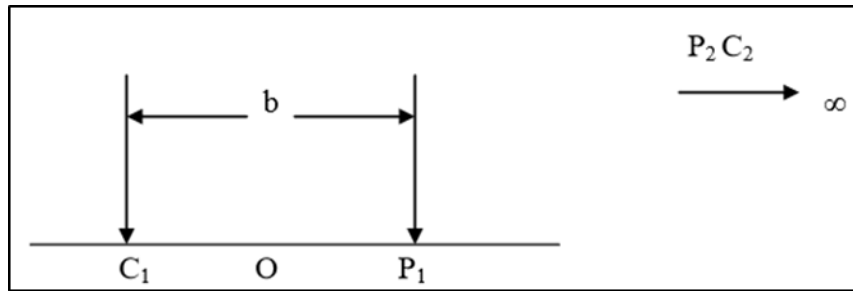
Yarım Wenner elektrot dizilimine göre; (C1 ve C2) akım elektrotları ve (P1 ve P2) potansiyel elektrotları olmak üzere akım ve potansiyel elektrotlarından birer tanesi (C2 ve P2), diğer ikiliden (C1 ve P1) çok uzak noktalara yerleştirilir ve sabittir. Pratik olarak sonsuzda oldukları kabul edilir. Bu durumda C1 ve P1 elektrotlarının orta noktası merkez olmak üzere bu iki elektrot simetrik olarak bir hat boyunca açılarak ölçüm alınır. C2 ve P2 elektrot çifti sonsuzda olduklarından ΔV potansiyel farkı P1 noktasındaki potansiyele eşittir. C1 P1 aralığına a denirse;

$$\Delta V = \frac{\rho a I}{2\pi a}$$

Olur ve bu durumda;

$$\rho a = 2\pi a \frac{\Delta V}{I}$$

Şeklinde hesaplanır.



Şekil 4.5. Yarım Wenner Elektrot Dizilimi

4.6.5. Yarım schlumberger elektrot dizilimi

Yarım Schlumberger elektrot dizilimine göre; (C1 ve C2) akım elektrotları ve (P1 ve P2) potansiyel elektrotları olmak üzere, akım elektrotlarından biri diğerlerinde oldukça uzak bir noktaya yerleştirilir, sabittir ve sonsuzda kabul edilir. Diğer üç elektrotun

aralıkları farklı olabilir. C1 P1 elektrot aralığı a, C1 P2 elektrot aralığı b, C2 P1 ve C2 P1 elektrot aralıkları sonsuz (∞) olarak alınır;

$$\rho a = \frac{2\pi ab \Delta V}{b-a I}$$

b=2a olursa;

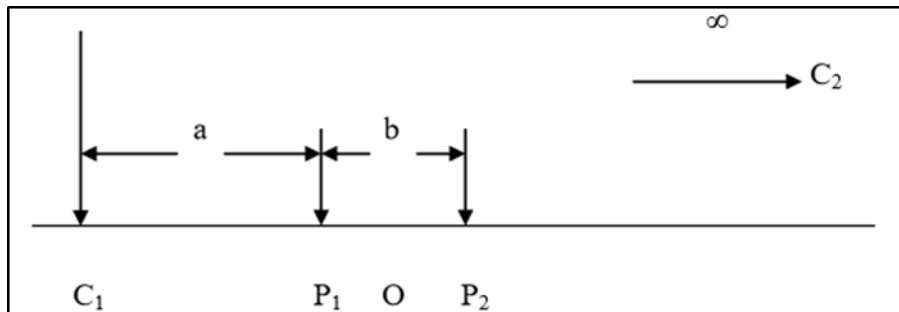
$$\rho a = 4\pi a \frac{\Delta V}{I}$$

olur ki bu da yarım Wenner elektrot diziliminin iki katıdır. İki potansiyel elektrotun arasındaki mesafe (P1 P2), P1'den akım elektrotlarına olan mesafeden çok küçük olduğunda ihmal edilebilir ve

C1P1 = $a - \frac{a}{2}$ ve C1P2 = $a - \frac{a}{2}$ yazılabilir. Bu durumda görünür öz direnç;

$$\rho a = \frac{2\pi a}{I} \left(\frac{\Delta V}{\Delta a} \right)$$

olur ki bu diziliş Yarım Shulumberger Açılımı olarak adlandırılır. Burada $\frac{\partial V}{\partial a}$ V'nin yüzey gradyanı yani potansiyel elektrotlarının orta noktasındaki elektrik alan şiddetidir.



Şekil 4.6. Yarım Shlumberger Elektrot Dizilimi

4.7. Düşey elektrik sondajı

Düzgün bir doğrultu boyunca serilen dört elektrotun, potansiyel elektrotlarının orta noktası simetri merkezi olmak üzere, iki tarafa doğru her ölçümden sonra belirli oranlarda açılmasıyla gerçekleştirilir. Bu şekilde, elektrotlar arası mesafe açıldıkça akımın yer içerisinde yayılacağı derinlik artar. Elektrotların her açılımında akım geçişine derinlikteki ek bir direnç katılımı ile karşı durulacağından, yüzeyde ölçülen gerilim öz direncin derinlikle değişimini yansıtacaktır. Bu yöntem öz direncin derinliğe bağlı değişimini incelemek için yapılır. Bu öz direnç ölçü yöntemi, özellikle düşey süreksizliklerin yeri, derinliği ve kalınlıklarını saptamak için kullanılır.

4.8. Öz direnç Profil Ölçüsü (Yanal Kaydırma)

Belirli bir derinlik için öz direncin bir doğrultu boyunca değişimini inceleyen uygulama tekniğine Yatay Tarama, Yatay Öz direnç Çalışması yada Yanal Dizilim Kaydırma Yöntemi denir. Yüzeyden verilen akımın indiği derinlik; dizilim türüne, verilen akımın genliğine, akım uçlarının aralanmasına, yapıdaki öz direnç araldanmasına bağlı olduğundan, çalışma alanında ölçü alınan tüm doğrultular boyunca; dizilim türü, verilen akımın genliği, akım uçları aralığı sabit olmalıdır [7].

Bu ölçü tekniğinde; aranılan yapının muhtemel uzanımına dik biçimde seçilen bir profil boyunca, belirlenen bir elektrot açıklığı için alınan her bir ölçüden sonra tüm elektrot seti Δx kadar kaydırılır. Alınan ölçü potansiyel elektrotlarının orta noktasına atanır. Bu yöntem; öz direncin yanal yönde değişimini incelemek amacıyla uygulanır. Özellikle yanal süreksizliklerin incelenmesinde, yerinin, derinliğinin ve genişliğinin saptanması için kullanılır.

4.9. Sığ Amaçlı Özdirenç Araştırmalarının Planlanması

Özdirenç çalışmaları, sığ jeofiziksel aramalarda en çok kullanılan fiziksel özelliklerden biridir. Arkeolojik aramacılıkta, tortul nemindeki değişiklikler özdirenci doğrudan ilgilendirir. Bu yüzden arkeolojik amaçlı özdirenç araştırmalarının planlanmasında birçok önemli etkeni göz önüne almak gereklidir.

Arkeolojik amaçlı bir özdirenç çalışmasına başlamadan önce; alanın jeolojik jeomorfolojik ve arkeolojik özelliklerinin tanımlanması gereklidir. Ölçülecek alanın toprak dağılımının fiziksel ve kimyasal özellikleri önceden belirlenmelidir. Bu amaçla; alanın toprak dağılımının fiziksel özelliklerini belirlemek için, alanın değişik yerlerden seçilecek hatlar üzerinde ölçümler yapmak gerekir buradaki amaç toprak direncindeki değişimlerin saptanması olduğundan, 1 m uzaylanmasına sahip ve görünür anizotropiyi azaltıcı bir dizilimin seçilmesi önemlidir. Alandaki toprak özdirencinin saptanmasından sonra ölçülecek alanlar belirlenebilir. Belirlenen bu alanlar üzerinde öncelikle alanın dıştan görünüşü ile ilgili tüm özellikler not edilir ve bu özelliklere uygun bir başlangıç profili seçilerek uygulanması düşünülen dizilimler saptanır. Başlangıç profili üzerinde uygulanan değişik dizilimlerin sonuçları karşılaştırılarak, alanda uygulanacak ana dizilimler ortaya çıkarılır [4].

4.10. Birleşik Ters Çözüm

Birleşik ters çözüm, birden fazla noktaya ait verinin birlikte çözülmesi işlemidir. Bu çalışmada, birden fazla DES verisi için ters çözüm işlemi yapılarak düşeydeki değişimin yanı sıra yanal değişimde saptanmaya çalışılmıştır. Birleşik ters çözümde jakobiyen matrisinin doğru oluşturulması önemlidir. Oluşturulan jakobiyen matrisi şematik olarak gösterimi yer almaktadır. Jakobiyen matrisin hesabında sayısal türev alınmıştır. Parametre ve veri matrislerinin de doğru oluşturulması önemlidir.

BÖLÜM 5. MİLAS'IN TARİHİ VE MİLASDA BULUNAN ANTİK KENTLER

5.1. Milas'ın Tarihi

Milas tarihi boyunca ismini değiştirmeden gelen ender yerleşim alanlarından birisidir. Antik Mylasa olan isim daha sonra Milas olmuştur. Tarih açısından Milas'ın kuruluşu ilkağlara kadar uzanmaktadır. Milas bۆlgesinde, insan yerleşimlerinin ilk belirtileri pre-historic dۆneme, yani 8 bin yıl ۆncesine kadar uzanmaktadır. Bafa Gۆlű çevresinde, Beřparmak dağlarında bulunan mağara resimlerinden, bu □ kaniya varılmaktadır. Milas'ın bilinen tarihi ise MÖ 3400 yıllarına kadar uzanmaktadır Milas, adını, mitolojiye gۆre, rűzgārlara hākim olan Ailos'un soyundan gelen Mylasos'tan almıştır. Milas adının kۆkenine ilişkin olarak; “Mylasa, Milaso, Melaso, elasso, Melessa, Milaxo” olarak tarihsel sűre iindefarklı isimlerle adlandırıldığı ve zamanla halk arasında bu isminses değişikliğine uğrayarak “Milas” şeklini aldığı çeşitli kaynaklar tarafından belirtilmektedir. Milas isminin nereden geldiği konusunda, antik yazarlardan Byzantionlu Staphanos, Mylasa'nın, Sisyphos ve Ailos'un torunu, Chrysaor oęlu Mylasos'dan aldığını belirtir Mylasa, Girit ve Yunan uygarlıkları ile ilişki içinde olmuştur. Tűm Karia'nın ulusal tanrısı Zeus Karios mabedinin yer aldığı Mylasa, Karialıların ha eri durumundaydı. Her yanı, Sodra'dan çıkarılan ermerlerl kaplı olan kent, o dۆnemde, “mabetler şehri” unvanını almıştı.

Eski Yunanlılar; Karları, Leleg ve Pelasgılarla birlikte Anadolu'nun en eski halklarından birisi olarak kabul ederlerdi. ۆnlű tarihi Herodat'a gۆre, Karialılar, anakaraya (Anadolu'ya) adalardan gelmişlerdir. Karialılar, Homeros'a gۆre, Kral Priamos'un yanında savaşan Asya kۆkenli bir topluluk olup, Batı Anadolu'da kıyılara yakın yerlerde yaşarlar. ۆnlű tarihi Herodot da bunu doğrulamaktadır. Daha ۆnce Lidya egemenliğinde olan Karia bۆlgesi, MÖ 6. yy'dan sonra Perslerin egemenliğine girmiştir. Karya dۆneminde Mylasa, yerli halktan olan Hyssaldomamos, Hekatomnos

ve Mausolos gibi kralların döneminde önemini korumuştur. Mylasa, özellikle Hekatomnos'un krallığı döneminde (Uzunyuva'nın altında mezarı bulunan kral) çok büyük gelişmeler olmuş, şehir mimari açılarından çok gelişmiştir. Milas, Karya dönemiyle birlikte Roma, Bizans, Selçuklu, Menteşe Beyliği ve Osmanlı uygarlıklarını yaşadı. Tüm bu uygarlıklardan, günümüze kadar gelebilen çok sayıda tarihi eser bulunmaktadır. Karya dönemine ilişkin olarak Milas'ta, 27 antik kentin kurulduğu bilinmektedir. Bugün bunlardan; İasos, Labranda, Herakleia ve Euromos özelliklerini koruyan ören yerleridir. Milas tarihi boyunca hep yönetim merkezi olmuş ve bu özelliğini daima korumuştur. Karya ve Menteşe Beyliğine başkentlik yapan Milas, Osmanlı döneminde de bir ilçe merkezi olma işlevini hiç yitirmemiştir. Milas'ın tarihi boyunca yönetim merkezi olmasının en büyük nedeni; bölgenin ticari potansiyeli, kara ve deniz ticaret yollarının üzerinde olması ve ayrıca stratejik önemde bir konuma sahip olmasıdır. Ticari yaşamının canlılığı, yer altı ve yerüstü kaynaklarının zenginliği; Milas'ı önemli hale getiren temel unsurlardır [8].

5.2. Milasda Bulunan Antik Kentler

Milas'ın tarihinde 27 antik kent kurulmuş ve bu kentlerden günümüze İasos, Labranda, Euromos ve Herakleia antik kentleri gelmiştir. Roma dönemine ait su kemerleri, Menteşe Beyliği kenti olan Beçin'de o döneme ait eserleriyle ayakta durmaktadır.

5.2.1. İasos

Kentin yapılarını barındıran agora düzlük olan kısmında yer alır. Toplam açıklığı 107x87 metredir. Zaman içinde dört girişe sahip olan şimdiki girişi Bizans Dönemi'ne aittir. Bu alanda birden fazla döneme ait yapılar üst üste yer almaktadır. Bu dönemler Erken Bronz Çağı I' den (MÖ 3300-3000) Geç Bizans (MS 1261-1453) Dönemine kadar uzanmaktadır.

Agoranın ortasında çeşitli küçük kutsal yapılar ve sunaklar bulunmaktadır. Alanın dört tarafını çevreleyen portikolar (stoa) M.S 2. yy.daki inşa faaliyetlerinden kalmadır. Kuzey ve Güney Stoalar çift portikoludur ve yer döşemesi mermerdendir.

Agoranın doğu saaklığı boyunca uzanan ifte yazıt, geniş dikdörtgen alanı kesin bir şekilde agoranın bu günkü kalıntılarını MÖ 136-138 yılları arasında yani Roma Dönemi'ne tarihlenir. Stoalarda bulunan dükkân yapılarına ait bloklar ile üst yapı elemanları bugün bile agorada görölmektedir.

Agorada farklı şu dönemlere tarihlenen yapılar ve yapılara ait farklı yapı evreleri bulunmaktadır: Bronz Çağ Yapıları, Geometrik Dönem Nekropolisi, Klasik Dönem (ifte Baltalar Kutsal Alanı) ve Geç Hellenistik Dönem.

5.2.2. Laubranda

Milas'ın kuzeyindeki Kocayayla'da (14 km.) bulunan Laubranda, Kariyalıların ha yeri olup, dağların üstünde kutsal bir alan olarak kurulmuş antik kentlerden biridir. Laubranda ile ilgili en erken bilgileri, antik çağın ünlü tarihçisi Herodot'dan öğrenilmektedir. Anadolu'nun güneybatısında yaşamış olan Kariyalılar için Labraunda oldukça önemli bir kült merkezidir. "ift Baltalı Tanrı" Zeus Labraundos kültünün kökeninin, su kaynağı ve tapınak terasının hemen üzerindeki büyük kayaya dayandığı düşünölmektedir. Mylasa'dan (Milas) başlayan ve "Kutsal Yol" olarak adlandırılan 14 km uzunluğunda ve 8 m genişliğe sahip taş kaplamalı bir yol ile ulaşılan Zeus Labraundos'un kutsal alanındaki en eski buluntular M.Ö. 5. yüzyıla aittir.

M.Ö. 4. yüzyılda kente en parlak dönemini yaşatan Karia Satrapı Moussollos (M.Ö. 377-354) ve kardeşi İdrieus (M.Ö.351-344); Labraunda'yı bir aile kutsal alanı haline getirip, kutsal alanda her yıl 5 gün süren dinsel bayramların kutlanmasını geleneksel hale getirmişler. M.Ö. 355 yılında yapılan kutlamalar sırasında bir suikasten kıl payı kurtulan Moussollos, kentte büyük bir imar faaliyeti başlatmış, Zeus Tapınağı da dahil olmak üzere bir dizi anıtsal yapı yaptırmış.

Helenistik devirde (M.S. 3-1 yüzyıllar) sadece bir eşme yapısı inşa edilmiş olan kutsal alanda; M.S. 1-2 yüzyıllarda Kuzey Stoa yeniden inşa edilmiş ve 2 hamam yapısı ile birkaç yapı daha eklenmiştir. M.S. 4. yüzyılda, yöre halkının Hıristiyanlığı kabul etmesi ile Doğu Propylon yakınında bir Bizans Kilisesi yapılmıştır. Yine M.S. 4.

yüzyılda meydana gelen büyük bir yangın felaketi nedeniyle kutsal alan kült yeri olmaktan çıkmıştır. Günümüzde ise Milas'a kadar uzanan 8 metre genişliğindeki kutsal yolun kalıntıları, birkaç yerde korunabilmiştir.

Labraunda'daki kazılar, 1948 yılında İsveç'in Uppsala Üniversitesi profesörlerinden A.W. PERSSON tarafından başlatılmış ve aynı Üniversiteden Profesör Dr. Pontus HELLSTRÖM kazı başkanlığında tarafından devam ettirilmiştir, o tarihten itibaren dönem dönem devam eden kazılar en son 2014 yılında Fransız Anadolu Araştırmaları Enstitüsü'nden Doç.Dr.Oliver Can HENRY Kazı Başkanlığı'nda yapılmıştır.

5.2.3. Euromos

Milas İlçesi, Selimiye Mahallesi sınırları içinde yer alan ve doğusundaki Kızılbayır dağının eteklerine yayılan Euromos Antik Kenti, Milas'a yaklaşık 12 km. mesafededir. Romalı yazar yaşlı Plinius tarafından "Eurome" olarak adlandırılan kent, daha erken dönemde Kyromos, Hyromos ve Hellenistik Dönemde de kullanılmış olan Europos isimleriyle de anılmıştır.

Büyük İskender'in fethinden sonra Euromos Makedonya, Mısır ve Suriye kralları arasında el değiştirmiştir. Kent, M.Ö. 201-196 yılları arasında Makedonya Kralı V. Philippos'un denetimine girmiş ve kentin adı Philippoi olmuştur. M.Ö. 188 Apameia Anlaşmasıyla Karia'nın geri kalanı gibi Euromos Rodoslulara devredilmiştir. Roma İmparatorluk Çağı'nda gelişen ve bağımsız bir kent olan Euromos, Bizans Döneminde Mylasa piskoposluğu içerisinde varlığını sürdürmüştür.

Kentte ilk kazı ve restorasyon çalışmaları 1969-75 yılları arasında Ümit Serdaroğlu tarafından gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 40 yıllık bir kesintiden sonra, 2011 yılında Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Abuzer Kızıl başkanlığındaki bir ekip tarafından, yeniden başlatılmış ve çalışmalar halen devam etmektedir.

Kazı çalışmalarıyla elde edilen şimdiki veriler kentin Geç Geometrik Dönemden Bizans Dönemi'ne kadar kesintisiz bir biçimde yerleşime sahne olduğunu göstermektedir. Kentte, Zeus Lepsynos Tapınağı, kuzey ve güney nekropoller, agora, tiyatro, hamam, surlar ve şapel görülebilecek başlıca kalıntılardır. Söz konusu kalıntılardan Zeus Lepsynos Tapınağı Anadolu'daki en iyi korunmuş tapınaklardan biri olması itibariyle dikkat çekicidir.

5.2.4. Herakleia / Latmos

Günümüzde Milas-Söke Karayolu üzerinde yer alan Herakleia Kenti Antik Çağda Latmos Dağları olarak bilinen Beşparmak dağları sarp ve ormanlarla kaplı olup Latmos Körfezini çevirmektedir. Doğal güzelliği ile tanınan bu antik şehre aynı zamanda Latmos veya Latmia ismi de yakıştırılmıştır.

Latmos Herakleia'sı en parlak devrini Helenistik dönemde yaşamıştır. Özellikle deniz ticareti sayesinde çok zenginleşmiştir. Antik zamana tarihlenen kalıntıları Latmos Dağı'nın Bafa Gölü'ne uzantılarının bulunduğu yerdeki Kapıkırı Köyü ile iç içedir. Gerçekte, eski şehir bugünkü Herakleia'nın doğusunda dik bir yamaçta kurulmuştur. Şehrin sur duvarları M.Ö.287'de Lysimachos tarafından genişletilmiş, uzunluğu 6.5 km.ye ulaşmıştır. Surlar 65 kule ile takviye edilmiştir.

Herakleia'nın tamamen terk edildiği yıllardan bir süre sonra M.S. VIII. yy.ın ilk yarısında Sina yarımadasından, Yemenden gelen Hıristiyan papazları burada bir takım manastır ve kiliseler yapmışlardır. Bu manastır ve kiliseler Latmos Dağlarından başlayarak körfeze ve Bafa Gölü üzerindeki adacıklara yayılmıştır.

1971 yılından bu yana bölgede çalışan Alman arkeolog Anneliese Peschlow'un Latmos Kaya Resimleri ile yolu 1994'te ziyaret ettiği bir köyde kesişmiştir. İnsanlığın gelişim tarihi açısından çok önemli olduğunu söyleyen uzmanlar bu resimlerin Anadolu'nun ilk aile tablosunu sembolik bir dille anlatıldığını ifade ederler.

Ayrıca resimlerde Avrupa'da bulunanlardan farklı olarak savaş figürlerinin bulunmadığı vurgulanmaktadır. Batı Anadolu'da benzerleri bulunmayan bu resimler, tarih öncesi resim sanatına olduğu kadar dönemin kadın-erkek ilişkilerine dair de bilgileri günümüze ulaştırmaktadır. Paleolitik zamandan Neolitik zamana geçişi simgeleyen kaya resimlerinden 170 tane bulunmuştur.

5.2.5. Beçin

Bir dönem Mentешеoğulları Beyliğine başkentlik yapmış olan Beçin şehri, Türk kültürü ve tarihi açısından önemli bir yere sahiptir. Kent, çoğu 14. ve 15. yüzyıldan kalma eserleri ile erken dönem Batı Anadolu mimarisi hakkında değerli bilgiler vermektedir. Milas-Ören yolu üzerinde kentin 5 km. güneyinde, Milas ovasına hakim bir plato üzerindeki Mutluca (Beçin) Köyünde yer alan Beçin Kalesi Bizans dönemine tarihlendirilmektedir. Kale Mentешеoğulları döneminde onarılmıştır. Kaledeki asıl yerleşim 200 metre yukarıdaki iç kale bölümündedir. Beçin'de pek çok medrese, hamam, cami, han, zaviye, türbe kalıntısı vardır. Ayrıca kentten günümüze bir Bizans şapeli, Mentешеoğulları döneminden Karapaşa Medresesi, türbe, Ahmet Gazi Medresesi, Orhan Bey Camii, hamam, Bey Konağı, Bey Hamamı, Kızılhan, Yelli Camii ve medresesi gelen yapılar arasındadır [9].

BÖLÜM 6. GÜNEYBATI EGE’NİN COĞRAFYASI, TEKTONİĞİ, JEOLJİSİ VE ENDÜSTRİYEL HAMMADDELERİ

6.1. Bölgenin Coğrafyası

Milas, Anadolu’nun güneybatısında Muğla ilinin en büyük ikinci ilçesidir. 27 derece 30 dakika – 28 derece 30 dakika doğu boylamları ile 37 derece – 37 derece 30 dakika kuzey enlemleri arasındadır. Yüzölçümü 235.224 hektardır. Kuzeyinde; Bafa Gölü ve Beşparmak Dağları ile Çomakdağı da kapsayan Batı Menteşe Dağları yer alır. Doğusunda; Kurukümes Dağı, Akdağ ve Marçalı Dağları yükselir. Güneyinde; Gökova (Kerme) Körfezi ile körfezin karşı kıyısında Datça (Reşadiye) Yarımadası vardır. Batısında ise Güllük (Mandalıya) Körfezi ile Bodrum Yarımadası bulunur. Milas’ın komşuları; kuzeyde Aydın’ın Söke, Koçarlı ve Çine ilçeleri, doğusunda Muğla’nın Yatağan ve Muğla merkez ilçeleri, batısında ise Bodrum ilçesidir. İlçenin kuzeyinde ve doğusunda Batı Menteşe dağları uzanır. Bu dağlar üzerinde Kurukümes, Kocadağ, ve Akdağın tepeleri yükselir. Aksivri (1373) bu dağların en yüksek tepesini oluşturur. Milas’ın kuzeyinde Çomakdağı ve bu dağların üzerinde Kocayayla, Ağaçarası, Atalan gibi küçük yaylacıklar ve Türbe ovası ismi verilen oldukça geniş bir plato ile Geyik ve Akgedik barajları vardır. Bu dağların kaynak suları tatlı su özelliğindedir. Bu dağların eteklerinde, Bahçeburun köyünde mineralce zengin maden suları mevcuttur. Teke dağ, Çomak dağı ile Beşparmak dağlarını birbirine bağlar. Bu dağların kuzeyinde 3000 yıl önce körfez olan fakat Büyük Menderes nehrinin getirdiği alüvyonlarla denizle bağlantısı sona ermiş olan Bafa gölü yer alır. Ilbıra dağı ise Bafa gölünün güneyinden güneydoğu doğrultusunda Yaşyer ve Dalyan’a kadar uzanır. Bu dağların doğusunda bulunan Karaoğlan dağı tamamen kireçtaşlarından oluşmuştur. Milas’ın batı sahilleri Egeid karasının çökmesi sonucu oluştuğundan birçok koy ve doğal limancık meydana gelmiştir. Bunların en önemlileri kuzeyden

güneye doğru uzanan Akbük, Kazıklı, Alagün ve Güllük limanlarıdır. Gökova sahilleri ise nispeten daha düzdür. Dağlar bu sahile paralel olarak uzanır.

Şehrin önünde kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan Milas ovası ile Mandalya körfezine açılan ovalar(Yaşyer ve Ağaçlıhöyük ovaları) tektonik kökenli ovalar olup kalın bir alüvyon kütlesi ile dolmuştur. Nitekim bu alüvyonlar ova yüzeyindeki eski eserlerin toprak altında kalmasına neden olmuştur.

Milas, Akdeniz iklim bölgesi içinde yer almaktadır. Bu nedenle polar(soğuk) hava kütleleri ile Tropikal hava kütlelerinin etkisi görülmektedir. Kış mevsiminde bu farklı hava kütlelerinin karşılaşması ile oluşan cephelerin etkisi ile serin, ılık ve yağışlı hava şartları hâkim olmaktadır. Yaz aylarında ise güneyden gelen Tropikal hava kütleleri bölgeyi etki altına aldığı için sıcak ve kuru hava şartları hâkim olmaktadır. Yaz aylarında ortalama sıcaklık 28 – 33 santigrat derece olmakla birlikte en yüksek sıcaklık değeri 42 santigrat derece olarak ölçülmüştür. Kışın sıcaklıklar nadiren 0 santigrat derecenin altına iner(birkaç gün).Daimi rüzgârlar güneyden esen lodos ve denizden esen meltem ile kuzeyden esen poyrazdır. Yıllık yağış 600-1200 mm arası olup Karadeniz'den sonra en fazla yağış alan yerler arasında bulunur [10].

6.2. Bölgenin Tektoniği

Anadolu bloğunun KAF ve DAF boyunca batıya hareketi sonucunda Batı Anadolu'nun günümüzde gerilmeye bağlı açılma ve aktif deformasyon etkisi altında olduğu bilinmektedir. Batı Anadolu'nun bu aktif deformasyonu neticesinde K-G açılma ile birlikte D-B çöküntü-yükselim alanlarını oluşturmaktadır. Gediz, Simav, Bakırçay-Soma, Edremit, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Gökova çöküntü alanlarını karşılayan Kaz, Madra, Aydın, Menteşe, Boz Dağları ve bu sisteme eşlik eden çapraz KB-GD uzanımlı faylar bölgenin tektonik yapısını ortaya koymakta, morfolojide belirgin izler oluşturmaktadır. Milas Fayı, Batı Anadolu'nun gerilme rejimine eşlik eden önemli aktif tektonik yapılardan birisidir. K50-60B konumlu Milas Fayı, yaklaşık 50 km uzunluğundadır. Gerçekleştirilen arazi

gözlemleri ve morfolojik incelemeler sonucunda fayın saf düşey bileşenli normal fay olduğu anlaşılmıştır. Kuzeybatıda Bafa Gölü'nün güneyi ve Pınarcık güneybatısından başlayan fay, Bafa, Danişment, Eğridere ve Çandır güneyinden geçerek Hisarcık köyüne kadar takip edilebilmektedir. Yoğun tarımsal faaliyet nedeniyle bir süre izlenemeyen fay, Karakuyu'nun kuzeyinden devam ederek Sırtlan Mevkii'ni boydan boya kat eder ve Milas'ın kuzeybatısından yerleşim alanına girer. Yoğun şehirleşme ve insan etkisi nedeni ile Milas merkezinde fayın izi takip edilememektedir. Milas havzasında yaklaşık 3 km sağa sıçrayan fay, Beçin'den başlayarak Çamlıca köyü yakınlarında sonlanmaktadır [11].

6.3. Bölgenin Jeolojisi

Milas jeolojik yapı bakımından karmaşık bir yapıya sahiptir. Temelde Birinci jeolojik zamana ait(300-350 milyon yıl) Menderes masif kütlesi yer alır. Bu masiflerde gnays ve mikaşist gibi taşlar fazladır. Ayrıca Mermer ve şistler oldukça yaygındır. Bu masif kütlenin üzerinde ise daha genç oluşumlu çakıllı, marnlı ve kalkerli(kireçtaşı) yapı bulunmaktadır. Şehrin arkasında yükselen 565 metre yüksekliğindeki Sodra dağı mermerleşmiş kalkerler ve kristalin şistlerden oluşmuştur. Aynı yapının Milas'ın güneyinde daha geniş alanları kapladığı görülür. Bir uvala olan Beçin'deki denizcik gölü, sayısız mağara ve düdenler karstik yapının göstergeleridir.

Türkiye'nin özellikle Batı Anadolu ya da Ege kıyıları tarih çağları boyunca coğrafi şartların elverişli olması nedeni ile önemli yerleşmelere sahne olmuştur. Kıyı alanlarında gelişen bu yerleşmelerin Holosen'de meydana gelen deniz seviyesi yükselmesiyle doğal çevreleri önemli ölçüde değişmiştir. Batı Anadolu'da Güllük Körfezine açılan Sarıçay Ovasındaki Damlıboğaz ve Pilav Tepe'nin yerleşim tarihçesi Tunç Çağı'na kadar uzanır ve o dönemin doğal çevresi bu-günden farklıdır. Milas İlçe merkezinin batısında bulunan Sarıçay Ovası, aynı adlı akarsuyun alüvyonları ile dolarak şekillenmiş bir tektonik depresyon tabanıdır. Pilav Tepe bir anakaya çıkıntısı olarak bu alüvyal depresyonun güney doğu kenarında yer alır. Damlıboğaz Köyü ile Pilav Tepe üzerinde ve eteklerindeki ova alanında arkeolojik kalıntılar bulunmaktadır.

Kuvaterner'de ve özellikle Holosen'de kıyı bölgelerimizde hızlı jeomorfolojik değişmeler meydana gelmiştir. Son Buzul Maksimum döneminde -130 metrelerde olan Dünya denizlerinin seviyesi, Orta Holosen'e kadar bugünkü seviyesine yükselmiş ve özellikle akarsu ağızlarına karşılık gelen alçak kıyılarda iç kesimlere sokulup koy ve körfezler oluşturmuştur. Orta Holosen'de deniz seviyesi yükselmesinin durmasıyla bu kez koy ve körfezler alüvyonlarla dolarak kıyı çizgisi deniz yönünde ilerlemiştir. Bu dönemlerde kıyıda bulunan eski yerleşmeler, giderek kıyı çizgisinden oldukça içeride kalmıştır. Paleocoğrafya ve jeoarkeoloji araştırmalarının bulguları bu gibi alanlardaki arkeolojik kazı çalışmalarına katkılar sağlamıştır [12].

6.4. Bölgenin Endüstriyel Hammaddeleri

Türkiye'nin güneybatı ucunda yer alan Muğla ili, güneyinde Akdeniz ve batısında ise Ege Denizi ile çevrilidir. İl, Toros kıvrım sistemiyle Batı Anadolu kıvrım sisteminin iç içe geçtiği dağlık bir bölgede yer almaktadır. Muğla ili, maden potansiyeli bakımından zengin sayılabilecek bir ilimizdir. Bunların başında mermer, krom ve linyit gelmektedir. Muğla ili, hem mermer üretimi hem de mermer işletmeciliği bakımından ülkemizdeki önemli illerden biridir. Güllük limanından değişik ülkelere mermer ihracatı yapılmaktadır. İldeki diğer endüstriyel hammadde kaynakları ise başta feldispat, diyasporit ve kükürt olmak üzere, kireçtaşı, dolomit, manyezit, kum-çakıl, grafit ve çimento hammaddeleri olarak sayılabilir. Ülkemizin bilinen önemli bazı diyasporit yatakları Milas ve Yatağan ilçelerinde bulunmaktadır. Kireçtaşı yatakları ilde Yatağan ve Milas ilçelerinde yer almaktadır. Milas-Ören ve Sekköy sahalarında % 90-98 CaCO₃ içerikli toplam 96 milyon ton görünür+muhtemel kireçtaşı rezervi tespit edilmiştir. Milas ilçesinde ayrıca İkiztaş, Çukurköy ve Ketendere sahalarında da orta-iyi kalitede ve seramik sanayinde kullanılabilir nitelikte sodyum feldispat (albit) sahaları yer almaktadır. Bunlardan, İkiztaş sahasında % 8.5 Na₂O içerikli 28 milyon ton muhtemel albit rezervi belirlenmiştir. Dolomit oluşumlarına Fethiye ve Milas ilçelerinde rastlanmaktadır. Milas-Ören'deki dolomitlerin ise % CaO ve % MgO içerikleri sırasıyla 30.6 ve 22'dir. Milas, yatağan ve Merkez ilçede de grafit sahaları yer almaktadır. Bunlardan bazıları geçmiş yıllarda işletilmiştir Merkez ilçe, Milas, Marmaris ve Köyceğiz

ilçelerinde de orta kalitede kum-çakıl oluşumları belirlenmiştir. Milas-Sakarya'daki demir zuhurunun tenörü değişken olup, ekonomik cevher tenörü % 30 Fe ve yukarı olarak değerlendirilmiştir. Yatakta 2.400.000 ton rezerv belirlenmiş olup, geçmiş yıllarda yaktan 140.000 ton cevher üretilmiştir. İl sanayisinde önemli yer tutan bir diğer yer altı kaynağı ise linyittir. Yatağan ve Milas ilçelerinde önemli linyit potansiyelleri bulunmakta olup, ildeki Yatağan, Yeniköy ve Kemerköy termik santrallerinin kömür ihtiyaçları buralardan karşılanmaktadır.

DEMİR (Fe)

Milas-Sakarkaya demir zuhuru

Tenör :Zuhurun tenörü değişken olup, ekonomik cevher tenörü % 30 Fe ve yukarı olarak değerlendirilmiştir.

Rezerv : 2.400.000 ton rezerv belirlenmiş olup, geçmiş yıllarda yaktan 140.000 ton cevher üretilmiştir.

DOLOMİT (Dol)

Milas-Ören Sahası

Tenör : % 30.6 CaO, % 22 MgO

Rezerv : 80.000.000 ton jeolojik

FELDİSPAT (Fİd)

Milas ilçesi İkiztaş, Çukurköy ve Ketendere Köyü sodyum feldspat (albit) sahaları

Tenör : Orta-iyi kaliteli, seramikte kullanılabilir nitelik

Rezerv : İkiztaş Köyü sahasında % 8.5 Na₂O içerikli 28.347.185; Ketendere Köyü sahasında 107.945 ton; Çukurköy sahasında ise 15.187 ton muhtemel rezerv belirlenmiştir. Bazıları önceki yıllarda özel sektör tarafından işletilmiştir.

GRAFİT (Grf)

Milas-Kuşçadağ, Kalemköy ve Hasanavku Deresi ve Merkez-Kozağaçköy sahalrı

Rezerv : Yataklardan bazıları geçmiş yıllarda işletilmiştir.

KALSİT (Cc)

Milas-Yatağan Sahaları

Tenör : % 89-91.00 CaCO₃

Rezerv :Çok büyük rezervler bulunmaktadır.

KİREÇTAŞI (Kçt)

Milas-Ören-Küçükdağ Sahası

Tenör : % 90 CaCO₃, % <0.1 MgO, % <0.1 R₂O₃

Rezerv : 27.542.228 ton görünür+muhtemel rezerv.

Milas-Sekköy Sahası

Tenör : % 98 CaCO₃

Rezerv : 58.565.158 ton görünür+muhtemel rezerv.

KÜKÜRT (S)

Milas-Karacahisar Sahas

Tenör : % 11-19

Rezerv : 8.000.000 ton. Tenörü düşük olduğundan işletilmemektedir.

MERMER (Mr)

Milas-Kozağaç ve Güney Mahallesi

Kalite : Karbonat kökenlidir

Rezerv :-

Kalınagıl Köyü – ‘EGE BORDO’

Kalite : Kırmızı renkli, şist dokulu

Rezerv : İşletilmektedir.

Kavaklıdere-Salkım, Başalan – ‘kavaklıdere Mermerleri’

Rezerv : İşletilmektedir.

Ayrıca DEMİRCİ YEŞİL ve BAL ONİKSİ de bilinen diğer mermerlerdir.

ZIMPARA (Zım)-DİYASPORİT (Dyp)

Yatağan-Milas (İsmaildağı, Bencik, Kayaderesi, Savrandağ) Sahaları

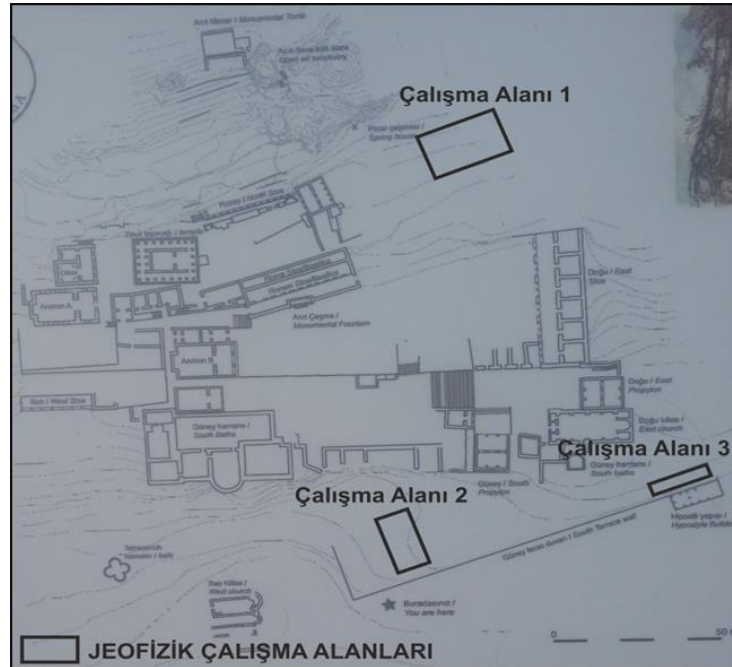
Tenör : Esas cevher minerali diyasporittir. % 52-61 Al₂O₃, % 4-9 SiO₂

Rezerv : Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü tarafından işletilmektedir. Milas civarında toplam 15.500.000 ton görünür+muhtemel [3].

BÖLÜM 7. SONUÇLAR

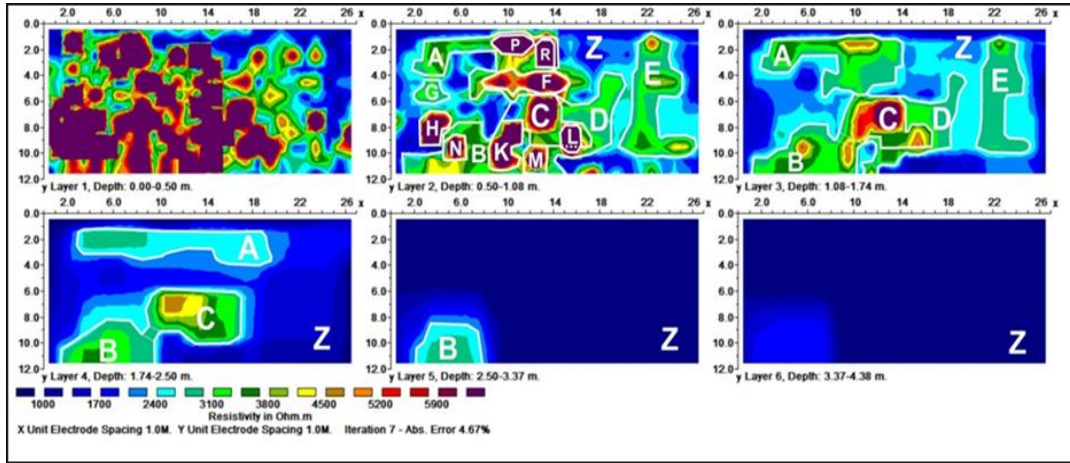
Laubranda antik kenti , Muğla- Milas'ın 14 km. kuzeydoğusunda, dağların üstünde ,Karialıların için önemli bir kült merkezi olup, kutsal alan olarak kurulmuş antik kentlerden biridir .Laubranda'daki arkeolojik kazılar, 1948 yılında başlamış olup dönem dönem devam etmektedir. Bu Antik Kentte ; Zeus Tapınağı, Zeus su kaynağı, Rahip Evleri, Doğu Hamamı, Dinsel Yıkanma Salonu ve Surlar arkeolojik kazılarla yer yüzeyine çıkarılmış önemli yapılardır. Bu çalışma; Laubrandada yer yüzeyine çıkarılmış yapıların devamlılığına ve henüz açma yapılmamış alanlarda yeni yapıların olma ihtimaline ışık tutmak için yapılmıştır.

Çalışma alanı olan Laubranda antik kentinde 3 lokasyonda elektrik profiller oluşturularak yeraltı modellenmeye çalışılmıştır.(Şekil 7.1.)

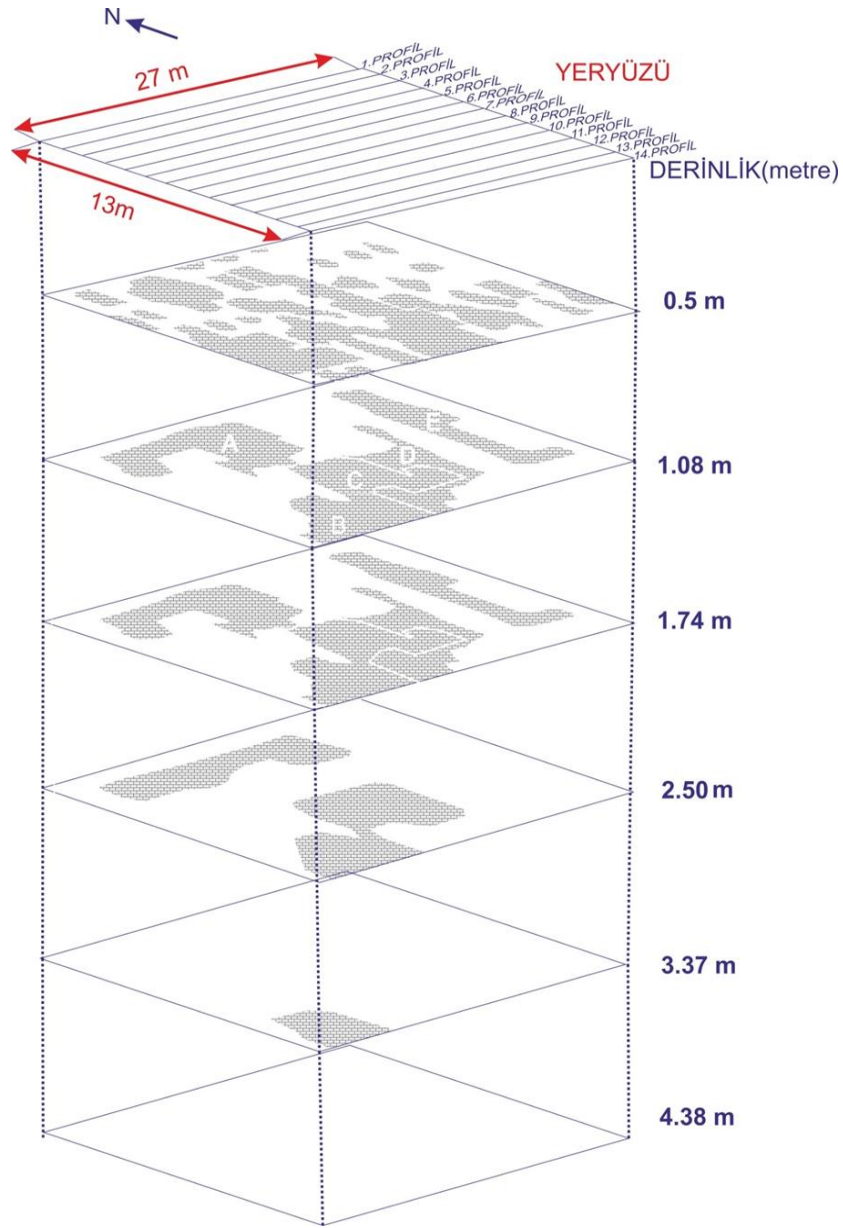


Şekil 7.1. Laubranda Antik Kentinde oluşturulan çalışma lokasyonları

Birinci çalışma alanında jeofizik yöntemlerden rezisivite kullanılmış ve doğu-batı doğrultulu 14 profil oluşturulmuştur. Elektrot ve profil aralıkları 1'er metre olarak seçilmiş olup toplam 351 m²'lik bir alan ölçülmüştür. RESDIN2V ve RESDIN3V programları yardımı ile yerin 0.5m-4.38 m. derinlikleri arasındaki elektrik öz direnç görüntüleri elde edilmiştir. RESDIN3V programından elde edilen üstten görünüş haritaları Şekil 7.2.'de verilmiştir.



Şekil 7.2. Birinci Çalışma Alanından RESDIN3V ile Elde Edilen Kat Haritaları



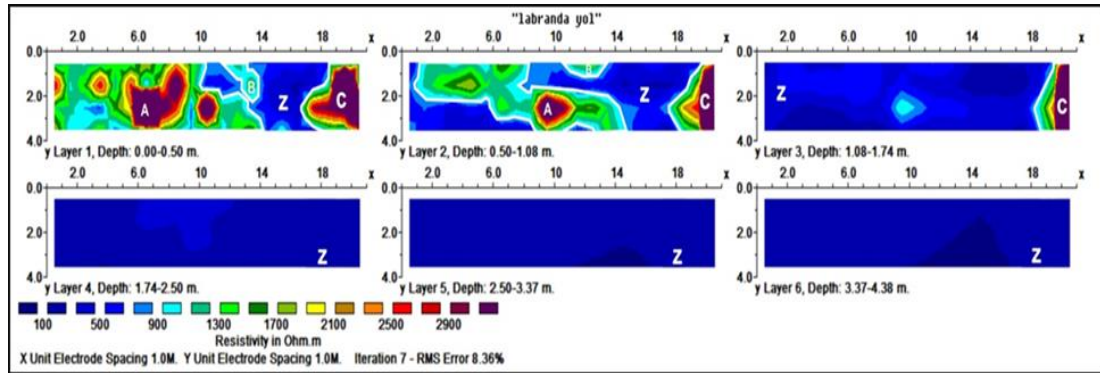
Şekil 7.3. Birinci çalışma alanında gömülü Olduğu Düşünülen Arkeolojik Yapının Derinliğe Göre Dağılımı

1,74-2,5 m. derinlikleri arasındaki kat haritasında sadece A, B ve C olarak isimlendirilen arkeolojik yapının parçaları görülmekte olup, D ve E parçaları bu derinlikte yok olmuştur. D ve E arkeolojik yapı parçalarının 1,74m yüksekliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu yapı parçalarından C ve B'nin özdirenç değerleri diğer arkeolojik yapı parçalarına göre daha yüksektir. C alanı x eksenine boyunca 8 m., y

ekseni boyunca 4 m. uzunlukta olup; yüksekliği 2,5 m. olan bir yapıdır. Bu yapı üst yüzeyi kapalı olan boşluklu bir oda görünümündedir.

Şekil 7.3.'deki üstten görünüş haritalarında görüldüğü gibi B alanı x eksenine boyunca 10 m., y eksenine boyunca 4 m. uzunlukta olup, yüksekliği 3,37 m. olan bir yapıdır. Bu alan y eksenine boyunca ölçü alanının dışına doğru devam etmektedir. Y eksenine boyunca B alanının ne kadar devam ettiğini görebilmek için profil sayısının artırılması gereklidir. Fakat arazi şartları profil sayısını artırılmasını engellemiştir. B yapısı A yapısında olduğu gibi üst yüzeyi kapalı olan boşluklu bir oda görünümündedir. A ve B yapıları yan yana olup, birbirleri ile bağlantılıdır.

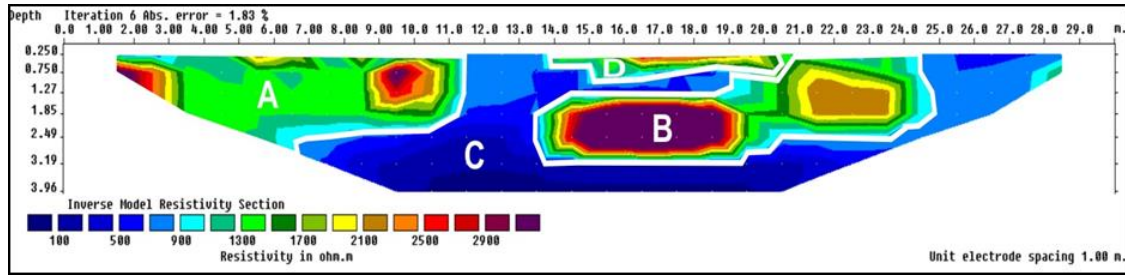
İkinci çalışma alanında kuzey-güney doğrultulu 5 profil oluşturulmuştur. Elektrot ve profil aralıkları 1'er metre olarak seçilerek toplam 84 m²'lik bir alan ölçülmüştür. RESDIN2V ve RESDIN3V programları yardımı ile yerin 0.5m-4.38 m. derinlikleri arasındaki elektrik özdirenç görüntüleri elde edilmiştir. RESDIN3V programından elde edilen üstten görünüş haritaları Şekil 7.4.'de verilmiştir.



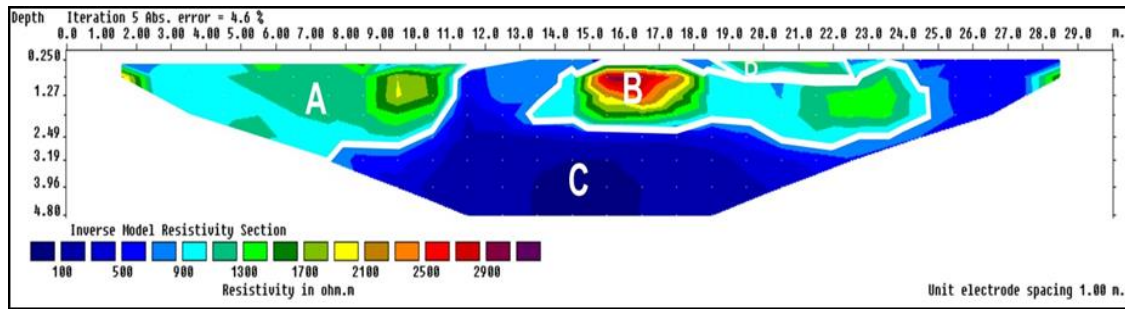
Şekil 7.4. İkinci Çalışma Alanından RESDIN3V ile Elde Edilen Kat Haritaları

RESDIN3V programı ile oluşturulan üstten görünüş kat haritalarına bakıldığında 0-0,5 m. ve 0,5-1,08 m. derinlikleri arasında jeolojik biriminden daha yüksek özdirenç sahip A, B ve C alanları görülmektedir. Bu alanlar bir sonraki derinliklerde görülmemektedir. A, B ve C alanlarının çalışma bölgesinin yakınında bulunan antik yapılardan kopan parçalar olduğu düşünülmektedir.

Üçüncü çalışma alanında doğu-batı doğrultulu 2 profil oluşturulmuştur. Elektrot ve profil aralıkları 1'er metre olarak seçilerek toplam 30 m²'lik bir alan ölçülmüştür. RESDIN2V programları yardımı ile yerin 0-3,96 m. derinlikleri arasındaki seviyelerden elektrik öz direnç görüntüleri elde edilmiştir. RESDIN2V programından elde edilen düşey kesitler Şekil 7.5. ve Şekil 7.6.'da verilmiştir.



Şekil 7.5. Üçüncü Çalışma Alanından Elde Edilen 1. Düşey Kesit



Şekil 7.6. Üçüncü Çalışma Alanından Elde Edilen 2. Düşey Kesit

Aralarında 1 m. uzaklık bulunan bu düşey kesitlerde 2,5 m derinliğe kadar arkeolojik yapı parçaları gözlenmektedir. Gözlemlenen bu yapı parçalarının arkeolojik bir yapıdan kopmuş parçalar mı ya da herhangi bir yapının kalıntılarının bir bölümünü mü temsil ettiği profil sayısının yetersiz olması nedeniyle tespit edilememiştir. Profil sayısının yetersiz olmasının nedeni çalışma alanının jeofizik yöntemin uygulanmasına müsait olmamasından kaynaklanmaktadır.

Jeofizik yöntemlerden rezisivite yöntemi, çalışma alanında hakim olan jeolojik formasyonun öz direnci ile gömülü olduğu düşünülen yapıya ait malzemenin öz direnci arasındaki farklılığının net olarak tespiti ile kesin sonuçlar vermektedir.

Sonuç olarak, elektrik özdirenç yönteminin ters-çözüm değerlendirmesi arkeolojide karşılaşılan çok katmanlı yerleşimlerin görüntülendirilmesi ve genel mimarinin ortaya çıkarılmasında yeterli özdirenç zıtlığının olması koşulu ile uygun bir yöntemdir. Bu sonuçlar ise, arkeolojik kazı çalışmalarını yönlendirme açısından önemlidir. Böylece kazı maliyetleri düşerken, zaman kaybı da azaltılabilecektir.

Bölgede yapılacak kazı çalışmalarından sonra elde edilen bulguların tezde elde edilen veriler ile karşılaştırılmasından sonra, ileride yapılacak arkeolojik çalışmalarda arkeojeofizik yöntemleri uygulamanın önemi daha da anlaşılır hale gelmiş olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] <https://yoldaolmak.com/labrandantik-kenti-mugla.html>. Erişim Tarihi: 04.04.2019.
- [2] http://www.jeofizik.org.tr/resimler/ekler/4178927d4093aa2_ek.pdf?dergi=36. Erişim Tarihi: 04.04.2019.
- [3] <https://www.frmtr.com/jeoloji-jeofizik/4256668-arkeojeofizik-ve-jeofizik.html>. Erişim Tarihi: 04.04.2019.
- [4] Mildan, İ., Karaevlialtı (Tekirdağ) Yöresindeki Tümülüs'te Arkeojeofizik Araştırma, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1996.
- [5] Çoruhlu, T., Adramytteion 2005 Resmi Kazı Raporu, Turizm ve Kültür Bakanlığı, 2005.
- [6] Şengül, E., Arkeojeofizik Aramacılıkta Geniş Ölçekli Manyetik – Özdirenç Araştırmaları ve Burgaz–Datça Arkeolojik Alanına Uygulanması, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 2002.
- [7] Aitken, M.J., Physics and Archaeology, (2.ed.) Clarendon Press, Oxford. (1972).
- [8] <http://www.milas.org.tr/milas.htm>. Erişim Tarihi: 01.05.2019.
- [9] <http://www.milas.gov.tr/milasin-tarihcesi>. Erişim Tarihi: 04.04.2019.
- [10] <http://www.milas.org.tr/cografi-yapisi.htm>. Erişim Tarihi: 21.04.2019.
- [11] https://www.researchgate.net/publication/320700388_Milas_Fayi'nin_paleosis_molojik_morfotektonik_ve_deprensellik_ozelliklerine_dair_ilk_bulgular. Erişim Tarihi: 21.04.2019.
- [12] https://www.academia.edu/35548225/_2017_Sarıçay_Ovasında_Paleocoğrafya_ve_Jeoarkeoloji_Araştırmaları_Milas_Muğla_. Erişim Tarihi: 21.04.2019.
- [13] <http://www.renklinot.com/soru-cevap-2/muglada-cikan-madenler-nelerdir.html>. Erişim Tarihi: 04.04.2019.

ÖZGEÇMİŞ

Cansu Erik Köse, 06.11.1987'de İstanbul'da doğdu. 2007 yılında Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü lisans eğitimine, 2012 yılında Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümün' yüksek lisans eğitimine başladı. Özel bir mühendislik firmasında Jeofizik Mühendisi olarak çalışmaktadır.