

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BERGAMA ALLIONAI ANTİK KENTİNDE ÇOKLU
ELEKTROT SİSTEMİ KULLANILARAK GÖMÜLÜ
ARKEOLOJİK YAPILARIN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Musa Serkan KOCACIK

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Can KARAVUL

Haziran 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

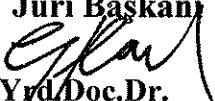
BERGAMA ALLİONAI ANTİK KENTİNDE ÇOKLU
ELEKTROT SİSTEMİ KULLANILARAK GÖMÜLÜ
ARKEOLOJİK YAPILARIN BELİRLENMESİ


YÜKSEK LİSANS TEZİ


Jeofizik Müh. Musa Serkan KOCACIK

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez .. / .. /2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Yrd.Doç.Dr.
Can KARAVUL

Üye

Yrd.Doç.Dr.
Günay BEYHAN

Üye

Yrd.Doç.Dr.
Aşkın DEMİRKOL

TEŞEKKÜR

Bu alıŐma için bana zaman ve fırsat tanıyan, tezin oluŐmasında emeği geçen Sayın Yrd. Doç. Dr. Can KARAVUL'a teŐekkürü bir borç bilirim.

Arazi çalıŐmalarını sağlayan SOMUN İNŐAAT LTD. ŐTİ.'ne ve özellikle bize bu tezi hazırlamadaki verileri almamıza fırsat tanıyan Mehmet BAŐ 'Jeofizik Mühendisi'' arkadaŐıma teŐekkürü bir borç bilirim.

Bu tezin oluŐumunda, ofis çalışmalarında bana yardımcı olan Can BAYAT'' Jeofizik Mühendisi'' arkadaŐıma teŐekkürü bir borç bilirim.

ÇalıŐmalarım esnasında bana sabır gösteren ve desteğini esirgemeyen sevgili eŐim AyŐe Berrak KOCACIK' a, ocuklarım Kerim Efe KOCACIK ve Kerem Ali KOCACIK' a çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
------------	---

BÖLÜM 2.

ARKEOJEOFİZİĞİN TANIMI VE KULLANILAN YÖNTEMLER	3
2.1. Arkeojeofizik Araştırmaların Geçmişi	3
2.2. Arkeojeofizik Yöntemler	4
2.2.1. Elektrik özdirenç (resistivity) yöntemi	5
2.2.2. Manyetik yöntem	7
2.2.3. Elektromanyetik yöntem.....	7
2.2.4. Yer radarı (jeoradar) yöntemi	8
2.2.5. Gravite yöntemi	8
2.3. Arkeojeofizik Çalışmalara Örnekler	9

BÖLÜM 3.

ELEKTRİK ÖZDİRENÇ YÖNTEMİ.....	10
3.1. Toprağın Elektriksel Özellikleri	10
3.1.1. Toprağın nem içeriği	11
3.1.2. Geçirgenlik (permeability)	11

3.1.3. İyon içeriği.....	11
3.1.4. Isı	11
3.2. Ölçümleri Etkileyen Faktörler	12
3.2.2. Değme direnci.....	12
3.2.3. Elektrot uçlaşması.....	12
3.2.4. Doğal akımlar	13
3.5. Eşpotansiyel Eğrileri.....	17
3.6. Dizilim Çeşitleri.....	17
3.6.1. Wenner elektrot dizilimi	18
3.6.2. Schlumberger elektrot dizilimi	19
3.6.3. Dipol dizilimler.....	20
3.6.4. Yarım wenner elektrot dizilimi.....	22
3.6.5. Yarım schlumberger elektrot dizilimi.....	22
3.7. Düşey elektrik sondajı	23
3.8. Özdirenç Profil Ölçüsü (Yanal Kaydırma)	24
3.9. Sığ Amaçlı Özdirenç Araştırmalarının Planlanması.....	24
3.10 Birleşik Ters Çözüm	25

BÖLÜM 4.

İZMİR-BERGAMA-PAŞAILICASI BÖLGESİNİN ANTİK DÖNEMDE YERLEŞİM YERİ OLMASININ TEKTONİK, JEOLJİK VE COĞRAFİK NEDENLERİ	27
4.1. Çalışma Sahasının Jeolojisi	30
4.1.1. Stratigrafi	31
4.2. Bölgenin Tektonik Özellikleri	40

BÖLÜM 5.

ÇALIŞMA ALANININ ARKEOLOJİK GEÇMİŞİ.....	43
--	----

BÖLÜM 6.

İZMİR İLİ, BERGAMA İLÇESİ, ALLIANOİ ANTİK KENTİ ÇALIŞMA ALANINDA ELEKTRİK YÖNTEMİNİN UYGULANMASI.....	45
--	----

6.1. A Alanı Rezistivite	45
6.2. B Alanı Rezistivite.....	59
6.3 C Alanı Rezistivite.....	68
6.4. 12C Alanı Rezistivite.....	78
6.5. 16C Alanı Rezistivite.....	86
6.6. CC Alanı Rezistivite	92
6.7. G1 Alanı Rezistivite	98
6.8 K Alanı Rezistivite	105
6.9. M Alanı Rezistivite.....	111
6.10. W Alanı Rezistivite.....	120

BÖLÜM 7.

SONUÇLAR	129
----------------	-----

KAYNAKLAR	134
-----------------	-----

ÖZGEÇMİŞ	139
----------------	-----

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Elektrik Akımı
cm	: Santimetre
DES	: Düşey elektrik sondajı
I	: Akım birimi
m	: Metre
m ²	: Metre kare
nT	: Nano Tesla (Manyetik ölçüm birimi)
T	: Tesla (Manyetik ölçüm birimi)
Ohm/m	: Jeofizik öz direnç birimi
V	: Elektrik potansiyeli
γ	: Gamma

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Arkeojeofizik Yöntemler.....	5
Şekil 3.1.	Küresel koordinatların gösterimi.....	15
Şekil 3.2.	Wenner (α) elektrot dizilimi.....	19
Şekil 3.3.	Schlumberger elektrot dizilimi.....	20
Şekil 3.4.	Dipol – Dipol elektrot dizilimi.....	21
Şekil 3.5.	Yarım wenner elektrot dizilimi.....	22
Şekil 3.6.	Yarım schlumberger elektrot dizilimi.....	23
Şekil 3.7.	Jacobien matrisi.....	25
Şekil 3.8.	Parametre ve verilerin şematik gösterimi.....	26
Şekil 4.1.	Allianoi Antik kentinin Yerini gösteren Türkiye Haritası.....	29
Şekil 4.2.	Allianoi Antik Kentini Gösterir Hava Fotoğrafı.....	30
Şekil 4.3.	İzmir ve Çevresinin Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesiti	32
Şekil 4.4.	İzmir ve çevresinin Tektonik Haritası.....	40
Şekil 6.1.a.	A Bölgesi elektrik profilleri gösteren kroki.....	45
Şekil 6.1.b.	A Bölgesi Fotoğrafı.....	46
Şekil 6.1.c.	A bölgesi wenner elektrot dizilimi yer altı kesitleri.....	48
Şekil 6.1.d.	A bölgesi ve AA bölgesi 3D yeraltı görüntüsü.....	52
Şekil 6.1.e.	A bölgesi 3D yeraltı kesiti görüntüsü.....	53
Şekil.6.1.f.	A bölgesi kat haritası.....	54
Şekil.6.1.g.	AA bölgesi wenner dizilimi yer altı kesitleri.....	55
Şekil 6.1.h.	AA bölgesi kat haritası.....	58
Şekil.6.2.a.	B bölgesi krokisi.....	59
Şekil 6.2.b.	B Bölgesi Fotoğrafı.....	59
Şekil.6.2.c.	B Bölgesi Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri.....	61
Şekil.6.2.d.	B Bölgesi 3D Yeraltı Görüntüsü.....	65
Şekil.6.2.e.	B bölgesi 3D Yeraltı kesiti görüntüsü.....	66

Şekil.6.2.f.	B Bölgesi Kat Haritası.....	67
Şekil.6.3.a.	C bölgesi krokisi.....	68
Şekil 6.3.b.	C Bölgesi Fotoğrafı	68
Şekil.6.3.c.	C Bölgesi Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri.....	70
Şekil.6.3.d.	C Bölgesi 3D Yeraltı Görüntüsü.....	75
Şekil.6.3.e.	C Bölgesi 3D Yeraltı kesiti görüntüsü.....	76
Şekil.6.3.f.	C Bölgesi Kat Haritası.....	77
Şekil 6.4.a.	12 C Bölgesi Krokisi.....	78
Şekil 6.4.b.	12C Bölgesi Fotoğrafı.....	78
Şekil 6.4.c.	12 C Bölgesi Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri.....	80
Şekil.6.4d.	12C Bölgesi 3D Yer altı Görüntüsü.....	83
Şekil.6.4.e.	12C Bölgesi 3D Yer altı Görüntüsü.....	84
Şekil.6.4.f.	12C Bölgesi Kat Haritası.....	85
Şekil 6.5.a.	16 C Bölgesi Krokisi.....	86
Şekil 6.5.b.	16C Bölgesi Fotoğrafı.....	86
Şekil 6.5.c.	Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri.....	88
Şekil.6.5.d.	16C Bölgesi 3D Yer altı Görüntüsü.....	89
Şekil.6.5.e.	16C Bölgesi 3D Yer altı Görüntüsü.....	90
Şekil.6.5.f.	16C Bölgesi Kat Haritası.....	91
Şekil 6.6.a.	C C Bölgesi Krokisi.....	93
Şekil 6.6.b.	CC Bölgesi Fotoğrafı.....	93
Şekil 6.6.c.	Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri.....	94
Şekil.6.6.d.	CC Bölgesi 3D Yer altı Görüntüsü.....	95
Şekil.6.6.e.	CC Bölgesi 3D Yer altı Görüntüsü.....	96
Şekil.6.6.f.	CC Bölgesi Kat Haritası.....	97
Şekil 6.7.a.	G1C Bölgesi Krokisi.....	98
Şekil 6.7.b.	G1 Bölgesi Fotoğrafı	98
Şekil 6.7.c.	Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri.....	100
Şekil.6.7.d.	G1 Bölgesi 3D Yer altı Görüntüsü.....	102
Şekil.6.7.e.	G1 Bölgesi 3D Yer altı Görüntüsü.....	103
Şekil.6.7.f.	G1 Bölgesi Kat Haritası.....	104
Şekil 6.8.a.	K Bölgesi Krokisi.....	105
Şekil 6.8.b.	K Bölgesi Fotoğrafı.....	105

Şekil 6.8.c.	Wenner Elektort Dizlimi Yer altı Kesitleri.....	107
Şekil.6.8.d.	Bölgesi Kat Haritası.....	110
Şekil 6.9.a.	M Bölgesi Krokisi.....	111
Şekil 6.9.b.	M Bölgesi Fotoğrafı	111
Şekil 6.9.c.	Wenner Elektort Dizlimi Yer altı Kesitleri.....	113
Şekil.6.9.d.	M Bölgesi 3D Yer altı Görüntüsü.....	117
Şekil.6.9.e.	M Bölgesi 3D Yer altı Görüntüsü.....	118
Şekil.6.9.f.	M Bölgesi Kat Haritası.....	119
Şekil 6.10.a.	W Bölgesi Krokisi.....	120
Şekil 6.10.b	W Bölgesi Fotoğrafı.....	120
Şekil 6.10.c.	Wenner Elektort Dizlimi Yer altı Kesitleri.....	122
Şekil.6.10.d	W Bölgesi 3D Yer altı Görüntüsü.....	126
Şekil.6.10.e.	W Bölgesi 3D Yer altı Görüntüsü.....	127
Şekil.6.10.f.	W Bölgesi Kat Haritası.....	128

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Arkeojeofizik çalışmalara örnekler ve kullanılan yöntemler	9
---	---

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Elektrik Rezistivite, Allianoi, Arkeojeofizik

Bu çalışma, İzmir ili, Bergama ilçesi, Paşalıcası mevkiinde yer alan sit alanı içerisinde kurtarma kazısı devam eden Allianoi Antik Kentine ait yapıların yer yüzüne çıkarılması amacıyla yapılmıştır. Yortanlı Barajı Gövdesi ve çevre ile bağlantısını sağlayacak yol yapım çalışmaları devam etmektedir. Proje aynen uygulandığı takdirde, baraja su toplanmaya başlandığı gün Allianoi tamamen su altında kalacaktır. Yağış rejimi ve bitki örtüsü ile bağlantılı olarak yaklaşık 40-60 yıl arasında ömrü olduğu düşünülen barajın gölet alanında bu süre zarfında alüvyon birikecek ve Allianoi yaklaşık 12-15 m.'lik alüvyon dolgu altında kalacaktır. Allianoi merkez yerleşimi haricinde 1998 yılından beri süren kazılarda tüm gölet alanı içerisinde araştırmalara devam edilmektedir. Bu araştırmalar sırasında 2 km. kuzeydoğuda Helenistik Döneme tarihlenen bir çiftlik yerleşiminin ve Pergamon su hattına ait olan kemerin devamı keşfedilmiştir. Kurtarma kazısına yön vermek amacı ile çalışma alanında toplam 109 profil elektrik ölçü alınmıştır.

DETECTING BURIED ARCHEOLOGIC STRUCTURES WITH USING MULTI ELECTROT SYSTEM IN ALLIONAI ANCIENT CITY

SUMMARY

Key Words: Electrical Resistivity,Allianoi, Archaeogeophysics

Detecting Buried Archeologic Structures With Using Multi Electrot System In Allionai Ancient City

This study had been made to uncover Allianoi Antique City in İzmir within the ongoing rescue excavation in the ancient city of Allianoi, removal of structures was carried out in the face. Yortanlı Dam will provide the link with the body and the environment are ongoing road construction. If the project is implemented exactly, the dam was started to collect water Allianoi will remain completely under water. Rainfall regime and vegetation in conjunction with approximately between 40-60 years are thought to be life of the dam and reservoir will be deposited silt in the area during this time Allianoi approximately 12-15 meters will remain under the alluvial deposits. Allianoi central location since 1998, except all the ponds in the ongoing excavations are ongoing investigations in the field. 2 km during this research. The Hellenistic settlements in the northeast of the farm and water lines which belongs to Pergamon belt was discovered more. In order to give direction to the rescue excavations in the area of working with electrical measurements were taken in total, 109 profiles.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bu çalışma Bergama-İvrindi karayolunun 18.km'sinde Paşa Ilıcası mevkiinde Allianoi Antik Kentinde yapılmıştır. Bu çalışma, Yortanlı baraj gölet suyu altında kalacak olan Allianoi Antik kenti kurtarma kazısına yön vermek amacı ile yapılmıştır. Yeryüzeyinde bu kadar az kalıntı bulunması antik kente ait yapıların yerlerinin tespit edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple de kent planı çıkarılamamaktadır. Jeofizik yöntemlerle yer altında gömülü olduğu düşünülen bu yapıların tespit edilmesi, zaman içerisinde şehir planının ortaya çıkarılması oldukça kolaydır.

Jeofiziğin öz direnç yöntemi, gömülü yapıların ve nesnelerin yerlerini belirlemede hızlı ve elverişlidir[43,44,45,46].

Rezistivite metodu tahmin edilen tarihsel gömülü yapı ve çevresindeki toprak arasındaki belirgin bir öz direnç farkı bulunduğu durumlarda kullanılır [51,52]. Genellikle kayalar geniş çaplı rezistivite değerleri gösterirler. Arkeolojik çalışmalarda çoğunlukla bina materyalinin çevre kumlu toprak örtüsünden daha büyük rezistivite değerine sahip olduğu kabul edilir [53]. Elektrik tomografi çalışmaları geleneksel rezistivite çalışmalarının yetersiz kaldığı kompleks jeolojik yer altı yapılarının bulunmasında kullanılır [54].

Jeofizik yöntemlerden elektrik uygulanarak, Wenner dizilimi seçilmiştir. Çalışma alanı A,B,C,G,K,M,W şeklinde isimlendirilen bölgelere ayrılmıştır. A alanında 20, B alanında 10, C alanında 38, G alanında 6, K alanında 8, M alanında 10, W alanında 17 profilde olmak üzere toplam 109 profilde elektrik ölçüsü alınmıştır. Elektrik yöntemin uygulanmasında, ARES GF INSTRUMENT marka 4 kanallı 48 elektrotlu çok kanallı sistem kullanılmıştır. Dizilim olarak yatay süreksizliğin bulunmasında başarılı olan Wenner seçilmiştir. Bütün düşey kesitlerin çiziminde RESDINV2,

RESDINV3, kat haritalarının oluşturulmasında SURFER 8.0 ve ROCKWORKS programları kullanılmıştır.

BÖLÜM 2. ARKEOJEOFİZİĞİN TANIMI VE KULLANILAN YÖNTEMLER

2.1. Arkeojeofizik Araştırmaların Geçmişi

Geçmişten günümüze arkeoloji bilimi doğası gereği birçok bilimle ilişkiye girer ve bu ilişkiler sonucu, yeni bilimsel disiplinlerin doğuşuna sebep olur. Bu tarihsel gelişim zamanla, değişik birçok bilim dallarını içerisinde barındıran “arkeometri” disiplininin oluşmasını sağlamıştır. Bilimsel ve teknolojik gelişimin etkisi altında zamanla bağımsızlaşan bilim dalları, yeni disiplinlerin doğuşuna neden olmaktadır. Bu dalların en önemlilerinde biride, kuşkusuz arkeojeofiziktir. Jeofizik; İkinci Dünya Savaşının bitimindeki yıllarda arkeolojiye girmesine karşın, teknolojik ve bilimsel gelişimin etkisiyle, kazı öncesi araştırma yöntemleri içerisinde birinci sırayı almıştır.

Arkeolojik araştırmalarda, jeofiziğin kullanımının yaygınlaşmasında temel etmenlerin başında jeofiziğin çözüm gücünün artmasını sayabiliriz. Bununla birlikte arkeolojik çalışmalar için jeofizik bilimini vazgeçilmez kılan en önemli özellik, gerekli bilgiye mümkün olan en kısa sürede ulaşırken, söz konusu arkeolojik kalıntılara her hangi bir biçimde zarar vermiyor olmasıdır. Arkeolojik çalışmaların başlangıcında, saha seçimi ve kazı planının yapılması aşamasında uygulanan jeofizik çalışmalar, yer altında gömülü durumda bulunan yapının, geometrisi ve derinliği hakkında kesin yanıtlar verebilmektedir. Bu sayede kazılarda zaman kaybı önlenerek, kazı masrafları önemli ölçüde düşürülmektedir. Boyut olarak jeofiziğin geleneksel hedeflerine göre oldukça sığ ve küçük olan arkeolojik yapıların aranması, yeni teknolojilerin getirdiği olanaklarla kolaylaşmış ve güvenilirliği artmıştır. Bu alanda yapılan çalışmaların yaygınlaşmasıyla bilgi birikimi artırmış ve arkeolojik amaçlar için özel ölçüm aygıtları ve sayısal analiz teknikleri geliştirilmiştir. Bunların sonucunda da, “**Arkeojeofizik**” olarak adlandırılan yeni bir alt bilim dalı doğmuştur.

İlk arkeojeofizik çalışmalar, 1940'lı yılların sonlarında Kuzey Amerika ve İngiltere'de başlamıştır. Özdirenç yöntemini kullanarak yapılan ilk çalışmanın İngiltere'de 1946 yılında Atkinson tarafından yapıldığı, bunun ardından manyetik yöntem üzerine ilk araştırmanın ise, 1957 yılında Belshe tarafından uygulandığı biliniyor. Bu çalışmaları Aitken, Webster, ve Rees (1958)[1] tarafından Oxford Üniversitesinden bir grubun yaptığı çalışma izledi. Bundan sonra birçok araştırmacının farklı yöntemler deneyerek ilginç ve etkili sonuçlar elde etmişlerdir. 1970'li yılların başlarında kullanılmaya başlanan Radar yöntemi; hızlı, kolay kullanım olanağı ve başarılı sonuçları nedeniyle özdirenç yöntemi ve manyetik yönteminle beraber en çok kullanılan yöntemler arasında yerini aldı.

Ülkemizde bu çalışmaların 1968 yılında Ali Yaramancı'nın başkanlığında Keban Projesinde [25] kullanıldığı bilinmektedir. Türkiye'nin arkeolojik açıdan büyük potansiyele sahip olduğu bilinmektedir. Geçmişten bu güne ülkemizde, gerek yerli gerekse yabancı araştırmacılarca yürütülen pek çok projede, arkeojeofizik yöntemi pek çok defa başarıyla uygulanmış, ekonomik açıdan ve iş gücü açısından büyük ölçekte fayda sağladığı görülmüştür.

2.2. Arkeojeofizik Yöntemler

Arkeolojik araştırmalarda jeofizik yöntemlerin tercih edilmesindeki ana etkenlerin başında, kullanılan cihazların hiçbir biçimde gömülü yapıya zarar vermeyecek biçimde hafif ve yöntemin yüzeyden uygulanabilir olması, hızlı ve ayrıntılı sonuç vermesi ve bu sayede ucuz olması gelmektedir.

Arkeoloji jeofiziği derinliği ve büyüklüğü birkaç cm'den birkaç m'ye kadar olan yapılarla ilgilenir. Bu yapılar genellikle; depolama çukurları, ev temelleri, duvarlar, ocaklar, fırınlar ve diğer yanmış nesnelere oluşan "prehistorik" temeller ya da kale duvarları, tiyatro, stadyum, tapınak, büyük bina temelleri, cadde, sokak ve ev kalıntıları gibi "tarihsel" temellerden oluşur [3].

Jeofizik çalışmalara başlamadan evvel, bölgenin arkeolojik geçmişinin araştırılması, varsa daha evvel yapılmış kazıların buluntularının incelenmesi gerekmektedir. Alanla

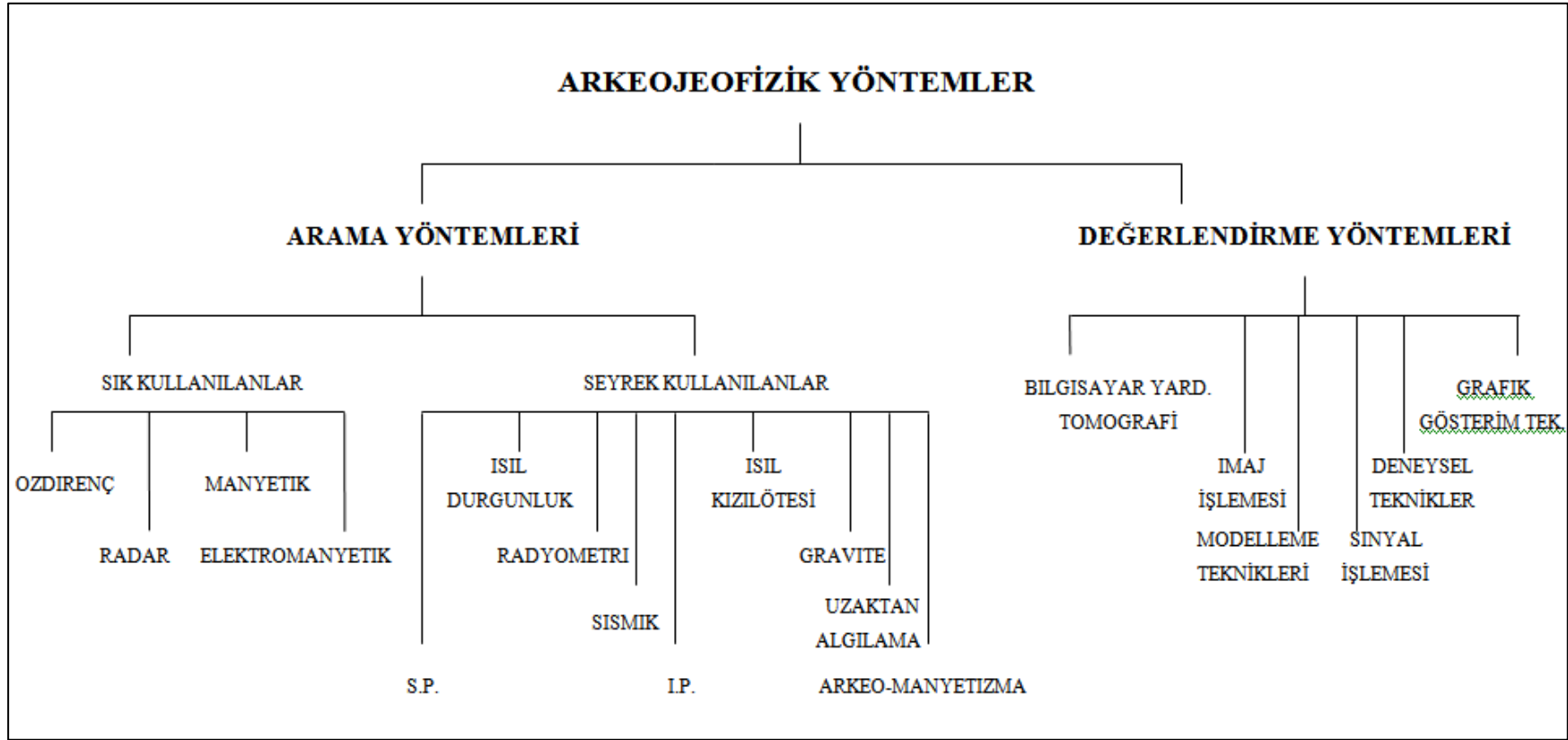
ilgili jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerin belirlenmesi, hava fotoğraflarının ve uydu görüntülerinin incelenmesi ve yöre halkıyla konuyla ilgili görüşülmesinin de büyük önemi vardır. Araştırma sahasında hangi yöntemlerin kullanılacağına karar vermek için, önce olası gömülü yapıların özellikleri (kesilmiş taşlarla örülmüş duvarlar, temeller, pişmiş toprak yapılar vb.) öğrenilmeli ve bu doğrultuda bazı test amaçlı, çeşitli yöntemlerle pilot ölçümler alınmalıdır. Bu ön çalışmalar tamamlandıktan sonra hazırlanan jeofizik araştırma planıyla, doğru yöntem ve en uygun araştırma sahasının belirlenmesi gerekmektedir.

Arkeolojik alanlarda kullanılan başlıca jeofizik yöntemler Şekil 2.1'de şematik olarak gösterilmektedir. Bu yöntemlerin genel özellikleri ise şöyle özetlenebilir;

2.2.1. Elektrik özdirenç (resistivity) yöntemi

Elektrik özdirenç yöntemi, jeofizik araştırmalarda 1915'de ilk kez Wenner tarafından kullanılmıştır. Daha sonraki gelişimler ise 1920 yılında Schlumberger tarafından ortaya konmuştur. Bu yöntem arkeolojik alanda ilk kez Atkinson tarafından 1946 yılında kullanılmıştır.

Bu yöntem, yeryüzüne iki noktadan akım verilip, yer altında oluşturduğu gerilimin farklı iki noktadan ölçülmesi prensibine dayanır. Yerin elektrik özdirenci, büyük bir oranda ortamdaki sıcaklık, basınç, gözeneklilik, geçirgenlik, ortamın su doygunluğu ve suyun yer içindeki dağılımı gibi özelliklere bağlı olarak değişmektedir. Arkeolojik alanlarda en çok kullanılan yöntemlerdendir. Yapı temelleri, duvarlar vb. gibi yapısal özelliklerin çevresindeki birimlerden daha farklı özdirenç değerleri vermesi bu yapıların belirlenmelerini sağlar. Bu yöntemle ilgili gerekli ayrıntılar Bölüm 3. de verilmektedir.



Şekil 2.1. Arkeojeofizik Yöntemler [3]

2.2.2. Manyetik yöntem

Manyetik yöntem üzerine yapılan ilk araştırma, 1957 yılında Belshe [10] tarafından uygulanmıştır. Arkeolojik alanda manyetik duyarlık üzerine ilk çalışmalar E. Leborgne (1955)[10] tarafından Britanya'da yapıldığı bilinmektedir.

Bu yöntemde, yeraltındaki birimlerin farklı mıknatıslanma duyarlılığına sahip olmaları özelliğinden yararlanarak, yüksek mıknatıslanma duyarlıklı cisimleri belirleyebilmektedir. Yüksek manyetik süseptibilite, ortamın daha az olan manyetizmasında kendini belli eder. Manyetometreler, toprağın içerdiği manyetik değişimleri %0.1'den daha az duyarlılıkla meydana çıkmaktadır [26]. Çömlek, tuğla ve kiremit yığışmaları ile yanma çukurlarının içerdiği ısı kalıcı (thermoremanent) mıknatıslanma, manyetik özellikli kayalardan yapılmış yapı temelleri, demirli metallerin yığışımı ve depolama çukurları gibi organik çevrede oluşan demir oksitlerin bulunduğu ortamlar mıknatıslanmayı oluşturan temel birimlerdir. Yerleşim birimleri üzerindeki manyetik duyarlılığın (susceptibility) varlığı ve bu duyarlılığın ölçümüyle yerleşim birimindeki duvarlar, gömülü yollar, girişler ve anıtlar gibi temeller belirlenebilir [3].

2.2.3. Elektromanyetik yöntem

Elektrik yöntemler içinde yer alan ve hem yapay hem de doğal kaynaklı olan bir diğer yöntem de elektromanyetik yöntemlerdir. Özellikle iletken yapıların araştırılmasında kullanılan yöntem, ilke olarak bir kablodan dalgalı akım (AC) geçirilmesi ile bu kabloya dik doğrultuda oluşan manyetik alan (Hp) ve bunun yer altında bir iletkeni etkilemesine dayanmaktadır. Oluşum ilkesi gereği, Elektromanyetik yöntemler, yeraltındaki her türlü iletken yapıya karşı duyarlı olduğu için son 35 yıldır arkeojeofizikte yaygın olarak kullanılmaktadır.

Arkeolojik alanlarda elektromanyetik; genellikle yüzey toprağının kuru, sert ya da ortamın kayalık ve makilik olduğu yerler için kullanışlı bir yöntemdir. Elektromanyetik aramalar, özellikle yeniden dolan alanlarla (mezarlar gibi) tepecik

kalıntılarının bulunmasında olağanüstü sonuçlar vermektedir. Bu yöntem, ana kaya üzerindeki toprak kalınlığını belirlemek için de kullanılabilir. Bu ölçümlerde çoğu kez yeryüzündeki materyallerin görünür iletkenlikleri (conductivity) ölçülür. Elektromanyetik yöntemin arkeolojik alanlara uyarlanması ilk yıllarda iki teknik denenmiştir. Bunlardan biri sürekli iletim sağlayan Slingram, diğeri de geçici elektromanyetik yöntemdir. Her iki teknikte metalik nesnelere etkin olarak saptamaktadır [3].

2.2.4. Yer radarı (jeoradar) yöntemi

Jeoradar, yüksek frekanstaki Elektromanyetik dalgaların yeraltında yansımalarının kaydedilmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu yöntem, yeryüzündeki dielektrik özelliklerin değişimini haritalar. Bu ise, genellikle volumetrik (gaz ya da sıvı hacminin ölçülmesi) su içeriğindeki değişimlerle oluşur. Böylece radar metalik olan ve olmayan tüm materyallere karşı duyarlıdır [9]. Radar aleti yeryüzü üzerinde elektromanyetik sinyaller üreterek ve alıcı antenin sahip olduğu bant genişliğine bağlı olarak, değişik jeoelektrik özellikli katman sınırlarından yansıyan sinyalleri kaydeder. Yansıma profilinin kaydı tek kanal sismik profilleşmeye benzer. Elde edilen profil, yüzey altındaki katmanlardan yansıyan dalgalar ve gönderici sinyalleri içerir. Bu yöntem yüksek yarımlılığa sahiptir ve sürekli profillemeye olanak verir.

2.2.5. Gravite yöntemi

Bu yöntemin geleneksel uygulamalarında, yeraltında bulunan kayaçların yoğunluk farklılığından yararlanarak yer altı yapısını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Eğer kayaçlar arasında bir yoğunluk ve şekil farklılığı var ise bunların yeryüzünde oluşturacağı anomali gravite ölçümlerinde bir belirti şeklinde ortaya çıkacaktır. Arkeolojik eserlerin boyut olarak çok küçük ve çok sığ olmaları, yoğunluk farkı olsa bile, yeryüzünde oluşturacakları gravite alanının, normal alan dağılımından çok az sapmasına neden olur. Bu nedenle gravite yönteminin arkeolojik alanlar uygulanması sınırlıdır [10]. Bazı araştırmacılar Gravite yönteminin; sit alanı sınırları, yer altı boşlukları, gömülü odaların ve Tümülüslerin yer, boyut, ve derinliklerinin araştırılmasında kullanılabileceğini belirtmişlerdir [27].

2.3. Arkeojeofizik Çalışmalara Örnekler

Bu konuda yayınlanmış pek çok çalışmaya ulaşmak mümkündür. Dijital ortamda 2000'den fazla uluslar arası dergiye ev sahipliği yapan science-direct isimli portalda, bu konuyla ilgili yapılan makale taramalarında, genellikle birkaç yöntemin bir arada kullanıldığı dikkati çekmekle birlikte özellikle birkaç yöntem üzerinde durulduğu açıkça görülmektedir. Bu yöntemler elektrik öz direnç yöntemi, manyetik yöntem, jeoradar yöntemi ve sismik yöntemdir. Örnek olarak seçilen 16 adet makale ve kullandıkları yöntemler Tablo 2.1'de verilmektedir.

Tablo 2.1. Arkeojeofizik çalışmalara örnekler ve kullanılan yöntemler

Yazarlar	Rezistivite	Manyetik	GPR	Sismik	IP
G. Leucci ve diğ. (2007)[42]	✓			✓	
D. De Domenico ve diğ. (2006)[35]	✓			✓	✓
M.G. Drahor (2006)[38]	✓	✓		✓	
S. Negri ve diğ. (2006)[29]	✓		✓		
A. Vafidis ve diğ. (2005) [28]	✓		✓		
Y. Lang ve diğ. (2003)[36]		✓	✓		
M.E. Candansayar ve diğ. (2001)[6]	✓				
H.L. Loera ve diğ. (2000)[39]		✓			
G.R. Olhoeft (2000)[30]	✓	✓	✓		
A. Kampe (1999)[40]	✓				
L. Sambuelli ve diğ. (1999),[31]	✓	✓	✓		
E. Arlsan ve diğ. (1999)[32]	✓	✓	✓		
C. Pannisod ve diğ (1997)[41]	✓				
G. N. Tsokas ve diğ. (1994)[33]	✓	✓			
E. Brizzolari ve diğ. (1992)[37]	✓	✓		✓	
M. S. Matias ve diğ. (1992)[34]	✓	✓			

BÖLÜM 3. ELEKTRİK ÖZDİRENÇ YÖNTEMİ

Elektrik öz direnç yöntemi en sık kullanılan jeofizik yöntemlerden biridir. Elektriksellik, elektroliz işlemiyle yeryüzü boyunca oluşan iletimdir ve toprak ile kayalarda 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. Kayalar; 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 ileticilerdir ve yüksek dirence sahiptirler [3]. Buna karşılık gözeneklilik miktarı arttıkça gözeneklerdeki sıvı oranına bağlı olarak iletkenlik artar ve direnç azalır.

Arkeolojik çalışmalarda; aranan yapı içeriği ve yoğunluğu bakımından örtü biriminden farklı olduğundan bulunması kolaylaşır. Toprak ve kille karışmış yüksek öz dirence sahip taş ve kayaların ayrımı önemlidir. İklimsel değişikliklerinde etkisiyle kayaç yada sedimentin su içeriğindeki değişimler arkeolojik yapıların etkilerini örtebilir. Bu sebeple toprak öz direncindeki değişimlere neden oluşturabilecek koşulların bilinmesi ve göz önünde tutulması gerekmektedir.

3.1. Toprağın Elektriksel Özellikleri

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

3.1.1. 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.

3.1.2. 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.

3.1.3. 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.

3.1.4. 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. Bir çok araştırma belirli sıcaklıklar altında yapıldığından, ısının arkeolojik yapılar üzerinde çok etkili olmadığını söyleyebiliriz [3].

3.2. Ölçümleri Etkileyen Faktörler

En sade anlatımıyla özdirenç 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 işlemini etkileyen bazı faktörler vardır:

3.2.1. 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.

3.2.2. Değme direnci

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

3.2.3. 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.

3.2.4. Doğal akımlar

Yer manyetik alanının geçici değişimlerine bağlı 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 öz direncine, 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.

3.2.5. 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.

3.3. 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:

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad (3.1)$$

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;

$$E = \rho J \quad (3.2)$$

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

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (3.3)$$

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,

$$E = -\nabla V \quad J = \sigma (-\nabla V) \quad (3.4)$$

Burada (V) volt olarak ölçülür.

3.4. Homojen ve İzotrop Ortamda Potansiyel Dağılım

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

$$\text{div } J = -\frac{\partial q}{\partial t} \quad (3.5)$$

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

$$\text{div}(\mathbf{j}) = \text{div} \left(\frac{1}{\rho} \text{grad } V \right) = 0 \quad (3.6)$$

yazılabilir veya;

$$\text{grad} \left(\frac{1}{\rho} \right) \text{grad } V + \frac{1}{\rho} \text{div} (\text{grad } V) = 0 \quad (3.7)$$

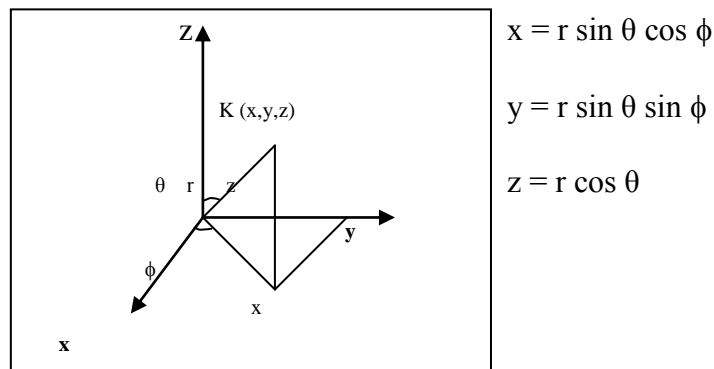
yazılabilir ve bu doğru akım elektrik prospeksiyonunun temel denklemdir. P koordinat eksenine bağımlı değilse yani ortam izotropsa;

$$\nabla^2 V = \text{div grad } V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0 \quad (3.8)$$

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

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad (3.9)$$



Şekil 3.4. Küresel koordinatların gösterimi[21]

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 (9) denklemi;

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) = 0 \quad (3.10)$$

olur. Bu denklemin integrali alınarak,

$$V = C_1 + \frac{C_2}{r} \quad (3.11)$$

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

Herhangi bir r uzaklığındaki akım yoğunluğu;

$$J = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial V}{\partial r} = \frac{1}{\rho} \frac{C_2}{r^2} \quad (3.12)$$

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

$$4\pi r^2 J = \frac{4\pi}{\rho} C_2 \quad (3.13)$$

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,

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

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 özdirenç 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.

3.5. 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 kütle varlığı gibi eş potansiyel eğrileri düzgün dağılamazlar.

3.6. Dizilim Çeşitleri

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

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

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 tepkisidir 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

3.6.1. 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 3.1.) dizilir. Bu dizilim çeşidinde k geometrik faktörü;

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

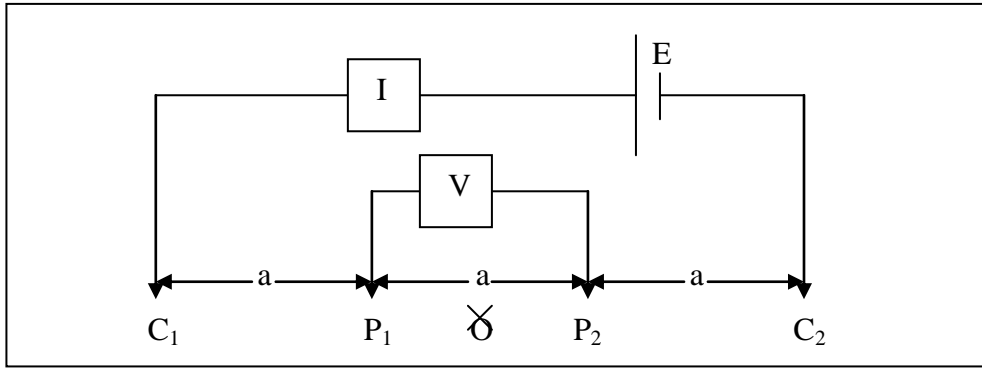
şeklinde yazılır. Elektrotlar arası uzaklık a olursa;

$$k = \frac{2 \pi}{\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{a}} \quad \Rightarrow \quad k = 2 \pi a$$

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

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

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 [5].



Şekil 3.1. Wenner (α) Elektrot Dizilimi

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

3.6.2. Schlumberger elektrot dizilimi

Schlumberger elektrot dizilimine göre; elektrotlar, iki akım elektrotu (C_1 ve C_2) ve iki potansiyel elektrotu (P_1 ve P_2) olarak adlandırılırsa, elektrotlar bir doğru üzerinde $C_1 P_1 P_2 C_2$ olmak üzere dizilir. $C_1 P_1$ uzaklığı (a) ve $P_1 P_2$ uzaklığı (b) olarak düşünülürse; elektrotlar arası açıklık $a \gg b$ ($a = 5 b$ gibi) şeklinde olmalıdır. Bu dizilim çeşidinde k geometrik faktörü;

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

bu durumda Schlumberger elektrot diziliminde görünür özdirenç;

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

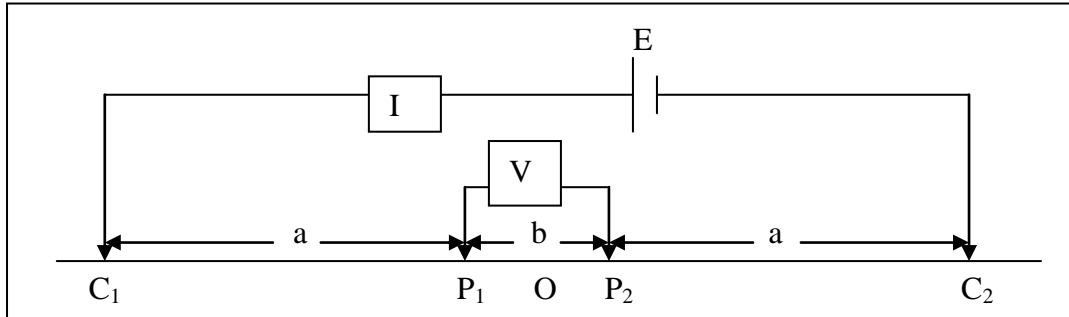
olarak elde edilir. Pratikte $a \gg b$ olduğunda $\frac{b}{2a} \rightarrow 0$ olarak kabul edilir.

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

olur ve bu durumda görünür özdirenç;

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

şeklinde yazılabilir.



Şekil 3.2. Schlumberger elektrot dizilimi

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

3.6.3. 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;

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

şeklindedir. Bu durumda k geometrik faktörü;

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

olur. Burada $G = \frac{1}{2} n(n+1)(n+2)$ olup $n = 1$ için, $G = 3$

$n = 2$ için, $G = 12$

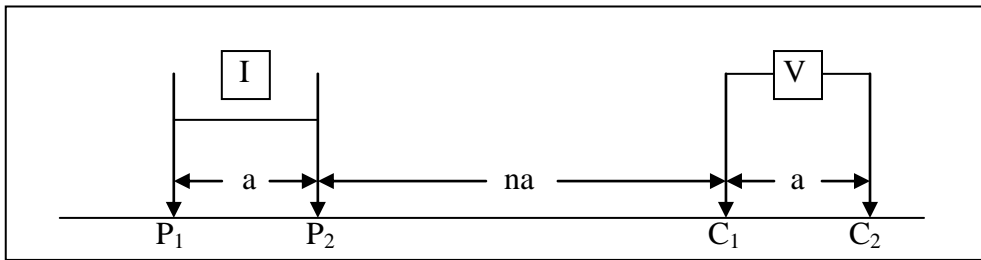
$n = 3$ için, $G = 30$

$n = 4$ için, $G = 60$

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

Bu durumda görünür rezistivite,

$$\rho a_{dd} = 2\pi a G \frac{V}{I}$$



Şekil 3.3. , Dipol – Dipol Elektrot Dizilimi

3.6.4. Yarım wenner elektrot dizilimi

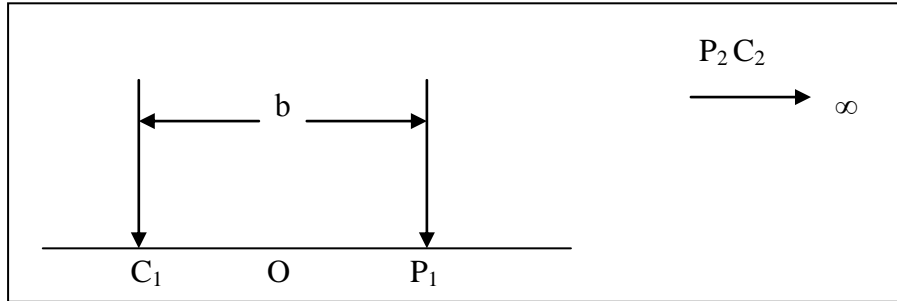
Yarım Wenner elektrot dizilimine göre; (C_1 ve C_2) akım elektrotları ve (P_1 ve P_2) potansiyel elektrotları olmak üzere akım ve potansiyel elektrotlarından birer tanesi (C_2 ve P_2), diğer ikiliden (C_1 ve P_1) çok uzak noktalara yerleştirilir ve sabittir. Pratik olarak sonsuzda oldukları kabul edilir. Bu durumda C_1 ve P_1 elektrotlarının orta noktası merkez olmak üzere bu iki elektrot simetrik olarak bir hat boyunca açılarak ölçüm alınır. C_2 ve P_2 elektrot çifti sonsuzda olduklarından ΔV potansiyel farkı P_1 noktasındaki potansiyele eşittir. $C_1 P_1$ 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 3.4. Yarım Wenner Elektrot Dizilimi

3.6.5. Yarım schlumberger elektrot dizilimi

Yarım Schlumberger elektrot dizilimine göre; (C_1 ve C_2) akım elektrotları ve (P_1 ve P_2) potansiyel elektrotları olmak üzere, akım elektrotlarından biri diğerlerinde oldukça uzak bir noktaya yerleştirilir, sabittir ve sonsuzda kabul edilir. Diğer üç elektrotun aralıkları farklı olabilir. $C_1 P_1$ elektrot aralığı a , $C_1 P_2$ elektrot aralığı b , $C_2 P_1$ ve $C_2 P_2$ elektrot aralıkları sonsuz (∞) olarak alınırsa;

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

$b = 2 a$ olursa;

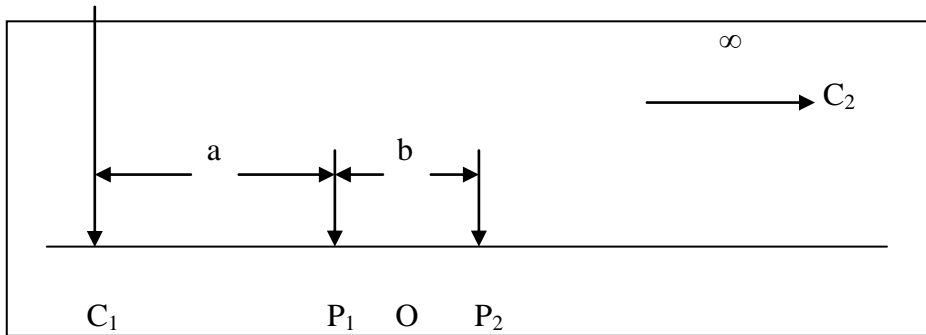
$$\rho_a = 4 \pi a \frac{\Delta V}{I}$$

olur ki bu da yarım Wenner elektrot diziliminin iki katıdır. İki potansiyel elektrotunun arasındaki mesafe ($P_1 P_2$), P_1 'den akım elektrotlarına olan mesafeden çok küçük olduğunda ihmal edilebilir ve

$C_1 P_1 = a - \frac{\partial}{2}$ ve $C_1 P_2 = a - \frac{\partial}{2}$ yazılabilir. Bu durumda görünür özdirenç;

$$\rho_a = \frac{2 \pi a \left(\frac{\partial V}{\partial a} \right)}{I}$$

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



Şekil 3.5. Yarım Schlumberger Elektrot Dizilimi

3.7. 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.

3.8. 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 aralanmasına bağlı olduğundan, çalışma alanında ölçü alınan tüm doğrultular boyunca; dizilim türü, verilen akımın genliği, akım uçları aralığı sabit olmalıdır [1].

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.

3.9. Sığ Amaçlı Öz direnç Araştırmalarının Planlanması

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

Arkeolojik amaçlı bir öz direnç 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 öz direncinin 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 [3].

3.10 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.

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial \rho^1_{a_1}}{\partial \rho^1_1} & \dots & \frac{\partial \rho^1_{a_n}}{\partial \rho^1_n} & 0 & \dots & \dots & 0 \\ \frac{\partial \rho^1_{a_2}}{\partial \rho^1_1} & \dots & \frac{\partial \rho^1_{a_n}}{\partial \rho^1_n} & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \frac{\partial \rho^2_{a_1}}{\partial \rho^2_1} & \dots & \dots & \frac{\partial \rho^2_{a_n}}{\partial \rho^2_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & \frac{\partial \rho^2_{a_2}}{\partial \rho^2_1} & \dots & \dots & \frac{\partial \rho^2_{a_n}}{\partial \rho^2_n} \\ 1 & -1 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

Şekil 3.6. Jacobien Matrisi [49]

$$\Delta p = \begin{bmatrix} \Delta p_1^1 \\ \cdot \\ \Delta p_n^1 \\ \Delta p_1^2 \\ \cdot \\ \Delta p_n^2 \end{bmatrix} \quad \Delta g = \begin{bmatrix} \Delta g^1_1 \\ \cdot \\ \Delta g^1_m \\ \Delta g^2_1 \\ \cdot \\ \Delta g^2_m \\ 0 \\ \cdot \\ 0 \end{bmatrix}$$

Şekil 3.7. Parametre Δp ve ΔG veri matrislerinin şematik Gösterimi [49]

$\frac{\partial \rho^1_m}{\partial p^1_n}$ denkleminde m veri sayısını, n parametre sayısını ve 1 olarak gösterilen indis ise kaçınıcı DES'e ait bilgi olduğunu göstermektedir.[46]

BÖLÜM 4. İZMİR-BERGAMA-PAŞAILICASI BÖLGESİNİN ANTİK DÖNEMDE YERLEŞİM YERİ OLMASININ TEKTONİK, JEOLJİK VE COĞRAFİK NEDENLERİ

İzmir İli, Bergama İlçesi sınırları içinde, Bergama-İvrindi karayolunun 18. km'sinde, Bergama'nın kuzeydoğusunda, Yortanlı Barajı gölet alanının tam ortasında, Paşa Ilıcası Mevkii'nde yer almaktadır. 1998 yılından bu yana da Paşa Ilıcası merkez olmak üzere baraj gölet alanı içinde kalan alanda kurtarma kazı çalışmaları devam etmektedir.

Baraj Gövdesi ve çevre ile bağlantısını sağlayacak yol yapım çalışmaları devam etmektedir. Proje aynen uygulandığı takdirde, baraja su toplanmaya başlandığı gün Allianoı tamamen su altında kalacaktır. Yağış rejimi ve bitki örtüsü ile bağlantılı olarak yaklaşık 40-60 yıl arasında ömrü olduğu düşünülen barajın gölet alanında bu süre zarfında alüvyon birikecek. Ve Allianoı yaklaşık 12- 15 m.'lik alüvyon dolgu altında kalacaktır.

Antik yazarlardan P.Aelius Aristides'in Hieroi Logoi adlı eserinde Allianoı anılmaktadır. Bu antik kaynak haricinde henüz, antik yazarlarda veya epigrafik buluntularda, Allianoı hakkında başka bilgiye ulaşılammıştır.

Prehistorik Dönem: Allianoı'un batısında orman arazisinde yapılan kazı çalışmaları sırasında, ETÇ II'ye ait bir adet Yortan kabı ele geçmiştir. Çakmak Tepe eteklerinde ise çok sayıda çakmak taşı eser saptanmıştır. Bunun haricinde dolgu toprak içerisinde iki adet taş balta ele geçmiştir. Tüm bunlara dayanılarak Allianoı ve yakın çevresinde prehistorik bir yerleşim olduğu düşünülmektedir.

Helenistik Dönem: Bu dönemde sıcak sudan dolayı küçük bir termal merkezi olduğu sanılmaktadır. Sıcak sudan bu dönemden itibaren yararlanılıyordu. Helenistik Çağ'a ait sadece birkaç arkeolojik ve nümizmatik eser ele geçmiş olmasına rağmen Allianoi merkez yerleşiminde Helenistik mimariye rastlanılmamıştır.

Roma Dönemi: Allianoi'da, Roma İmparatorluk Dönemi'nde (İ.S. II. yüzyıl) kült merkezinde, Anadolu'nun pek çok merkezinde ve Pergamon'daki Asklepieionda olduğu gibi büyük bir bayındırlık faaliyeti yaşanmıştır. Kült merkezinde mevcut binaların büyük bir kısmı bu döneme aittir. Ilıcanın yanı sıra, köprüler, caddeler, sokaklar, insulalar, geçiş yapısı, propylon, ve nympheum bu dönemde planlanır.

Bizans Dönemi: Allianoi'da yoğun yerleşimin görüldüğü dönemdir. Ancak Pergamon'da olduğu gibi sosyo-ekonomik açıdan son derece zayıf bir dönem yaşanmıştır. Kült merkezinde yaşamaya başlayan Bizanslılar, Roma Çağı'na ait heykeltıraşlık eserlerini ve mimarlık kalıntılarını tahrip edip, devşirme malzeme olarak kullanmaya başlamışlardır. Roma Çağı'na ait, stoaların ve ana caddelerin tabanları kullanılmak suretiyle, yeni basit mekanlar yapılmıştır. Allianoi'un en önemli yapısı olan ılıcanın ve nympheumlar da ihtiyaçlara uygun küçük değişiklikler yapılarak kullanılmaya devam etmiştir. Bazilikal planda büyük bir kilise inşa edilmiştir. Yerleşmenin içinde ve yakın çevresinde de şapeller yapılmış, ayrıca bu dönemde metal, seramik ve cam atölyelerini kurulmuştur.

Osmanlı Dönemi: Osmanlı döneminde Paşa Ilıcası, Aydın Salnameleri'nde geçmektedir. Ancak yoğun bir şekilde kullanılmamıştır. Çünkü kazılar sırasında Osmanlı dönemine ait birkaç sikkenin dışında iz yoktur. 20. yy. başında bölge Kaymakamı Kemal Bey tarafından Ilıca ele alınmış ve büyük havuzun bulunduğu yerin kısmen yeniden kullanıma açılmasını sağlamıştır. Ancak ılıcanın batısında Roma köprüsünün, Osmanlı döneminden 1979 yılına kadar Bergama-İvrindi arasında kullanıldığı anlaşılmaktadır.

Günümüz: 20. yüzyılın başında kısmen temizlenmiş ancak sonra yeniden gelen sel nedeniyle, 1950'li yıllara kadar atık durumda, ılıcanın olduğu kısım, atıl durumda kullanıldığı anlaşılıyor. 1992 yılında, Bölge Karayolları Müdürlüğü tarafından

mevcut ve halen kullanılan Roma Köprüsü, kurul kararı olmaksızın ihale ile kısmen deforme edilerek yeni bir köprü inşa edilmiştir. Aynı yıl Ilıcanın restorasyonu İzmir Valisi tarafından İl Özel İdaresi aracılığı ile ihaleye verilmiştir. Bir yıl süren restorasyon işlemleri sırasında yine kurul kararı olmaksızın ılıcanın içi deforme edilerek üzerine modern bir bina yapılmıştır. Bu tarihten itibaren işletmeye verilmiştir, Şubat 1998’de yaşanan ağır bir sel taşkını ile tesis yeniden kullanılamaz duruma getirmiştir. Çayın güneyinde ise özel şahıslara ait olan arazide tarım yapılmıştır. Bu onarımlarda ilave edilen modern binaların büyük bir bölümü 2003 yılı çalışmaları sırasında kaldırılmış ve antik ılıca mekanları ortaya çıkarılmaya başlanmıştır.

Türkiye, Alp-Himalaya tektonik kuşağında yer almaktadır. Yörenin tektonik yapısının şekillenmesinde Avrasya, Afrika, Arap, Ege, Ege-Anadolu ve Karadeniz levhaları arasındaki göreceli hareketler etkili olmuştur (Şekil 5.2). Afrika ve Arap levhalarının Avrasya levhasına göre kuzeye doğru hareket etmesi, Anadolu levhalarının batıya hareket etmesine neden olmaktadır.



Şekil 4.1. Allianoi Antik kentinin Yerini gösteren Türkiye Haritası



Şekil 4.2. Allianoi Antik Kentini Gösterir Hava Fotoğrafi

4.1. Çalışma Sahasının Jeolojisi

MTA Enstitüsü Jeoloji Dairesince 1975-1977 yılları arasında yürütülen «Menderes Masifi ile Biga Yarımadası arasındaki bölgenin jeolojisi projesi» nin bir bölümüne ilişkin veriler sergilenecektir. Çalışmalarda Kırkağaç-Soma-Savaştepe-Korucu-Ayvalık ve Bergama dolayını içeren 1 :25000 ölçekli jeoloji haritaları eski çalışmalar gözden geçirilerek değerlendirilmiştir [21]

Soma dolayının jeolojisini inceleyen Kleinsorge [21] şist ve grovakların Ankara Ludumlu yöresindekilerle benzerliğini savunmuştur. Aynı yörede Brinkmann ve diğerleri (1970)[18] tarafından Jura'nın, şist grovaklar üzerine konglomeratik marn ile geldiği ileri sürülmüştür. Kozak intruzif masifinin petrolojisi ve çevre kayalarla ilişkisini inceleyen İzdar (1968)[21], bölgenin 1:120000 ölçekli jeoloji haritasını yayınlamıştır. Kuzeybatı Anadolu'da yer alan Plütonların karşılaştırılmalı jenetik etüdünü yapan Bürküt (1966)[21], Kozak Granodiyoriti'nin yaşını 79.8+-8 milyon yıl olarak saptamıştır. Buna karşın aynı Granodiyoriti için Ataman (1975)[21] tarafından 13. 23 ve 16 milyon yıllık yaş ileri sürülmüştür. Kuzeybatı Anadolu'da yer alan Plütonların içerdikleri element dağılımlarının düzenliliği nedeniyle petrojenetik açıdan aynı kökene ait oldukları Bürküt (1975)[21] tarafından savunulmuştur. Dikili-Bergama yöresinde jeotermal enerji amaçlı çalışmalar yapan Öngür (1972)[21],

yörenin 1: 25 000 ölçekli jeoloji haritalarını yapmış ve jeotermal enerji olanakları açısından umutlu olduğunu vurgulamıştır.

Batı Anadolu'nun jeotektonik gelişimini inceleyen İzdar (1975), Ege çevresindeki ünitelerde farklı yapısal yönelmeler ile magmatik gelişimleri daralma ve genişleme hareketleri ile açıklamaya çalışmıştır. Bingöl (1974), Batı Anadolu, Ege adaları ve Yunanistan'ın Üst Tersiyer'e kadar aynı jeotektonik evrimi geçirdiğini, Manisa, Balıkesir, Eskişehir hattının Üst Kretase'de bir yok olma zonuna karşılık geldiğini ileri sürmüştür.

4.1.1. Stratigrafi

Çalışma alanı, Biga Yarımadası ile Menderes Masifi arasında yer alır. Kuzeyden ve güneyden ileri derecede metamorfitle sınırlanmış olan bu alan, özellikle Mesozoyik'ten itibaren bölgenin jeotektonik evriminin aydınlanması açısından önemli bir yöredir. Bu kesimde daha önce bölgesel anlamda ayrıntılı jeoloji ve stratigrafi çalışmaları yapılmamıştır. Bölgede otokton olarak Alt Trias'tan Kuvaterner yaşına kadar sedimentler, magmatik ve metamorfik kayalar yüzeyleşmektedir. Allohton olarak saptanan Üst Permiyen yaşlı Çamoba Formasyonu'na ait birimlerin, çalışma alanının en eski otokton birimi olan Alt Trias yaşlı Halılağa Grubu içinde çeşitli boyutlarda blok konumlu olduğu düşünülmektedir.

düzenli bir istif özelliğinde izlenmesi, otokton olma olasılığını düşündürmektedir. Buna karşılık kendisinden daha genç (Alt Trias) birimlerin sık kıvrımlı oluşları ve düşük dereceli metamorfizma etkisi taşımalarına karşın, Çamoba Formasyonu'nun metamorfizma izi taşımaması blok olduğu yönündeki görüşü pekiştirir. Çamoba Formasyonu, Biga Yarımadası'nda yapılan çalışmalarda (Bingöl ve diğerleri, 1973), Karakaya Formasyonu içindeki Permiyen yaşlı bloklarla deneştirilebilir.

Hacıyusuf Kumlası Üyesi.— Hacıyusuf Köyü'nden kuzeye doğru giden yol üzerinde en geniş yayımlıdır. Ayrıca çok küçük bloklar halinde Halılağa Grubu içinde yer aldığı gözlenmiştir. Genel olarak sarımsı renkte kumtaşı ve çakıltaşından oluşur. Yersel olarak kumlu kireçtaşı ve kireçtaşı bantlarını kapsar. Hacıyusuf Kumtaşı Üyesi içinde mercan resiflerine ve Bryozoa kolonilerine rastlanır. Çakıltaşı ve kumtaşı, genellikle kuvars ve az oranda feldspat tanelerinden oluşur. Hacıyusuf Kumtaşı Üyesi'nin tabanı gözlenememiştir. Üstte Çaldağ Kireçtaşı Üyesi'ne geçer. Çakıltaşı ile kumtaşının hamurunda ve kireçtaşı bantlarında; *Polydiexodina* sp., *Neoschwagerina* sp., *Afghanella* sp., *Yangchienia* sp., *Globivalvulina* sp., *Paleotextularia* sp., *Pseudovermiporella* sp. fosilleri saptanmış olup, bunlara göre Hacıyusuf Kumtaşı Üyesi Üst Permiyen yaşındadır.

Kırtaş Kireçtaşı Üyesi.— Çalışma alanında sadece Çamoba Köyü doğusunda Kırtaş Tepe'de yüzeyler. Genellikle siyahı koyu gri, yer yer sarımsı renkte oolitle ve pisolitle kireçtaşından oluşur. Kırtaş Kireçtaşı Üyesi üstte Çaldağ Kireçtaşı Üyesi ile düşey ve yanal geçişlidir. Oolitle ve pisolitle kireçtaşı özelliğine göre ayırtlanmış bu üyede fosil bulunamamıştır. Ancak Çaldağ Kireçtaşı Üyesi ile düşey ve yanal geçişli olduğundan, Çaldağ Kireçtaşı Üyesi ile aynı yaşta kabul edilmiştir. Çaldağ Kireçtaşı Üyesi.— Permiyen yaşlı diğer üyelerle ilişkisi yalnızca Çamoba Köyü dolayında olup, Permiyen istiflenmesindeki yeri açık olarak izlenir. Ayrıca Çaldağ Kireçtaşı Üyesi'ne Alt Trias yaşlı Halılağa Grubu içinde çeşitli boyutlarda bloklar halinde yaygın olarak rastlanır. Gri renkli, yer yer kristalize kireçtaşından oluşur. Çamoba Köyü dolayında altta Hacıyusuf Kumtaşı Üyesi ile geçişli olan birim üzerine aynı yerde çok dar bir alanda Şekerağa Miltaş Üyesi gelir. Bol fosilli olan Çaldağ Kireçtaşı Üyesi'nde, *Dunbarula tumida* Skinner, *Verbeekina verbeeki* Geintz, *Neoschpragerina craticulifera* Schwager, *Staffella* sp., *Nankinella* sp., *Chuseneüa* sp.,

Reichelina sp., Neoendothya sp., Globivalvulina graeca, Hemigordiopsis renzi Reichel fosilleri bulunmuştur. İçerdiği faunaya göre üyenin yaşı Üst Permiyen'dir.

Şekerağa Miltaşı Üyesi.— Çamoba Köyü kuzeyinde çok dar bir alanda yüzeyler, Kocakaya Kireçtaşı Üyesi'nin altında genellikle ayrılmış halde, devamlı olarak izlenir. Birim, bordo, kırmızı yer yer nefli renkli miltaşı ve milli kireçtaşından oluşur. Altta Çaldağ Kireçtaşı Üyesi üzerine uyumlu olarak gelir. Üstte ise Kocakaya Kireçtaşı Üyesi tarafından uyumlu olarak örtülür. Kıt fosilli olup, Reichelina sp., Colaniella sp., Nadosaria sp., Tuberritina sp. fosillerini kapsar. Birim Üst Permiyen yaşındadır.

Kocakaya Kireçtaşı Üyesi.— Çamoba Köyü kuzeyinde yüzeyler. Bloklar halinde Halılağa Grubu içinde izlenir. Beyaz renkli, orta ve kalın tabakalı, az kristalize kireçtaşından oluşur. Altta Şekerağa Miltaşı Üyesi üzerine uyumlu olarak gelir. Kıt fosil içeren birimde, Nankinella sp., Geinitzia sp., Pachyphloia sp., Hemigordius sp., Gymnocodium sp., Nadosaria sp. fosilleri bulunmuştur. Bu fosil topluluğuna göre birimin yaşı Üst Permiyen'dir.

Halılağa Grubu - Çalışma alanında Alt Trias yaşlı Halılağa Grubu içerisinde litostratigrafik kaya birimi olarak iki formasyon (Çavdartepe ve Kınık) ve üç üye ayırt edilmiştir. Çalışma alanının kuzeyinde Biga Yarımadası'nda «Karakaya Formasyonu» (Bingöl, 1968; Bingöl ve diğerleri, 1973) olarak adlandırılan kaya türleri, bu grubun Kınık Formasyonu ve Bakırtepe Volkanit Üyesi ile eşdeğer tutulabilir.

4.1.1.2. Çavdartepe formasyonu

Çalışma alanının kuzeyinde yayılım gösterir. Pelit ve psammitik kayaların bölgesel metamorfizmaya uğraması sonucu yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir. Muskovit-kuvars şist, serisit-klorit-kuvars şist, serisit-klorit şist, biyotitli kuvarsit, kuvars-albit-biyotit şist, kuvars-epidot-klorit şistlerden oluşmaktadır. Çavdartepe Formasyonu ile Kozak Granodiyoriti'nin dokanaklarından ve dokanağa yakın alınan örneklerde ise, albit-amfibol şist, biyotit-albit-epidot fels, serisit-klorit fels, hornfels

ve granatit gibi kaya türlerine rastlanır. Genel olarak klorit zonuna ait olan bu birimde grano-diyorit dokanaklarında kontak metamorfizma etkisi ile biyotitler oluşmuş ve biyotit zonuna ait kayalar meydana gelmiştir. Granodiyorit dokanağından uzaklaştıkça biyotitin izlenmemesi bu fikri desteklemektedir.

Çavdarstepe Formasyonu'nun tabanı çalışma alanında izlenememiştir. Üstte ise Alt Trias yaşlı Kınık Formasyonu ile geçişlidir. Bu geçişler açık olarak Ada Mahallesi ve Halılağa Köyü'nün kuzeyinde izlenebilir.

Metamorfik olan bu birim içinde fosil bulunamamıştır. Üzerine gelen ve Çavdarstepe Formasyonu ile geçişli olduğu saptanan Kınık Formasyonu'nun Alt Trias yaşlı olduğu, bu çalışmada fosillerle kanıtlanmıştır. Buna göre Kınık Formasyonu ile geçişli olan Çavdarstepe Formasyonu Alt Trias veya Alt Trias'ın alt seviyesidir.

Çavdarstepe Formasyonu, Biga Yarımadası'nda yapılan çalışmalardaki (Bingöl ve diğerleri, 1973) epimetamorfizmler ile eşdeğer tutulabilir.

Kocaçukur Metavolkanit Üyesi.— Çalışma alanında Çavdarstepe'nin güneybatısında Çavdarstepe Formasyonu içinde üye olarak ayırtlanabilmiştir. Metaspilit, metadiyabaz, albitdiyabaz ve bunların tüflerinden oluşur. Koyu yeşilden neftiye kadar renk değişimi gösterirler. Gaz boşlukları yaygın olarak izlenen spilitlerde bu boşluklar klorit, kuvars, prehnit az olarak da pumpeleyit ile doldurulmuş olup, dolgulu boşluklarda belirgin bir yönlenme izlenmektedir. Spilitlerde hiyalopilitik doku yaygındır. Başlıca plajiyoklaz, ojit ve titanojit mikrokristalleri, lökoksen ve opak minerallerden oluşmuşlardır. Kocaçukur Metavolkanit Üyesi prehnit-pumpeleyit fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir.

Ayçahtepe Kireçtaşı Üyesi.— Halılağa Köyü kuzeyinde yüzeyler. Beyaz renkli, kırılğan, ince-orta tabakalı kristalize kireçtaşıdır. Çavdarstepe Formasyonu içinde özellikle metaspilit, metadiyabaz ve bunların tüflerinin yaygın olduğu kesimde izlenir. Ayçahtepe'de metaspilit, metadiyabaz ve tüflerle kireçtaşları çok ince bantlar şeklinde ardalanmalıdır. Bu ardalanma karbonat çökeliminin spilit ve diyabaz ile

ilişkili ve eşzamanlı olduğunu kanıtlar. Ayçahtepe Kireçtaşı Üyesi çok sık kıvrımlıdır. Kıvrımlanma nedeni ile sucuk yapısı kazanmıştır.

4.1.1.3. Kınık formasyonu

KD-GB yönünde geniş yayılımlar gösterir. Kınık Formasyonu, ilksel' halini kısmen koruyan çeşitli kırıntılı kayaçların yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş türlerinden oluşur. Kınık Formasyonu'nun yayılımı içinde Soma'nın güneyinden alınan örneklerde metakumtaşı ve milli kumtaşı saptanmıştır, ilksel çökeli genellikle mil ve kildir. Kuvars ve feldspat taneleri içerir.

Kınık güneybatısında ise ortalama tane boyu 0.1-0.4 mm olan genellikle eş boyutlu, köşeli ve yarı köşeli kuvars, serisitleşmiş ortoklaz, plajiyoklaz, gnays parçacıklarından oluşan çakıltaşları ve kumtaşları da saptanmıştır. Çakıltaşı ve kumtaşlarının hamuru önemli ölçüde biyotit, muskovit ve klorit pulcukları ile bunları bağlayan klorit çimentodan oluşmaktadır. Halılağa Köyü'nden alınan örneklerde ise taneleri iki mm ye varan kötü boylanmış, kataklastik dokuda, dalgalı sönme gösteren kuvars, alkali feldspat ve plajiyoklaz parçacıklarından oluşur. Kozak-Bergama yolunda Kozak'a bir km uzaklıkta yol yarmalarında granodiyorit dokanağına yakın olmasına karşın, ilksel özelliği kısmen korunmuş kumtaşları izlenmiştir. Kınık Formasyonu altta, Çavdarıtepe Formasyonu ile geçişlidir. Bu geçiş zonu Ada Mahallesi ve Halılağa Köyü kuzeyinde görülmektedir. Üstte ise, Anisiyken yaşlı Kapıkaya Formasyonu taban çakıltaşı ile Kınık Formasyonu üzerine gelir.

Kınık Formasyonu fosilce çok fakirdir. Birim içindeki kumlu kireçtaşı bantlarında *Meandrospira cf. pusilla* (Ho) bulunmuş olup, yaşı Alt Trias olarak belirlenmiştir. Kınık Formasyonu içinde, Permilen yaşlı Çamoba Formasyonu'nun Hacıyusuf Kumtaşı Üyesi, Çaldağ Kireçtaşı Üyesi ve Kocakaya Kireçtaşı Üyesi'ni çeşitli boyutlarda bloklar olarak çokça izlemek olağandır. Kınık Formasyonu, Biga Yarımadası'nda yapılan çalışmalardaki (Bingöl ve diğerleri, 1973)[21] Karakaya Formasyonu'nun kırıntıları ile eşdeğer tutulabilir. Bakırtepe Volkanit Üyesi.— Kınık Formasyonu içinde kaya türü özelliğinden dolayı ayırtlanmıştır. Bakırtepe Volkanit Üyesi, yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş spilit, diyabaz ve bunların

tüflerinden oluşur. Spilitler gaz boşluklu olup, boşlukları kalsit ile doldurulmuştur. Hamuru intersertal doku gösteren küçük taneli feldispatlar ve sosiritleşme gösteren porfirik dokulu feldispatlar oluşturur. Hamurun dışında kayaçta ojit kristalleri çoğunlukla kısa prizmatik ve iri altıgen prizmatik kristaller halindedir. Bakırtepe Volkanit Üyesi fosil kapsamaz. Birim içinde Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları bulunur. Biga Yarımadası'nda yapılan çalışmalarda (Bingöl ve diğerleri, 1973) [21] Karakaya Formasyonu'nun metaspilit, spilitik bazaltları ile eşdeğer tutulabilir.

4.1.1.4. Kapıkaya formasyonu

Bergama'nın batısında Yayaköy, Poyracık ve Karatekeli Köyleri arasında Kapıkaya'da yüzeyler. Birim çakıtaşı, kumtaşı, kumlu kireçtaşı, miltaşı ve kireçtaşından oluşur. Kireçtaşı beyaz, gri renktedir. Orta ve kalın tabakalı olup, yer yer oolitlidir. Kapıkaya'dan alınan örneklerde, 0.2-14 mm boyunda taneler izlenir. Çakıtaşı ve kumtaşını kuvars, feldspat, metamorfik kayaç, kuvarsit, metakumtaşı, çakmak, kireçtaşı, asit plütonik kayaç parçaları oluşturur. Çimentosu ise karbonattır. Kapıkaya Formasyonu altta, Halılağa Grubu'nun Kınık Formasyonu üzerine taban çakıtaşı ile gelir. Tabandaki çakıtaşı üste doğru kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve kireçtaşına geçer. Kapıkaya Formasyonu üstte Orta-Üst Trias yaşlı Kırkağaç Formasyonu ile geçişlidir. Kapıkaya Formasyonu'nun kırıntılı düzeyleri fosilce çok fakirdir. Kumlu kireçtaşı ve kireçtaşından alınan örneklerde, *Endothyronella wirzi* Koehn-Zaninetti, *Trochammina cf. almtalensis* Koehn Zaninetti, *Agathammina* sp. fosilleri saptanmıştır. Bu fosil topluluğuna göre Kapıkaya Formasyonu Anisiyen yaşlıdır. Kapıkaya Formasyonu Biga Yarımadası'nda yapılan çalışmalarda (Bingöl ve diğerleri, 1973) Çınarcık Kireçtaşı ile eşdeğer tutulabilir.

4.1.1.4. Kırkağaç formasyonu

Kırkağaç Formasyonu'nun yayılımı genellikle KD-GB yönlüdür. Beyaz, gri renkli, yer yer kristalize kireçtaşından oluşan birim kısmen dolomitleşmiştir. Orta-kalın tabakalı olup, çok kolay ayrışabilme özelliği nedeniyle tabakalanması her yerde belirgin olarak izlenemez. Kırkağaç Formasyonu'nun özellikle gri renkli düzeyleri bol mikro fosil içerir.

Kırkağaç Formasyonu, altta Kapıkaya Formasyonu ile geçişlidir. Üstte ise yalnızca Soma güneyinde Sarıkaya mevkiinde izlenen Liyas yaşlı Sarıkaya Formasyonu ile geçişlidir. Kırkağaç Formasyonu, çalışma alanında çoğunlukla doğrudan Kınık Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak izlenir.

Kırkağaç Formasyonu'nun üzerine çoğunlukla Liyas yaşlı Sarıkaya Formasyonu olmaksızın Kretase yaşlı formasyonlar aşmalı olarak gelir.

Kırkağaç Formasyonu bol olarak mikrofosil ve çok küçük gastropodlar kapsar. Birim içinde aşağıdaki fosiller saptanmıştır: Triasina hantkeni Majzon, Triasina oberhauseri Koehn-Zanin.Brönn., Galeanella sp., Ophthalmipora sp., Trocholina permodiscoides Oberhauser, Involutina communis Kristan, Involutina gaschei Koehn-Zanin.-Brönn., Involutina impressa Kristan-Tallmann, Involutina sinuosa grubu, Involutinaminuta Koehn-Zanin., Involutina parva Brönn.-Zanin., Involutina planidiscoides Oberhauser, Involutina gaschei cf. praegaschei Koehn-Zanin., Trochammina tabasensis Brönn.-Zanin.-Moslı-Huber, Ophthalmidium chialingchiangensis Ho, Endothyra cf. küpperi Oberhauser, Duotaxis sp., Turrispirillina sp., Agathammina sp., Glomospira sp. Bu faunaya göre Kırkağaç Formasyonu Orta-Üst Triyas yaşlıdır.

4.1.1.5. Sarıkaya formasyonu

Soma güneyinde Sarıkaya Tepe dolayında yüzeyler. Kırkağaç Formasyonu'nun yaygın olduğu kesimlerde de fosillerle saptanmıştır. Sarıkaya Formasyonu, beyaz, açık gri, sarımsı renkli kireçtaşından oluşur. Orta tabakalanmalı ve yer yer oolitlidir. Sarıkaya Formasyonu altta Kırkağaç Formasyonu ile geçişlidir. Kırkağaç Formasyonu'nun üst kesimlerindeki kireçtaşlarında Liyas yaşını belirleyen fosiller saptanmıştır. Ancak, her yerde haritalanabilecek kadar düzenlilik göstermemesi nedeniyle Sarıkaya Formasyonu olarak ayırtlanamayan bu düzeylerin varlığı da geçişliliği kanıtlamaktadır. Üstte ise Avgediği Formasyonu ile ilişkisi gözlenemez. Sarıkaya Formasyonu; Trocholina umbo Frentzen, Mayncina termieri Hattinger, Havrama sp., Pseudocydammina cf. liassica Hattinger, Conicospirilina sp., Labyrinthina sp., Tetrataxis sp., Ammobaculites sp., Nautiloculina sp., Trochammina

sp., Coprolithes sp., Glomospira sp., Glomospirella sp. fosillerini içerir. Bu fosil topluluğuna göre Sarıkaya Formasyonu'nun yaşı Liyas'tır.

Sarıkaya Formasyonu, Biga Yarımadası'nda yapılan çalışmalarda (Bingöl ve diğerleri, 1973) [21] Terzialan Kumtaşı Formasyonu'nun kumlu kireçtaşı düzeyleri ile eşdeğer tutulabilir.

4.1.1.6. Avgediği formasyonu

Avgediği Formasyonu, kuzeydoğuda karbonat çimentolu çakıltası, kumtaşı, miltaşı, kumlu kireçtaşı, oolitle kireçtaşından, güneydoğuda ise kırmızı, gri, bej renkli kireçtaşından oluşur.

Avgediği Formasyonu kuzeydoğuda Alt Triyas yaşlı Kınık Formasyonu üzerine aşıl uyumsuzlukla gelir. Güneydoğuda Liyas yaşlı Sarıkaya Formasyonu olmaksızın Kırkağaç Formasyonu üzerinde aşıl olarak yer alır. Üstte ise Pilavtepe Formasyonu ile uyumludur. Avgediği Formasyonu'nun gri renkli kireçtaşı düzeyleri bol fosillidir. Kırmızı renkli kireçtaşı düzeyleri ise daha az fosil içerir. Çeşitli yerlerinden alınan örneklerde; *Anchispirocyclina lusitonica* Egger, *Protopeneroplis trochangulata* Septfauntain, *Neotrocholina infragranulata* Noth., *Neotrocholina valdensis* Reichel, *Everticyclammina greigi* Henson, *Calpionella alpina* Lorenz, *Calpionella ellipthica* Cadisch, *Tintinopsella* sp., *Trocholina alpina* Leupold, *Trocholina elongata* Leupold, *Contcospirillina basiliensis* Mohler, *Pseudocydammina tituus* Yokoyama fosilleri ile Berriyaziyen yaşı saptanmıştır.

4.1.1.7. Pilavtepe formasyonu

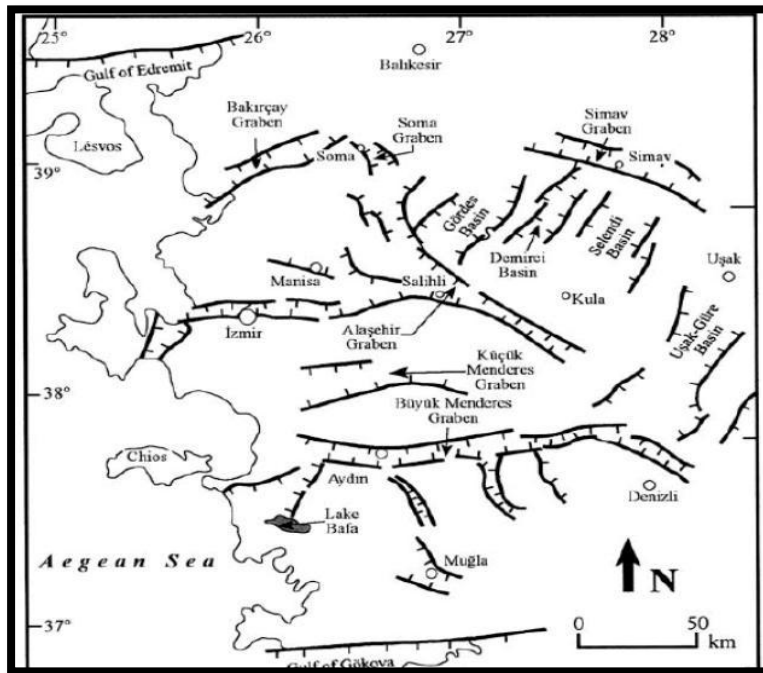
Tip yeri olan Soma güneyindeki Pilavtepe'de alttan üste doğru beş ayrı düzey olarak izlenir: (1) ince-orta tabakalı, nefli, sarımsı renkli miltaşı ve ince tabakalı oolitle kireçtaşı ardalanması; (2) ince-orta tabakalı koyu kırmızı renkli, yer yer silisleşmiş kireçtaşı; (3) Radyolarit; (4) ince-orta tabakalı kırmızımsı ve gri renkli, laminalı, ince silis bantlı kireçtaşı; (5) Silis bant ve yumrulu beyaz, gri renkli, yer yer

kristalleşmiş kireçtaşı. Tip yerinin dışında genellikle birimin dört ve beşinci düzeyleri yüzeyler.

Pilavtepe Formasyonu, altta genellikle Kınık Formasyonu üzerine açılal uyumsuzlukla Kırkağaç Formasyonu üzerine ise Sarıkaya Formasyonu olmaksızın aşmalı olarak, daha dar alanlarda ise Avgediği Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir. Üstte ise Eosen yaşlı Gebeler Formasyonu'nun taban çakıltaşı ile örtülür.

Çeşitli yüzeyleşmelerden elde edilen, *Globotruncana helvetica* Bolli, *Globotruncana schneegonsi* Sigel, *Globotruncana renzi* Gondolfi, *Rotalipora aff. reicheli* Mornod, *Praeglobotruncana sp.*, *Globotruncana angusticarinata* Gondolf i, *Globotruncana coronata* Bolli, *Stomisphaera sphaerica* Kaufman, *Rithonella ovalis* Kaufman, *Heterohelix sp.* fosilleri ile Pilavtepe Formasyonu'nun yaşı Turoniyen olarak belirlenmiştir. Ayrıca taşınmış halde *Endothyra sp.*, *Glomospira sp.*, *Ophthalmidium sp.* gibi Trias'a ait fosillere de bol olarak rastlanmıştır.

4.2. Bölgenin Tektonik Özellikleri



Şekil 4.4. İzmir ve çevresinin Tektonik Haritası [14]

Balıkesir Ovası ve yakın çevresini de içine alan Batı Anadolu, Afrika levhasının Girit adasının güneyinde Ege ile Anadolu levhalarının altına dalması sonucu NNE-SSW yönlü çekme ve gerilmeye uğramıştır [14]. İnceleme alanının kuzey kısmı Kuzey Anadolu fayının yanal atımlı sıkışma ve çekme hareketinin etkisi altındadır. Anadolu, Kuzey Anadolu fayı boyunca ortalama 20 mm/yıl batı yönünde hareket ederken Batı Anadolu N-S yönünde 3–6 cm/yıl gerilmektedir [15]. Kuzeybatı Anadolu Bölgesi, bu iki sistemin etkisi altında tektonik olarak etkin bir alanda yer almaktadır. KAF sistemi, Mudurnu vadisi batısında iki büyük kola ayrılmaktadır. Kuzey kol Sapanca, İzmit ve Marmara denizi içinden geçmektedir. Güney kol ise Yenişehir, Bursa Ovası-Apalyont ve Manyas gölleri altından geçerek Biga yarımadasında Gönen ve Yenice arasından Ege denizine doğru devam etmektedir. Bu kol, zaman zaman aktif duruma geçmektedir [16]. Bazı araştırmacılar İzmit, Gemlik, Bandırma, Biga ve Çan'dan geçen orta kolun varlığını ileri sürmektedir [17]. Kuzey Anadolu Fay zonunun uzunluğu yaklaşık 1100 km olup genişliği 500–1000 m'dir [18]. Ortalama kayma miktarı ise 1 ile 1.3 cm/yıldır [19]. KAF'ın Marmara Bölgesi'ndeki güney kolu ve kabul edilen orta kolu inceleme alanının kuzey sınırını oluşturmaktadır. Bu sisteme bağlı veya bağımsız olarak birçok küçük faylar gözlenmektedir. Balıkesir Ovası ve yakın çevresi, kuzeyindeki Yenice-Gönen Fay Zonu dışında, batıdan Akhisar Fay Zonunun etkisi altında da bulunmaktadır.

Son yıllarda yapılan bazı araştırmalarda Balıkesir-Afyon-Konya arasında uzanan Akşehir Fay Zonundan söz edilmektedir [20]. Bu fay zonu, doğuda Konya'dan başlamakta batıda Savaştepe'ye kadar uzanmaktadır. Genel uzantısı WNW-ESE olup toplam uzunluğu 420 km olarak kabul edilen bu fay zonunun 1-50 km uzunluğunda birbirine paralel ya da yarı paralel çok sayıda normal faylardan oluştuğu kabul edilmektedir [21]. Bu fay sistemi N-S, NE-SW ve NW-SE uzantılı ikincil fay sistemlerinden oluşmaktadır. Bu faylar, çok küçük doğrultu atım bileşeni olan oblik faylarla temsil edilmektedir. Görülüyor ki Balıkesir Ovası ve yakın çevresinde büyük fay sistemleri yer almamaktadır. Ancak kuzey, batı ve güneyden büyük fay sistemleri ile sınırlandırılmaktadır. Genel olarak bölge, kuzeyden Kuzey Anadolu Fay Zonunun (KAFZ) ve güneyden Ege Graben Sisteminin etkisi altındadır. Diğer bir deyişle yöre KAFZ ile Ege'nin açılma rejimi arasında bir geçiş zonu özelliği taşımaktadır. Şöyle ki kuzeydeki KAFZ'na ait olan Yenice-Gönen fayı, doğrultu atımlı fay çözümleri

veren depremler üretmektedir. Buna karşılık batısı ve güneyi, Ege çöküntü sistemlerinin etkisi altında normal atım karakterli depremler üretmektedir. Ege çöküntü sistemlerinden Edremit çöküntüsü, Bakırçay çöküntüsü ve Simav çöküntüsü yöreyi kuzeybatıdan, batıdan ve güneyden sınırlamaktadır. Bu bütün içinde Ayvalık, İvrindi, Soma, Savaştepe ve Bigadiç'te bu sistemlere bağlı olarak depremler meydana gelmektedir.

BÖLÜM 5. ÇALIŞMA ALANININ ARKEOLOJİK GEÇMİŞİ

Dünyada şaşırtıcı ölçüde sağlam kalabilmiş bir Roma dönemi sağlık kompleksini barındıran Allianoi, İzmir İli, Bergama İlçesi sınırları içinde, Bergama-İvrindi karayolunun 18. km'sinde, Yortanlı Barajı gölet alanının tam ortasında, Paşa Ilıcası Mevkii'nde yer almaktadır.

Paşa Ilıcası olarak tanınan bu ören yeri, antik köprüleri, tarihi ılıcası ve diğer taşınmaz eserleriyle yerinde korunması ve sergilenmesi gereken eşsiz bir arkeolojik mirasımızdır. Yortanlı Barajı'nda su toplanmaya başladığı gün Allianoi tamamen su altında kalacaktır. Yaklaşık 40-60 yıl arasında ömrü olduğu düşünülen Yortanlı Barajı'nın gölet alanında birikecek alüvyonun ise bu benzersiz arkeolojik mirası yaklaşık 12- 15 m.'lik dolgu altında bırakacağı öngörülmektedir.

Antik dönem yazarlarından P. Aelius Aristides'in Hieroi Logoi adlı eserinde buradan bahsedilmektedir. Bu kaynak haricinde henüz, antik yazarlarda veya epigrafik buluntularda, Allianoi adına ulaşılamamıştır.

Allianoi'un batısında ormanlık arazide yapılan kazı çalışmalarında, Eski Tunç Çağı II'ye tarihlenen bir adet Yortan kabı ele geçmiştir. Çakmak Tepe eteklerinde ise çok sayıda çakmak taşı eser saptanmıştır. Bunun yanı sıra dolgu toprak içerisinde iki adet taş balta ele geçmiştir. Tüm bunlara dayanılarak Allianoi ve yakın çevresinin tarihöncesi dönemlerde de yerleşim gördüğü düşünülmektedir. Helenistik Çağ'a ait sadece birkaç arkeolojik ve nümizmatik eser ele geçmiştir. Allianoi'da Roma İmparatorluk Dönemi'nde özellikle İ.S. II. yüzyılda, Anadolu'nun pek çok merkezinde olduğu gibi büyük bir bayındırlık faaliyeti yaşandığı bugün ören yerinde görülebilen mevcut binaların büyük bir kısmının bu döneme ait olmasından anlaşılmaktadır. Ilıcanın yanı sıra, köprüler, caddeler, sokaklar, insulalar, geçiş yapısı, propylon ve nymphaeum gibi pek çok eser bu dönemde yapılmıştır.

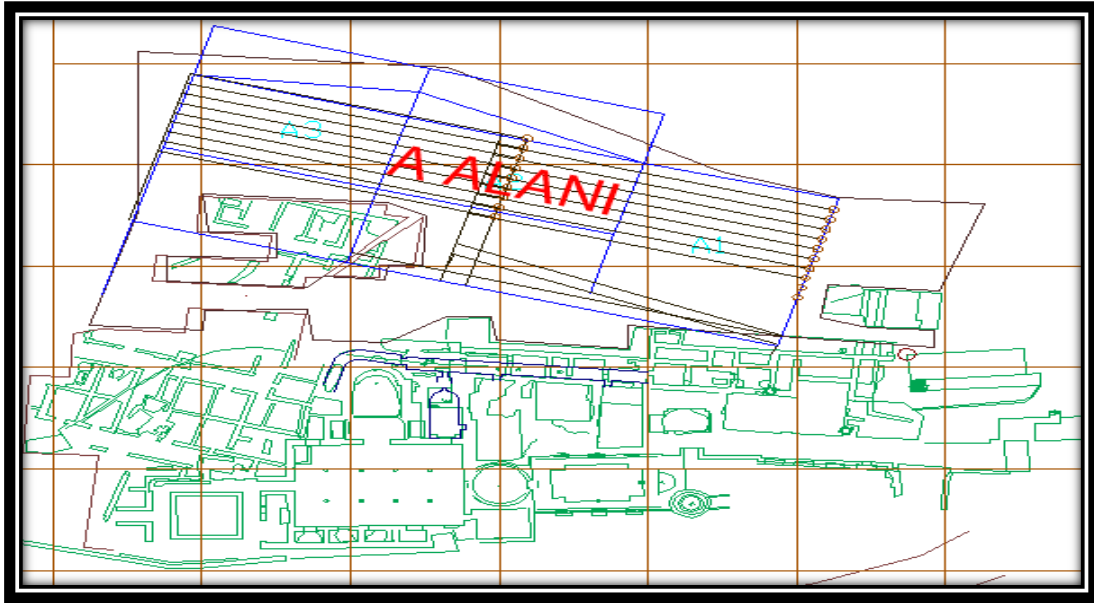
Bizans döneminde de yoğun bir yerleşimin olduğu, ancak bu dönemin Pergamon'da olduğu gibi sosyo-ekonomik açıdan zayıf bir dönem olduğu gözlenmektedir. Kült merkezinde yoğunlaşan Bizans yerleşimi, Roma Çağı'na ait heykeltıraşlık eserlerini ve mimarlık kalıntılarını devşirme malzeme olarak kullanmıştır. Roma Çağı'na ait stoaların ve ana caddelerin tabanları kullanılmak suretiyle yeni basit mekanlar yapılmış, Allianoi'un en önemli yapısı olan ılıca ve nymphaeum da ihtiyaçlara uygun küçük değişiklikler yapılarak kullanılmaya devam etmiştir. Bazilikal planda büyük bir kilise inşa edilmiş, yerleşmenin içinde ve yakın çevresinde de şapeller yapılmış, ayrıca bu dönemde metal, seramik ve cam atölyeleri kurulmuştur.

Osmanlı döneminde Paşa Ilıcası, yer olarak Aydın Salnameleri'nde geçmektedir. 20. yy. başında bölge Kaymakamı Kemal Bey, ılıcanın büyük havuzunun bulunduğu yerin kısmen yeniden kullanıma açılmasını sağlamıştır. Ilıcanın batısındaki Roma köprüsü de, Osmanlı döneminden 1979 yılına kadar Bergama-İvrindi arasındaki yolun geçişinde kullanılmıştır.

BÖLÜM 6. İZMİR İLİ, BERGAMA İLÇESİ, ALLIANOİ ANTİK KENTİ ÇALIŞMA ALANINDA ELEKTRİK YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

Jeofizik yöntemlerden elektrik uygulanarak, Wenner dizilimi seçilmiştir. Çalışma alanı A,B,C,G,K,M,W şeklinde isimlendirilen bölgelere ayrılmıştır. A alanında 20, B alanında 10, C alanında 38, G alanında 6, K alanında 8, M alanında 10, W alanında 17 profilde olmak üzere toplam 109 profilde elektrik ölçüsü alınmıştır. Elektrik yöntemin uygulanmasında, ARES GF INSTRUMENT marka 4 kanallı 48 elektrotlu çok kanallı sistem kullanılmıştır. Dizilim olarak yatay süreksizliğin bulunmasında başarılı olan Wenner seçilmiştir. Bütün düşey kesitlerin çiziminde RESDINV2, RESDINV3, kat haritalarının oluşturulmasında SURFER 8.0 ve ROCKWORDS programları kullanılmıştır.

6.1. A Alanı Rezistivite



Şekil.6.1.a. A Bölgesi elektrik profilleri gösteren kroki



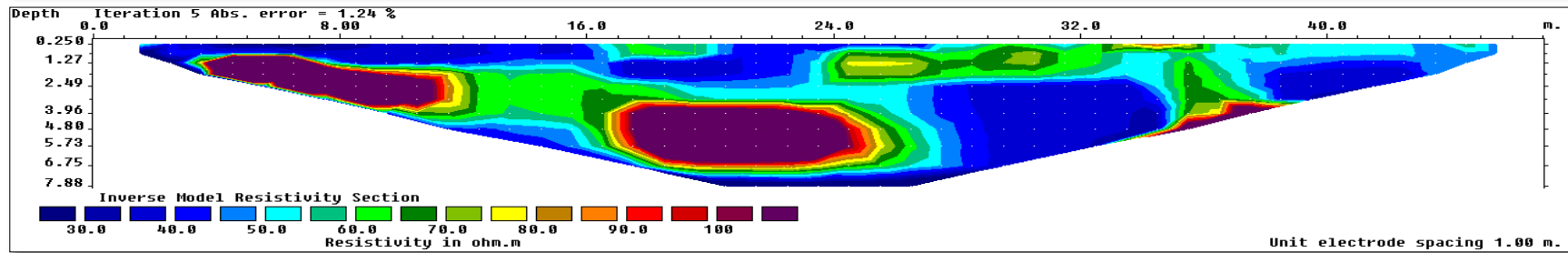
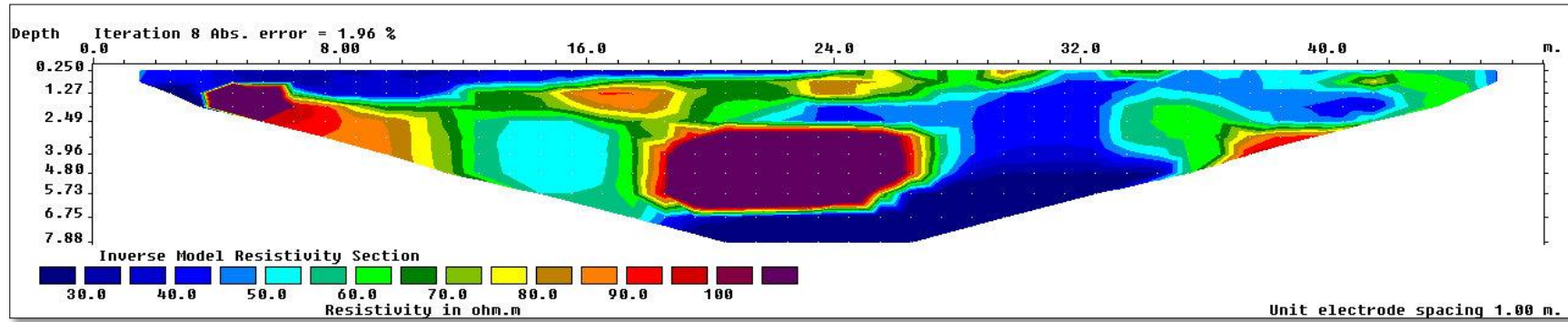
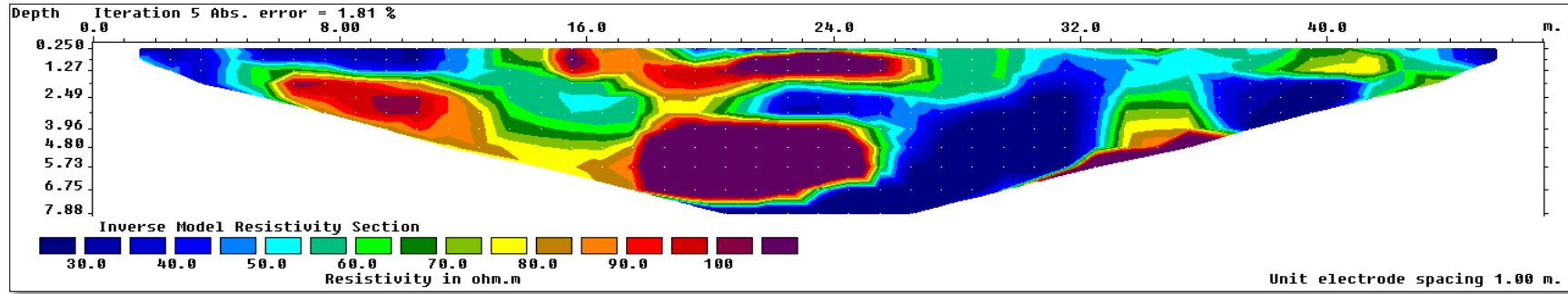
Şekil.6.1.b. A Bölgesi Fotoğrafi

Şekil.6.1.a ve Şekil.6.1.b de A bölgesinde oluşturulan elektrik ölçü profilleri görülmektedir. Bu alanda toplam 20 profil oluşturulmuştur. Profiller arasındaki uzaklık 2m, elektrot aralıkları 1m. ve profil uzunluğu 47m olarak alınmıştır. A Bölgesinde toplam boy 90.4 m olduğu için A1 ve A2 olarak ikiye bölünmüş A1 de 11 profil A2 de 9 profil oluşturulmuştur. A Bölgesi için oluşturulan düşey kesitler aşağıda verilmiştir.

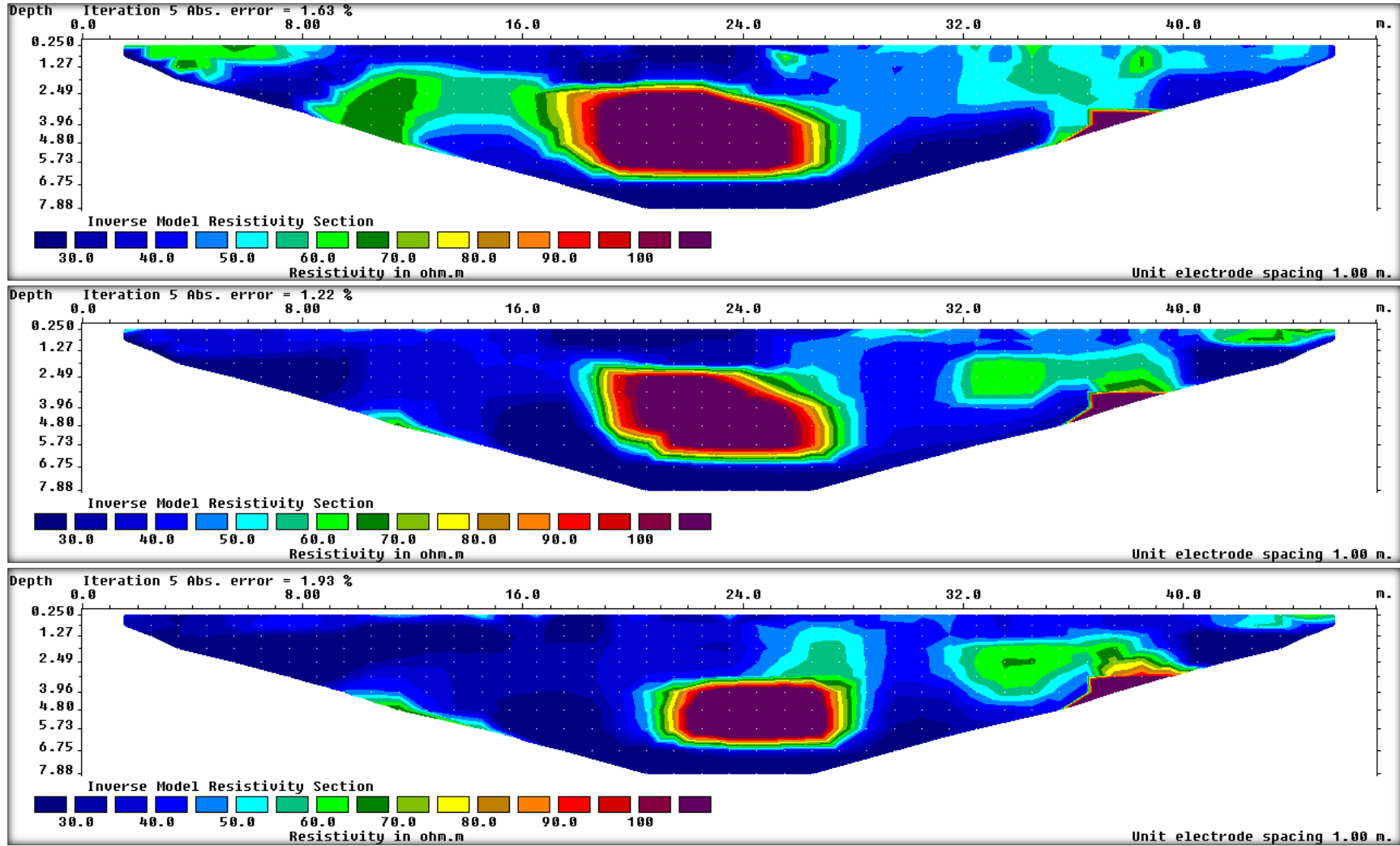
A1 alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7,8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuş ve şekil.6.1.f'de verilmiştir. Kat derinliği arttıkça haritanın küçülmesinin sebebi derinlik arttıkça veri sayısının azalmasından (profil boyu sabit 47 m olduğu için) kaynaklanmaktadır. Şekil.6.1.f.'deki kat yapı haritasına bakıldığında 1m derinlikte a,b,c,d ve e olarak isimlendirilen yapılar görülmektedir. a yapısı 8m derinliğe kadar devam etmekte 7-8m derinlikte yapının sadece temel kısmının kaldığı görülmektedir. b ve c duvar yapısı 1m de başlayıp c duvar yapısının 3m derinlikte, b duvar yapısının 4m derinlikte sonlandığı görülmektedir(Şekil.6.c.). d yapısı 1-2m derinlikte görülmüş diğer derinliklerde görülmemiştir. 4m boyunda, 1m yüksekliğindeki bu yapı parçasının a yapısından kopma bir parça olabileceği düşünülebilir. e yapısı 1m derinlikte görülmüş diğer derinliklerde görülemediği. 1m boyunda, yüksekliği

maksimum 1m olan bu yapı parçasının d yapısı gibi a dan kopma bir parça olduğu düşünülmektedir.

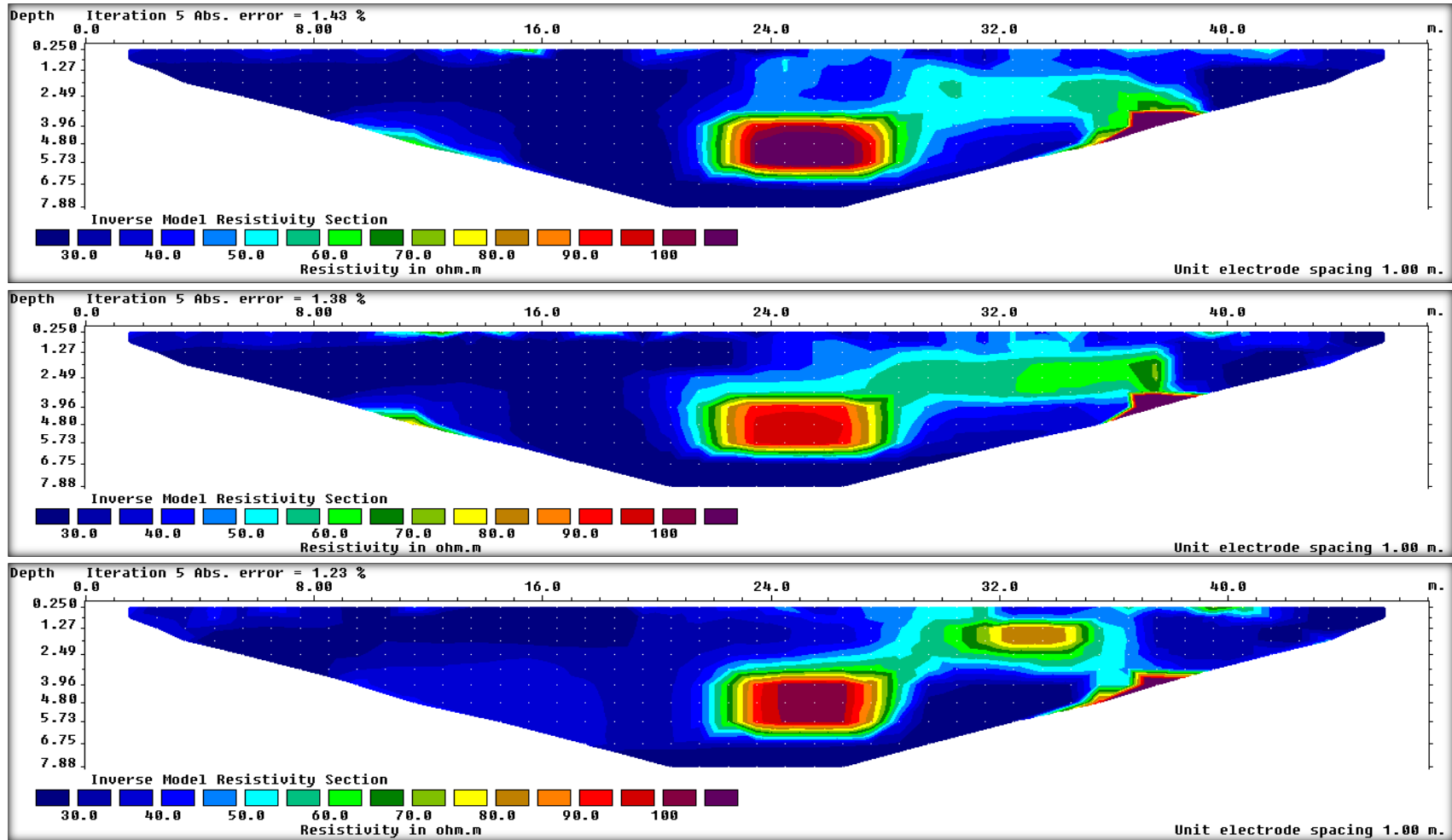
A2 alanındaki profiller, A1 alanının bitimine 3.6m kala başlamaktadır. A2 alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7,8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuş ve şekil.6.1.f.'da verilmiştir. Kat derinliği arttıkça haritanın küçülmesinin sebebi derinlik arttıkça veri sayısının azalmasından (profil boyu sabit 47 m olduğu için) kaynaklanmaktadır. Şekil.6.6.'daki kat yapı haritasına bakıldığında 1m derinlikte a,b,c ve d olarak isimlendirilen yapılar görülmektedir. Bu derinlikte a-c'nin aynı yapıya ait olduğu c ve d'nin ise farklı yapılara ait olduğu görülmektedir. 2 m' derinlikteki kat haritasına bakıldığında a yapısının belirginleştiği, c yapısının kaybolduğu b ve d yapılarının ise devam ettiği görülmektedir. 3 - 4m derinliklerde ise a,b ve d yapıları tek bir yapı haline dönüşmekte ve b ile d arasında yapı apsis şeklini almaktadır. 5-6-7m derinliklerde b ile d yapıları arasındaki apsisin kaybolduğu görülmektedir. Bunun nedeni derinlik arttıkça köşelerde (profil boyunda) meydana gelen veri kaybıdır. Yani 3-4 m derinliklerde b ile d arasında görülen oluşan apsis yapısı bu derinlikte harita alanı dışında kalmıştır. 7-8m derinlikte b yapısı kaybolmuş a yapısının boyu azalmıştır. 8 metre derinlikte ise sadece a ve d yapısının temeli görülmektedir.



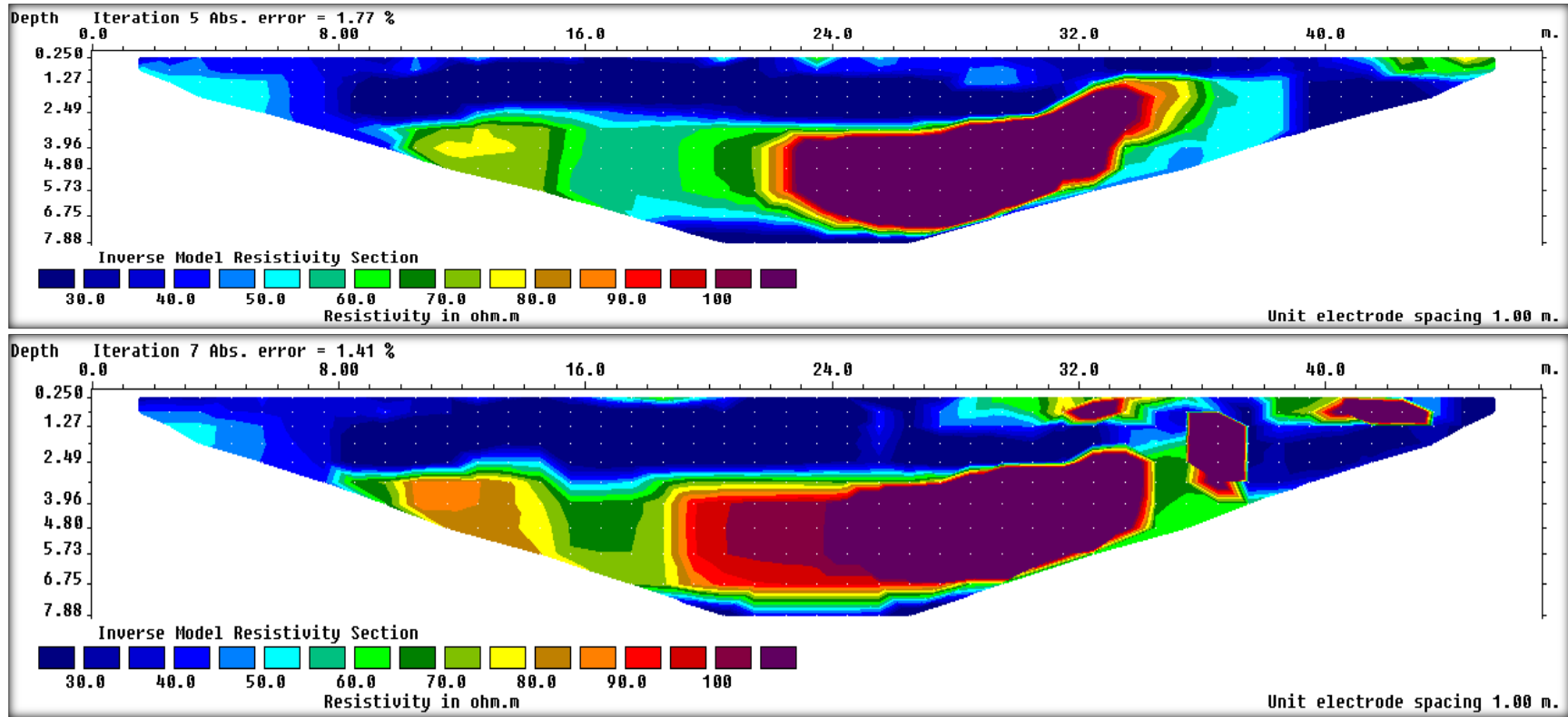
Şekil.6.1.c. A alanı Wenner Elektort Dizlimi Yer altı Kesitleri



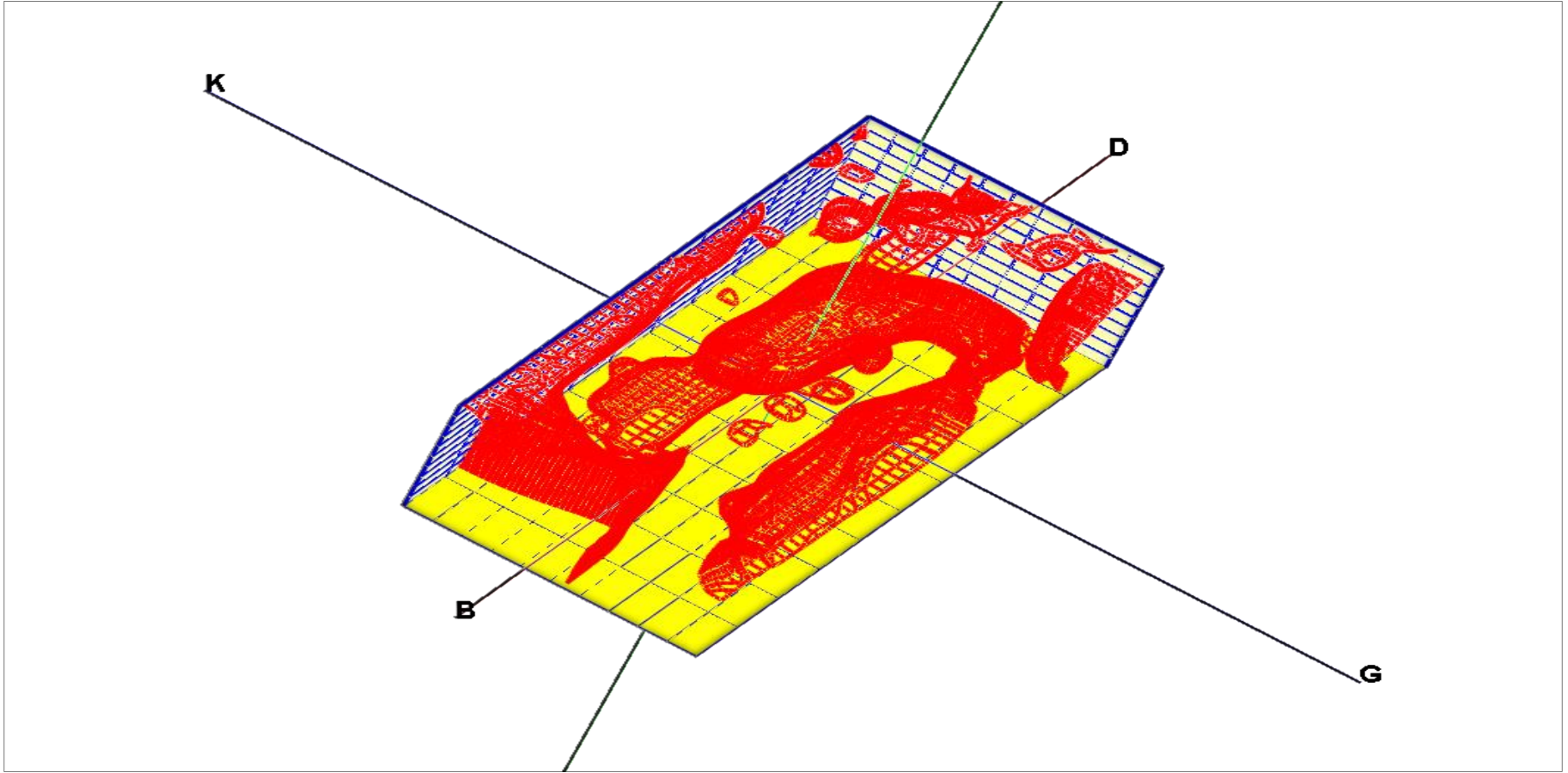
Şekil.6.1.c. A alanı Wenner Elektort Dizlimi Yer altı Kesitleri



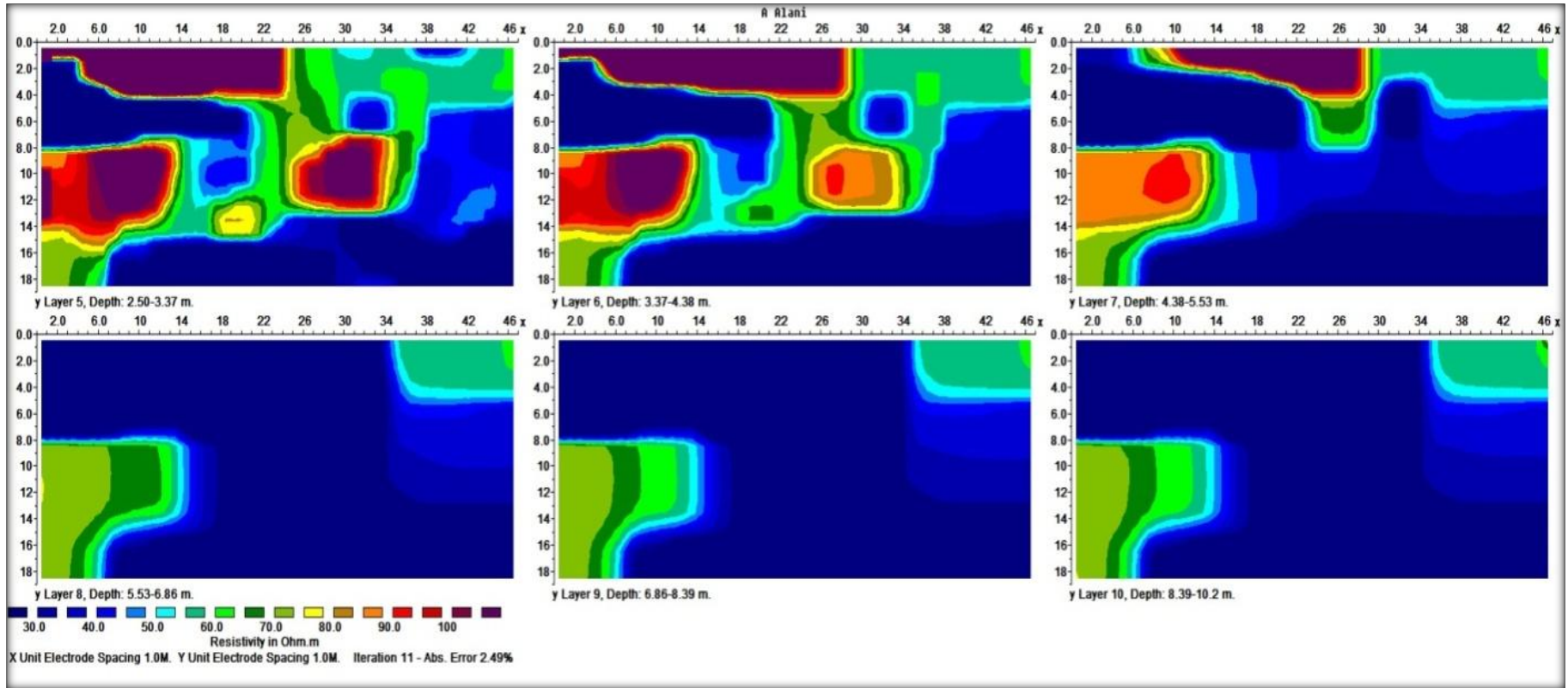
Şekil.6.1.c. A alanı Wenner Elektort Dizlimi Yer altı Kesitleri

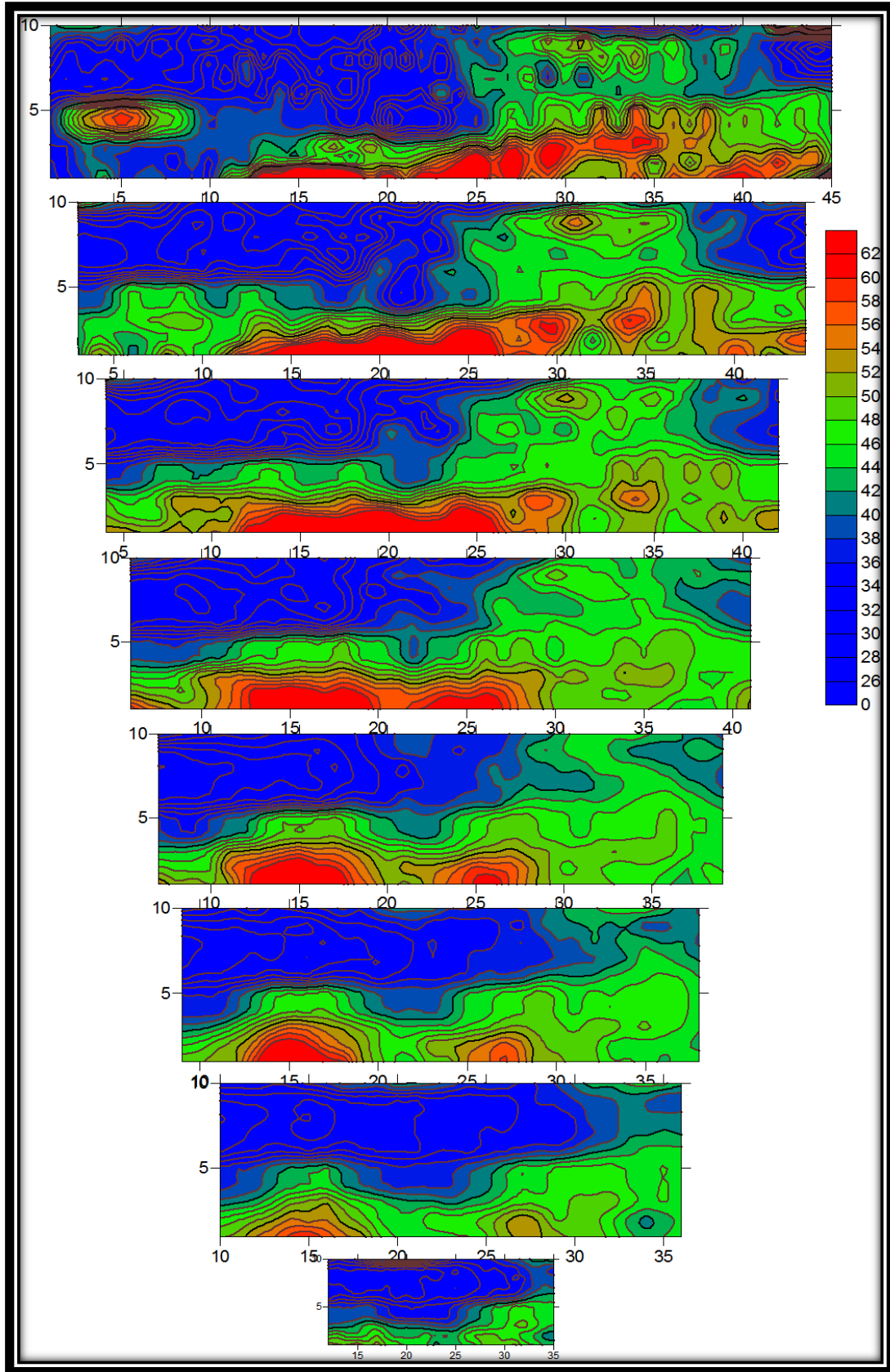


Şekil.6.1.c. A alanı Wenner Elektort Dizlimi Yer altı Kesitleri

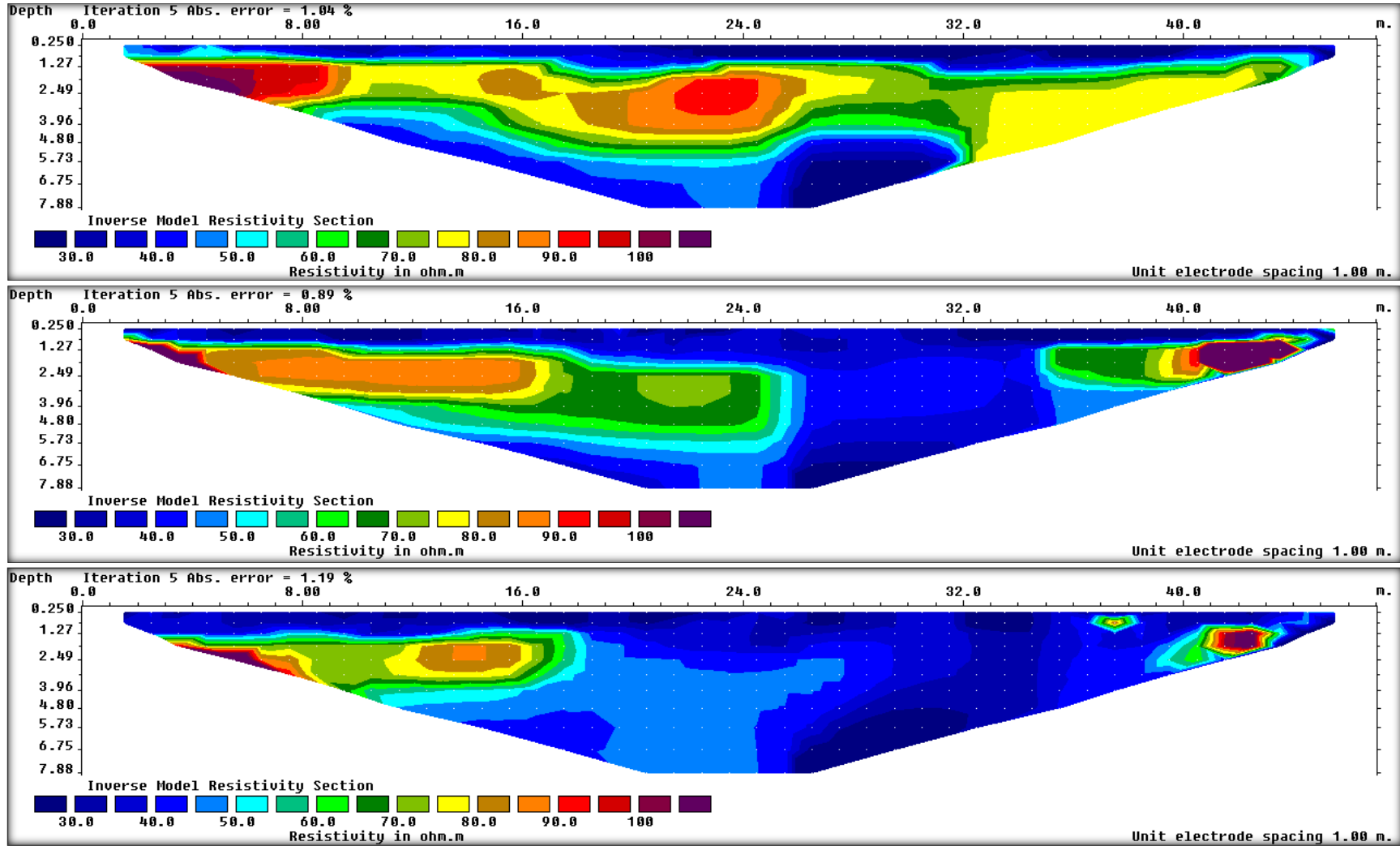


Şekil.6.1.d. A alanı ve AA alanı 3D Yeraltı görüntüsü

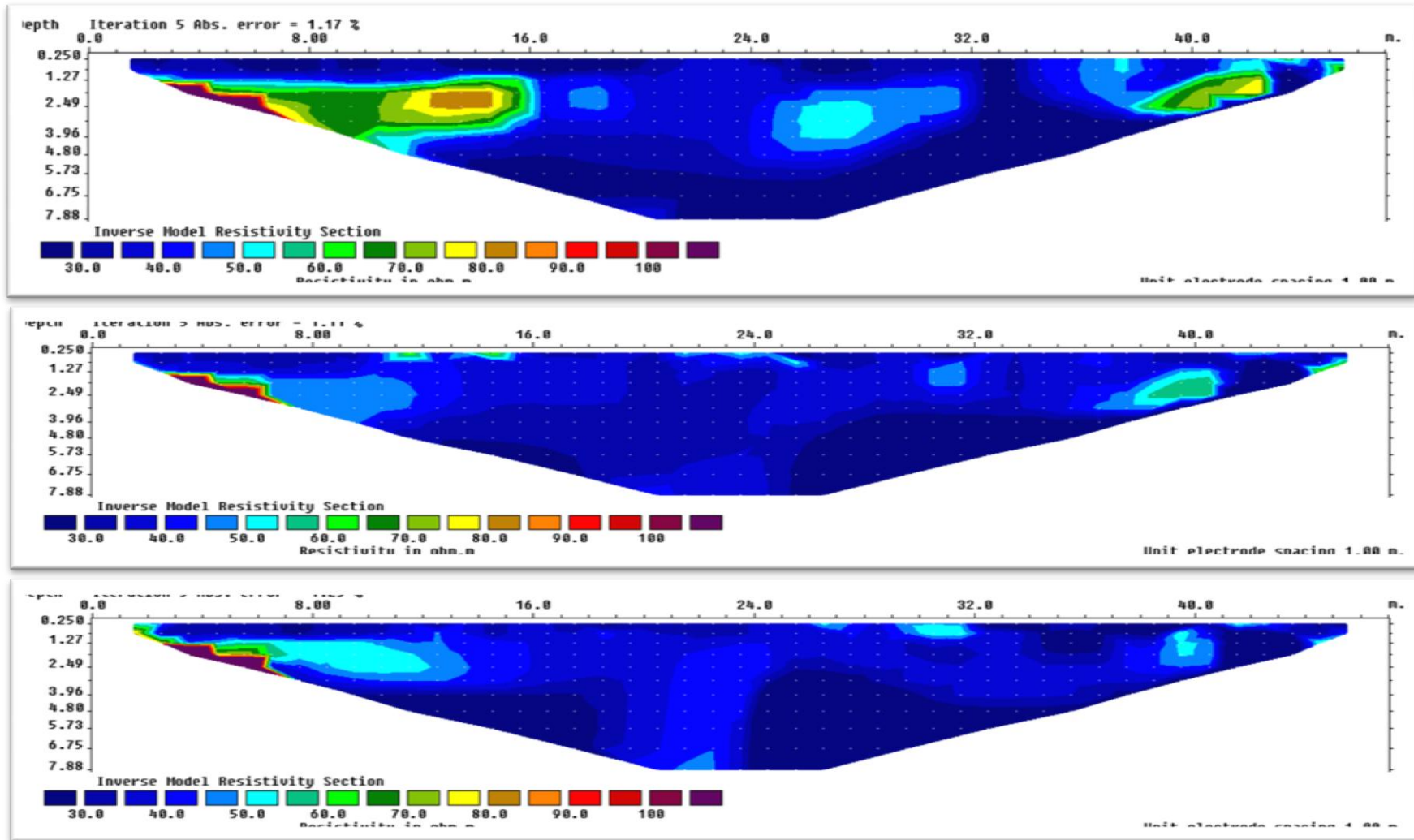




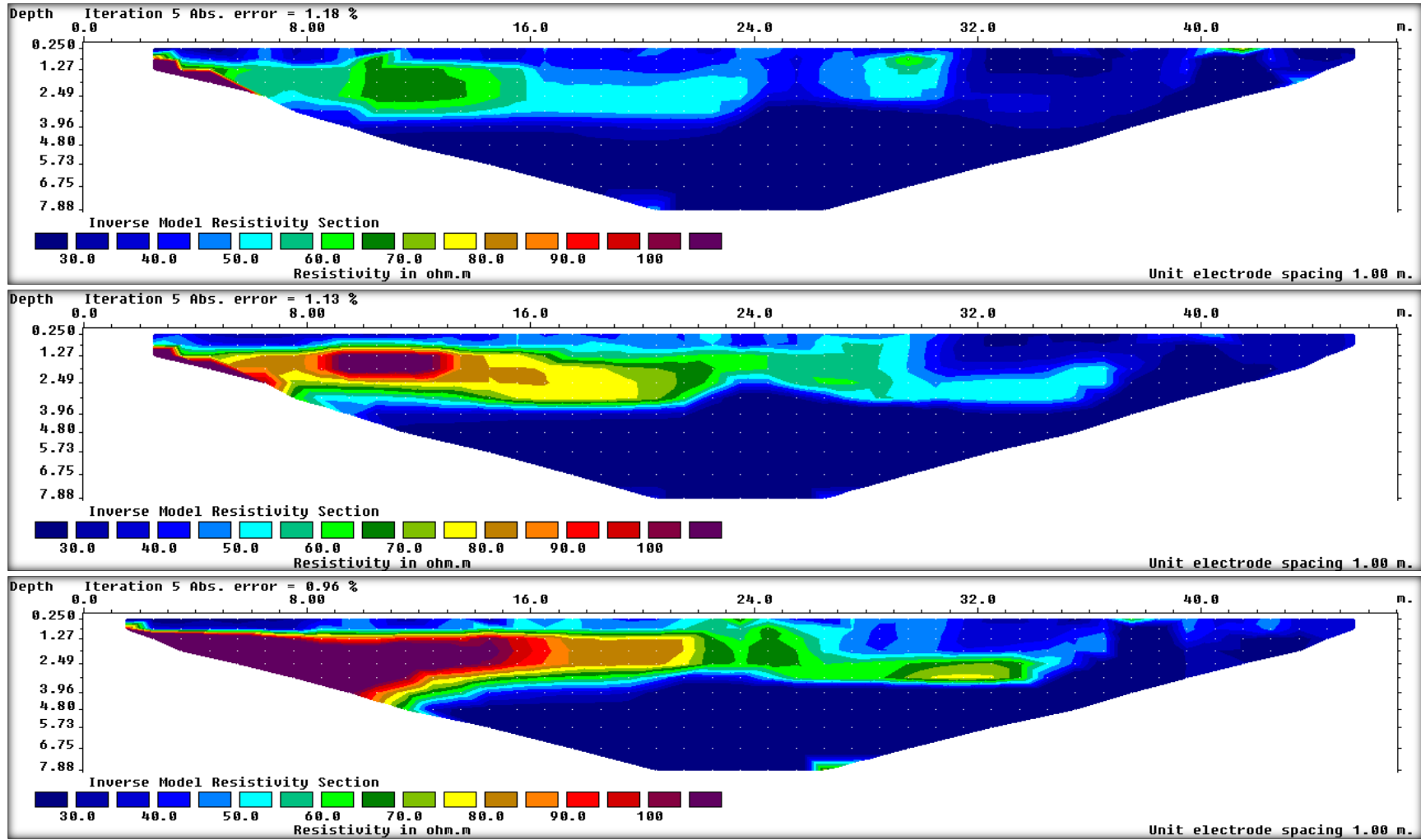
Şekil.6.1.f. A Alanı Kat Haritası



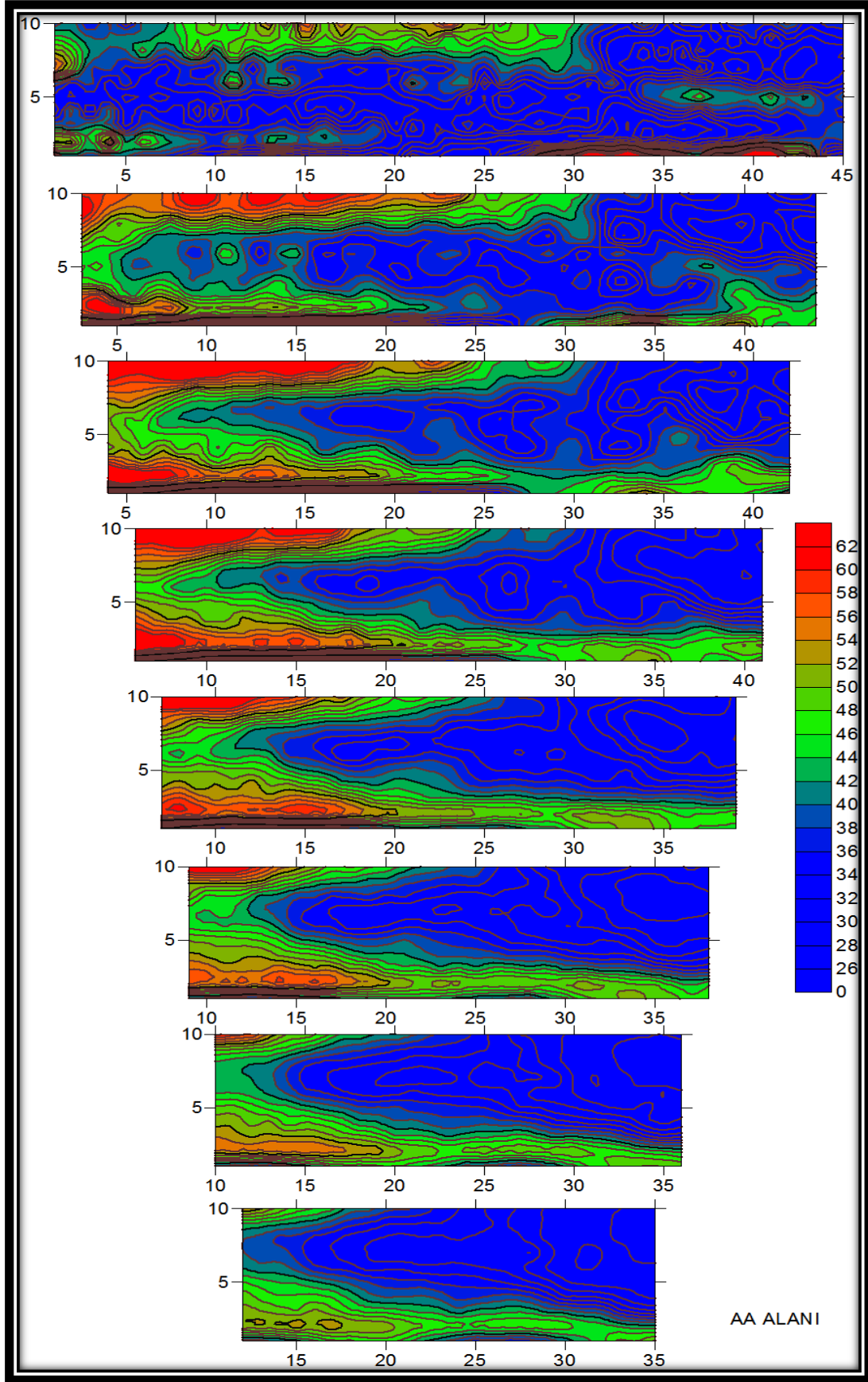
Şekil.6.1.g. AA Alanı Wenner Dizilimi Yer altı Kesitleri



Şekil.6.1.g. AA Alanı Wenner Dizilimi Yer altı Kesitleri

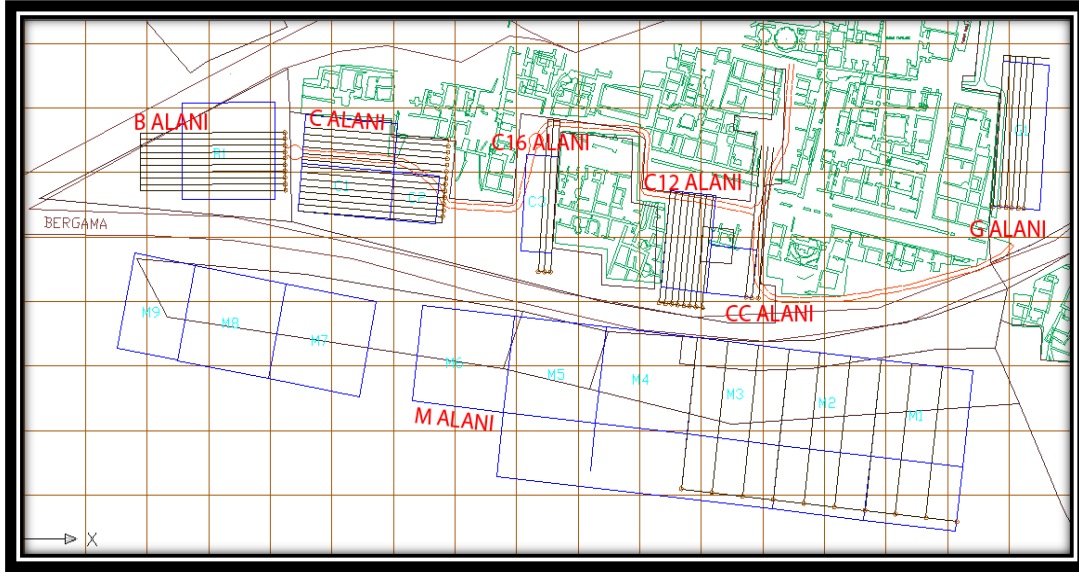


Şekil.6.1.g. AA Alanı Wenner Dizilimi Yer altı Kesitleri



Şekil.6.1.h. AA Alanı Kat Haritası

6.2. B Alanı Rezistivite



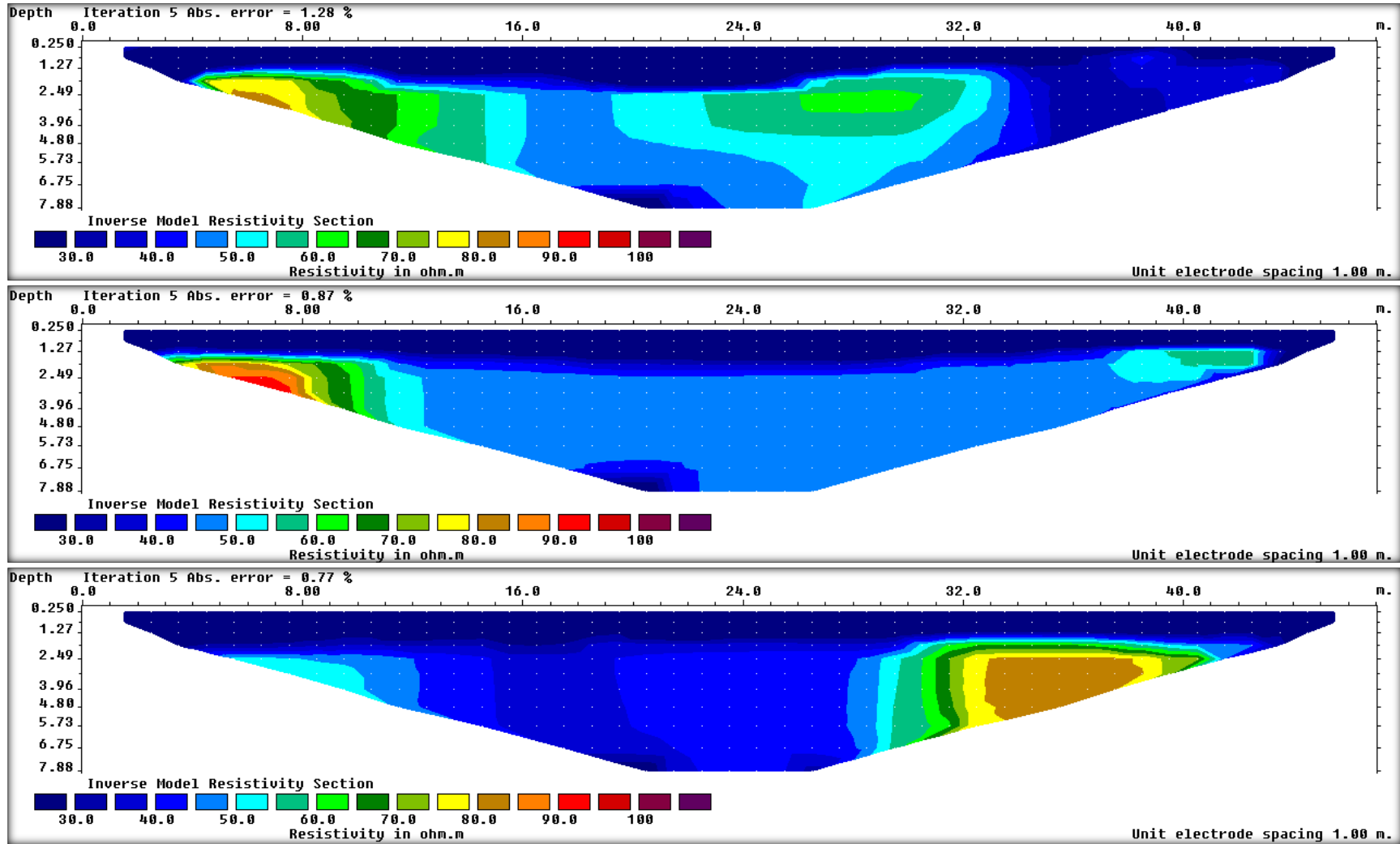
Şekil 6.2.a. B alanı krokisi



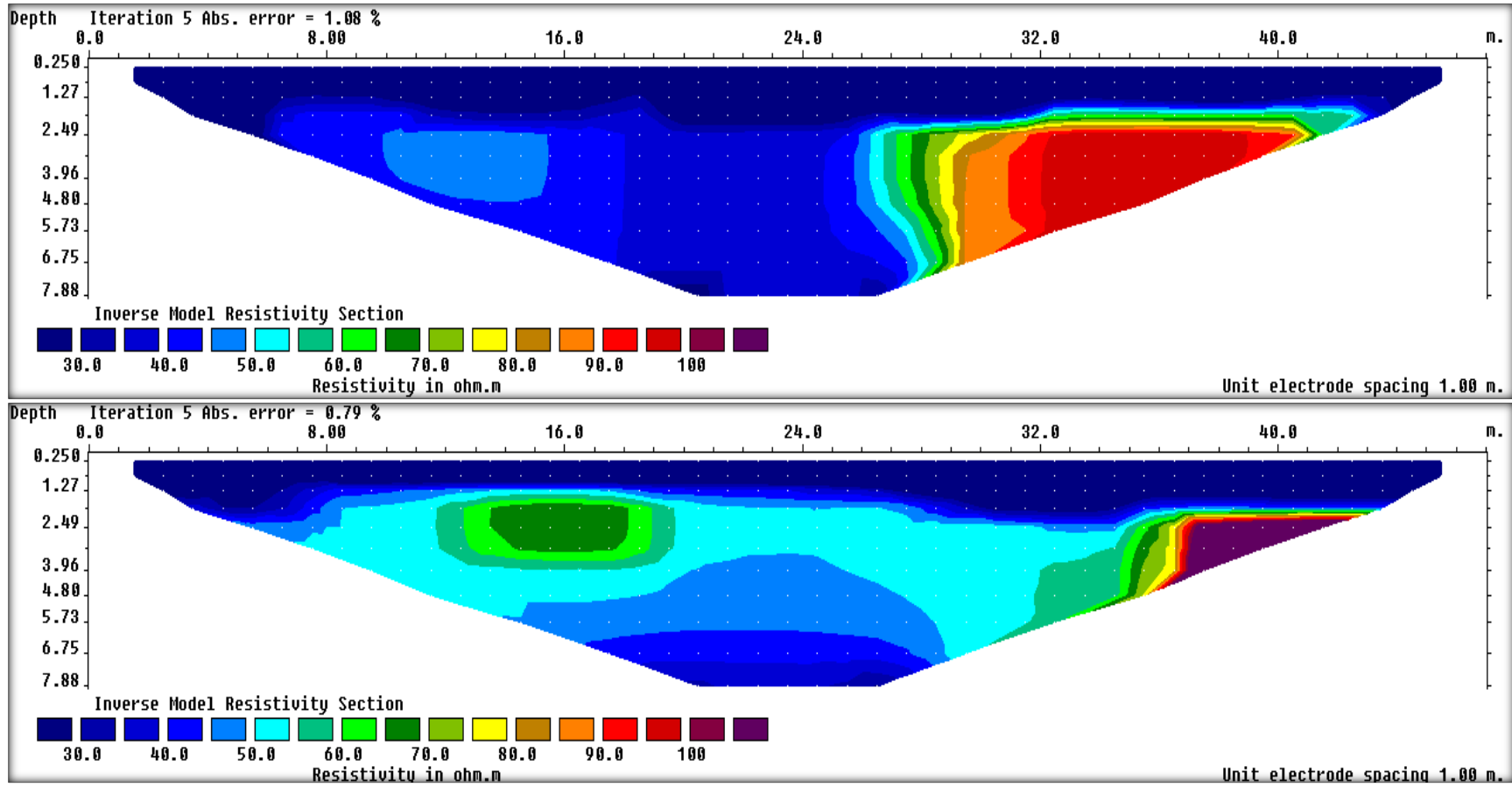
Şekil 6.2.b. B Bölgesi

Şekil.6.2.a. ve Şekil.6.2.b.' da B bölgesinde oluşturulan elektrik ölçü profilleri görülmektedir. Bu alanda toplam 10 profil oluşturulmuştur. Profiller arasındaki uzaklık 2m, elektrot aralıkları 1m. ve profil uzunluğu 47m olarak alınmıştır. B Bölgesi için oluşturulan düşey kesitler aşağıda verilmiştir.

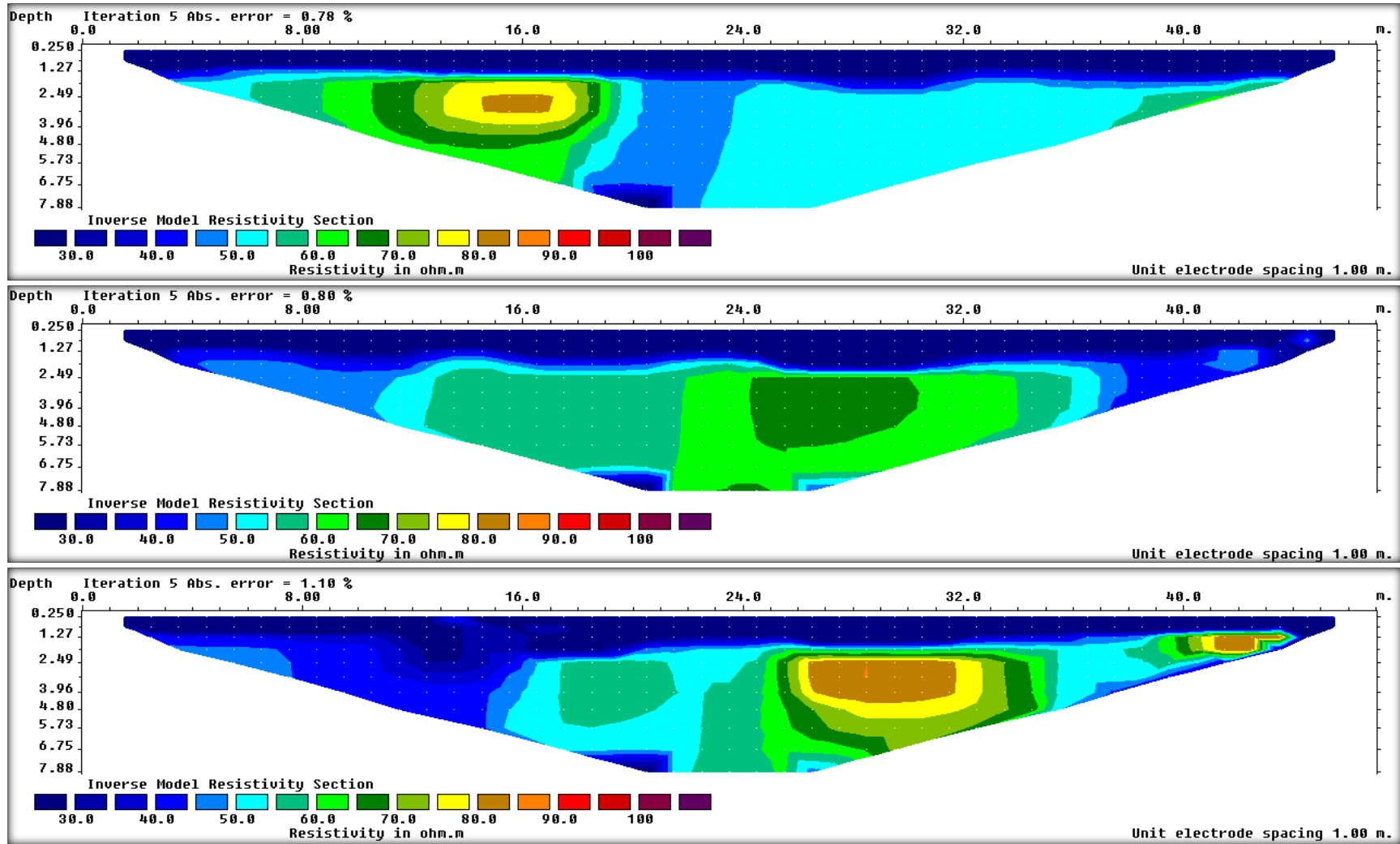
B alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuş ve şekil.6.2.f' de verilmiştir. Kat derinliği arttıkça haritanın küçülmesinin sebebi derinlik arttıkça veri sayısının azalmasından (profil boyu sabit 47 m olduğu için) kaynaklanmaktadır. Şekil.6.2.f'de yer alan kat haritasına bakıldığında B alanında herhangi bir yapı olmadığı görülmektedir.



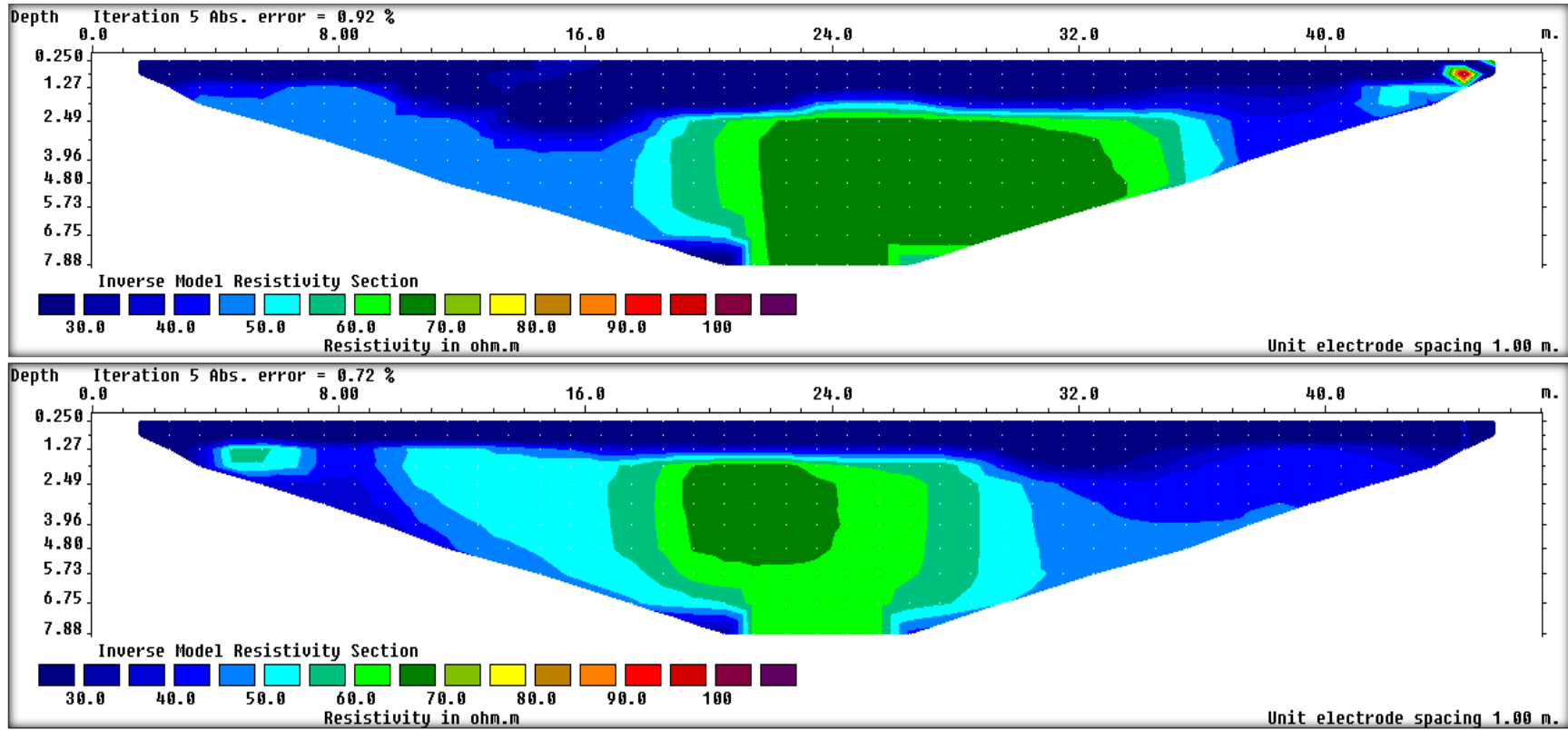
Şekil.6.2.c. B Alanı Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



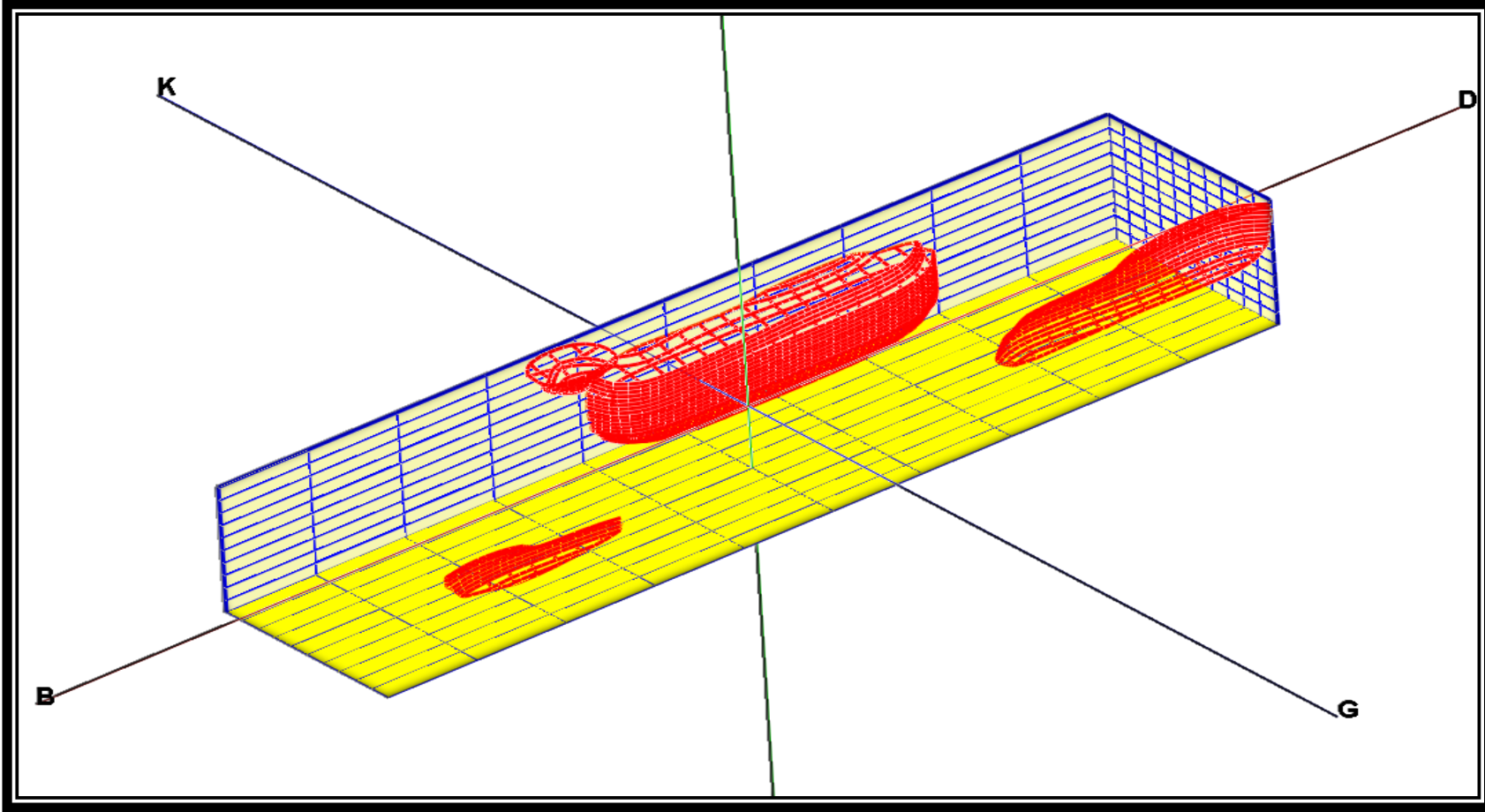
Şekil.6.2.c. B Alanı Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



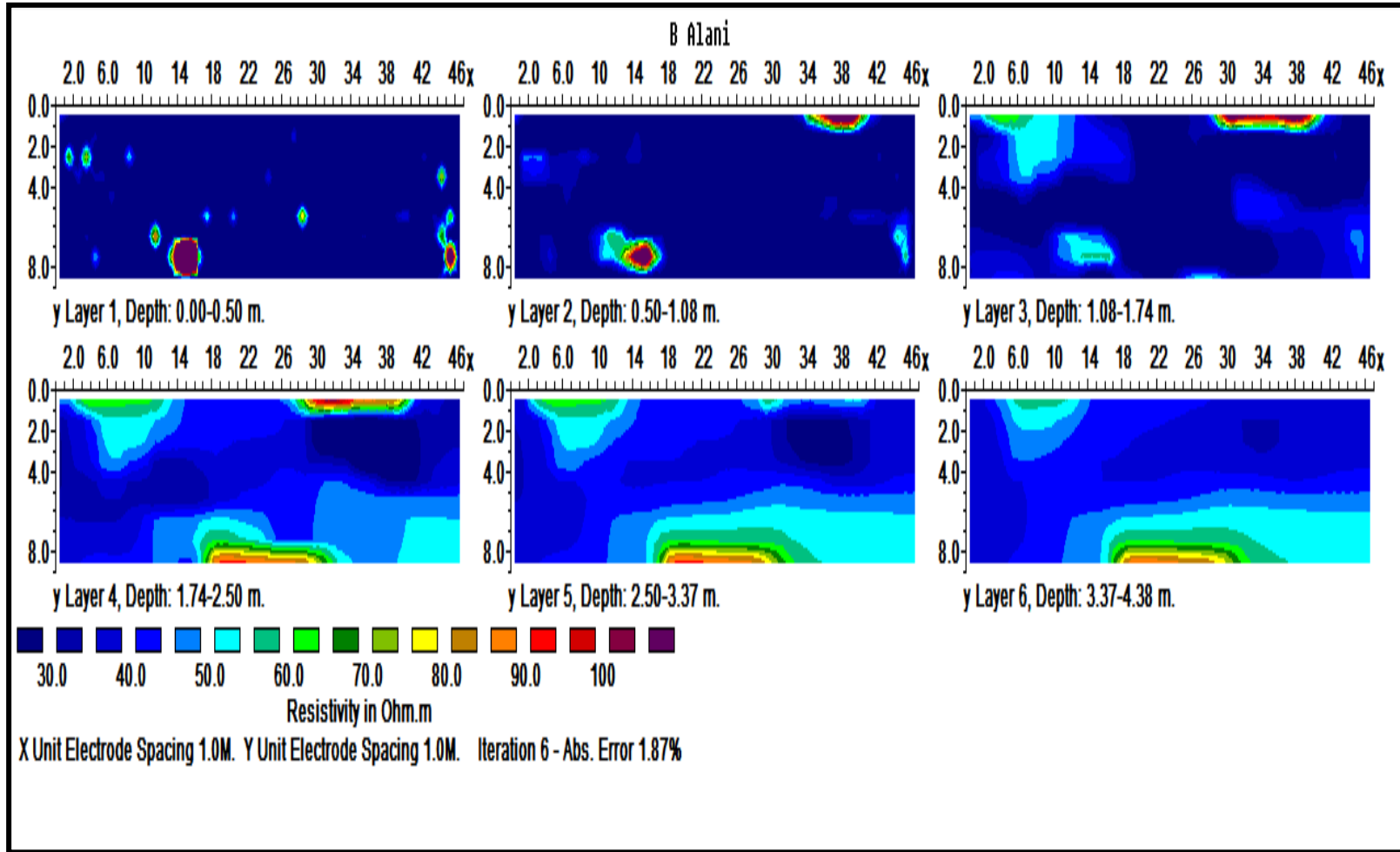
Şekil.6.2.c. B Alanı Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



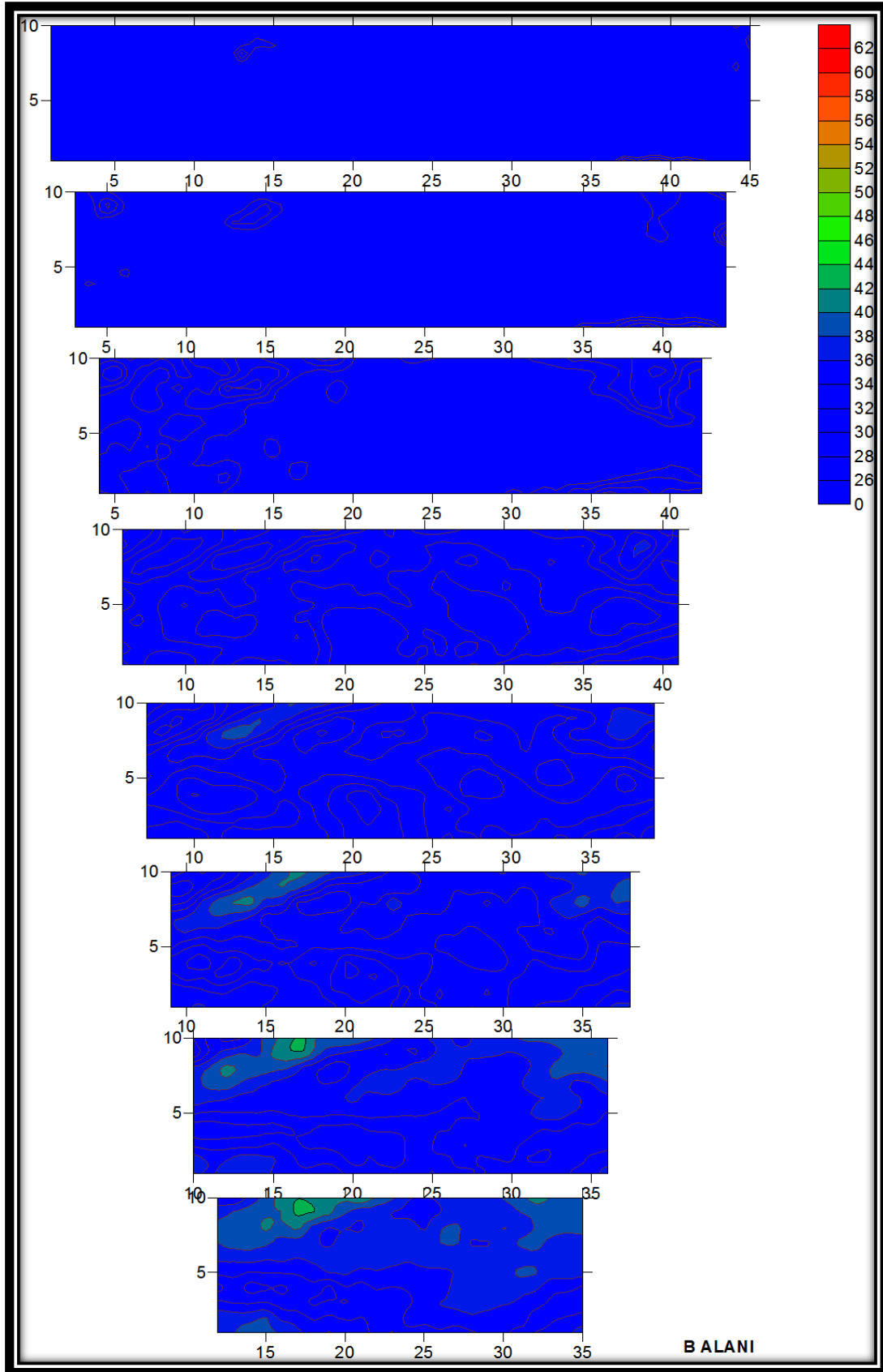
Şekil.6.2.c. B Alanı Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



Şekil.6.2.d. B Alanı 3D Yeraltı Görüntüsü

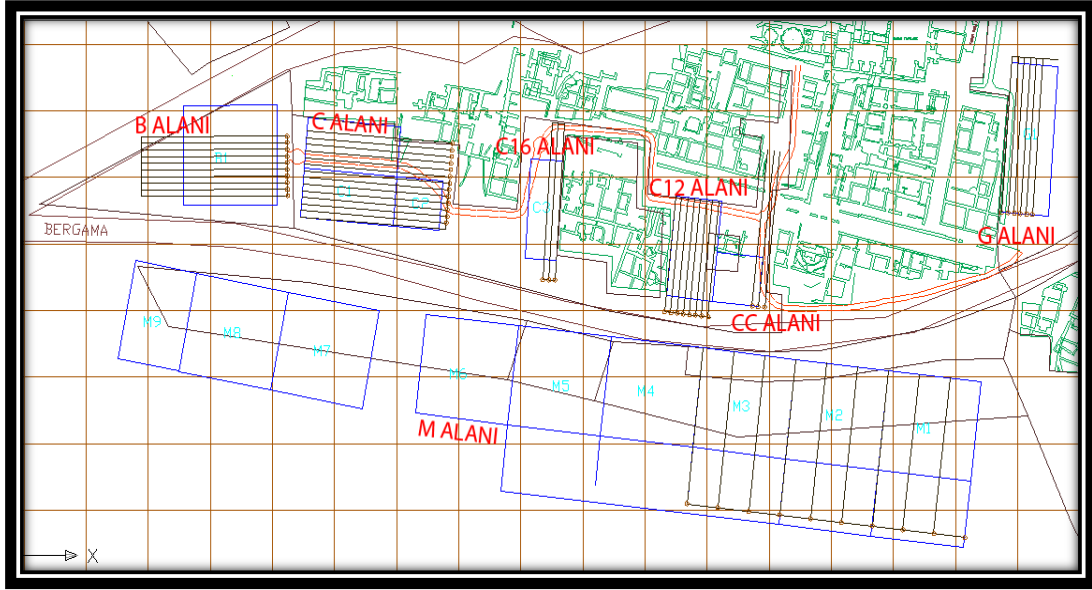


Şekil.6.2.e. B alanı 3D Yeraltı kesiti görüntüsü



Şekil 6.2.f . B Alanı Kat Haritası

6.3 C Alanı Rezistivite



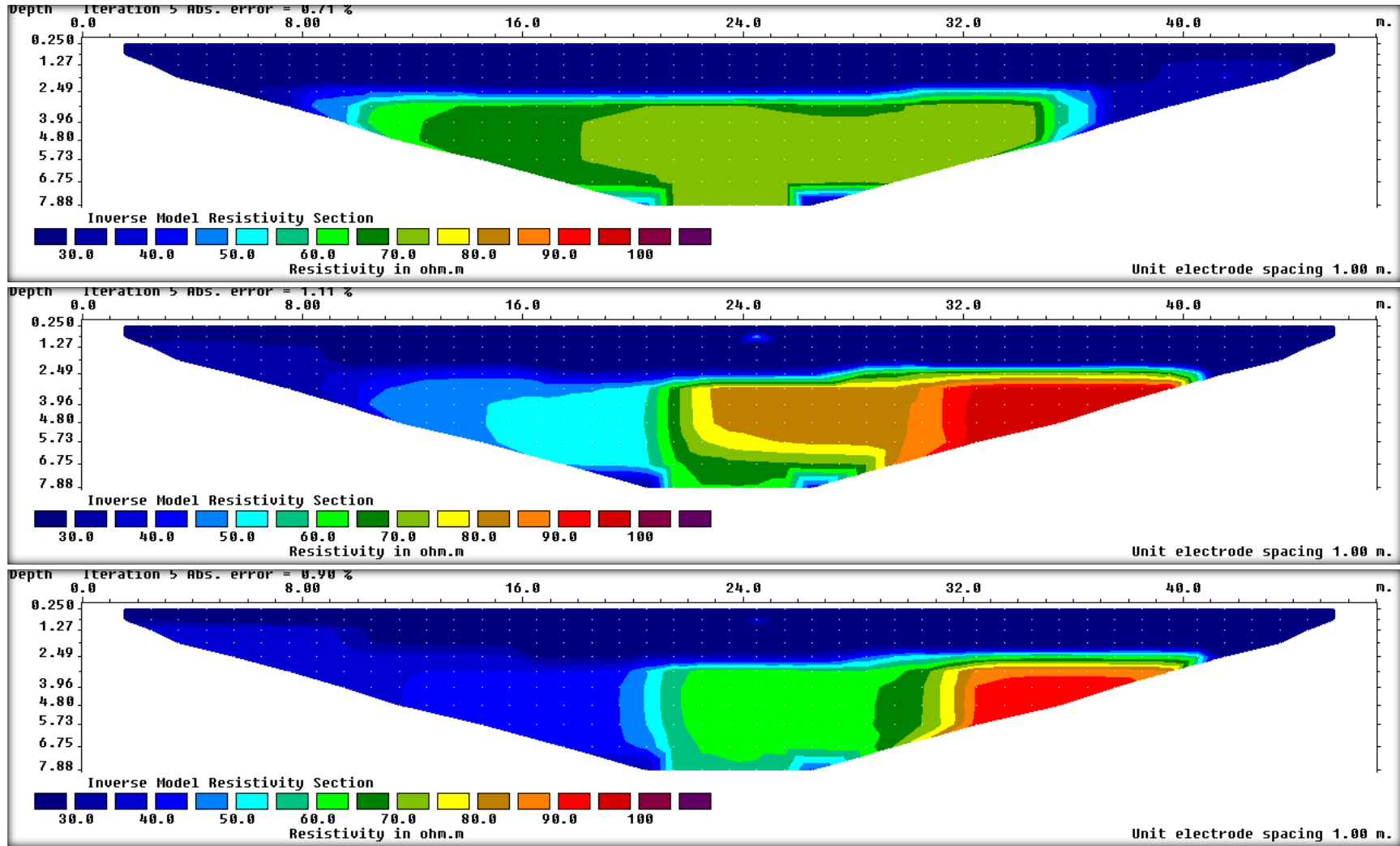
Şekil.6.3.a. C alanı krokisi



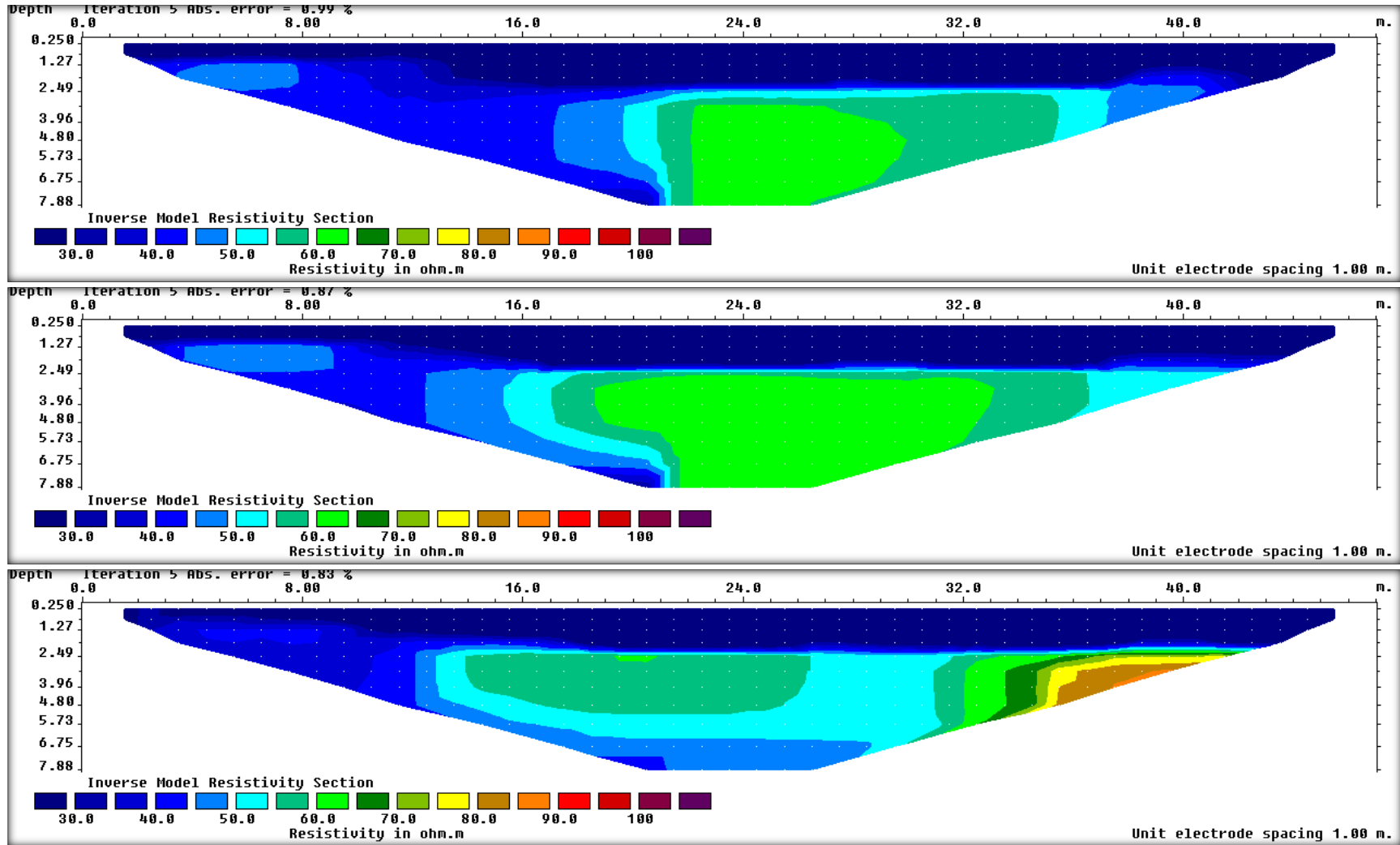
Şekil.6.3.b. C Bölgesi Fotosu

Şekil.6.3.a ve Şekil.6.3.b' de C bölgesinde oluşturulan elektrik ölçü profilleri görülmektedir. Bu alanda toplam 14 profil oluşturulmuştur. Profiller arasındaki uzaklık 2m, elektrot aralıkları 1m. ve profil uzunluğu 47m olarak alınmıştır. C Bölgesi için oluşturulan düşey kesitler aşağıda verilmiştir.

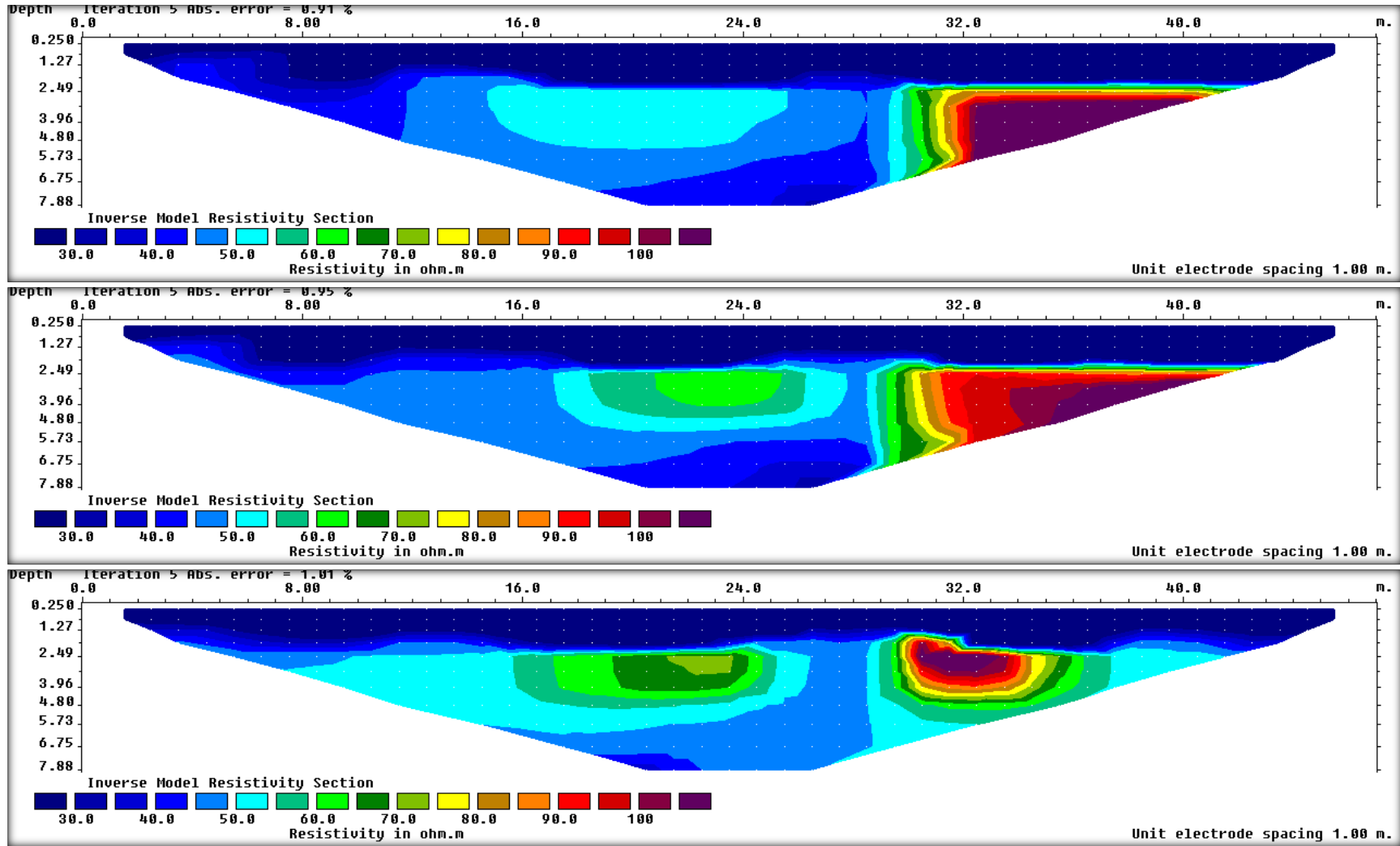
C alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuş ve şekil 6.3.f' de verilmiştir. Kat derinliği arttıkça haritanın küçülmesinin sebebi derinlik arttıkça veri sayısının azalmasından(profil boyu sabit 47 m olduğu için) kaynaklanmaktadır. Şekil 6.3.f'de yer alan kat yapı haritasına bakıldığında C alanında 1-2-3 ve 4 m derinliklerde her hangi bir yapı olmadığı, 5-6-7 ve 8m derinliklerde a duvar yapısının olduğu görülmektedir.



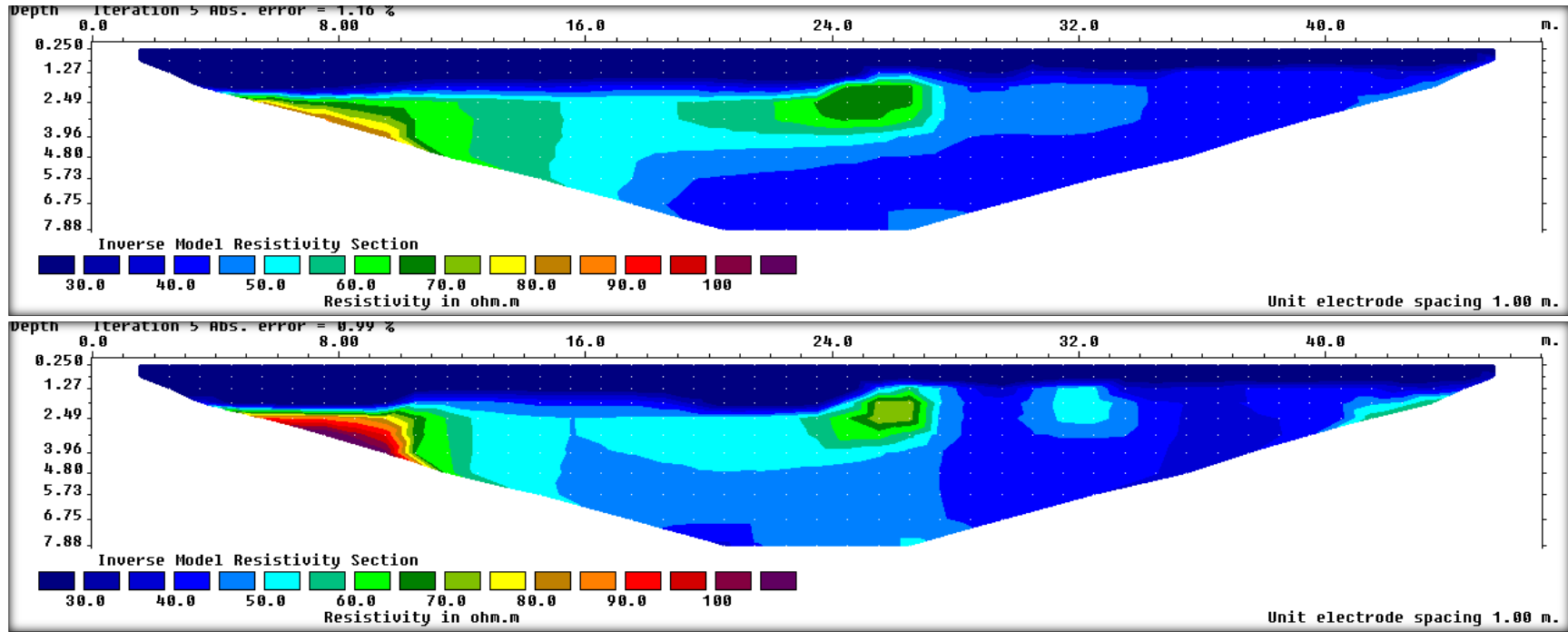
Şekil.6.3.c. C Alanı Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



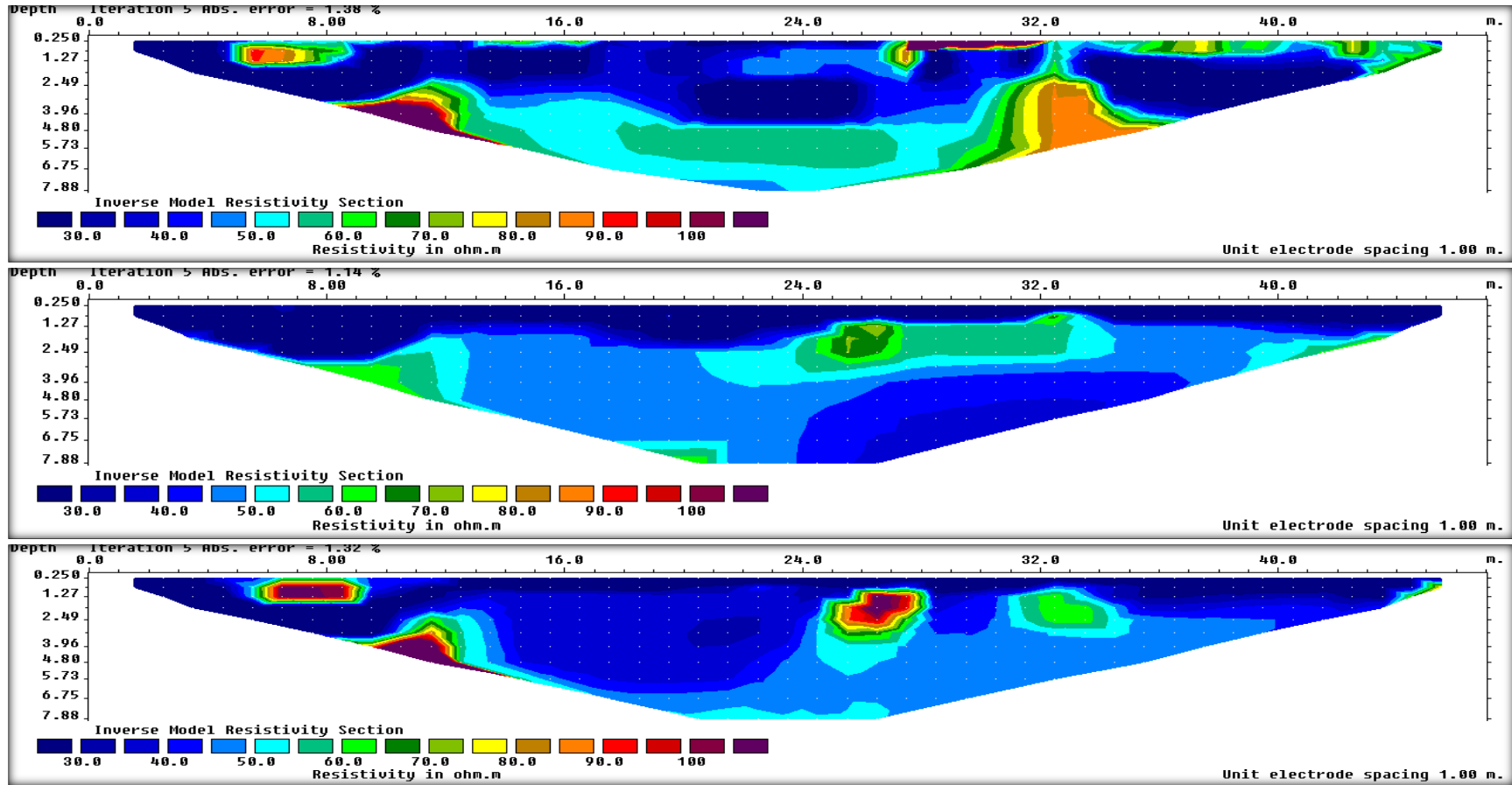
Şekil.6.3.c. C Alanı Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



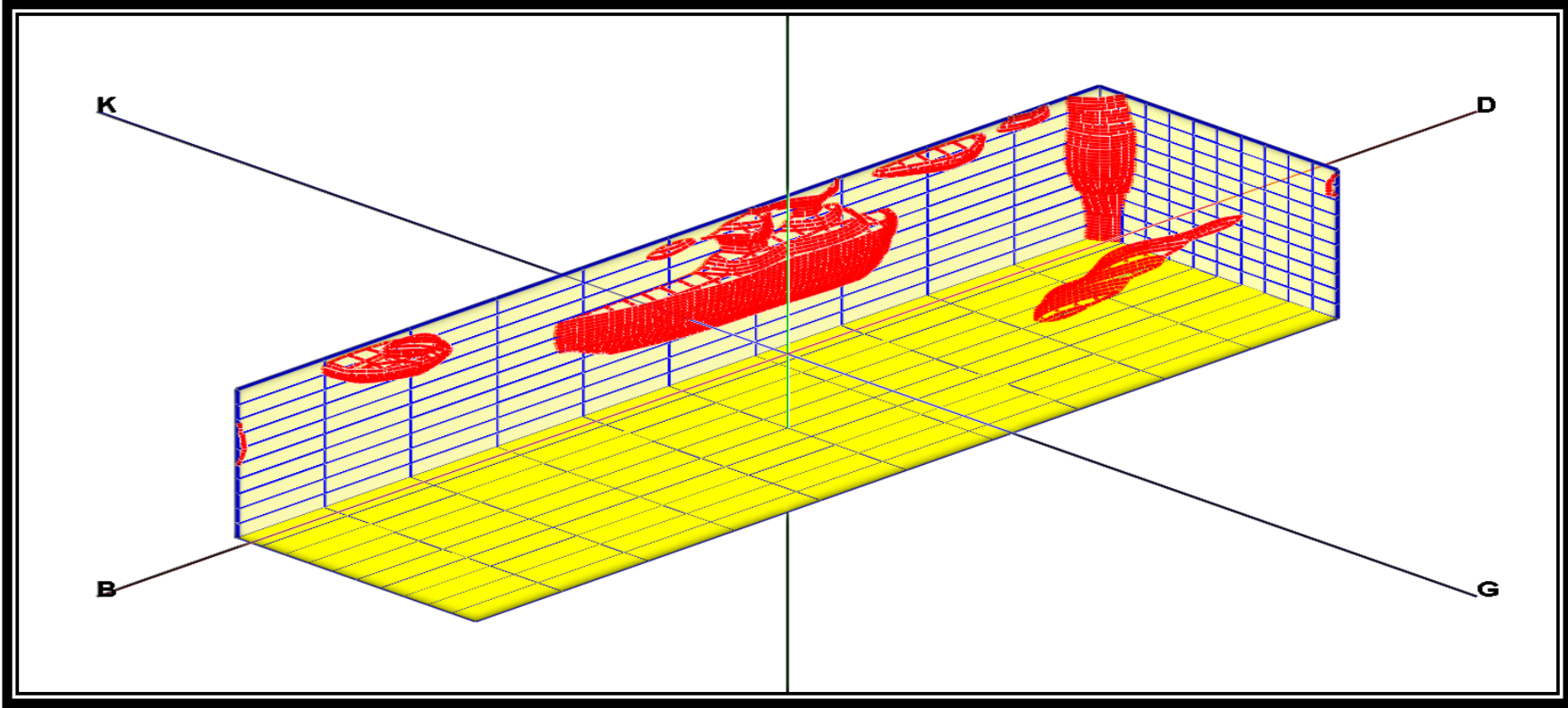
Şekil.6.3.c. C Alanı Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



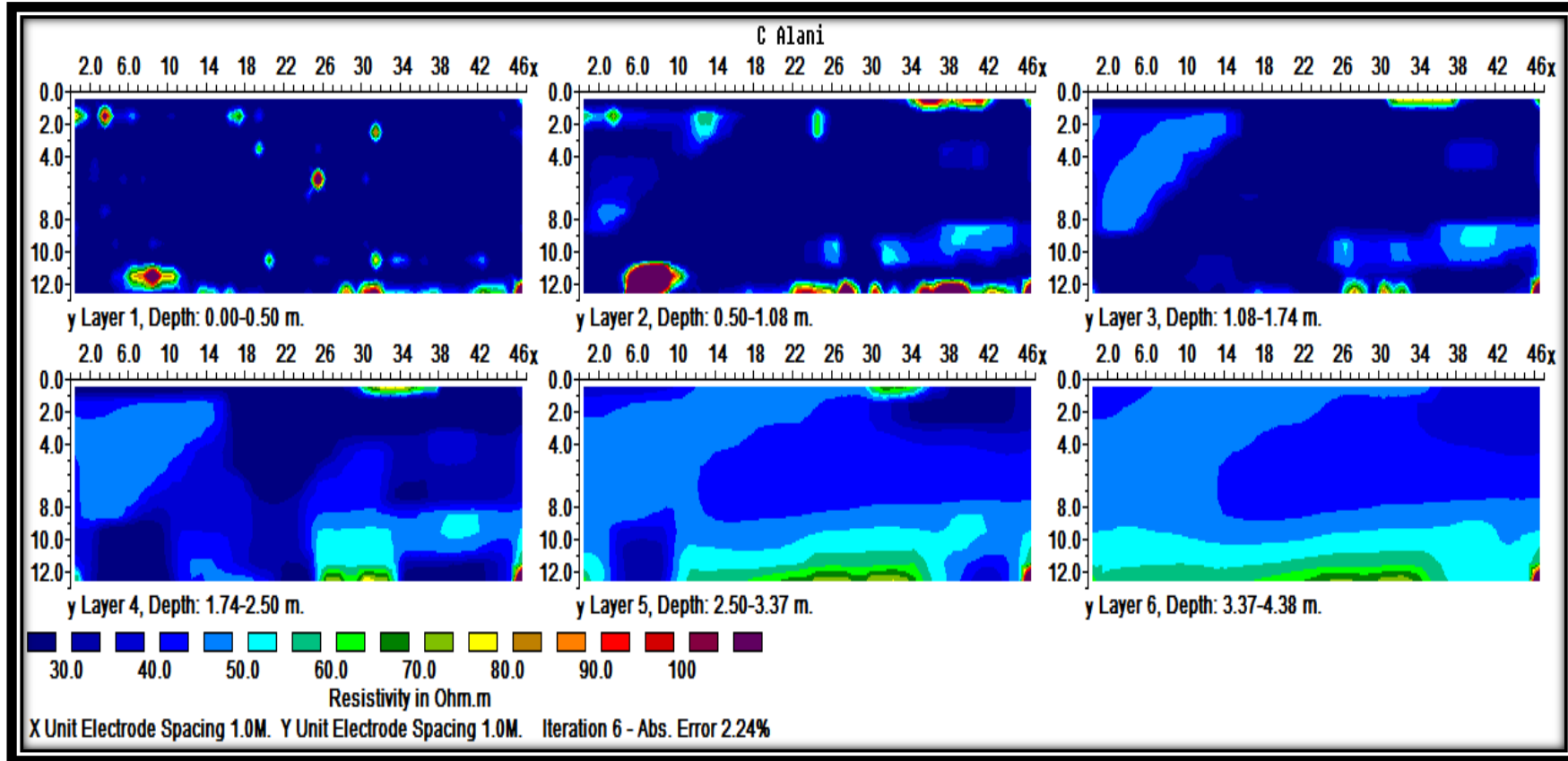
Şekil.6.3.c. C Alanı Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



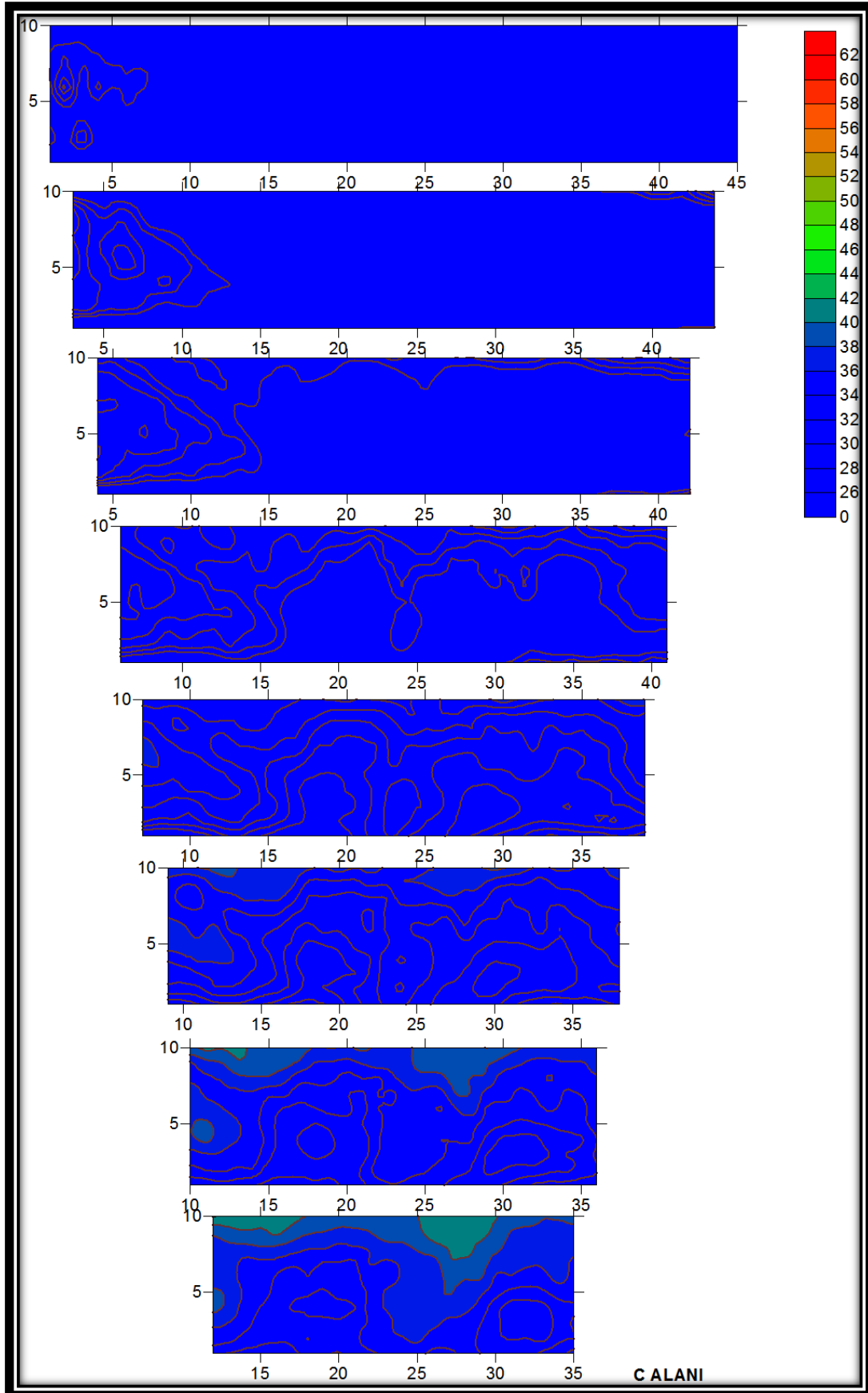
Şekil.6.3.c. C Alanı Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



Şekil.6.3.d. C Alanı 3D Yer altı Görüntüsü

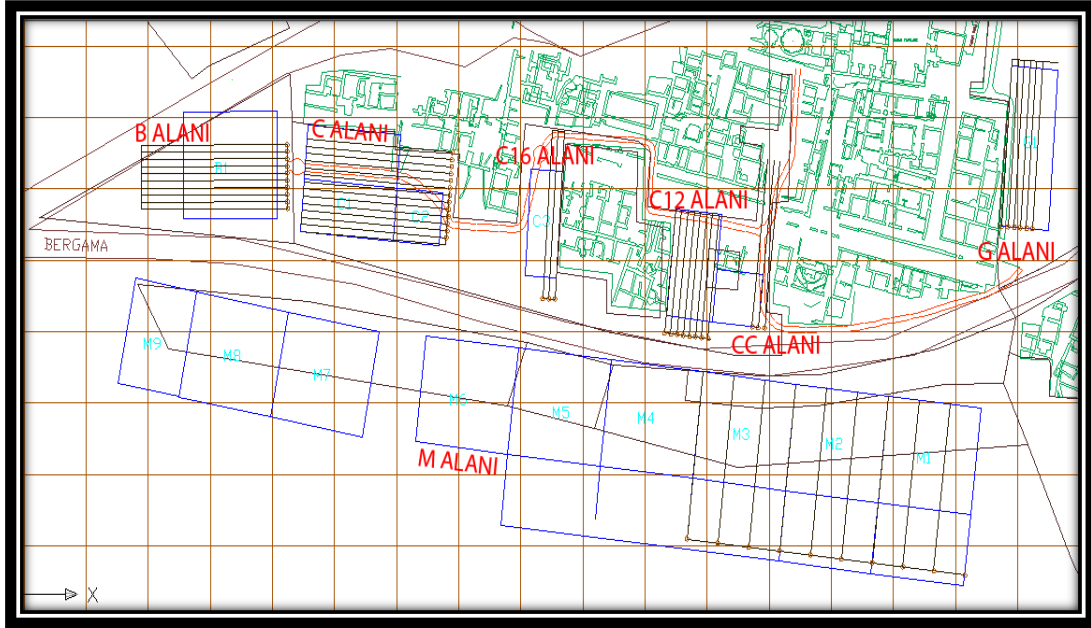


Şekil.6.3.e. C alanı ve 3D Yeraltı kesiti görüntüsü



Şekil 6.3.f. C Alanı Kat Haritası

6.4. 12C Alanı Rezistivite



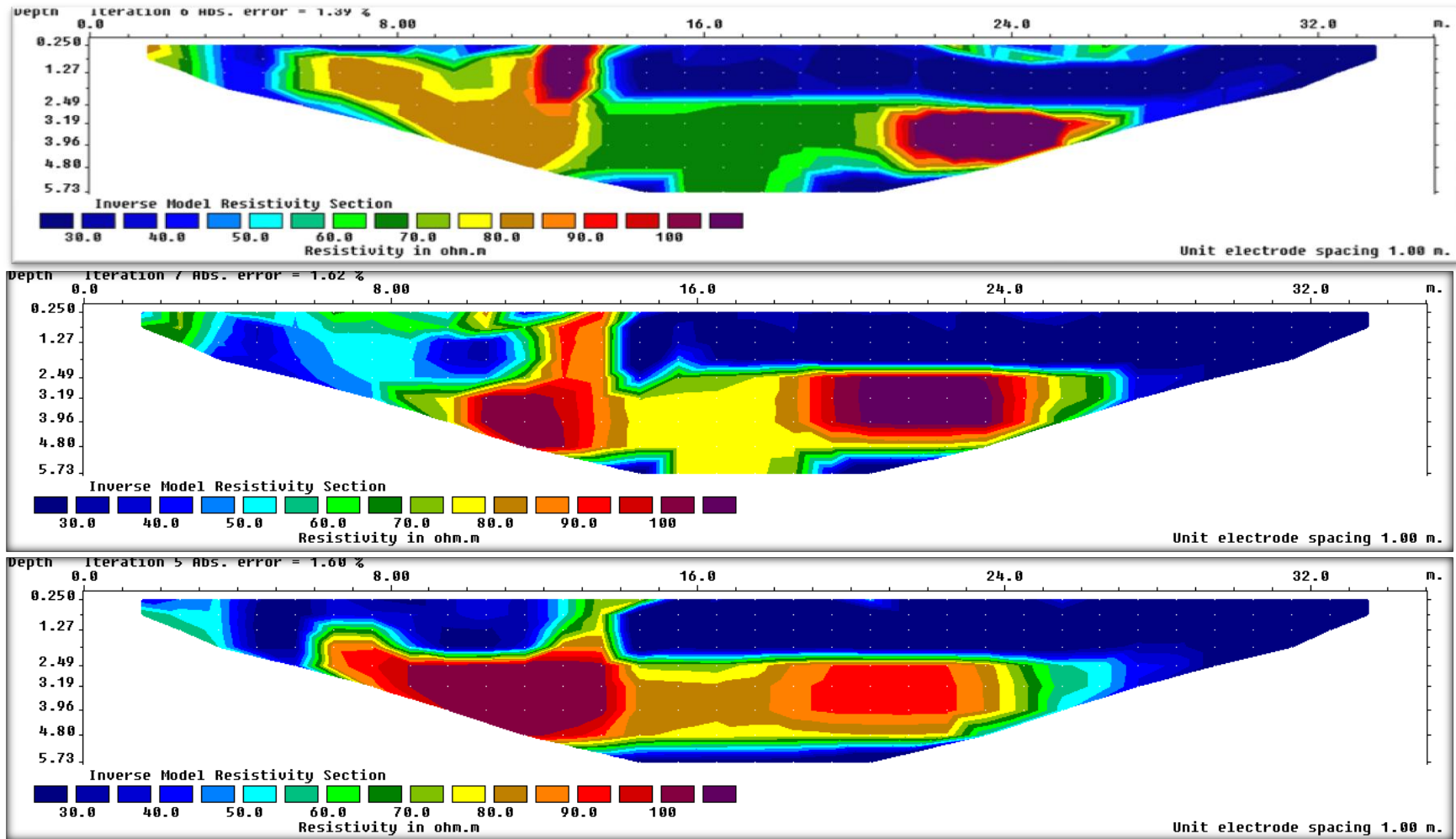
Şekil 6.4.a. 12C Alanı Krokisi



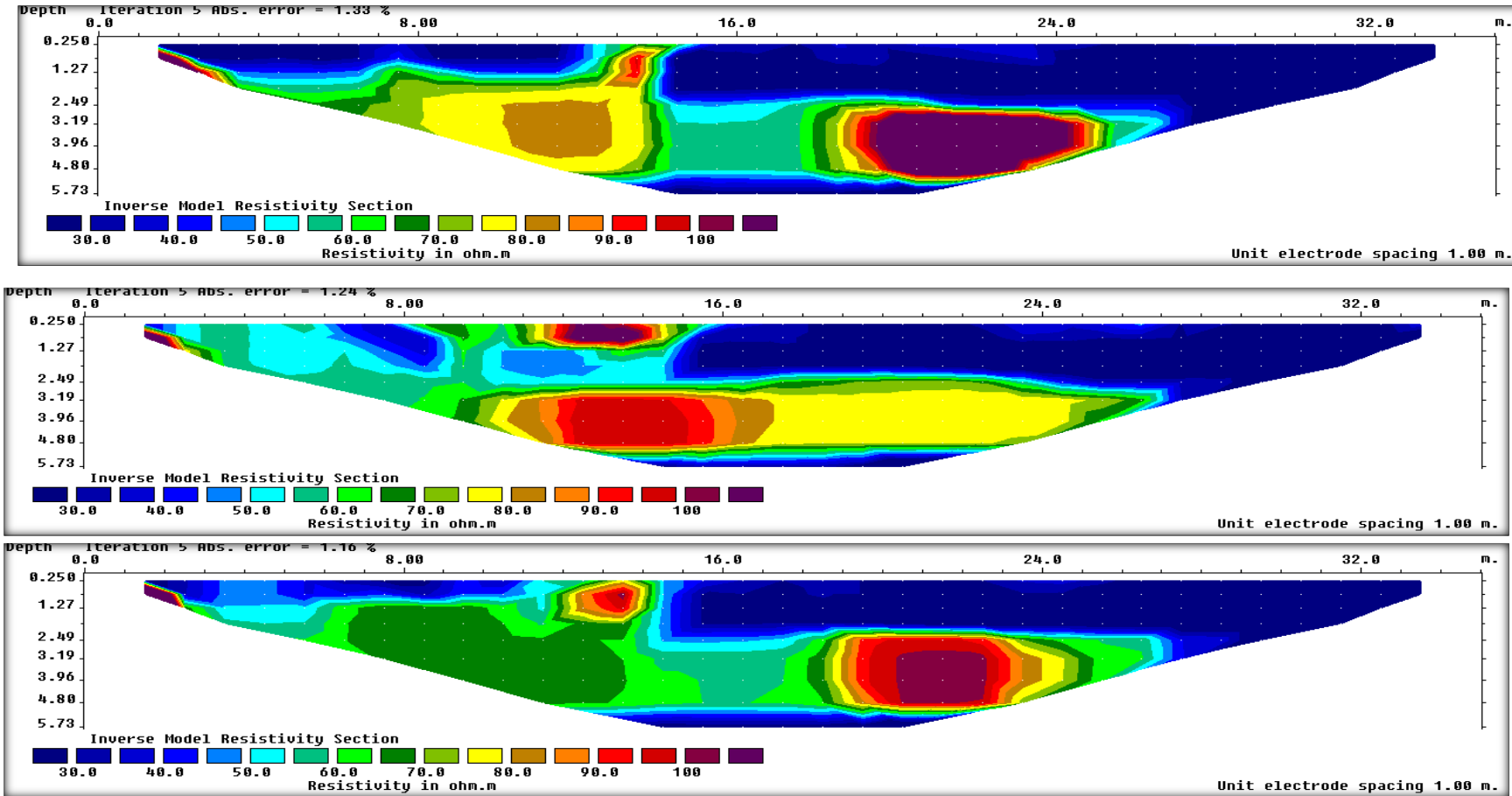
Şekil 6.4.b. 12C Alanı Fotoğrafi

Şekil.6.4.a ve Şekil.6.4.b’ de 12C alanı oluşturulan elektrik ölçü profilleri görülmektedir. Bu alanda toplam 8 profil oluşturulmuştur. Profiller arasındaki uzaklık 2m, elektrot aralıkları 1m. ve profil uzunluğu 35 m olarak alınmıştır. C12 Bölgesi için oluşturulan düşey kesitler aşağıda verilmiştir.

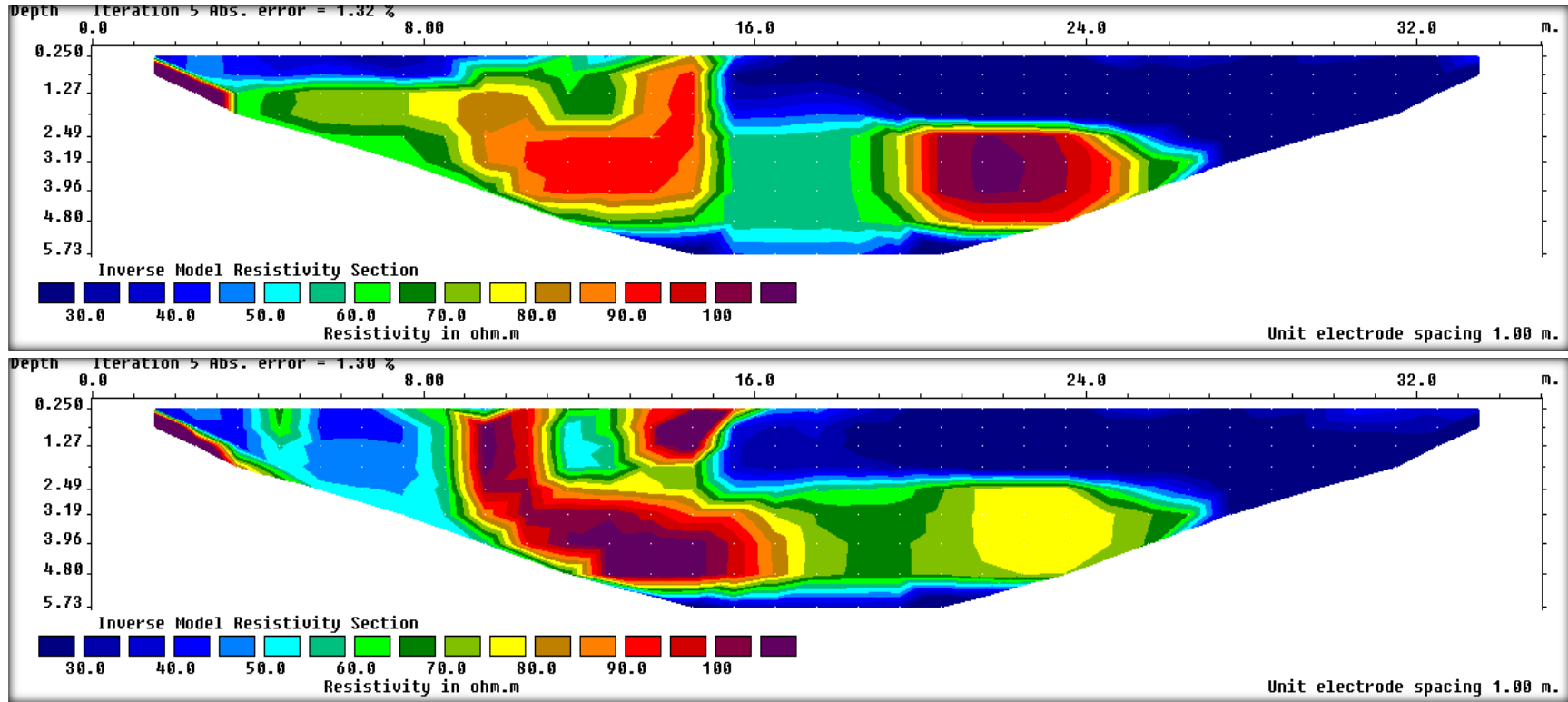
C12 alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuş ve şekil 6.3.f' de verilmiştir. Kat derinliği arttıkça haritanın küçülmesinin sebebi derinlik arttıkça veri sayısının azalmasından (profil boyu sabit 35 m olduğu için) kaynaklanmaktadır. Şekil.6.4.f'de yer alan kat yapı haritasına bakıldığında C12 alanında 1-2-3 ve 4 m derinliklerde her hangi bir yapı olmadığı, 5-6-7 ve 8m derinliklerde a duvar yapısının olduğu görülmektedir.



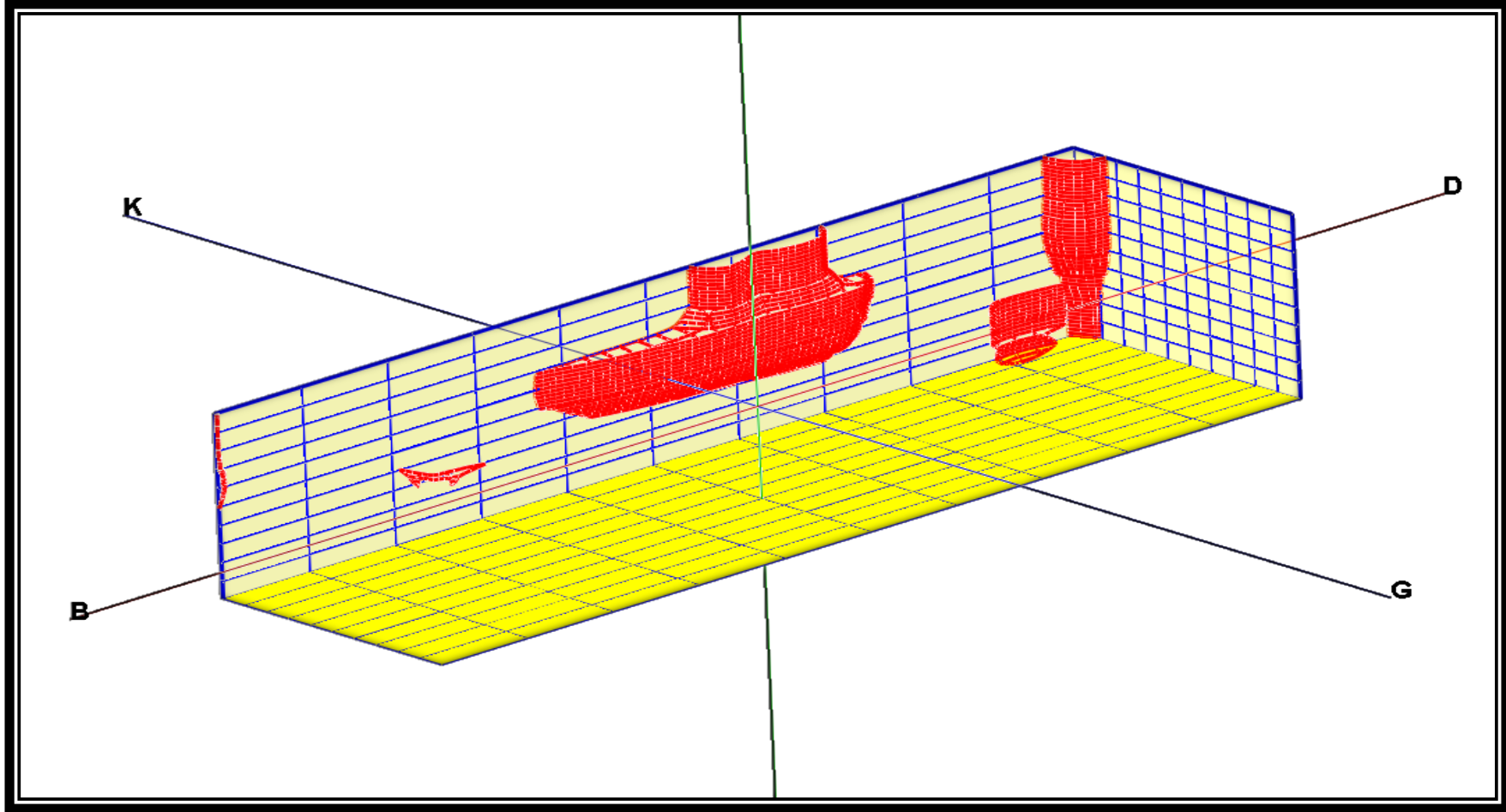
Şekil.6.4.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



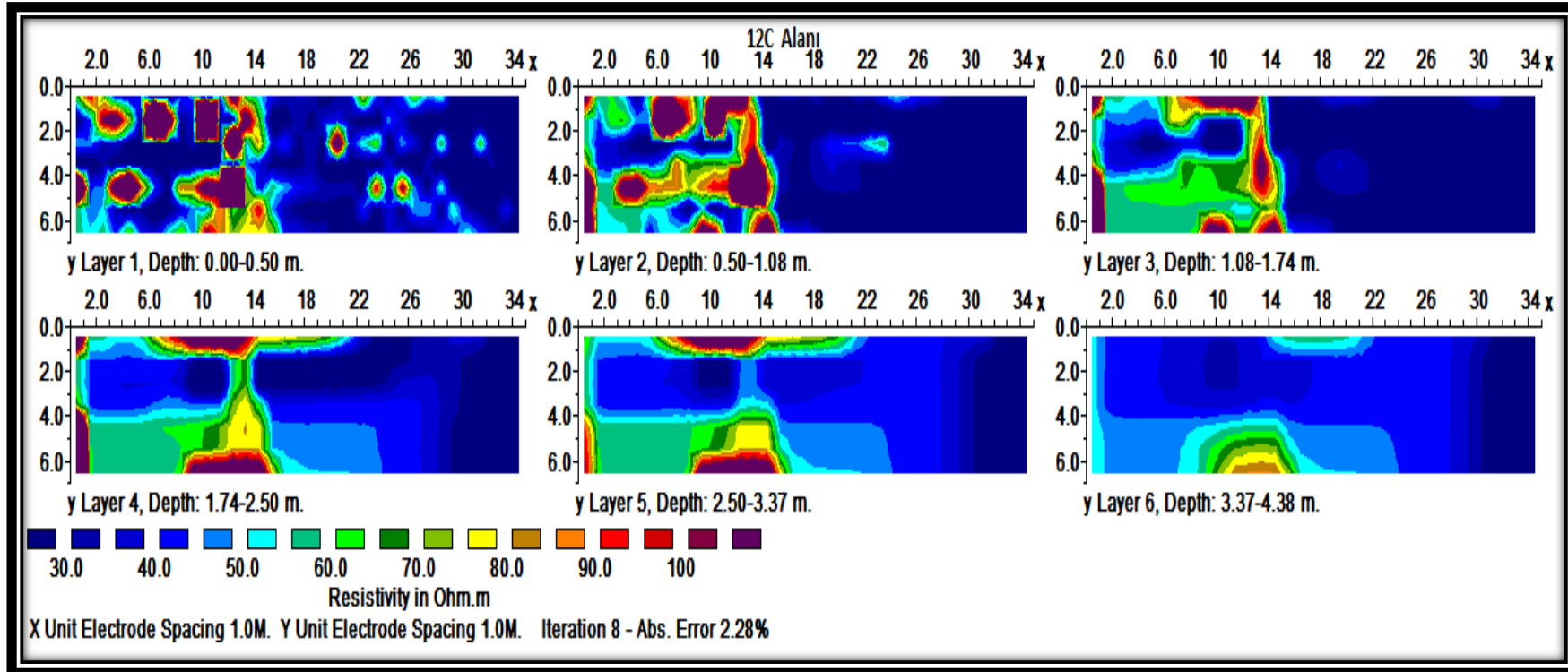
Şekil.6.4.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



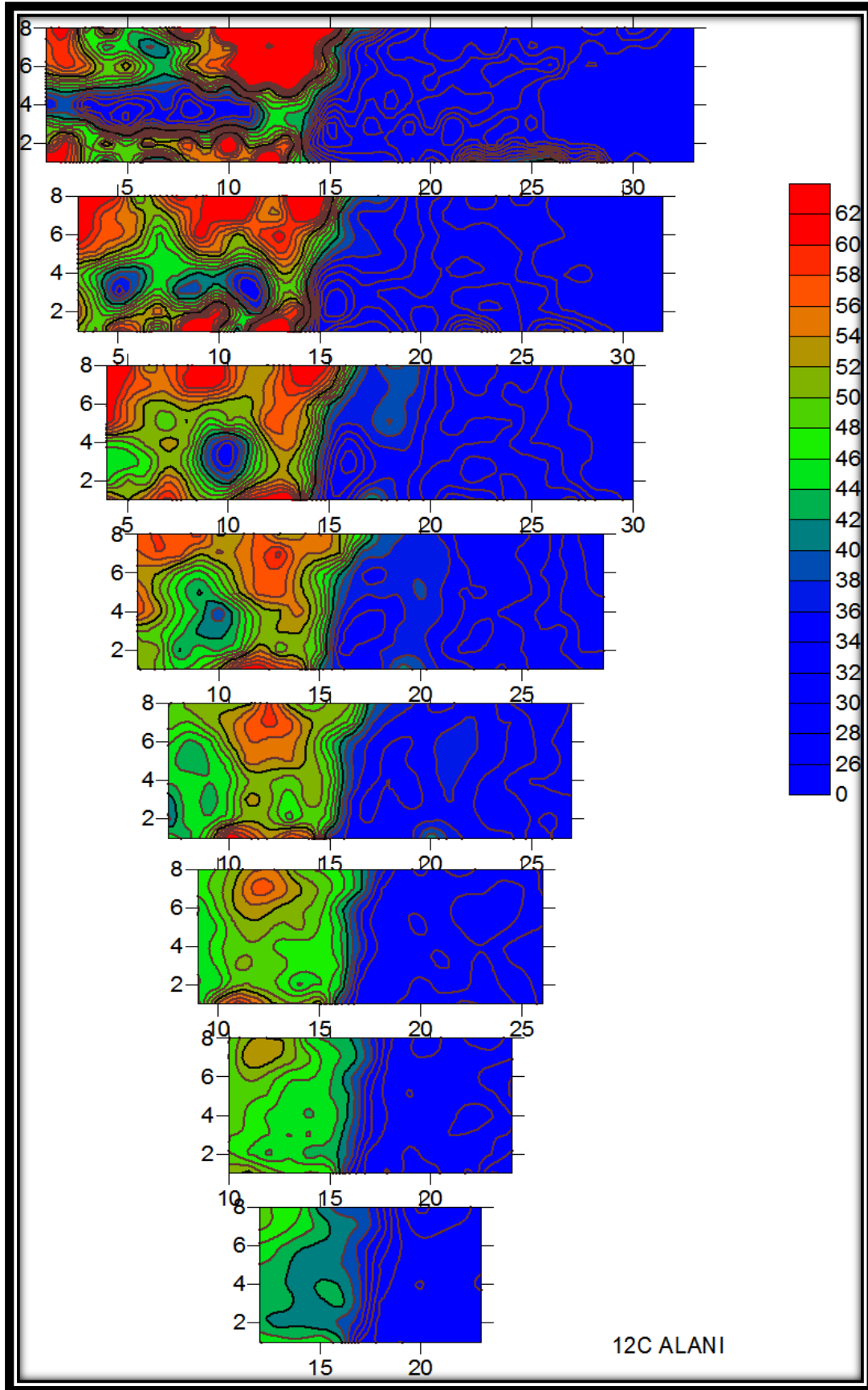
Şekil.6.4.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



Şekil.6.4.d. 12C Alanı 3D Yer altı Görüntüsü

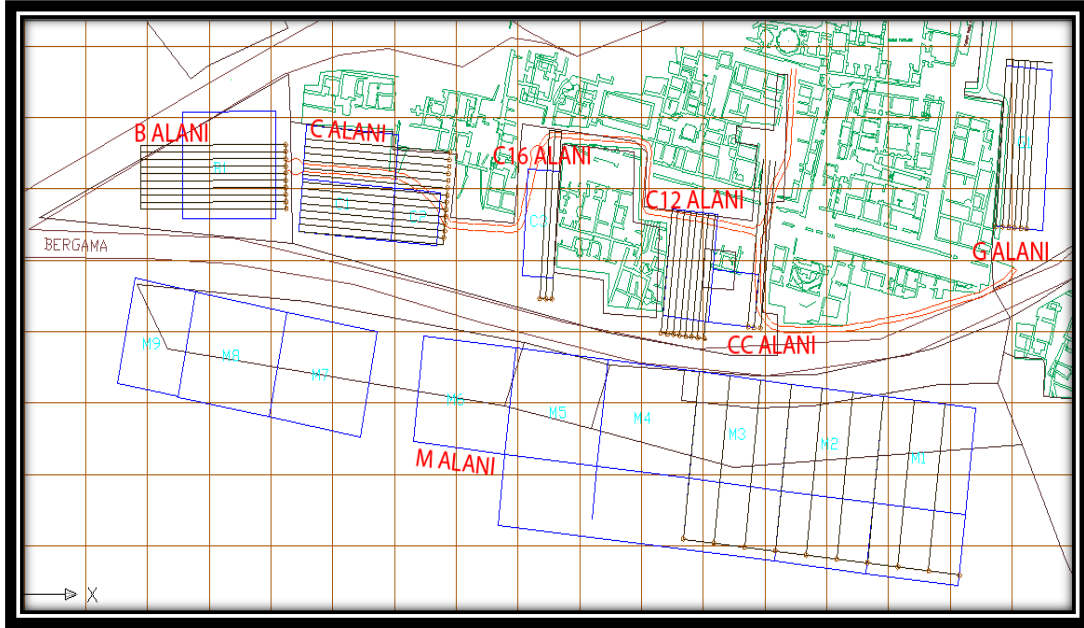


Şekil.6.4.e. 12C Alanı 3D Yer altı Görüntüsü



Şekil.6.4.f. 12C Alanı Kat Haritası

6.5. 16C Alanı Rezistivite



Şekil.6.5.a. 16C alanı krokisi



Şekil.6.5.b. 16C Bölgesi Fotosu

Şekil.6.5.a. ve Şekil.6.5.b.' de C16 bölgesinde oluşturulan elektrik ölçü profilleri görülmektedir. Bu alanda toplam 3 profil oluşturulmuştur. Profiller arasındaki uzaklık 2m, elektrot aralıkları 1m. ve profil uzunluğu 47 m olarak alınmıştır. C16 Bölgesi için oluşturulan düşey kesitler aşağıda verilmiştir.

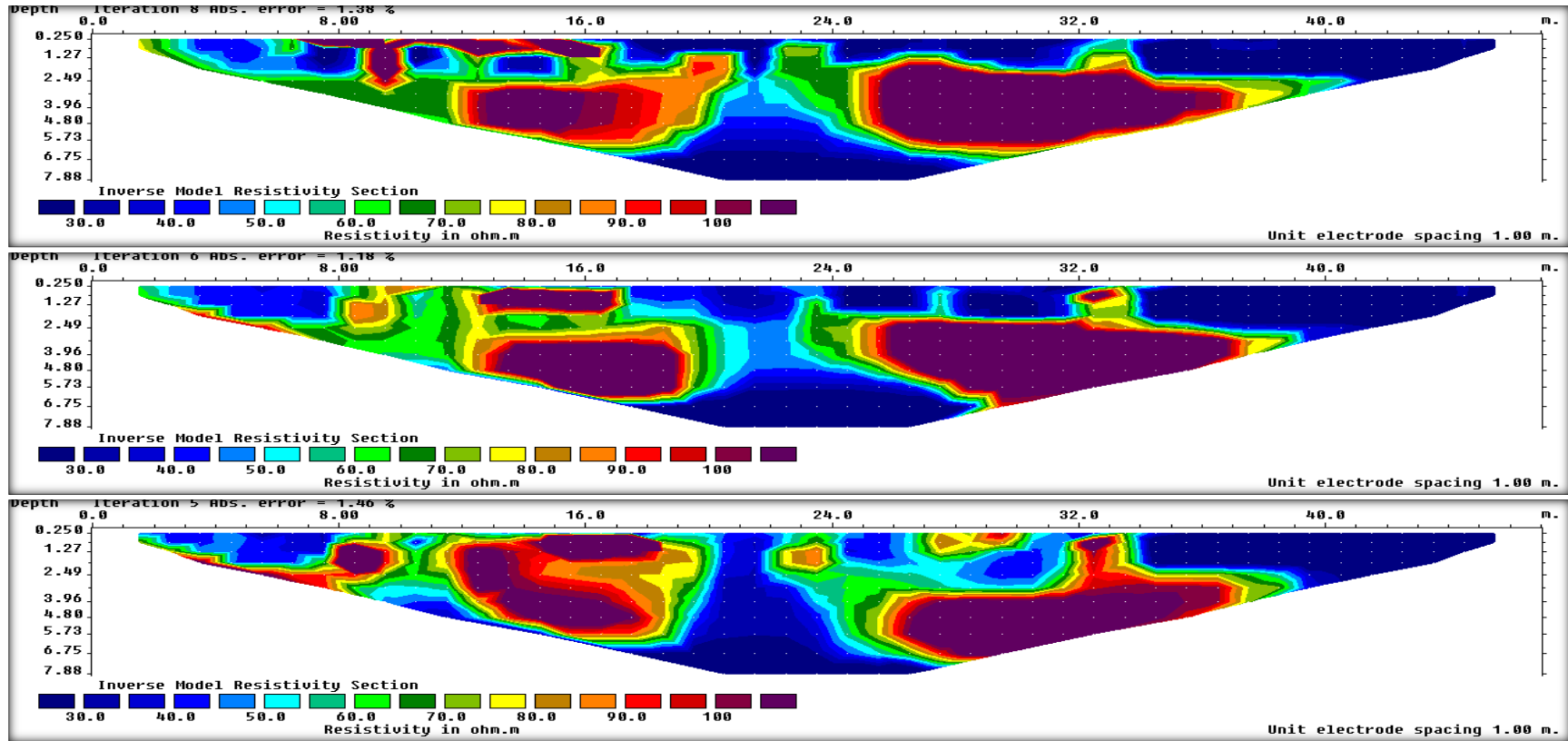
C16 alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuş ve şekil.6.5.f'de verilmiştir. Kat derinliği arttıkça haritanın küçülmesinin sebebi derinlik arttıkça veri sayısının azalmasından(profil boyu sabit 47 m olduğu için) kaynaklanmaktadır.

Şekil.6.5.f'deki kat yapı haritasına bakıldığında 1m derinlikte a,b,c,d ve e olarak isimlendirilen yapılar görülmektedir. a yapısı bütün profillerde, 7 m derinliğe kadar görülmekte 8m derinlikte ise kaybolmaktadır.

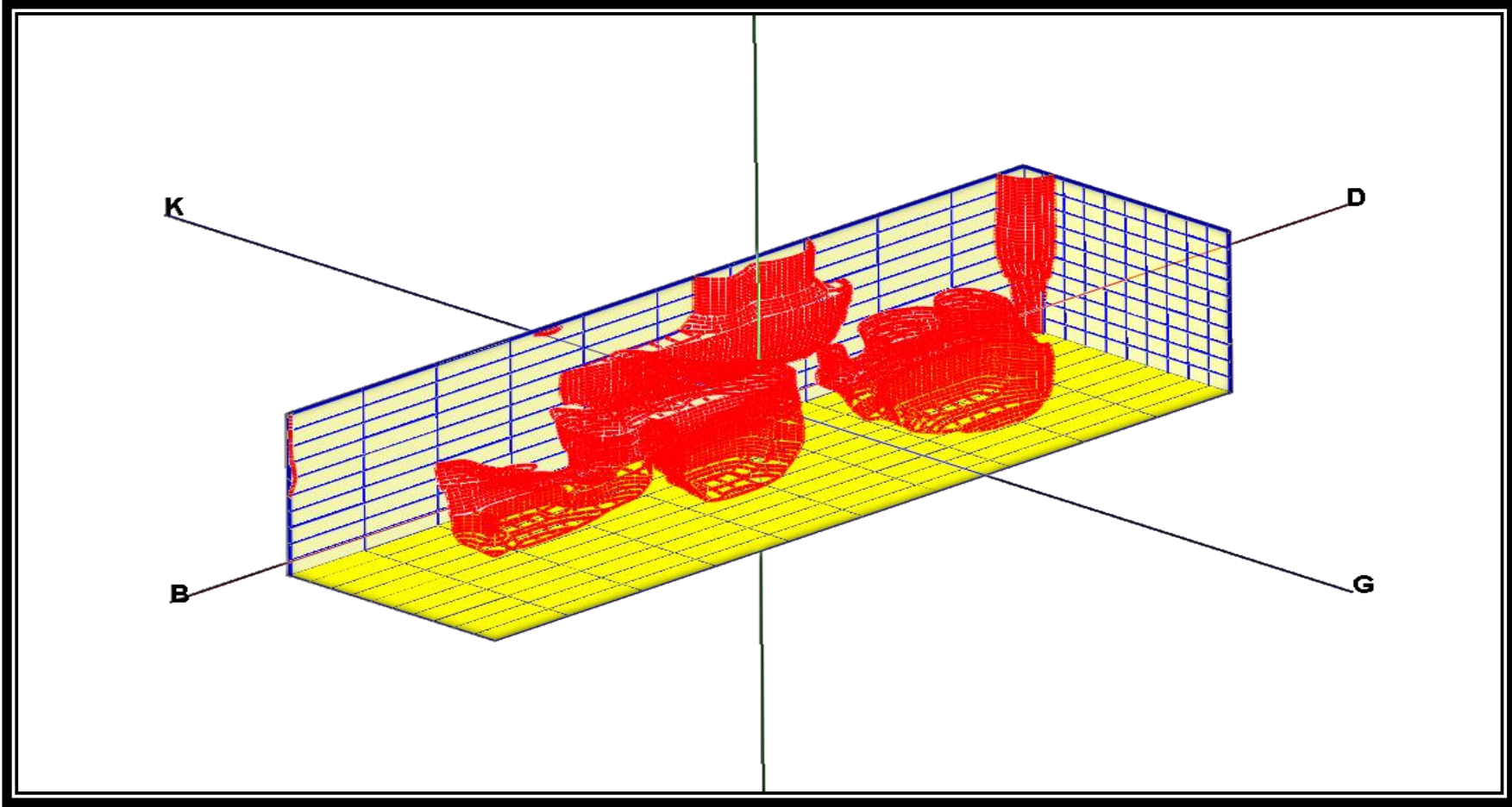
b yapısı 1m derinlikte 2m uzunluğunda, 3. profilde görülürken 2m derinlikte bütün profillerde görülmektedir. 3-4 ve 5 m derinliklerde b yapısı a yapısı ile absis oluşturacak şekilde birleşmiştir. 6 -7m derinliklerde b ile a yapıları tekrar birbirinden ayrılmış 8 m de a yapısı gibi b yapısıda yok olmuştur.

c ve d yapıları 1-2m derinliklerde 3. profilde görülmekte iken 3 m derinlikte bütün profillerde görülmektedir. 4m derinlikte ise c yapısı b ile bileşmektedir. Bu derinlikte d ise b olarak isimlendirilen yapı ile absis oluşturmaktadır. 5-6m derinlikte b ile d birbirinden ayrılmaktadır(absis yok olmakta). 7m derinlikte b-d yapılarının temelleri kalmakta 8m derinlikte b kaybolmakta d ise yenecek kadar küçülmektedir.

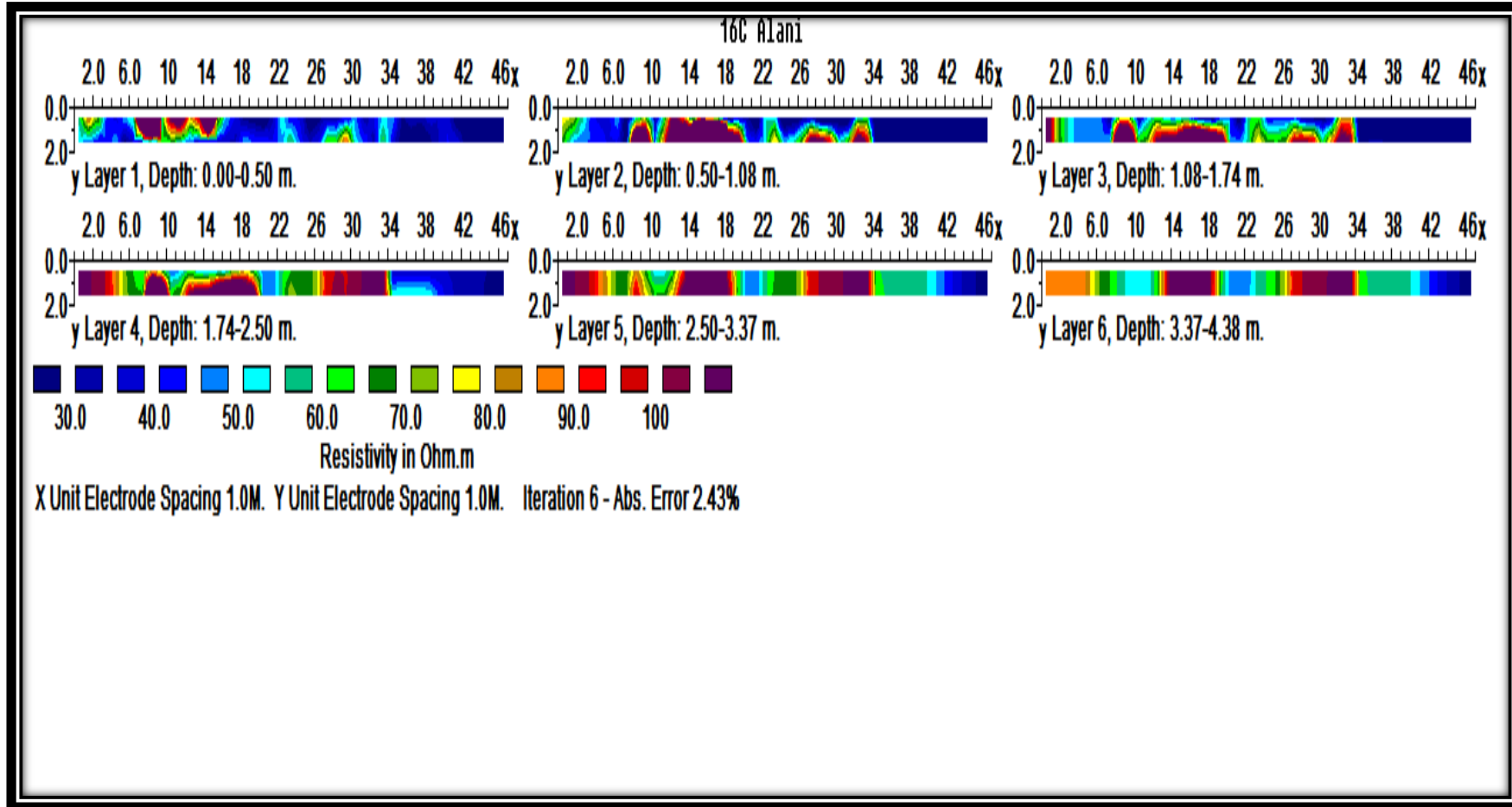
e yapısı, 1-2m derinlikte bütün profillerde görülmüş, diğer derinliklerde görülememiştir. Bunun nedeni derinlik arttıkça haritanın küçülmesinin sebebi derinlik arttıkça veri sayısının azalmasından(profil boyu sabit 47 m olduğu için) kaynaklanmaktadır.



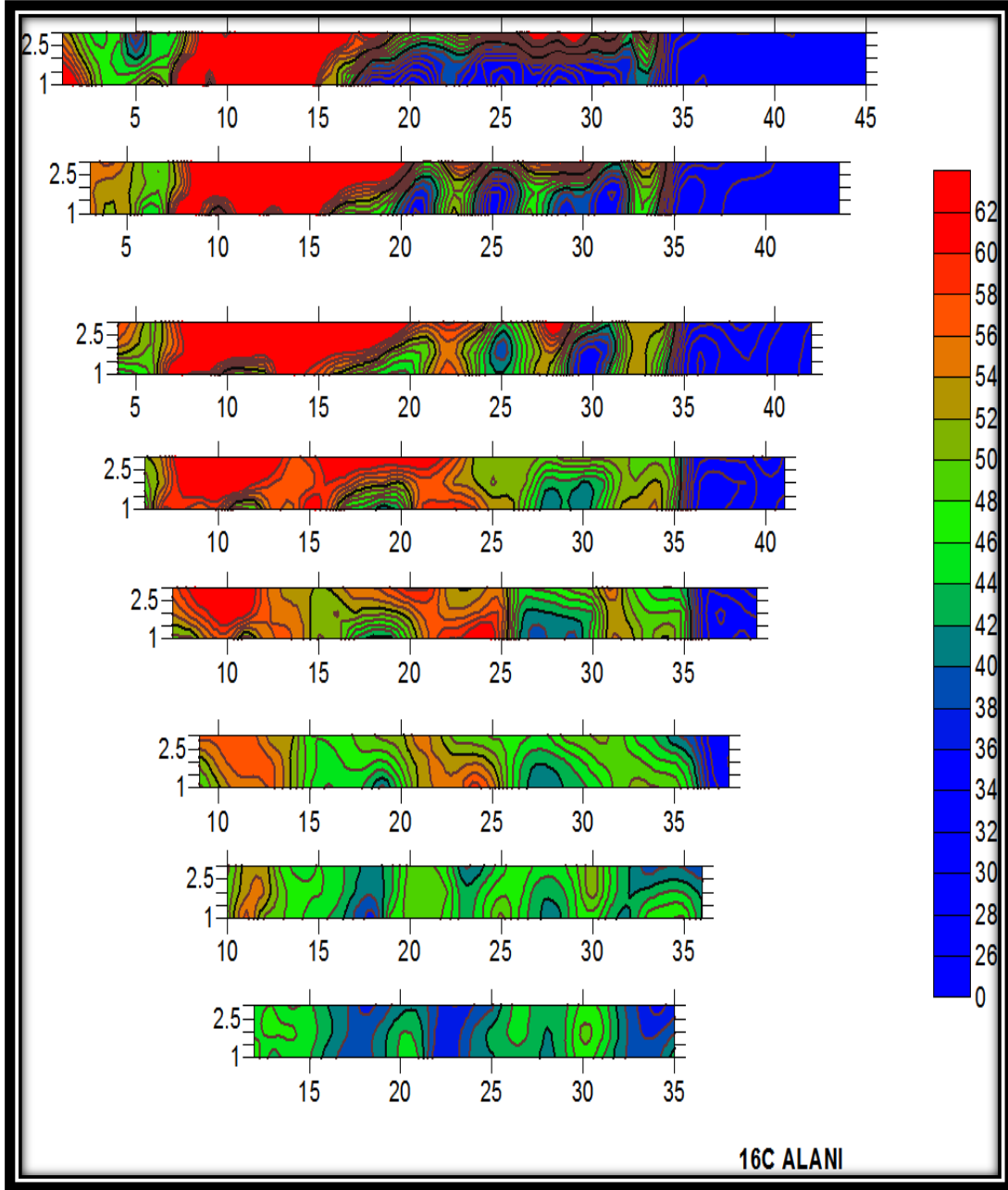
Şekil.6.5.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



Şekil.6.5.d. 16C Alanı 3D Yer altı Görüntüsü

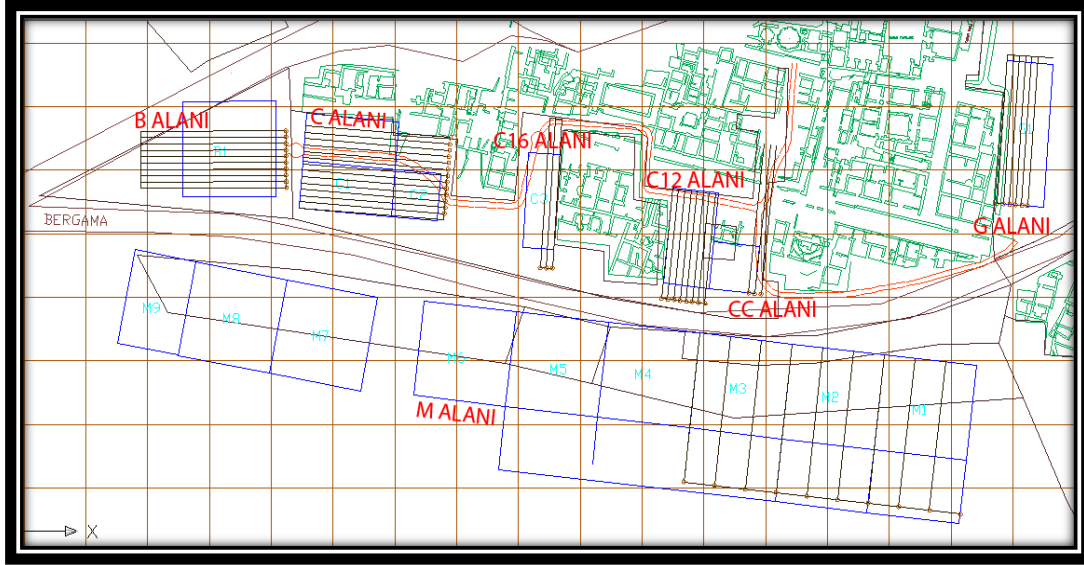


Şekil.6.5.e. 16C Alanı 3D Yer altı Görüntüsü



Şekil.6.5.f. 16C Alanı Kat Haritası

6.6. CC Alanı Rezistivite



Şekil.6.6.a. CC alanı krokisi



Şekil.6.6.b. CC Bölgesi Fotosu

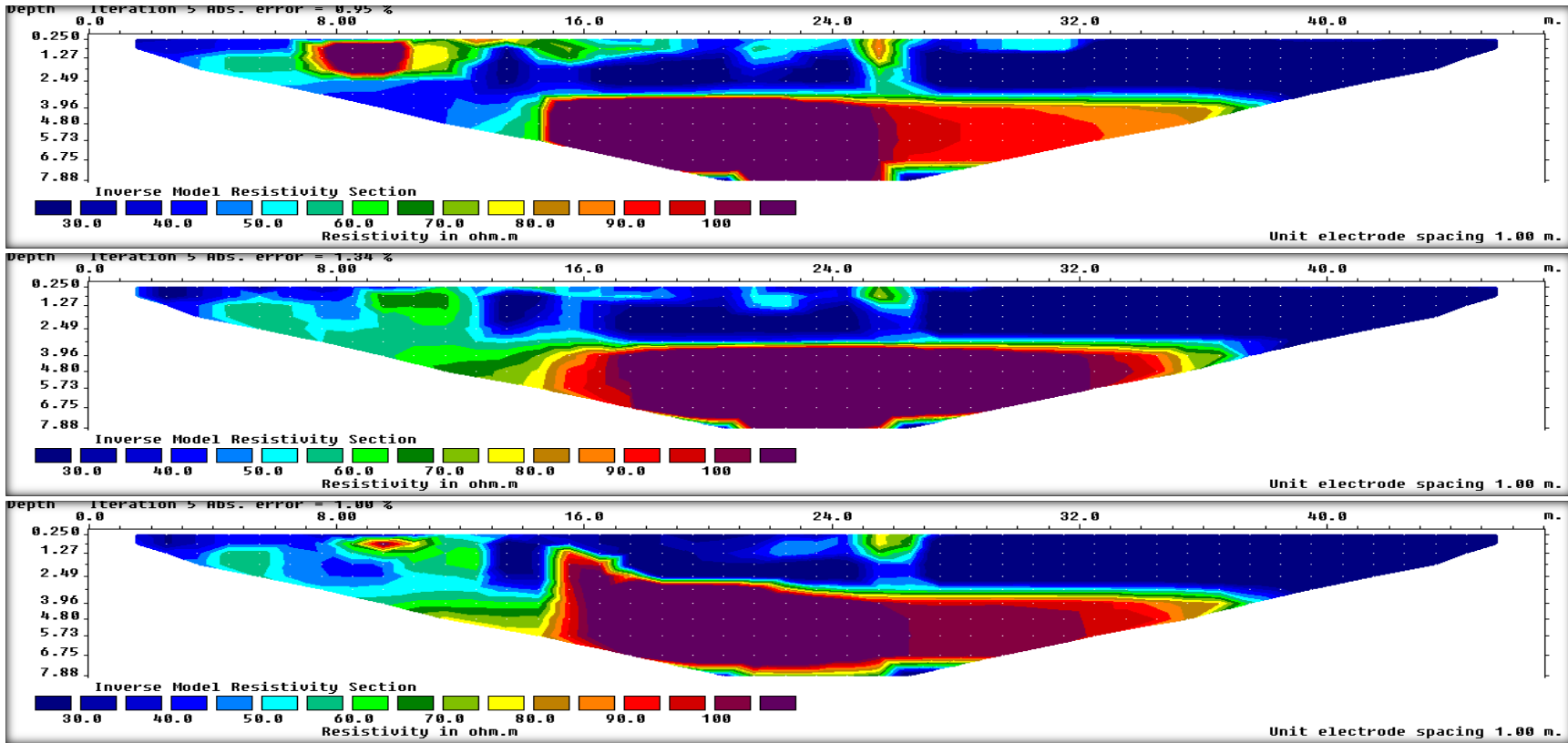
Şekil.6.6.a. ve Şekil.6.6.b.' de CC bölgesinde oluşturulan elektrik ölçü profilleri görülmektedir. Bu alanda toplam 3 profil oluşturulmuştur. Profiller arasındaki

uzaklık 2m, elektrot aralıkları 1m. ve profil uzunluğu 47 m olarak alınmıştır. CC Bölgesi için oluşturulan düşey kesitler aşağıda verilmiştir.

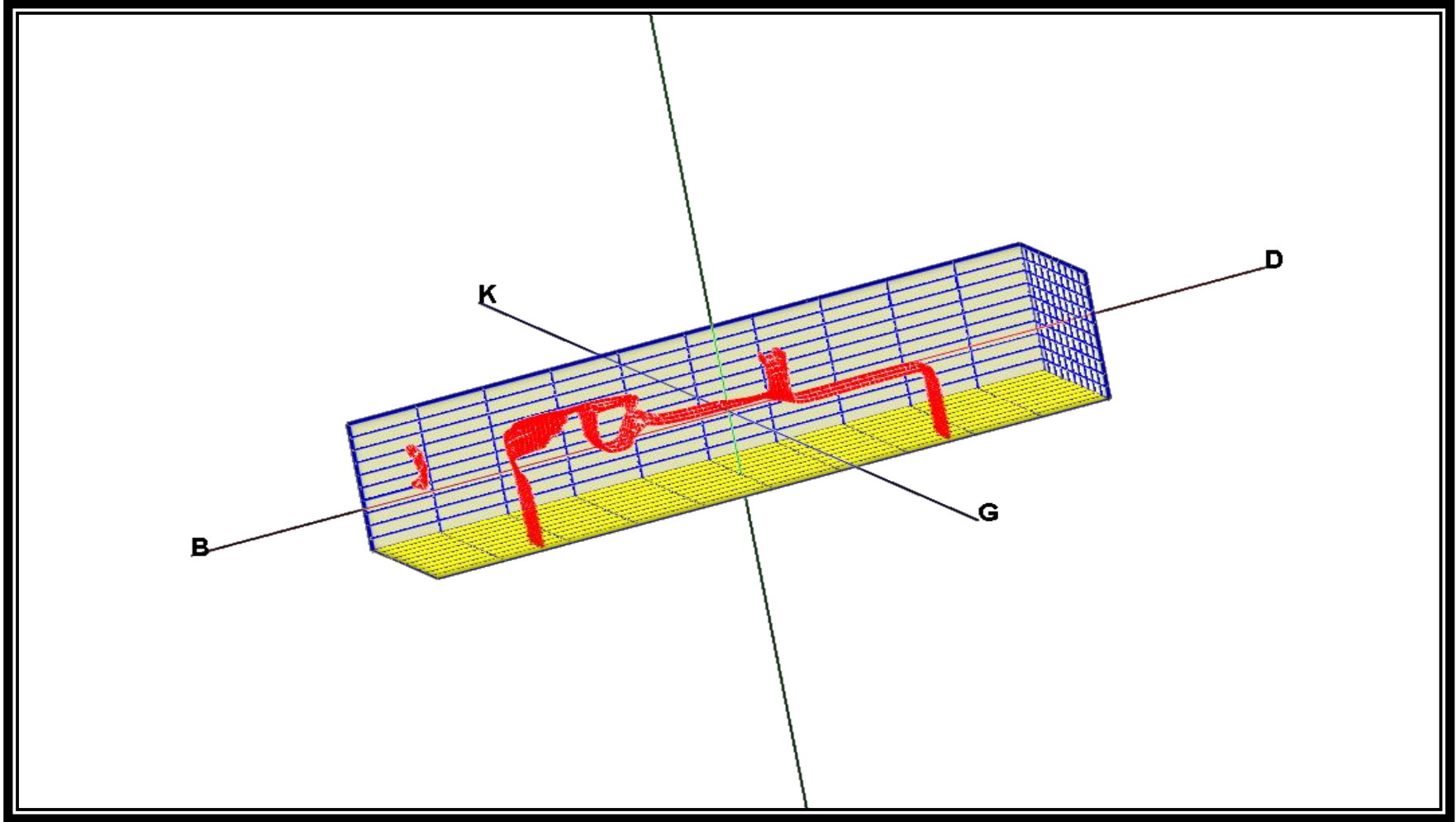
CC alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuş ve Şekil 6.6.f' de verilmiştir. Kat derinliği arttıka haritanın küçülmesinin sebebi derinlik arttıka veri sayısının azalmasından(profil boyu sabit 47 m olduğu için) kaynaklanmaktadır.

Şekil6.6.f'deki kat yapı haritasına bakıldığında 1m derinlikte a, b ve c olarak isimlendirilen yapılar görölmektedir.

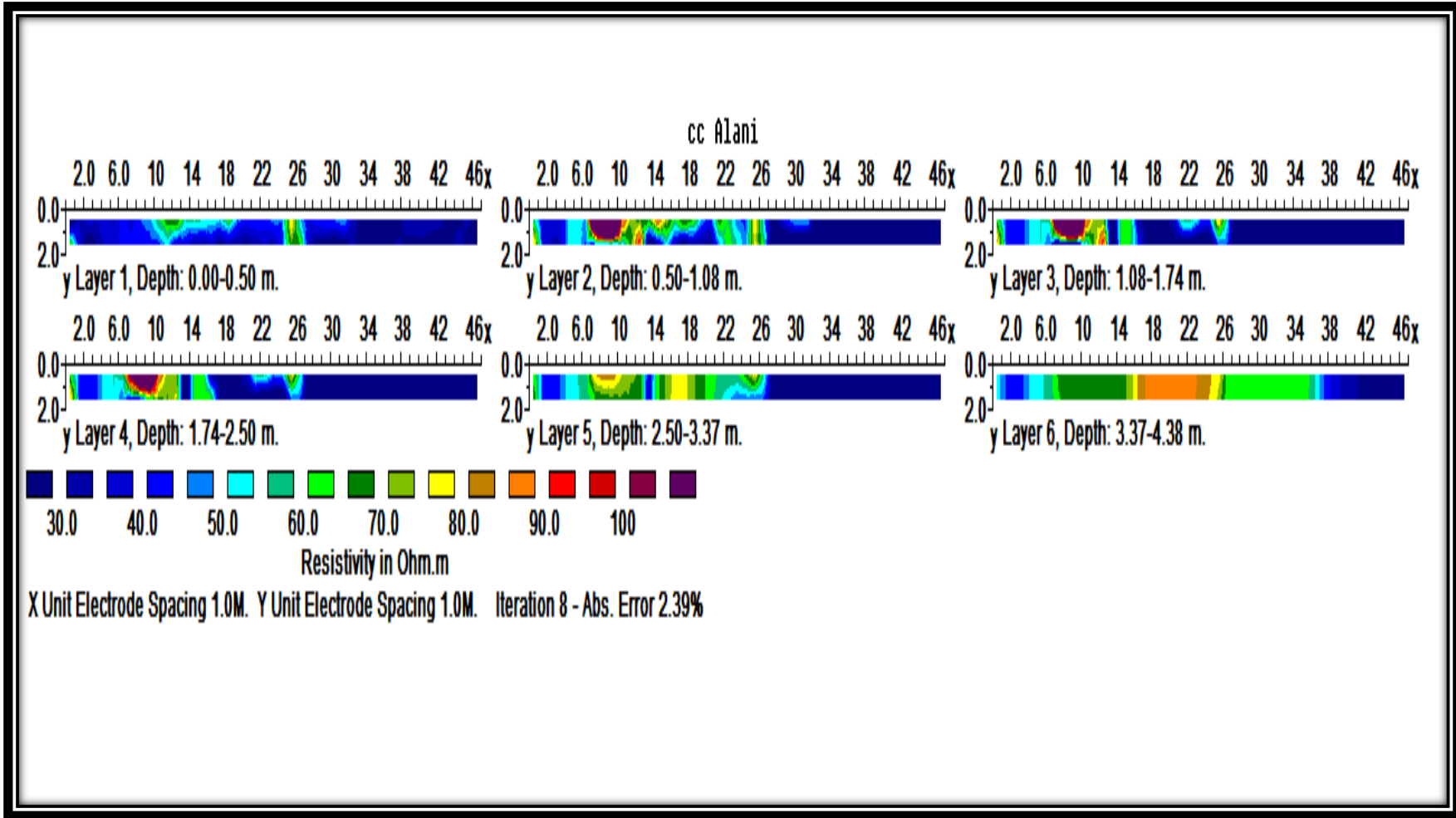
a yapısı bütün profillerde, 8 m derinliğe kadar görölmektedir. b ve c duvar yapıları 1m derinlikte 1. profilde izlenebilmekte diğer derinliklerde görölmemektedir. 5m derinlikte d duvar yapısı 3. profilde, e duvar yapısı ise 1. profilde ortaya çıkmaktadır. 6m derinlikte d – e yapıları birleşerek f olarak isimlendirilen yapıyı oluşturmaktadır. Yani bütün profilde görölmektedir. f yapısı 6- 8m arasındaki derinliklerde görölmektedir



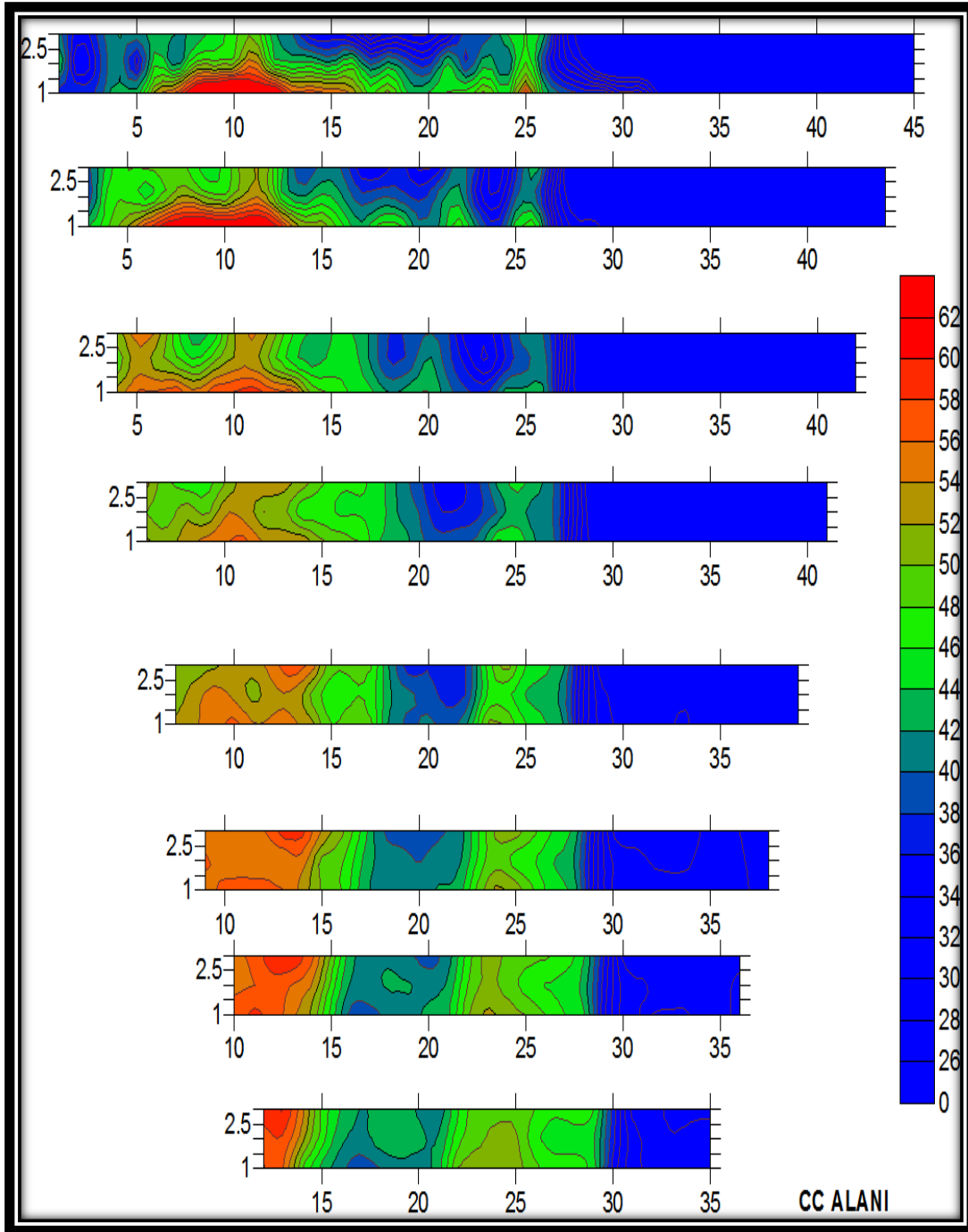
Şekil.6.6.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



Şekil.6.6.d. CC Alamı 3D Yer altı Görüntüsü

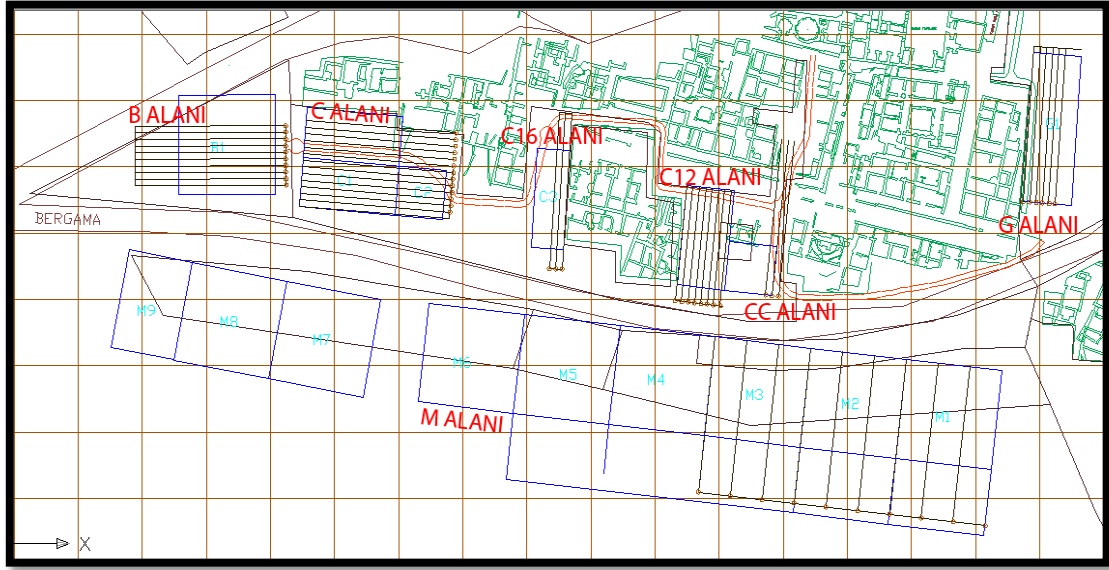


Şekil.6.6.e. CC Alanı 3D Yer altı Görüntüsü



Şekil.6.6.f. CC Alanı Kat Haritası

6.7. G1 Alanı Rezistivite



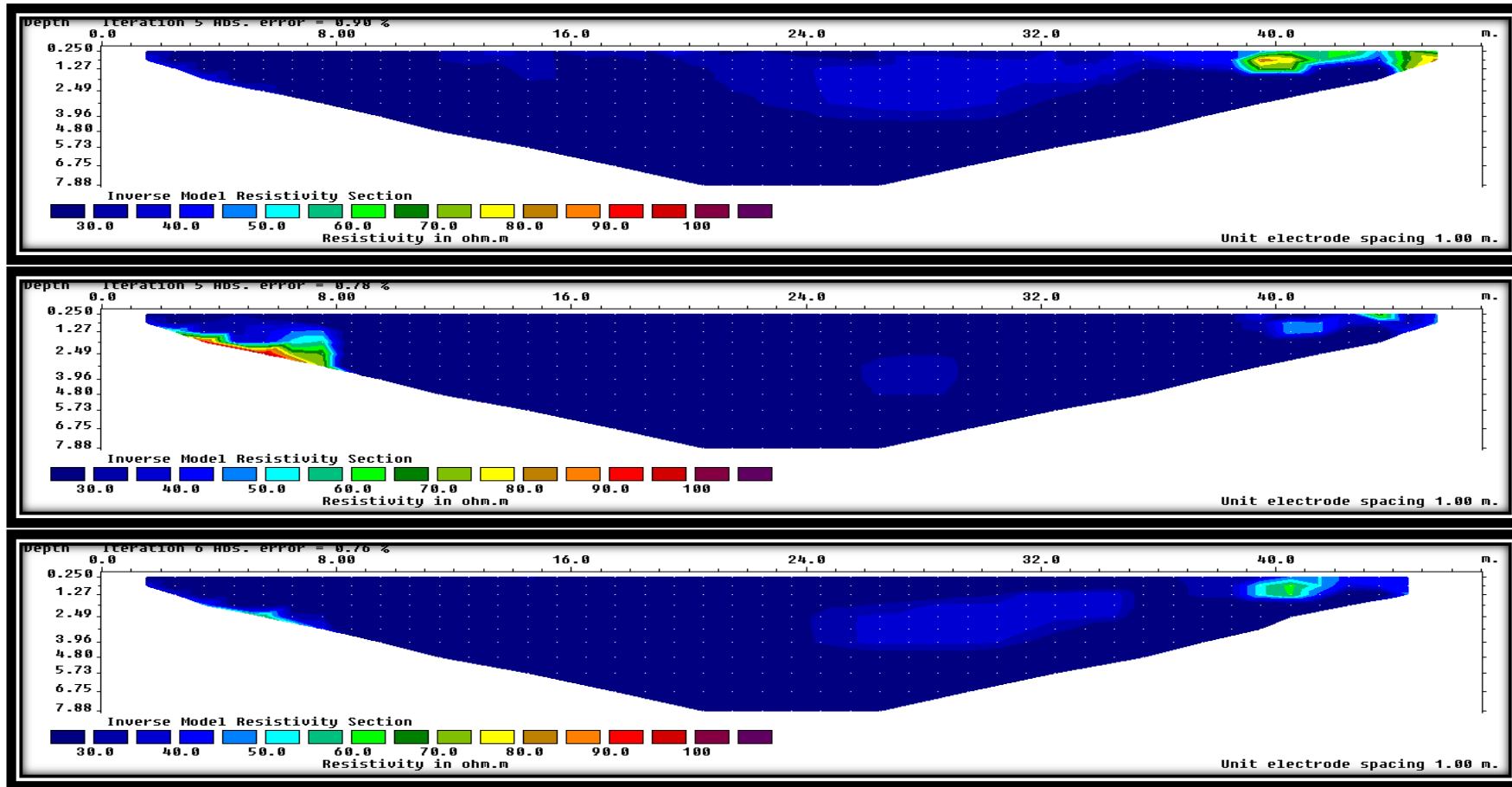
Şekil.6.7.a. G alanı krokisi



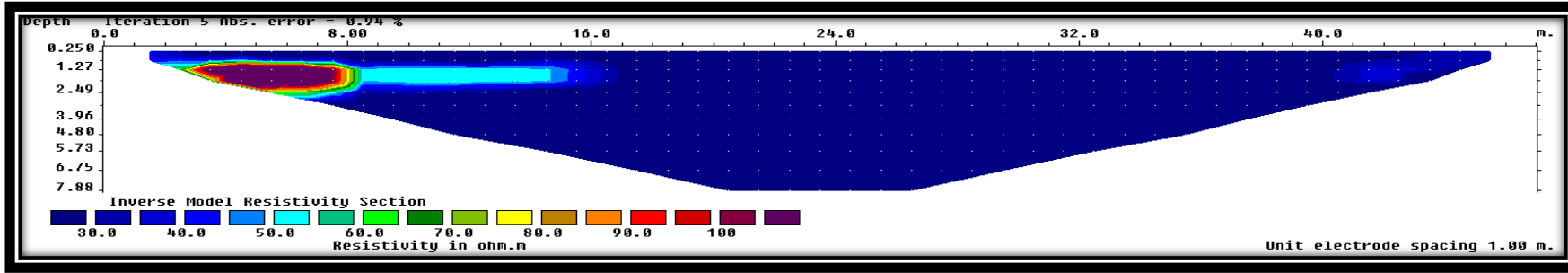
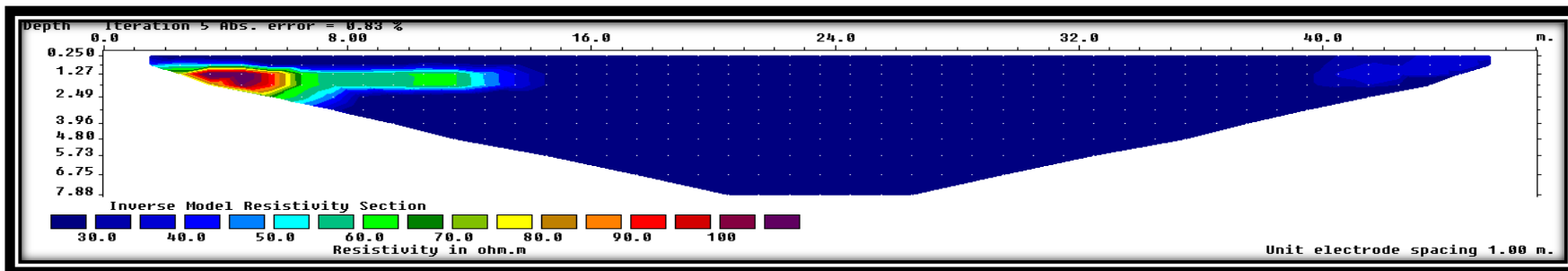
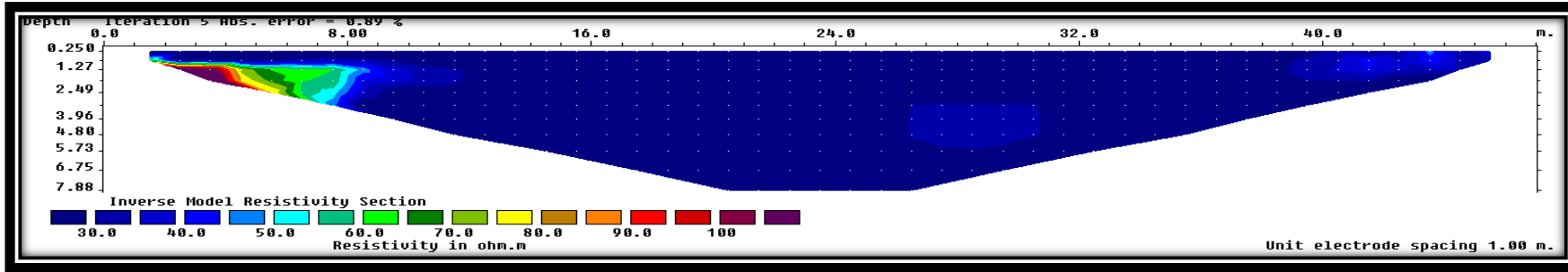
Şekil.6.7.b. G Bölgesi Fotosu

Şekil.6.7.a ve Şekil.6.7.b' da G bölgesinde oluşturulan elektrik ölçü profilleri görülmektedir. Bu alanda toplam 6 profil oluşturulmuştur. Profiller arasındaki uzaklık 2m, elektrot aralıkları 1m. ve profil uzunluğu 47m olarak alınmıştır. G Bölgesi için oluşturulan düşey kesitler aşağıda verilmiştir.

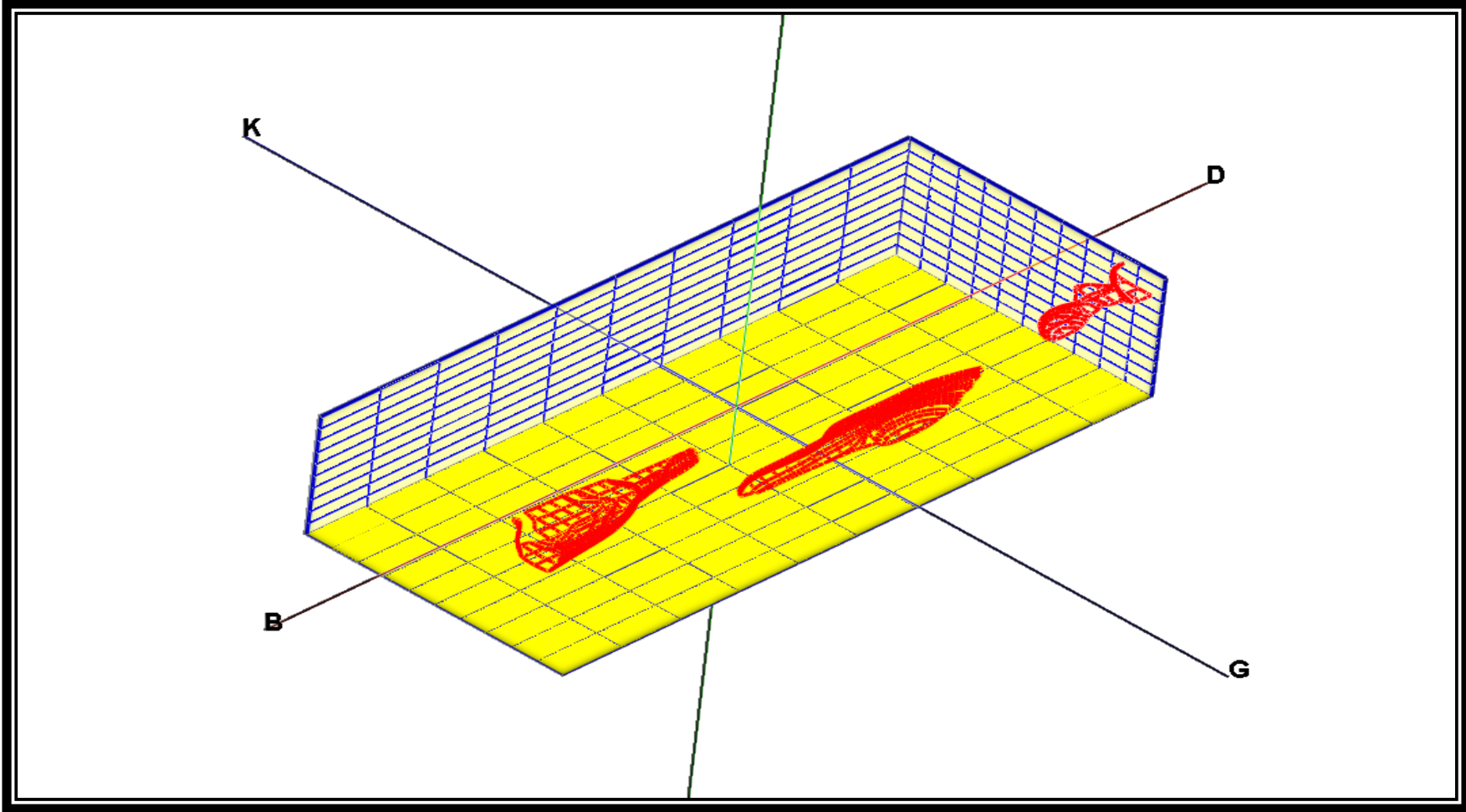
G alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuş ve şekil.6.7.f'de verilmiştir. Kat derinliği arttıkça haritanın küçülmesinin sebebi derinlik arttıkça veri sayısının azalmasından (profil boyu sabit 47 m olduğu için) kaynaklanmaktadır. Şekil.6.7.f'de yer alan kat haritasına bakıldığında G alanında 1m derinlikte a yapısı görülmekte diğer derinliklerde görülmemektedir.



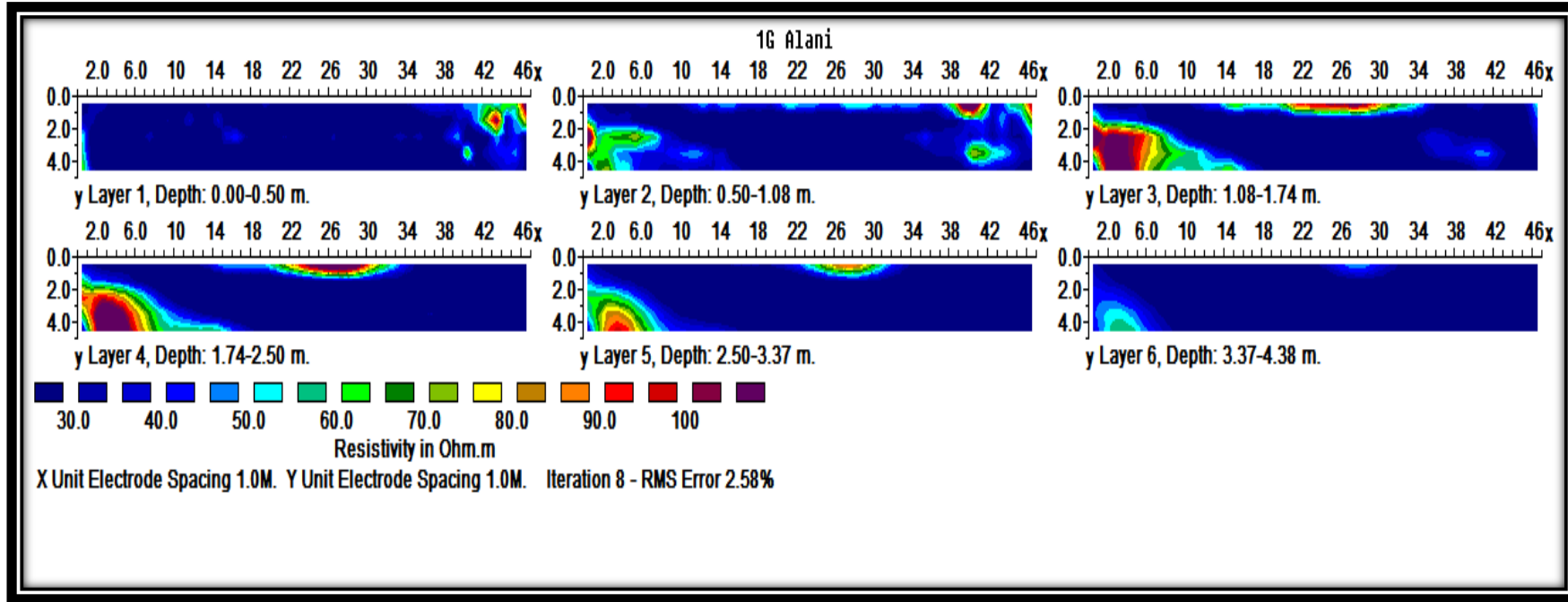
Şekil.6.7.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



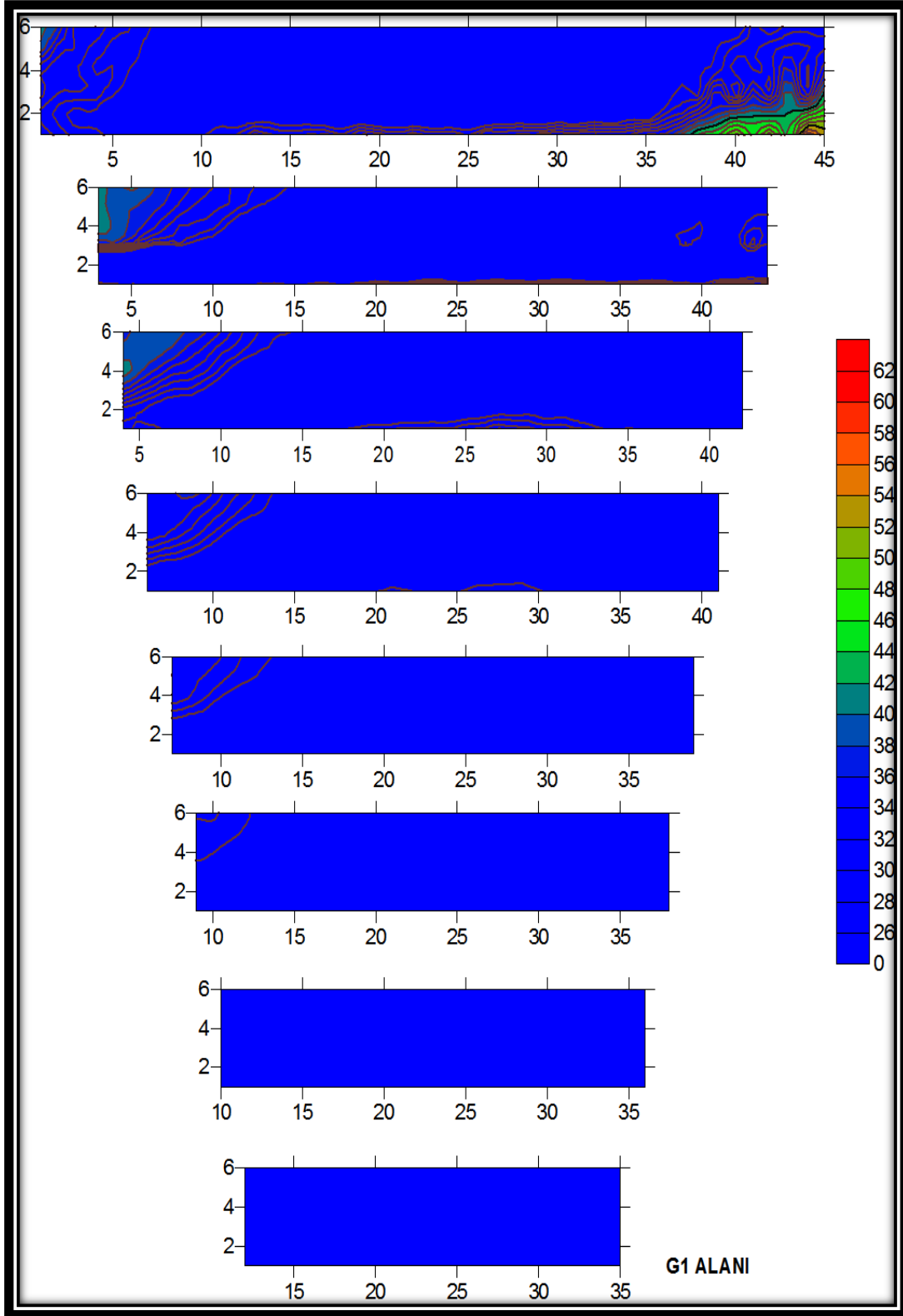
Şekil.6.7.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



Şekil.6.7.d. G1 Alanı 3D Yer altı Görüntüsü

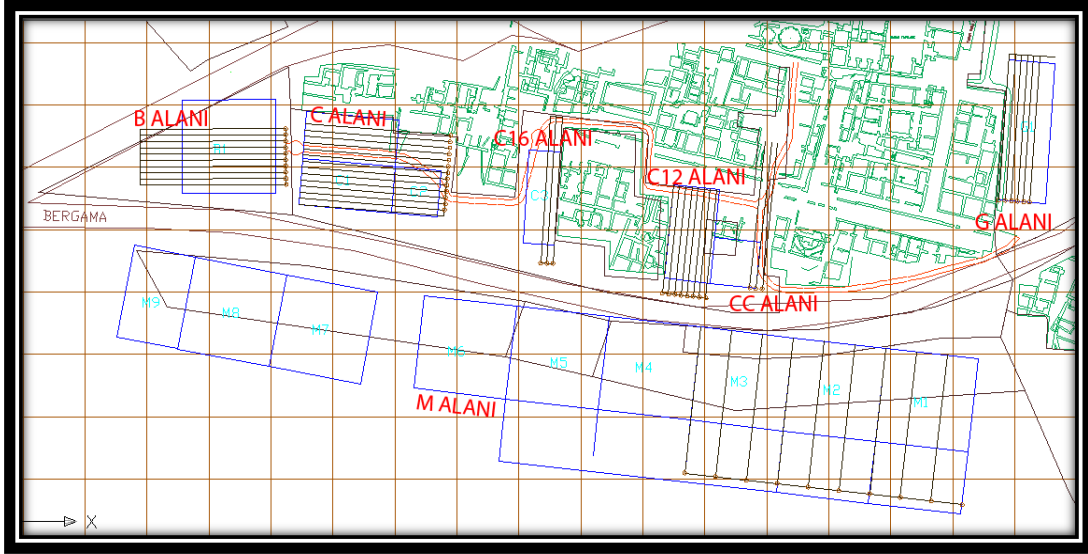


Şekil.6.7.e. G1 Alanı 3D Yer altı Görüntüsü



Şekil.6.7.f. G1 Alanı Kat Haritası

6.8 K Alanı Rezistivite



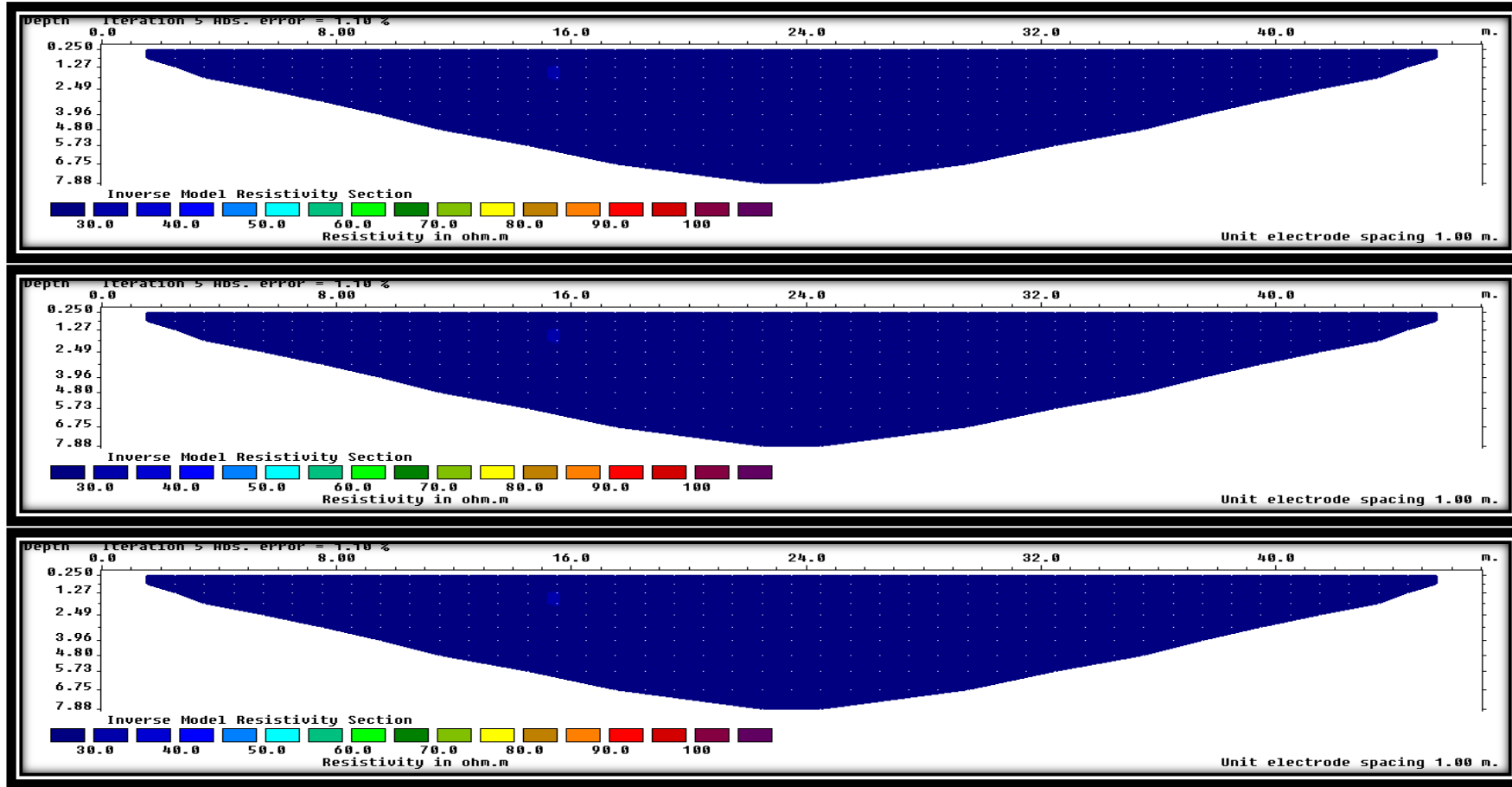
Şekil.6.8.a. K alanı krokisi



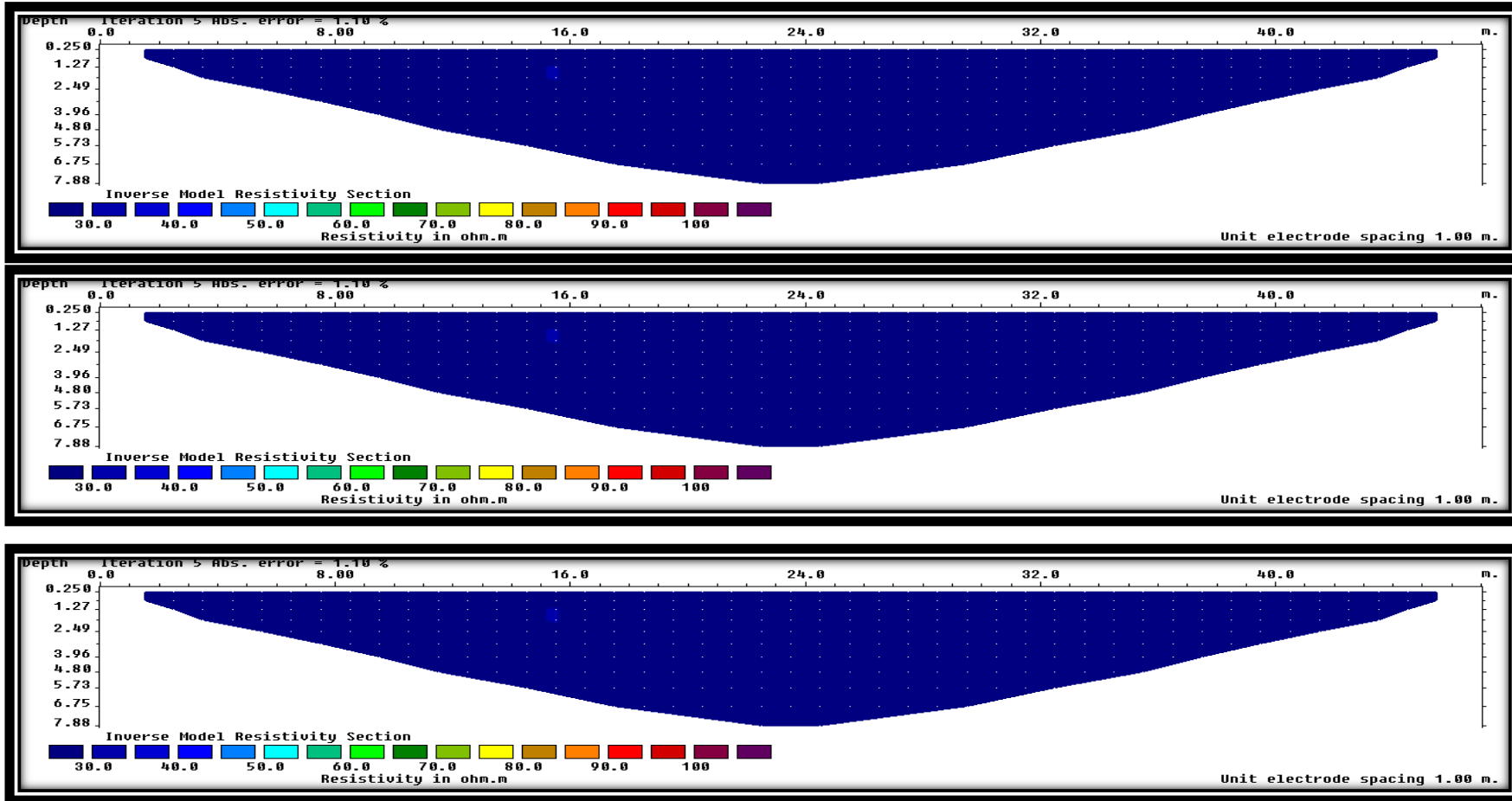
Şekil.6.8.b. K Bölgesi Fotosu

Şekil.6.8.a ve Şekil.6.8.b' de K bölgesinde oluşturulan elektrik ölçü profilleri görülmektedir. Bu alanda toplam 8 profil oluşturulmuştur. Profiller arasındaki uzaklık 2m, elektrot aralıkları 1m. ve profil uzunluğu 47m olarak alınmıştır. K Bölgesi için oluşturulan düşey kesitler aşağıda verilmiştir.

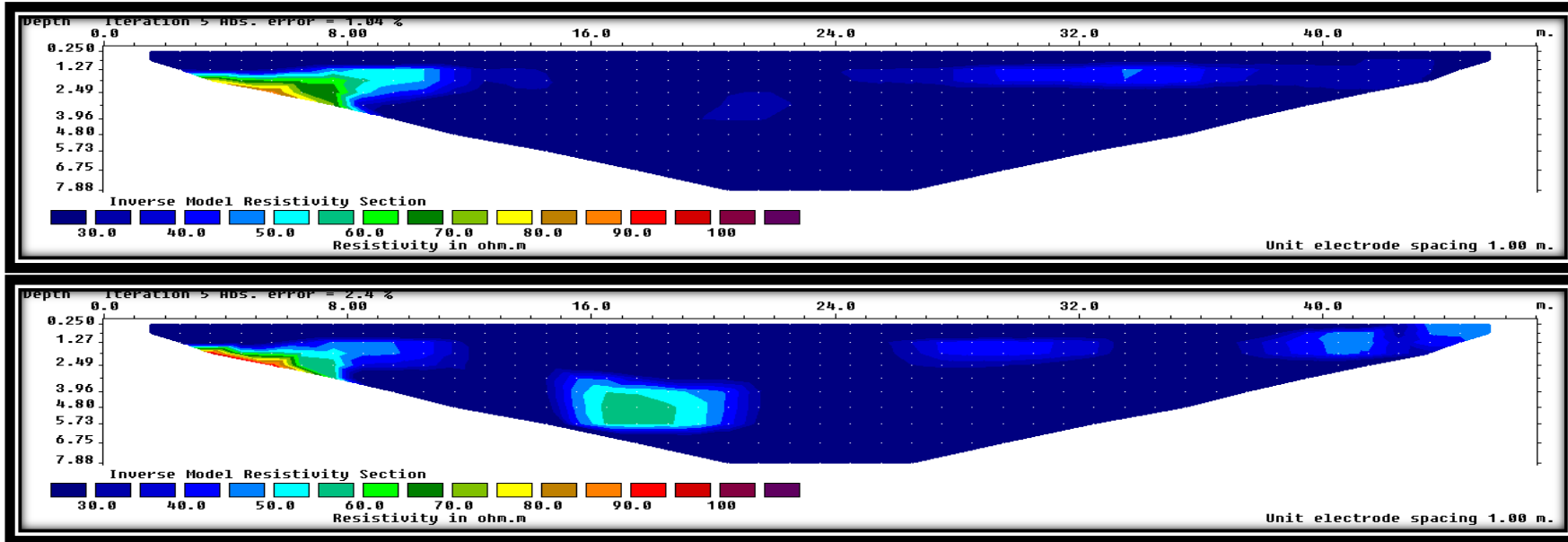
K alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuş ve şekil 6.8.d' de verilmiştir. Kat derinliği arttıkça haritanın küçülmesinin sebebi derinlik arttıkça veri sayısının azalmasından(profil boyu sabit 47 m olduğu için) kaynaklanmaktadır. Şekil 6.8.d' de yer alan kat haritasına bakıldığında K alanında 6-8 m derinlikte a duvar yapısı görülmekte diğer derinliklerde görülmemektedir.



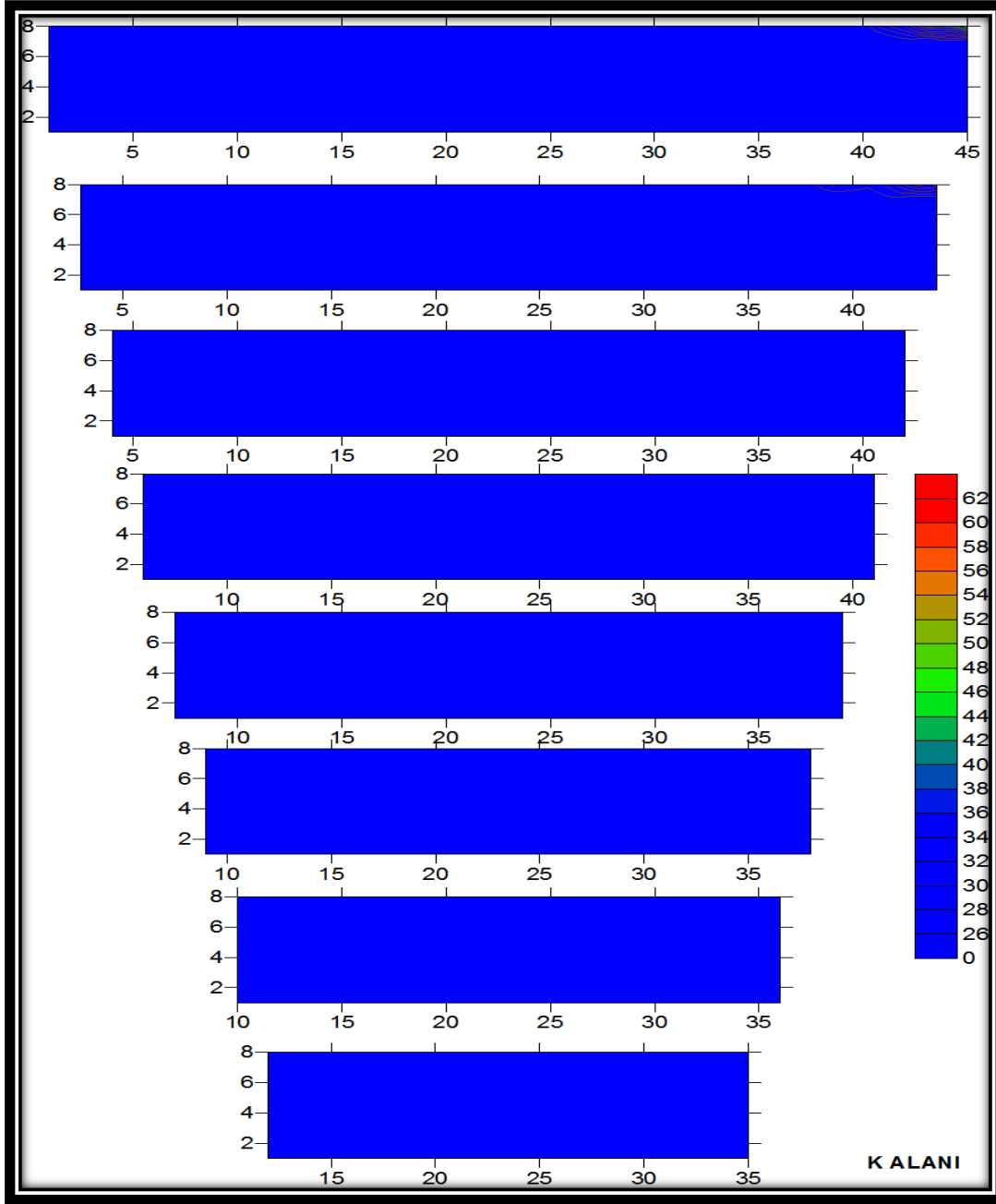
Şekil.6.8.c. K Bölgesi Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



Şekil.6.8.c. K Bölgesi Wenner Elektrot Dizlimi Yer altı Kesitleri

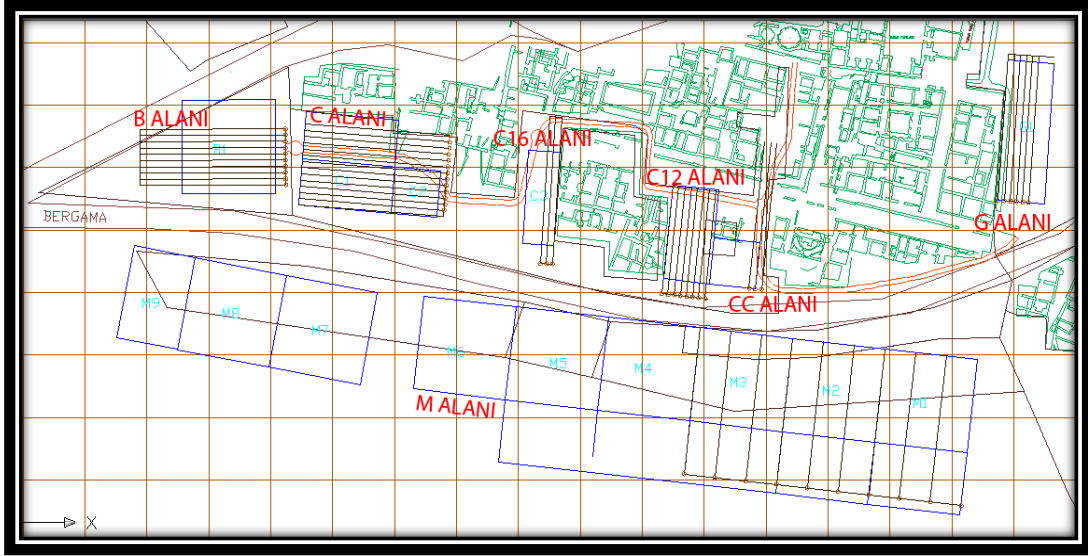


Şekil.6.8.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



Şekil.6.8.d. K Alanı Kat Haritası

6.9. M Alanı Rezistivite



Şekil.6.9.a. M Alanı Krokisi

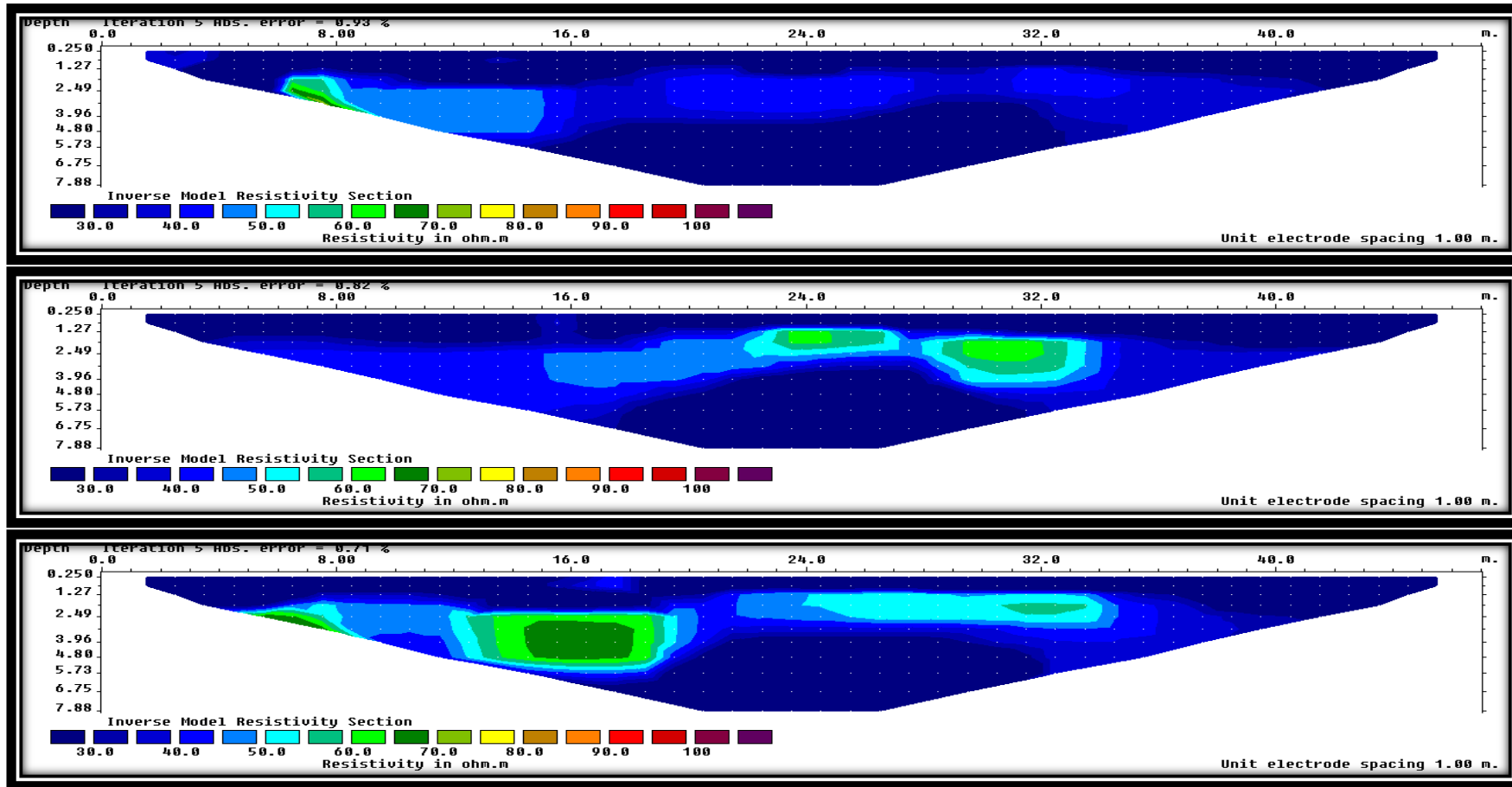


Şekil.6.9.b. M Bölgesi Fotosu

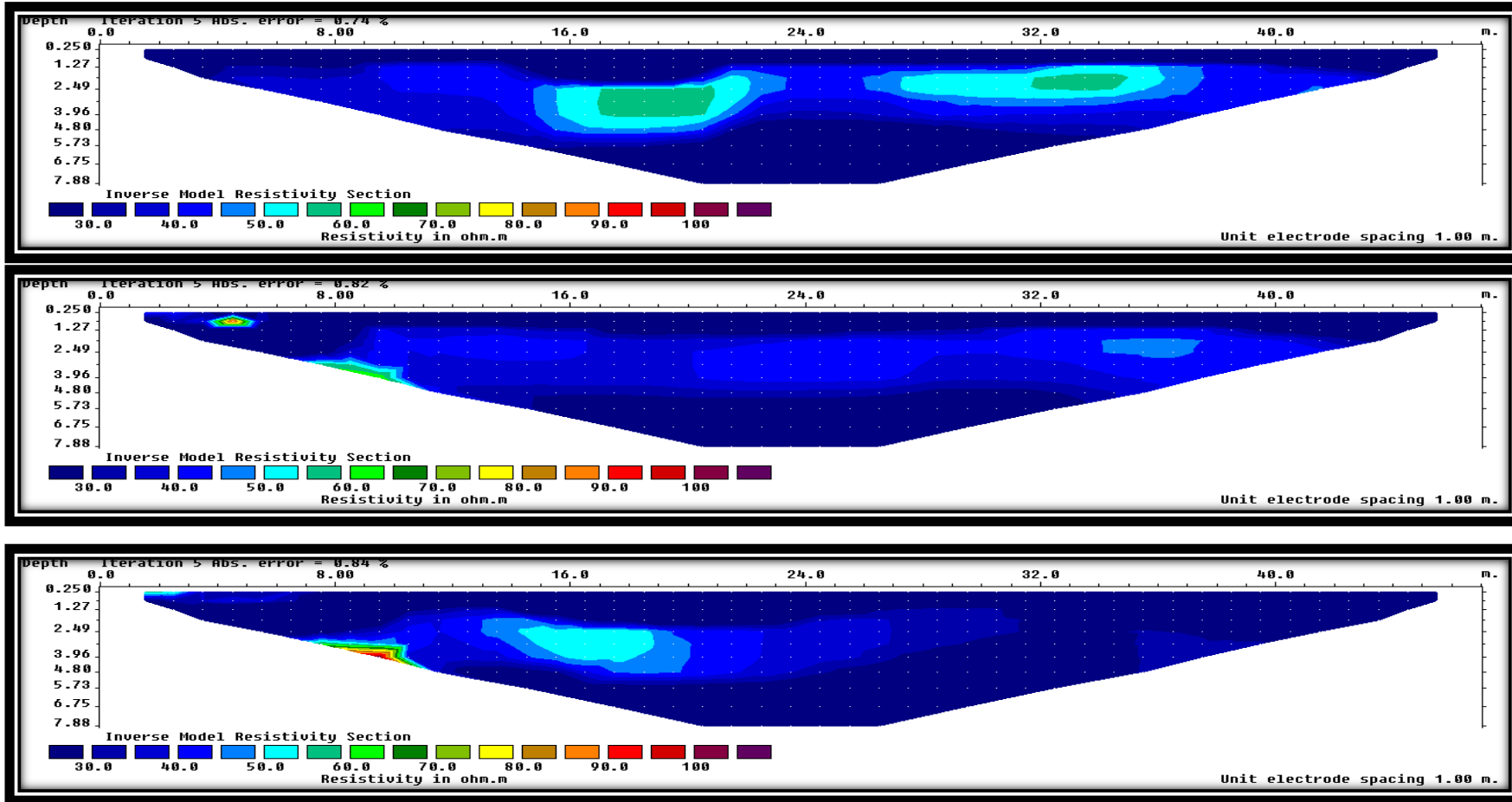
Şekil.6.9.a ve Şekil.6.9b.' de M bölgesinde oluşturulan elektrik ölçü profilleri görülmektedir. Bu alanda toplam 10 profil oluşturulmuştur. Profiller arasındaki

uzaklık 2m, elektrot aralıkları 1m. ve profil uzunluğu 47m olarak alınmıştır. M Bölgesi için oluşturulan düşey kesitler ek aşağıda verilmiştir.

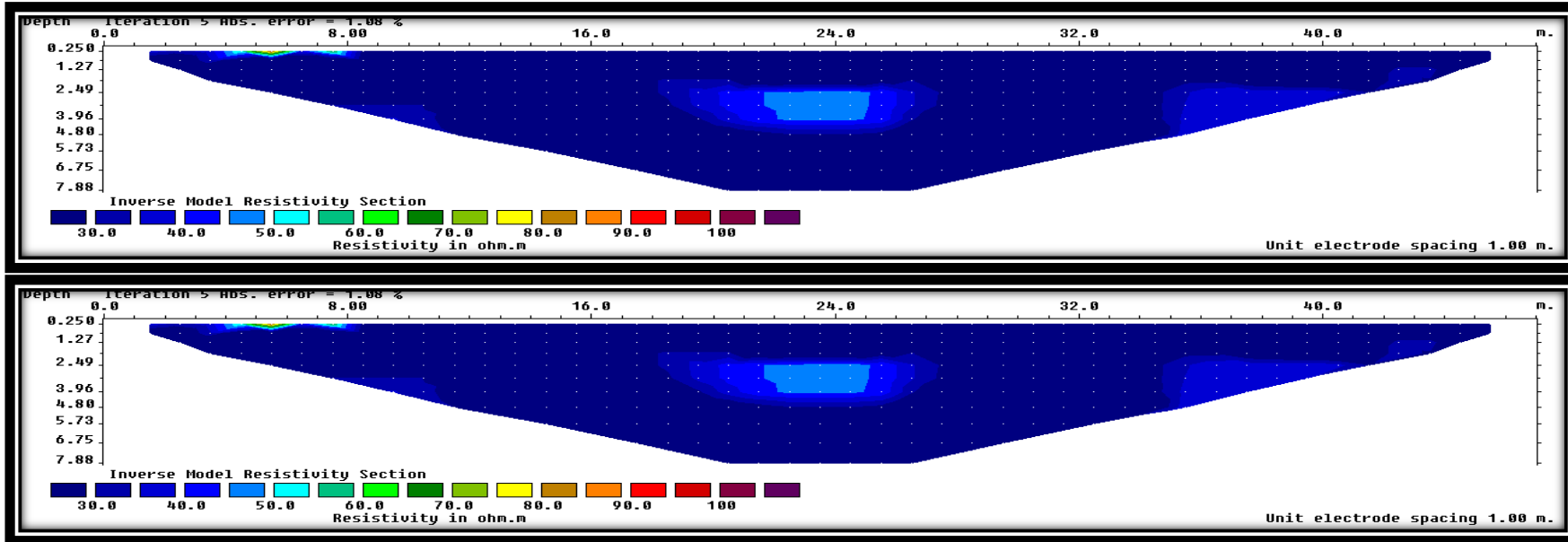
M alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuş ve Şekil.6.9.f. ' de verilmiştir. Kat derinliği arttıka haritanın küçölmesinin sebebi derinlik arttıka veri sayısının azalmasından(profil boyu sabit 47 m olduğu için) kaynaklanmaktadır. M alanında herhangi bir yapıya rastlanılmamıştır.



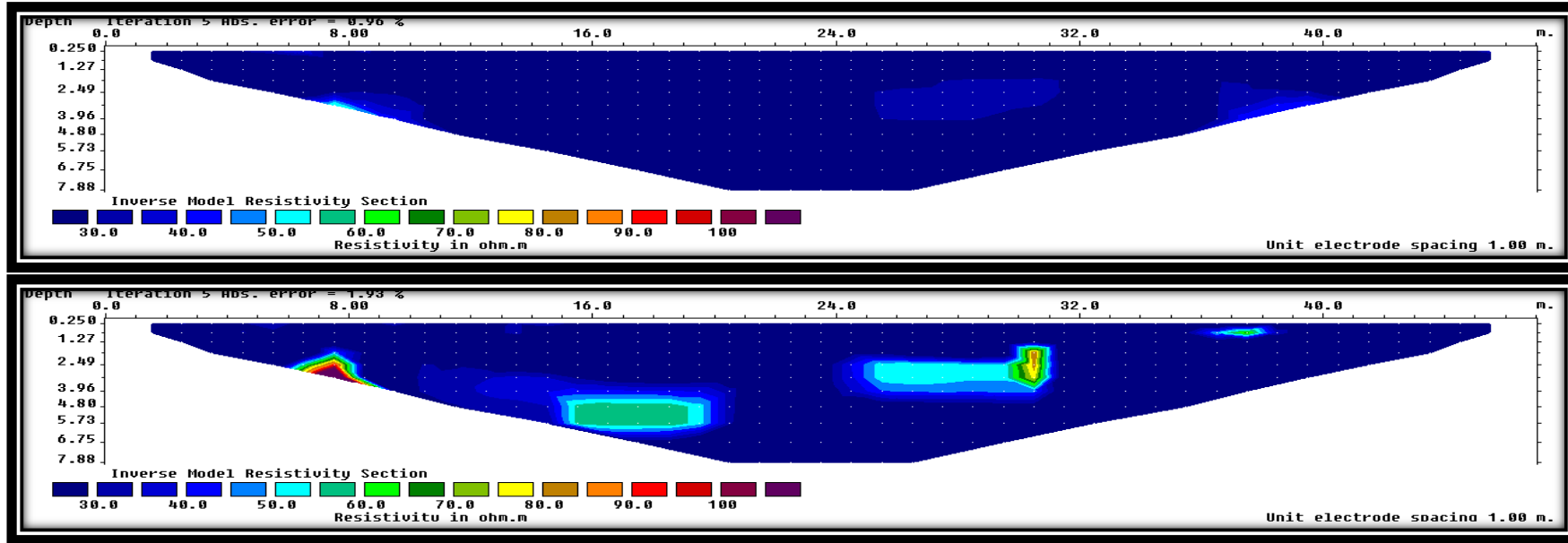
Şekil.6.9.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



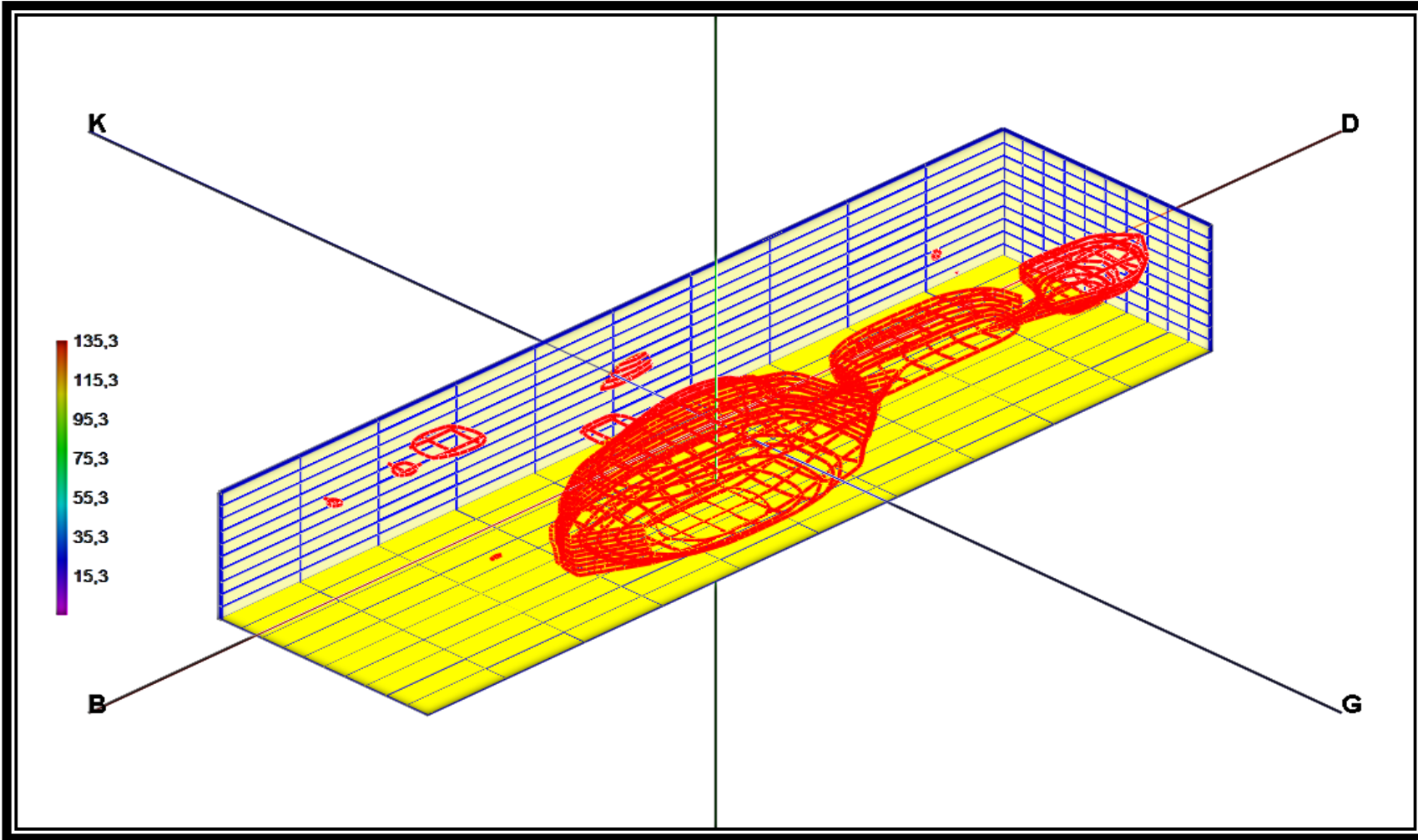
Şekil.6.9.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



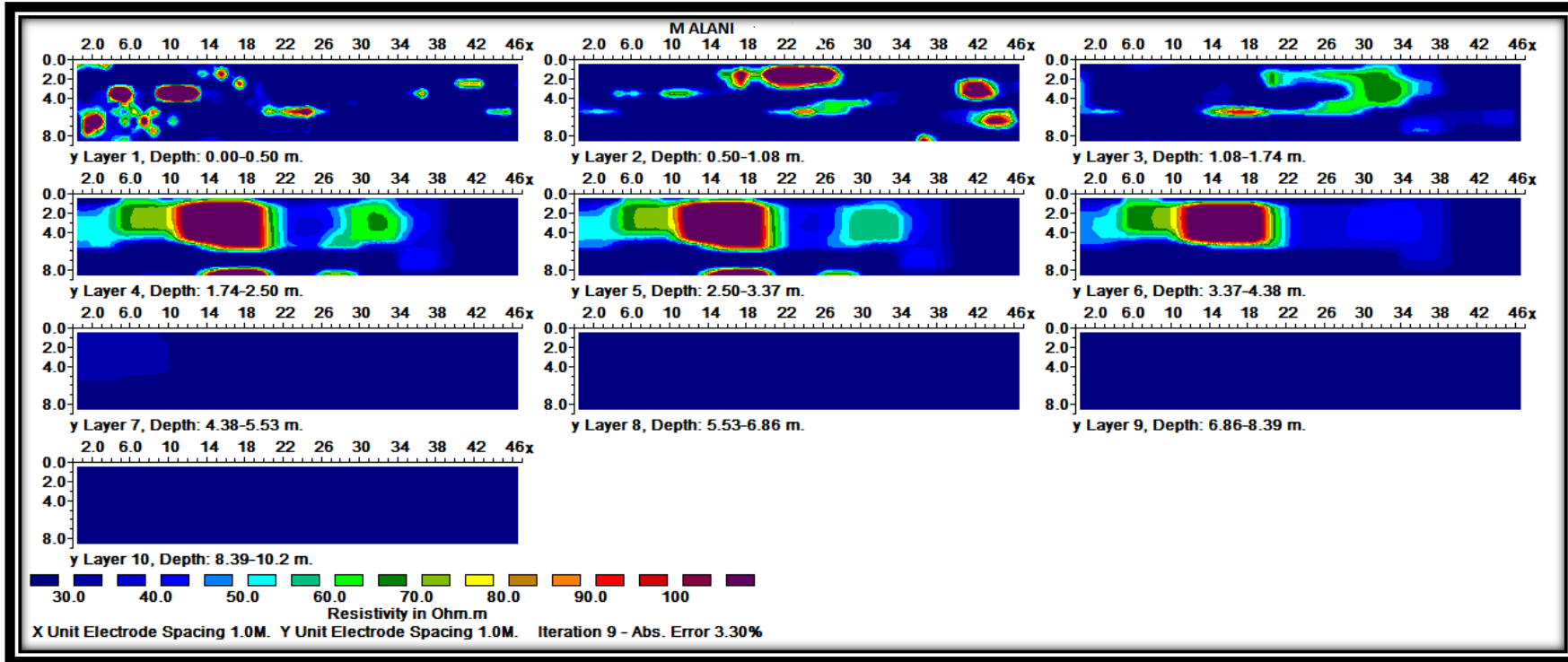
Şekil.6.9.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



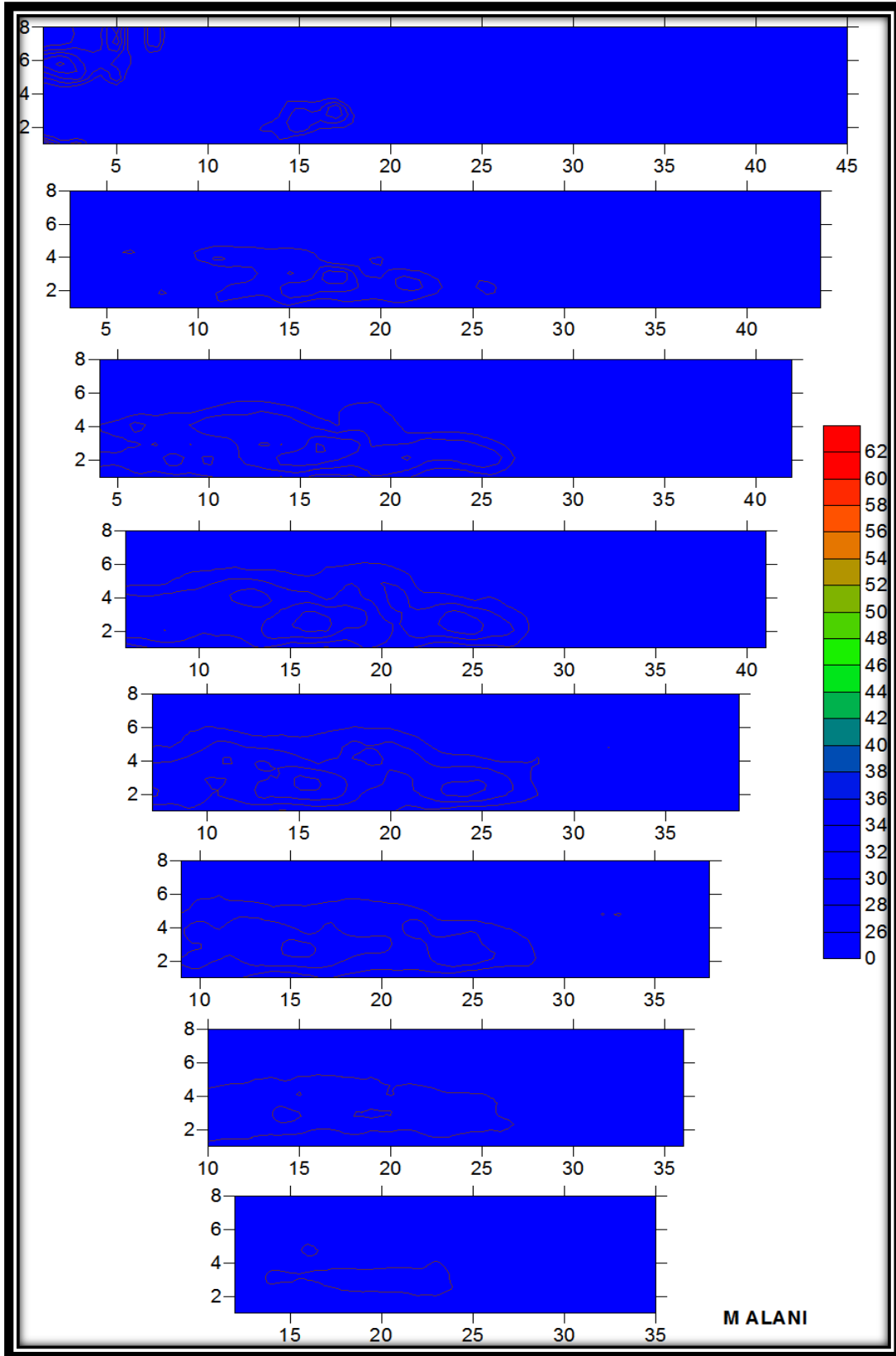
Şekil.6.9.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



Şekil.6.9.d. M Alanı 3D Yer altı Görüntüsü

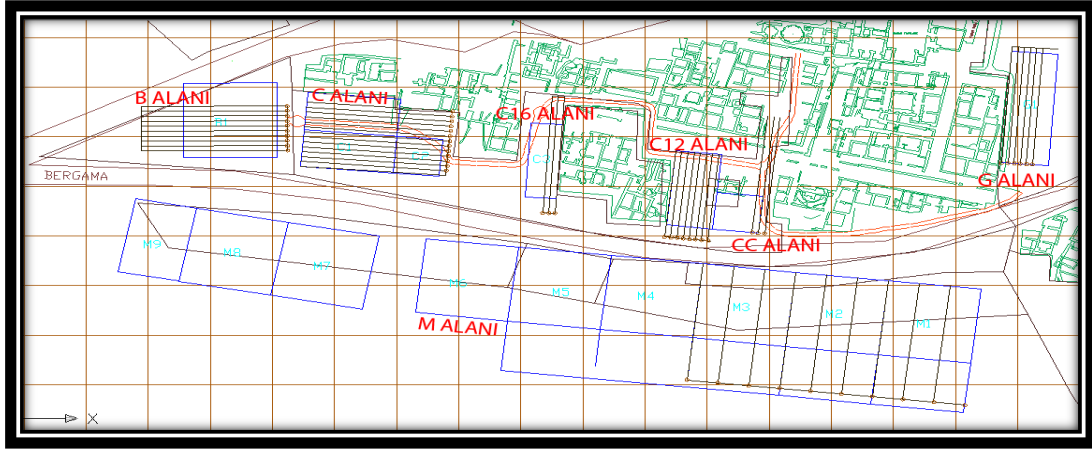


Şekil.6.9.e. M Alanı 3D Yer altı Görüntüsü



Şekil.6.9.f. M Alanı Kat Haritası

6.10. W Alanı Rezistivite



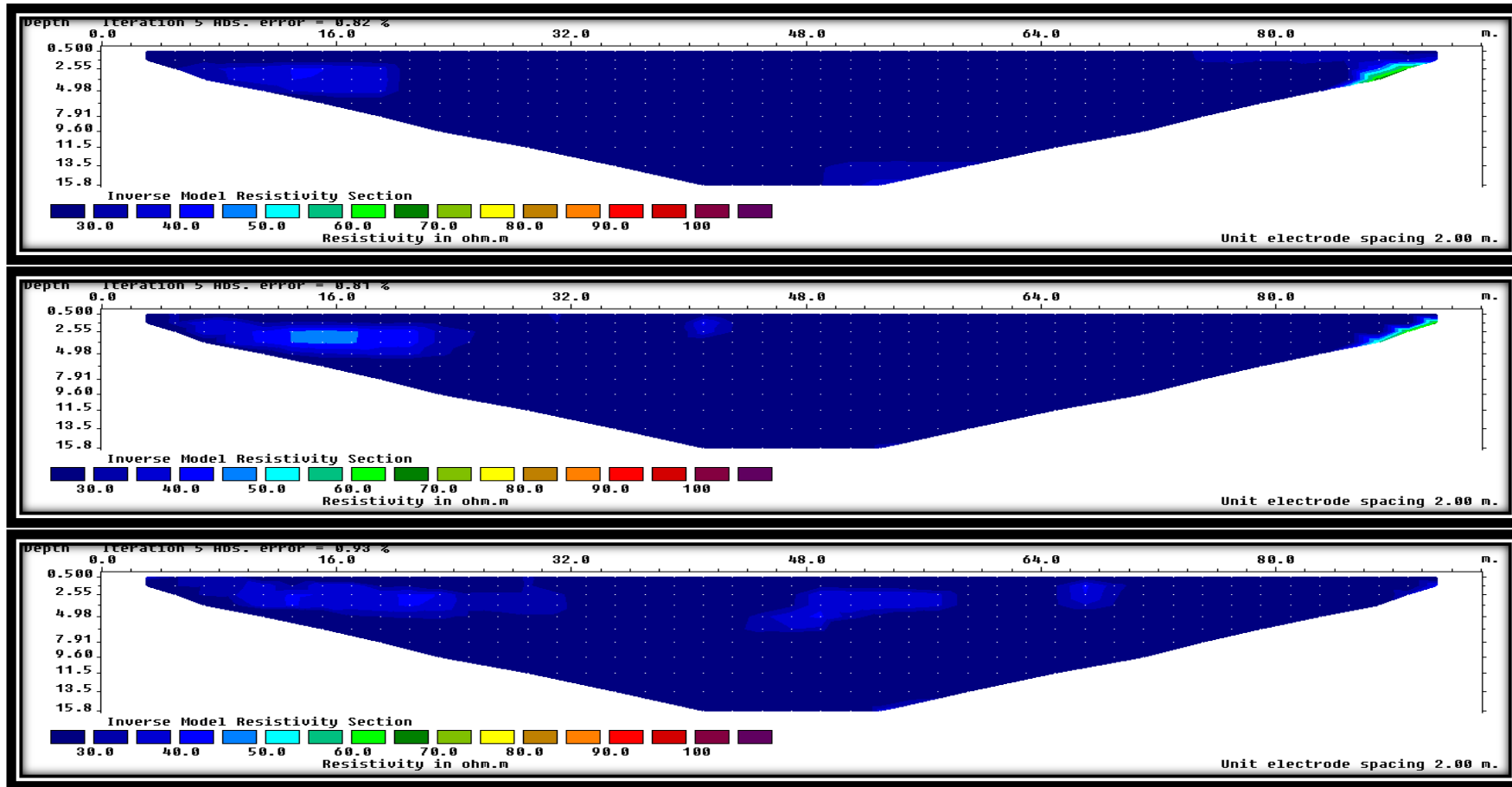
Şekil 6.10.a. W alanı krokisi



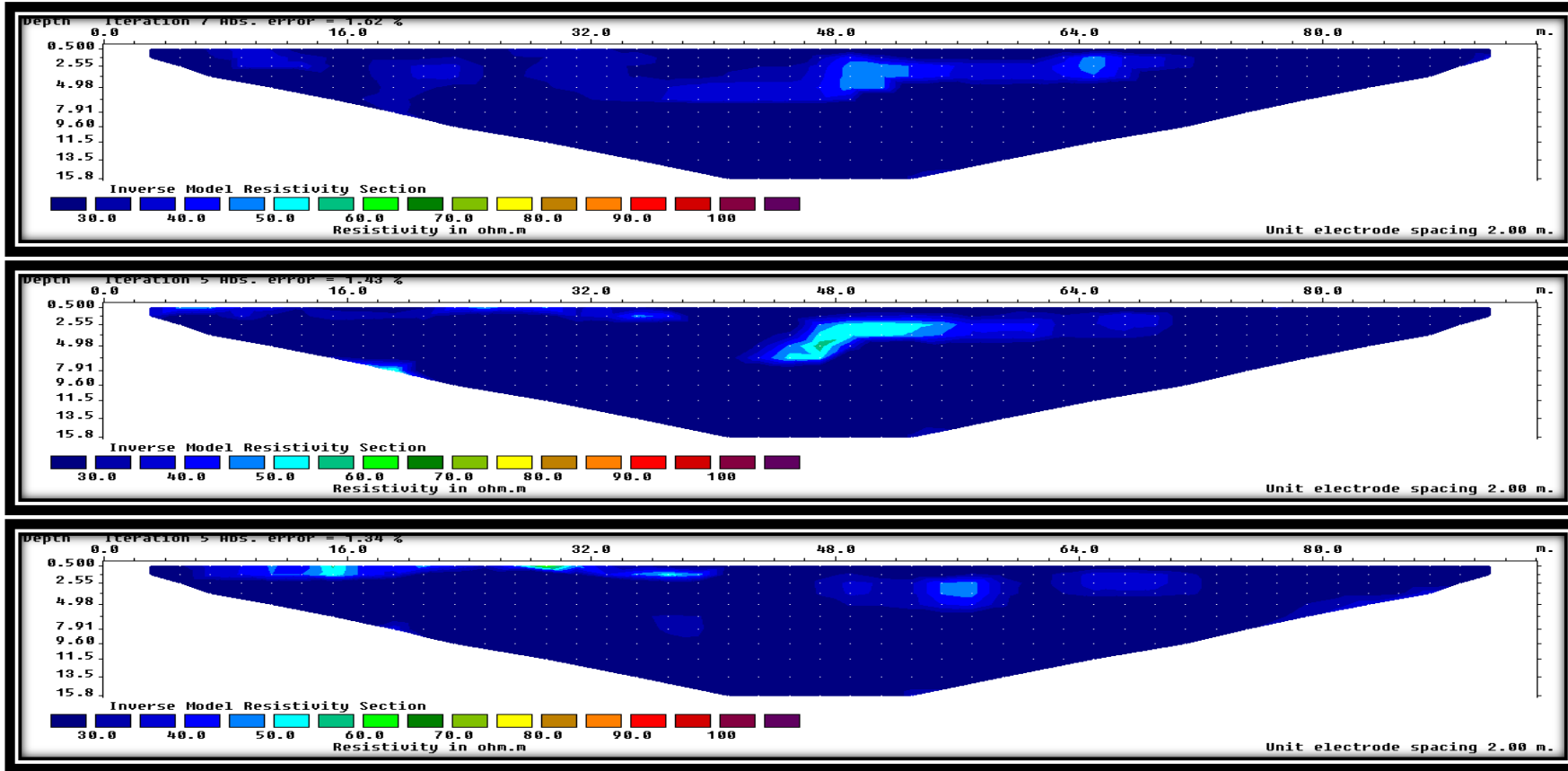
Şekil 6.10.b. W Bölgesi Fotosu

Şekil 6.10.a ve Şekil 6.10.b' de W bölgesinde oluşturulan elektrik ölçü profilleri görülmektedir. Bu alanda toplam 11 profil oluşturulmuştur. Profiller arasındaki uzaklık 5m, elektrot aralıkları 2m. ve profil uzunluğu 94 m olarak alınmıştır. W Bölgesi için oluşturulan düşey kesitler aşağıda verilmiştir.

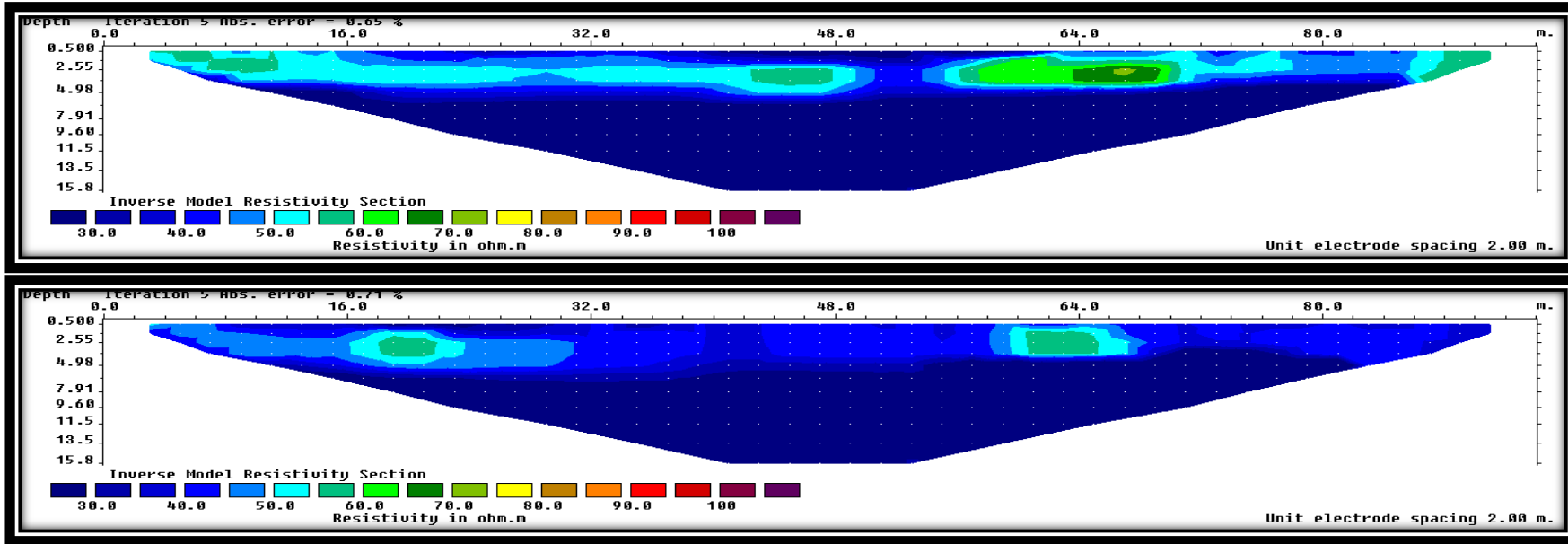
W alanının kat haritası 2,4,6, 8,10,12,14,16 m derinlikler için sırası ile oluşturulmuş ve Şekil.6.10.f' de verilmiştir. Kat derinliği arttıkça haritanın küçülmesinin sebebi derinlik arttıkça veri sayısının azalmasından (profil boyu sabit 94 m olduğu için) kaynaklanmaktadır. Şekil6.10f.'deki kat yapı haritasına bakıldığında 2m derinlikte a,b,c yapılar görülmektedir,4m derinlikte a yapısı devam etmekte, b yapısı ise kaybolmuş ve d yapısı ortaya çıkmıştır. 6.m derinlikte a yapısının temel kısmı kalmış, d yapısı ise devam etmektedir. 8,10,12,14,16 metre derinliklerde ise yapı gözlenmemiştir.



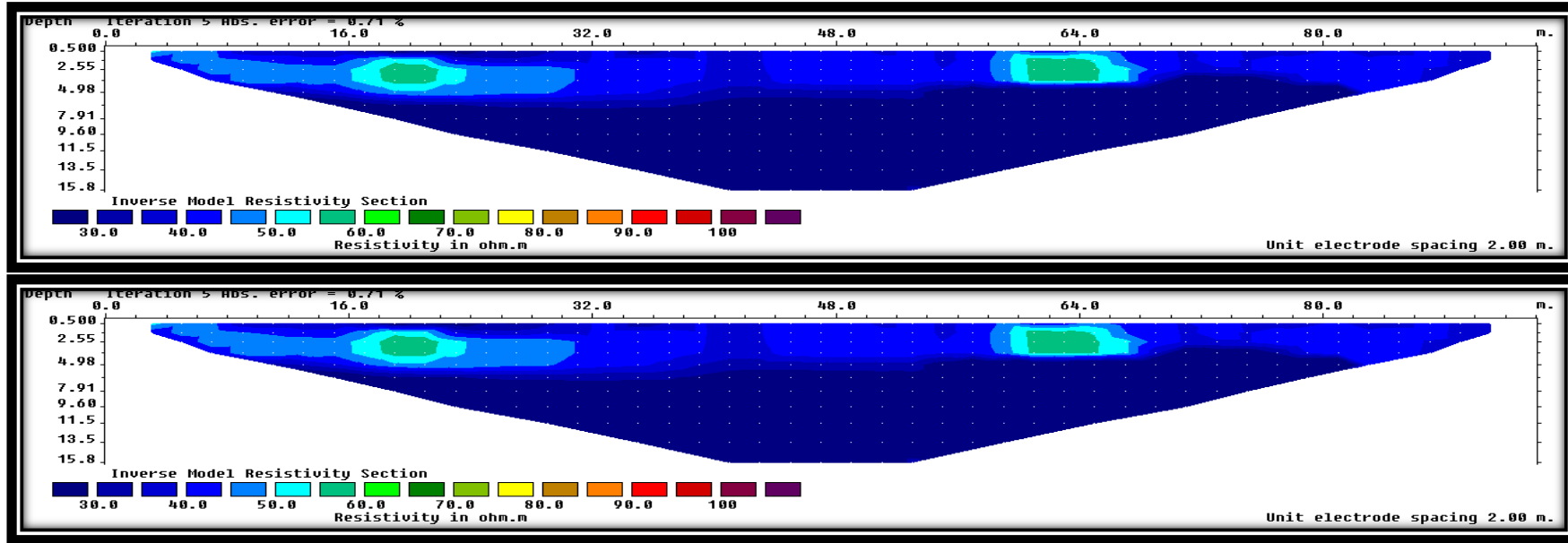
Şekil.6.10.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



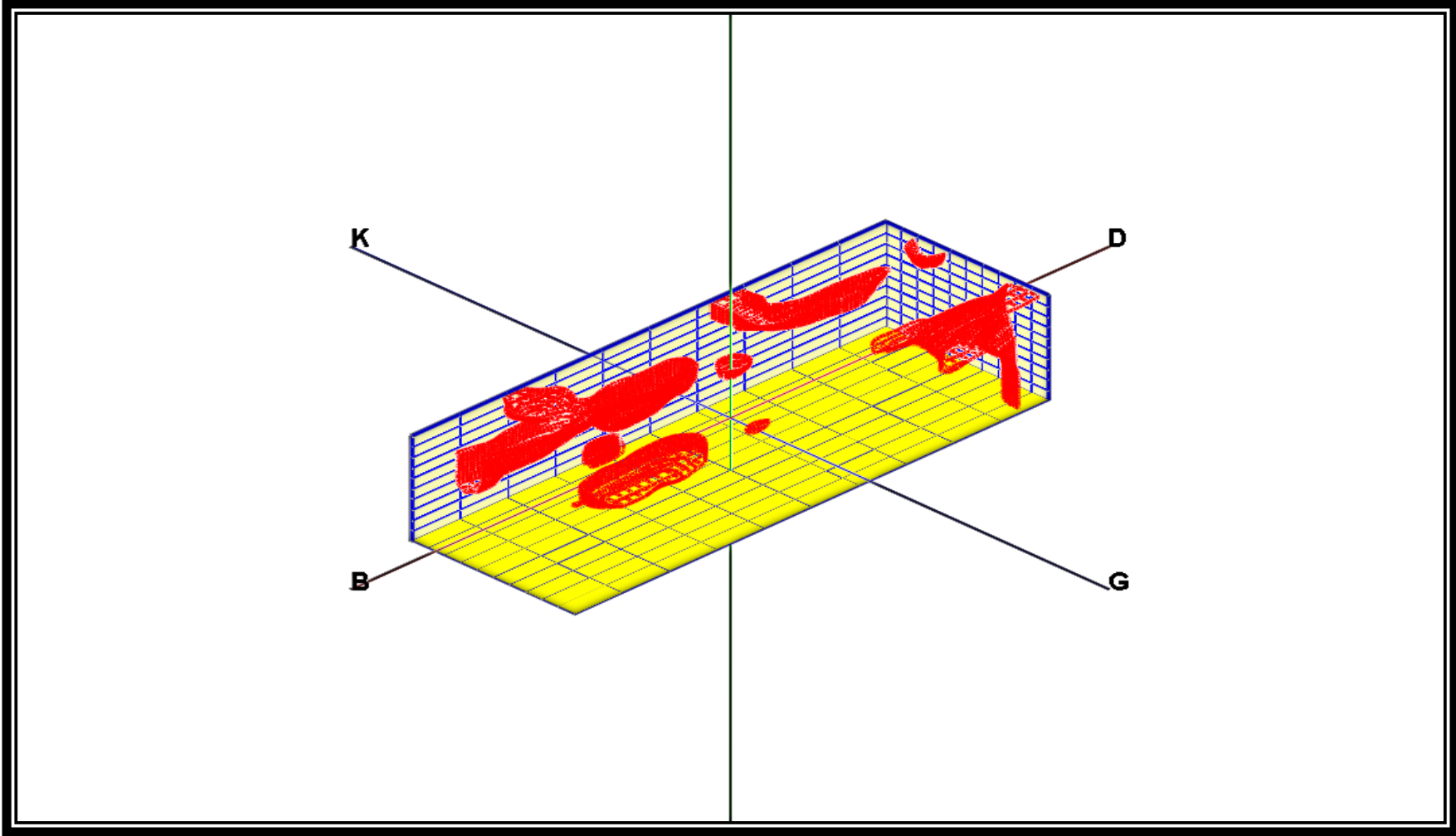
Şekil.6.10.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



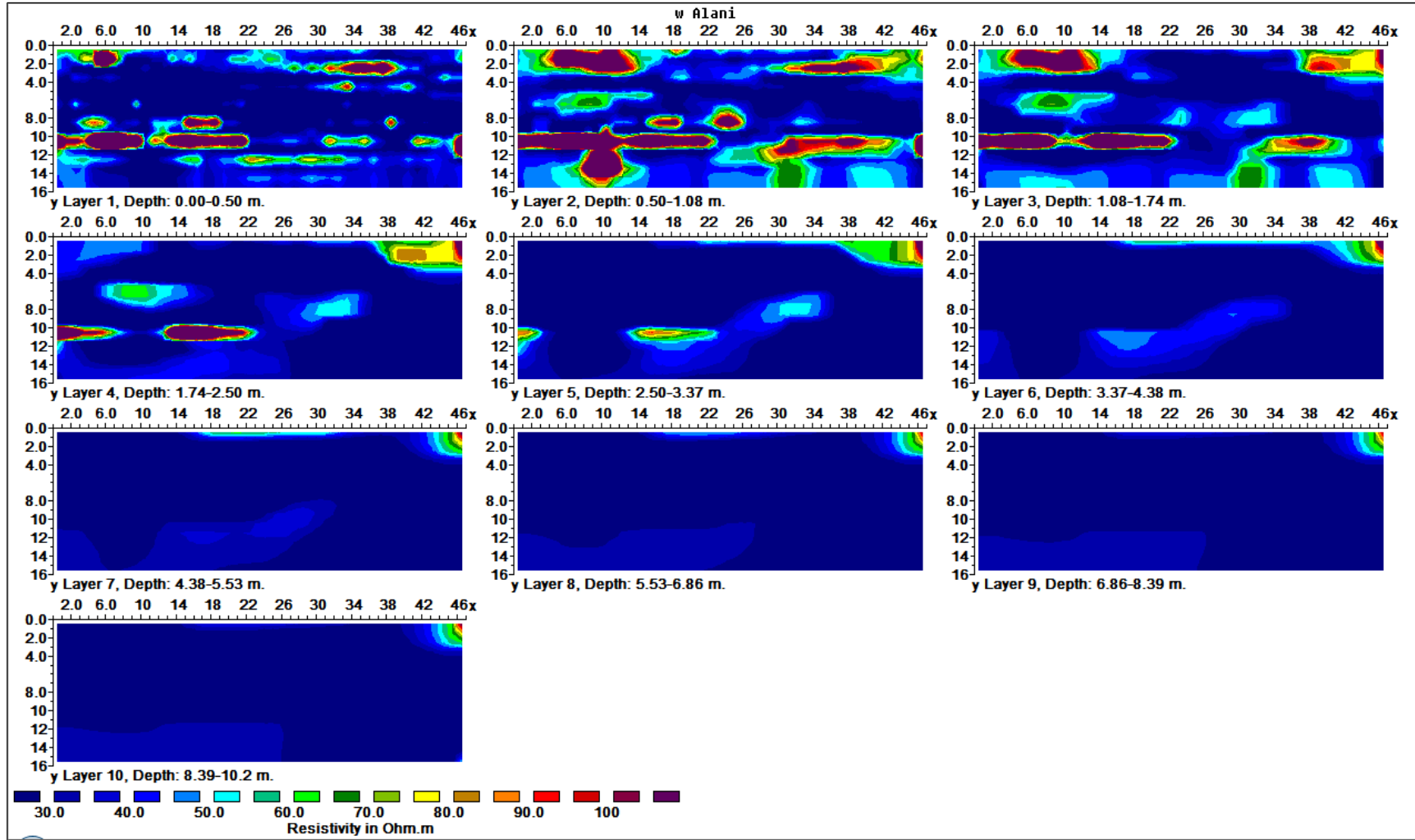
Şekil.6.10.c. Wenner Elektrot Dizlimi Yer altı Kesitleri



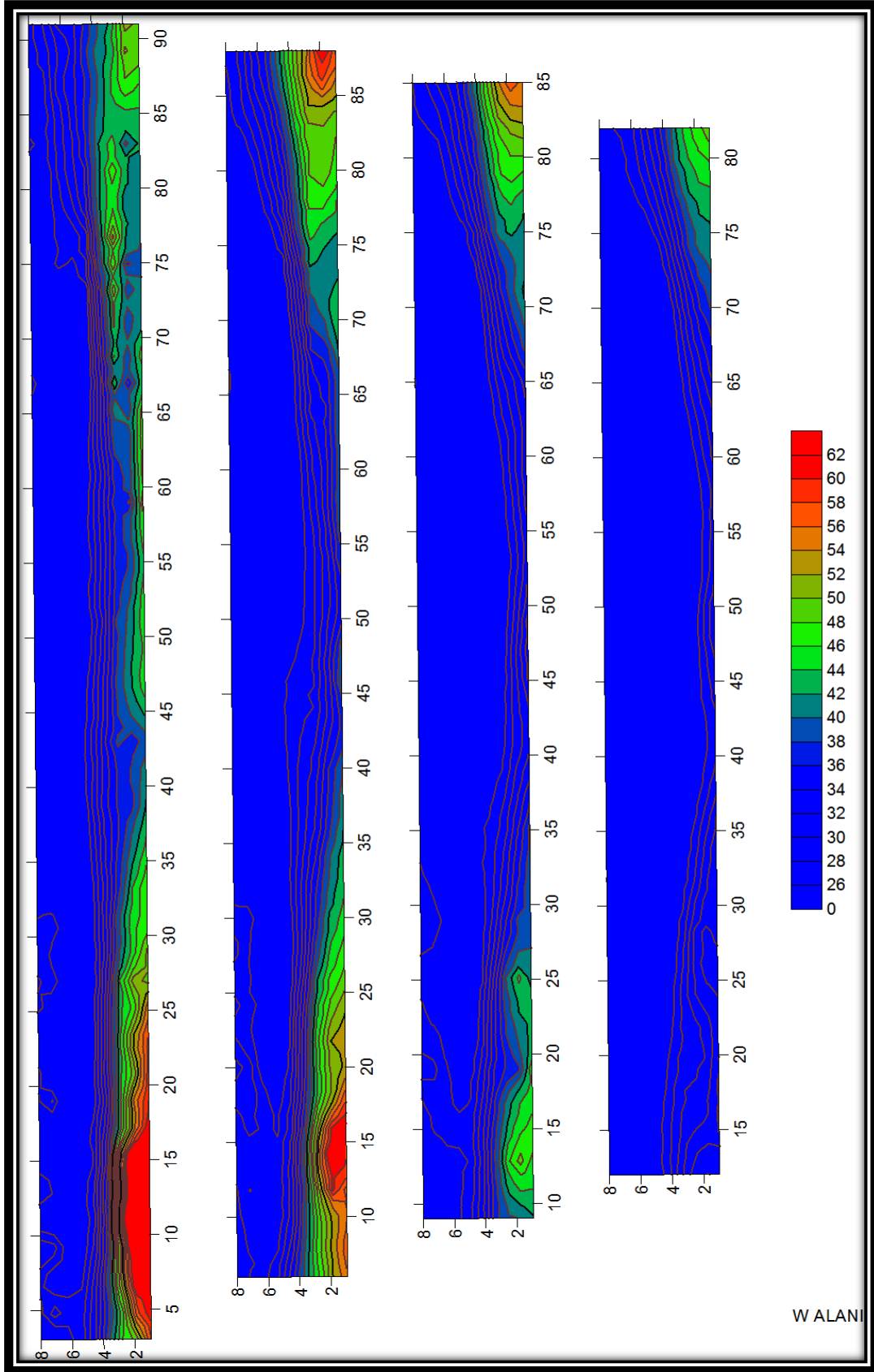
Şekil.6.10.c. Wenner Elektrot Dizilimi Yer altı Kesitleri



Şekil.6.10.d. W Alanı 3D Yer altı Görüntüsü



Şekil.6.10.e. W Alani 3D Yer altı Görüntüsü



Şekil.6.10.f . W Alanı Kat Haritası

BÖLÜM 7. SONUÇLAR

Allanoi, İzmir'in Bergama ilçesi sınırlarındadır. Bergama'nın kuzeydoğusunda, Bergama İvrindi karayolunun 18 km'sinde, Yortanlı Barajı gölet alanının tam ortasında, Paşalıcası mevkiinde bulunmaktadır. Antik Kente ait P. Aelius Aristides'in, Hieroi Logoi adlı eserinden başka yerde bilgi olmadığı belirtilmektedir. Bu eserden edinilen bilgiye göre kentin Helenistik, Roma, Bizans ve Osmanlı dönemlerini yaşadığı anlaşılmaktadır. Helenistik Dönemde, yörede bulunan sıcak su nedeniyle küçük bir termal merkezi olduğu sanılmaktadır. Bu döneme ait sadece birkaç arkeolojik eser ele geçirilmiş olmasına rağmen, Allanoi merkez yerleşiminde Helenistik mimari eserlerine rastlanmamıştır. Roma İmparatorluğu döneminde büyük bir bayındırlık faaliyeti yaşanmıştır. Mevcut binaların büyük bir kısmı bu döneme ait olup, köprüler, caddeler, sokaklar, insulalar, geçiş yapısı, Pnopylon ve Nympheum ile ılıca bu dönemde planlanmıştır. Bizans Dönemi, yoğun yerleşmenin görüldüğü dönemdir. Sosyo ekonomik açıdan son derece zayıf bir dönemdir. Kült merkezinde yaşamaya başlayan Bizanslılar, Roma dönemine ait heykeltraş eserlerini ve mimarlık kalıntılarını tahrip etmeye başlamışlardır. Buradan aldıkları malzemeleri kullanarak yeni basit mekanlar yapmışlardır. Büyük bir kilise inşa edilmiştir. İlıcada, ihtiyaca uygun değişiklikler yapılarak kullanılmaya devam edilmiştir. Ayrıca şapeller yapılmış; metal, seramik ve cam atölyeleri kurulmuştur. Osmanlı Döneminde Paşa İlıcası yoğun bir şekilde kullanılmamıştır. Bu döneme ait birkaç sikkenin dışında iz yoktur. 20. yy'ın başında Kaymakam Kemal Bey tarafından İlıca ele alınmış ve büyük havuzun bulunduğu yer kısmen yeniden kullanıma açılmıştır. Roma köprüsünün Osmanlı Dönemi'nden 1979 yılına kadar Bergama - İvrindi bağlantısında kullanıldığı anlaşılmıştır. Günümüzde, 1950'li yıllara kadar, gelen sel nedeniyle atıl durumda kullanıldığı anlaşılmıştır. 1992 yılında Roma Köprüsü, Bölge Karayolları Müdürlüğü tarafından kısmen deforme edilerek yeni bir köprü inşa edilmiştir. Aynı yıl İzmir Valisi tarafından, İl Özel İdaresi aracılığıyla ihaleye verilerek bir yıl süren restorasyon çalışmaları sonucu İlıca'nın içi

deforme edilerek üzerine modern bir bina yapılmıştır. İşletmeye açılan Ilica, 1998'deki sel taşkını nedeniyle yeniden kullanılamaz duruma gelmiştir. Çayın güneyinde ise özel şahıslara ait olan arazilerde tarım yapılmıştır. Onarımlarda ilave edilen modern binaların büyük bir bölümü, 2003 çalışmalarında kaldırılarak antik Ilica mekanları ortaya çıkarılmaya başlanmıştır. Yortanlı Baraj gövdesi ve çevre ile bağlantısını sağlayacak yol yapım çalışmaları devam etmekte olup, proje aynen uygulanırsa baraja su toplanmaya başladığı gün, Allanoi tamamen su altında kalacaktır. Barajın ömrünün 40-60 yıl arasında olduğu düşünülmektedir. Bu süre içinde Antik kent 12 –15 km 'lik alüvyon dolgu altında kalacak ve bir antik kent daha yok olacaktır. Bu sebepten dolayı bölgede kurtarma kazıları başlatılmıştır.

Bu alanda gömülü kalan antik yapıları araştırmak amacıyla Jeofizik yöntemlerden elektrik uygulanarak, Wenner dizilimi seçilmiştir.. Çalışma alanı A,B,C,G,K,M,W şeklinde isimlendirilen bölgelere ayrılmıştır. A alanında 20, B alanında 10, C alanında 38, G alanında 6, K alanında 8, M alanında 10, W alanında 17 profilde olmak üzere toplam 109 profilde elektrik ölçüsü alınmıştır. Elektrik yöntemin uygulanmasında, ARES GF INSTRUMENT marka 4 kanallı 48 elektrotlu çok kanallı sistem kullanılmıştır. Dizilim olarak yatay süreksizliğin bulunmasında başarılı olan Wenner seçilmiştir. Bütün düşey kesitlerin çiziminde RESDINV2, RESDINV3, kat haritalarının oluşturulmasında SURFER 8.0 ve ROCKWORKS programları kullanılmıştır. Yapılan ölçümlerden elde edilen verilere ters çözüm uygulanmış ve 3D kesitler elde edildi. Elde edilen verilere göre;

a) A1 alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7,8 m derinlikler için sırası ile oluşturulmuştur (şekil.6.1.f). Kat yapı haritasına bakıldığında 1m derinlikte a,b,c,d ve e olarak isimlendirilen yapılar görülmektedir. a yapısı 8m derinliğe kadar devam etmekte 7-8m derinlikte yapının sadece temel kısmının kaldığı görülmektedir. b ve c duvar yapısı 1m de başlayıp c duvar yapısının 3m derinlikte, b duvar yapısının 4m derinlikte sonlandığı görülmektedir(Şekil.6.c.). d yapısı 1-2m derinlikte görülmüş diğer derinliklerde görülmemiştir. 4m boyunda, 1m yüksekliğindeki bu yapı parçasının a yapısından kopma bir parça olabileceği düşünülebilir. e yapısı 1m derinlikte görülmüş diğer derinliklerde görülememiştir. 1m boyunda, yüksekliği

maksimum 1m olan bu yapı parçasının d yapısı gibi a dan kopma bir parça olduğu düşünülmektedir.

b) A2 alanındaki profiller, A1 alanının bitimine 3.6m kala başlamaktadır. A2 alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7,8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuştur (şekil.6.1.f.). Kat yapı haritasına bakıldığında 1m derinlikte a,b,c ve d olarak isimlendirilen yapılar görülmektedir. Bu derinlikte a-c'nin aynı yapıya ait olduğu c ve d'nin ise farklı yapılara ait olduğu görülmektedir. 2 m' derinlikteki kat haritasına bakıldığında a yapısının belirginleştiği, c yapısının kaybolduğu b ve d yapılarının ise devam ettiği görülmektedir. 3 - 4m derinliklerde ise a,b ve d yapıları tek bir yapı haline dönüşmekte ve b ile d arasında yapı apsis şeklini almaktadır. 5-6-7m derinliklerde b ile d yapıları arasındaki apsisin kaybolduğu görülmektedir. Bunun nedeni derinlik arttıkça köşelerde (profil boyunda) meydana gelen veri kaybıdır. Yani 3-4 m derinliklerde b ile d arasında görülen oluşan apsis yapısı bu derinlikte harita alanı dışında kalmıştır. 7-8m derinlikte b yapısı kaybolmuş a yapısının boyu azalmıştır. 8 metre derinlikte ise sadece a ve d yapısının temeli görülmektedir.

c) B alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuştur (şekil.6.2.f.). Kat haritasına bakıldığında B alanında her hangi bir yapı olmadığı görülmektedir.

d) C alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuştur (şekil.6.3.f.). Kat yapı haritasına bakıldığında C alanında 1-2-3 ve 4 m derinliklerde her hangi bir yapı olmadığı, 5-6-7 ve 8m derinliklerde a duvar yapısının olduğu görülmektedir.

e) 12C alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuştur (şekil.6.4.f.). Kat yapı haritasına bakıldığında 12C alanında 1-2-3 ve 4 m derinliklerde her hangi bir yapı olmadığı, 5-6-7 ve 8m derinliklerde a duvar yapısının olduğu görülmektedir.

f) 16C alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuştur (şekil.6.5.f.). Kat yapı haritasına bakıldığında 1m derinlikte a,b,c,d ve e olarak isimlendirilen yapılar görülmektedir. a yapısı bütün profillerde, 7m derinliğe kadar

görülmekte 8m derinlikte ise kaybolmaktadır. b yapısı 1m derinlikte 2m uzunluğunda, 3. profilde görülürken 2m derinlikte bütün profillerde görülmektedir. 3-4 ve 5 m derinliklerde b yapısı a yapısı ile absis oluşturacak şekilde birleşmiştir. 6 - 7m derinliklerde b ile a yapıları tekrar birbirinden ayrılmış 8 m de a yapısı gibi b yapısıda yok olmuştur. c ve d yapıları 1-2m derinliklerde 3. profilde görülmekte iken 3 m derinlikte bütün profillerde görülmektedir. 4m derinlikte ise c yapısı b ile bileşmektedir. Bu derinlikte d ise b olarak isimlendirilen yapı ile absis oluşturmaktadır. 5-6m derinlikte b ile d birbirinden ayrılmaktadır (absis yok olmakta). 7m derinlikte b-d yapılarının temelleri kalmakta 8m derinlikte b kaybolmakta d ise yok tenecek kadar küçülmektedir. e yapısı, 1-2m derinlikte bütün profillerde görülmüş, diğer derinliklerde görülememiştir. Bunun nedeni derinlik arttıkça haritanın küçülmesinin sebebi derinlik arttıkça veri sayısının azalmasından (profil boyu sabit 47 m olduğu için) kaynaklanmaktadır.

g) CC alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuştur (Şekil6.6.f.). Kat yapı haritasına bakıldığında 1m derinlikte a, b ve c olarak isimlendirilen yapılar görülmektedir. a yapısı bütün profillerde, 8 m derinliğe kadar görülmektedir. b ve c duvar yapıları 1m derinlikte 1. profilde izlenebilmekte diğer derinliklerde görülmemektedir. 5m derinlikte d duvar yapısı 3. profilde, e duvar yapısı ise 1. profilde ortaya çıkmaktadır. 6m derinlikte d – e yapıları birleşerek f olarak isimlendirilen yapıyı oluşturmaktadır. Yani bütün profilde görülmektedir. f yapısı 6- 8m arasındaki derinliklerde görülmektedir.

h) G1 alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuştur(şekil.6.7.f). Kat haritasına bakıldığında G alanında 1m derinlikte a yapısı görülmekte diğer derinliklerde görülmemektedir.

i) K alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuştur (Şekil 6.8.d). Kat haritasına bakıldığında K alanında 6-8 m derinlikte a duvar yapısı görülmekte diğer derinliklerde görülmemektedir.

j) M alanının kat haritası 1,2,3,4,5,6,7, 8m derinlikler için sırası ile oluşturulmuştur (şekil.6.9.f.). M alanında herhangi bir yapıya rastlanılmamıştır.

k) W alanının kat haritası 2,4,6, 8,10,12,14,16 m derinlikler için sırası ile oluşturulmuştur (Şekil6.10.f). Kat yapı haritasına bakıldığında 2m derinlikte a,b,c yapılar görülmektedir, 4m derinlikte a yapısı devam etmekte, b yapısı ise kaybolmuş ve d yapısı ortaya çıkmıştır. 6.m derinlikte a yapısının temel kısmı kalmış, d yapısı ise devam etmektedir. 8,10,12,14,16 metre derinliklerde ise yapı gözlenmemiştir.

KAYNAKLAR

- [1] AİTKEN, M.J., Physics and Archaeology, (2.ed.) Clarendon Press, Oxford. (1972).
- [2] ALTUNCU, S., Özdirenç Yöntemi İle Fay ve Dayk Türü Süreksizliklerin Belirlenmesi ve Süzgeçlerin Kullanımı, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2001.
- [3] MİLDAN, İ., Karaevlialtı (Tekirdağ) Yöresindeki Tümülüs'te Arkeojeofizik Araştırma, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1996.
- [4] DRAHOR, M.G., Arkeolojik Alanların Özdirenç ve Doğal Gerilim (SP) Yöntemleri İle Araştırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 1993.
- [5] 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.
- [6] GİDER, D., İzmit Körfezi Doğu Çökellerinin Özdirenç Yöntemi İle Araştırılması, Kocaeli Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Bitirme Çalışması, Kocaeli, 2002.
- [7] CANDANSAYAR, C.E., ULUGERGERLİ, E.U., BATUMUNKH, B., TOSUN, S., GÜNDOĞDU, B., Doğru Akım Özdirenç Verilerinin 2–B Ters Çözümü ve İki Yönlü Gradyen Dönüşümü İle Arkeolojik Yapıların Aranması: Moğolistan'daki Türk Anıtları Etrafında Yapılan Jeofizik Çalışmalar, Jeofizik Dergisi, Vol. 15, I. 2, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara, Eylül 2001.
- [8] ARSLAN, S., DARICI, M., KARAHAN, Ç., Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli, Teskon 2001. Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri Ve Tasarımı Seminer Kitabı, TBMMO Makine Mühendisleri Odası Yayını, Yayın No: MMO/2001/270, Ankara 2001.
- [9] KAYA, A., Türkiye'de Arkeojeofizik, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Bitirme Tezi, İstanbul, 1998.
- [10] VAUGHAN, C.J., Ground – Penetrating Radar Survey Used In

Archaeological Investigation, Geophysics, 51, 595-604, 1986.

- [11] WYNN, J.C., Archaeological Prospecting: An Introduction to The Special Issue, Geophysics, 51, 533-537. 1986.
- [12] DRAHOR, M.G., Arkeoloji Jeofiziği,:Arkeojeofizik, Arkeoloji ve Sanat – 8, 2- 12 (1999).
- [13] CLARK, A., Seeing Beneath The Soil Prospecting Methods in Archaeology, Geophysics 36, 132, New York. (1999).
- [14] ADATEPE, F. M. “Batı Anadolu Kıyılarının Tarihsel Dönem Deprem Etkinliği”, Deprem Araştırma Bülteni,1998 Yıl: 25,Sayı: 76, s: 63-85.
- [15] YILMAZ, Y. “Ege Bölgesinin Aktif Tektoniği”, Batı Anadolu’nun Depremselliği Sempozyumu, ISBN 975-585-148-8,s:3-14, İzmir, 2000.
- [16] KETİN, İ.“1/2 500 000 ölçekli Türkiye Tektonik Haritası Hakkında Açıklama (Notice Explicative)”, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, Sayı: 54, s. 1-7, 1960.
- [17] KETİN, İ. “Kuzey Anadolu Fayı Hakkında”, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, Sayı: 72, s. 1-27, 1969.
- [18] KOÇYIĞIT, A.“Çay (Afyon) Depreminin Kaynağı ve Ağır Hasarın Nedenleri: Akşehir Fay Zonu”, Cumhuriyet Bilim Teknik, 2002, Sayı. 779, s. 6.
- [19] <http://www.mta.gov.tr> (Mayıs,2010).
- [20] STRABON, Antik Anadolu Coğrafyası, (2005).
- [21] ÇORUHLU, T., Adramytteion 2005 Resmi Kazı Raporu, Turizm ve Kültür Bakanlığı, 2005.
- [22] BOZKURT, E. , PARK, R.G., "Discussion on the Evolution of the Southern Menderes Massif in SW Turkey as Revealed by Zircon Dating", Journal of the Geological Society, London, 158 (2), 393-395, 2001.
- [23] KAYA, M.A. KEÇELİ, D.A., ÖZYALIN, S., UYANIK, O., ÇINAR, K., KALYONCUOĞLU, Y. Psidia Antiochiea’sı Roma Hamamı, Psidia Antiochia Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Yalvaç Müzesi, 1998.
- [24] ARMİJO, R., MEYER, B., BARKA, A.A., HUBERT, A., Propagation of the North Anatolian Fault into the Northern Aegean: Timing and kinematics, *Geology*, 27, 267-270. (1999).

- [25] ERCAN, A. Kazı Öncesi Arkeolojik Aramalarda Yeraltının Görüntüsünün Çekilmesi, İdol (Arkeoloji ve Arkeologlar Derneği Dergisi), Ankara, 2000.
- [26] YARAMANCI, A. Keban Projesi Jeofizik Araştırmaları Ön Raporu, 1968. Yaz Çalışmaları, ODTÜ Keban Projesi Yayınları, Seri :1, Yayın : 1, 13-20, 1970.
- [27] VAFIDIS, A., ECONOMOU, N., GANITSOS, Y., MONAKOU, M., POULIOUDUS, G. SOURLAS, G., VRONTAKI, E., SARRIS, A., GUY, M., KALPAXIS, TH., Integrated Geophysical Studies at Ancient Itanos (Greece), Journal of Archaeological Science, , Vol. 32, I. 7, 2005.
- [28] NEGRI, S., LEUCCI, G., Geophysical Investigation of the Temple of Apollo (Hierrapolis, Turkey), Journal of Archaeological Science, Vol. 33, I.11, 2006.
- [29] OLHOEFT, G.R., Maksimizing in Information Return From Ground Penetrating Radar, Journal of Applied Geophysics, Vol. 43, I. 2-4, 2000.
- [30] SAMBUELLI, L., SOCCO, L.V., BRECCIAROLI, L., Acquisition and Processing of Electric, Magnetic and GPR Data on a Roman Site (Victimulae, Salussola, Biella), Journal of Applied Geophysics, Vol. 41, I. 2-3, 1999.
- [31] ARLSAN, E., BIELLA, G., BONIOLLO, G., CAPORUSSO, D., FRANCO, R., LOZEJ, A., VERONESE, L., Geophysical Investigations of the Olonium Roman Site (Northern Como Lake), Journal of Applied Geophysics, Vol. 41, I. 2-3, 1999.
- [32] TSOKAS, G.N., GIANNOPOULAS, A., TSOURLAS, P., VERGEMEZİS, G., TEALBY, J.M., SARRIS, A., PAPAZOCHOS, C.B., SAVAPOULOU, T., A Large Scale Geophysical Survey in the Archaeological Site of Europos (Northern Greece), Journal of Applied Geophysics, Vol. 32, I. 1. 1994.
- [33] MATIAS, M.S., ALMEIDA, F., A. Geophysical Survey on the Archeological Site of Mugardos (NW Iberian Penninsula), Journal of Applied Geophysics, Vol. 29, I.2, 1992.
- [34] DOMENICO, D., GIANNINO, F., LEUCCI, G., BOTTARI, C., Integrated Geophysical Surveys at the Archaeological Site of Tindari (Sicily, Italy), Journal of Applied Geophysics, Vol. 33, I. 7, 2006.
- [35] JENG, Y., LEE, Y.L., CHAN, C.Y, LIN, M.J., Integrated Signal Enhancements in Magnetic Investigation in Archaeology, Journal of Applied Geophysics, Vol. 53, I.1, 2003.

- [36] KAMPLE, A., Focused Imaging of Electrical Resistivity Data in Archaeological Prospecting, *Journal of Applied Geophysics*, Vol.41, I.2-3, 1999.
- [37] PANISSOD, C., LAJARTHE, M., TABBAGH, A., Potential Focusing a New Multielectrode Array Concept Simulation Study and Field Test in Archaeological Prospecting, *Journal of Applied Geophysics*, Vol. 38, I. 1, 1997.
- [38] LEUCCI, G., GRECO, F., GIORGI, L., MAUCERI, R., Three Dimensional Image of Seismic Refraction Tomography and Electrical Resistivity Tomography Survey in the Castle of Occhiola (Sicily, Italy), *Journal of Archaeological Science*, Vol. 34., I.2, 2007.
- [39] SCOLLAR, I., WEITNER, B., SEGETH, K.,. Display Of Archaeological Magnetic Data., *Geophysics*, Vol. 51, p.623– 633, 1986.
- [40] HESSE, A., JOLIVET, A., TABBAGH, A., New Prospects in Shallow Depth Electrical Surveying For Archaeological and Pedological Applications., *Geophysics*, Vol.51, p.585– 594, 1986.
- [41] NEUBAUER, W., EDER-HINTERLEITNER, A., Resistivity and Magnetics Of The Roman Town Carnuntum, Austria: An Example of Combined Interpretation Of Prospection Data., *Archaeological Prospection*, Vol. 4, p. 179–189, 1997.
- [42] GAFFNEY, V., PATTERSON, H., PIRO, S., GOODMAN, D., NISHIMURA, Y., Multimethodological Approach To Study And Characterize Forum Novum (Vescovio, Central Italy). *Archaeological Prospection*, Vol. 11, p. 201– 212. 2004.
- [43] KIS, K.I., PUSZTA, S., 2006. Application of magnetic field derivatives for locating Sarmatian Graves. *Journal of Applied Geophysics* 60, 13e26.
- [44] TSOKAS, G.N., HANSEN, R.O., 2000. On the use of complex attributes and the inferred source parameter estimates in the exploration of archaeological sites. *Archaeological Prospection* 7, 17e30.
- [45] CARR, C., Handbook on soil resistivity surveying, Center for American Archaeology Press, Evanston, IL, 1982.
- [46] SARRIS A., JONES R., Geophysical prospection of archaeological sites in the Mediterranean region, *Journal of Mediterranean Archaeology* 13 (2000) 3e75.
- [47] WEYMOUTH, J.W., HUGGINS R., Geophysical surveying of archeological sites. In: *Archaeological Geology*, Yale University Press, New Haven, 1985.

- [48] LOKE, M.H., R.D. Barker, Rapid least squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi Newton method, *Geophysical Prospecting* 44 (1996) 131e152.
- [49] Gür, F.,Çoklu Düşey Elektrik Sondajı Verilerinin Birleşik Ters Çözümü, 2008.

ÖZGEÇMİŞ

Musa Serkan Kocacık, 11.07.1974 de Sakarya’ da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya’da tamamladı. 1991 yılında Özel Tansel Lisesinden mezun oldu. 1992 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Matematik Bölümüne başladı. 1994 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümüne geçiş yaptı ve 1999 yılında mezun oldu. 2001 yılında kendi firması olan Kocacık Mühendislik ve Müşavirlik Firmasını kurdu. Halen daha Özel sektörde Jeofizik Mühendisi olarak çalışmaktadır.