

DOĞRU AKIM ÖZDİRENÇ YÖNTEMİNDE TABAKA AYRIMLILIĞININ ARAŞTIRILMASI

TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Dokuz Eylül Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

96182

Tolga GÖNENÇ

Temmuz 2000
İZMİR

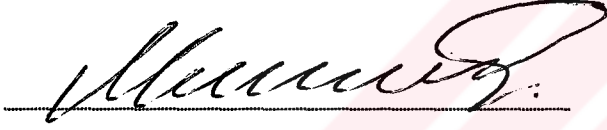
Yüksek Lisans Tezi Sınav Sonuç Formu

Tolga GÖNENCİ tarafından Yrd.Doç.Dr Mustafa AKGÜN yönetiminde hazırlanan “Doğru Akım Özdirenç Yönteminde Tabaka Ayrımlılığının Araştırılması” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



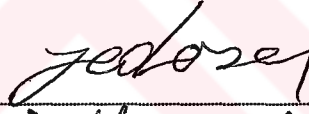
Yrd. Doç. Dr. Mustafa AKGÜN

Yönetici



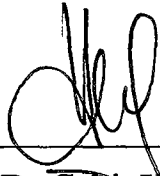
Prof. Dr. Mustafa ELÇİN

Jüri Üyesi



Yrd. Doç. Dr. Hasan SÖZBİLİR

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Cahit Helvacı

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında büyük katkılarından dolayı danışmanım Sn.Yrd.Doç.Dr. Mustafa AKGÜN'e ve Bölüm Başkanımız Sn.Prof.Dr. Mustafa ERGÜN'e teşekkür ederim ..

Araş.Gör.Tolga GÖNENÇ

ÖZET

Bu çalışmada yarım Schlumberger ve tam Schlumberger dizilim sistemlerinin birlikte kullanılması ile oluşturulan **Beş Elektrot Dizilim** sisteminin özellikleri irdelenmiş ve bu dizilim sistemi ile yanal ve düşey yönlü araştırmaların aynı anda yapılması durumunda jeofizik öz direnç çalışmalarında en düşük maliyet ve en iyi verimin sağlanabilirliği araştırılmıştır. Ayrıca yanal yönlü araştırmalarda yaygın olarak kullanılan çift elektrot dizilim sistemi ile karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. Yanal yönlü araştırmalarda (profil ölçüleri) anomalinin biçimi ile maksimum ve minimum noktalarından yararlanarak yapının yeri, konumu ve yapısı hakkında bilgi sağlanmaya çalışılır. Düşey yönlü araştırmalarda (düşey elektrik sondajları) ise dönüşük öz direnç fonksiyonu ile görünür öz direnç fonksiyonları arasındaki dönüşüm özelliklerinden yararlanarak elde edilen model eğriler kullanılır. Yanal ve düşey yönlü öz direnç arazi araştırmaların tümünde elde edilen görünür öz direnç değerleri ortalama değerler olup akım elektrotları arasındaki toplam alandan etkilenmektedir. Ortalamaya giren alan arttıkça görünür ve gerçek öz direnç değerleri arasındaki farkta artmış olur. Bu farkın azalması için hem araştırma derinliğinin artırılması hemde alanın daratılması gerekir. Ayrıca ölçü alma aralıklarında düşük tutulması gerekir. Bu olayların sağlanması da ölçüleri zaman ve maliyet yönünden etkilemektedir.

Bu dizilim sisteminde aynı noktada yanal araştırmalar için iki, düşey araştırmalar için bir ölçünün birlikte alınabilir. Böylece aynı noktada da üç farklı görünür öz direnç değeri elde edilir . Bu görünür öz direnç değerlerinin matematiksel yollarla değerlendirilmesi sonucunda ortamın yanal ve düşey yöndeki öz direnç değişimleri ayrıntılı olarak incelenmiş olur.

Yanal yönlü araştırmalar için yapılan kuramsal çalışmalara göre yapının yerinin ve özelliklerinin tam olarak belirlenebilmesi için görüntü kuramına göre bazı

koşulların oluşmasına göre değişmektedir. Yapıyı tanımlayan en belirgin anomalinin sağlanması için elektrot aralığı ve ölçü alma aralığının seçimine dikkat edilmesi gerekir. Bu aralıkların yapı derinliğine ve genişliğine bağlı olarak küçük olması sağlanmalıdır.

Düşey yönlü araştırmalarda elde edilen arazi verileri, model eğriler yardımıyla değerlendirilerek yapı parametreleri (derinlik ve öz direnç) saptanır. Bu verilerin en az hata ile saptanabilmesi için, görünür öz direnç değerlerini etkileyen ortalama alanın küçük olması gerekir. Bunun için (alanın küçültülmesi için) bu tür araştırmalarda tam Schlumberger dizilim sistemi yerine yarım Schlumberger diziliminin kullanılması gerekir. Bu çalışmada yarım Schlumberger düşey elektrik sondaj verileride değerlendirilerek ortam parametreleri saptanmıştır.

Yanal ve düşey yönlü araştırmalarda kullanılan beş elektrot sistemi önce kuramsal çalışmalarla model yapılar üzerinde sınanmıştır. Bu sına sonu ölçüm sonuçlarını etkileyen parametrelerin en önemlilerinin elektrot açıklığı, ölçü alma aralığı ve profil uzunluğu olduğu saptanmıştır. Elektrot açıklığı ve ölçü alma aralığı yapı genişliğine bağlı olarak küçük seçilmesi profil boyunun ise büyük seçilmesi gerekmektedir.

Kuramsal sonuçların sınanması için üç farklı ortamda arazi çalışmaları yapılmıştır. Önce yapısı bilenen Kösemtuğ Tümölüsü-(BANDIRMA) üzerinde sistem uygulanmıştır. Daha sonra Dutlımanı limanı BANDIRMA bölgesinde ve ÖDEMİŞ yörelerinde zemin amaçlı yapılan çalışmalarda sistem uygulanmıştır. Arazi verilerinin değerlendirilmesi sonucu beş elektrot sisteminin kolayca uygulanabileceği ve ayrıca yanal ve düşey yönlü araştırmalarda yapı ayrımlılığının sağlandığı saptanmıştır.

ABSTRACT

Properties of the **Five-Electrode Configuration** which is formed through using the combination of Half and Full Schlumberger configurations, were investigated, and the economical aspects were also analysed for the geophysical electrical investigations with respect to minimum cost and maximum productivity through carrying out lateral and vertical measurements at the same time. It was also compared with the dipole electrode configuration that has been used widely for lateral variation investigations. Information could be obtained about the location, position and situation of the structure from the shape of anomaly with the help of maximum and minimum points for the lateral investigations (Profile measurements). Information could be obtained about the layer thicknesses and resistivities from vertical electrical soundings by using the transformation properties between resistivity transform function and apparent resistivity function. All the apparent resistivity values obtained from the lateral and vertical electrical measurements, are the averages between the current electrodes affected by the total field. Differences between the apparent and real resistivity values increase as the averaged area being larger. In order to reduce this difference, the investigation should be increased as well as the area being narrowed. Measurement intervals must be made small too. These affect the measurement time and costs.

Two lateral and one vertical measurements could be taken together with this electrode configuration at one point. Three different apparent resistivity values could be obtained at the same point. Lateral and vertical resistivity variations of the medium could be investigated in details through the mathematical evaluations. According to the image techniques, certain special conditions should be fulfilled in order to determine the location and properties of the structure exactly obtained from

the theoretical studies about the lateral investigations. Electrode spacing and measurement interval selections must be observed very well in order to obtain the best anomaly describing the body. These spacings must be less than the structure depths and widths.

In order to obtain the parameters of depths and resistivities determined from the vertical electrical soundings with the minimum level error, the averaged area affecting the apparent resistivity values should be small. Half Schlumberger configuration should be used instead of the full Schlumberger configuration to reduce the area under consideration for these kinds of works. Here, the medium parameters were also obtained from the evaluation of the Half Schlumberger vertical electrical soundings.

Five-electrode configuration that has been used for lateral and vertical investigations was tested initially on the theoretical model structures. After these tests, the important parameters were found to be electrode spacing, measurement interval and profile length affecting the measurements. Electrode spacing and measurement interval should be chosen smaller than the structure width, whereas the profile length must be longer.

In this study , there are three different field-work to test theoretical results . Kösemtuğ Tümülsü-BANDIRMA which is known before the structural characteristic of it , Dutlimanı-BANDIRMA , Şöförler Sitesi - ÖDEMiŞ which is lasted now .

In conclusion , Five Electrode Configuration supported all of our prescience therefore this configuration is convenient to use .

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İÇİNDEKİLER.....	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	VI

Bölüm Bir

GİRİŞ

1. GİRİŞ.....	5
1.1. TEMEL TANIMLAR.....	7
1.1.1. İLETKENLİK ÇEŞİTLERİ.....	7
1.1.1.1. ELEKTRONİK İLETLENLİK.....	7
1.1.1.2. DİELEKTRİK İLETLENLİK.....	7
1.1.1.3. ELEKTROLİTİK İLETKENLİK.....	7
1.1.2. OHM KANUNU.....	8
1.1.3. YARI SONSUZ TEKDÜZE İZOTROP ORTAMLARDA POTANSİYEL BAĞINTISI.....	9
1.1.3.1. TEK YATAY YARI SONSUZ HOMOJEN İZOTROP ORTAMDA POTANSİYEL BAĞINTISI.....	9
1.1.3.2. DİZİLİM TÜRLERİ.....	12
1.1.3.2.1. ANA DİZİLİM TÜRLERİ.....	13
1.1.3.2.1.1. WENNER DİZİLİMİ.....	13
1.1.3.2.1.2. TAM SCHLUMBERGER DİZİLİMİ.....	13
1.1.3.2.1.3. YARIM SCHLUMBERGER DİZİLİMİ.....	15
1.1.3.2.1.4. ÇİFT ELEKTROT DİZİLİMİ.....	15

1.1.4. KATMANLI ORTAMLARDA NOKTA AKIM KAYNAĞININ OLUŞTURDUĞU POTANSİYEL.....	16
1.1.4.1. ÇÖZÜMÜN SINIR KOŞULLARINA UYGULANMASI.....	18
1.1.4.2. YERYÜZÜNDEKİ BİR NOKTADAKİ POTANSİYEL.....	20
1.1.5. DÖNÜŞÜK VE GÖRÜNÜR ÖZDİRENÇ.....	22
1.1.6. TABAKALI ORTAMLARDA GÖRÜNTÜ KURAMI.....	24
1.1.6.1. GÖRÜNTÜ KURAMINA GÖRE KATMANLI ORTAMLARDA POTANSİYEL BAĞINTISI.....	26

Bölüm İki
(BEŞ ELEKTROT YÖNTEMİ)
KURAMSAL ÇALIŞMALAR

2.1 BEŞ ELEKTROT YÖNTEMİ.....	28
2.1.1. PROFİL ÖLÇÜLERİ.....	30
2.1.1.1. PROFİL ÖLÇÜLERİNDE GÖRÜNTÜ KURAMI.....	30
2.1.1.2. DÜŞEY DAYK YAPISI.....	31
2.1.1.2.1. C1 VE P1'İN BİRİNCİ ORTAMDA OLMASI.....	31
2.1.1.2.2. C1'İN BİRİNCİ P1'İN İKİNCİ ORTAMDA OLMASI.....	31
2.1.1.2.3. C1'İN BİRİNCİ P1'İN ÜÇÜNCÜ ORTAMDA OLMASI.....	32
2.1.1.2.4. C1 VE P1'İN İKİNCİ ORTAMDA OLMASI.....	32
2.1.1.2.5. C1'İN İKİNCİ P1'İN ÜÇÜNCÜ ORTAMDA OLMASI.....	33
2.1.1.2.6. C1 VE P1'İN ÜÇÜNCÜ ORTAMDA OLMASI.....	33
2.1.1.3. DÜŞEY FAY.....	35
2.2. DÜŞEY ELEKTRİK SONDAJ ÇALIŞMALARI.....	35

Bölüm Üç
MODEL ÇALIŞMALAR

3.1. MODEL ÇALIŞMALAR.....	39
3.1.1. PROFİL ÇALIŞMALARI.....	39
3.1.1.1. DÜŞEY DAYK VE FAY YAPISI.....	39
3.1.1.1.1. DÜŞEY DAYK YAPISI.....	41
3.1.1.1.2. DÜŞEY FAY YAPISI.....	45
3.1.2. DÜŞEY ELEKTRİK SONDAJ ÇALIŞMALARI.....	45

Bölüm Dört
ARAZİ UYGULAMALARI

4.1. PROFİL ÇALIŞMASI.....	46
4.1.1. BANDIRMA DUTLİMANI BÖLGESİ.....	46
4.1.1.1. GENEL JEOLJİ.....	46
4.1.1.1.1. KARAKAYA KOMPLEKSİ.....	46
4.1.1.1.1.1. DUTLİMANI FORMASYONU.....	46
4.1.1.1.1.2. AĞILDERE FORMASYONU.....	47
4.1.1.1.1.3. KARABAYIR FORMASYONU.....	47
4.1.1.1.2. ALÜVYON VE KUM ÇÖKELLERİ.....	47
4.1.1.2. JEOFİZİK PROFİL ÇALIŞMALARI.....	55
4.1.2. BANDIRMA KÖSEMTUĞ TUMÜLÜSÜ.....	55
4.2. DÜŞEY ELEKTRİK SONDAJ UYGULAMALARI.....	69
4.2.1. DUTLİMANI BÖLGESİ.....	69
4.3. ÖDEMİŞ ŞÖFÖRLER SİTESİ.....	94
4.3.1. ÖDEMİŞ ŞÖFÖRLER SİTESİ GENEL JEOLJİSİ.....	94
4.3.1.1 JEOFİZİK DES ÇALIŞMALARI.....	94

Bölüm Beş
SONUÇLAR

SONUÇLAR.....	100
KAYNAKLAR.....	102



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
ŞEKİL 1.1.2.1 OHM KANUNU TEORİK YAKLAŞIM.....	8
ŞEKİL 1.1.3.1.1 NOKTA AKIM KAYNAĞININ R MESAFE YERALTINDA ETKİSİ.....	9
ŞEKİL 1.1.3.1.2. AKIM KAYNAĞI YERYÜZÜNDE KABUL EDİLİNCE OLUŞAN EŞPOTANSİYEL YÜZEYLER.....	10
ŞEKİL 1.1.3.1.3. YÜZEYDE VERİLEN AKIM SONUCU TERALTINDA B NOKTASINDA OLUŞAN GERİLİM.....	11
ŞEKİL 1.1.3.2.1. RASTGELE KONUMLANDIRILMIŞ ELEKTROTLAR.....	12
ŞEKİL 1.1.3.2.1.1.1. WENNER DİZİLİMİ.....	13
ŞEKİL 1.1.3.2.1.2.1. TAM SCHLUMBERGER DİZİLİMİ.....	14
ŞEKİL 1.1.4.1. SONLU SAYIDA YATAY HOMOJEN VE İZOTROP KATMANLARIN OLUŞTURDUĞU MODEL.....	16
ŞEKİL 1.1.6.1 GÖRÜNTÜ KURAMI.....	24
ŞEKİL 1.1.6.2 I'' AKIM KAYNAĞININ KABULÜ.....	25
ŞEKİL 1.1.6.1.1 İKİ KATMANLI ORTAMDA GÖRÜNTÜ KURAMI.....	26
ŞEKİL 2.1.1 AKIM ELEKTROTLARININ YAKINLAŞMASI SONUCU EŞPOTANSİYEL YÜZEYLERİN BOZULMASI.....	28
ŞEKİL 2.1.2 BEŞ ELEKTROT YÖNTEMİNİN ARAZİ DİZİLİMİ.....	29
ŞEKİL 2.1.3 TAM SCHLUMBERGER DİZİLİMİ.....	30
ŞEKİL 2.1.1.1.1 OLASI BİR SÜREKSİZLİK KONUMU.....	31
ŞEKİL 2.1.1.2.1.1. BİRİNCİ KOŞUL.....	32
ŞEKİL 2.1.1.2.2.1. İKİNCİ KOŞUL.....	32
ŞEKİL 2.1.1.2.3.1. ÜÇÜNCÜ KOŞUL.....	33
ŞEKİL 2.1.1.2.4.1. DÖRDÜNCÜ KOŞUL.....	33

ŞEKİL 2.1.1.2.5.1. BEŞİNCİ KOŞUL.....	34
ŞEKİL 2.1.1.2.6.1. ALTINCI KOŞUL.....	34
ŞEKİL 2.2.1 MODEL EĞRİLERİ.....	38
ŞEKİL 3.1.1.1.1 İKİ ELEKTROT DİZİLİMİ DÜŞEY DAYK MODELİ.....	39
ŞEKİL 3.1.1.1.2 YARIM SCHLUMBERGER ELEKTROT DİZİLİMİ DÜŞEY DAYK MODELİ.....	40
ŞEKİL 3.1.1.1.1.1 İKİ ELEKTROT DİZİLİMİ DÜŞEY DAYK MODELİ.....	41
ŞEKİL 3.1.1.1.1.2 YARIM SCHLUMBERGER ELEKTROT DİZİLİMİ DÜŞEY DAYK MODELİ.....	41
ŞEKİL 3.1.1.1.1.3 İKİ ELEKTROT DİZİLİMİ DÜŞEY DAYK MODELİ.....	42
ŞEKİL 3.1.1.1.1.4 YARIM SCHLUMBERGER ELEKTROT DİZİLİMİ DÜŞEY DAYK MODELİ.....	42
ŞEKİL 3.1.1.1.1.5 İKİ ELEKTROT DİZİLİMİ DÜŞEY DAYK MODELİ.....	42
ŞEKİL 3.1.1.1.1.6 YARIM SCHLUMBERGER ELEKTROT DİZİLİMİ DÜŞEY DAYK MODELİ.....	43
ŞEKİL 3.1.1.1.1.7 İKİ ELEKTROT DİZİLİMİ DÜŞEY DAYK MODELİ.....	43
ŞEKİL 3.1.1.1.1.8 YARIM SCHLUMBERGER ELEKTROT DİZİLİMİ DÜŞEY DAYK MODELİ.....	43
ŞEKİL 3.1.1.1.1.9 İKİ ELEKTROT DİZİLİMİ DÜŞEY DAYK MODELİ.....	44
ŞEKİL 3.1.1.1.1.10 YARIM SCHLUMBERGER ELEKTROT DİZİLİMİ DÜŞEY DAYK MODELİ.....	44
ŞEKİL 3.1.1.1.1.11 İKİ ELEKTROT DİZİLİMİ DÜŞEY DAYK MODELİ.....	45
ŞEKİL 4.1.1.1.1. MARMARA BÖLGESİNİN GENEL JEOLojİ HARİTASI.....	48
ŞEKİL 4.1.1.1.2. ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLojİ HARİTASI.....	49
ŞEKİL 4.1.1.1.3. ÇALIŞMA ALANININ STRTİGRAFİK İSTİFİ.....	50
ŞEKİL 4.1.1.1.4 TÜRKİYE VE ÇEVRESİNİN TEKTONİK HARİTASI.....	51
ŞEKİL 4.1.1.1.5 MARMARA DENİZİ VE ÇEVRESİNDE OLUŞAN DEPREMLERİN DAĞILIM HARİTASI.....	52
ŞEKİL 4.1.1.2.1. ÇALIŞMA PROFİLİ DES LOKASYON HARİTASI.....	53
ŞEKİL 4.1.1.2.2. GERÇEK ÖZDİRENÇ SEVİYE HARİTASI.....	54
ŞEKİL 4.1.2.1. ÇALIŞMA ALANI KROKİSİ KÖSEMTUĞ-BANDIRMA.....	56
ŞEKİL 4.1.2.2. İKİ ELEKTROT DİZİLİMİ VE YARIM SCHLUMBERGER	

ELEKTROT DİZİMLERİNİN İRDELENMESİ.....	57
ŞEKİL 4.1.2.3. KUYU LOGU ÇIKTISI KÖSEMTUĞ – BANDIRMA.....	58
ŞEKİL 4.1.2.4. B PROFİLİ ARAZİ VERİLERİ VE PROFİL KESİTİ.....	59
ŞEKİL 4.1.2.5 A PROFİLİ ARAZİ VERİLERİ VE PROFİL KESİTİ.....	60
ŞEKİL 4.1.2.6 A PROFİLİ ARAZİ VERİLERİ VE PROFİL KESİTİ.....	61
ŞEKİL 4.1.2.7 C PROFİLİ ARAZİ VERİLERİ VE PROFİL KESİTİ.....	62
ŞEKİL 4.1.2.8 KÖSEMTUĞ TÜMÜLÜSÜ SAĞ SCHLUMBERGER GÖRÜNÜR ÖZDİRENÇ DERİNLİK KESİTİ.....	63
ŞEKİL 4.1.2.9 KÖSEMTUĞ TÜMÜLÜSÜ SOL SCHLUMBERGER GÖRÜNÜR ÖZDİRENÇ DERİNLİK KESİTİ.....	64
ŞEKİL 4.1.2.10 . AA' PROFİLİ FARK HARİTASI.....	65
ŞEKİL 4.1.2.11. 1 METRE FARK SEVİYE HARİTASI.....	66
ŞEKİL 4.1.2.12. 2 METRE FARK SEVİYE HARİTASI.....	67
ŞEKİL 4.1.2.13. 3 METRE FARK SEVİYE HARİTASI.....	68
ŞEKİL 4.2.1.1. C PROFİLİ C1 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	70
ŞEKİL 4.2.1.2. C PROFİLİ C3 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	71
ŞEKİL 4.2.1.3. C PROFİLİ C5 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	72
ŞEKİL 4.2.1.4. C PROFİLİ C7 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	73
ŞEKİL 4.2.1.5. C PROFİLİ C9 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	74
ŞEKİL 4.2.1.6. C PROFİLİ C11 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	75
ŞEKİL 4.2.1.7. C PROFİLİ C13 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	76
ŞEKİL 4.2.1.8. C PROFİLİ C15 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	77
ŞEKİL 4.2.1.9. C PROFİLİ C17 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	78

ŞEKİL 4.2.1.10. C PROFİLİ C19 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	79
ŞEKİL 4.2.1.11. C PROFİLİ C21 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	80
ŞEKİL 4.2.1.12. C PROFİLİ C23 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	81
ŞEKİL 4.2.1.13. C PROFİLİ C25 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	82
ŞEKİL 4.2.1.14. C PROFİLİ C27 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	83
ŞEKİL 4.2.1.15. C PROFİLİ C29 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	84
ŞEKİL 4.2.1.16. C PROFİLİ C31 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	85
ŞEKİL 4.2.1.17. C PROFİLİ C33 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	86
ŞEKİL 4.2.1.18. C PROFİLİ C35 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	87
ŞEKİL 4.2.1.19. C PROFİLİ C37 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	88
ŞEKİL 4.2.1.20. C PROFİLİ C39 NOKTASI SAĞ VE SOL SCHLUMBERGER HARİTASI.....	89
ŞEKİL 4.2.1.21. C2-C64 PROFİLİ OLASI KURAMSAL JEOLOJİK KESİT.....	90
ŞEKİL 4.2.1.22. TAM SCHLUMBERGER DES OLASI JEOLOJİK MODELİ....	91
ŞEKİL 4.2.1.23. SOL SCHLUMBERGER DES OLASI JEOLOJİK MODELİ....	92
ŞEKİL 4.2.1.24. SAĞ SCHLUMBERGER DES OLASI JEOLOJİK MODELİ....	93
ŞEKİL 4.3.1.1. İNCELEME ALANI.....	95
ŞEKİL 4.3.1.2. BÖLGENİN GENEL JEOLOJİSİ.....	96
ŞEKİL 4.3.1.1.1. BEŞ ELEKTROT DES VERİLERİ NOKTA:4-5 ÖDEMİŞ.....	97
ŞEKİL 4.3.1.1.2. BEŞ ELEKTROT DES VERİLERİ NOKTA:45-67 ÖDEMİŞ...	98
ŞEKİL 4.3.1.1.3. BEŞ ELEKTROT DES VERİLERİ NOKTA:56-6 ÖDEMİŞ.....	99

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1. GİRİŞ

Zemin özelliklerinin ve arkeolojik yapı araştırmaların büyük önem kazandığı günümüzde yanal süreksizliklerin (gömülü dayk ve benzeri yapılar) saptanmasında jeofizik yöntemler başarılı şekilde kullanılmaktadır (Cheng 1980 , Karous and Pemu 1985 , Mundry 1984 , Schultz and Tezcan 1988 , Pınar ve Akçığ 1992, Akgün, 1998). Ülkemizde bu tür yapıların araştırılmasında yaygın olarak kullanım kolaylığı, maliyet ve araştırma derinliği açısından özdirenç yöntemleri yanal ve düşey yönlü araştırma amaçlı uygulanmaktadır .

Yanal yönlü çalışmalarda, uygulama kolaylığı açısından çift elektrot ve/veya schlumberger dizilim sistemleri kullanılarak ölçüler alınır. Elde edilen görünür özdirenç verilerinin yorumlanmasında da görüntü kuramına bağlı olarak oluşan özdirenç anomalilerinin biçimlerinden yararlanılmaktadır . Görüntü kuramı , çeşitli elektrot dizilimleri için yayınlarda (Sheriff ve Keller 1970-1994) , düşey fay ve dayk yapıları için genel olarak tanıtılmasına ve genel bağıntılarının verilmesine karşın anomali biçimini etkileyecek parametrelerin (Yapının yeri ve genişliği , dizilim türü , elektrot aralığı , profil boyu ve ölçü aralığı vb .) incelenmesi ayrıntılı olarak yapılmamıştır . Buna bağlı olarakta arazi çalışmalarında en uygun anomalilerin elde edilmesinde dikkat edilmesi gereken kriterler irdelenmemiştir .

Düşey elektrik sondajı çalışmalarında ise yaygın olarak tam Schlumberger elektrot dizilimi kullanılmaktadır. Elde edilen veriler de görünür özdirenç ile dönüşük özdirenç fonksiyonlarının özelliklerine bağlı olarak tanımlanan çeşitli değerlendirme yöntemleri (Düz çözüm , ters çözüm vb.) ile değerlendirilerek yapı parametrelerine ulaşılır (özdirenç, derinlik ve kalınlık). Ancak bu değerlendirme yöntemleri yalnızca tam schlumberger dizilimi için tanımlanmıştır . Yarım schlumberger düşey elektrik sondaj verilerine tam uygulanmamıştır . Fakat , iki

yarım schlumberger DES verisinin ortalaması alınarak değerlendirmeler yine de yapılmaktadır (Başokur.....). Bilindiği gibi , düşey elektrik sondaj uygulamalarında akım elektrodu çevresindeki belirli bir alanın ortalama öz direnci ölçülür . Bu alan ne kadar dar olursa ölçülen değer ortamın gerçek öz direncine yakın olur . Yarım schlumberger dizilim sisteminde tek akım elektrodu etrafındaki alan incelenirken tam schlumberger diziliminde iki akım elektrodu arasındaki alan incelenmektedir . Buna bağlı olarak yarım schlumberger dizilimiyle DES uygulamaları yapmak tam schlumberger dizilimine göre daha avantajlı olur . Ayrıca dönüşük öz direnç fonksiyonunun kuramsal bağıntıları tek akım elektrodu etrafındaki potansiyel dağılımın dairesel bakışımı olma koşuluna bağlı olarak oluşturulmaktadır . Tam schlumberger dizilim sisteminde ise ikinci akım elektrodu nedeniyle bu dairesel bakışım bozulmaktadır. Bu durumda, kuramsal model kullanılarak oluşturulan dönüşük öz direnç fonksiyonundan elde edilen model DES eğrilerinin hatalı olması beklenir.

Bu çalışmada ülkemizde Candansayar , E , 1998 tarafından arkeolojik alanlarda uygulanan ve BEŞ ELEKTROT DİZİLİM SİSTEMİ olarak tanımlanan iki yarım schlumberger ve bir tam schlumberger ölçülerinin profil ve düşey sondaj ölçüleri olarak birlikte alınması sırasında ölçüleri etkileyen parametreler irdelenmiştir . Profil ölçüleri için Sheriff (1998) ve Keller (1970-1994) için verilen bağıntılar bir arada değerlendirilerek arazi çalışmalarında anomali biçimini etkileyen parametre seçim kriterleri belirlenmiştir . Düşey elektrik sondaj çalışmalarında ise görünür ve dönüşük öz direnç arasındaki dönüşüm işlemleri incelenerek yarım schlumberger ve tam schlumberger DES bağıntıları kuramsal olarak karşılaştırılmış ve yarım schlumberger DES verilerinden de tabaka parametreleri saptanabilirliği araştırılmıştır.

Dizilim sisteminin arazi çalışmalarında kullanılabilirliği de Bandırma (yapısı bilinen Kösemtuğ Tümlüsü ve Dutlimanı Bölgesinde zemin çalışmaları) ve Ödemiş te (şöförler kooperatif alanında yapılan zemin araştırma çalışmaları) yapılan arazi çalışmaları ile denetlenmiştir.

1.1. TEMEL TANIMLAR

1.1.1 İLETKENLİK ÇEŞİTLERİ

1.1.1.1. ELEKTRONİK İLETKENLİK

Metal içindeki serbest elektronların çok yüksek bir hızı vardır (Bakırda ortalama $1,6 \cdot 10^3$ m/Sn). Serbest elektronlar metalin atomları ile çarpışır elektriki alan uygulandığında rastgele hareket eden elektronlar bir sürüklenme hızı kazanırlar böylece rastgele hareketteki hızdan daha düşük bir hıza düşerler (Bakırda $0,04 \cdot 10^{-3}$ m/Sn).

Rezistivite , çarpışmalar arasındaki süreçle tespit edilir . Eğer atomik yer değiştirme sık çarpışmalara sahne oluyorsa rezistivite yüksek değilse düşük rezistivite değer verir . Çarpışmalardaki enerji kaybıda ısı olarak ortaya çıkar.

1.1.1.2. DIELEKTRİK İLETKENLİK

Dielektrik iletkenlik yalıtkanlarda görülür ve bunlarda hiç serbest elektron yoktur . Normalde elektronlar simetrik olarak çekirdeklere dağıtılmıştır , elektrik alan yönlendirmesiyle çekirdekler hareket ederken elektrik alan elektronları yönlendirmenin tam tersinde etkiler bunun sonucunda atom veya iyon polarizasyon kazanır.

1.1.1.3. ELEKTROLİTİK İLETKENLİK

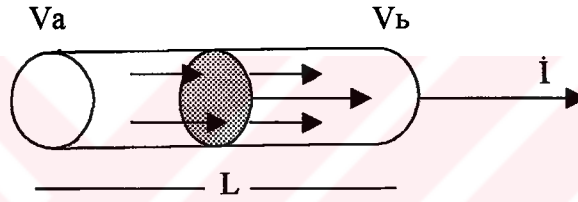
Elektrolitik iletkenlik serbest iyon bulunduran sıvı solusyonlarda görülür. İyonik iletimde akım kayaç gözeneklerinde bulunan suyun içindeki iyonlar tarafından iletilir. İletim iyonlarla yapıldığından eriyik içindeki iyon çokluğu elektriksel iletkenliği artırır ve öz direnci düşürür . İyonik iletkenlik elektronik iletkenlikten daha yavaştır.

1.1.2. OHM KANUNU

Bilindiği gibi genel olarak ohm kanunu

$$V = I \cdot R \quad (1.1.2.1)$$

ile tanımlanır. Jeofizik öz direnç arazi çalışmalarında görünür öz direnç değerleri (1.1.2.1) bağıntısından hesaplanır. Model çalışmalarda bu bağıntı yetersiz kaldığı için farklı bağıntılara gereksinim vardır. Bu bağıntılar L uzunluklu, R dirençli ve A taban alanlı bir silindir üzerinden I akım şiddetli akım geçirildiğinde oluşan olaylar temel alınarak oluşturulur (Şekil 1.1.2.1.).



Şekil 1.1.2.1 Ohm Kanunu Teorik Yaklaşım

Bunun için elektrik alan (E), akım yoğunluğu (A), potansiyel farkı (V) ve öz direnç (ρ) arasındaki

$$V = E \cdot L \quad (1.1.2.2)$$

$$I = J \cdot A \quad (1.1.2.3)$$

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (1.1.2.4)$$

geçiş bağıntıları kullanıldığında öz direnç model çalışmaları için gerekli olan

$$E = J \cdot \rho \quad (1.1.2.5)$$

bağıntısına ulaşılır.

1.1.3. YARI SONSUZ TEKDÜZE,İZOTROP ORTAMLARDA POTANSİYEL BAĞINTISI VE DİZİLİM TÜRLERİ .

1.1.3.1 TEK YATAY YARI SONSUZ , HOMOJEN İZOTROP ORTAMDA POTANSİYEL BAĞINTISI .

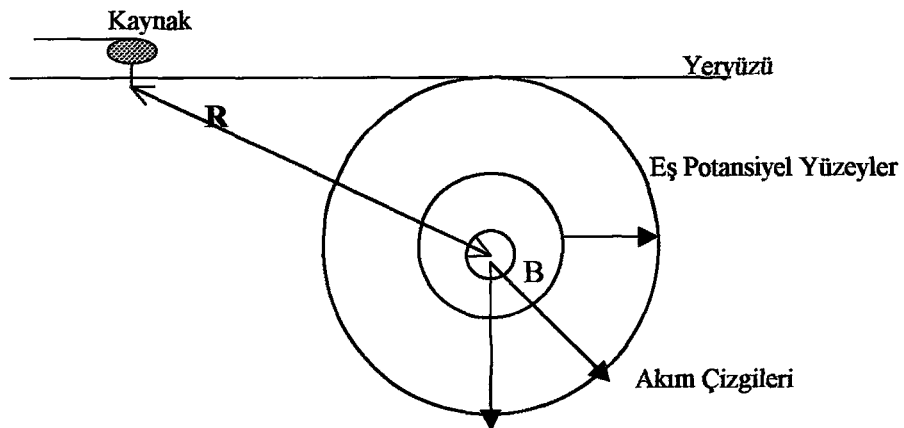
Tek yatay yarı sonsuz homojen ve izotrop bir ortamda tek nokta akım kaynağı çevresinde oluşan potansiyel dağılımını incelemek için önce kaynaktan R uzaklıkta ve yeraltında B noktasında oluşan elektriksel olayları gözönüne alalım (Şekil 1.1.3.1.1). Bunun için önce kaynaktan R uzaklıktaki noktadaki akım yoğunluğu gözönüne alındığında

$$J = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial v}{\partial r} \quad (1.1.3.1.1)$$

$$J = \frac{\dot{I}}{A} \quad (1.1.3.1.2)$$

$$\frac{\dot{I}}{A} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial v}{\partial R} \quad (1.1.3.1.3)$$

bağıntıları elde edilir..



Şekil 1.1.3.1.1 Nokta Akım Kaynağının R Mesafede Yeraltında Yaratığı Etki

Bağıntılarda

$$A = 4 \cdot \pi \cdot R^2$$

R = Kaynak ile B noktası arasındaki uzaklık

J = Akım yoğunluğu

I = Akım şiddeti

ρ = Özdirenç

V = Potansiyel fark olarak tanımlanır. (1.1.3.1.3) bağıntısı tekrar düzenlendiğinde

$$-\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial v}{\partial R} = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \quad (1.1.3.1.4)$$

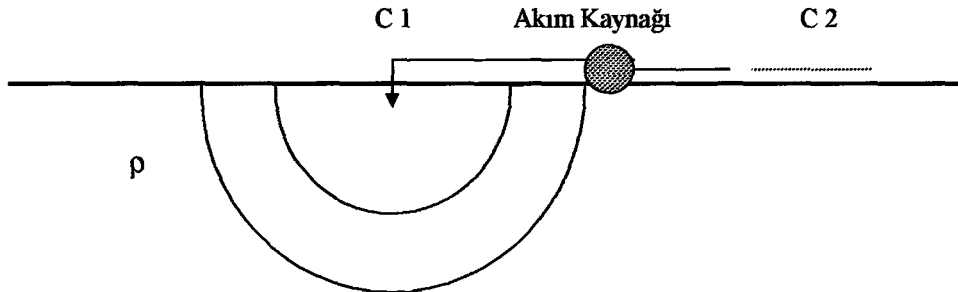
$$V = -\frac{\rho \cdot I}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \cdot \partial R \quad (1.1.3.1.5)$$

$$V = -\frac{\rho \cdot I}{4 \cdot \pi \cdot R} + C \quad (1.1.3.1.6)$$

bağıntılarına ulaşılır. (1.1.3.1.6) bağıntısı bize tek yatay yarı sonsuz homojen ve izotrop bir ortamda tek nokta akım kaynağı çevresinde oluşan potansiyel dağılımını verir. Buna karşın akım kaynağı ve B noktasının yeryüzünde olması koşulunda (1.1.3.1.6.) bağıntısı (Şekil 1.1.3.1.2)

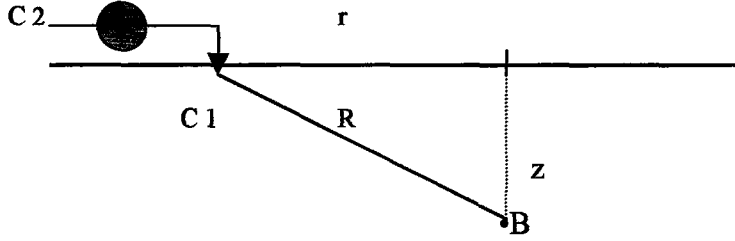
$$V = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot R} \quad (1.1.3.1.7)$$

şekline dönüşür. Bu bağıntı yeniden düzenlendiğinde



Şekil (1.1.3.1.2) Akım kaynağı Yeryüzünde Kabul Edilince Oluşan Eş Potansiyel Yüzeyler.

$$R = \sqrt{z^2 + r^2} \quad (1.1.3.1.8)$$



Şekil (1.1.3.1.3) Yüzeyden Verilen Akım Sonucu Yeraltında B Noktasında Oluşan Gerilim.

$$V = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{r^2 + z^2}} \quad (1.1.3.1.9)$$

$$\int_0^\infty e^{-\lambda z} \cdot J_0 \cdot (\lambda \cdot r) d\lambda = \frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}} \quad \text{Weber-Lipscitz Bağıntısı} \quad (1.1.3.1.10)$$

$$V = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi} \cdot \int_0^\infty e^{-\lambda z} \cdot J_0 \cdot (\lambda \cdot r) d\lambda \quad (1.1.3.1.11)$$

bağıntıları elde edilir. Bu durumda akım kaynağı yüzeyde olduğunda $z = 0$ olacağından sonuç olarak

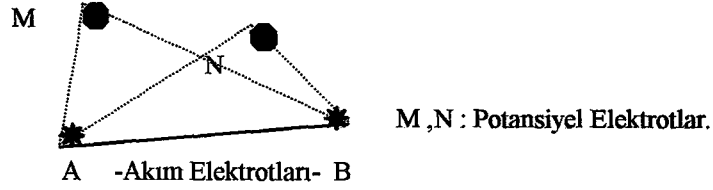
$$V = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi} \cdot \int_0^\infty J_0(\lambda \cdot r) d\lambda \quad (1.1.3.1.12)$$

$$V = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad (1.1.3.1.13)$$

bağıntılarına ulaşılır. Sonuç olarak (1.1.3.1.13) bağıntısı öz direnç yönteminde tek yatay yarı sonsuz homojen-izotrop ortamlarda tek nokta akım kaynağına bağlı olarak oluşan potansiyel dağılımını verir. Jeofizik çalışmalarda genelde iki nokta akım kaynağı kullanılır. Bu durum gözönüne alınarak aşağıdaki tanımlamalar yapılarak farklı elektrot dizilim türleri oluşturulmuştur.

1.1.3.2 DİZİLİM TÜRLERİ

Jeofizik öz direnç yönteminde dört elektrot kullanılır ve bu durum temel alınarak gerilim ve akım elektrotlarının göreceli konumlarına göre çeşitli elektrot dizilim türleri kullanılmaktadır. Dört elektrot durumunda (Şekil 1.1.3.2.1)



Şekil 1.1.3.2.1 Rastgele Konumlandırılmış Elektrotlar

M ve N noktaları arasında oluşan potansiyel farkı

$$V_M = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) \quad (1.1.3.2.1)$$

$$V_N = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \quad (1.1.3.2.2)$$

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right) \quad (1.1.3.2.3)$$

bağıntısı ile tanımlanır ve buna bağlı olarak ta görünür öz direnç değerleri

$$\rho = \frac{1}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (1.1.3.2.4)$$

$$\rho = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (1.1.3.2.5)$$

bağıntılarından hesaplanır. Bağıntıda K değeri dizilim katsayısı olarak tanımlanır ve tüm dizilim sistemlerinde

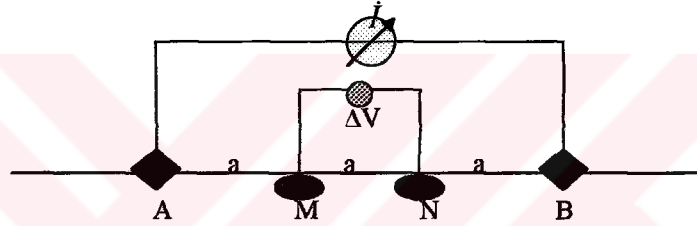
$$K = 2\pi \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)} \quad (1.1.3.2.6)$$

bağıntısından hesaplanır. Jeofizikte öz direnç çalışmalarında yaygın olarak kullanılan elektrot dizilimleri aşağıda verilmiştir.

1.1.3.2.1. ANA DİZİLİM TÜRLERİ

1.1.3.2.1.1. WENNER DİZİLİMİ

Bu dizilimde simetri merkezinin her iki tarafında bir doğrultuda konumlandırılan potansiyel (M , N) ve akım elektrotları (A , B) arasındaki mesafe eşittir (Şekil 1.1.3.2.1.1.1) . Bu dizilim türünde dört elektrotta hareketli olduğu için yanal süreksizliklere karşı son derece duyarlıdır . Görünür öz direnç değeri



Şekil 1.1.3.2.1.1.1 Wenner Dizilimi

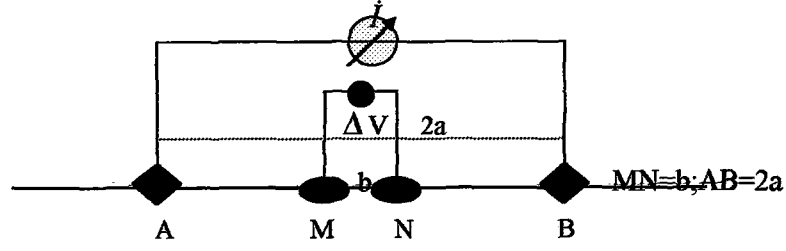
$$\rho = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (1.1.3.2.1.1.1)$$

$$K = 2 \cdot \pi \cdot a \quad (1.1.3.2.1.1.2)$$

bağıntılarından hesaplanır.

1.1.3.2.1.2 TAM SCHLUMBERGER DİZİLİMİ

Tam Schlumberger Diziliminde akım ve potansiyel elektrotları bir doğru boyunca simetriklerdir . Potansiyel elektrotlar arası mesafe b , akım elektrotları arası mesafe 2a dır . Ölçümde aranan koşul , $b < 0.4 \cdot a$ olmasıdır. Şekil (1.1.3.2.1.2.1)



Şekil 1.1.3.2.1.2.1 Tam Schlumberger Dizilimi

Bu dizilim türünde genelde $2a \gg b$ olduğundan elektrik alan ölçülür . Bu durumda görünür öz direnç bağıntısı Elektrik alan ise potansiyelin eksi (-) türevidir .

Bu durumda görünür öz direnç değerini hesaplamak için

$$E = -\frac{dv}{dr} \quad \text{dr : Gerilim Elektrotları Arası Mesafe} \quad (1.1.3.2.1.2.1)$$

$$E = -\frac{dv}{b} \quad (1.1.3.2.1.2.2)$$

$$V = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad (1.1.3.2.1.2.3)$$

$$E = -\frac{dv}{da} = -\frac{\partial}{\partial a} \cdot \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot a} = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot a^2} \quad (1.1.3.2.1.2.4)$$

ara geçiş bağıntıları kullanılır. Kullanım kolaylığı açısından tekrar düzenlenmesi gerekir. Kaynak birden çoksa elektrik alan bir noktada oluşan alanların yönlü toplamına eşit olduğu gözönüne alındığında A ve B akım kaynaklarının tam ortada oluşturduğu elektrik alanın yön ve büyüklükleri aynı olacaktır . Bu durumda

$$E = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot a^2} + \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot a^2} \quad (1.1.3.2.1.2.5)$$

$$E = \frac{\rho \cdot I}{\pi \cdot a^2} \quad (1.1.3.2.1.2.6)$$

$$E = \frac{dv}{da} \quad (1.1.3.2.1.2.7)$$

$$\rho = \frac{\pi \cdot a^2}{da} \cdot \frac{dv}{I} \quad da = b \quad (1.1.3.2.1.2.8)$$

$$K = \frac{\pi \cdot a^2}{b} \quad \text{Schlumberger için K katsayısı} \quad (1.1.3.2.1.2.9)$$

bağıntılarına ulaşılır.

Schlumberger diziliminde , arazide çalışma sırasında yeraltında yaratılan gerilim , gücü arttırmaya rağmen sürekli ayrımlılık sınırında kalıyorsa potansiyel elektrotlar arasındaki mesafe arttırılmalıdır . Elektrotların açılması sırasında değerlerde sıçrama etkisi görülür bu nedenle akım elektrotlarının iki önceki pozisyonuna geri getirilmesi değerlendirmede kolaylık sağlayacaktır .

1.1.3.2.1.3. .YARIM SCHLUMBERGER DİZİLİMİ (LÖGN DİZİLİMİ)

Akım elektrotlarından biri açılım yönüne dik yönde sonsuza yerleştirilir ve bu uzaklık en az 20*a kadar olmalıdır (Şekil 1.1.3.2.1.2.1.). Bu dizilimde katsayı tam dizilimin iki katıdır ve görünür öz direnç değerleride .

$$K = 2 \cdot \frac{\pi \cdot a^2}{b} \quad (1.1.3.2.1.3.1)$$

$$\rho = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (1.1.3.2.1.3.2)$$

bağıntılarından hesaplanır

1.1.3.2.1.4. ÇİFT ELEKTROT DİZİLİMİ

Çift elektrot diziliminde AM ve BN çiftinden biri hem birbirine hemde diğer elektrot çiftine göre sonsuz uzaklığa yerleştirilir (Şekil 1.1.3.2.1.1.1.). Görünür öz direnç değerleride

$$K = 2 \cdot a \quad (1.1.3.2.1.4.1)$$

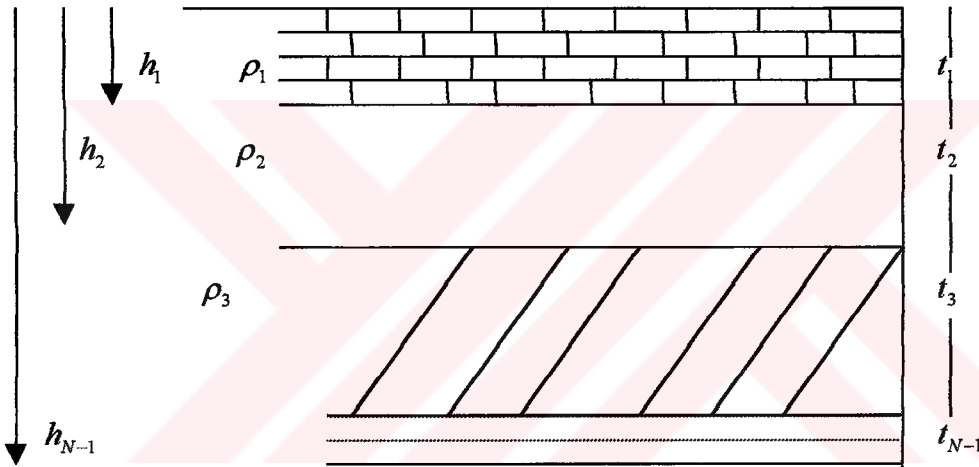
$$\rho = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (1.1.3.2.1.4.2)$$

bağıntılarından hesaplanır.

1.1.4 .KATMANLI ORTAMLARDA NOKTA AKIM KAYNAĞININ OLUŞTURDUĞU POTANSİYEL .

Yeraltı katmanlarının gerçek özdirençleri ve her katmana ait derinliklerinin bulunması için düşey elektrik sondajları yapılır. Verilerin değerlendirilmesi içinde önce görünür özdirenç değerleri hesaplanır ve Log-Log kağıta çizilir. Daha sonra nokta akım kaynağının yarattığı potansiyel dağılımından yararlanarak kuramsal olarak elde edilen kuramsal görünür özdirenç bağıntıları kullanılır.

Düşey elektrik sondajında yeryuvarının sonlu sayıda yatay homojen ve izotrop katmanlardan oluştuğu var sayılır .(Şekil 1.1.4.1)



Şekil 1.1.4.1 Sonlu Sayıda Yatay Homojen Ve İzotrop Katmanların Oluşturduğu Model

t_i : Katman Mesafesi

h_i : Katman Derinliği

ρ_i : Katmana Ait Özdirenç Değeri

*** Son katman derinliği sonsuz kabul edilir .

Ayrıca aşağıdaki kabuller yapılır.

1) potansiyelin doğru akım durumunda LAPLACE denklemini sağlar.

$$\nabla^2 v = \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = 0 \quad (1.1.4.1)$$

2) Bu potansiyel , akım kaynağından geçen düşey eksene göre simetrik olmalıdır . Bu nedenle LAPLACE denklemini simetrik koordinatlarda yazmak uygun olur .

$$\nabla^2 v = \frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial^2 v}{\partial \theta^2} = 0 \quad (1.1.4.2)$$

3) “Z” aşağı doğru (+) pozitifdir “r” akım kaynağından geçen düşey eksene olan uzaklıktır .

4) Potansiyel düşey eksene göre bakışık olduğundan potansiyelin değişimi θ dan bağımsızdır , bu nedenle ;

$$\frac{\partial^2 v}{\partial \theta^2} = 0 \quad (1.1.4.3)$$

$$\nabla^2 v = \frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = 0 \quad (1.1.4.4)$$

bağıntısı oluşturulur. Kısmi diferansiyel denklemlerin çözümü için genellikle özel çözümler aranır ve genel çözüm , özel çözümlerin lineer kombinasyonu ile elde edilir (Başokur, 1987).

Sonuç olarak n katmanlı bir ortamda, yeryüzündeki nokta akım kaynağından dolayı oluşan potansiyelin herhangi bir katmandaki değeri (Stefanescu 1930)

$$V_i = \left(\frac{\rho_1 \cdot I}{2 \cdot \pi} \right) \cdot \int_0^\infty (e^{(-\lambda z)} + \theta_i(\lambda) \cdot e^{(-\lambda z)} + x_i(\lambda) \cdot e^{(\lambda z)}) \cdot J_0(\lambda r) d\lambda \quad (1.1.4.5)$$

bağıntısından hesaplanır.

Burada i potansiyelin yazıldığı katman nosunu verir . i=2 ise ikinci katmanda ki potansiyel olarak tanımlanır. Yeryüzündeki bir noktada ortak potansiyel değerini bulmak için (1.1.4.5.) bağıntısının çözülmesi gerekir. Bu çözümler aşağıda verilmiştir.

1.1.4.1 ÇÖZÜMÜN SINIR KOŞULLARINA UYGULANMASI

$\theta_i(\lambda)$ ve $x_i(\lambda)$ sınır koşullarından çözülebilen fonksiyonlardır. Çözüm için önce yatay katmanlardan oluşan ortamda aşağıdaki sınır koşulları sağlanmalıdır .

- 1) Yeraltındaki her sınır düzleminde elektrik potansiyel sürekli olmalıdır .
- 2) Her sınır düzleminde akım yoğunluğunun düşey bileşeni sürekli olmalıdır .
- 3) Akım kaynağı hariç , yeryüzünde akım yoğunluğunun düşey bileşeni 0(sıfır) olmalıdır . İkinci maddede yazılan koşul gereğince havada akım 0(sıfır) olduğundan , sıfır derinliğinde yani yüzeyde düşey bileşende 0(sıfır) olur.
- 4) Kaynaktan uzak noktalarda potansiyel sıfıra yaklaşmalıdır.

Birinci koşul gereğince h_i sınır yüzeyinde i'inci ve (i+1) inci katmanların potansiyelleri birbirine eşit olmalıdır. Bu durumda, $V_i = V_{i+1}$ h_i sınır yüzeyi için (1.1.4.5) denklemini kullanarak ,

$$V_i = \left(\frac{\rho_1 \cdot I}{2 \cdot \pi} \right) \cdot \int_0^{\infty} (e^{(-\lambda h_i)} + \theta_i(\lambda) \cdot e^{(-\lambda h_i)} + x_i(\lambda) \cdot e^{(\lambda h_i)}) \cdot J_0(\lambda r) d\lambda \quad (1.1.4.1.1)$$

$$V_{i+1} = \left(\frac{\rho_1 \cdot I}{2 \cdot \pi} \right) \cdot \int_0^{\infty} (e^{(-\lambda h_i)} + \theta_{i+1}(\lambda) \cdot e^{(-\lambda h_i)} + x_{i+1}(\lambda) \cdot e^{(\lambda h_i)}) \cdot J_0(\lambda r) d\lambda \quad (1.1.4.1.2)$$

denklemlerine ulaşılır. Birinci sınır koşulu gereğince (1.1.4.1.1) ve (1.1.4.1.2) denklemleri birbirine eşitlendiğinde r nin tüm değerleri için eşitliğin sağlanması gerekir .

İkinci sınır koşuluna göre h_i sınır yüzeyinde akım yoğunlukları eşit olmalıdır . Bu durum

$$J_z = \frac{E_z}{\rho} = \left(\frac{1}{\rho} \right) \cdot \left(-\frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (1.1.4.1.3)$$

$$\left(\frac{1}{\rho_i}\right) \cdot \left(\frac{\partial v_i}{\partial z}\right) = \left(\frac{1}{\rho_{i+1}}\right) \cdot \left(\frac{\partial v_{i+1}}{\partial z}\right) \quad (1.1.4.1.4)$$

bağıntıları ile tanımlanır. (1.1.4.1.1) ve (1.1.4.1.2) denklemlerinin türevi alınıp (1.1.4.1.4) denkleminde yerine konursa (1.1.4.1.5) denklemi elde edilir .

$$\left(\frac{1}{\rho_i}\right) \cdot \left[(1 + \theta_i(\lambda) \cdot e^{(-\lambda h_i)}) - x_i(\lambda) \cdot e^{(\lambda h_i)}\right] = \left(\frac{1}{\rho_{i+1}}\right) \cdot \left[(1 + \theta_{i+1}(\lambda)) \cdot e^{(-\lambda h_i)} - x_{i+1}(\lambda) \cdot e^{(\lambda h_i)}\right] \quad (1.1.4.1.5)$$

Üçüncü sınır koşulu yeryüzünde akım yoğunluğunun düşey bileşenin sıfır olmasını gerektirmektedir . Bu durumda

$$J_z = \left(\frac{1}{\rho_1}\right) \cdot \left(\frac{\partial v_1}{\partial z}\right) = 0 \quad (1.1.4.1.6)$$

bağıntısı elde edilir. (1.1.4.5) bağıntısı ilk katman için yazıp , türevini alırsak ;

$$\left(\frac{\partial v_1}{\partial z}\right) = \left(\frac{\rho_1 I}{2\pi}\right) \cdot \int_0^\infty ((-\lambda \cdot e^{(-\lambda z)}) - \lambda \theta_1(\lambda) \cdot (-\lambda z) + \lambda x_1(\lambda) \cdot e^{(\lambda z)}) \cdot J_0(\lambda r) d\lambda \quad (1.1.4.1.7)$$

ve $z = 0$ olursa (1.1.4.1.7) denklemi ;

$$\int_0^\infty (-1 - \theta_1(\lambda) + x_1(\lambda)) \cdot J_0(\lambda r) \cdot \lambda \cdot d\lambda = 0 \quad (1.1.4.1.8)$$

şeklinde ifade edilir .

İntegral içindeki ilk terim , homojen yeryuvarına ait olduğu için kendiliğinden sınır koşullarını sağlar . Ancak diğer iki terim katmanlı ortamlar için

yazıldıklarından r 'in bütün değerleri için yeryüzünde toplamaları sıfır olmalıdır . Bu koşulun sağlanması için $\theta_1(\lambda) = x_1(\lambda)$ olmalıdır .

Dördüncü sınır koşulu potansiyelin sonsuzda sıfıra yaklaşmasını gerektirir . Son katmanın derinliği sonsuz olduğundan , $\exp(\lambda h_n)$ faktöründe sonsuz olur .Potansiyel için bu davranış kabul edilemeyeceğinden , $x_n(\lambda) = 0$ olmalıdır .

1.1.4.2 YERYÜZÜNDEKİ BİR NOKTADA POTANSİYEL

Arazi çalışmalarda potansiyel ölçümleri yeryüzünde yapıldığından , $z = 0$ için (1.1.4.5) genel potansiyel bağıntısını kullanarak yeryüzündeki potansiyel ifadesini elde etmemiz gerekir . Bunun için

$$v = \left(\frac{\rho_1 I}{2\pi} \right) \cdot \int_0^{\infty} (1 + \theta_1(\lambda) + x_1(\lambda)) \cdot J_0(\lambda r) d\lambda \quad (1.1.4.2.1)$$

$$v = \left(\frac{\rho_1 I}{2\pi} \right) \cdot \int_0^{\infty} (1 + 2 \cdot \theta_1(\lambda)) \cdot J_0(\lambda r) d\lambda \quad (1.1.4.2.2)$$

bağıntıları kullanılır. Bağıntılardaki $\theta_1(\lambda)$ Stefanescu çekirdek fonksiyonu olarak adlandırılır . $\theta_1(\lambda)$ yerine, aşağıdaki biçimde tanımlanan Slichter çekirdek fonksiyonunu kullanıldığında

$$K_1(\lambda) = 1 + 2 \cdot \theta_1(\lambda) \quad (1.1.4.2.3)$$

$$v = \left(\frac{\rho_1 I}{2\pi} \right) \cdot \int_0^{\infty} K_1(\lambda) \cdot J_0(\lambda r) d\lambda \quad (1.1.4.2.4)$$

bağıntılarına ulaşılır. $\theta_1(\lambda)$ veya $K_1(\lambda)$ sınır koşullarından çözülebilen fonksiyonlardır . Örneğin iki katmanlı yer modeli için çözüm yapıldığında ;

$$\theta_2(\lambda) \cdot e^{(-\lambda h_1)} = \theta_1(\lambda) \cdot e^{(-\lambda h_1)} + e^{(\lambda h_1)} \quad (1.1.4.2.5)$$

İkinci koşula göre ;

$$\frac{1}{\rho_1} \left[(1 + \theta_1(\lambda)) \cdot e^{(-\lambda h_1)} - \theta_1(\lambda) \cdot e^{(\lambda h_1)} \right] = \left(\frac{1}{\rho_2} \right) \cdot (1 + \theta_2(\lambda)) \cdot e^{(-\lambda h_1)} \quad (1.1.4.2.6)$$

(1.1.4.2.5) ve (1.1.4.2.6) denklemlerinden $\theta_1(\lambda)$ izleyen biçimde bulunur .

$$\theta_1(\lambda) = \frac{(\rho_2 - \rho_1) \cdot \exp(-\lambda h_1)}{(\rho_2 + \rho_1) \cdot \exp(\lambda h_1) - (\rho_2 - \rho_1) \cdot \exp(-\lambda h_1)} \quad (1.1.4.2.7)$$

(1.1.4.2.7) bağıntısının pay ve paydasını $(\rho_2 + \rho_1) \cdot \exp(-\lambda h_1)$ ile çarpıp, k_1 yansıma katsayısı da aşağıdaki gibi tanımlanırsa ;

$$k_1 = \frac{(\rho_2 - \rho_1)}{(\rho_2 + \rho_1)} \quad (1.1.4.2.8)$$

İki katmanlı ortam için $\theta_1(\lambda)$ fonksiyonu

$$\theta_1(\lambda) = k_1 \cdot e^{(-2\lambda h_1)} \cdot \frac{1}{(1 - k_1 e^{(-2\lambda h_1)})} \quad (1.1.4.2.9)$$

olarak bulunur. Matematiksel kolaylık sağlanması açısından Stefanescu Çekirdek Fonksiyonu yerine

$$K_1(\lambda) = 1 + 2\theta_1(\lambda) \quad (1.1.4.2.10)$$

fonksiyonu ile tanımlı Slichter çekirdek fonksiyonu kullanılır. Böylece DES çalışmalarında veri değerlendirme için kullanılacak bağıntıların temeli oluşturulmuş olur. (1.1.4.2.9) bağıntısı kullanılarak iki katmanlı model ortamlar için kuramsal

DES verileri elde edilebilir. İki den fazla katmanlar için çekirdek fonksiyonlarının eldesi , denklem ve bilinmeyen sayısı arttığından zorlaşır . Lineer cebir uygulamalarıyla sonuç alınabilir . Bu güçlük yineleme bağıntılarıyla aşılmış ve çekirdek fonksiyonlarının sayısal değerlendirilmesi veya elementer fonksiyonlar cinsinden elde edilmesi için yöntemler geliştirilmiştir. (BAŞOKUR, 1984).

1.1.5. . DÖNÜŞÜK VE GÖRÜNÜR ÖZDİRENÇ

Tabakalı ortamlarda gerçek öz direnç değerlerini bulmak için dönüşük öz direnç ve görünür öz direnç bağıntılarından yararlanılır. Örneğin tam Schlumberger diziliminde gerçek öz direnç değerlerini bulmak için aşağıdaki izlenice uygulanır.

1. Önce arazi çalışmalarında akım ve potansiyel elektrotlarının birbirine göre konumlarına bağlı olarak görünür öz direnç değerleri

$$\rho = \frac{\pi \cdot a^2}{da} \cdot \frac{dv}{I} \quad da = b \quad (1.1.3.2.1.2.8)$$

bağıntısından hesaplanır ve a ya göre Log-Log kağıta çizilir. Arazi çalışmalarında potansiyel elektrotları arasındaki MN uzaklığı , AB uzaklığına göre küçük alınır (Şekil 1.1.3.2.1.2.1.). Amaç burada simetri merkezindeki elektrik alanı ölçmeye çalışmaktır . Teorik olarak Düşey Elektrik Sondajı amacıyla akım elektrotları arasındaki mesafe artırılınca M ve N potansiyel elektrotlarının yer değiştirmesine gerek yoktur . Fakat açılım uzaklığı arttıkça , potansiyel fark ölçülemeyecek kadar küçük olur . dolayısıyla MN mesafesi belli aralıklarla arttırılır.

2. İkinci aşamada Schlumberger diziliminde model eğrilerde kullanılacak denklemleri oluşturmak için önce elektrik alanının ölçüldüğünden yola çıkarak (1.1.5.1) denkleminde $r = a$ için

$$\partial v = - \left(\frac{\rho \cdot I}{4\pi R^2} \right) \partial R \quad (1.1.5.1)$$

$$\rho_{as}(s) = (2\pi a^2) \cdot E \cdot \frac{1}{I} \quad (1.1.5.2)$$

$$E = -\left(\frac{\partial v}{\partial a}\right) \quad (1.1.5.3)$$

denklemleri gözönüne alınır.

3) Daha sonra katmanlı ortamlarda potansiyel dağılımından yararlanılır. Bunun için,

$$v = \left(\frac{I}{2\pi}\right) \cdot \int_0^{\infty} T(\lambda) \cdot J_0(\lambda r) d\lambda \quad (1.1.5.4)$$

bağıntısı temel alınır. Bağıntıda yer alan $T(\lambda)$ fonksiyonu **DÖNÜŞÜK ÖZDİRENÇ** fonksiyonu olarak tanımlanır ve

$$T_i(\lambda) = K_i(\lambda) \rho_i \quad (1.1.5.5)$$

bağıntısı ile verilir. (1.1.5.4) bağıntısını matematiksel olarak kolaylaştırmak ve bilgisayar ortamında kullanılabilir hale dönüştürmek için tekrar düzenlenmesi gerekir. Bunun için birinci cins sıfırcı dereceden Bessel fonksiyonunun

$$d(J_0(\lambda r)) \cdot \frac{1}{dr} = -J_1(\lambda r) \quad (1.1.5.6)$$

bağıntısı ile tanımlı türev özelliğini kullanarak ($J_1(\lambda r)$ birinci dereceden Bessel Fonksiyonu olarak tanımlanır)

$$v = \left(\frac{I}{2\pi}\right) \cdot \int_0^{\infty} T(\lambda) \cdot J_0(\lambda r) d\lambda \quad (1.1.5.7)$$

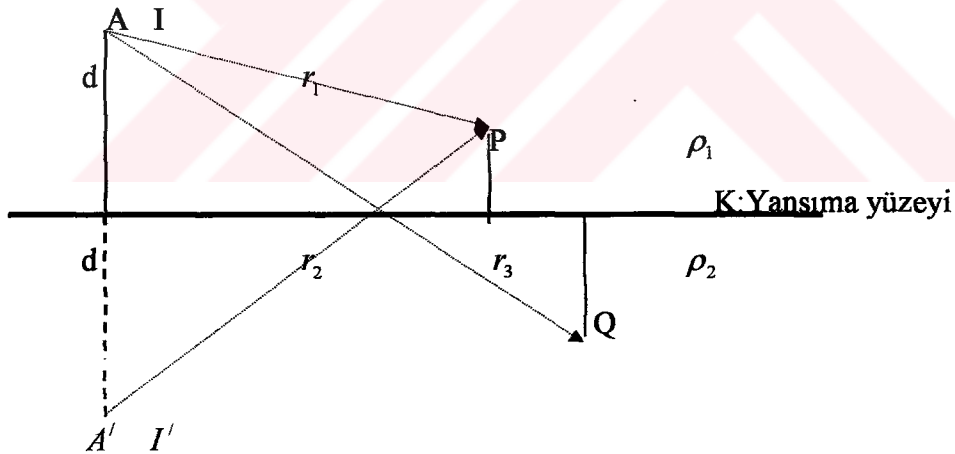
$$E = -\left(\frac{\partial v}{\partial r}\right) = \left(\frac{I}{2\pi}\right) \cdot \int_0^{\infty} T(\lambda) \cdot J_1(\lambda r) \cdot \lambda \cdot d\lambda \quad (1.1.5.8)$$

$$\rho_{as}(s) = a^2 \cdot \int_0^{\infty} T(\lambda) \cdot J_1(\lambda s) \cdot \lambda \cdot d\lambda \quad (1.1.5.9)$$

bağıntısına ulaşılır. Sonuç olarak (1.1.5.9.) bağıntısı bilgisayar ortamında tam Schlumberger dizilim sistemi için model DES verileri oluşturmak için kullanılır. Lineer süzgeç kuramı ve çeşitli ara matematiksel işlemler kullanılarak bu modeller oluşturulur (Başokur, 1987).

1.1.6. TABAKALI ORTAMLARDA GÖRÜNTÜ KURAMI

Tabakalı ortamlarda potansiyel bağıntısı Laplace denkleminde elde edileceği gibi ,görüntü yönteminin düşeyde kullanılması ile de elde edilebilir (Şekil 1.1.6.1).

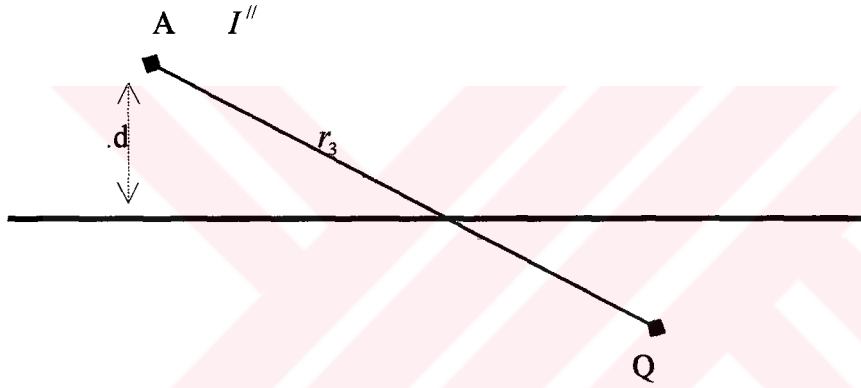


Şekil 1.1.6.1 Görüntü Kuramı

Olayı bir ayna karşısındaki şekil ve görüntüsü gibi düşünebiliriz . Yansıtıcı yüzeye komşu olan iki ortamın öz direnci ρ_1 ve ρ_2 olsun birinci ortamda A noktasında I akım kaynağının ikinci ortamda A' noktasındaki görüntüsü I' olsun. Yansıtıcı yüzeyin yansıma katsayısı β , geçirgenlik $(1 - \beta)$ ise I ve I' akım kaynaklarının P noktasında oluşturacağı potansiyel (1.1.6.1) denklemi ile verilir .

$$v_1 = \frac{I\rho_1}{4\pi r_1} + \frac{I'\rho_1}{4\pi r_2} \quad I' = \beta \cdot I \quad (1.1.6.1)$$

Aynı akım kaynaklarının Q noktasında yarattığı potansiyeli bulmak için A' deki I' akım kaynağı ile A noktasında bulunan I akım kaynağının yansıması temel alınır. Bu durumda I ve I' kaldırılarak A noktasında I'' akım kaynağı varmış gibi kabul edilir. Başka bir deyişle, I akım kaynağından çıkan ışınların bir kısmı yansıtıcı yüzeye geliş açısına göre yansırken bir diğer kısımda kırılarak ikinci ortama geçerler. I'' , I'nın ikinci ortama geçebilen bölümüdür (Şekil 1.1.6.2.). Diğer bir deyişle $I'' = I - I'$ dır.



Şekil 1.1.6.2 I'' Akım Kaynağının Kabulü

Bu durumda I'' akım kaynağının Q noktasında yaratacağı potansiyel ;

$$v_2 = \frac{I''\rho_2}{4\pi r_3} \quad I'' = \beta \cdot I \quad (1.1.6.2)$$

ile tanımlanır. Sınırdaki, $v_1 = v_2, r_1 = r_2 = r_3$ olduğundan (1.1.6.1) ve (1.1.6.2) denklemleri eşliğinde

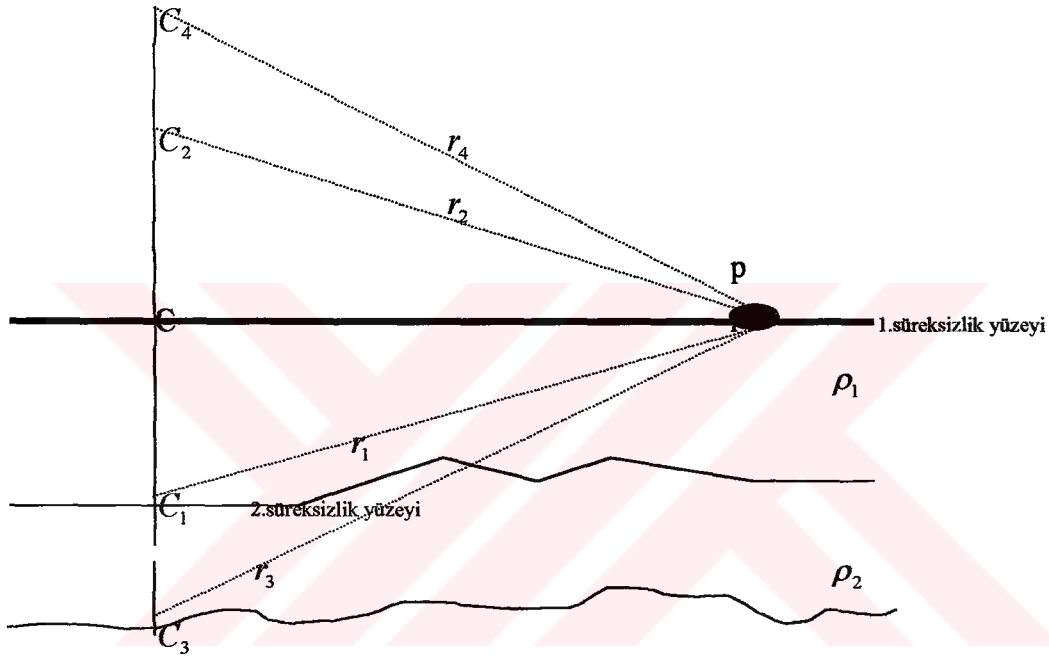
$$\rho_1 \cdot (I + I') = \rho_2 \cdot I'' \quad (1.1.6.3)$$

$$\beta = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad \beta' = \frac{2\rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (\text{Yansıma Katsayıları}) \quad (1.1.6.4)$$

denklemleri elde edilir .

1.1.6.1 GÖRÜNTÜ KURAMINA GÖRE KATMANLI ORTAMLARDA POTANSİYEL BAĞINTISI

Katmanlı ortamlar için görüntü kuramına göre potansiyel bağıntısı hesabında şekil 1.1.6.1.1. temel alınır.



Şekil 1.1.6.1.1. İki Katmanlı Ortamda Görüntü Kuramı

Potansiyel hesabı için önce her bir görüntünün P noktasındaki potansiyele etkisi sınır düzleminin yansımaya katsayısına göre aşağıdaki şekilde hesaplanır .

- 1.Süreksizlik yüzeyinde yansımaya katsayısı β_1
- 2 Süreksizlik yüzeyinde yansımaya katsayısı β_2 olarak tanımlandığında;

$$\beta_1 = \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_1 + \rho_0} = \frac{\rho_1 - \infty}{\rho_1 + \infty} = 1 \quad (\text{Havanın yansımaya katsayısı}) \quad (1.1.6.1.1)$$

bağıntıları bulunur. P noktasındaki toplam gerilim C, C_1, C_2, C_3, C_4 nokta akım kaynaklarının yarattığı gerilimlerin bir toplamı olarak ;

C' 'deki akım şiddeti I ; noktada oluşan potansiyel	$v = \frac{I\rho_1}{2\pi r}$
C_1 'deki akım şiddeti $I\beta_2$; noktada oluşan potansiyel	$v = \frac{I\rho_1\beta_2}{2\pi r_1}$
C_2 'deki akım şiddeti $I\beta_1\beta_2$; noktada oluşan potansiyel	$v = \frac{I\beta_1\beta_2\rho_1}{2\pi r_2}$
C_3 'deki akım şiddeti $I\beta_2\beta_1\beta_3$; noktada oluşan potansiyel	$v = \frac{I\beta_2^2\rho_1}{2\pi r_3}$

$$v_p = v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + \dots + v_m + \dots \quad (1.1.6.1.2)$$

$$v_p = \frac{I\rho_1}{2\pi r} \left(1 + 2 \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\beta^m}{\sqrt{1 + \left(\frac{2md}{r} \right)^2}} \right) \quad (1.1.6.1.3)$$

bağıntısından hesaplanır.

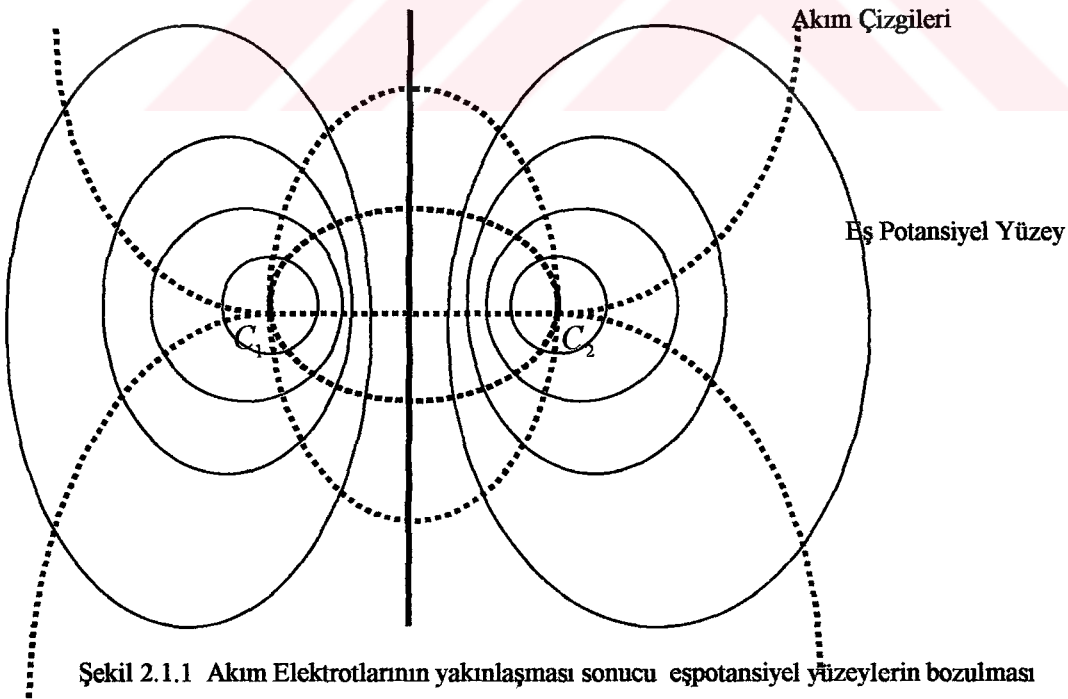
(1.1.6.1.3) denkleminin birinci terimi yarı sonsuz , tekdüze , izotrop bir ortamdaki potansiyel bağıntısıdır ve buna normal potansiyel denir . Seri ile gösterilen ikinci terim ise homojen ortamı bozucu kısım yani tabakalı ortamlarda tabakalardan kaynaklanan etki potansiyelini verir . (Bozucu Potansiyel)

BÖLÜM İKİ

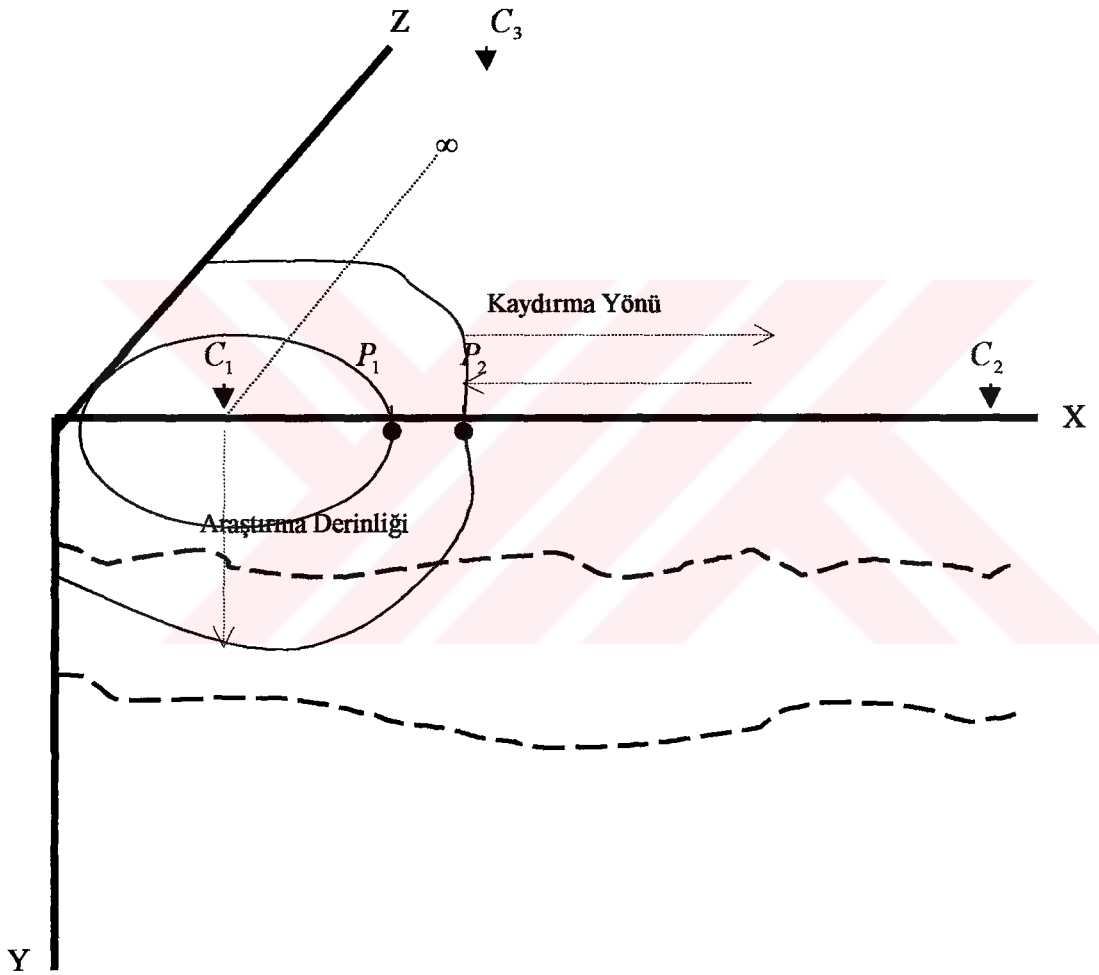
KURAMSAL ÇALIŞMA

2.1 BEŞ ELEKTROT YÖNTEMİ

Bu dizilim sisteminde Schlumberger dizilimi temel alınarak C_3 akım elektrodu profil boyuna dik olarak ∞ (sonsuz) kabul edilebilecek yani en az $5a$ uzaklığa yerleştirilir . Böylece hem tam Schlumberger hemde iki yarım Schlumberger ölçülerini aynı anda yapacak bir sistem oluşturulmuş olur ve hem DES hem de profil ölçülerinin aynı anda yapılması sağlanır. Bu dizilim sisteminin özelliklerini incelemek için önce dört elektrot diziliminde oluşan akım ve eşpotansiyel çizgilerinin gözönüne alınması gerekir (Şekil 2.1.1).



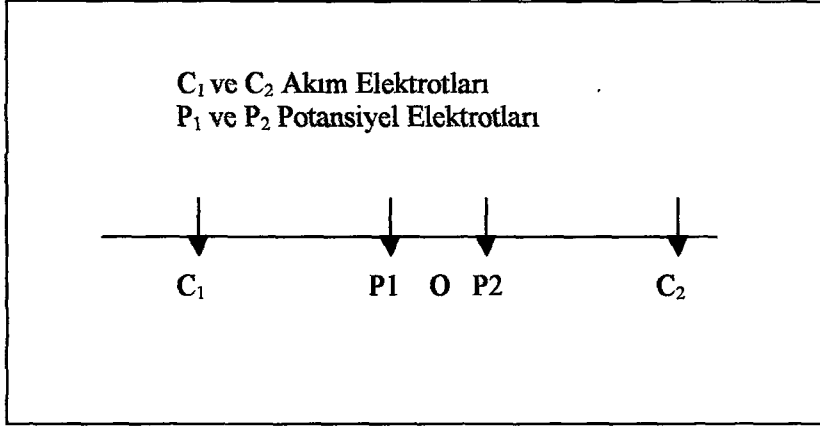
Sheriff (1988) ve Keller (1970-1994) te özdirenç çalışmalarında kullanılmak üzere verilen bağıntılarda baz alınan tek nokta akım kaynak ve sonucunda tam küresel eşpotansiyel yüzey dağılımıdır (Eşpotansiyel yüzey tanımı tamamen izafi olup akım dağılımının yatay ve düşey bileşenlerini bulmak için kullanılır -Lowrie .W 1997 Fundamentals Of Geophysics). Görünür özdirenç hesaplamalarında kabulün bu şekilde olmasına dayanarak tek nokta akım kaynak gibi davranacak bir dizilim oluşturulması gerekir Şekil(2.1.2). Bunun için yarım dizilim sistemlerinin kullanılması gerekir. Bu tür kullanımlar için beş elektrot dizilimi uygundur.



Şekil 2.1.2 Beş Elektrot Yönteminin Arazi Dizilimi

Bu şekilde bir dizilim ile düşey ve yanal araştırmaları aynı anda yapmamızı sağlar . Uygulamada C_1C_2, C_1C_3, C_2C_3 akım elektrotları kullanılarak her a mesafesi için üç ölçü alınır . P_1P_2 aralığı a uzaklığına göre çok küçük seçildiğinde görünür özdirenç değerleri için (2.1.1) bağıntısı kullanılır .Şekil(2.1.3)

$$\rho_a = \frac{2\pi a^2}{I} \left(\frac{\partial v}{\partial a} \right) \quad (\text{Sheriff, 1988}) \quad (2.1.1)$$



Şekil 2.1.3 Tam Schlumberger Elektrot Dizilimi

2.1.1. PROFİL ÖLÇÜLERİ

2.1.1.1. PROFİL ÖLÇÜLERİNDE GÖRÜNTÜ KURAMI

Profil ölçümleri, yanal süreksizlik oluşturan bir yapıyı (Şekil 2.1.1.1.1) araştırmak için herhangi bir dizilim kullanılarak yapıldığında yanal süreksizlik sınırının etkisi ile oluşabilecek koşullar görüntü kuramıyla açıklanır. Bu sistem, dx aralıklarla bir profil boyunca kaydırıldığında C_1 ve P_1 elektrotlarının dayk sınırına göre konumlarına bağlı olarak oluşabilecek koşullara göre potansiyel değerleri (Sheriff 1988 ve Keller 1970-1994) de verilen bağıntılar ortak kullanılarak aşağıda verilmiştir. Bağıntılarda ölçü noktası P_1 kabul edilerek görünür öz direnç anomali çizimleri yapılmıştır. Ayrıca bağıntıların tümünde

ρ_1 ve ρ_2 = Ortamların gerçek öz direnci

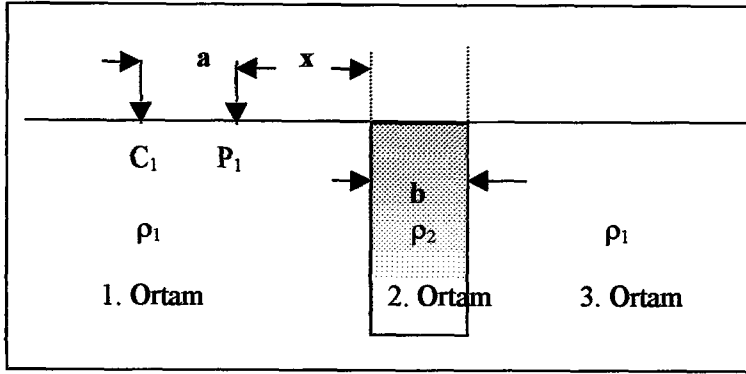
$$K_{12} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (2.1.1.1.1)$$

$$K_{21} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \quad (2.1.1.1.2)$$

a = C_1 - P_1 arasındaki uzaklık

b =Dayk genişliği

x = P_1 (ölçü noktası) noktasının fay ve dayk sınırına olan uzaklığı tanımlamaları geçerlidir.



Şekil 2.1.1.1.1 Olası Bir Süreksizlik Konumu

2.1.1.2. DÜŞEY DAYK YAPISI

2.1.1.2.1. C₁ ve P₁ in birinci ortamda olması (1. Koşul)

Bu koşul profil başlangıcının dayk sınırına olan uzaklığı elektrot açıklığından büyük olduğunda a, b ve dx parametrelerinden bağımsız olarak daima oluşur. Bu durumda P₁ noktasında oluşan potansiyel aşağıda verilmiştir (Şekil 2.1.1.2.1.1).

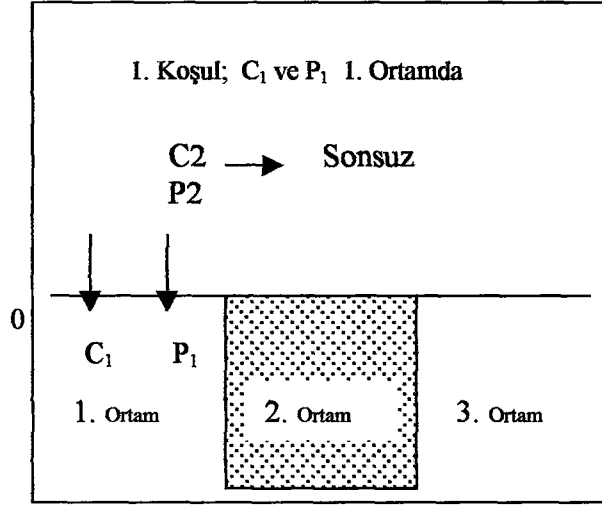
$$\frac{\partial V}{\partial a} = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{a^2} + \frac{K_{12}}{(2x+a)^2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(1-K_{21}^2)K_{21}^{(2n-1)}}{(2x+2nb+a)^2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{12}(1-K_{21})K_{21}^{(2n-1)}}{(2nb-a)^2} \right\} \quad (2.1.1.2.1.1)$$

2.1.1.2.2. C₁ in birinci ortamda P₁ in ikinci ortamda olması (2. Koşul)

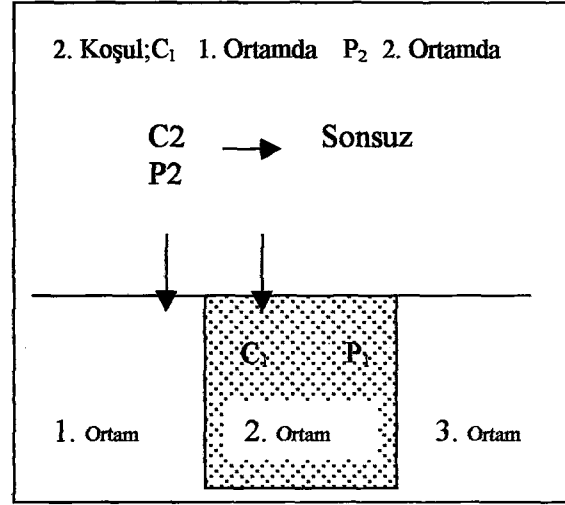
Bu koşulun oluşabilmesi için daima $dx < a$ ve $a < b$ olması gerekir (şekil 2.1.1.2.2.1).

Bu durumda ölçü noktası daykın içinde olup potansiyel bağıntıları

$$\frac{\partial V}{\partial a} = \frac{\rho_2(1-K_{12})}{2\pi} \left[\frac{1}{a^2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{(2n-1)}}{(2nb-2x+a)^2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{2n}}{(2nb+a)^2} \right] \quad (2.1.1.2.2.1)$$



Şekil 2.1.1.2.1.1 Birinci Koşul



Şekil 2.1.1.2.2.1 İkinci Koşul

2.1.1.2.3. C₁ in birinci ortamda P₁ in üçüncü ortamda olması (3 Koşul)

Bu durum ancak daykın çok ince olması ($a \gg b$) koşulunda geçerli olup (Şekil 2.1.1.2.3.1) potansiyel bağıntıları

$$\frac{\partial V}{\partial a} = \frac{I\rho_1(1-K_{12}^2)}{2\pi} \left[\frac{1}{a^2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{12}^n}{(2nt+a)^2} \right] \quad (2.1.1.2.3.1)$$

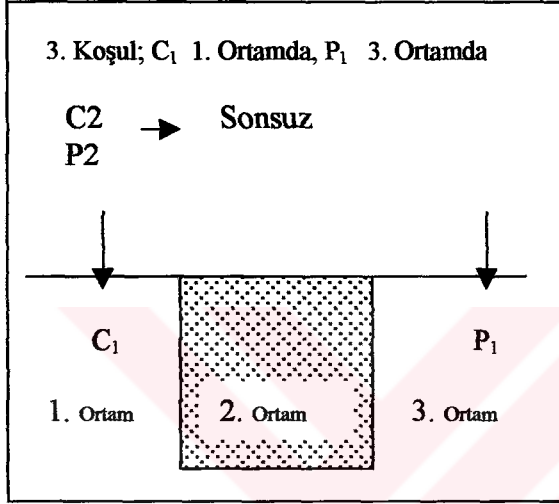
ile ifade edilir. Bu koşul olduğu sürece potansiyel değerleri x değerinden bağımsız olduğu için sabit değer alır (Şekil 2.1.1.2.3.1).

2.1.1.2.4. C₁ ve P₁ in ikinci ortamda olması (4. Koşul)

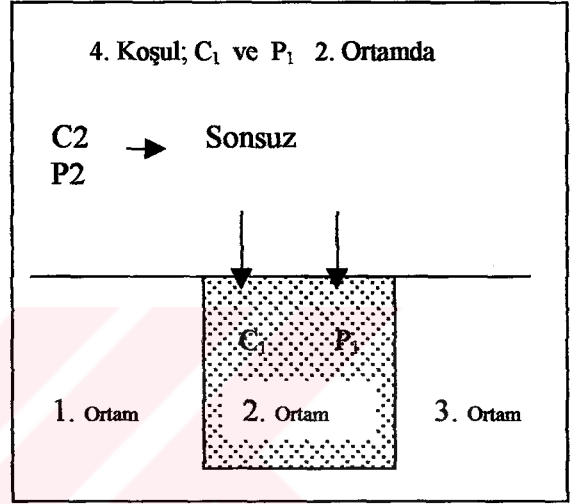
Bu koşulun oluşabilmesi için $a \ll b$ ve $dx \ll a$ olması gerekir. Bu koşulda ölçü noktası ve akım elektrotlarının her ikisi de daykın içinde kalmaktadır. Oluşan potansiyel değerleri . Şekil (2.1.1.2.4.1)

$$\frac{\partial V}{\partial a} = \frac{\rho_2 I}{2\pi} \left[\frac{1}{a^2} + \frac{K_{21}}{(2x-a)^2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{(2n-1)}}{(2nb-2x+a)^2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{2n}}{(2nb+a)^2} \right] - \left[\sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{(2n+1)}}{(2nb+2x-a)^2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{2n}}{(2nb-a)^2} \right] \quad (2.1.1.2.4.1)$$

bağıntıları ile tanımlanır.



Şekil 2.1.1.2.3.1 Üçüncü Koşul



Şekil 2.1.1.2.4.1 Dördüncü Koşul

2.1.1.2.5. C₁ in ikinci ortamda ve P₁ in üçüncü ortamda olması (5. Koşul)

Bu koşulun oluşabilmesi için $a < b$ ve $dx < a$ koşullarının olması gerekir. Oluşan potansiyel değerleri

$$\frac{\partial V}{\partial a} = \frac{\rho_2 I(1-K_{21})}{2\pi} \left[\frac{1}{a^2} - \frac{K_{21}}{(2x-a)^2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{(2n+1)}}{(2x+2nb-a)^2} \right] \quad (2.1.1.2.5.1)$$

bağıntılarından hesaplanır. Şekil (2.1.1.2.5.1)

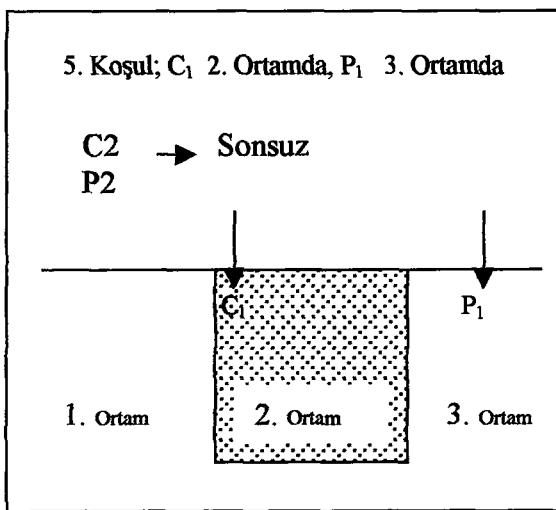
2.1.1.2.6. C₁ ve P₁ in üçüncü ortamda olması (6. Koşul)

Bu koşul dayk sınırından en az a kadar mesafede başlayıp a, b ve x değerlerine bağlı olmadan daima oluşur. Bu koşulda potansiyel değerleri

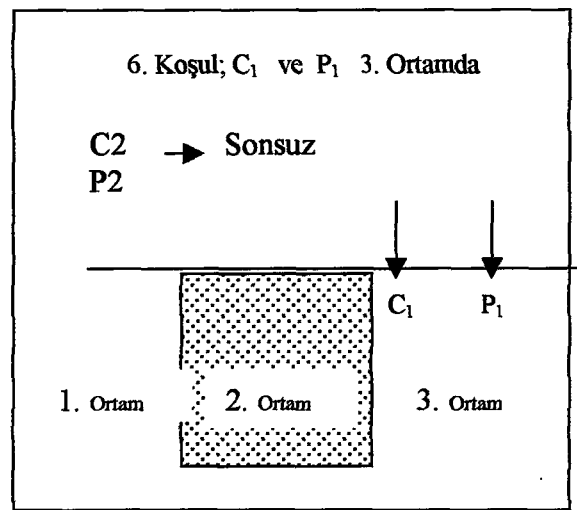
$$\frac{\partial V}{\partial a} = \frac{\rho_1 I}{2\pi} \left[\frac{1}{a^2} - \frac{K_{12}}{(2x+2b-a)^2} - \frac{(1-K_{21})^2 K_{21}}{(2x-a)^2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(1-K_{21})^2 K_{21}^{(2n+1)}}{(2x+2nb-a)^2} \right] - \left[\sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{12} K_{21}^{(2n-1)} (1-K_{21})}{(4x+2nb-a)^2} \right] \quad (2.1.1.2.6.1)$$

bağıntılarından hesaplanır. Şekil (2.1.1.2.6.1)

Yarı schlumberger dizilim sisteminde oluşan görünür öz direnç değerleri için (2), (3), (4), (5), (6) ve (7) nolu koşula ait bağıntılar (1) nolu koşulun bağıntısında yerine konur. Elde edilen görünür öz direnç değerleri de P_1 - P_2 nin orta noktasına atanarak x e göre grafiklenir. Yarı sonsuz, homojen ve izotrop ortamlarda $a \ll b$ ve $dx \ll a$ koşulları için yukarıda tanımlanan (1), (2), (4), (5) ve (6) koşullarının tümü oluşur ve görünür öz direnç anomalileri (Sheriff, 1988 ve Keller, 1970) de verilenlere uygun olur. Ancak arazi uygulamalarında özellikle b değeri bilinmediği ve ayrıca ortam yarı sonsuz homojen ve izotrop olmadığından görüntü kuramı koşulların bir kısmı oluşmaz ve görünür öz direnç anomali biçimleri de klasik olarak verilenlerden farklı olabilir. Bu durumda farklı a , t , L ve dx değerleri için ayrıntılı modelleme çalışmalarının yapılarak anomali biçimini etkileyen parametrelerin irdelenmesi aşağıda yapılmıştır.



Şekil 2.1.1.2.5.1 Beşinci Koşul



Şekil 2.1.1.2.6.1 Altıncı Koşul

2.1.1.3. Düşey fay

Düşey dayk yapısı için oluşturulan bu bağıntılarda dayk genişliği (b) çok büyük alındığında yapı düşey fay sistemine dönüşür ve bu durumda (1), (2) ve (4) koşulları geçerli olur ve kuramsal anomaliler bu bağıntılara göre oluşturulur. Özellikle fay düzleminin yerinin saptanmasında (2) koşul (akım elektrotu 1. ortamda potansiyel elektrotu 2. ortamda) önem kazanmaktadır. Bu koşulun oluşması için arazi çalışmalarında “ $dx < a$ ” seçimine dikkat edilmesi gerekir. Diğer iki koşul (1 ve 4 koşulu) parametrelerden bağımsız olarak daima oluşur.

2.2. DÜŞEY ELEKTRİK SONDAJ ÇALIŞMALARI

Düşey elektrik sondaj verilerinin değerlendirilmesinde genel olarak model DES verileri kullanılır. Model DES verileri için tek nokta akım kaynağının katmanlı ortamlarda oluşturduğu potansiyel dağılımı temel alınır. Ortamın t_n kalınlıklı, ρ_n öz dirençli yatay yarı sonsuz homojen ve izotrop sonlu sayıda katmanlardan oluştuğu ve nokta akım kaynağının yeryüzünde olduğu varsayılır. Bu koşulda yeryüzünde nokta akım kaynağından a uzaklıkta oluşan potansiyel değerleri

$$V(a) = \left(\frac{I}{2\pi} \right) \int_0^{\infty} T(\lambda) J_0(\lambda a) d\lambda \quad (2.3.1)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Tam Schlumberger dizilim sistemi ile yapılan düşey elektrik sondaj (DES) çalışmaları için kuramsal çalışmalarda model yapısına'ya bağlı olarak oluşturduğu kuramsal görünür

Özdirenç bağıntısı ;

$$\rho_{as}(a) = a^2 \int_0^{\infty} T(\lambda) J_1(\lambda a) d\lambda \quad (2.3.2)$$

ile tanımlanır. Görünür öz direnç değerleri de a ya göre grafiklenir. Arazi çalışmalarında ölçü alınırken elektrik alanının ölçüldüğü varsayılır ve bu durumda arazi çalışmaları için görünür öz direnç değerleri

$$\rho_{as}(a) = \frac{2\pi a^2 E}{I} \text{ (Koefed, 1979 sayfa 43 bağıntı 4.3.3.)} \quad (2.3.3)$$

bağıntısından hesaplanır ve yine a ya göre grafiklenir (Şekil 2.2.1.)

Yarım Schlumberger dizilim sisteminde DES amaçlı arazi çalışmaları için görünür özdirenç değerleri ;

$$\rho_{as}(a) = \frac{2\pi a^2}{I} \left(\frac{\partial V}{\partial a} \right) \text{ (Sheriff ve vd 1987 sayfa 658 bağıntı 8.42.c)} \quad (2.3.4)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Kuramsal çalışmalarda ise

$$\rho_{as}(a) = a^2 \int_0^{\infty} T(\lambda) J_1(\lambda a) d\lambda \quad (2.3.5)$$

bağıntısı temel alınır. Veriler a göre Log-Log kağıta grafiklenir (Şekil 2.2.1.). (2.3.1), (2.3.2), (2.3.3), (2.3.4) ve (2.3.5) bağıntılarında ;

V= Potansiyel

a= Nokta kaynak ile potansiyel elektrodu arasındaki uzaklık

$T(\lambda)$ =Dönüşük özdirenç fonksiyonu

$J_0(\lambda)$ =Sıfırıncı dereceden Bessel fonksiyonu

$\rho_{as}(a)$ = Görünür özdirenç

a= Akım elektrotları arasındaki yarı uzaklık

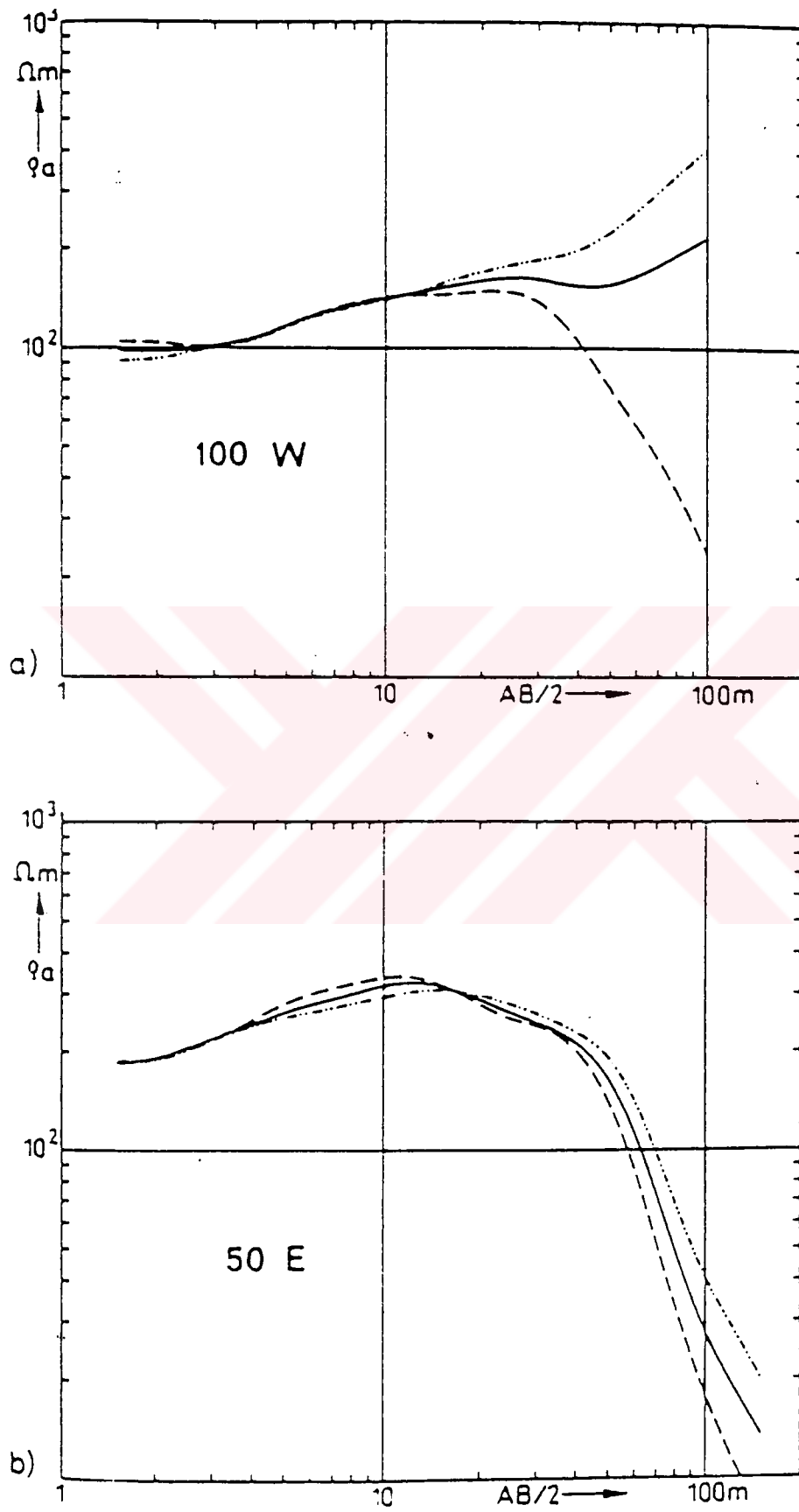
$E=(\partial V/\partial a)$ = Elektrik alan

I= Akım şiddeti

olarak tanımlanır. Kuramsal tam schlumberger ve yarım schlumberger DES çalışmalarında kullanılan (2.3.2) ve (2.3.5) bağıntılarına birbirine eşdeğer olup bu durum DES çalışmalarında bazı sorular oluşmasına neden olmaktadır. Tam ve yarım Schlumberger düşey verileri arasında bir fark yoksa yarım Schlumberger DES verileride tam Schlumberger değerlendirme yöntemleriyle değerlendirilebilir mi ?.

Tüm kuramsal çalışmalarda tek nokta akım kaynağının oluşturduğu potansiyelden yola çıkılmakta ve ayrıca potansiyel dağılımının yatayda nokta akım kaynağına göre dairesel bakışlı olduğu kabul edilmektedir. Tam Schlumberger dizilim sisteminde ise iki akım nokta kaynağı nedeniyle dairesel simetri bozulmakta ve sınır koşullarından sapmalar olmaktadır. Bu durumda yarım Schlumberger sistemi ile DES çalışması yapılması kuramsal çalışmalara daha uygun olurmu sorusunun yanıtlanması gerekmektedir. Bu sorunun yanıtı açılmış sondaj kuyusunda yapılan kuyu logu ölçümleri ile DES verilerinin karşılaştırılmasıdır.





Şkil 2.2.1 Tam ve Yarım Schlumberger Model Eğrileri

BÖLÜM ÜÇ

MODEL ÇALIŞMALARI

3.1. MODEL ÇALIŞMALAR

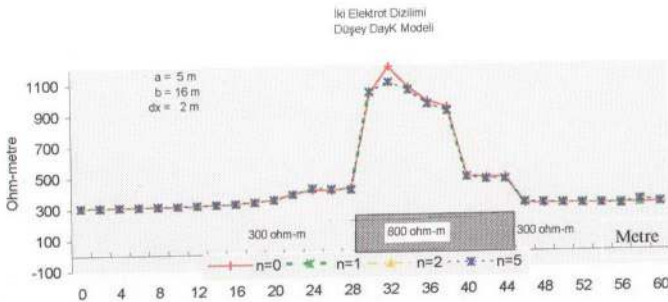
Beş elektrot elektrot dizilimin işlerliğinin irdelenmesi için profil ve DES verileri için ayrı ayrı model çalışmalar yapılmıştır.

3.1.1. PROFİL ÇALIŞMALARI

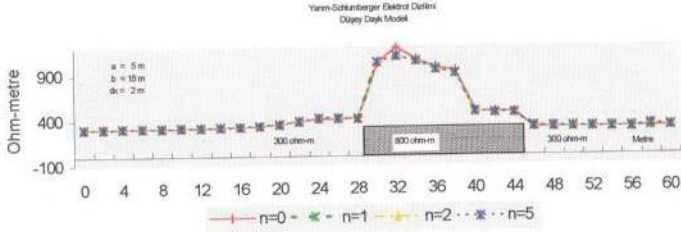
Profil çalışmalarında düşey dayk ve fay yapısı temel alınarak yarım Schlumberger ve çift elektrot dizilimleri için model çalışmalar yapılmıştır.

3.1.1.1. DÜŞEY DAYK ve FAY YAPISI

Görüntü kuramına göre, dayk yapısında altı koşul geçerlidir. Fay yapısı için ise 3 koşul geçerlidir. Bu koşulların oluşmasına bağlı olarak tam anomali biçimini , profil boyu (L) , yansıma katsayısı (k) , n parametresi, elektrot aralığı (a) , dayk genişliği (b) ve kayma miktarı (dx) etkilemektedir. Bu parametreler aşağıda dayk ve fay yapıları için ayrı ayrı incelenmiştir.



Şekil 3.1.1.1.1 İki Elektrot Dizilimi Düşey Dayk Modeli



Şekil 3.1.1.1.2 Yarıml Schlumberger Elektrot Dizilimi Düşey Dayk Modeli

n parametresi

Görüntü kuramına göre elde edilen potansiyel bağlantılarında “n” parametresi 1 ile ∞ arasında değişmektedir. Yapılan kuramsal uygulamalarda n=2 den sonra anomali biçiminde belirgin değişimler olmadığı saptanmıştır (Şekil 3.1.1.1.1 ve 3.1.1.1.2)

Profil uzunluğu (L)

Fay ve dayk sınırından kaynaklanan değişimlerin tam olarak izlenebilmesi için profil boyunun fay için en az $2a$, dayk için en az $(2a+t)$ olması gerekir.

k parametresi

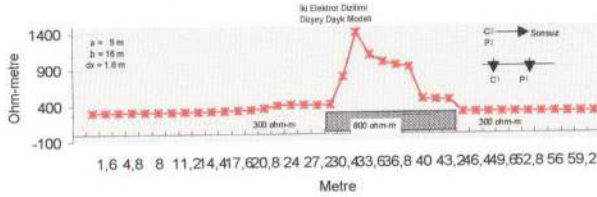
Bu parametre ortamların gerçek özdirençleri arasındaki büyüklük farkından etkilenmektedir. Fark ne kadar fazla olursa anomali genişliğindeki değişimler o kadar belirgin olur.

b, a ve dx parametreleri

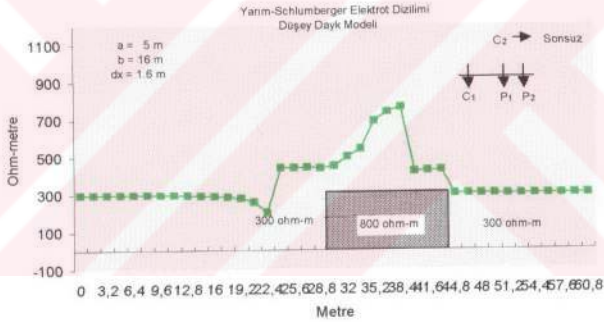
Bu parametrelerdeki değişimler anomali biçimini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle bu parametrelerin ayrıntılı irdelenmesi gerekir. Bu irdeleme aşağıda dayk ve fay yapıları için ayrı ayrı yapılmıştır.

3.1.1.1.1 DÜŞEY DAYK YAPISI

a) $b \gg a$ ve $dx \ll a$ olduğunda, 3 üncü koşul hariç diğer tüm koşullar her iki dizilim için de daima oluşur. Bu durumda yapı hakkında yorum yapmak kolaylaşır (Şekil 3.1.1.1.1.1 ve 3.1.1.1.1.2)

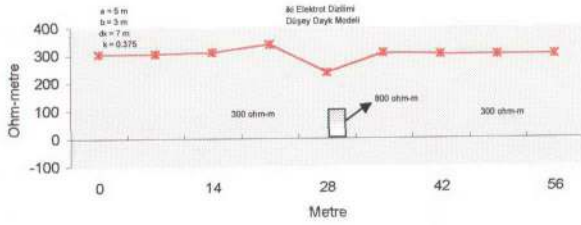


Şekil 3.1.1.1.1 İki Elektrot Dizilimi Düşey Dayk Modeli

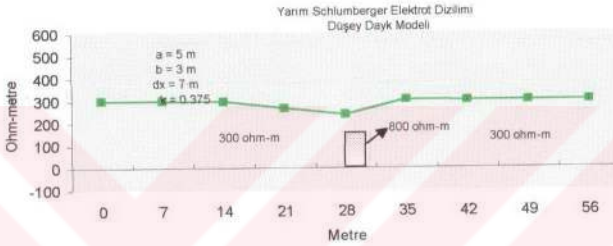


Şekil 3.1.1.1.2 Yanm Schlumberger Dizilimi Düşey Dayk Modeli

b) $b \gg a$ ve $dx > b$ ise 1 ve 6 ncı koşullar her zaman oluşurken, 3 üncü koşul hiçbir zaman oluşmaz. Diğer koşulların oluşma olasılığı düşüktür (Şekil 3.1.1.1.1.3 ve 3.1.1.1.1.4).

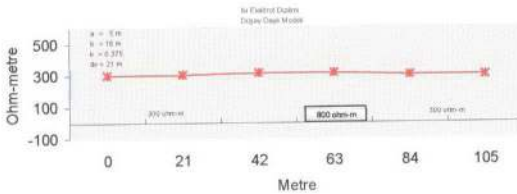


Şekil 3.1.1.1.1.3 İki Elektrot Dizilimi Düşey Dayk Modeli

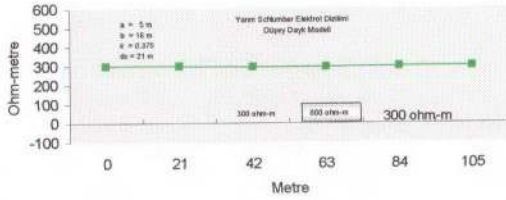


Şekil 3.1.1.1.1.4 Yarım Schlumberger Dizilim Düşey Dayk Modeli

- c) $b > a$ ve $dx \gg b$ ise yine 1 ve 6 ıncı koşullar her zaman oluşur. 4 üncü koşul hiçbir zaman oluşmaz. 2, 3, ve 5 ınci koşulların oluşma olasılıkları da yok denecek kadar azdır (Şekil 3.1.1.1.1.5 ve 3.1.1.1.1.6).

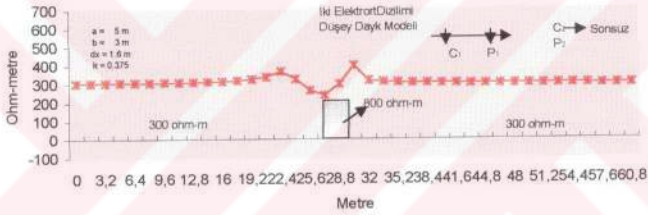


Şekil 3.1.1.1.1.5 İki Elektrot Dizilimi Düşey Dayk Modeli

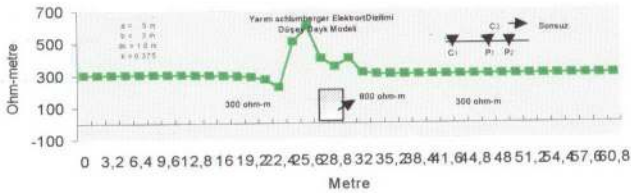


Şekil 3.1.1.1.1.6 Yarıml Schlumberger Dizilimi Düşey Dayk Modeli

d) $b < a$ ve $dx \ll b$ olduğunda 1, 2, 3, 5 ve 6 ncı koşullar her zaman oluşurken 4.koşul hiç oluşmaz (Şekil 3.1.1.1.1.7 ve 3.1.1.1.1.8).

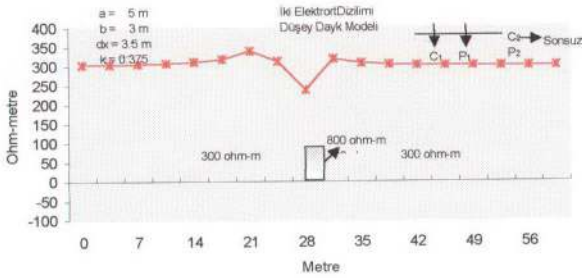


Şekil 3.1.1.1.1.7 İki Elektrot Dizilimi Düşey Dayk Modeli

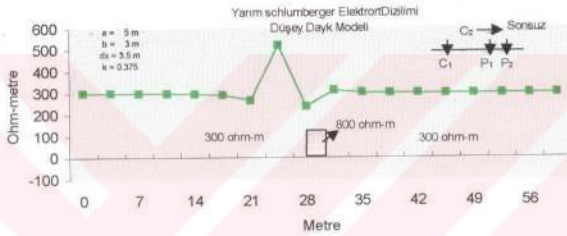


Şekil 3.1.1.1.1.8 Yarıml schlumberger Elektrot Dizilimi Düşey Dayk Modeli

e) $b < a$ ve $dx > b$ ise yine 1 ve 6 ncı koşullar her zaman oluşurken 4 üncü koşul hiç bir zaman oluşmaz. Diğer koşulların oluşma olasılıkları da çok düşüktür (Şekil 3.1.1.1.1.9 ve 3.1.1.1.1.10).

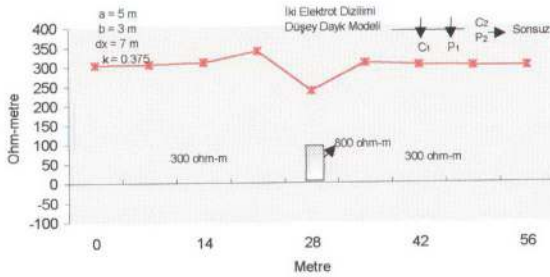


Şekil 3.1.1.1.9 İki Elektrot Dizilimi Düşey Dayk Modeli

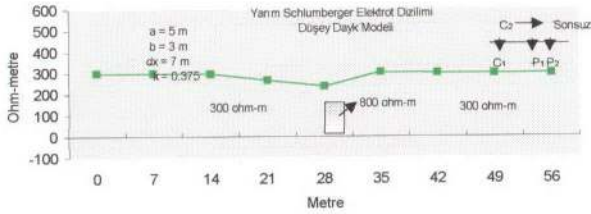


Şekil 3.1.1.1.10 Yarım Schlumberger Dizilimi Düşey Dayk Modeli

İf $b < a$ ve $dx \gg b$ ise yine 1 ve 6 ıncı koşullar her zaman oluşurken diğer koşulların oluşma olasılıkları yok denecek kadar azdır (Şekil 3.1.1.1.1.11 ve 3.1.1.1.1.12).



Şekil 3.1.1.1.10 İki Elektrot Dizilimi Düşey Dayk Modeli



Şekil 3.1.1.1.1.11 Yarım Schlumberger Dizilimi Düşey Dayk Modeli

3.1.1.1.2. DÜŞEY FAY YAPISI

Fay yapısı için yalnızca a ve dx parametre değişimleri anomali biçimini etkilemektedir. Anomali biçiminden fay yerinin belirlenmesinde özellikle 2. koşulun gerçekleşmiş olması gerekir. Bu koşulun oluşması için, $dx < a$ olması sağlanmalıdır. İdealde bu koşul için en az üç ölçü olması gerekir. Bu nedenle dx aralığının en fazla dizilim aralığının 1/3 ü kadar seçilmelidir.

3.1.2. DÜŞEY ELEKTRİK SONDAJ ÇALIŞMALARI

Düşey elektrik sondaj çalışmalarında (2.3.2) ve (2.3.5) bağıntıları temel alınarak tam ve yarım Schlumberger DES verileri oluşturulmuştur (Şekil 2.2.1.). Şekle bakıldığında akım elektrotları arasındaki ortam aynı olduğunda grafikler birbirine paralel konumda olur. Eğer ortamda herhangi bir farklılık varsa bu paralellik bozulur.

BÖLÜM DÖRT

ARAZİ UYGULAMALARI

4.1. PROFİL ÇALIŞMASI

4.1.1. BANDIRMA DUTLİMANI BÖLGESİ

4.1.1.1. GENEL JEOLojİ

Çalışma alanı Bandırma ilçesi sınırları içinde Dutlîmanı bölgesinde olup ayrıca birinci derece deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır (Şekil 4.1.1.1.1, 4.1.1.1.4 ve 4.1.1.1.5.). İnceleme alanı alttan üste doğru, Permo-Triyas yaşlı Dutlîmanı formasyonu, Geç Triyas yaşlı Ağıldere ve Karabayır formasyonları ile Holosen yaşlı alüvyon ve kumsal çökellerinden oluşmaktadır (Şekil 4.1.1.1.2 ve 4.1.1.1.3) . Bu birimler çalışma alanı ve çevresinde yüzlek verir. Bu birimlerden Dutlîmanı, Ağıldere ve Karabayır formasyonları Karakaya Kompleksine ait olan formasyonlardır ve bu formasyonların genel jeolojik özellikleri aşağıda verilmiştir.

4.1.1.1.1. Karakaya Kompleksi

4.1.1.1.1.1. Dutlîmanı Formasyonu

Dutlîmanı formasyonu inceleme alanının temelini oluşturur. Formasyon, Dutlîmanı köyünden batıya doğru Ağılderesine kadar geniş bir alanda yüzlek verir. Dutlîmanı formasyonu başlıca koyu yeşil renkli metavolkanitlerden ve metaçamurtaşlarından yapıldır. Bu litoloji topluluğu içinde irili ufaklı çok sayıda

mermer mercekleri gözlenir. Mermer merceklerinin büyük bir çoğunluğu beyaz renkli laminalı mermerlerden oluşur. Formasyonun alt dokanağı çalışma alanı içinde gözlenememektedir. Formasyon, Ağıldere formasyonu tarafından uyumsuz bir dokanakla üstlenir.

4.1.1.1.1.2. Ağıldere Formasyonu

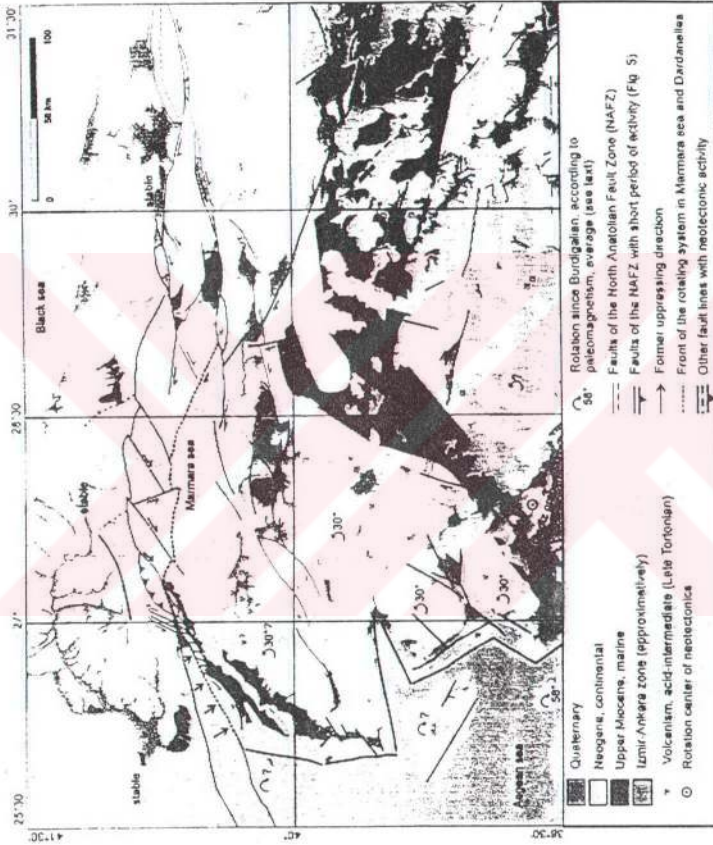
Ağıldere formasyonu çalışma alanının batısında ve güney doğusunda yüzlek verir. Özellikle Ağıl Dere boyunca uzanım sunar. Ağıldere formasyonu tabanda olistostromal bir düzeyle başlar ve üste doğru kuvarsofeldspatik kumtaşlarına geçer. Tabanda gözlenen koyu gri renkli kumtaşı-çamurtaşı ardalanması aşırı derecede makaslanmış ve kumtaşları budinleşmiştir. Formasyonun ana litolojisini oluşturan kuvarsofeldspatik kumtaşları sarımsı-bej-kirli beyaz renkli ve genellikle tabakalanmasızdır. Bazı kesimlerde koyu-gri-siyahımsı renkli kireçtaşı blokları içerir. Formasyon uyumlu bir dokanakla Karabayır formasyonu tarafından üstlenir.

4.1.1.1.1.3. Karabayır Formasyonu

Karabayır formasyonu çalışma alanının güneybatısındaki Karabayır çevresinde yüzlek verir. Karabayır formasyonu başlıca, koyu kahve renkli çamurtaşlarından oluşur. Ayrıca bu çamurtaşları içinde siyah renkli şeyl aradüzeyleri ile değişik boyutlu kumtaşı mercekleri de gözlenir. Formasyonun bazı kesimlerinde yer yer boyu birkaç metre arasında değişen koyu gri-siyah renkli kireçtaşı blokları bulunur.

4.1.1.1.2. Alüvyon Ve Kumsal Çökelleri

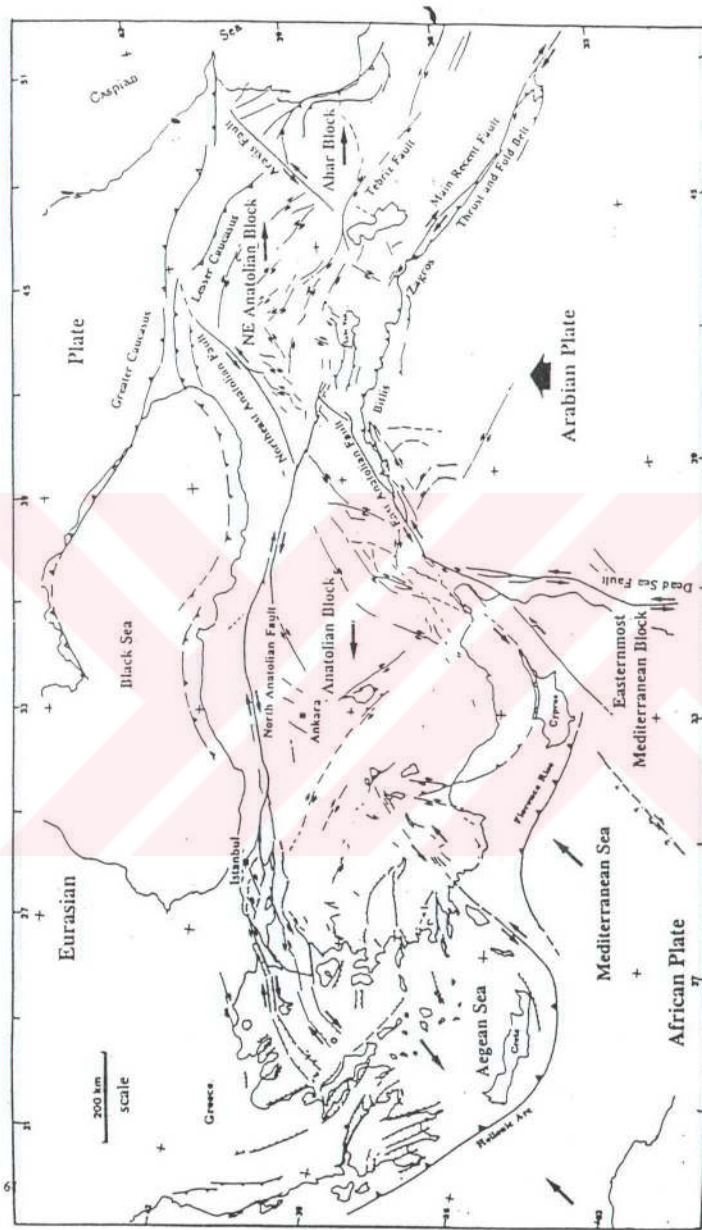
Çalışma alanında yeralan alüvyon ve kumsal çökeller, Dutlimanı Köyü çevresinde gözlenir ve Dutlimanı formasyonu üzerine aşıl uyumsuz olarak gelir. Karadan gelen malzeme ve denizin etkisiyle oluşan bu birim pekleşmemiş çakıl ve kum boyutundaki malzemeden oluşur.



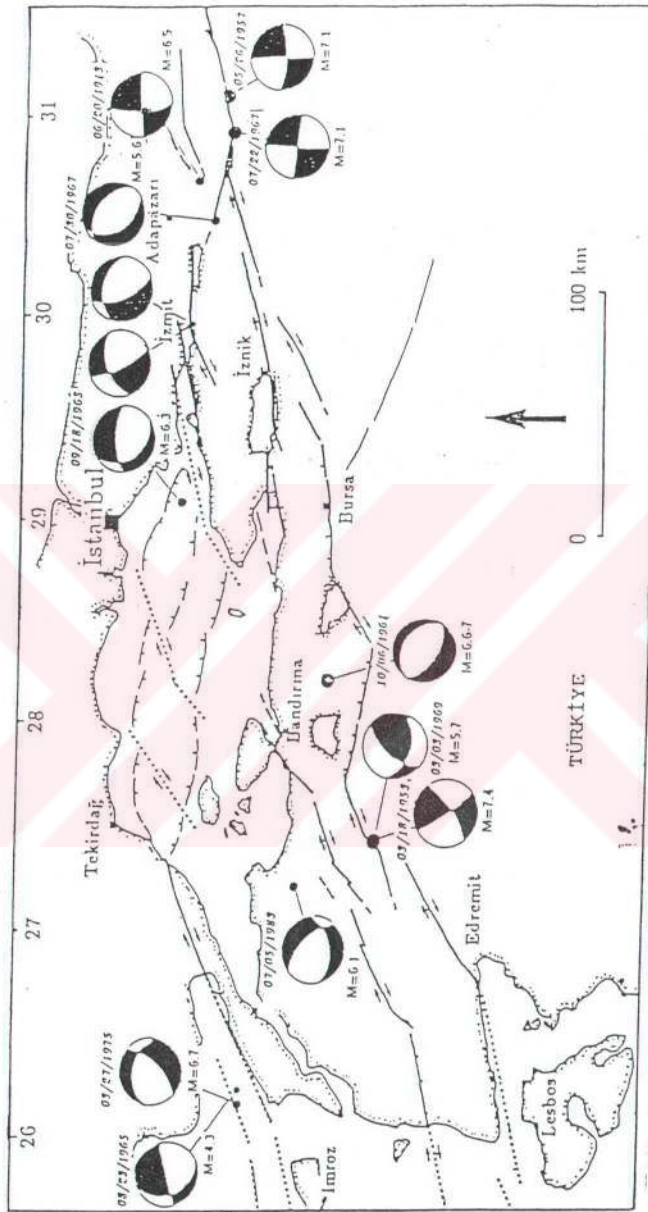
Şekil 4.1.1.1 Marmara Bölgesinin Genel Jeolojisi Haritası

Yaş	GRUP	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
HOLOSEN		Aluyon Kumusal	5	Pekleşmemiş çakıl ve kum boyutundaki malzeme
Geç TRIYAS	KARAKAYA KOMPLEKSİ	Karabayer	>100	Uyumsuzluk Koyu gri-siyah renkli kireçtaşı blokları Kahverenkli kumtaşı ve kireçtaşı arakatlılı çamurtaşları Çamurtaşları içinde siyah renkli şeyl aradüzeyleri
		Dereagzi	100	Sarims-boz renkli kuvarsofeldspatik kumtaşları Tabanda koyu gri-siyah renkli kumtaşı-çamurtaşı ardalanması, yersel kireçtaşı blokları
		Dutlimanı	>400	Uyumsuzluk Koyu yeşil renkli değişik boyutlu mermer mercekleri içeren metavolkanit ve metaçamurtaşları
PERMO-TRIYAS				

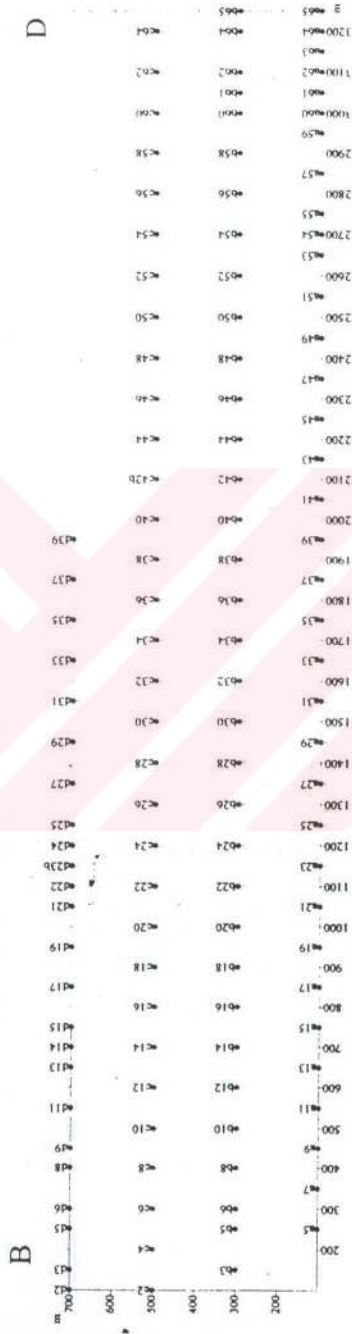
Şekil 4.1.1.1.3 Çalışma Alanının Stratigrafik İstifi



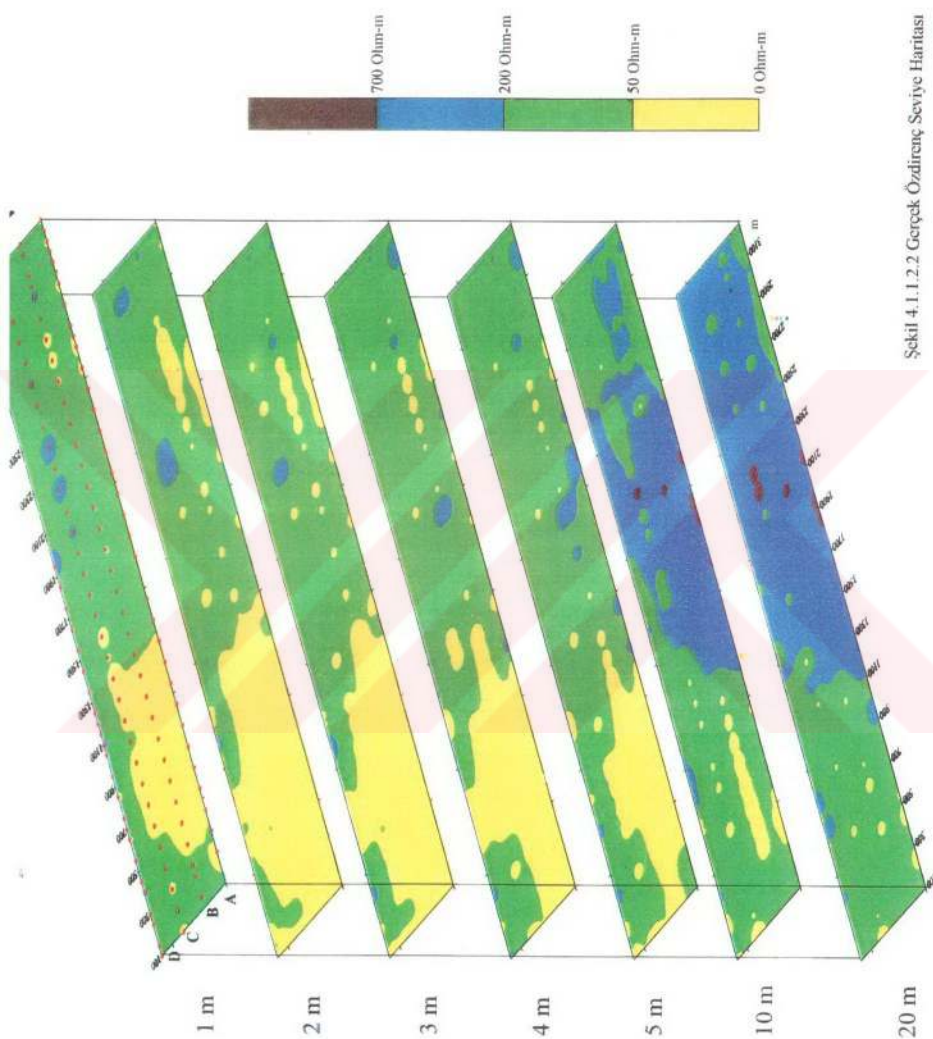
Şekil 4.1.1.4 Türkiye ve Çevresinin Tektonik Haritası



Şekil 4.1.1.5 Marmara Denizi ve Çevresinde Oluşan Depremlerin Dağılım Haritası



Şekil 4.1.2.1 Çalışma Profili DES Lokasyon Haritası



Şekil 4.1.1.2.2 Gerçek Özdirenç Seviye Haritası

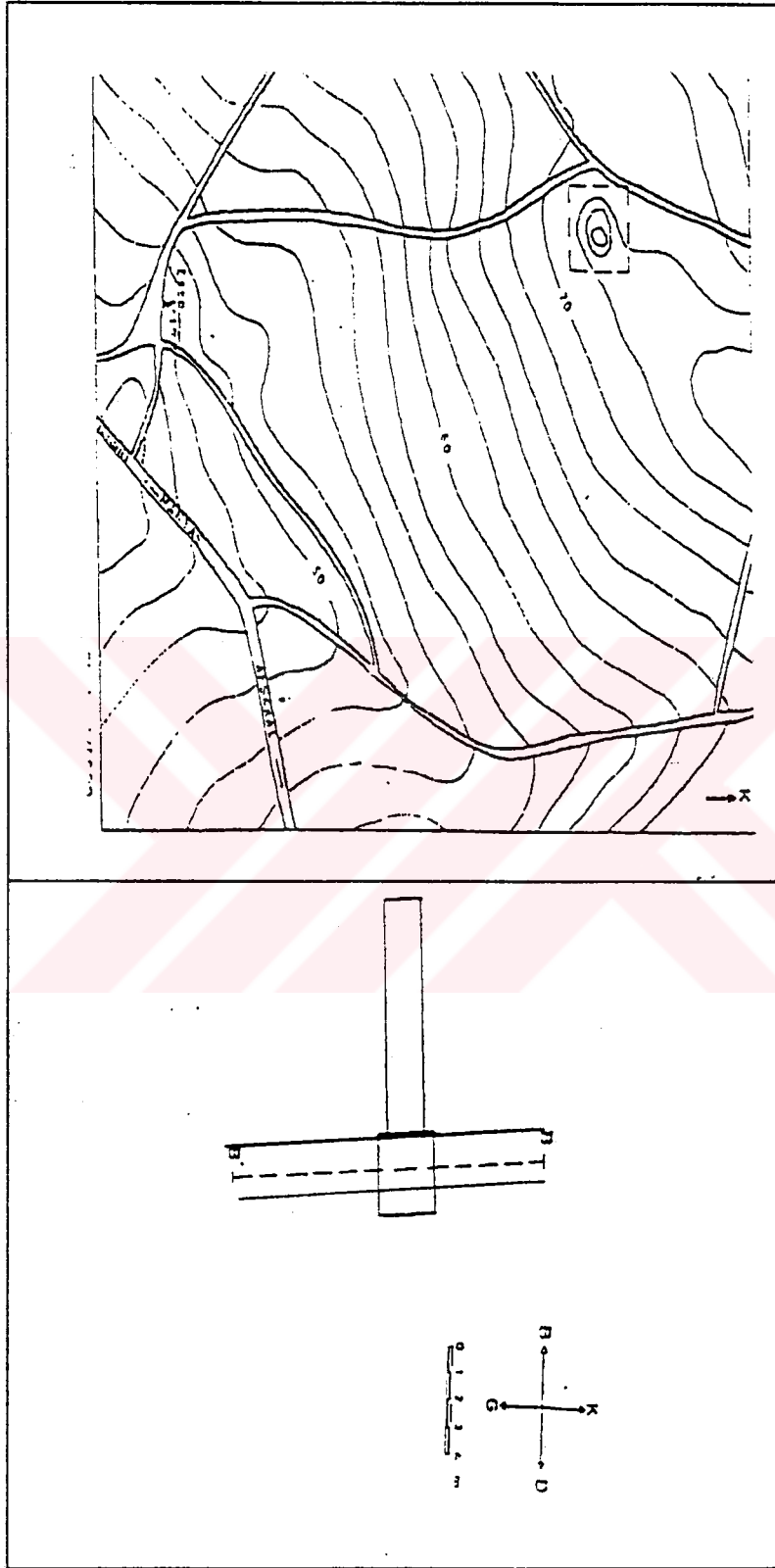
4.1.1.2.JEOFİZİK PROFİL ÇALIŞMALARI

Çalışma alanında 4 profil üzerinde beş elektrot sistemi ile öz direnç çalışmaları yapılmıştır (Şekil 4.1.1.2.1.). Bu çalışma için ortalama 3300 m uzunluğundaki C profili kullanılmıştır. C profili üzerinde 100 m aralıklarla toplam 32 noktada beş elektrot dizilim sistemi ile (tam, sol ve sağ yarım Schlumberger ölçümleri) profil ölçüleri yapılmıştır. Tam Schlumberger dizilim sistemleri için görünür öz direnç seviye haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.1.1.2.2.). Seviye haritasından yapısal değişimler belirgin olarak izlenmektedir. Bu değişimler olasılıkla formasyon içinde yeralan mermer ve/veya kireçtaşı bloklarından kaynaklanmaktadır.

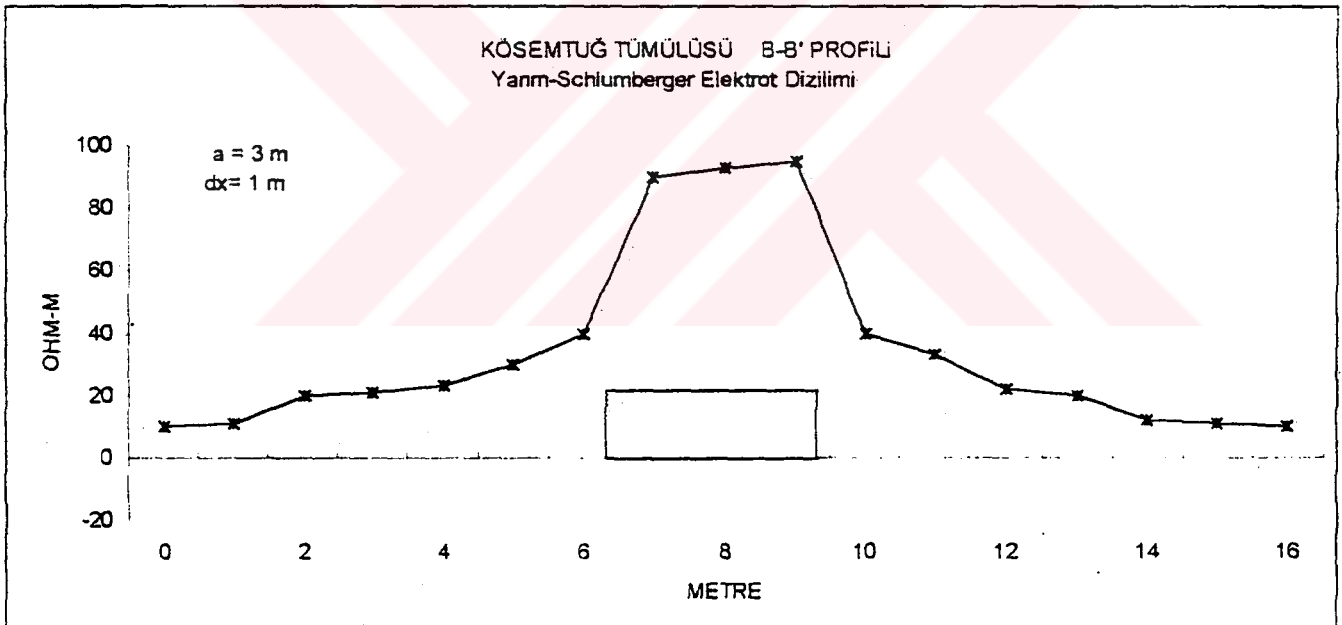
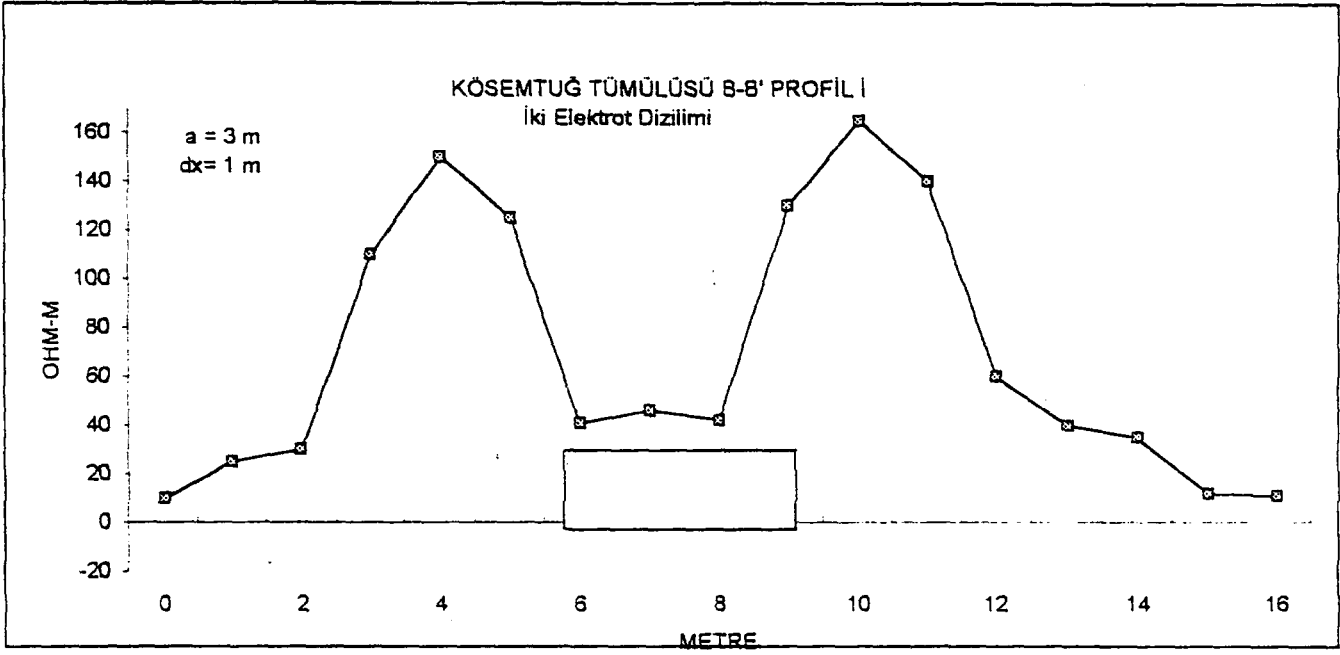
4.1.2. BANDIRMA KÖSEMTUĞ TÜRÜMÜSÜ

Daha önce (Pınar ve Akçığ,) yapısı tanımlanan Kösemtuğ türümü Ergili kasabası sınırları içinde yer almaktadır. Bir Dramos ve mezar odasından oluşmuş ve yapı malzemesi andezittir. Mezar odasını kesen üç profil (A-A', B-B' ve C-C') üzerinde beş elektrot dizilim sistemi kullanılarak profil ölçüleri yapılmıştır (Şekil 4.1.2.1.). Ayrıca B-B' profili üzerinde hem yarım Schlumberger hemde iki elektrot dizilimi ile ölçü alınmıştır (Şekil 4.1.2.2.) Profil uzunlukları yaklaşık 20 m olup ölçü aralığı ortalama 2 m dir. Ayrıca ölçü alma aralığının ölçüler üzerindeki etkisini araştırmak için 16" ve 64 " elektrot açıklıkları için 10 cm aralıkla Gelogger 3030 kuyu logu ölçüm cihazı ile çift elektrot sistemi ile profil ölçüleri yapılmıştır (Şekil 4.1.2.3.). Beş elektrot dizilimi ile alınan ölçülerin profil kesitleri ve sağ-sol fark eğrileri ve ölçü değerleri şekil 4.1.2.4, 4.1.2.5., 4.1.2.6. ve 4.1.2.7. de ve A-A' Profiline ait sağ, sol yarım Schlumberger ile sağ-sol yarım Schlumberger farklarının görünür öz direnç derinlik kesiti şekil 4.1.2.8., 4.1.2.9 ve 4.1.2.10 da verilmiştir. Profil değerlerinin tümü kullanılarak oluşturulan sağ-sol farkları için görünür öz direnç seviye haritaları (1, 2 ve 3 m) şekil 4.1.2.11., 4.1.2.12. ve 4.1.2.13. de verilmiştir.

Verilere ve hazırlanan grafiklere bakıldığında sol, sağ ve tam Schlumberger grafiklerinden yapının konumu tam saptanamazken sağ-sol farkı alınarak yapılan çizimlerden yapı konumu (yanal süreksizlik) kolaylıkla saptanmaktadır. Ölçü

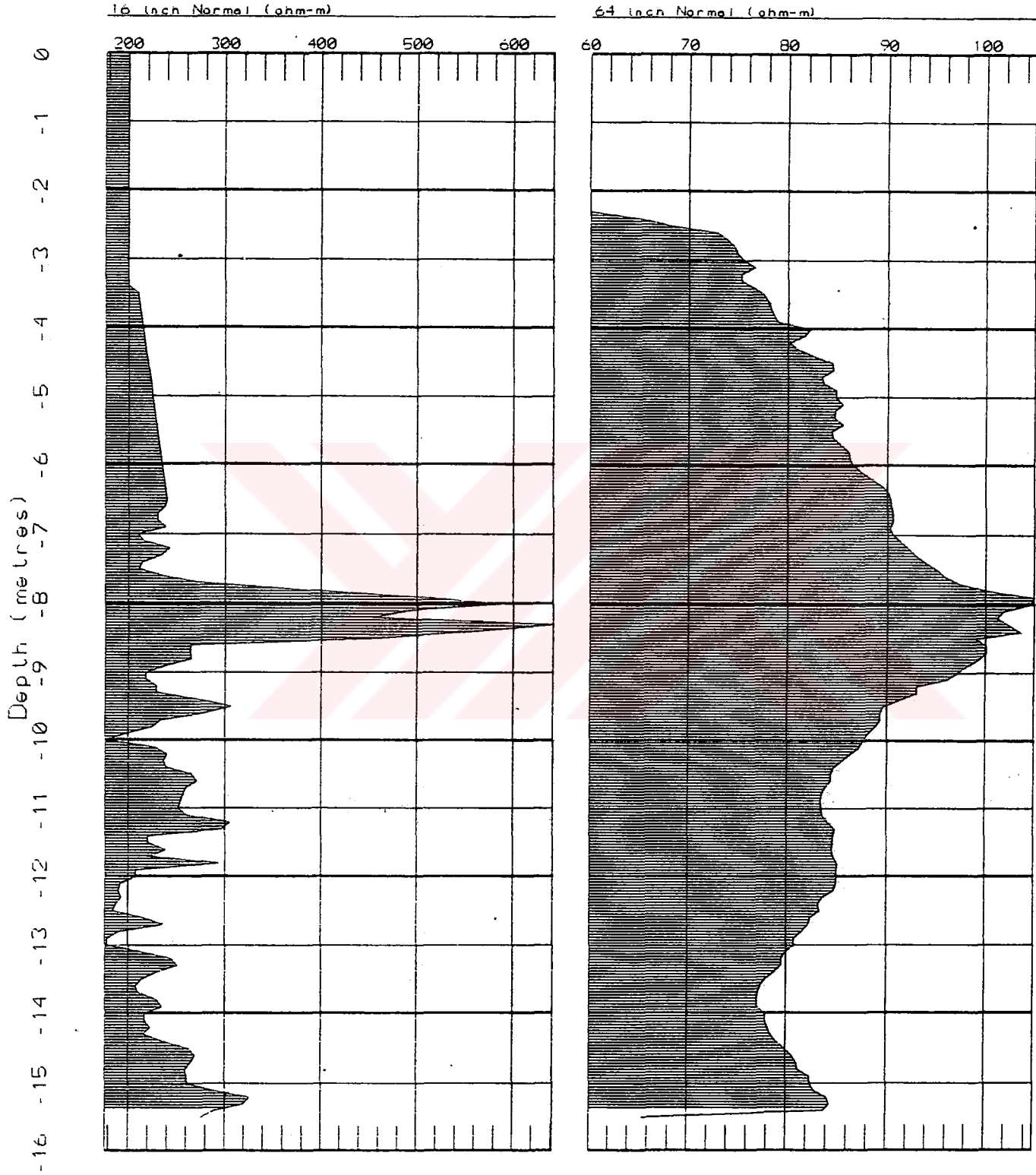


Şekil 4.1.2.1 Çalışma Alanı Krokisi Kösemtuğ-BANDIRMA



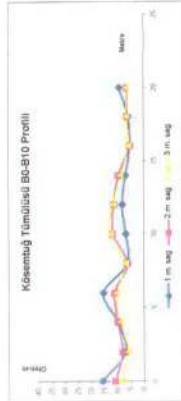
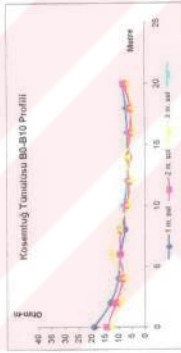
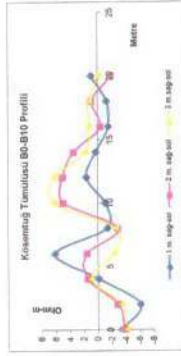
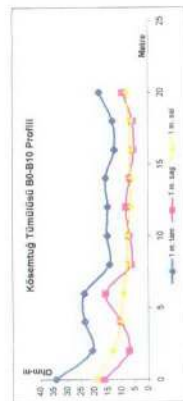
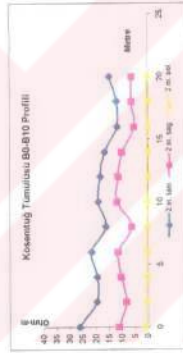
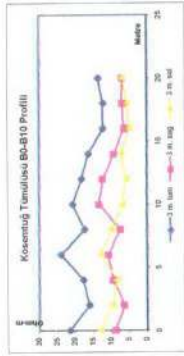
Şekil 4.1.2.2 İki Elektrot Dizilimi ve Yarı-Schlumberger Elektrot Dizilimlerinin İrdelenmesi

Well Name:
 File Name: KOSEM
 Location:
 Elevation: 0 Reference:



Şekil 4.1.2.3 Kuyu Logu Çıktısı Kösemtuğ-BANDIRMA

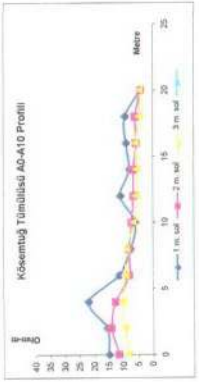
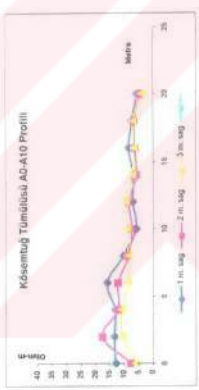
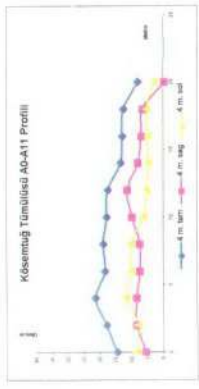
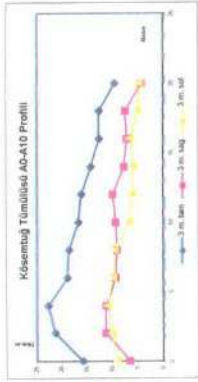
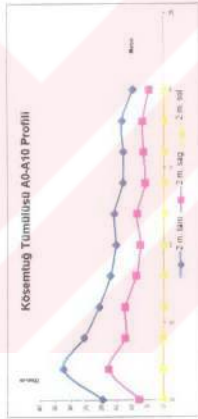
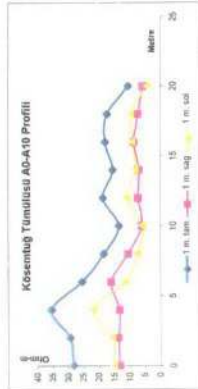
X	1 m. tam	1 m. sağ	1 m. sol	2 m. tam	2 m. sağ	2 m. sol	3 m. tam	3 m. sağ	3 m. sol
0	14.80	34.38	6.90	19.57	2.24	26.38	0.96	11.30	1.27
2	8.80	20.72	3.13	7.37	6.85	13.31	1.69	19.78	0.73
4	10.01	23.57	4.33	10.20	4.33	10.20	1.86	19.55	0.89
6	10.07	23.71	6.73	15.85	4.07	9.58	21.67	0.98	11.54
8	6.09	14.34	2.78	6.55	3.30	7.77	1.38	16.25	0.56
10	6.48	15.26	3.04	7.16	3.42	8.05	1.63	15.19	1.03
12	6.42	15.12	3.57	8.41	2.83	6.66	1.56	18.37	0.99
14	8.76	15.32	3.01	7.09	2.82	6.64	1.42	16.72	0.86
16	5.30	12.48	3.98	5.56	2.95	6.95	1.01	11.89	0.48
18	5.65	13.31	2.57	6.05	3.06	7.21	1.03	12.13	0.56
20	7.73	18.20	4.09	9.53	3.52	8.53	1.27	14.95	0.55
22									
24									
26									
28									
30									
32									
34									
36									
38									
40									
42									
44									
46									
48									
50									
52									
54									
56									
58									
60									
62									
64									
66									
68									
70									
72									
74									
76									
78									
80									
82									
84									
86									
88									
90									
92									
94									
96									
98									
100									



X	m. sağ	sc. m. sağ	ed. m. sağ	sol
0	-3.32	-3.65	-4.12	
2	-5.93	-2.71	-3.30	
4	0.00	1.65	1.70	
6	6.28	2.77	2.00	
8	-1.22	-2.71	-2.37	
10	-0.59	5.06	6.32	
12	1.74	5.18	6.32	
14	0.45	3.65	1.92	
16	-1.39	-0.24	1.37	
18	-1.15	1.06	1.37	
20	1.11	-1.77	0.00	

Şekil 4.1.2.4-B Profili Arazi Verileri ve Profil Kesitleri

X	1 m. tam	1 m. sag	1 m. sol	2 m. tam	2 m. sag	2 m. sol	3 m. tam	3 m. sag	3 m. sol
0	12.10	28.50	13.24	15.38	1.71	20.14	0.70	15.94	5.59
2	12.60	29.67	13.73	15.97	2.79	32.85	1.53	21.43	0.41
4	15.20	35.80	13.40	22.42	2.21	26.02	1.07	22.80	0.41
6	10.90	26.67	16.25	11.87	1.79	21.08	1.06	18.96	0.34
8	7.92	18.65	4.51	8.03	1.48	17.43	0.77	16.76	0.34
10	5.64	13.75	2.66	6.54	1.32	15.54	0.66	16.68	0.35
12	8.03	18.91	3.13	7.37	1.52	16.13	0.74	16.21	0.36
14	6.68	15.73	3.04	7.16	1.32	13.42	0.53	14.29	0.28
16	7.74	18.23	3.73	8.78	1.12	13.19	0.58	12.64	0.26
18	7.40	17.43	3.17	7.47	1.16	13.68	0.60	12.64	0.27
20	4.54	10.69	2.55	4.71	0.86	10.13	0.43	9.62	0.16
			5.01			5.06		4.40	0.18
									4.95

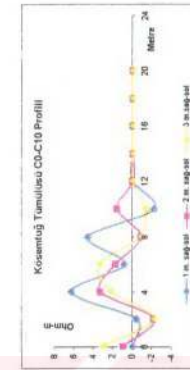
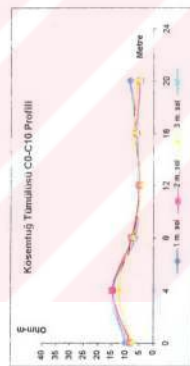
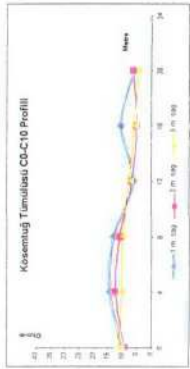
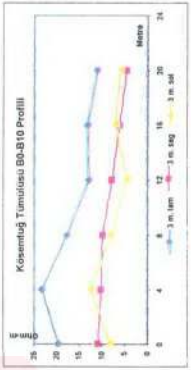
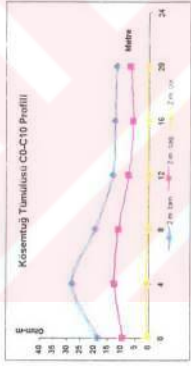
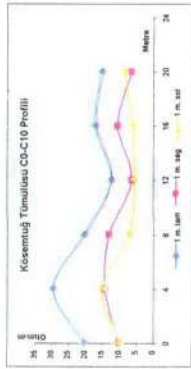


X	1 m. sağ-sol	1 m. sağ-sol	1 m. sağ-sol	1 m. sağ-sol	1 m. sağ-sol	1 m. sağ-sol	1 m. sağ-sol	1 m. sağ-sol	1 m. sağ-sol
0	-2.14	-3.77	-2.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-2.24	3.41	1.10	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	-9.02	-0.59	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	4.38	3.89	-0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	2.59	0.47	-0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	-0.07	-0.12	2.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	-4.14	1.63	3.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	-1.32	-0.94	1.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	-0.78	0.59	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	-2.47	0.47	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	1.30	0.36	-0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

X	4 m. tam	4 m. sag	4 m. sol	4 m. tam	4 m. sag	4 m. sol	4 m. tam	4 m. sag	4 m. sol
0	14.84	5.93	5.93	14.84	0.12	0.18	14.84	0.12	0.18
2	18.30	0.18	0.17	18.30	0.18	0.17	18.30	0.18	0.17
4	21.78	0.18	0.25	21.78	0.18	0.25	21.78	0.18	0.25
6	18.79	0.16	0.22	18.79	0.16	0.22	18.79	0.16	0.22
8	19.29	0.16	0.22	19.29	0.16	0.22	19.29	0.16	0.22
10	18.30	0.21	0.14	18.30	0.21	0.14	18.30	0.21	0.14
12	17.80	0.24	0.12	17.80	0.24	0.12	17.80	0.24	0.12
14	13.85	0.17	0.11	13.85	0.17	0.11	13.85	0.17	0.11
16	13.35	0.15	0.11	13.35	0.15	0.11	13.35	0.15	0.11
18	12.85	0.14	0.12	12.85	0.14	0.12	12.85	0.14	0.12
20	8.41	0.09	0.07	8.41	0.09	0.07	8.41	0.09	0.07

Şekil 1.2.5 A Profili Anzı Verileri ve Profil Kesitleri

X	1 m. tam	1 m. sag	1 m. sol	2 m. tam	2 m. sag	2 m. sol	3 m. tam	3 m. sag	3 m. sol		
0	8.78	20.68	4.43	10.39	19.08	0.84	9.89	0.41	11.26	0.30	8.24
4	12.60	29.67	6.25	14.72	28.50	1.11	13.07	1.29	15.19	0.85	12.64
8	8.73	20.66	5.68	13.38	20.14	0.96	11.54	0.70	8.24	0.65	7.97
12	5.32	12.53	2.84	6.69	13.42	0.64	7.54	0.49	5.77	0.48	4.67
16	7.36	17.33	4.86	10.97	12.60	0.50	5.89	0.23	6.32	0.49	7.14
20	6.54	15.40	2.80	6.59	12.01	0.58	6.83	0.17	4.67	0.41	5.94

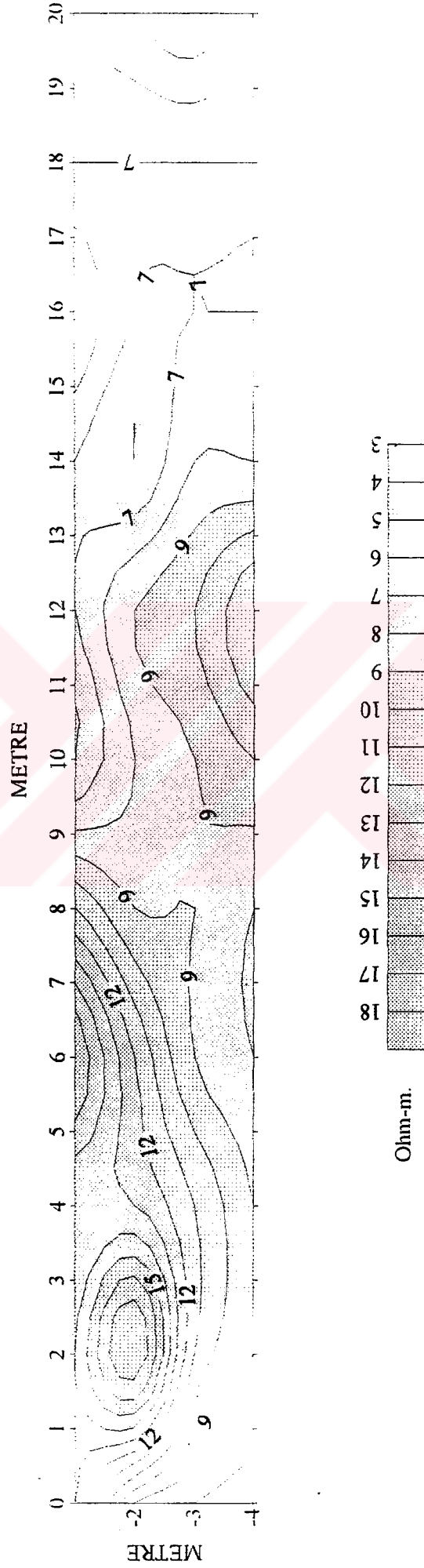


X	m. sağ-ort	m. sağ-ort	m. sağ-ort	m. sağ-sol
0	0.06	1.06	3.02	
2	-0.38	-2.12	-2.20	
4	6.26	3.30	2.20	
6	0.85	1.77	3.30	
8	4.59	-0.82	-0.82	
10	-2.19	1.65	-1.37	
12	0.00	0.00	0.00	
14	0.00	0.00	0.00	
16	0.00	0.00	0.00	
18	0.00	0.00	0.00	
20	0.00	0.00	0.00	

Şekil 4.1.2.7 C Profili Arazi Verileri ve Profil Kesitleri

KÖSEMTUĞ TÜMÜLÜSÜ SAĞ YARIM SCHLUMBERGER GÖRÜNÜR ÖZDİRENÇ DERİNLİK KESİTİ

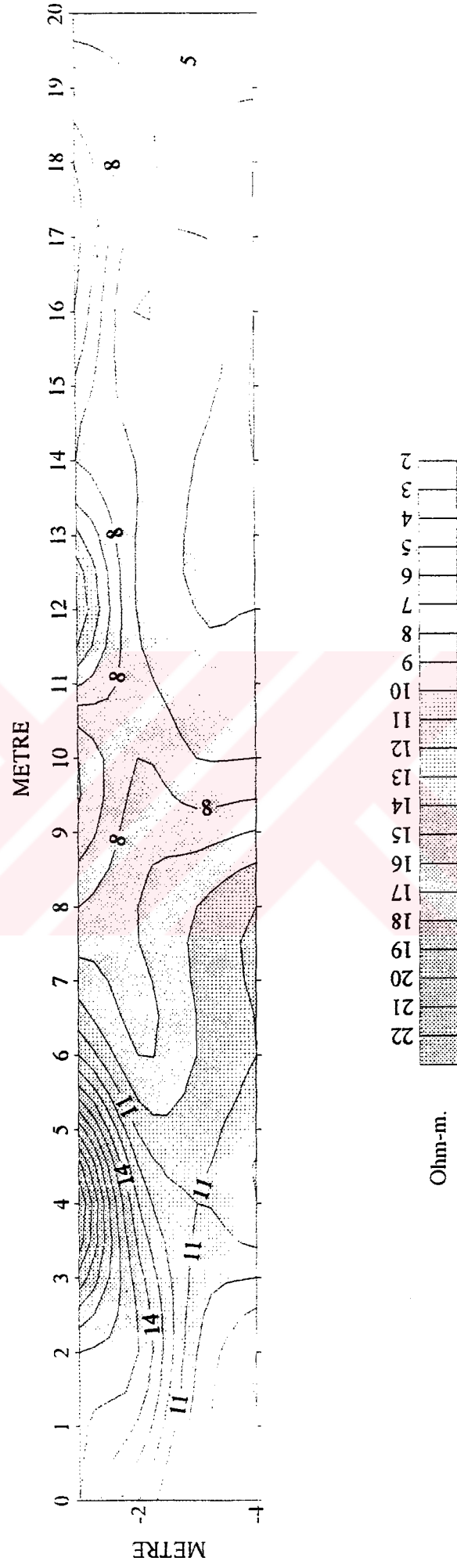
A0 - A1 PROFİLİ



Şekil 4.1.2.8 Kösemtuğ Tümülüsü Sağ Schlumberger Görünür ÖzdiRENÇ Derinlik Kesiti

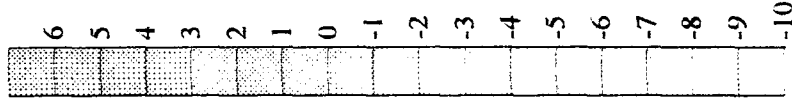
KÖSEMTUĞ TÜMÜLÜSÜ SOL YARIM SCHLUMBERGER GÖRÜNÜR ÖZDİRENÇ DERİNLİK KESİTİ

A0 - A10 PROFİLİ

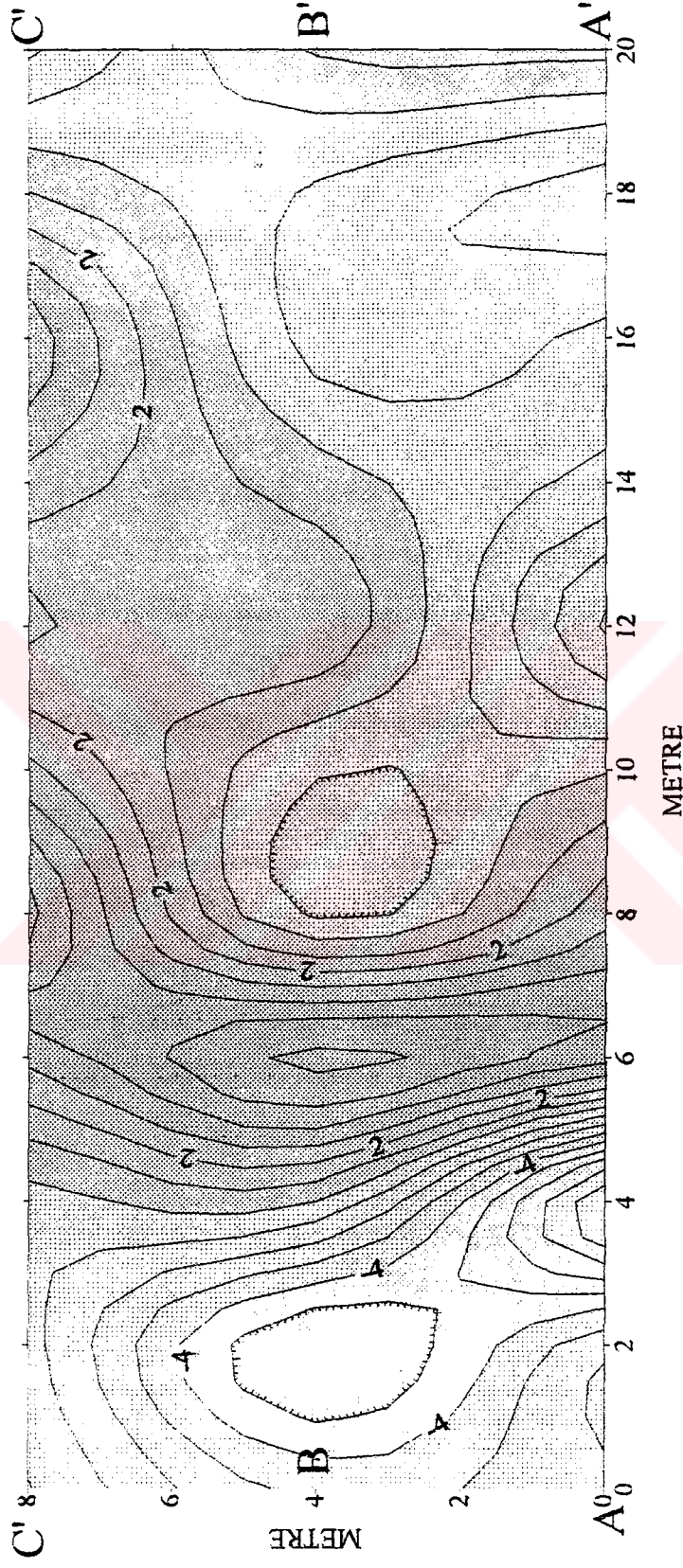


Şekil 4.1.2.9 Kösemtuğ Tümülüsü Sol Schlumberger Görünür Özdirerç Derinlik Kesiti

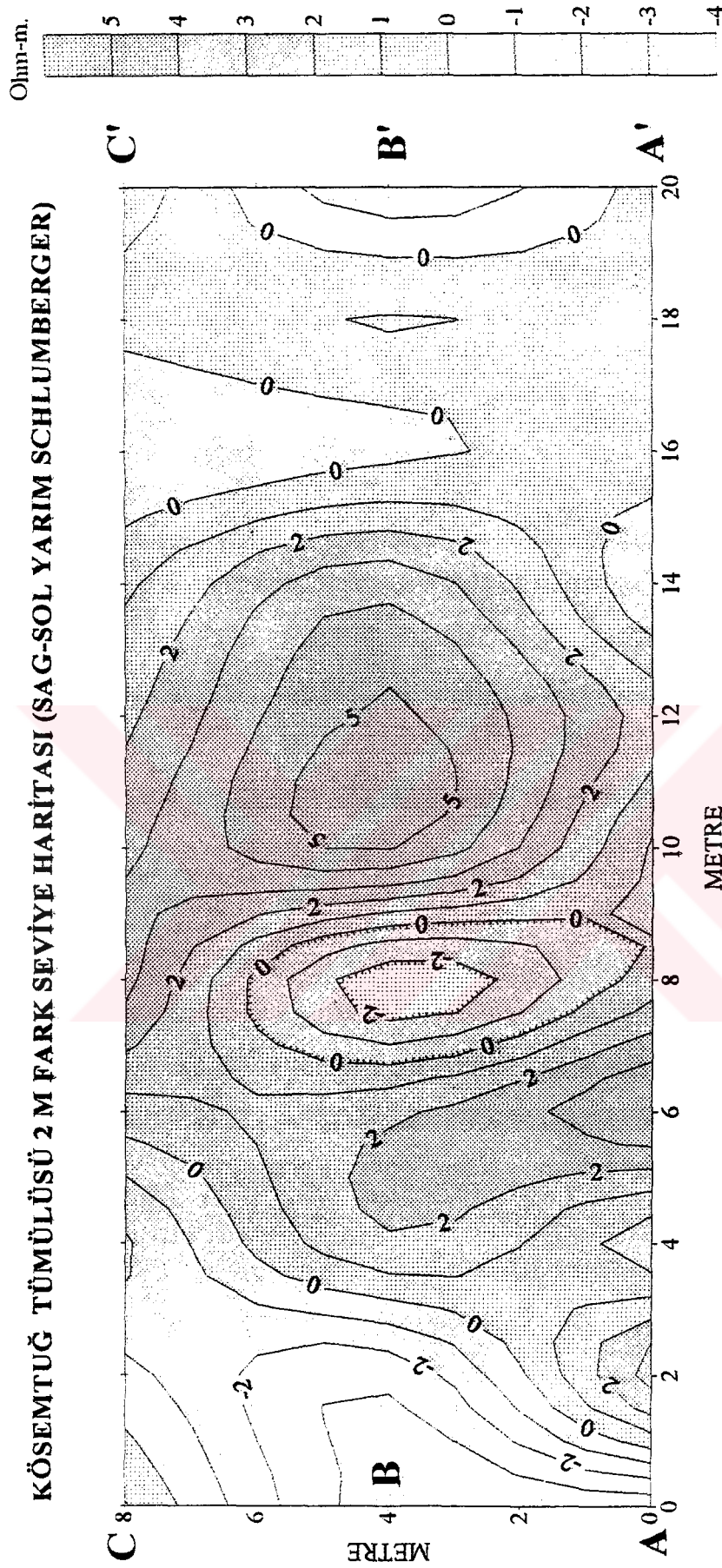
Ohm-m.



KÖSEMTUĞ TÜMÜLÜSÜ 1 M FARK SEVİYE HARİTASI (SAG-SOL YARIM SCHLUMBERGER)

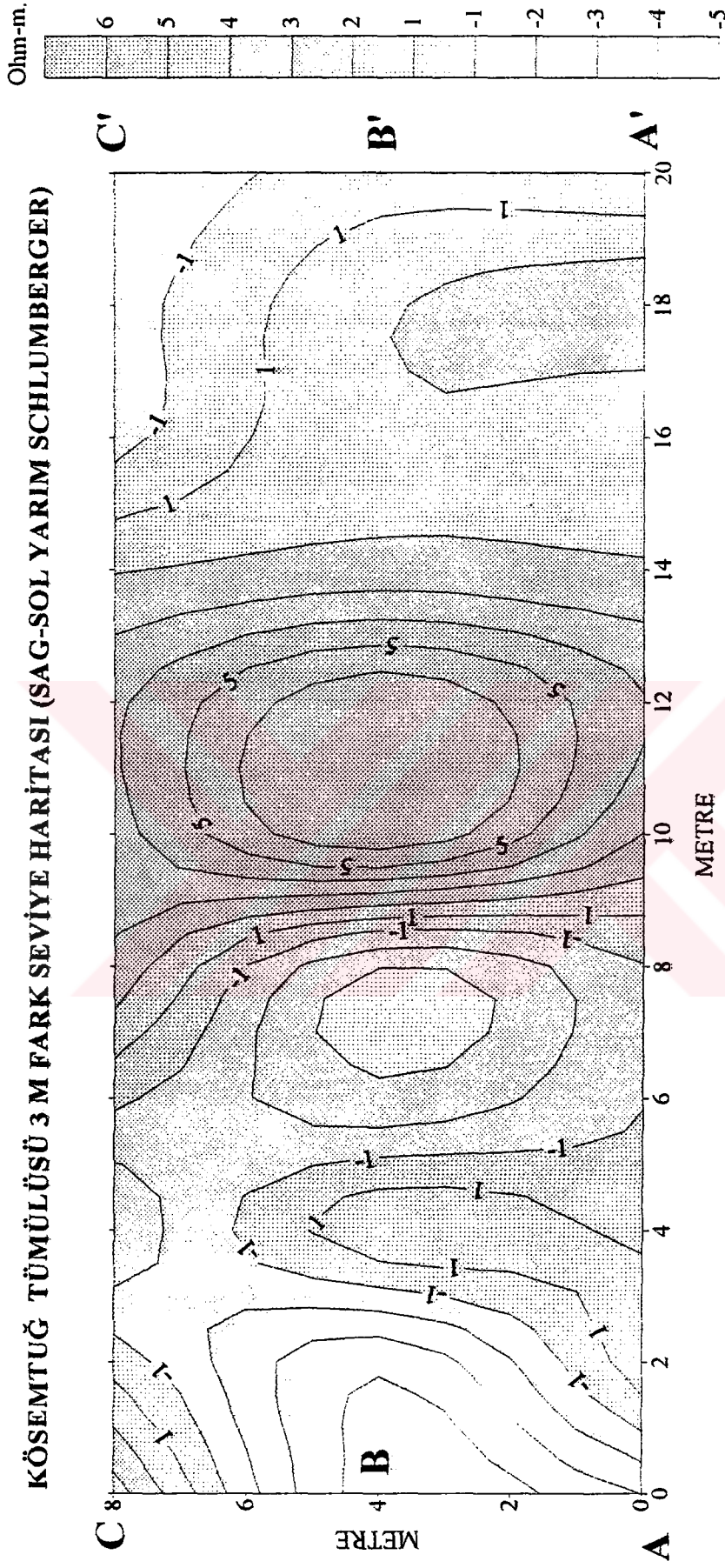


Şekil 4.1.2.11 1 Metre Fark Seviye Haritası



Şekil4.1.2.12 2 Metre Fark Seviye Haritası

KÖSEMTUĞ TÜMÜLÜSÜ 3 M FARK SEVİYE HARİTASI (SAG-SOL YARIM SCHLUMBERGER)



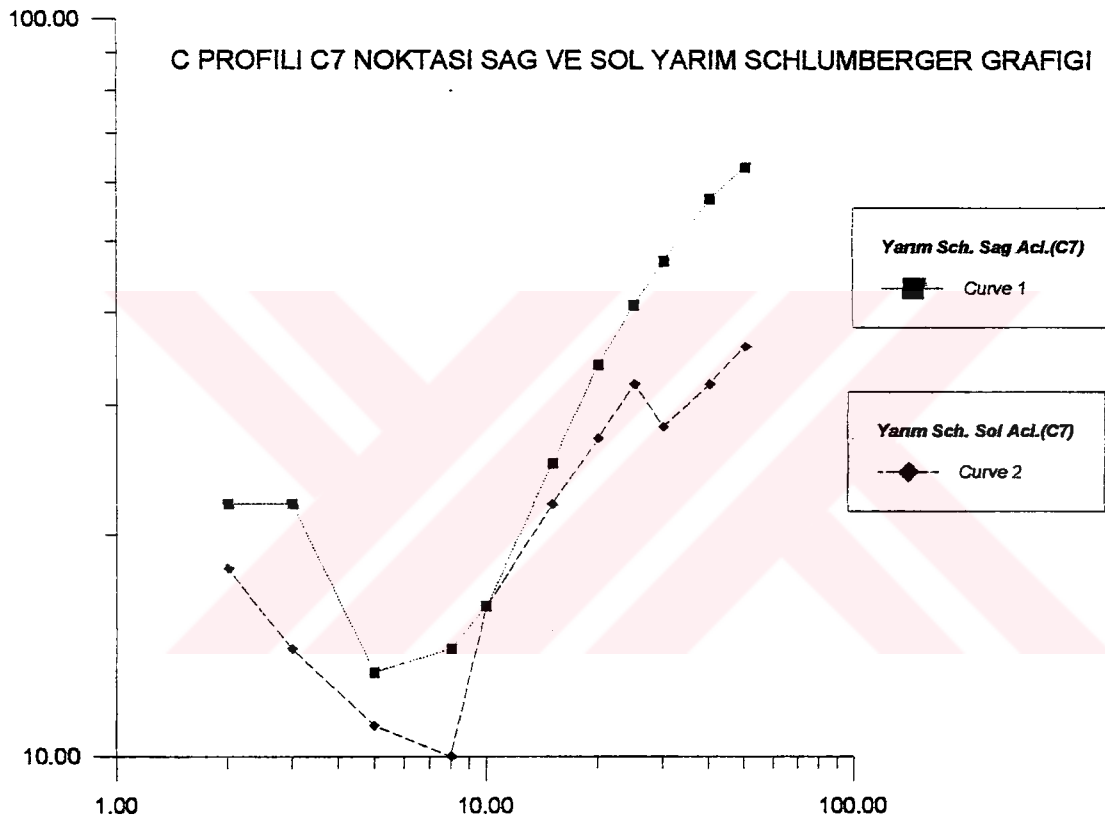
Şekil 4.1.2.13 3 Metre Fark Seviye Haritası

aralığının anomali biçimi üzerindeki etkisine bakıldığında beklenen sonuç olarak ölçü aralığı azaldıkça yapı tanımlanması artmaktadır.

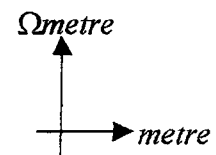
4.2. DÜŞEY ELEKTRİK SONDAJ UYGULAMALARI

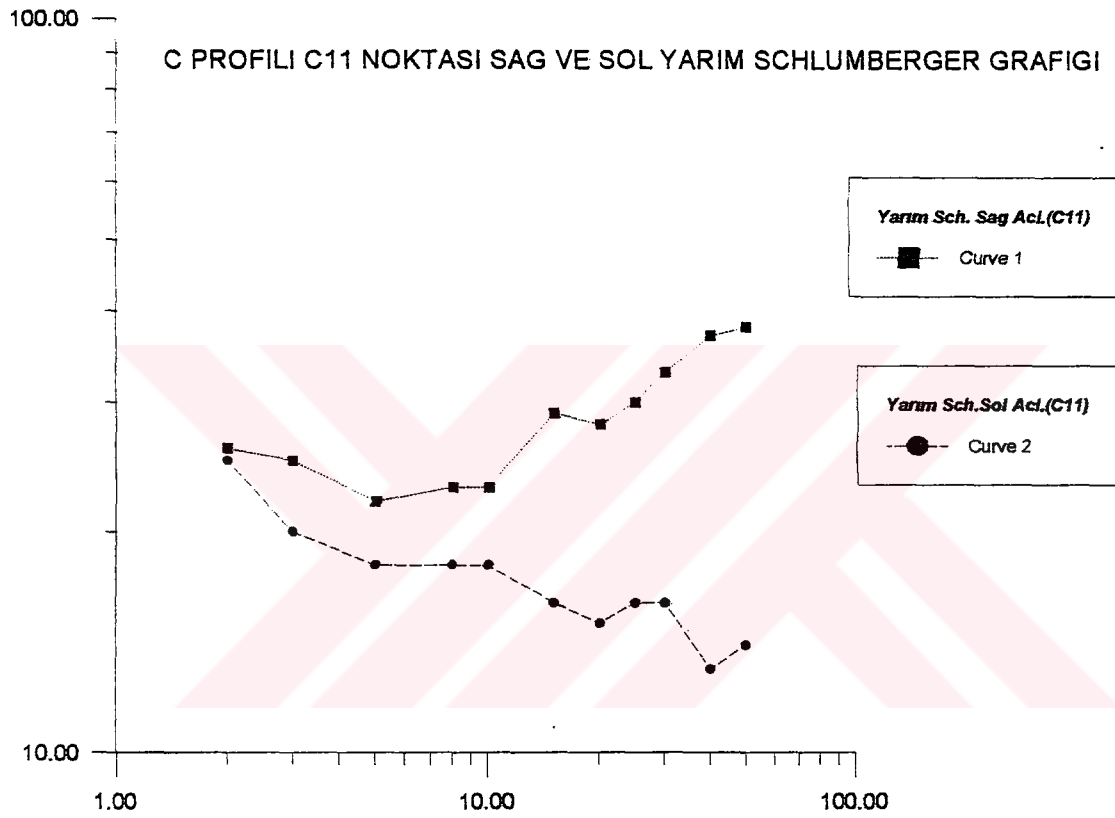
4.2.1. Dutlimanı Bölgesi

Değerlendirme olarak C profili temel alınmış ve 20 DES Noktasının sol ve sağ yarım Schlumberger DES grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 4.2.1.1.- 4.2.1.20). DES grafiklerine bakıldığında akım elektrotları altında yer alan ortamların aynı veya farklı olmasına göre eğrilerin birbirine göre paralelliği değişmektedir. Ortamlar aynı ise eğriler birbirine paralel konumda tersi durumunda ise paralellik bozulmaktadır. Ayrıca yine C profile ait tam Schlumberger olası jeofizik modelle beraber tam, sol ve sağ Yarım Schlumberger olası jeolojik modelleri hazırlanmıştır (Şekil 4.2.1.21, 4.2.1.22, 4.2.1.23 ve 4.2.1.24). Kesitlere bakıldığında formasyonun özelliğinden dolayı (bloklı olması) tabaka ayrımlılığı sağlanamamıştır.

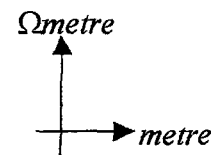


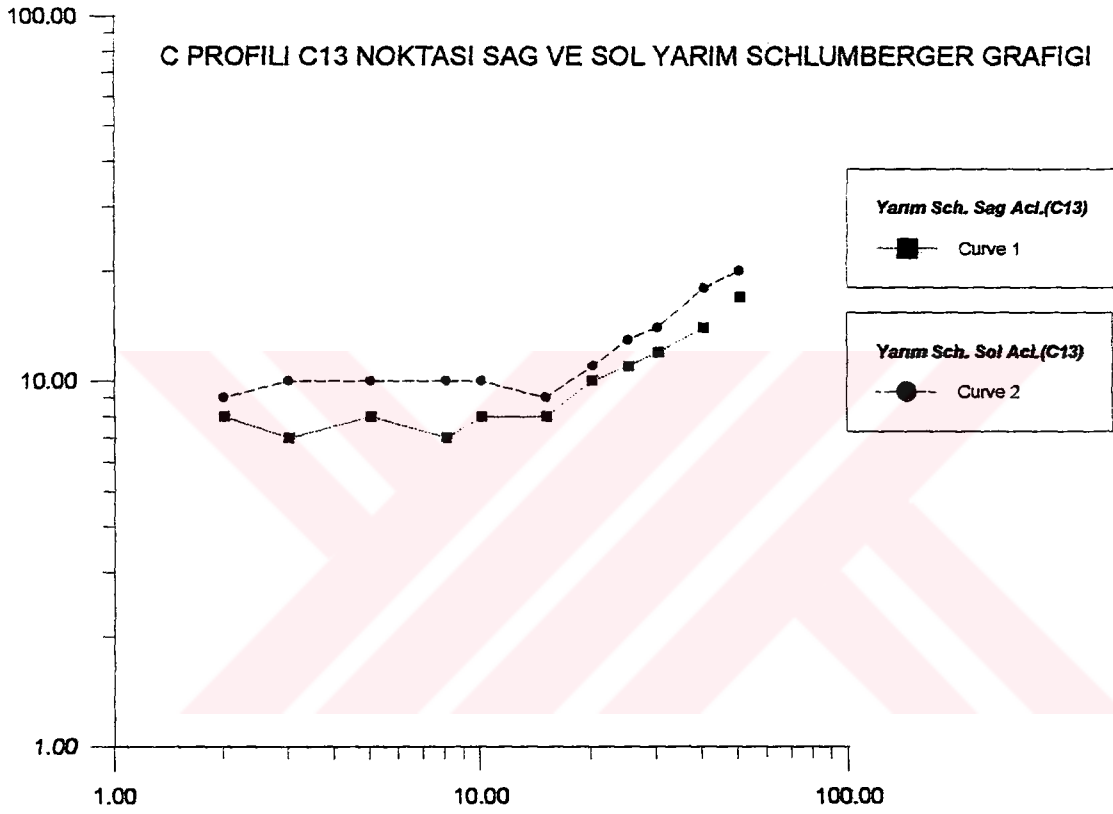
Şekil 4.2.1.4 C Profili C7 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği



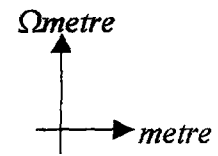


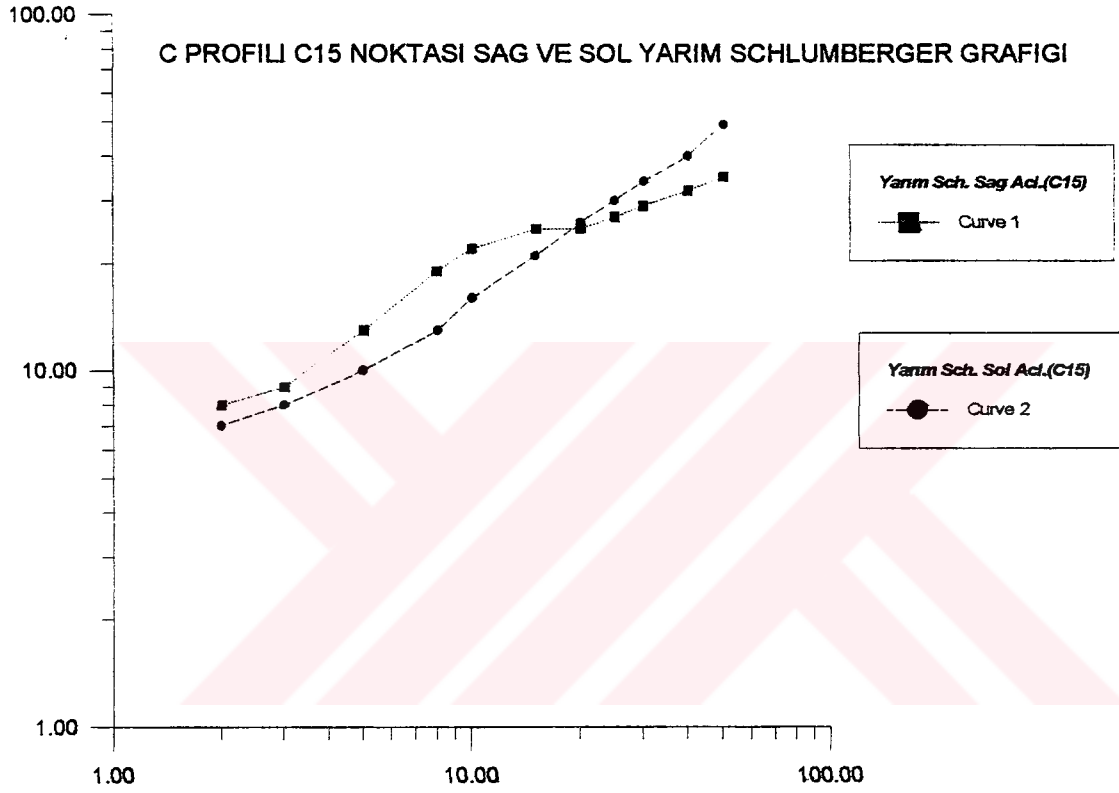
Şekil 4.2.1.6 C Profili C11 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği



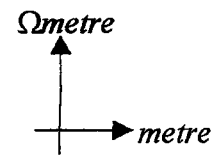


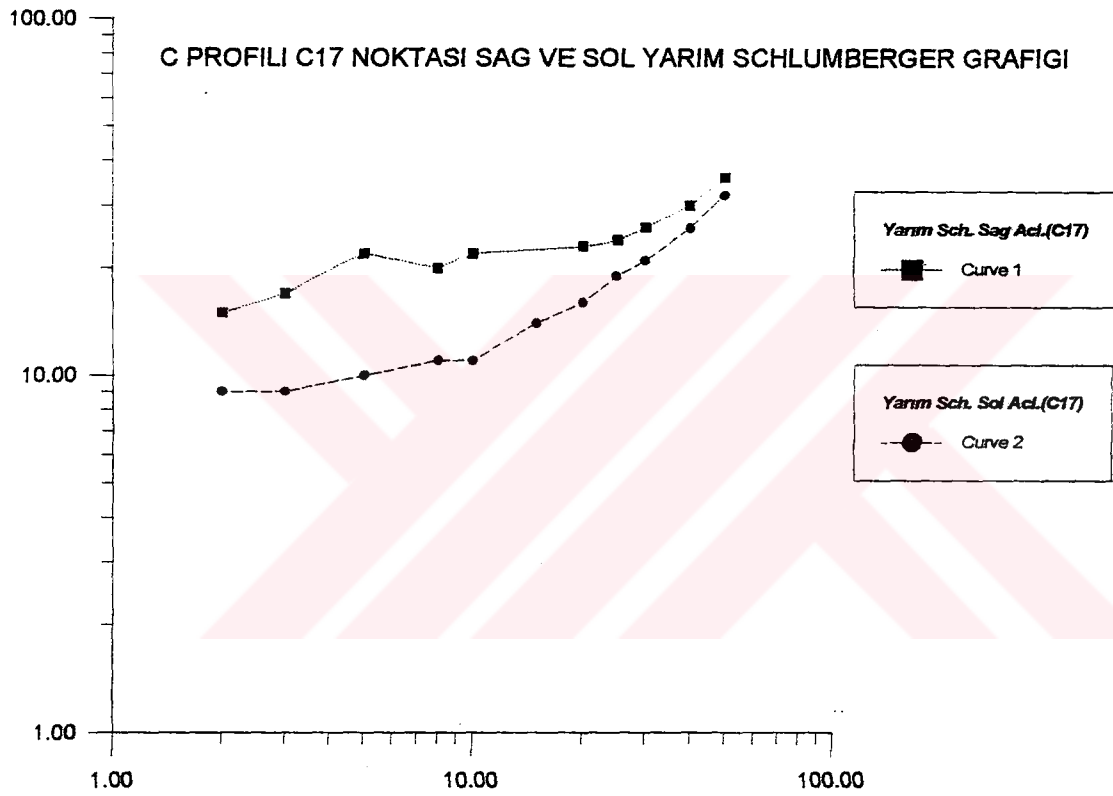
Şekil 4.2.1.7 C Profili C13 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği



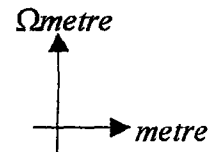


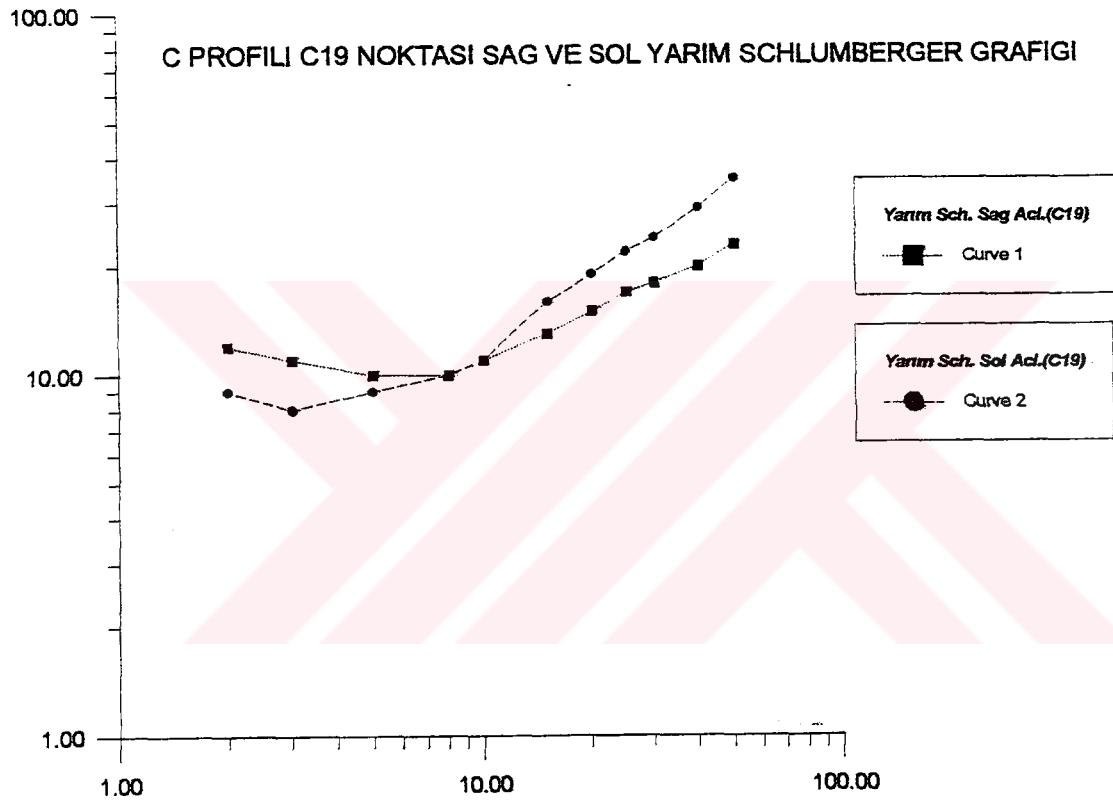
Şekil 4.2.1.8 C Profili C15 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği





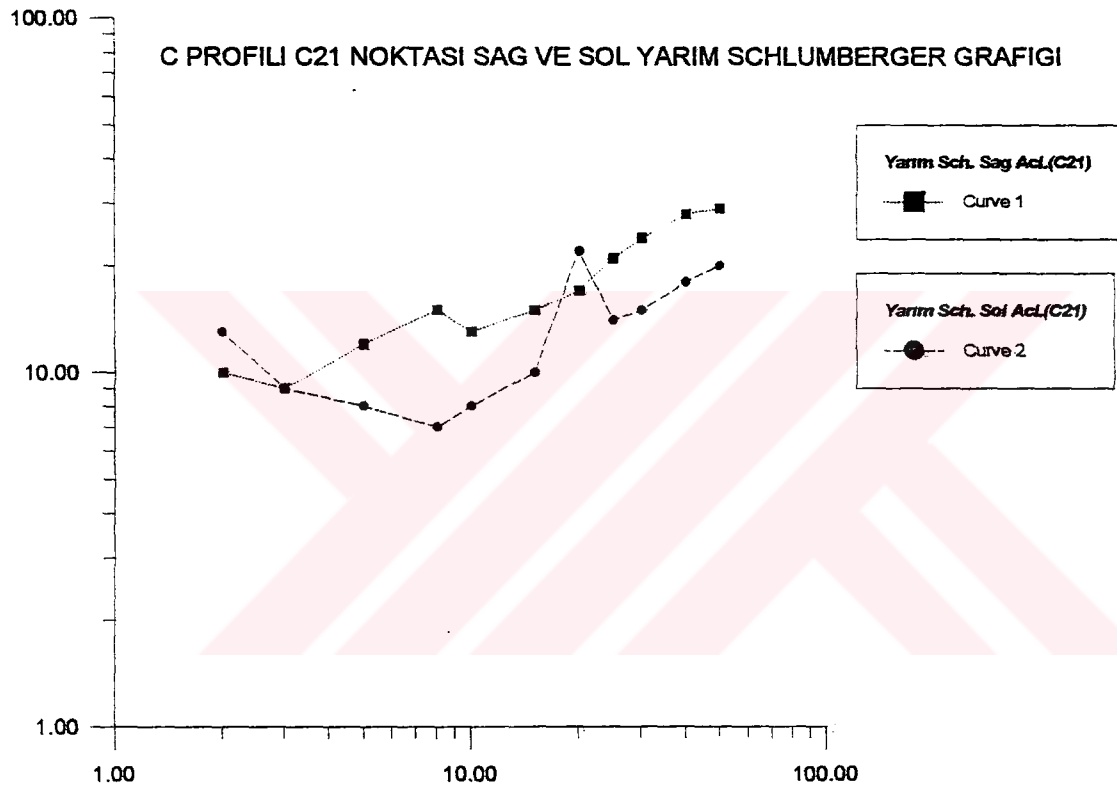
Şekil 4.2.1.9 C Profili C17 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği



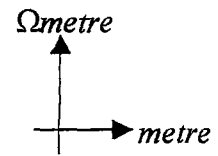


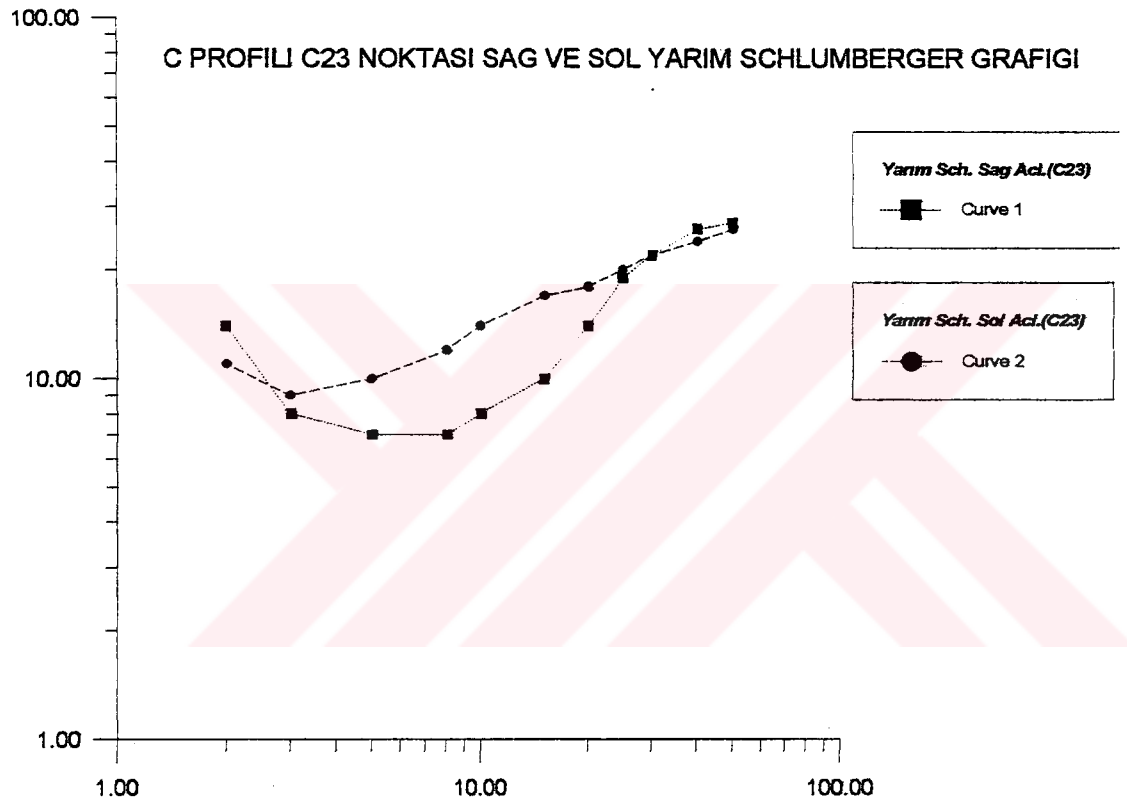
Şekil 4.2.1.10 C Profili C19 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği

Ω metre
↑
metre

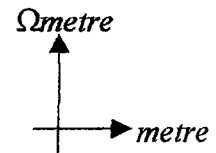


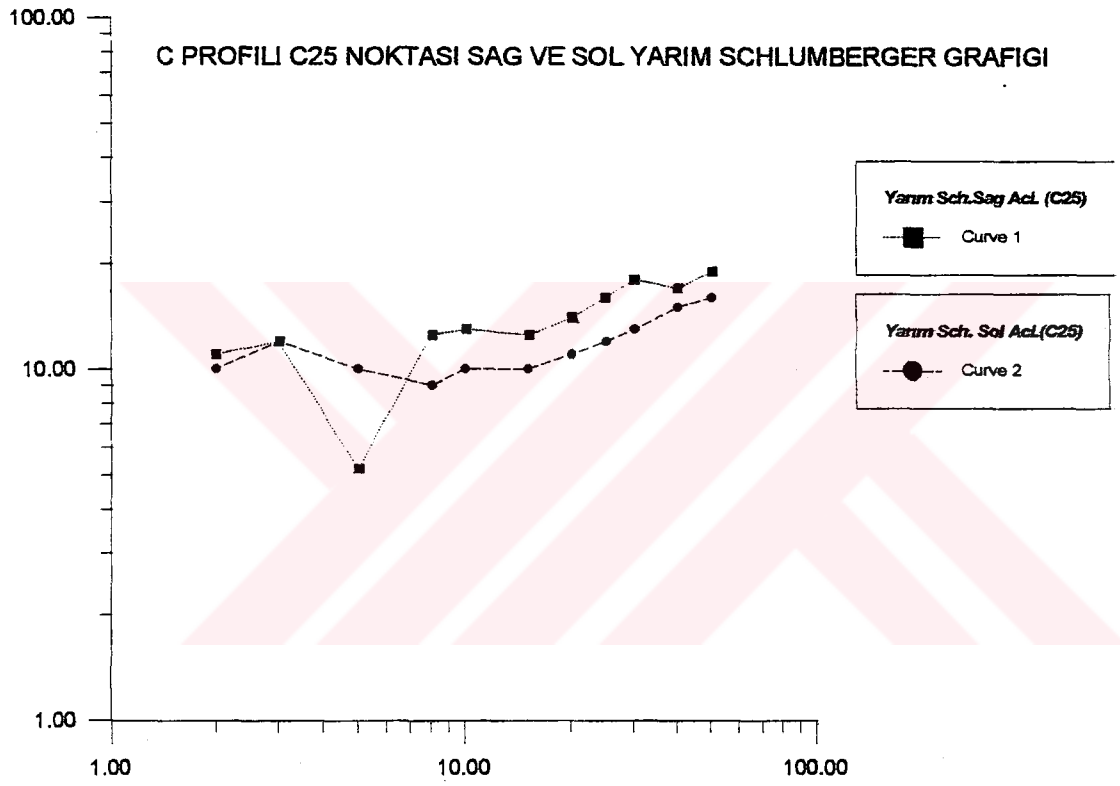
Şekil 4.2.1.11 C Profili C21 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği



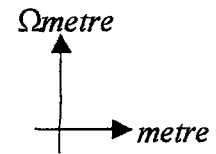


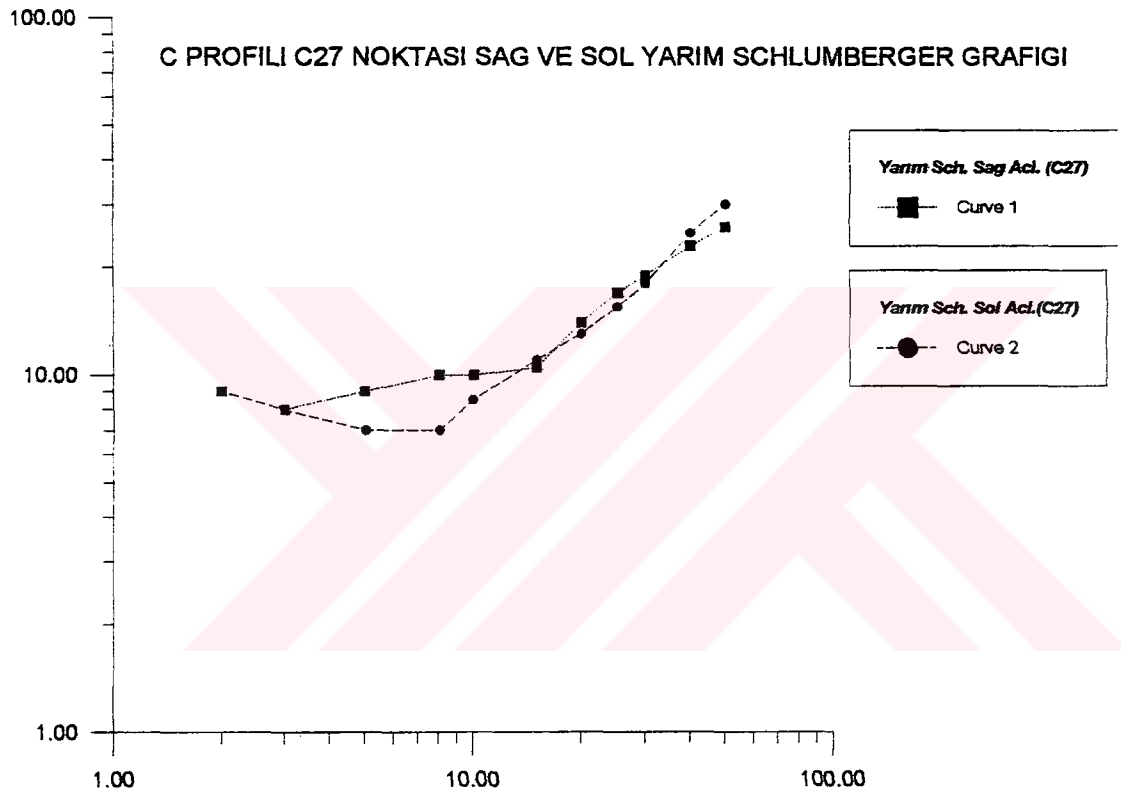
Şekil 4.2.1.12 C Profili C23 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği



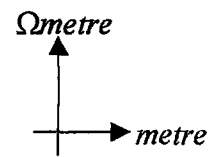


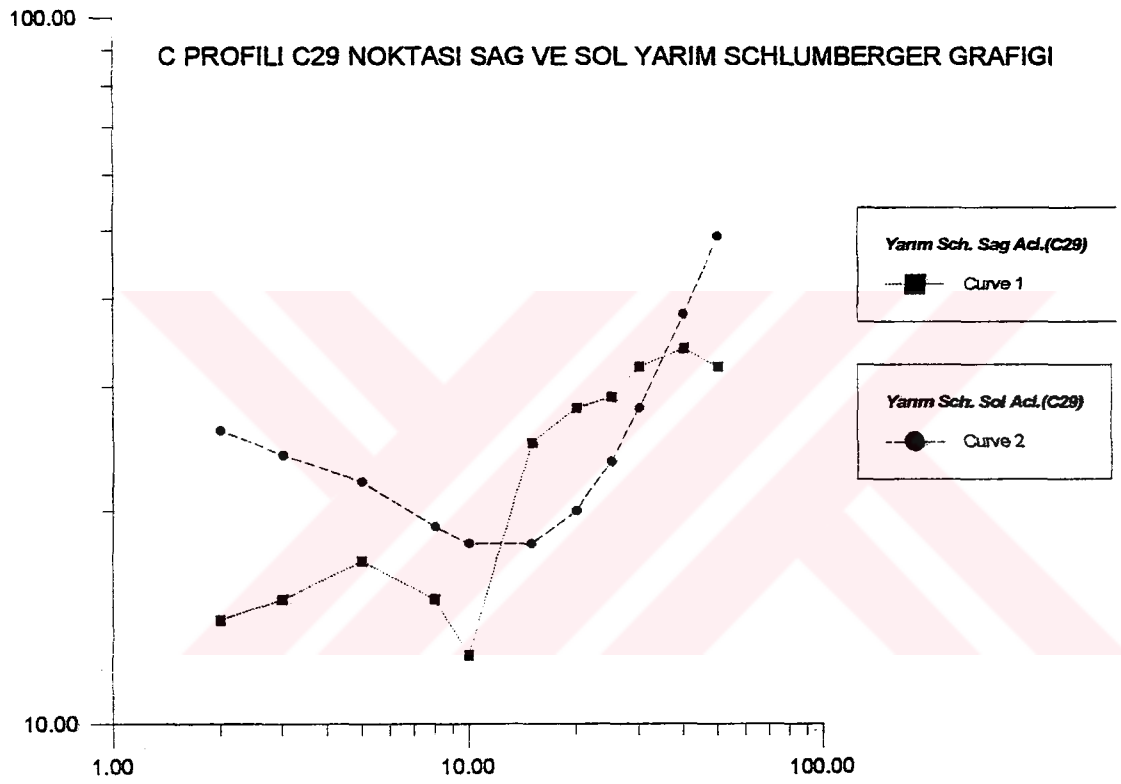
Şekil 4.2.1.13 C Profili C25 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği





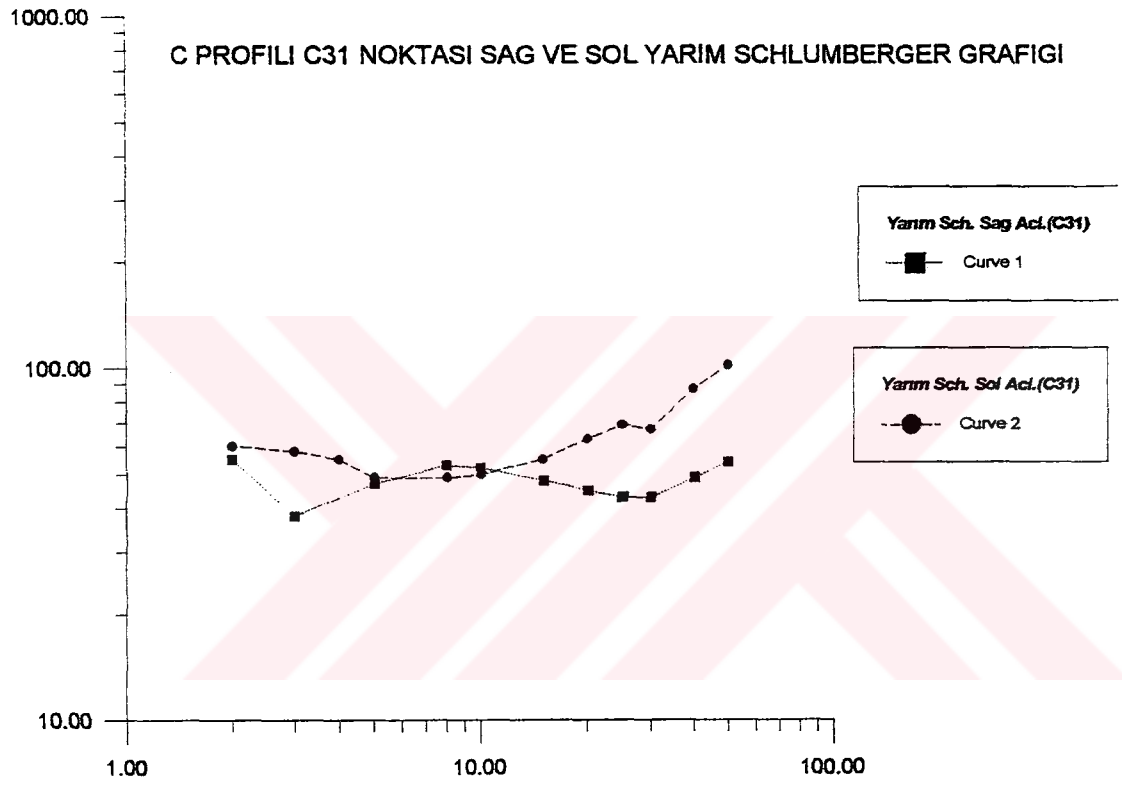
Şekil 4.2.1.14 C Profili C27 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği



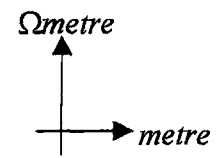


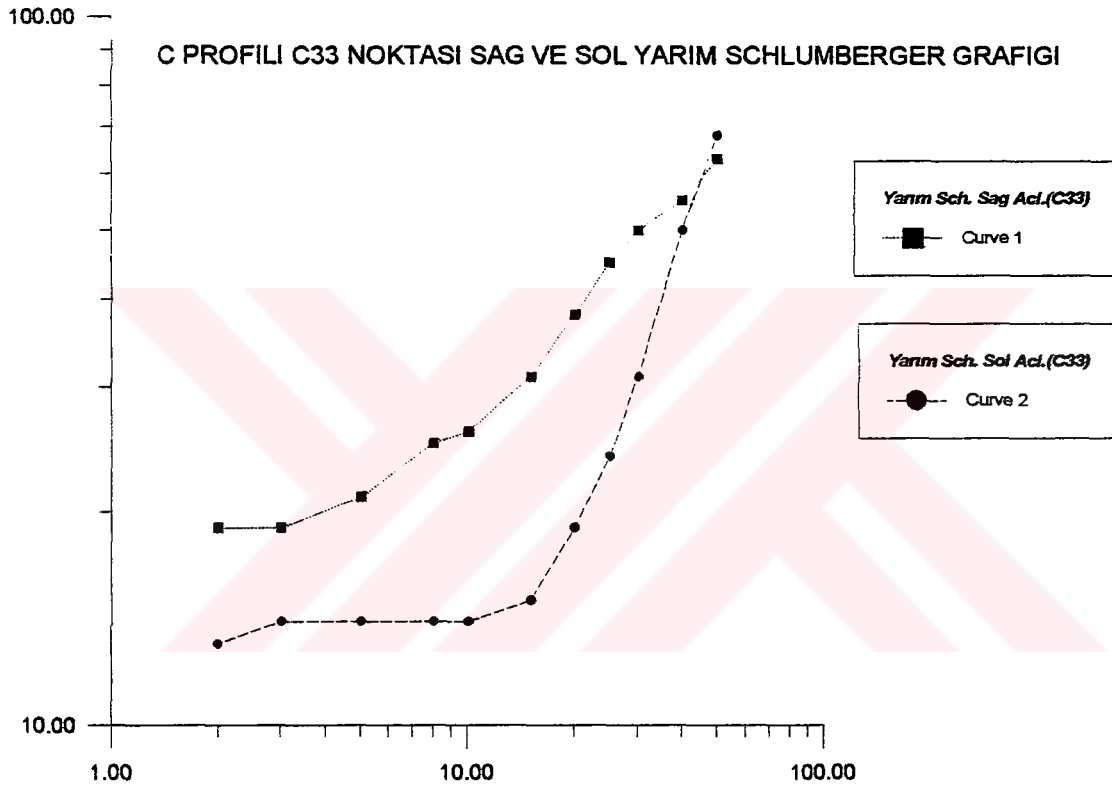
Şekil 4.2.1.15 C Profili C29 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği

Ω metre
↑
+ —→ metre

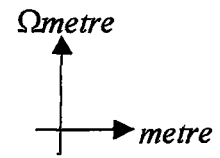


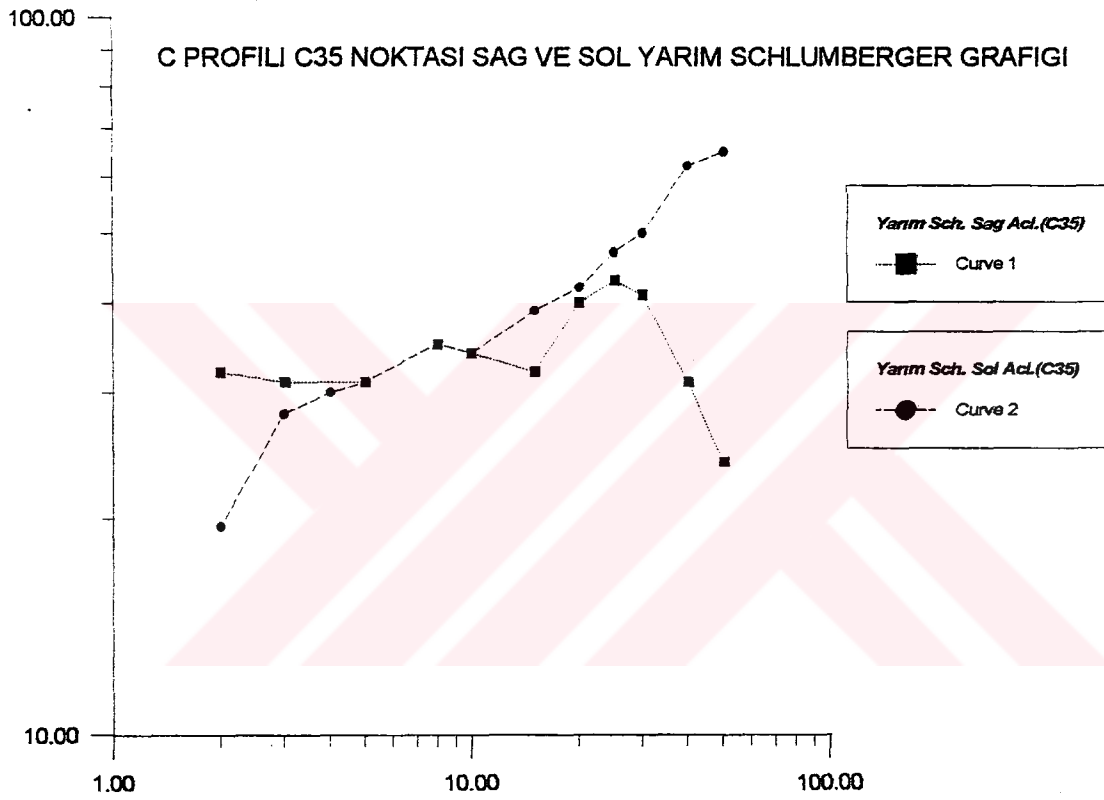
Şekil 4.2.1.16 C Profili C31 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği



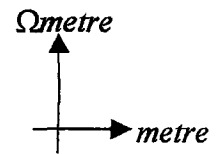


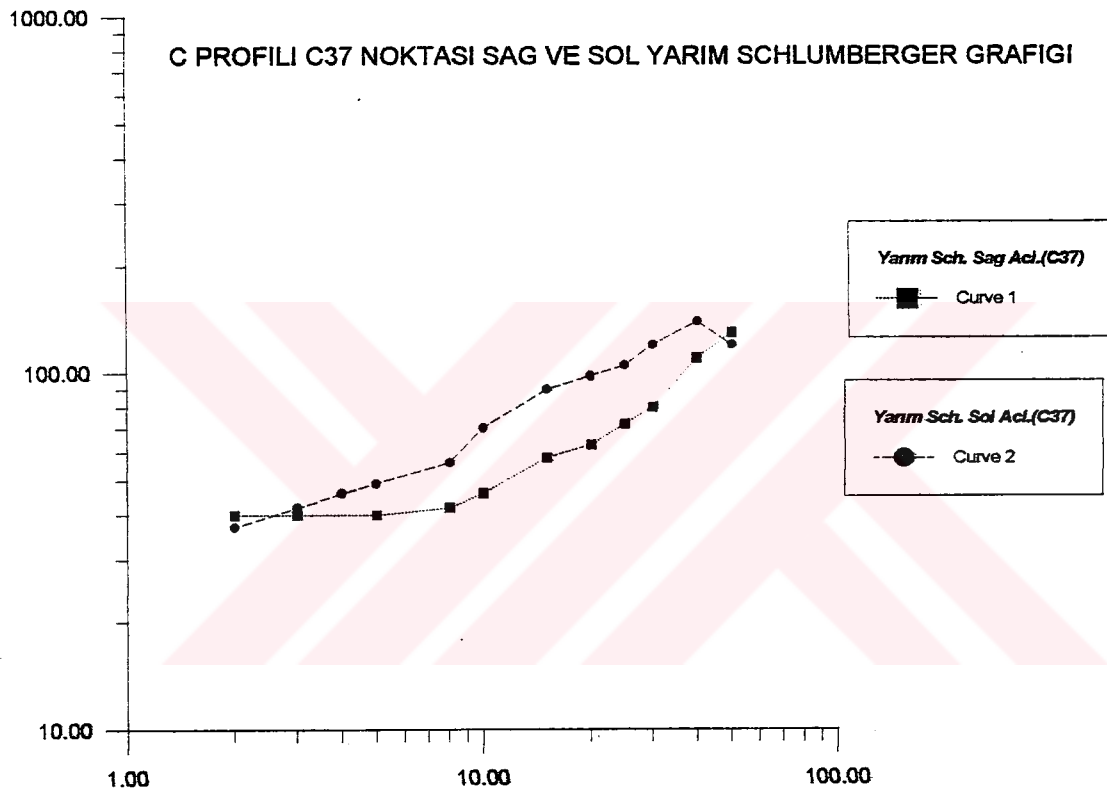
Şekil 4.2.1.17 C Profili C33 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği



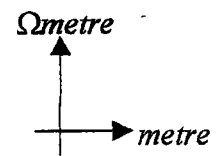


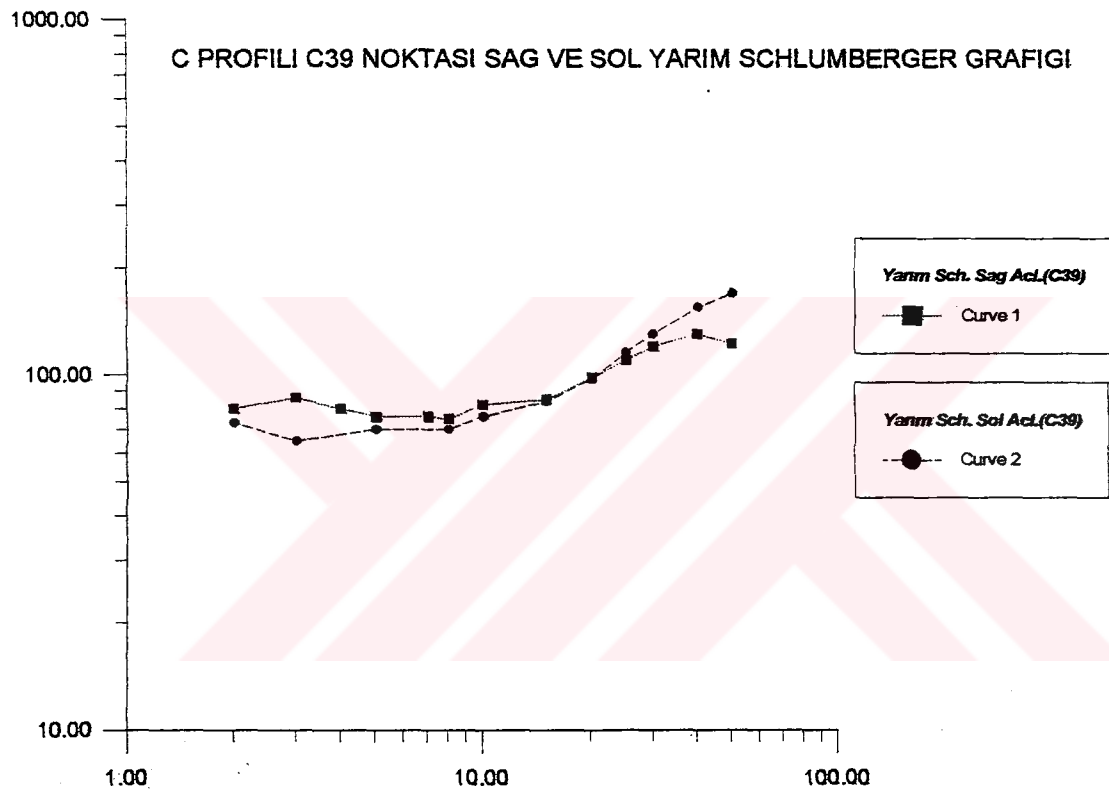
Şekil 4.2.1.18 C Profili C35 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği



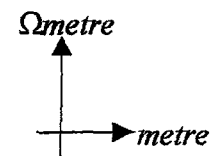


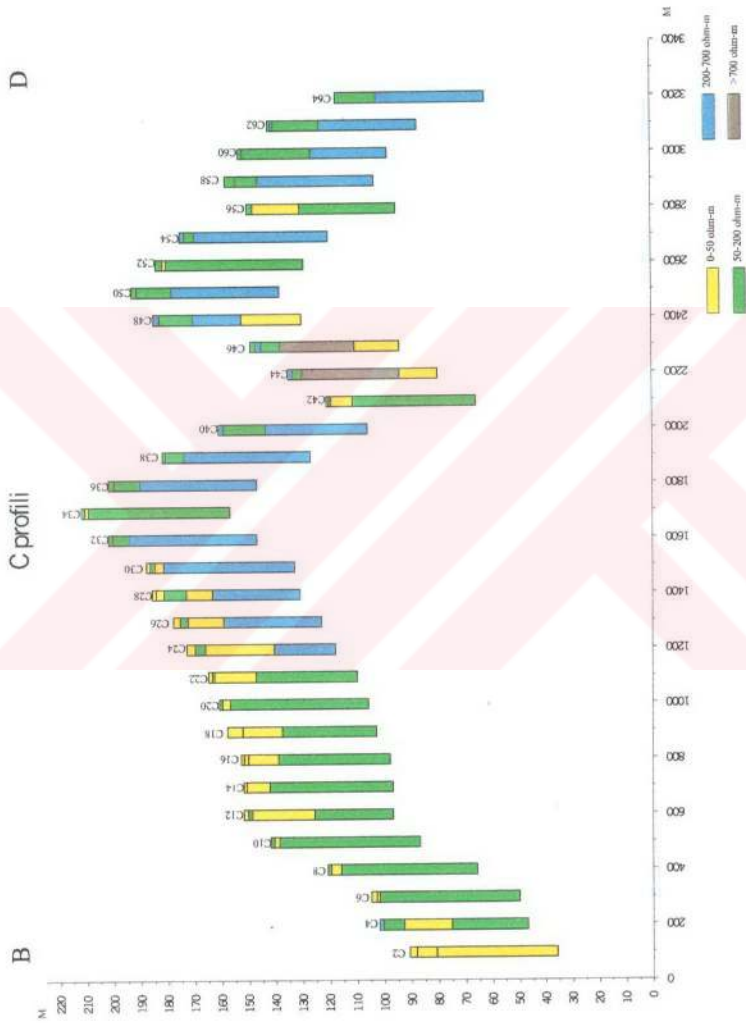
Şekil 4.2.1.19 C Profili C37 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği





Şekil 4.2.1.20 C Profili C39 Noktası Sağ ve Sol Schlumberger DES Grafiği



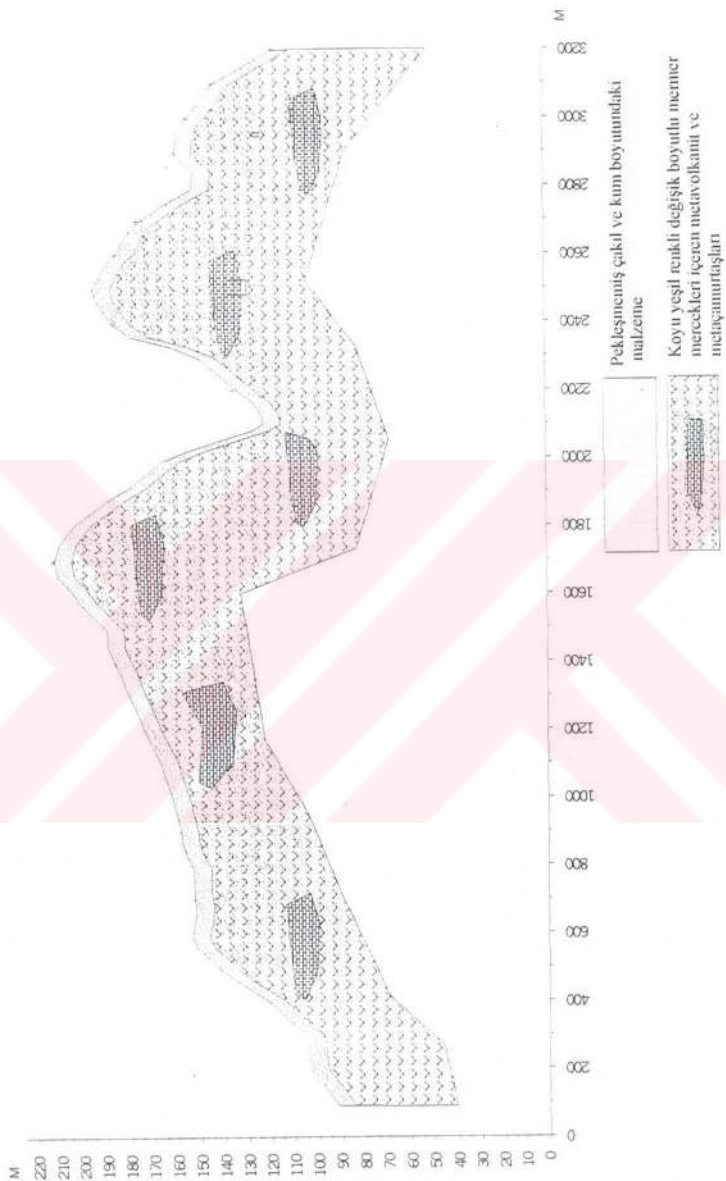


Şekil 4.2.1.21 C2-C64 Profili Olası Kurumsal Jeolojik Kesiti

C2-C64 Kesidi

D

B

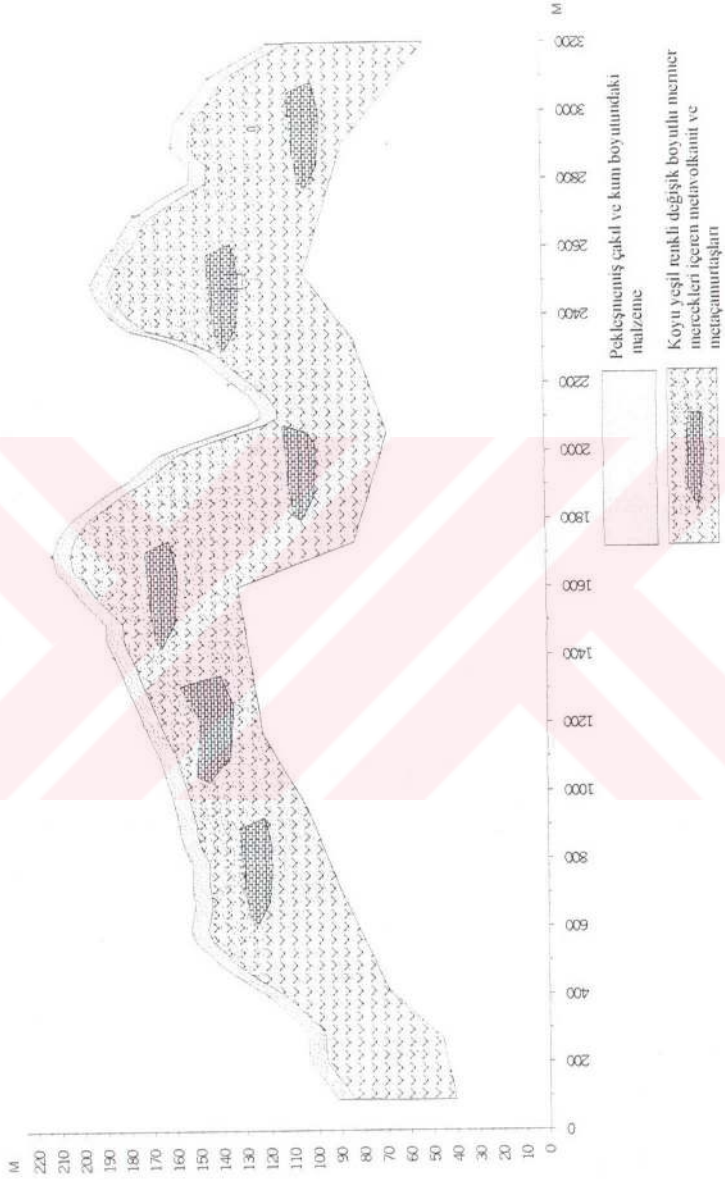


Şekil 4.2.1.22 Tam Schlumberger DES Olası Jeolojik Modeli

C2-C64 Kesidi

D

B

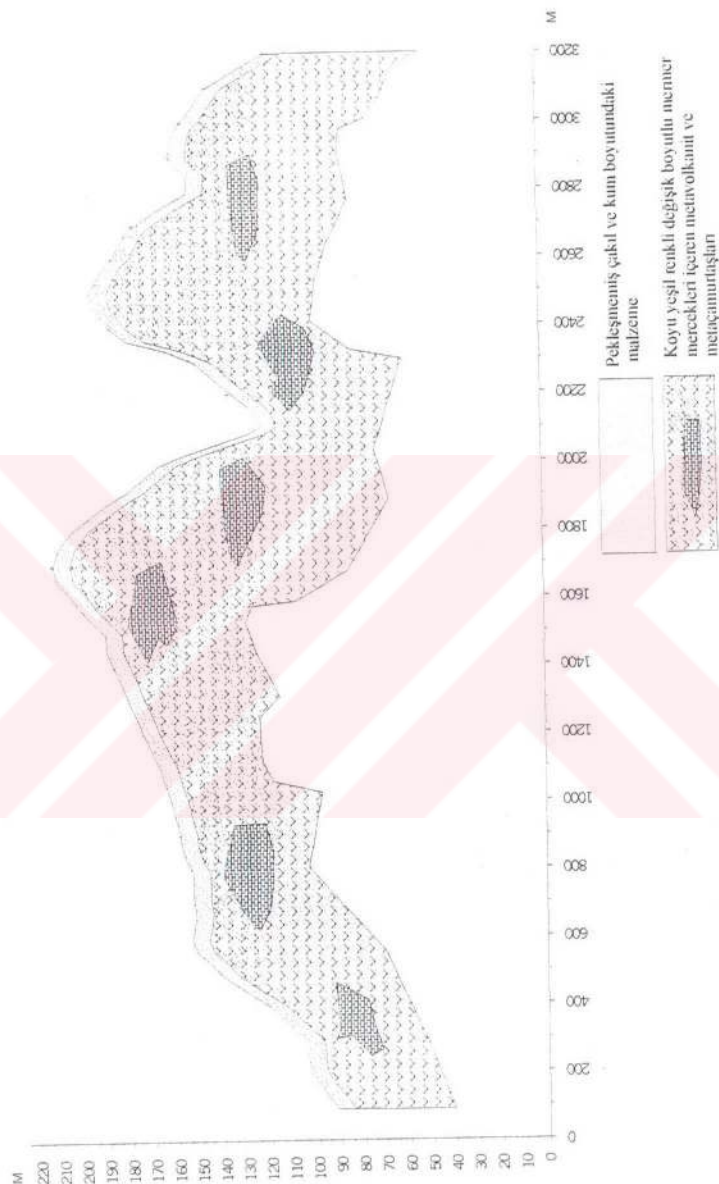


Şekil 4.2.1.23 Sol Yarım Schlumberger DES Olası Jeolojik Modeli

C2-C64 Kesidi

D

B



Şekil 4.2.1.24 Sağ Yarımlı Schlumberger DES Olası Jeolojik Modeli

4.3. ÖDEMİŞ SÖFÖRLER SİTESİ

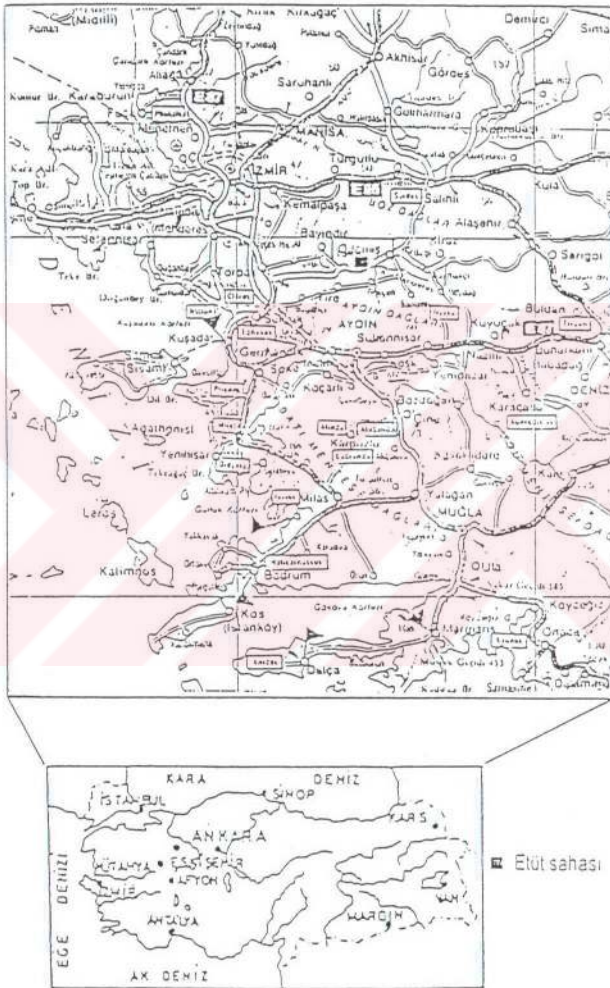
4.3.1 ÖDEMİŞ SÖFÖRLER SİTESİ GENEL JEOLJİSİ

İnceleme alanında Şekil(4.3.1.1) ve Şekil(4.3.1.2) gözlenen birimler alüvyon ve gnayslardır . Gnayslar inceleme alanında çok dar bir alanda yer almaktadır . Birimde hakim renk krem açık kahverengidir .Alüvyon ise inceleme alanında , düzlük alanların tamamını oluşturan hakim birimdir . Birim ; çakıl , kum , silt ve kilden oluşmaktadır . Kahve renkli olan alüvyonda iyi boyanma ve iyi derecelenme gözlenir .

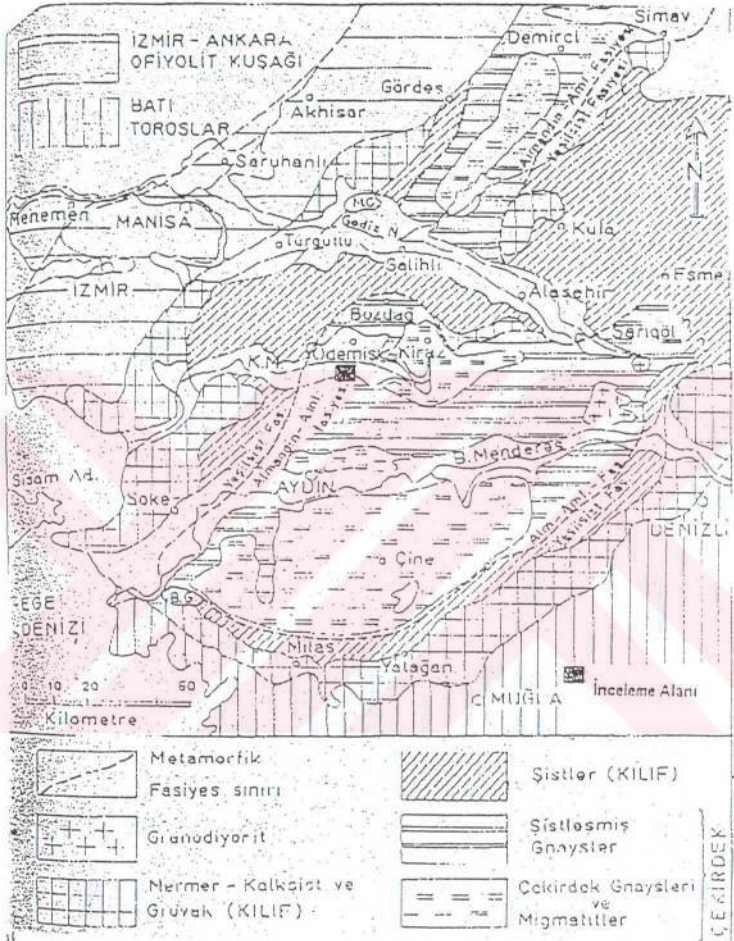
4.3.1.1. JEOFİZİK DES ÇALIŞMALARI

Jeofizik çalışmalar öz direnç beş elektrot sistemi ile yanal ve düşey yönde araştırmalar ve sismik kırılma çalışmaları olarak halen devam etmektedir. Veriler değerlendirme aşamasındadır. Örnek olarak 6 noktada yapılmış olan tam, sağ ve sol yarım Schlumberger DES verilerinin çizimleri verilmiştir (Şekil 4.3.1.1.1, 4.3.1.1.2 ve 4.3.1.1.3). Grafiklerin şekilsel olarak değerlendirilmesi sonucu eğrilerin birbirine göre paralellik konumlarına bakılarak akım elektrotları arasındaki ortamın yanal ve düşey yöndeki yapısal değişimi incelenmiş olur.

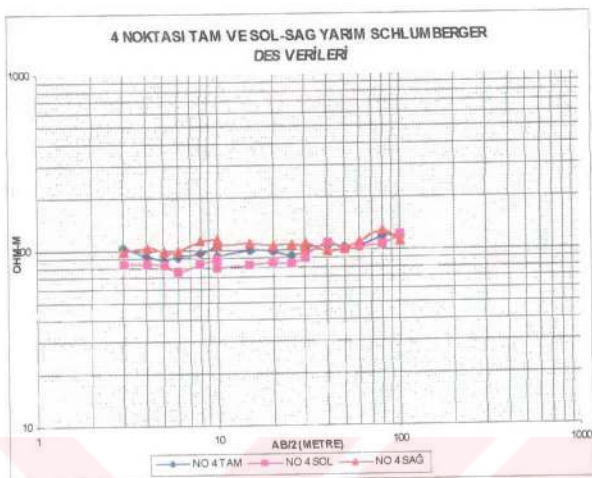
İNCELEME ALANI YER BULDURU HARİTASI



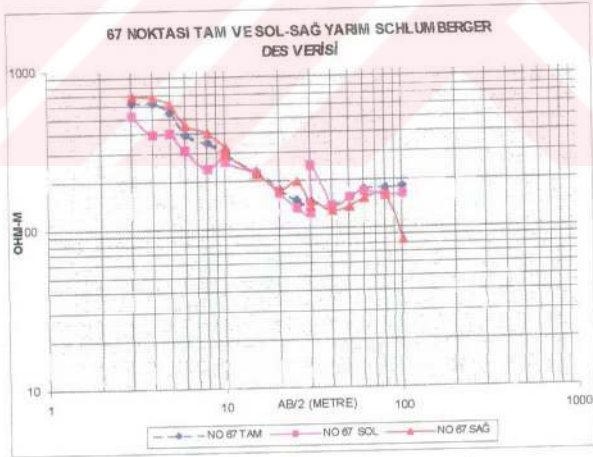
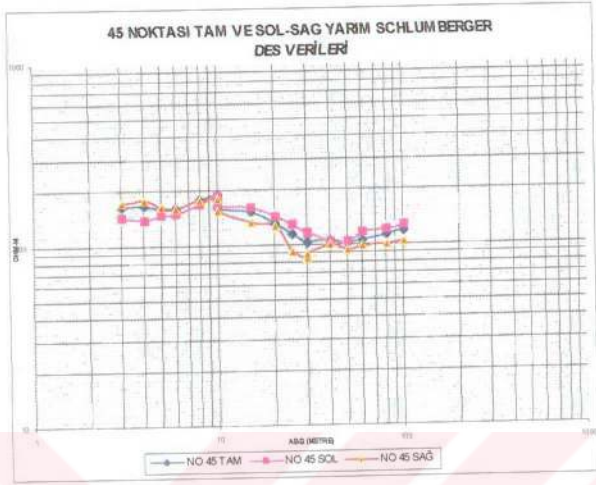
Şekil 4.3.1.1 İnceleme Alanı



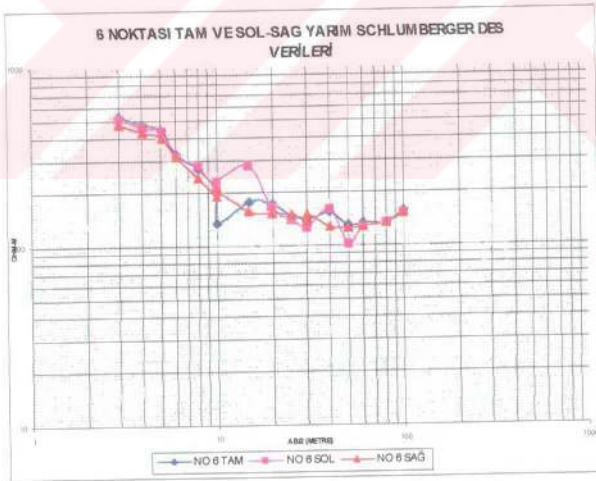
Şekil 4.3.1.2 Bölgenin Genel Jeolojisi



Şekil 4.3.1.1.1 Beş Elektrot DES Verileri Nokta:4-5 ÖDEMiŞ



Şekil 4.3.1.1.2 Beş Elektrot DES Verileri Nokta:45-67 ÖDEMİŞ



Şekil 4.3.1.1.3 Beş Elektrot DES Verileri Noka:56-6 ÖDEMiŞ

BÖLÜM BEŞ SONUÇLAR

Yapılan kuramsal ve arazi çalışmaları sonucu Schlumberger dizilimi temel alınarak oluşturulan beş elektrot dizilimi ve çift elektrot dizilimi ile yapılan düşey ve yanal yönlü araştırmaların ortak sonuçları aşağıda verilmiştir .

Profil çalışmalarında yarım Schlumberger ve iki elektrot dizilimlerinde görüntü kuramına ve elektrotların süreksizlik sınırına göre konumlarına bağlı olarak farklı koşullar oluşmaktadır. Bu koşullar dayk yapısı için her iki elektrot diziliminde de genelde altı koşul olarak oluşur. Düşey fay yapısı için ise üç koşul tanımlanır. Bu koşulların oluşmasına bağlı olarak da görünür özdirenç anomali biçimi üzerinde; elektrot aralığı (a), dayk genişliği (b), profil boyu (L), yansıma katsayısı (k), n parametresi, ve kayma miktarı (dx) etkili olmaktadır. Ayrıca yarım-Schlumberger elektrot diziliminde C_1-C_2 uzaklığı ile P_1-P_2 aralığının seçimine dikkat edilmelidir. Schlumberger diziliminde elektrik alan ölçümlerinin sağlanabilmesi için $C_1-C_2 \gg P_1-P_2$ özelliği olmalıdır.

Arazi çalışmalarında yapının b ve k parametreleri bilinmediği için ancak L, a ve dx parametreleri kullanıcının seçimine bağlıdır. En az hata ile veri elde etmek için önce yapının jeolojisi ve biçimi hakkında ön bilgiler sağlanması gerekir. Bunun için de gerekli model çalışmalar yapılarak kuramsal anomaliler oluşturulmalı ve daha sonra da arazide bir veya iki profil üzerinde beklenen anomaliye uygun parametreler (L, a ve dx) kullanılarak test ölçüleri yapılmalıdır. Ancak bu işlemlerin sonucunda çalışma için en uygun L, a ve dx parametreleri saptanabilir.

Yapısı ve yeri bilinen yapılar üzerinde yapılan uygulamalar sonucunda görüldüğü gibi düşey fay ve dayk benzeri yanal süreksizlik yapıların araştırılmasında yarım-Schlumberger elektrot dizilimi, iki elektrot dizilimine göre daha kısa profillerde

Çalışma olanağı sağladığı için daha kullanışlıdır. Ayrıca yarım-Schlumberger elektrot dizilimiyle elde edilen anomalilerin biçiminden yapıyı tanımlamak daha kolay olmaktadır.

Beş elektrot dizilimi kullanılarak yapılan profil çalışmalarında anomalilerin tek başına değerlendirilmesinden yapı yeri ve konumu tam olarak saptanamazken sağ-sol yarım Schlumberger fark değerlerinden yapı parametreleri daha belirgin olarak izlenmektedir.

Beş elektrot dizilimi ile DES uygulamalarından akım elektrotları altında ve arasında kalan alanındaki fosmasyon değerışimleri kolayca izlenir. Bunun için DES grafikleri birlikte (tam, sol ve sağ DES leri) aynı Log-Log kağda çizilerek eğerilerin birbirine göre paralelliği temel alınır. Paralellik varsa ortam aynı ,tersi durumunda ortamda bozucu etkiler vardır. Ayrıca her üç veride DES verisi olarak değerlendirilip olası jeofizik modelleri oluşturulabilir. Her üç kesitinde birlikte değerlendirilmesi sonucu gerçeğe daha uygun olası jeolojik modeller hazırlanabilir. Bu çalışmada tam olarak yapılamayan bu işlemlerin kuyu logu verisi ile destekli bir kuyu başında uygulanması onerilir.

Sonuç olarak çalışmaya uygun (açılım derinliğine bağlı olarak) alanlarda beş elektrot dizilim sistemin kullanılması ile ortamın istenilen derinlikte ve uzunlukta yanal ve düşey araştırması hızlı ve ekonomik bir şekilde yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Adel, A.R.Z.(1965). The auxiliary point method of electrical sounding interpretation, and its relationship to the dar zarrouk parameters. Geophysics, 30, 4, 644-660.
- Akgün, M.(1998). Yanal Süreksizliklerin Araştırılmasında İki Elektrot ve Yarım Schlumberger Elektrot Dizilimlerinin Kullanılması. Jeofizik, 12, 1-2, 3-20.
- Başokur, A.T.(1983). The use of two-elektrode and schlumberger filters for computing resistivity and E.M sounding curves, Geophysical Prospecting 32, 132-135.
- Başokur, A.T.(1983). Düşey Elektrik Sondajı. TPAO. Arama Grubu Başkanlığı Yayını
- Broadbent, M. and Habberjam,G.M. (1971). A solution of the Dipping Interface problem using the Square Array Resistivity Technique. Geophysical Prospecting, 19, 321-338.
- Candansayar, E., (1988), & ,Cheng, Y., W. (1980) . Location of near surface faults in geothermal prospect by "the combined head on resistivity profiling method" .Proceedind of the New Zealand Geothermal Workshop.
- Karous, M., & Pemu, T.K. (1985) . Combined sounding profiling resistivity measurements with the three-electrode arrays. Geophysical Prospecting 33, 447-459.

- Keller, V.G. & Frischknecht, F., C. (1970) . Electrical Methods in Geophysical Prospecting. Pergamon Press Ltd., Headington Hill Hall, Oxford.
- Mundry, E. (1984) . Geoelectrical model calculations for two dimensional resistivity distributions. Geophysical Prospecting 32, 124-131.
- Pınar, R. & Akçığ, Z. (1992) . Kösemtuğ Tümülsü' nün jeofizik yöntemlerle araştırılması. VIII. Arkeometri sonuçları toplantısı, 25-29 Mayıs 1992 Ankara (Ayrı Basım)
- Schulz, R., & Tezkan, B. (1988) . Interpretation of resistivity measurements over 2-D structures. Geophysical Prospecting 36, 962-975.
- Telford, W. M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. & Keys, D.A. (1987) . Applied Geophysics. Cambrige University Press.
- Zohdy, A.A.R.(1974) Automatic interpretation of schlumberger soundig curves. Geol. Surv. Bull. 1313-E U.S. Government Printing Office, Washington, 71 pp.