KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ *FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÖZDİRENÇ VERİLERİNİN BİRLEŞİK TERS ÇÖZÜMÜ

YÜKSEK LİSANS

Jeofizik Müh. Ebru EFEOĞLU

Anabilim Dalı:Jeofizik Mühendisliği

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Metin AŞÇI

KOCAELİ, 2009

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÖZDİRENÇ VERİLERİNİN BİRLEŞİK TERS ÇÖZÜMÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Ebru EFEOĞLU

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 05 Ocak 2009
Tezin Savunuldugu Tarih:02 Mart 2009

Tez Danışmanı	Üye	Üye
Yrd.Doç.Dr.Metin AŞÇI	Prof.Dr.Özer KENAR	Yrd.Doç.Dr.Can KARAVUL
.....	.....	.....

KOCAELİ, 2009

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Özdirenç yöntemi ile yeryüzünden ölçümler alınarak yerin derinlikleri hakkında bir takım sonuçlar ortaya çıkarılabilir. Bunun yapılabilmesi için çeşitli açılım sistemlerinden yararlanılır. Ortaya konmak istenen ne ise, ona yönelik bir elektrot açılım sistemi tercih edilir. Bu çalışmada çeşitli elektrot tertipleri kullanılarak bunların modellemesi yapılmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmamda bana yardımcı olan Prof.Dr.Şerif BARIŞ'a, Arş.Gör. Bülent DOĞAN'a, tezimin her aşamasında bilgi ve önerileriyle beni yönlendiren danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Metin AŞÇI' ya, ayrıca bütün öğrenim hayatım boyunca benden desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNLER viii
SİMGELER ve KISALTMALAR ix
ÖZET x
İNGİLİZCE ÖZET xi
1. GİRİŞ 1
2. ELEKTRİK ÖZDİRENÇ YÖNTEMİ 3
2.1. Homojen ve İzotrop Ortamda Potansiyel Dağılımı 8
2.2. Elektrik sondajları ve Akım Penetrasyonları 11
2.2.1.Düşey elektrik sondajı (YES) değerlendirilmesi 11
2.2.2.Yatay elektrik sondajı(DES) değerlendirilmesi 12
2.3. Elektrot Açılım Türleri ve Arazide Uygulanışı 13
2.3.1. Wenner elektrot açılımı 13
2.3.2. Schlumberger elektrot açılımı 14
2.3.3. İki Nokta elektrot açılımı 15
2.3.4. Üç Nokta elektrot açılımı 16
2.4. Yatay Tabakaların Dağılımı ve Elektrik Potansiyel Arasındaki Bağıntısı 18
2.5. Görünür Özdirenç Kavramı 23
2.6. Katmanlı Ortamlar İçin Özdirenç Bağıntısı 23
2.7. Düşey Elektrik Sondajı (DES) Verilerinin Değerlendirilmesi 24
2.7.1. Schlumberger görünür özdirenç bağıntısı 24
2.8. Fay Eğimi Belirleme 27
2.8.1. Süreksizlik eğimi bulmada kaydırma ölçüleri 27
2.8.2. Yatay görünür özdirenç eğrisinden belirtgen noktaların seçimi 30
2.9. Görüntü Teoremi ile YES Verilerinin Değerlendirilmesi 32
2.9.1. Wenner elektrot açılım sistemi 34
2.9.1.1. Fay modeli 35
2.9.1.2. Dayk modeli 44
2.9.2. Yarım Wenner elektrot açılım sistemi 48
2.9.2.1. Fay modeli 48
2.9.2.2. Dayk modeli 53
2.9.3. Yarım Schlumberger elektrot açılım sistemi 55
2.9.3.1. Fay modeli 55
2.9.3.2. Dayk modeli 61
2.9.4. Üç elektrot açılım sistemi 66
2.9.4.1. Fay modeli 66
2.9.4.2. Dayk modeli 71
3. KURAMSAL TERS ÇÖZÜM İLKELERİ 72
3.1. YES Verilerinin Fay ve Dayk Modelleri İçin Ters Çözümü 80
3.1.1. Başlangıç parametrelerinin oluşturulması 80
3.1.1.1. Kaydırma Wenner 80
3.1.1.2. Yarım Wenner 81
3.1.1.3. Yarım Schlumberger 81
3.1.1.4. Üç elektrot 82
3.1.2. Türev dizeylerinin oluşturulması 82

3.1.2.1. Kaydırma Wenner. 83
3.1.2.2. Yarım Wenner 85
3.1.2.3. Yarım Schlumberger 86
3.1.2.4. Üç elektrot 87
3.1.3. Parametre düzeltme faktörü 88
3.1.4. Martquardt sönüm faktörü seçimi 88
3.1.5 Karesel hata değeri (RMS) 89
3.2. Des Verilerinin Ters Çözümü 89
4. MODEL ÇALIŞMALARI 90
4.1. YES Verilerinin Model Çalışmaları 90
4.1.1. Kaydırma Wenner sistemi için fay ve dayk modeli 90
4.1.2. Yarım Wenner sistemi için fay ve dayk modeli 93
4.1.3. Yarım Schlumberger sistemi için fay ve dayk modeli 97
4.1.4. Üç elektrot sistemi için fay modeli 99
4.2. DES Verlerinin Model Çalışması 100
4.2.1. Schlumberger sistemi 100
5. ARAZİ ÇALIŞMASI 104
5.1. Geyve Bölgesi İnceleme Alanının Jeolojisi ve Tektoniği 104
5.1.1. Anadolu'nun neotektonik döneminde KAFS 105
5.1.2. Marmara bölgesinde KAFS'nin orta kolu'nun geometrisi 106
5.1.3. Geyve fay zonu ve tektono-stratigrafisi 109
5.1.4. Stratigrafi 109
5.1.5. Geyve formasyonu 110
5.2. Geyve Fay Geometrisinin Elde edilmesi 111
5.2.1. Geyve fayı doğu kesimi (Hat 1) 111
5.2.2. Geyve fayı batı kesimi (Hat 2) 115
5.3. İznik Bölgesi İnceleme Alanının Jeolojisi 130
5.3.1. İznik fay zonu ve tektono-stratigrafisi 130
5.3.2. Stratigrafi 132
5.3.3. İznik formasyonu 133
5.3.3.1. Hocaköy formasyonu 133
5.3.4. Yapısal jeoloji 134
5.4. İznik Fay Geometrisinin Elde Edilmesi 134
5.4.1. İznik fayı batı kesimi (Hat 3) 134
5.4.2. İznik fayı doğu kesimi (Hat 4) 147
5.5. Manyetik Çalışmalar 158
5.6. Derin Özdirenç Çalışmaları 162
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 169
KAYNAKLAR 170
ÖZGEÇMİŞ 175

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Genel dört elektrot dizilimi ……..3
Şekil 2.2. Akım ve eş potansiyel eğrilerinin yeraltında dağılışı……....7
Şekil 2.3. P noktasının küresel koordinatlarda gösterimi…….....9
Şekil 2.4. Wenner açılımı……....13
Şekil 2.5. Schlumberger elektrot açılımı ……14
Şekil 2.6. İki elektrot açılımı……...15
Şekil 2.7. Üç noktalı elektrot açılımı……...16
Şekil 2.8. Schlumberger dizilimiyle n tabakalı yer modeli…….25
Şekil 2.9. Süreksizlik eğimi bulma…….....29
Şekil 2.10. Belirtgen nokta seçimi……...31
Şekil 2.11. Eğim açısıseçimi…….....32
Şekil 2.12. Akım hatlarının kırılma yasası…….....33
Şekil 2.13. Görüntü teoremi……33
Şekil 2.14. KW elektrot açılımı……...35
Şekil 2.15. KW fay modelinde elektrot geçişleri(Dört elektrot ortam 1 de)……....36
Şekil 2.16. KW fay modelinde elektrot geçişleri(Bir elektrot ortam 2 de)…….37
Şekil 2.17. KW fay modelinde elektrot geçişleri(İki elektrot ortam 2 de)…….....38
Şekil 2.18. KW. fay modelinde elektrot geçişleri(Üç elektrot ortam 2 de)…….39
Şekil 2.19. KW fay modelinde elektrot geçişleri(Dört elektrot ortam 2 de)……...…….39
Şekil 2.20. KW sistemi için elde edilen teorik eğri(a=40m,dx=20m)…….44
Şekil 2.21. KW teorik eğrisi(a:10m, dx:60m)…….....41
Şekil 2.22. KW teorik eğrisi(a:20m, dx:20m)…...…….....42
Şekil 2.23. KW teorik eğrisi(a:10m, dx:15m)…….....42
Şekil 2.24. KW teorik eğrisi(a:15m, dx:10m)…….....43
Şekil 2.25. KW teorik eğrisi(a:60m, dx:10m)……..…...43
Şekil 2.26. KW dayk modelinde elektrot geçişleri (Dört elektrot ortam 1'de)……...……44
Şekil 2.27. KW dayk modelinde elektrot geçişleri (Bir elektrot ortam 2'de)…….……44
Şekil 2.28. KW dayk modelinde elektrot geçişleri (İki elektrot ortam 2'de)……...…...45
Şekil 2.29. KW dayk modelinde elektrot geçişleri (Üç elektrot ortam 2'de)……..45
Şekil 2.30. KW dayk modelinde elektrot geçişleri (Dört elektrot ortam 2'de)……...46
Şekil 2.31. KW dayk modelinde elektrot geçişleri (Bir elektrot ortam 3'de)……46
Şekil 2.32. KW dayk modelinde elektrot geçişleri (İki elektrot ortam 3'de)……..…47
Şekil 2.33. KW dayk modelinde elektrot geçişleri (Üç elektrot ortam 3'de)……..47
Şekil 2.34. KW dayk modelinde elektrot geçişleri (Dört elektrot ortam 3'de)……...48
Şekil 2.35. YW fay modelinde elektrot geçişleri. (2 elektrot ortam 1 de)……48
Şekil 2.36. YW fay modelinde elektrot geçişleri. (1 elektrot ortam 2 de)……49
Şekil 2.37. YW fay modelinde elektrot geçişleri. (2 elektrot ortam 2 de)……49
Şekil 2.38. YW içim elde edilen teorik eğri(a:40m, dx:20m)…..……50
Şekil 2.39. YW teorik eğrisi (a:10 m, dx:15 m)……..51
Şekil 2.40. YW teorik eğrisi (a:15 m, dx:10 m)……..51
Şekil 2.41. YW teorik eğrisi (a:10 m, dx:60 m)…….…52
Şekil 2.42. YW teorik eğrisi (a:60 m, dx:10 m)……..52
Şekil 2.43. YW teorik eğrisi (a:20 m, dx:20 m)……..53
Şekil.2.44. YW dayk modelinde elektrot geçişleri. (2 elektrot ortam 1 de)……...53
Şekil 2.45. YW dayk modelinde elektrot geçişleri. (1 elektrot ortam 2 de)……...54
Şekil 2.46. YW dayk modelinde elektrot geçişleri. (2 elektrot ortam 2 de)……...54

Şekil 2.47. YW dayk modelinde elektrot geçişleri. (1 elektrot ortam 3 de)……...55
Şekil 2.48. YW dayk modelinde elektrot geçişleri. (2 elektrot ortam 3 de)……...55
Şekil 2.49. YS fay modelinde elektrot geçişleri (3 elektrot ortam 1 de)……56
Şekil 2.50. YS fay modelinde elektrot geçişleri (2 elektrot ortam 2 de)……57
Şekil 2.51. YS fay modelinde elektrot geçişleri (3 elektrot ortam 2 de)……57
Şekil 2.52. YS sistemi için elde edilen teorik eğri(a=40m,dx=20m)……....58
Şekil 2.53. YS teorik eğrisi (a:20 m, dx:20 m)……59
Şekil 2.54. YS teorik eğrisi (a:10 m, dx:15 m)……59
Şekil 2.55. YS teorik eğrisi (a:15 m, dx:10 m)……60
Şekil 2.56. YS teorik eğrisi (a:10 m, dx:60 m)……60
Şekil 2.57. YS teorik eğrisi (a:60 m, dx:10 m)……61
Şekil 2.58. Sistemin Ortam1 de olması durumu……..61
Şekil 2.59. Akım elektrotu Ortam 2. de, Potansiyelin Ortam1.de olması durumu……..…62
Şekil 2.60. Potansiyel elektrotu Ortam1'de, Akım elektrotu Ortam3.'de olması durumu…..62
Şekil 2.61. Potansiyel elektrotu Ortam2'de, Akım elektrotu Ortam3'te olması durumu…....63
Şekil 2.62. Sistemin Ortam3 de olması durumu……..…63
Şekil 2.63. Sistemin Ortam1. de olması durumu……..…64
Şekil 2.64. Akım elektrotu Ortam1 Potansiyel elektrotu Ortam2'de olması durumu…..…...64
Şekil 2.65. Akım elektrotu Ortam1 de,Potansiyel elektrotu Ortam3'de olması durumu……65
Şekil 2.66. Akım elektrotu Ortam 2,Potansiyel elektrotu Ortam 3'.de olması durumu ….....65
Şekil 2.67. Sistemin Ortam3'de olması durumu……..…66
Şekil 2.68. Ü E fay modeli.elektrot geçişleri (3 elektrot ortam 1 de)……..…66
Şekil 2.69. ÜE fay modeli.elektrot geçişleri (2 elektrot ortam 2 de)……..67
Şekil 2.70. ÜE fay modeli.elektrot geçişleri (3 elektrot ortam 2 de)……..…67
Şekil 2.71. ÜE sistemi için elde edilen teorik eğri(a=15m,dx=10m)……..68
Şekil 2.72. ÜE teorik eğrisi (a:10 m, dx:15 m)……...69
Şekil 2.73. ÜE teorik eğrisi (a:20 m, dx:20 m)……...69
Şekil 2.77. ÜE teorik eğrisi (a:15 m, dx:10 m)……...70
Şekil 2.75. ÜE teorik eğrisi (a:10 m, dx:60 m)……...70
Şekil 2.76. ÜE teorik eğrisi (a:60 m, dx:10 m)……...71
Şekil 3.1. Ters-çözüm işleminin basitleştirilmiş akış şeması……..80
Şekil.4.1. KW açılım sistemi için fay model çalışması……...90
Şekil 4.2. KW açılım sisteminde üç farklı ortam için dayk model çalışması(ρ1>ρ2>ρ3)…..91
Şekil 4.3. KW açılım sisteminde üç farklı ortam için dayk model çalışması
(ρ1<ρ2<ρ3)……92
Şekil 4.4. KW açılım sisteminde üç farklı ortam için dayk model çalışması
(ρ1=ρ3<ρ2)……..93
Şekil 4.5. YW açılım sisteminde fay model çalışması……94
Şekil 4.6. YW açılım sisteminde üç farklı ortam için dayk model çalışması
(ρ1<ρ2<ρ3)……...95
Şekil 4.7. YW açılım sisteminde üç farklı ortam için dayk model çalışması
(ρ1>ρ2>ρ3)……..…96
Şekil 4.8. YW açılım sisteminde üç farklı ortam için dayk model çalışması
(ρ1=ρ3<ρ2)……..97
Şekil 4.9. YS açılım sisteminde fay model çalışması……..98
Şekil 4.10. YS açılım sisteminde dayk model çalışması……99
Şekil 4.11. ÜE açılım sisteminde fay model çalışması……100
Şekil 4.12. Schlumberger model çalışması (Sürekli artan)……...…101
Şekil 4.13. Schlumberger model çalışması (Sürekli azalan)……....102
Şekil 4 14. Schlumberger model çalışması (Azalan artan)……...…103
Şekil 5.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası……..…105
Şekil 5.2. Alt Miyosen'den günümüze Türkiye'nin tektonik hatları ve türlerinin gelişimi...105
Şekil 5.3. KAFS'nin Doğu Marmara bölgesindeki detaylı geometrisi ile açtığı
ve deforme ettiği havzalar ……107

Şekil 5.4. KAFS Orta Kolu'nun çalışma alanındaki fay zonları ve bu zonların açtığı havzalar……....108
Şekil 5.5. Geyve-Mekece-İznik-Gemlik Fayı……...108
Şekil 5.6. Geyve Fayı……110
Şekil 5.7. G F D K üzerinde alınan ölçü profillerinin lokasyon haritas……111
Şekil 5.8. GYV1Eg profili çözümü……...…112
Şekil 5.9. GYV1Ed profili çözümü……...…113
Şekil 5.10. GYV2Eg profili çözümü……114
Şekil 5.11. GYV3Eg profili çözümü……114
Şekil 5.12. GFBK üzerinde alınan ölçü profillerinin lokasyon haritası……115
Şekil 5.13. GYV4Eg profili çözümü……..……116
Şekil 5.14. GYV4Ed profili çözümü ……117
Şekil 5.15. GYV4 profil ölçüsü fay geometrisi……..…118
Şekil 5.16. GYV5bEg Profili çözümü……...119
Şekil 5.17. GYV5b profil ölçüsü fay geometrisi……...120
Şekil 5.18. GYV5cEg profilinin çözümü……..121
Şekil 5.19. GYV5cEd profilinin çözümü……..122
Şekil 5.20. GYV7Eg profilinin çözümü……123
Şekil 5.21. GYV7 profil ölçüsü fay geometrisi……124
Şekil 5.22. GYV8Eg profilinin çözümü……....125
Şekil 5.23. GYV8Ed profilinin çözümü……126
Şekil 5.24. GYV9Eg profilinin çözümü……127
Şekil 5.25. GYV9Ed profilinin çözümü……128
Şekil 5.26. GFBK'nin modelleme sonucu oluşturulmuş fay izi haritası……...130
Şekil 5.27. İznik Fayı Doğu kesimi…….....131
Şekil 5.28. İznik Fayı Batı kesimi……131
Şekil 5.29. İFBK üzerinde alınan ölçü profillerinin lokasyon haritası……..…134
Şekil 5.30. IZNK2aynarcaEg profilinin çözümü……..…..135
Şekil 5.31. IZNK2aynarcaEd profilinin değerlendirilmesi……...…136
Şekil 5.32. IZNK2kaynarca profil ölçüsü fay geometrisi……137
Şekil 5.33. IZNK3Eg1 profilinin çözümü……..…138
Şekil 5.34. IZNK3Eg2 profilinin çözümü……..…139
Şekil 5.35. IZNK4besevlerEg1 profilinin çözümü……....140
Şekil 5.36. IZNK4besevlerEd1 profilinin çözümü……141
Şekil 5.37. IZNK4besevlerEg2 profilinin çözümü……142
Şekil 5.38. IZNK4besevlerKoyu profilinin çözümü……144
Şekil 5.39. IZNK4besevlerkoyu profil ölçüsü fay geometrisi……...145
Şekil 5.40. İFBK inde modelleme sonucu oluşturulmuş fay izi haritası……...145
Şekil 5.41. İFDK üzerinde alınan ölçü profillerinin lokasyon haritas……...147
Şekil 5.42. OSM1besevlerEg profilinin çözümü……..…..148
Şekil 5.43. OSM1besevlerkoyuEd profilinin çözümü ……..149
Şekil 5.44. IZNK6Eg1 profilinin çözümü……150
Şekil 5.45. IZNK6Ed1 profilinin çözümü……..…151
Şekil 5.46. IZNK6Eg2 profilinin çözümü……153
Şekil 5.47. IZNK 6Eg2 profil ölçüsü fay geometrisi……154
Şekil 5.48. IZNK7dirazali2Eg profilinin çözümü……155
Şekil 5.49. IZNK7dirazaliEd2 profilinin çözümü……156
Şekil 5.50. İFDK' nde modelleme sonucu oluşturulmuş fay izi haritası……...…157
Şekil 5.51. Gözlem profillerinin lokasyonu……..159
Şekil 5.52 A,B,C,D,E,F ve G profilleri için manyetik ölçüm sonuçları……159
Şekil 5.53. A profili için ters çözüm sonuçları……..160
Şekil 5.54. B profili için ters çözüm sonuçları……..161
Şekil 5.55. D profili için ters çözüm sonuçları……..…162
Şekil 5.56. Çerkeşli Özdirenç ölçüm noktalarının lokasyonu……..…163

Şekil 5.57. Çerkesli'deki DRS-1 için özdirenç-uzaklık eğrileri……....163
Şekil 5.58. Çerkesli'deki DRS-2 için özdirenç-uzaklık eğrileri……164
Şekil 5.59. Çerkesli'deki DRS-3 için özdirenç-uzaklık grafiği…….164
Şekil 5.60. Çerkesli'de yapılan DRS-1,DRS-2 ve DRS-3 noktalarının jeolojik yorumu….165
Şekil 5.61. DES1 ölçüsünün çözümü……....165
Şekil 5.62. DES2 ölçüsünün çözümü……166
Şekil 5.63. DES3 ölçüsünün çözümü……167
Şekil 5.64. Ters çözüm sonuçlarından elde edilen jeolojik kesit……..168

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Bazı materyallerin özdirençleri……..5
Tablo 2.2. Yedi noktalı filtreler……..26
Tablo 4.1. Kuramsal Schlumberger model çalışması verileri……...101
Tablo 4.2. Kuramsal Schlumberger model çalışması verileri…….……..102
Tablo 4.3. Kuramsal Schlumberger model çalışması verileri……...103
Tablo 5.1. Geyve fayı doğu kesimi ölçü profillerinin ters çözüm sonuçları…….115
Tablo 5.2. Geyve fayı batı kesimi gidiş profillerinin ters çözüm sonuçları……..129
Tablo.5.3. Geyve fayı batı kesimi dönüş profillerinin ters çözüm sonuçları……129
Tablo 5.4. Geyve fayı batı kesimi gidiş profillerinin değerlendirme sonuçları…...129
Tablo 5.5. Geyve fayı batı kesimi dönüş profillerinin değerlendirme sonuçları…..129
Tablo 5.6. İznik fayı batı kesimi gidiş profillerinin ters çözüm sonuçları……146
Tablo 5.7. İznik fayı batı kesimi dönüş profillerinin ters çözüm sonuçları……..146
Tablo 5.8. İznik fayı batı kesimi dönüş profillerinin değerlendirme sonuçları……146
Tablo 5.10. İznik fayı doğu kesimi gidiş profillerinin ters çözüm sonuçları……157
Tablo 5.11. İznik fayı doğu kesimi dönüş profillerinin ters çözüm sonuçları……..157
Tablo 5.12. İznik fayı doğu kesimi gidiş profillerinin değerlendirme sonuçları…..158
Tablo 5.13. DES1 Ölçüsünün ters çözüm sonuçları…….166
Tablo 5.14. DES2 Ölçüsünün ters çözüm sonuçları……...……..166
Tablo 5.15. DES3 Ölçüsünün ters çözüm sonuçları……...……..167

SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR

A : Duyarlılık (Jacobian) matrisi
a : Elektrot açıklığı, (m)
b : Daykın genişliği, (m)
C : Akım Elektrotu
d : Ölçü noktasının faya uzaklığı, (m)
dx : Kayma mesafesi, (m)
e : Yanılgı vektörü
G : Veri değerleri
h : Tabaka kalınlığı,(m)
k : Yansıma faktörü
p : Daykın Sınırının ölçü noktasına olan mesafesi, (m)
P : Potansiyel elektrotu
RMS : Karesel hata, (Root Mean Square)
s : İkinci süreksizliğin ölçü noktasına olan mesafsi, (m)
ρ_1 : Birinci ortamın özdirenç değeri, (ohm.m)
ρ_2 : İkinci ortamın özdirenç değeri, (ohm.m)
β : Sönüm (Marquardt) faktörü
Δp : Parametre düzeltme faktörü
ΔG : Gözlemsel anomali ile kuramsal anomali fark vektörü

Üst İndisler

göz : Gözlenen
hes : Hesaplanan

Kısaltmalar

BÜ : Boğaziçi Üniversitesi
DES : Düşey Elektrik Sondajı
GFBK : Geyve Fayı Batı Kesimi
GFDK : Geyve Fayı Doğu Kesimi
GÖ : Görünür özdirenç
İFBK : İznik Fayı Batı Kesimi
İFDK : İznik Fayı Doğu Kesimi
KAFS : Kuzey Anadolu Fay Sistemi
KAFZ : Kuzey Anadolu Fay Zonu
KW : Kaydırma Wenner
ÜE : Üç Elektrot
YES : Yanal Elektrik sondajı
YS : Yarım Schlumberger
YW : Yarım Wenner

ÖZDİRENÇ VERİLERİNİN BİRLEŞİK TERS ÇÖZÜMÜ

Ebru EFEOĞLU

Anahtar Kelimeler: Fay, özdirenç, ters çözüm, Wenner, Schlumberger

Özet: Tektonik açıdan havza oluşumları kendisini oluşturan normal yada doğrultu atımlı faylar sayesindedir. Havzaların nasıl oluştuğunun ortaya konabilmesi ancak bu fayların mekanizmalarının veya geometrisinin ortaya konabilmesi ile mümkündür. Bu açıdan da Geyve ve İznik havzaların oluşumunu açıklamak amacıyla KAFZ 'nun bu kesimdeki yapısı özdirenç yöntemiyle ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Bu durumu ortaya koymak amacıyla fay doğrultusuna dik doğrultuda ölçümler alınmıştır. Ölçümlerin alınmasında Kaydırma Wenner, üç elektrot, Schlumberger elektrot açılım sistemlerinin kullanılması uygun görülmüştür. Değerlendirilmeleri EKK ters çözüm tekniği ile yapılmıştır. Böylece yüzeyde izlenen fayın derine doğru nasıl devam ettiği ortaya konulmuştur.

KAFZ'nun batıdaki orta kolu sayılan Geyve, İznik fayları üzerinde 4 adet doğrultu seçilmiştir. Her bir doğrultu için yüzeyde izlenen faya dik olacak şekilde ölçümler alınmıştır. Bu ölçümler birlikte değerlendirilerek o bölgedeki fayın geometrik durumu ortaya konulmuştur. Bulunan sonuçlara göre fayın yüzeyde belirlenmiş izi, yüzeyin altında belirlenmiş izi birlikte haritalanmıştır. Fayın derine doğru belirlenen izleri fayın yüzeydeki konumuna göre kuzey yönünde çıkmıştır. Kuzey yönündeki bu eğimin derecesi basenlerin oluşumu yada bu güne kadarki gelişimi hakkında tektonik bilgiler vermiştir.

Elde edilen sonuçlar daha önce aynı bölgede B.Ü Kandilli Rasathanesinin yaptığı manyetik çalışmalarla desteklenmiştir. Doğrultuların hep birlikte değerlendirilmesi ile de tüm orta kol boyunca genel bir tektonik yorum yapılabilme olanağı vermiştir.

THE JOINT INVERSİON OF RESISTIVITY DATA

Ebru EFEOĞLU

Keywords: Fault, resistivity, inversion, Wenner, Schlumberger

Abstract: Tectonic based formation of river basins resulted from normal or strike-slip faults, and formation of river basins can only be understood by revealing the mechanisms or geometry of these faults. Consequently, the structure of North Anatolian Fault Zone in Geyve and Iznik river basins is tried to be revealed via resistivity method in order to explain the formation of the mentioned river basins.

To this end, measurements vertical to the fault line were conducted. Profiling Wenner, three electrode, Schlumberger electrode line-up systems were applied during the measurements which were evaluated through inversion technique. In this way, we have displayed how the fault observed on the surface continues downwards.

Four directions were selected on the Geyve and Iznik faults which are considered as the western central branch of the North Anatolian Fault Zone. Separate measurements vertical to the fault were performed for each direction. The measurements were collectively evaluated and the geometrical status of the fault in that region was presented. According to the results obtained, the surface and underground traces of the fault were jointly mapped. The underground traces were found to be tending towards the north when compared to the surface traces. The level of this tendency has provided us valuable tectonic information on the basins' formation and their evaluation to date.

The results obtained were supported by the magnetic studies conducted by the Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute in the same region. The collective evaluation of directions has enabled us to make a general tectonic comment for the whole central branch

.

1. GİRİŞ

Özdirenç yöntemi ile yer içine ait yapının belirlenmesi uzun yıllardan beri yapılmaktadır. İlk olarak Wenner (1915) ve Schlumberger (1920) tarafından uygulanmıştır. Yeraltının incelenmesi öngörülen probleme göre geliştirilmiş elektrot açılım sistemleri ile yapılır. Yerin derine doğru tabakaların dizilişleri ortaya konmak istenirse uygulanacak elektrot sistemlerine kısaca DES (Düşey Elektrik Sondajı), eğer yerin içi yanal olarak taramak istenirse buna uygun elektrot sistemleri de YES (Yatay Elektrik Sondajı) denilebilir.

KAFZ 'nun batı kesimi Akyazı'dan itibaren üç kola ayrılır. Bu kollardan biri Sapanca üzerinden İzmit Körfezine doğru (kuzey kolu) diğeri Bilecik Bursa üzerinden Edremit Körfezine giden (güney kol) üçüncü olarak ta Geyve Mekece üzerinden Gemlik Körfezine giden orta koldur. Bu fay mekanizmaları oluşumlarından günümüze kadar geçtikleri bölgelerde havza oluşumlarına neden olmuşlardır.

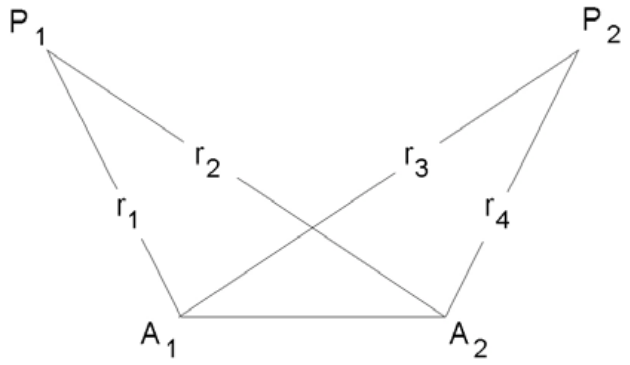
Bu çalışmada orta kolun oluşturduğu Geyve ve İznik havzalarının oluşumuna açıklık getirebilmek amacıyla fayın yüzeydeki gösterdiği belirtilerin derine doğru ne şekilde, ne yöne gittiği saptanmaya çalışılmıştır. Bunun için yatay (YES) özdirenç sistemleri kullanılmıştır. Bu sistemler kaydırma Wenner ve üç elektrot sistemleri olarak tercih edilmiştir. Öncelikle bu sistemlerin model çalışmaları yapılmış bunlarla beraber yarım Wenner yarım Schlumberger sistemlerinin de model çalışması yapılmış arazi uygulamalarında ilk iki sistem tercih edilmiştir. Elde edilen veriler matematiksel olarak bu sistemlere uydurulmaya çalışılmıştır. Elde edilen model başlangıç modeli seçilip Marquardt Levenberg (1963) algoritmasıyla ters çözümleri yapılmıştır. Bulunan sonuçlar ayrı ayrı geometrileri düşey kesitler halinde, tüm sonuçlar birlikte toplam dört kesit halinde harita üzerinde işaretlenmiştir.

Düşey Elektrik Sondajı (DES) sistemlerinden Schlumberger sisteminde çözüm algoritması yine aynı ters çözüm tekniğine uygun geliştirilmiştir. Keleş ve Gürbüz (1989) tarafından Şekil 5.59'da belirtilen lokasyonda alınmış 3 adet DES ölçüsü yeniden değerlendirilmiş, jeolojik kesiti çizilmiş, fayın eğiminin kuzeye doğru olduğu saptanmıştır. Bu sonuç o bölgede daha önce yapılan çalışmalarla desteklenmiştir.

İnceleme alanında aynı faylar üzerinde daha önce yapılan jeofizik çalışmalar manyetik, SP, sığ ve derin özdirenç ve manyetotellürik çalışmalardır. Aktif fayın geometrik yapısını belirlemek amacıyla fay hattını dik doğrultuda kesen manyetik ölçümler Işıkara ve diğ. (1986). Fay anomalisini bulmak amacıyla toplam jeomanyetik alan ölçümleri ve modellemesi M.Mathsushima ve diğ. (1989) tarafından yapılmıştır. Aynı anomaliler Aşçı ve diğ. (2008) tekrar modellenmiştir. Yüzey kayalarının uzaysal suseptibilite dağılımlarını görebilmek amacıyla N.Oshima v diğ. (1992) çalışması yapılmıştır. Özdirenç çalışmaları sığ olarak yanal yönde Tanaka ve diğ. (1986) yapılmıştir. Derin özdirenç çalışmaları fayın özdirenç yapısı saptamak amacıyla Keleş ve Gürbüz (1989) Gürbüz ve diğ. (1992) tarafından yapılmıştır. Derin özdirenç yapısını ortaya koyabilmek amacıyla Honkura ve diğ. (1986),M.K.Tunçer ve diğ.(1992) ve Honkura ve diğ. (2002) manyetotellürik çalışmalar yapılmıştır. Aktif fayı yüzeyden işaretleyebilmek amacıyla self potansiyel ölçümleri Honkura ve Orbay (1986) tarafından yapılmıştır.

2. ELEKTRİK ÖZDİRENÇ YÖNTEMİ

Elektrik özdirenç çalışmalarında, yeraltı özdirenç dağılımı, yüzeyden yapılan ölçümler yoluyla belirlenir. Yüzeyden yürütülen bu çalışmalar sırasında, yere akım vermekte kullanılan iki iletken elektrot ve bu akımın oluşturacağı potansiyel farkı ölçmek için de iki potansiyel elektrotu yardımıyla yeraltının özdirenç dağılımı belirlenmeye çalışılır. Söz konusu bu elektrot çiftleri değişik geometrik durumlar için yeryüzüne yerleştirilirler ve bu olgu elektrikte dizilim olarak adlandırılır (Şekil 2.1). Basit anlamda, akım elektrotlarından (A_1 ve A_2) yere verilen akımın değeri bir ampermetre ve bu akımdan kaynaklanan potansiyel farkı ise, potansiyel elektrotu çiftleri (P_1 ve P_2) arasına bağlanacak bir voltmetre yardımıyla ölçülür. Elde edilen bu değerlerden Ohm yasası yardımıyla yeraltına ilişkin ve görünür olarak adlandırılan özdirenç değerleri hesaplanır. Görünür özdirenç ölçümlerinden, yeraltının gerçek özdirenç değerleri uygulanan değerlendirme teknikleriyle belirlenebilir. Bu tekniklerden bir tanesi de ters-çözümdür.



Şekil 2.1:Genel dört elektrot dizilimi (Dey ve Morrison, 1979a'dan düzenlenmiştir).

Jeofizikte amaç, yeraltını ölçümler yoluyla tanımlamak ve gömülü halde bulunan yapıları belirlemektir. Elektrik özdirenç yönteminde gömülü durumda bulunan ve ölçümde hedef yapı konumunda olan yeraltı oluşumunun bulunduğu ortamdan farklı elektriksel özelliklere (özdirenç, öziletkenlik) sahip olması gerekmektedir. Aksi takdirde yeraltında yeterince özdirenç zıtlığı (kontrastı) oluşamayacaktır.

Elektrik özdirenç yönteminde gömülü durumda bulunan ve ölçümde hedef yapı konumunda olan yeraltı oluşumunun bulunduğu ortamdan farklı elektriksel özelliklere (özdirenç, öz iletkenlik) sahip olması gerekmektedir. Aksi takdirde yeraltında yeterince özdirenç zıtlığı (kontrastı) oluşamayacağından, gömülü yapı ve ortam birbirinden ayırt edilemez. Burada değinilmesi gereken konu, söz konusu olan bu elektriksel özelliklerin yeraltında hangi koşullarda ve nelere bağlı olarak değişim göstereceğidir. Ölçülen ortamın özdirenci, kayacın değişik fiziksel parametrelerine (mineral veya sıvı içeriği, gözenekliği ve suya doygunluk derecesi gibi) bağlıdır ve bu parametreler yer içine verilen akımın yeraltındaki iletiminde önem taşıyan etkenlerdir. Elektriksel yükün taşınması yeraltındaki materyallerde iki ana iletim şekline göre gerçekleşir. Bunlar elektronik ve elektrolitik iletim olarak adlandırılırlar. Elektronik iletimde, akım akışı bir metalde olduğu gibi serbest elektronlar yoluyla gerçekleşir. Elektrolitik iletimde ise akım akışı iyonlar yoluyla gerçekleşir. Elektronik iletim, ortamda iletken mineraller olduğunda daha önemlidir (metal sülfitler ve maden çalışmalarında grafit gibi). Bu iletim türleri, her ortama ait bir öz-iletkenlik kavramını gündeme getirir. Elektriksel yükün taşınma hareketi her madde de yukarıda belirtilen fiziksel parametrelerin farklı olmasından dolayı, öz-iletkenlik maddeler için ayırt edici bir özelliktir ve yeraltındaki ortamların
birbirlerinden ayırt edilmesinde kullanılabilir.

Tablo 2.1'de genel olarak bazı materyallerin özdirençleri verilmektedir (Reynolds, 1977). Volkanik ve metamorfik kayaçlar tipik olarak yüksek özdirenç değerlerine sahiptir. Bu kayaların özdirençleri, kırık (çatlak) derecelerine ve bu kırıkların % olarak yeraltı suyu içeriğine bağlıdır. Böylece verilen bir kayaç tipi, havanın kuru ya da nemli olmasına göre 1000 ve 10 milyon Ωm arasında geniş bir özdirenç dağılımı sunar. Bu karakteristik özellik mühendislik ve yeraltı suyu araştırmalarında, kırık zonu ve diğer havzalanma zonlarının belirlenmesinde kullanışlıdır. Sedimanter kayalar, genellikle daha gözenekli ve yüksek su içeriğine sahiptir ve volkanik ile metamorfik kayalara göre normal olarak daha düşük özdirenç değerlerine sahiptir. Bu kayaların çoğunluğu 1000 Ωm civarında değerlere sahip olmakla birlikte 10 ila 10000 Ωm arasında bir özdirenç dağılımı gösterir. Özdirencin büyük bölümü kayaların gözenekliliğine ve su içeriğinin tuzluluğuna dayanır. Konsolide olmamış sedimanlar genellikle sedimanter kayalardan bile daha düşük özdirenç değerine

sahiptir (10 ila 1000 Ωm arası). Özdirenç değeri yine gözenekliliğe bağlıdır (tüm gözeneklerin kile doygun olduğu varsayılarak). Killi toprağın özdirenci, kumlu toprağa göre doğal olarak daha düşüktür. Bu da gözeneklilik, suya doygunluk derecesi ve çözülmemiş tuz konsantrasyonuna dayanır (Loke, 2004).

Tablo 2. 1: Bazı materyallerin özdirençleri (Reynolds, 1997).

Materyal	Özdirenç(Ωm)	Materyal	Özdirenç(Ωm)
Kalkopirit	$1,5x10^{-5}$ - $3x10^{-1}$	Toprak (üst)	250-1700
Pirit	$2,9x10^{-5}$ -1,5	Kuru kumlu toprak	80-1050
Pirotit	$7,5x10^{-6}$ -$5x10^{-2}$	Kum kil/killi kum	30-215
Galen	$3x10^{-5}$ -$3x10^{2}$	Kum ve çakıl	30-225
Sfalerit	$1,5x10^{7}$	Çakıl (kuru)	1400
Hematit	$3,5x10^{-3}$ -10^{7}	Çakıl (doymuş)	100
Limonit	10^{3} -10^{7}	Şist(kalker ve mika)	20-10^{4}
Manyetit	$5x10^{-5}$ -$5,7x10^{3}$	Şist (grafit)	10-10^{2}
İlmenit	10^{-3} -5x10	Mermer	10^{2} -$2,5x10^{8}$
Kuvars	$3x10^{2}$ -10^{6}	Konglomera	$2x10^{3}$ -10^{4}
Kaya tuzu	$3x10^{2}$ -10^{13}	Kumtaşı	1-$7,4x10^{8}$
Antrasit	10^{-3} -$2x10^{5}$	Kireçtaşı	5x10-10^{7}
Linyit	9-$2x10^{2}$	Dolomit	$3,5x10^{2}$ -$5x10^{3}$
Granit	$3x10^{2}$ -10^{6}	Kil	1-10^{2}
Toprak (%40 killi)	8	Alüvyon ve kum	10-$8x10^{2}$
Gabro	10^{3} -10^{6}	Bazalt	10-$1,3x10^{7}$
Deniz suyu	$3x10^{-1}$	Temiz yeraltı suyu	10-100

Yeraltı suyunun özdirenci, içinde bulundurduğu çözülmemiş tuz oranına bağlı olarak 10 ila 100 Ωm arası değişir (deniz suyu 0,2 Ωm'lik düşük özdirence sahiptir). Bu da

özdirenç yöntemini kıyı şeridi alanlarında tuzlu ve tatlı su karışımlarının haritalanmasında ideal bir teknik yapar. Basit bir denklem olan Archiè kanunu gözenekli bir kayaç ile sıvı doygunluk faktörü arasındaki ilişkiyi verir. Bu genellikle düşük kil içeriğine sahip bazı kayaçlar ve sedimanlar için uygulanabilir. Elektrik iletiminin, kayaç gözeneklerini dolduran sıvılar yoluyla olduğu varsayılmaktadır. Archie kanunu;

$$\rho = a\rho_w\phi^{-m} \tag{2.1}$$

ile verilir. Burada a ve m'nin ampirik parametreler olması durumunda, ρ_w sıvı özdirencini, φ^{-m} ise sıvıyla dolu porozite gösterir (Keller ve Frischknecht 1966). Çoğu kayaç için m değeri yaklaşık 2 iken a değeri ise yaklaşık 1'dir. Yeraltında doğrudan ya da dolaylı olarak (başka bir yapı içerisinde) bulunarak bir yeraltı yapısı oluşumuna sebep olan bu maddeler, elektrik akımına karşı gösterdikleri tepki yani özdirenç (ya da elektrik iletiminde öz-iletkenlik) gibi bir ayırt edici özellik sayesinde, jeofizikte elektrik özdirenç yöntemi kullanılarak belirlenebilmektedir. Bu yöntem uzun zamandır jeoloji (karst boşlukları, faylar, kırıklar, heyelan, dolgu alan vb), hidrojeoloji (yeraltı suyu, gömülü paleo kanal vb), maden ve jeoteknik araştırmalarda kullanılmaktadır. Günümüzde ise arkeoloji (gömülü mezar, duvar, kentsel mimarinin belirlenmesi vb.), çevresel (atık alanlarının belirlenmesi ve sızıntı denetimi gibi) ve mühendislik amaçlı birçok çalışmada etkili biçimde kullanılmaktadır.

Özdirenç çalışmalarında kullanılan temel fiziksel yasa, yerdeki akım akışını yönlendiren Ohm yasasıdır. Sürekli bir yapıda akım akışı için Ohm yasasının vektör formundaki eşitliği;

$$J = \sigma E \tag{2.2}$$

ile verilir.

Burada σ, yapının iletkenliği; J, akım yoğunluğu ve E, elektrik alan şiddetidir.

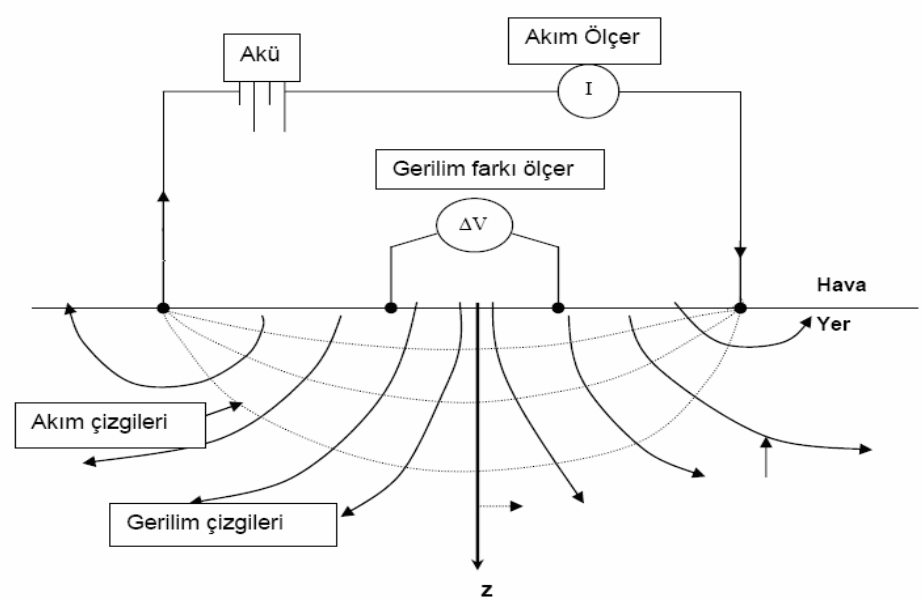
Pratikte ölçülen elektrik alanın potansiyelidir. Ortam özdirenci ρ olarak düşünüldüğünde, bu ρ=1/σ bağıntısıyla verilebilir ve bağıntıdan da görüldüğü gibi, doğrudan ortamın iletkenliğe bağlıdır. Elektrik potansiyel ve alan şiddeti arasındaki bağıntı ise;

$$E = -\nabla\phi \tag{2.3}$$

ile verilir. (2.2) ve (2.3) denklemlerinden;

$$J = -\sigma\nabla\phi \tag{2.4}$$

Yer içine iki noktadan akım verildiği zaman diğer iki nokta arasındaki V, potansiyel farkı ölçülür. Yeraltı homojen ise özdirenç sabit olacağından akım çizgileri ortamda düzgün dağılırlar (Şekil 2.2). Akım çizgilerine dik olarak çizilecek çizgiler aynı potansiyel değere sahip noktaları birleştirecek şekilde çizilirse bu çizgilere eş potansiyel eğriler denir.



Şekil 2.2: Akım ve eş potansiyel eğrilerinin yeraltında dağılışı

2.1.Homojen ve İzotrop Ortamda Potansiyel Dağılımı

Bir ortamın akım akışı yüklerin (konservasyon) korunum kanununa göre olur, ve aşağıdaki bağıntıyla belirlenir.

$$divJ = -\frac{\partial q}{\partial t} \tag{2.5}$$

$q = (Q/cm^3)$ yük yoğunluğudur. (2.5) denklemi süreklilik denklemi olarak bilinir ve stasyoner akım için indirgenerek :

$$div(j) = div\left(\frac{1}{\rho} gradV\right) = 0 \tag{2.6}$$

yazılabilir veya

$$grad\left(\frac{1}{\rho}\right) gradV + \frac{1}{\rho} div(gradV) = 0 \tag{2.7}$$

Bu, doğru akım elektrik prospeksiyonunun temel denklemidir. ρ koordinat eksenlerine bağlı değilse yani ortam izotropsa ;

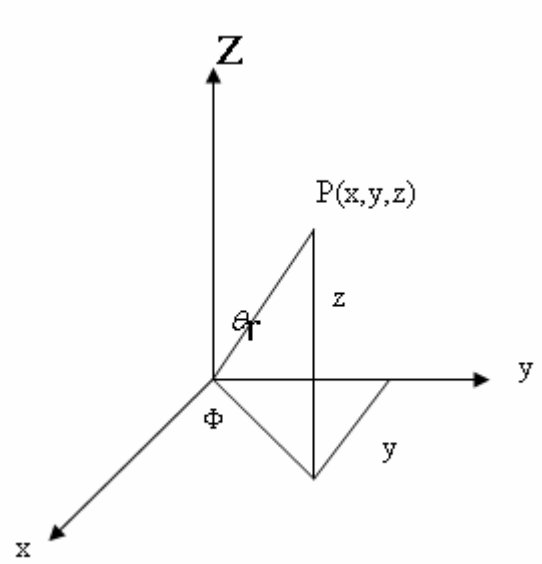
$$\nabla^2 V = divgradV = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0 \tag{2.8}$$

yazılabilir. Bu sonuç Laplace denklemi olarak bilinir.

Böylece homojen izotropik bir ortamda akmakta olan bir akımın potansiyel dağılımı Lalace denklemini sağlar.

Şimdi sonsuz bir homojen ortamdaki bir p noktasında I akımının verildiğini düşünelim. O halde p den r uzaklığında potansiyel yalnız r'nin fonksyonu olacaktır. Buradan yukarıdaki laplace denklemi küresel koordinatlarda (Şekil 2.3);

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial V}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial V}{\partial\theta}\right)+\frac{1}{r^2\sin^2\theta}\frac{\partial^2 V}{\partial\phi^2}=0 \qquad (2.9)$$



Şekil 2.3: P noktasının küresel koordinatlarda gösterimi

$$x = r\sin\theta\cos\phi$$
$$y = r\sin\theta\sin\phi \qquad (2.9a)$$
$$z = r\cos\theta$$

Yazılabilir. Akımın tek bir kaynağı düşünülür ise, φ ve θ doğrultularına göre alınan türevlerinin yukarıdaki denklemde elimine edilmesi şartı ile akının bu doğrultulara göre simetrik aktığı kabul edilir. O zaman yukarıdaki denklem:

$$\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial V}{\partial r}\right)=0 \qquad (2.10)$$

durumuna gelir. Bu denklemin entegre edilmesi ile

$$V = C1+\frac{C_2}{r} \qquad (2.11)$$

elde edilir. Kaynaktan büyük uzaklıklardaki potansiyel sıfır alınır ve o zaman entegrasyon sabiti c_1 =0 olur. Burada eş potansiyel yüzeyleri açık olarak küreseldir ve elektrik çizgileri gibi radyaldır.

Bir r yarıçaplı yüzeyin dışına akan toplam akım :

$$4\pi r^2 j = \frac{4\pi}{\rho} C_2 \tag{2.12}$$

olur.Bu eşitliğin sol tarafı toplam akıma eşit olmasından

$$C_2 \frac{1}{4\pi} \tag{2.13}$$

elde edilir. Yarı sonsuz bir ortam için

$$C_2 = \frac{1}{2\pi} \text{ olur.} \tag{2.14}$$

Böylece homojen bir yer yüzeyinde bir akım kaynağının her hangi bir noktadaki potansiyeli

$$V = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{r} \tag{2.15}$$

olarak elde edilir.
Pratikte akım yerin içine iki elektrot aracılığı ile verilir, bu durumda potansiyel,

$$V = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \tag{2.16}$$

haline gelir. Burada r_1 ve r_2 p noktasının kaynak noktalarından olan uzaklıklardır. (2.16) denklemi, homojen ortamlar için geçerlidir. Bu durumda ρ özdirenci ortamın

gerçek özdirencini temsil eder. Ortam izotrop ve homojen olmadığı durumlarda yukarıdaki ifadeler geçersizdir.

2.2.Elektrik Sondajları ve Akım Penetrasyonu

2.2.1.Düşey elektrik sondaj (DES) değerlendirilmesi

Elektrot aralıkları sabit bir nokta etrafında sürekli olarak genişletilir. Bu şekilde sabit bir düşey doğrultudaki düşey özdirenç değişimleri incelenmiş olur. Ancak elde edilen derinlik ortamın özdirenci ile orantılı olarak toplam akımın derinliğe nüfüs edebilen kısmına bağlıdır. Buna akım penetrasyonu denir. Toplam akımın penetrasyonunu hesaplamak için düşey bir düzlem elemanı dydz ele alalım. Bu birim yüzeyden akan akım

$$-dydz\frac{1}{\rho}\frac{\partial V}{\partial x} \tag{2.17}$$

dir. Söz konusu düşey düzlemin d kadar derinliklerdeki akan toplam akım miktarı, I_d,

$$I_d = -\int_d^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{1}{\rho}\frac{\partial V}{\partial X}dydz = \frac{SL}{\rho}\int_{-d}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{dydz}{r_1^3} \tag{2.18}$$

dır.

Burada;

L: iki akım elektrodu aralığı

V, r mutad anlamındadır.

Bu intagral denkleminin çözümü için aşağıdaki uygulamak gerekir.

$$r_1^3 = \left[\left(\frac{L}{2}\right)^2 + y^2 + z^2\right]^{3/2} \tag{2.18a}$$

ve

$$a^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2 + z^2 \tag{2.18b}$$

olsun. Burdan ,

$$y = a\tan\theta \tag{2.19}$$

$$dy = a\sec^2\theta d\theta \tag{2.20}$$

o zaman

$$I_d = \frac{SL}{\rho}\left[\int_d^\infty \int_{\pi/2}^{\pi/2} \frac{a\sec^2 d\theta}{a^3\sec^3\theta}\right]dz = \frac{SL}{\rho}\int_d^\infty \frac{z}{a^2}dz \tag{2.21}$$

olur. S değeri yerine konarak

$$\frac{2SL}{\rho}\int_d^\infty \frac{dz}{\left(\frac{L}{2}\right)+z^2} = \frac{4S}{\rho}\left[\frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\left(\frac{2d}{L}\right)\right] \tag{2.22}$$

$$= \frac{2I}{\pi}\left[\frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\left(\frac{2d}{L}\right)\right] \tag{2.23}$$

olur.

2.2.2.Yatay elektrik sondaj (YES) değerlendirilmesi

Elektrot aralığı sabit tutulur, etüd amacına göre elektrotlar bu sabit aralıkla profil boyunca kaydırlır. Yan değişimler incelenir. Komşu profillerin eş özdirenç eğrileri birleştirilerek yatay özdirenç haritaları elde edilir.

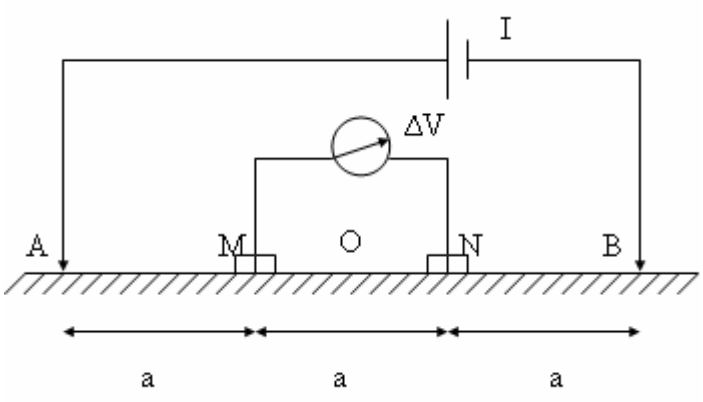
2.3.Açılım Türleri ve Arazide Uygulanışı

Özdirençte çeşitli zamanlarda pek çok sayıda elektrot açılımı kullanılmakla beraber sıklıkla başvurulanlar belli sayıdadır.

İlke olarak aynı doğrultuda yer almış bir diziliş kullanılması şart değildir. Fakat sonuçların değerlendirilmesi güç ve arazi çalışması karışık olduğu için pratikte elektrotlar hemen hemen aynı doğrultudadır. Homojen izotrop bir yer üzerinde bu özdirenç her hangi bir akım ve elektrot tertibi için sabit olacaktır. Yani akım sabit tutulup ve elektrotlar civarda hareket ettirilirse ΔV potansiyeli her bir tertip için $(\Delta V\rho / I)$ oranı sabitliğini sağlayacaktır. Eğer yer heterojense ve elektrot aralığı değiştiriliyor veya bütün tertip hareket ettirilirken aralık sabit kalırsa oran genel olarak değişecektir. Bu durumda her bir ölçü için farklı özdirenç değeri elde edilecektir.

2.3.1.Wenner elektrot açılımı

En çok kullanılan nokta elektrot sistemlerinden biridir. Wenner açılımında ellektrotların hepsi bir doğru boyunca sıralanır ve aralarındaki uzaklık eşittir (AM=MN=NB=a). Elektrotlar "O" noktasına simetriktir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Wenner açılımı.

Wenner sistemi için geometrik faktör,

$$K_W = \frac{2\pi}{\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a}} = 2\pi a \qquad (2.24)$$

görünür özdirenç ise,

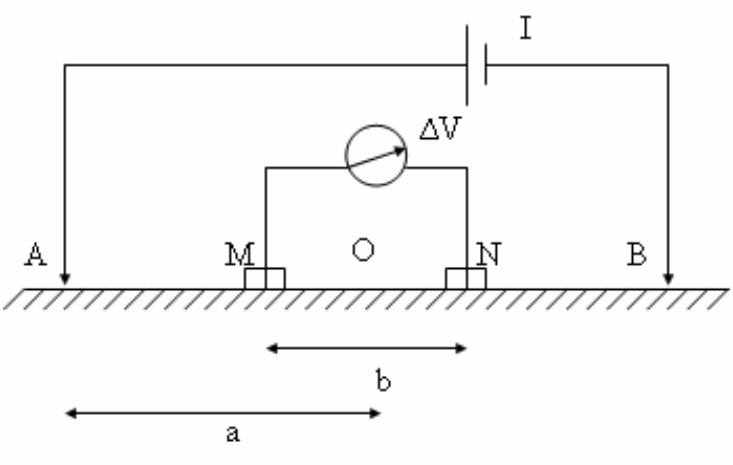
$$\rho_{aw} = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \qquad (2.25)$$

dir.

Wenner tertibiyle derinlik araması her bir kademede (a) aralığını arttırarak sabit bir merkez etrafında elektrotları açmak suretiyle yapılır. Yanal arama veya haritalamada aralık sabit kalır ve dört elektrotun hepsi hat profil boyunca hareket ettirilir. Sonra sırasıyla diğer hatlar olmak üzere ölçüme devam edilir. Haritalamada her bir tertip konumu için görünür özdirenç açılımın merkezine göre işaretlenir.

2.3.2.Schlumberger elektrot açılımı

Schlumberger diziliminde elektrotlar "O" noktasına göre yani M ve N'nin ortasına göre simetriktir. Yalnız MN aralığı BN aralığından küçüktür(Şekil 2.5).
MN<BN



Şekil 2.5.:Schlumberger elektrot açılımı.

Schlumberger sistemi için geometrik faktör

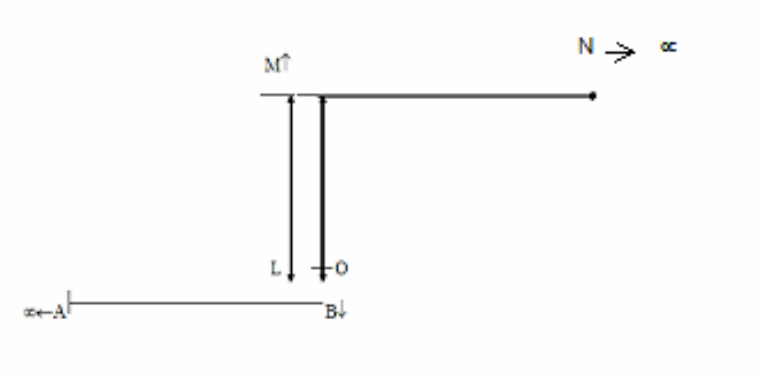
$$K_W = \frac{2\pi}{\frac{1}{a-\frac{b}{2}} - \frac{1}{a+\frac{b}{2}} - \frac{1}{a+\frac{b}{2}} + \frac{1}{a-\frac{b}{2}}} = \pi\left(\frac{a^2}{b} - \frac{b}{4}\right) \tag{2.26}$$

görünür özdirenç ise,

$$\rho_{aw} = \pi\left(\frac{a^2}{b} - \frac{b}{4}\right)\frac{V}{I} \tag{2.27}$$

2.3.3.İki elektrot açılımı

Son yıllarda oldukça sık kullanılan bir tertiptir. A ve N'nin sonsuza gittiği varsayılarak ölçüm diğer iki elektrot sayesinde yapılır. Her ölçüm sonrasında M ve B kenarlara doğru aynı doğrultu üzerinde gidecektir(Şekil 2.6).



Şekil 2.6.**:** İki elektrot açılımı.

Geometrik faktör,

$K_L=2\pi L$ (2.28)

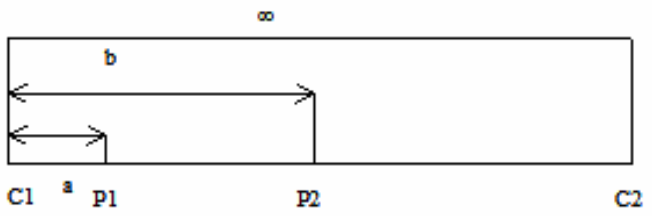
Görünür özdirenç ise,

$$\rho_{aL}=\frac{\Delta V}{I}2\pi L \quad (2.29)$$

olur.

2.3.4.Üç Nokta elektrot açılımı

Bu sistemde akım elektrotlarından biri diğer üçünden büyük bir uzaklıkta sabittir ve elektotların aralıkları da farklı olabilir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Üç noktalı elektrot açılımı

$r_1=a$, $r_2=b$, $r_3=\infty$ (2.30)

$$\rho_a=\frac{2\pi ab}{b-a}\left(\frac{\Delta V}{I}\right) \quad (2.31)$$

$b=2a$ olduğundan

$$\rho_a = 4\pi a\left(\frac{\Delta V}{I}\right) \tag{2.32}$$

yani Wenner tertibindeki oranın ikimisli olur. Potansiyel aralığı C_1 'den (C_2 gene ∞ da) her iki potansiyel elektrotunun uzaklığına nazaran çok küçük olduğundan

$$r_1 = a - \Delta a/2 \tag{2.33}$$

$r_1 = a + \Delta a/2$ yazılır ve görünür özdirenç ;

$$\rho_a = \frac{2\pi a^2}{I}\left(\frac{\partial V}{\partial a}\right) \tag{2.34}$$

Bu diziliş Yarım Schlumberger açılımına eşdeğerdir. Burada $\partial V/\partial a$ V'nin yüzey gradyanı, yanal potansiyel elektrotunun orta noktasındaki elektrik alan şiddetidir.

C_2 elektrotu uzakta olduğu için bunun diğer üç elektrotla aynı hatta olma zorunluluğu yoktur. Bu durum bir veya her iki potansiyel elektrotu hareket ettirerek sabit bir C_1 radyal hatlar üzerinde yana aramaya elverişlidir ve özellikle sınırlı mertebedeki bir iletken civarında özdirenç haritalaması için kullanışlı bir yöntemdir.

r_3 =b=∞ yapılması halinde tertip yarım Wenner dizilişi adı verilir. Sadece bir potansiyel elektrotunun hareketi söz konusu ise de diğeriyle olan uzun bağlantı kablosu sebebiyle bir dezavantaja sahiptir.

Arazi çalışmasında, sonsuzdaki bir elektrotun yerinin tertibin geriye kalan elektrotları üzerindeki etkisinin çok küçük olması gerekir. Örneğin Wenner açılımı kullanılırken uzaktaki elektrot veya elektrotlar etkiyi % 10 veya daha aza indirmek için 10 misli aralıkta olmalıdırlar Schlumberger sisteminde potansiyel elektrotları birbirlerine yakın olduklarından uzaktaki akım elektrotunun yakındaki bir elektrottan yaklaşık üç misli uzakta olması yaklaşık aynı sonucu vermesi için yeterlidir.

Bununla beraber yeraltı özdirenci yanal olarak da değişebildiği için bu aralık tahminen çok fazla düşük olabilir ve özdirenç kontrastına bağlı olarak 10 misli arttırılabilirler.

2.4. Yatay Tabakaların Dağılımı ve Elektrik Potansiyel Arasındaki Bağıntısı

Özdirenç yöntemlerinde yeryüzündeki potansiyel dağılımından yeraltındaki özdirenç dağılımı aranır. Potansiyel ölçümlerin yorumları farklı fakat gerçek tabaka sayıları üzerine kurulur. Belirtilen potansiyeli bulmak için aşağıdaki iki şartı sağlayan potansiyel alanı bulmak gerekir.

Resistif tabakaların her birinde potansiyel alanı LAPLACE denklemini sağlamalıdır.

$$\frac{\partial V}{\partial x^2} + \frac{\partial V}{\partial y^2} + \frac{\partial V}{\partial z^2} = 0 \tag{2.35}$$

Resiztif tabakalar arasındaki sınır düzlemlerinin her birinde ve ayrıca yeryüzünde potansiyel alanı belirli sınır şartlarını sağlamalıdır.

Birinci sınır şartı:

$$V_i\Big|_{z=z_i} = V_{i+1}\Big|_{z=z_i} \tag{2.36}$$

İkinci sınır şartı:

$$\frac{1}{\rho_1}\frac{\partial V_i}{\partial z}\bigg|_{z=z_i} = \frac{1}{\rho_2}\frac{\partial V_{i+1}}{\partial z}\bigg|_{z=z_i} \tag{2.37}$$

LAPLACE denkleminin basit çözümleri

Yatay tabakalı yeryüzeyinde nokta akım kaynağı tarafından meydana getirilen potansiyel alan akım kaynağından geçen düşey düşey bir eksene göre simetrik olmalıdır. Bu nedenle LAPLACE denkleminin silindirik koordinatlarda çözümü aranır.

Silindirik koordinatlarda Laplace denklemi

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial r}+\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial V}{\partial \theta^2}=0 \tag{2.38}$$

şeklinde verilir. Z aşağıya doğru pozitiftir, r nokta kaynaktan akım kaynağından geçen düşey eksene olan bir p noktasının uzaklığıdır.

Dairesel simetrik dağılımlarda fonksiyonel dağılım θ açısına bağlı değildir. Bu nedenle Laplace denklemi

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial r}+\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}=0 \tag{2.39}$$

şekline dönüşür. Aşağıdaki V(r,z) iki fonksiyonun çarpımı şeklini kabul edersek;

$$V(rz)=V_1(r)V_2(z) \tag{2.40}$$

ifadesi aşağıdaki denklemde yerine konursa

$$V_2\frac{\partial^2 V_1}{\partial r^2}+\frac{V_2}{r^2}\frac{\partial V_1}{\partial r}+V_1\frac{\partial^2 V_2}{\partial z^2}=0 \tag{2.41}$$

$$\frac{1}{V_1}\frac{\partial^2 V_1}{\partial r^2}+\frac{1}{V_1 r}\frac{\partial V_1}{\partial r}=-\frac{1}{V_2}\frac{\partial^2 V_1}{\partial z^2}=0 \tag{2.42}$$

λ gibi bir değişkene atanırsa

$$\frac{1}{V_1}\frac{\partial^2 V_1}{\partial z^2} = \lambda^2 \tag{2.43}$$

veya

$$\frac{\partial^2 V_2}{\partial z^2} = \lambda^2 V_2 \tag{2.44}$$

buna göre

$$\frac{1}{V_1}\frac{\partial^2 V_1}{\partial r^2} + \frac{1}{V_1 r}\frac{\partial V_1}{\partial r} = -\lambda^2 \tag{2.45}$$

$$r\frac{\partial^2 V_1}{\partial r^2} + \frac{\partial V_1}{\partial r} + \lambda^2 r V_1 = 0 \tag{2.46}$$

olur ve böylelikle

$$V_2 = Ce^{-\lambda z} \tag{2.47}$$

$$V_2' = Ce^{\lambda z} \tag{2.48}$$

burada C keyfi bir sabittir.

$$\frac{1}{V_1}\frac{\partial^2 V_1}{\partial r^2} + \frac{1}{V_1 r}\frac{\partial V_1}{\partial r} = -\lambda^2 \tag{2.49}$$

bu denklemin çözümü birinci ve ikinci cins sıfırıncı mertebeden Bessel fonksiyonlarını içerir. Birinci cins Bessel fonksiyonu $J_{0(\lambda_r)}$ ve ikinci cins Bessel fonksiyonu $Y_0(\lambda_r)$ olup r→0 olunca $Y_0(\lambda_r) \to \infty$ limitine gider. Bu davranış z ekseni boyunca bütün noktalar için kabul ettiğinden $Y_0(\lambda_r)$ içeren denklemin çözümlerindeki bütün terimler sıfır katsayısına sahip olmalıdır. Bu nedenle Laplace denkleminin silindirik simetri çözümünü sağlayan $J_{0(\lambda_r)}e^{-\lambda z}$ ve $J_{0(\lambda_r)}e^{\lambda z}$ gibi iki tip

çözümü vardır ve sürekli değiştiğinden Bessel diferansiyel denkleminin genel çözümünün toplam integral ifadesi

$$V_1^{i} = \int_0^{\infty} \varphi(\lambda) Jo(\lambda r) e^{-\lambda z} d\lambda + \int_0^{\infty} \varphi(\lambda) j_O(\lambda r) e^{\lambda z} d\lambda \tag{2.50}$$

şeklinde verilir. Burada çözümün integral ifadesiyle veriliş nedeni şudur: Bessel diferansiyel denkleminin çözümleri her zaman elemanter fonksiyonlarla veya açık ifadelerle gösterilemez. Çözümlerin analitik özelliklerini, yapım ve karakterlerini belirtmek ekseriya daha önemlidir. $\varphi(\lambda)$ ve $\psi(\lambda)$ sınır şartlarında çözülebilen fonksiyonlardır.

Nokta akım kaynağı tarafından meydana getirilen potansiyel

$$V_0 = \frac{\rho_1 I}{2\pi R} = \frac{\rho_1 I}{2\pi\sqrt{r^2 + z^2}} \tag{2.51}$$

dir. 1/r için Weber-lipschitz bağıntısı, (WATSON,1942)

$$\frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}} = \int_0^{\infty} e^{-\lambda z} j_0(\lambda r) d\lambda \tag{2.52}$$

olarak verilir. Bu bağıntıdan faydalanarak homojen yer için potansiyel

$$V_0 = \frac{\rho_1}{2\pi} \int_0^{\infty} e^{-\lambda z} j_0(\lambda r) d\lambda \tag{2.53}$$

şeklinde yazılabilir. λ nın yeni fonksyonları $K(\lambda)$ ve $X(\lambda)$ yı

$$\phi(\lambda) = \frac{\rho_1 I}{2\pi}\left(1 + K(\lambda)\right) \tag{2.54}$$

$$\psi(\lambda) = \frac{\rho_1 I}{2\pi} X(\lambda) \tag{2.55}$$

olarak tanımlanırsa o zaman yeryüzünde ölçülen potansiyel, tam olarak homojen yarı sonsuz ortam potansiyeli, V_0 ve tabakalı ortam potansiyeli, V_1' toplamından ibaret olacağından

$$V = V_0 + V_1' \tag{2.56}$$

yazılır. Şu halde tabakalı ortam nokta kaynak potansiyeli

$$V = \frac{\rho_1 I}{2\pi} \int_0^\infty \left\{ J_0(\lambda r) e^{-\lambda z} + K(\lambda) J_0(\lambda r) e^{-\lambda z} + X(\lambda) J_0(\lambda r) e^{-\lambda z} \right\} d\lambda \tag{2.57}$$

şeklinde yazılabilir.

Birinci sınır şartını uygular ve her iki tarafı $J_0(\lambda r)$ ye bölünürse

$$-K_n(\lambda) e^{-\lambda h_n} + X_n(\lambda) e^{-\lambda h_n} + K_{n+1}(\lambda) \frac{\rho_n}{\rho_{n+1}} e^{-\lambda h_n} \tag{2.58}$$

$$-X_{n+1}(\lambda) \frac{\rho_n}{\rho_{n+1}} e^{-\lambda h_n} = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_{n+1}}\right) e^{-\lambda h_n} \tag{2.59}$$

elde edilir.

Akım yoğunluğu yeryüzünde sıfır olmalıdır. O halde $\frac{\partial V}{\partial z} = 0$ buna göre z=0 için

$$\frac{\partial V}{\partial z} = \int_0^\infty \left[-\lambda J_0(\lambda r) e^{-\lambda z} - \lambda K_1 J_0(\lambda r) e^{-\lambda z} + \lambda X_1(\lambda) J_0(\lambda r) e^{\lambda z} \right] d\lambda \tag{2.60}$$

$$K_1(\lambda) - X_1(\lambda) = 0 \tag{2.61}$$

bu sonuçtan yararlanarak yeryüzündeki nokta kaynak potansiyelini şu şekilde yazabiliriz.

$$V_1 = \frac{\rho_{1I}}{2\pi}\left[\int_0^\infty -e^{-\lambda z}J_0(\lambda r)d\lambda + \int_0^\infty K_1(\lambda)\left[e^{-\lambda z} + -e^{\lambda z}\right]J_0(\lambda r)e^{\lambda z}\right]d\lambda \tag{2.62}$$

n. tabaka için bu ifade şöyle yazılır.

$$V_n = \frac{\rho_{1I}}{2\pi}\left[\int_0^\infty J_0(\lambda r)e^{-\lambda z} + K_n(\lambda)J_0(\lambda r)e^{-\lambda z} + X_n(\lambda)J_0(\lambda r)e^{\lambda z}\right]d\lambda \tag{2.63}$$

burada $K_1(\lambda)$ integral çekirdeğinin tayin edilmesi gerekir. Bu sınır şartları ifadesinden sağlanır.

2.5.Görünür Özdirenç Kavramı

Görünür Özdirenç (GÖ) jeolojik yapının şekline, özdirencine ve kullanılan elektrod dizilimine bağlıdır. GÖ tanımlamasına göre; ortam homojen ve izotrop ise ölçülen GÖ ortamın özdirencine eşit olmalıdır. Tabakalı bir ortamda GÖ eğrisi AB/2' nin küçük değerleri için birinci tabakanın özdirencine, AB/2' nin büyük değerleri için son tabakanın özdirencine asimtot olmalıdır. Ayrıca GÖ, AB/2 nin ara değerlerinde de ara tabakaların özdirencine yakın olmalıdır (Başokur 1994).

2.6.Katmanlı Ortam İçin Özdirenç Bağıntısı

Katmanlı ortam için verilen aşağıdaki gerilim bağıntısında Slichter çekirdek fonksiyonu yerine,

$$V = \frac{\rho_1 I}{2\pi}\int_0^\infty K_1(\lambda)J_0(\lambda_r)d\lambda \tag{2.64}$$

Koefoed'un (1970) aşağıda belirtilen dönüşük özdirenç fonksiyonu yazılarak,

$$T_i = K_i \rho_i \tag{2.65}$$

$$V = \left(\frac{I}{2\pi}\right)\int_0^{\infty} T(\lambda) J_0 d\lambda \tag{2.66}$$

hesaplamalara temel oluşturacak gerilim bağıntısı elde edilir.

2.7.Düşey Elektrik Sondajı (DES) Verilerinin Değerlendirilmesi

2.7.1.Schlumberger görünür özdirenç bağıntısı

Simetri merkezindeki elektrik alanını ölçmek amaçlandığı için gerilim elektrotları arasındaki MN uzaklığı, akım elektrotları arasındaki AB uzaklığına göre küçük alınarak ölçüm yapılır.

Teorik olarak, akım elektrotları arasını açtıkça, gerilim farkı ölçülemeyecek kadar küçük olur ve arazi çalışmalarında *MN* uzaklığı birkaç ölçü sonunda kademeli olarak büyütülür.

Bu dizilimde elektrik alanının ölçüldüğü düşünüldüğünden, görünür özdirenç

$$\rho_i \frac{1+\theta_i(\lambda)+x(\lambda)\exp(2\lambda h_i)}{1+\theta_i(\lambda)-x_i(\lambda)\exp(2\lambda h_i)} = \rho_{i+1} \frac{1+\theta_{i+1}(\lambda)+x_{i+1}(\lambda)\exp(2\lambda h_i)}{1+\theta_{i+1}(\lambda)-x_{i+1}(\lambda)\exp(2\lambda h_i)} \tag{2.67}$$

denkleminden $r = s$ için aşağıdaki biçimde yazılabilir:

$$\rho_{as}(S) = (2\pi s^2)\frac{E}{I} \tag{2.68}$$

E ile gösterilen elektrik alan, gerilimin negatif türevi olarak verilir:

$$E = \rho J \tag{2.69}$$

$$E = -\frac{\partial V}{\partial s} \tag{2.70}$$

Birinci cins sıfırıncı dereceden Bessel fonksiyonunun türev özelliği kullanılarak,

$$\frac{d\left(j_0(\lambda_r)\right)}{d_r} = -\lambda J_1(\lambda r) \tag{2.71}$$

(burada $J_1(\lambda r)$ birinci cins birinci dereceden Bessel fonksiyonudur) ve gerilim

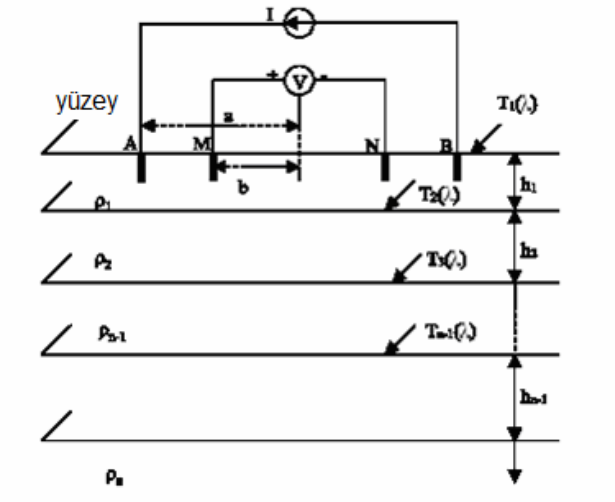
$$V = \left(\frac{I}{2\pi}\right)\int_0^\infty T(\lambda) J_0(\lambda_r) d\lambda \tag{2.72}$$

denkleminin türeviyle elektrik alan bağıntısı Sundee (1949) tarafından,

$$\rho_{as}(s) = s^2 \int_0^\infty T(\lambda) J_1(\lambda s) \lambda \, d\lambda \tag{2.73}$$

şeklinde verilmiştir.

Çok tabaklı ortamlar için (Şekil 2.8) gösterilen Schlumberger elektrot dizilimine ilişkin görünür özdirenç değerleri akım elektrotları arasındaki uzaklığın yarısı olan *s* uzaklığının fonksiyonu olarak görüntülenir.



Şekil 2.8: Schlumberger dizilimiyle n tabakalı yer modeli

Burada λ integral işleminin boyutu olarak verilir. T(λ) dönüşük özdirenç olarak adlandırılır ve (Pekeris,1940),

$$T(\lambda) = \frac{T_{i+1}(\lambda) + \rho_i \tanh(\lambda t_i)}{1 + \left(\frac{T_{i+1}(\lambda)}{\rho_1} \right) \tanh(\lambda t_i)} \tag{2.74}$$

yineleme bağıntısıyla hesaplanır. Her bir s aralığı için Schlumberger görünür özdirenç değeri

$$\rho_{schl}(S) = \sum \phi T(\lambda_r) \tag{2.75}$$

bağıntısı ile hesaplanır (Guptasarma, 1982). Burada,

$$\lambda_r = 10^{ar - \log_{10}(S)} \tag{2.76}$$

ar Tablo 2.2'de verilen 10 tabanında apsis değeridir.

Tablo 2.2: Yedi noktalı filtreler

a_r (10 tabanında)	a_r (e tabanında)	Φ_r Filtre katsayıları
-0.17445	-0.40168596948	0.1732
0.09672	0.22270603018	0.2945
0.36789	0.84709802986	2.147
0.63906	1.47149002956	-2.1733
0.91023	2.09588202916	0.6646
1.1814	2.72027402888	-0.1215
1.45257	3.3446660285	0.0155

Eğer e tabanında apsis değerleriyle λr hesaplanmak istenirse bu durumda

$$\lambda_r = e^{a_r - \log_{10}(s)} \tag{2.77}$$

bağıntısıyla hesaplanmalıdır. (2.75) bağıntısında Φr, her bir apsis değerine (ar) karşılık gelen filtre katsayıları olup Guptasarma (1982) tarafından geliştirilmiştir. (2.75) bağıntısındaki *r* λ değerleri (2.76) bağıntısından hesaplanmıştır.

2.8.Fay Eğimi Belirleme

2.8.1.Süreksizlik eğimini bulmada kaydırma ölçümleri

Ölçü aldığımız fayları modellerken fayın eğimi bilmemiz gereken en önemli parametrelerden birisidir. Kaydırma Wenner ölçümlerinden elde edilen özdirenç sonuçlarından faya ait bir eğim değeri bulmak mümkündür.

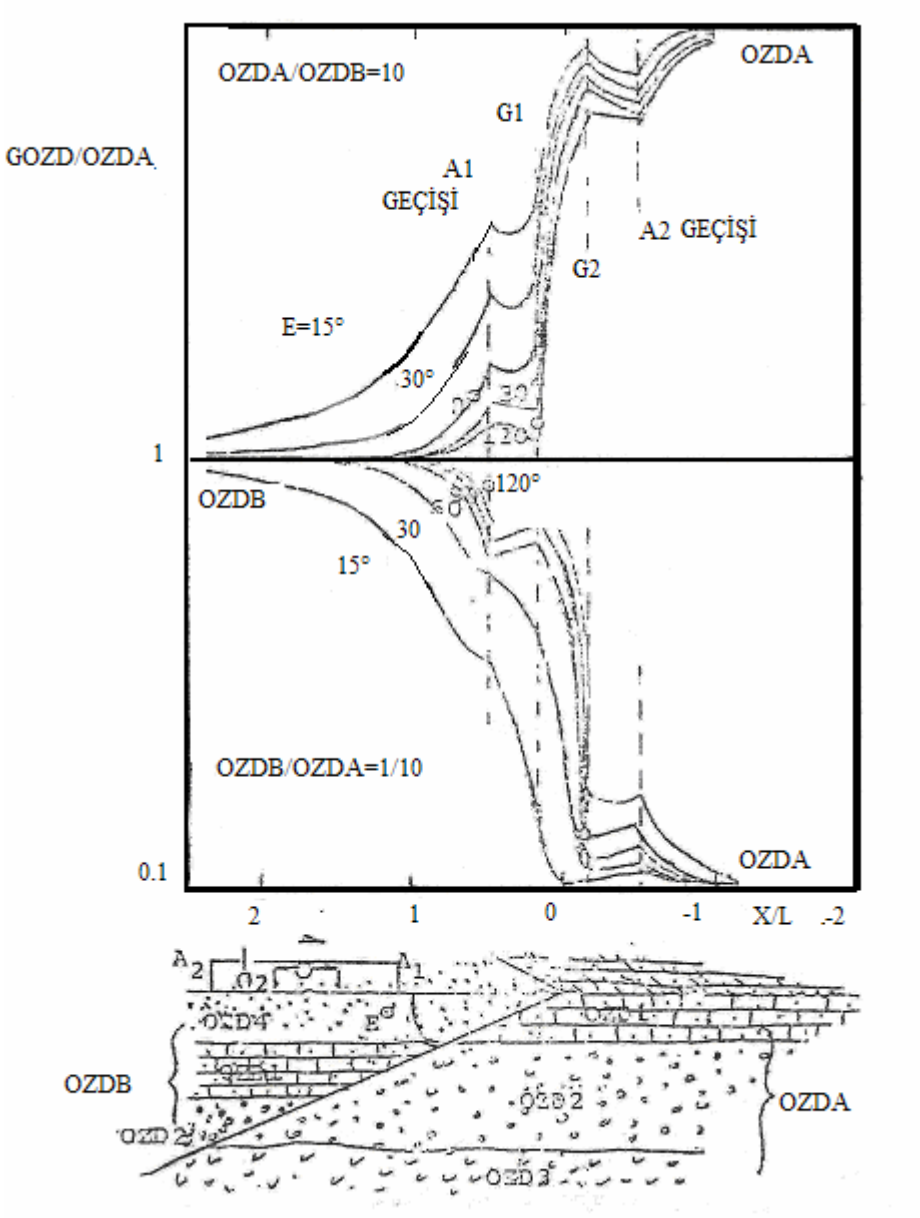
Kaydırmada ölçümleri herhangi bir dizilimi kullanarak yapılabilir. Uygulama, boyu L olan dizilimin olduğu gibi dx aralıklarla bir doğrultu boyunca kaydırılarak, sürme doğrultusu boyunca ardışık ölçülerin alınmasını kapsar. Dizilimin L boyu süreksizlik ayırım çizgisini kesecek uzunlukta, dx kaydırma aralığı ise beklenen belirtiyi belirgin biçimde tanımlayacak aralıkta seçilir. Süreksizlik derinleştikçe L ve dx büyür, küçüldükçe küçülür. Genellikle her gerilim ve akım ucunun süreksizlik yüzey izine geçtiği noktada, görünür özdirenç eğrisinde simgesel bir sivrilik, yuvarlaklık ya da sıçrama gibi dalgalanmalar oluşur. Bu dalgalanmaların türü birbirlerine göre konumu ve sayısı dizilim çeşidine göre değişir. Kısa gerilim kolu kullanan dizilimlerde gerilim uçlarının süreksizliği geçtiği yerlerde genellikle sivrilme oluşmaz. Bu nedenle süreksizliğin eğimini tanımlayıcı nitelikleri, gerilim ölçücü (geniş gerilim kolu kullanan) dizilimlere göre daha azdır. Sözgelimi Schlumberger dizilimi T-türü süreksizlikler üzerinde üç köşe verirken, (biri sıçrama) Wenner dizilimi dört tane verir.

Elektrik alan duyarlı dizilimlerde (Schlumberger, yarım Schlumberger) süreksizlik yüzey izinin yeri daha seçik olmasına karşın, gerilim duyarlı dizilimlerde süreksizlik ayırım çizgisinin eğimi daha belirgindir.

Süreksizlikler en büyük ve seçik belirtilerini kaydırma doğrultusunun süreksizlik yüzey izi ile 90 derece yaptığı doğrultuda verirler (Ercan, 1982). Dolayısı ile, eğim araştırmaları için 90 derecelik geçiş yapılmalıdır. $A_1\ G_1\ A_2\ G_2$ olarak dizilen Wenner kaydırma ölçümleri E_0 açı ile dalan süreksizlik üzerinde dört köşeli bir yatay görünür özdirenç eğrisi verirler. Süreksizlikten uzak olan noktalarda, eğri üzerinde bulunan kanadın görünür özdirencine (OZD_A) yaklaşır. Dizilim süreksizliğin diğer yanına

geçtiğinde ve süreksizlik yüzey izinden oldukça uzaklaştığında eğri geçilen kanadın görünür özdirencine yaklaşır. Eğer süreksizlik yüzeylenmiş ve her iki yapı kanadı tekdüze ise yaklaşılan OZD_A ve OZD_B değerleri kanatları oluşturan kayaçların gerçek özdirençleridir. Kaydırma başlangıç noktası, ister kamalanan (binen parça) isterse binilen parça üzerinde alınmış Wenner dizilimi için elde edilecek yatay görünür özdirenç eğrisinin biçimi aynıdır. Örnek olarak, eğer ölçü başlangıç noktası binen bölme üzerinde ise, ve kaydırma süreksizliği kesip geçecek biçimde sürdürülürse eğri üzerinde dört köşe oluşur. Bu köşelerin aşağı ya da yukarıya doğru sivrilmesi binen ve inilen parçaların göreceli özdirençlerine bağlı olarak değişir, ancak sayısı değişmez.

Eğer binilen bölümün toplu özdirenci toplu özdirenci OZDB diğer yandan küçükse OZDB < OZDA süreksizliğe yaklaştıkça eğri yükselir ve A_1 akım ucunun süreksizliği geçtiği noktada yukarıya doğru bir sivrilik oluşur. Sonra eğri a değin aralıkta düşer ve bir çukurluk yapar. A_1 sivriliğinin çukurun diğer yanındaki yansıması G_1 gerilim ucunun süreksizliği geçtiği yerdir.(Şekil 2.9)



Şekil 2.9: Süreksizlik eğimi bulma

Daha sonra eğri dike yakın bir eğrilikte yükselir ve a değin uzaklıkta bir E açıyla eğik T-türü süreksizlik üzerinde binen parça üzerinden binilen parça üzerine doğru kayan Wenner dizilimi için beklenen görünür özdirenç. L:dizilim boyu, OZDA: binen parçanı toplu (ortalama) özdirenci. OZDB: binilen parçanın özdirenci doruğa erişir. Bu noktada G_2 ucu süreksizlik yüzey izini geçer. G_2 geçişinden sonra eğri a aralığı boyunca küçük bir düşme gösterir. A_2 noktasının süreksizlik yüzey izini geçtiği bu noktadan sonra dizilim tümüyle diğer kanada geçtiğinden görünür özdirenç değerine (OZDA'ya yükselerek yaklaşır) .

Eğer binen bölümün toplu özdirenci OZDA diğer yandan büyükse (OZDA > OZDB), süreksizliğe yaklaştıkça eğri eğrisel olarak düşer ve A_1 in süreksizliği geçtiği noktada ilk köşeyi yapar (aşağıya doğru). 30 dereceden küçük eğimlerde bu bir dirsek görünüşündedir.A_1 geçişinden a değin aralıkta bu kez eğri (30 derece den büyük eğimler için) yükselerek bir öncekiden göreceli olarak büyük, yukarıya doğru bir sivrilik yapar. Bu noktada G_1 ucu süreksizlik yüzey izini geçmiştir. Daha sonra eğri, G_1 geçişinden a uzaklıkta G_2 geçişine değin hızla düşer. 30 dereceden büyük açılarda bir köşe yapmasına karşın 30 dereceden küçük açılarda G_2 den a/2 geri uzaklıkta bir çukurluk yaparak A_2 ucunun süreksizliği geçeceği noktaya değin yukarı doğru kıvrılarak A_2 geçişinde bir sivrilik yapar. Bu sivriliğin genliği ilk sivrilikten çok küçüktür. Daha sonra dizilimin tümü binilen parçanın toplu özdirencine yaklaşacak biçimde düşer.

Eğer kaydırma başlangıç noktası binilen bölüm üzerinde alınırsa eğrinin biçimi yine aynıdır. Uç geçişleri ve adlandırılmaları da değişmez.

İletken kanattan dirençli bölmeye geçerken A_1 ve A_2 geçişlerinde oluşan sivrilikler G_1 ve G_2 noktalarında oluşan köşelerden daha belirgindir. Dirençli kamadan iletken bölmeye geçerken yine A_1 ve A_2 noktalarında oluşan köşeler G_1 G_2 köşelerine göre daha belirgindir.

2.8.2. Yatay görünür özdirenç eğrisinden belirtgen noktaların seçimi

Süreksizlik yüzey izi; yatay Wenner görünür özdirenç eğrilerinde yaklaşık G_1 G_2 gerilim ucu ya da A_1 A_2 akım ucu geçişlerinin orta yerindedir.

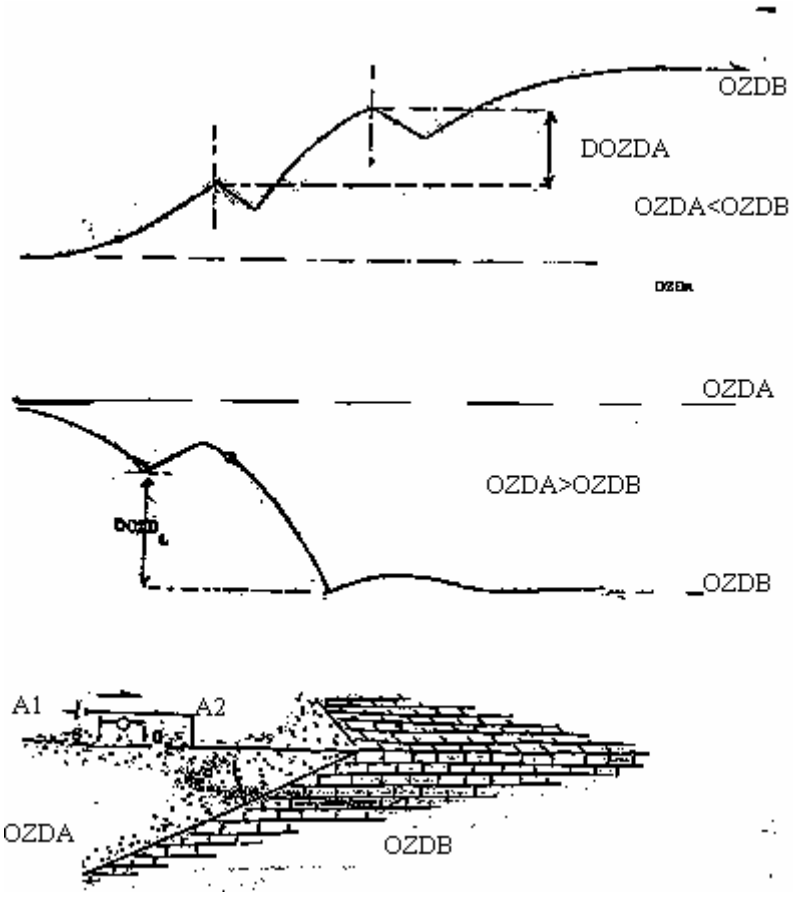
Süreksizlik Ayırım Çizgisinin Eğimi'ni bulmak için kaydırma doğrultusunun süreksizlik izini 90 derece ile geçme koşulu aranır.

Genellikle, yatay görünür özdirenç eğrisinin biçimine bakarak süreksizlik eğrisinin hangi yöne dalımlı olduğunu bulmak zordur. Eğer sık aralıklar ölçü alınarak dönme açıklıkla belirlenebilmiş ise izleyen kaba yola başvurulabilir:

Kaydırma başlangıcı diğer parçalar iletken ise, (yükselen eğri biçimi) eğim A_1 G_1 geçiş noktalarının arasında kalan eğri parçasının biçimine göre değişir. Bu parça:
Çukur ise eğim 90 dereceden az bir açı ile ölçü başlangıç parçası altına doğru (binen parça) düz ise 90 derece tümsek ise eğim 90 dereceden büyüktür (ölçü başlangıç parçası binilen parçadır).

Kaydırma başlangıcı diğer parçadan dirençli ise (inen eğri biçimi) A_1 G_1 geçiş aralığında eğrisinin biçimi tümsek ise eğim 90 derece den az (binen parça) düz ise eğim 90 derece, çukur ise 90 dereceden çoktur (binilen parça)

Eğim Bulucu Çizelgenin kullanılması için, eğrinin sağ ve sol yanaşma değerlerinden kaydırma başlangıcının üzerinde bulunduğu bölmenin OZDA ve diğer bölmenin OZDB toplu özdirençleri bulunur.(Şekil 2.10)

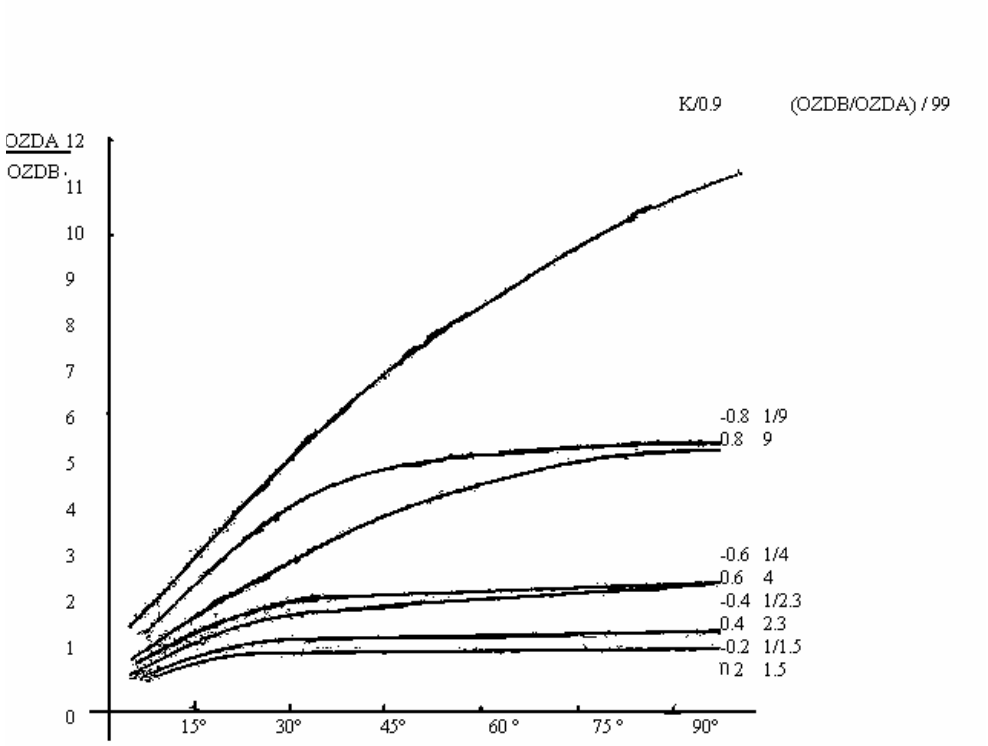


Şekil 2.10: Belirtgen nokta seçimi

Eğri üzerinde A_1 G_1 A_2 G_2 geçiş noktalarına denk gelen köşeler belirlenir. Doğrusal eksenden A_1 geçişi ile G_2 geçişi arasındaki özdirenç ayrılığı bulunur. Bu değer DOND = l $GOZD_{A1}$-$GOZD_{G2}$ l dir.

Eğim bulucu çizelgeye geçilir. Düşey eksenden DOZD/OZDA değerinden çizilen yatay çizginin OZDB/OZDA eğrisini kestiği yerin yatay eksen üzerindeki iz düşümü E süreksizlik eğimini verir.

Çizelgeden anlaşıldığı gibi özdirenç ayrılığı azaldıkça eğrinin eğim açısını bulmada seçilebilirlik düşer. Ayrılık arttıkça eğimin bulunmasındaki duyarlılık artar. Genellikle eğim 30 dereceden küçük ise daha duyarlı olarak bulunur (Şekil 2.11).

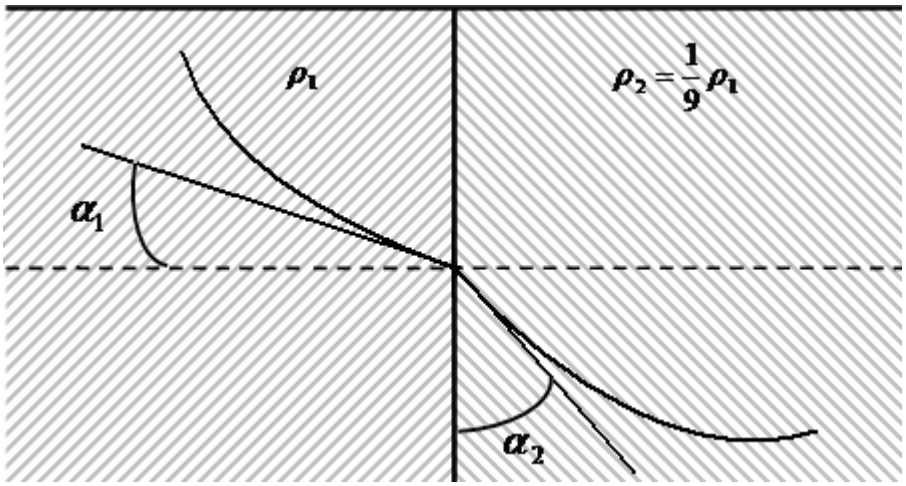


Şekil 2.11: Eğim açısı seçimi

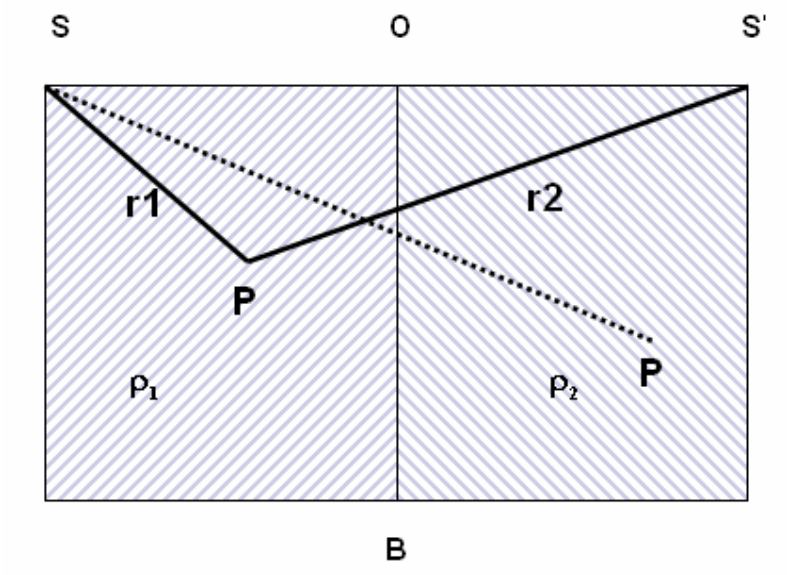
2.9.Görüntü Teoremi ile YES Verilerinin Değerlendirilmesi

Teorik olarak hesaplanan kaydırma Wenner ile üç elektrot sistemlerinin elektrot açıklıkları ile sistemin kayma miktarının grafiksel olarak görünür özdirenç eğrisini nasıl etkileyeceği araştırılmıştır.

Bunun için sınırı geçerken potansiyel ve akım dağılımı ve akım hatlarının kırılma yasası Şekil-2.12 ve Şekil 2.13'de gösterilmiştir (Telford ve diğ. 1976).ρ_1 özdirençli birinci tabaka üstünde S noktasında bir I akım kaynağı ve ρ_2 özdirençli diğer bir tabakayı düşey bir sınırın birinciden ayırdığını düşünelim. Herhangi bir P noktasındaki potansiyel, S den ve buna ilaveten ρ_1 tabakası tarafından yansıyan miktar kadar olurdu ki bu yansıyan miktarı, sanki S' görüntüsünden geliyormuş gibi kabul edelim.



Şekil 2.12:Akım hatlarının kırılma yasası $\rho_1 \tan\alpha_1 = \rho_2 \tan\alpha_2$



Şekil 2.13: Görüntü teoremi

S noktasında ki görünür kaynağın sönüklüğü k faktörü ile gösterilirse P deki potansiyel,

$$V_{1(p)} = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} + \frac{k}{r_2}\right) \tag{2.78}$$

olacaktır. P nin ikinci ortamda olması durumunda, yalnızca (1-k) kadar kısım sınırdan geçerek gönderildiği için ikinci ortamdaki potansiyel,

$$V_{2(p)} = \frac{I\rho_2}{2\pi}\left(\frac{1-k}{r_1}\right) \tag{2.79}$$

olur. Potansiyelin sürekliliği r1=r2 olan sınırda v1(p) nin v2(p) ye eşit olması gerektiği şartını koşar. Bu sebepten 1 ve 2 denklemlerini eşitleyerek,

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{1-k}{1+k} \tag{2.80}$$

$$k = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \tag{2.81}$$

k = Zayıflama (yansıma) faktörü $-1 \le k \le 1$

Eğer ikinci ortam tam bir yalıtkan ise $(\rho_2 = \infty)$ k=1

Eğer ikinci ortam tam bir iletken ise $(\rho_2 = 0)$ k = -1

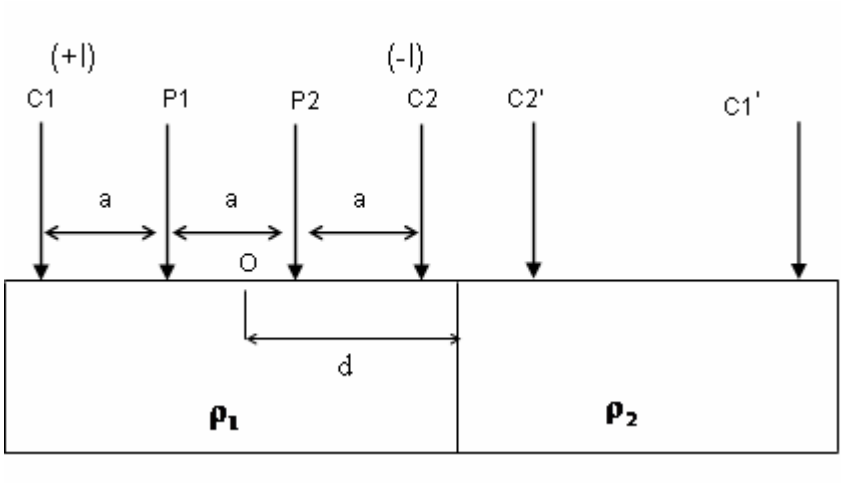
Elektrik sınır yoktur $(\rho_2 = \rho_1)$ k=0

bulunur.

2.9.1.Kaydırma Wenner elektrot açılım sistemi

Wenner sisteminde C1,C2 akım elektrotları P_1 P_2 potansiyel elektrotlarıdır. Kaydırma Wenner bağıntısının parametreleri iki farklı ortam için ρ_1, ρ_2, d, a dır. Burada kullanılan kısaltmalar C1 ve C2 akım elektrotlarına, P1 ve P2 potansiyel elektrotlarına, ρ_1, ρ_2 ise birinci ortamın ve ikinci ortamın özdirencine, a, elektrot

açıklığına, d ise ölçü alınan orta noktanın faya olan uzaklığına karşılık gelmektedir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14: Kaydırma Wenner elektrot açılımı

2.9.1.1 Fay modeli

a : Elektrot aralığı

d : Orijinin (orta nokta) faya olan uzaklığı

$$a < \frac{2d}{3} \tag{2.82}$$

$$I' = k_{12} I \tag{2.83}$$

$$k_{12} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \tag{2.84}$$

+I dan dolayı P_1 deki potansiyel : $\frac{I\rho_1}{2\pi a}$ (2.85)

-I dan dolayı P_1 deki potansiyel : $\frac{I\rho_1}{2\pi 2a} = \frac{I\rho_1}{4\pi a}$ (2.86)

C_1' nün P_1 deki potansiyeli: $\frac{kI\rho_1}{2\pi(2d+2a)}$ (2.87)

C_2' nün P_1 deki potansiyeli : $\frac{kI\rho_1}{2\pi(2d-a)}$ (2.88)

P_1 deki toplam potansiyel

$$V_1 = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left[\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{2a}\right)+\left(\frac{1}{2d+2a}-\frac{1}{2d-a}\right)\right] \tag{2.89}$$

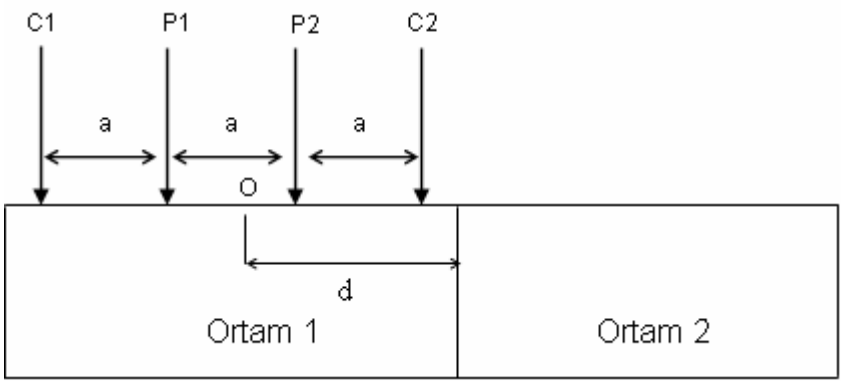
Benzer olarak P_2 deki yoplam potansiyel

$$V_1 = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left[\left(\frac{1}{2a}-\frac{1}{a}\right)+k\left(\frac{1}{2d+2a}-\frac{1}{2d-2a}\right)\right] \tag{2.90}$$

Ölçülen potansiyel farkı

$$V_1 - V_2 = \frac{I\rho_1}{2\pi a}\left[1+4k\frac{d}{a}\left(\frac{1}{4\frac{d^2}{a^2}-4}-\frac{1}{4\frac{d^2}{a^2}-1}\right)\right] \tag{2.91}$$

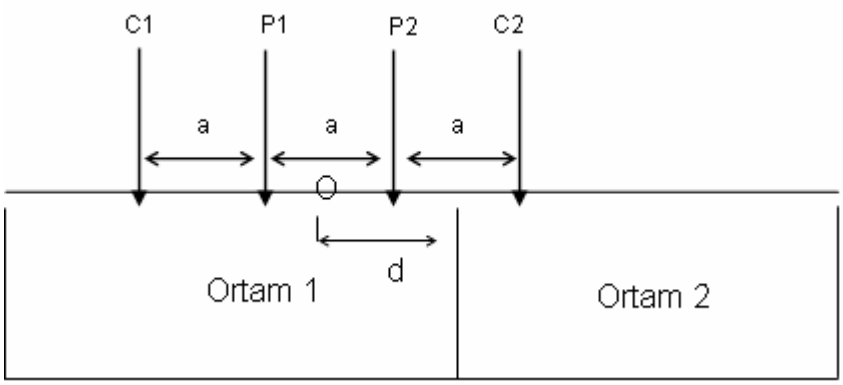
buradan görünür özdirenç Şekil(2.15),



Şekil 2.15: Kaydırma Wenner fay modelinde elektrot geçişleri(Dört elektrot ortam 1 de)

$$\rho_a = \rho_1\frac{I\rho_1}{2\pi a}\left[1+4k\frac{d}{a}\left(\frac{1}{4\frac{d^2}{a^2}-4}-\frac{1}{4\frac{d^2}{a^2}-1}\right)\right] \tag{2.92}$$

C1,P1,P2 ortam 1 de C2 ortam 2 de ise Şekil(2.16);



Şekil 2.16: Kaydırma Wenner fay modelinde elektrot geçişleri(Bir elektrot ortam 2 de)

Potansiyel farkı V_1-V_2 yukarıdaki gibi C_1 deki I ve C_1 deki I ve C_1' deki I' görüntü kaynaklarına göre saptanır. ρ_2 ortamında C_2 deki -I kaynağından ileri gelen ρ_1 ortamındaki potansiyel $-\frac{2\rho_1 I}{(\rho_1+\rho_2)}$ kaynağından meydana geliyormuş gibi le alnmalıdır. P deki potansiyel C_1 deki I, onun C_1' deki kI görüntüsü ve C_2 deki $(\beta - I)I$ kaynaklarından ileri gelen potansiyellerin toplamı olur. Buna göre:

$$V_1 = \frac{1}{2\pi}\left[\rho_1\left(\frac{I}{a}+\frac{k}{2d+2a}\right)+\frac{\rho_2(k-1)}{2a}\right] \tag{2.93}$$

Benzer olarak P_2 deki potansiyel

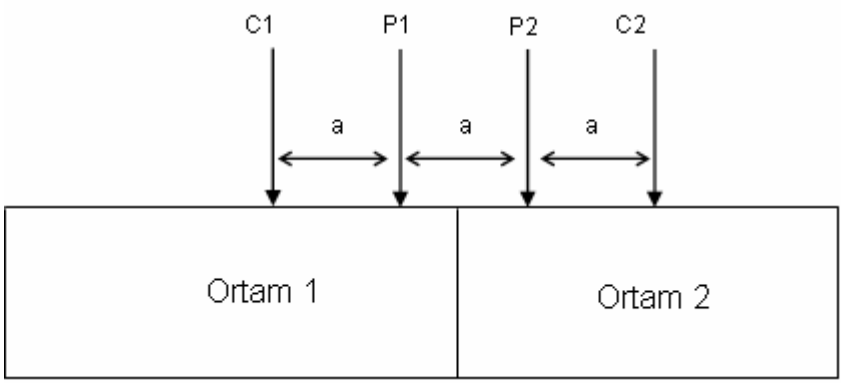
$$V_2 = \frac{1}{2\pi}\left[\rho_1\left(\frac{1}{2a}+\frac{k}{2d+a}\right)+\frac{\rho_2(k-1)}{a}\right] \tag{2.94}$$

V_1-V_2 farkından görünür özdirenç

$$\rho_a = \rho_1\left[1+\frac{k}{2}\left(1+\frac{1}{\frac{d}{a}+1}-\frac{2}{\frac{2d}{a}+1}\right)\right] \tag{2.95}$$

elde edilir.

C1,P1 otam1 de P2,C2 ortam 2 de ise Şekil(2.17);



Şekil 2.17: Kaydırma Wenner fay modelinde elektrot geçişleri(İki elektrot ortam 2 de)

P_1 deki potansiyel C_1 deki I, C_1' deki βI ve C_2 deki

$$\frac{-2\rho_1 I}{(\rho_1+\rho_2)} = (k-1)I \tag{2.96}$$

kaynaklarından ileri gelir.

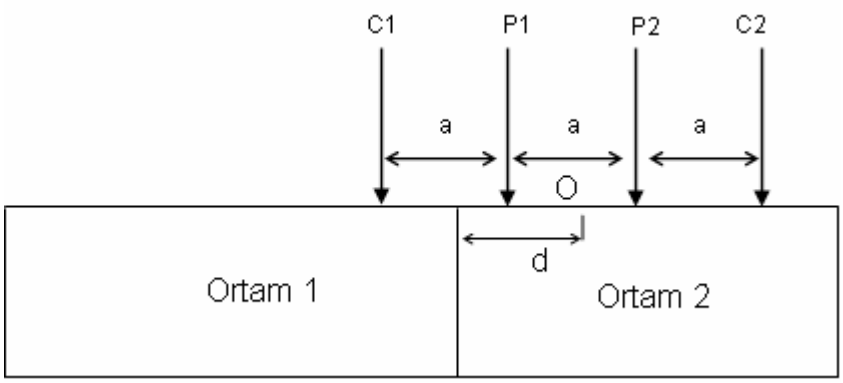
$$V_1 = \frac{1}{2\pi}\left[\rho_1\left(\frac{I}{a}+\frac{k}{2d+2a}\right)+\frac{\rho_2(k-1)}{2a}\right] \tag{2.97}$$

$$V_2 = \frac{1}{2\pi}\left[\rho_2\left(\frac{1}{a}+\frac{k}{2a-2d}\right)+\frac{\rho_2(k-1)}{2a}\right] \tag{2.98}$$

Burada görünür özdirenç

$$\rho_a = \frac{\rho_1}{1-k}\left[1+k^2-k\left(\frac{k+\frac{d}{a}}{1-\frac{d^2}{a^2}}\right)\right] \tag{2.99}$$

C1 ortam 1 de P1,P2,C2 ortam 2 de ise Şekil(2.18);

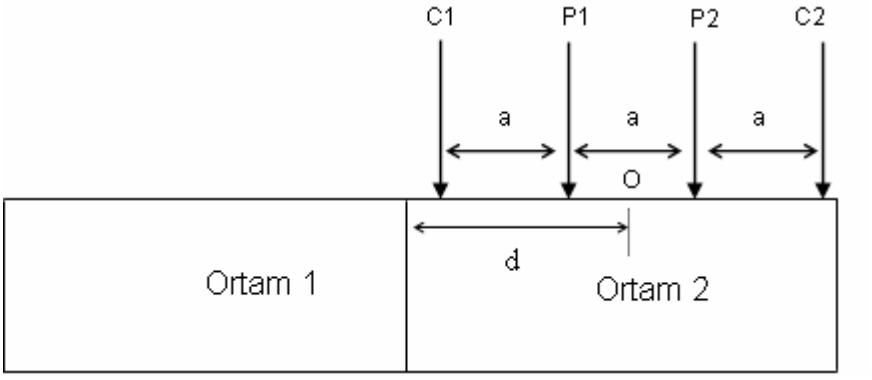


Şekil 2.18**:** Kaydırma Wenner fay modelinde elektrot geçişleri(Üç elektrot ortam 2 de)

Bu durumda da yukarıdaki benzer yol izlenerek görünür özdirenç kısaca aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\rho_a = \rho_1 \frac{k+1}{1-k}\left[1-k\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{\frac{2d}{a}+1}+\frac{1}{\frac{2d}{a}+2}\right)\right] \tag{2.100}$$

Dört elektrot ortam 2 de ise Şekil(2.19);

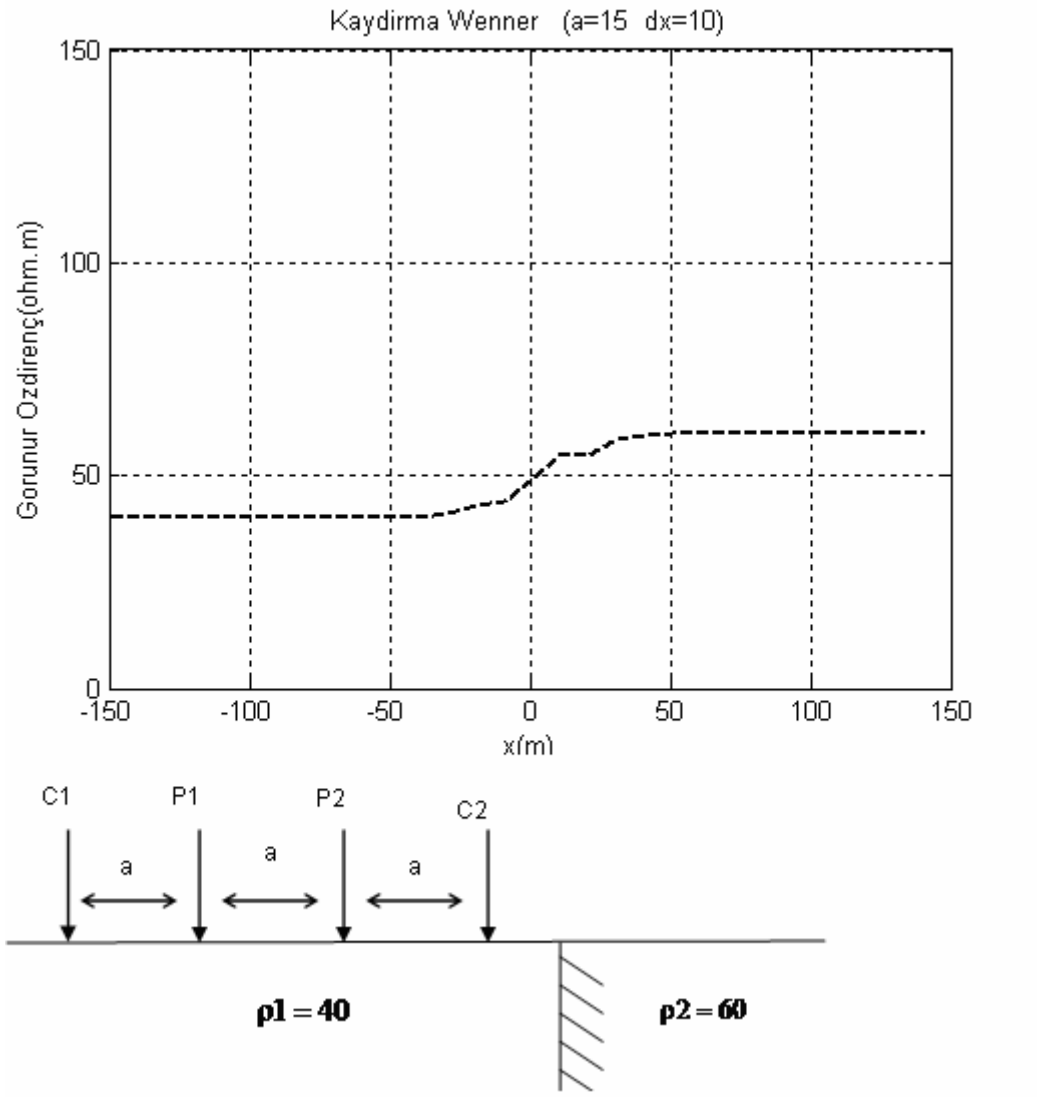


Şekil 2.19: Kaydırma Wenner fay modelinde elektrot geçişleri(Dört elektrot ortam 2 de)

$$\rho_a = \rho_1 \frac{1+k}{1-k}\left[1+k\left(\frac{\frac{4d}{a}}{4\frac{d^2}{a^2}-1}-\frac{\frac{d}{a}}{\frac{d^2}{a^2}-1}\right)\right] \tag{2.101}$$

elde edilir.

Birinci ortam özdirenci 40ohm.m ve ikinci ortam özdirenci 60 ohm.m olan bir yer altı modeline ait kaydırma Wenner elektrot açılım sistemi için elde edilen teorik eğri verilmiştir Şekil (2.20).



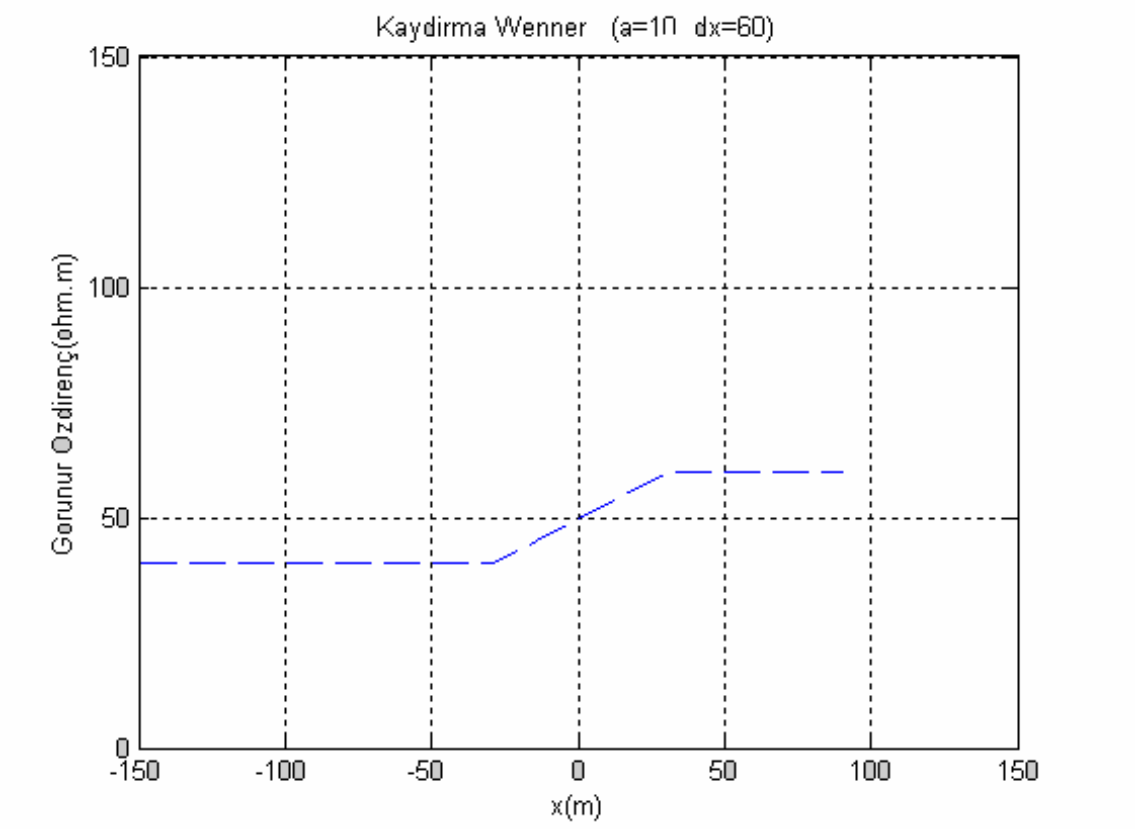
Şekil 2.20**:** Kaydırma Wenner sistemi için elde edilen teorik eğri(a=40m,dx=20m)

Bunun için aşağıda görülen şekiller elde edilmiştir. Buna göre kayma miktarının elektrotlar arasındaki açıklıktan büyük olması durumunda daha düzgün geçişli eğriler oluştuğu, eşit ve tersi olması durumunda ise süreksizlik görüntüsü veren asimtotik çizgilerin tam fay üzerinde oluştuğu gözlenmiştir.

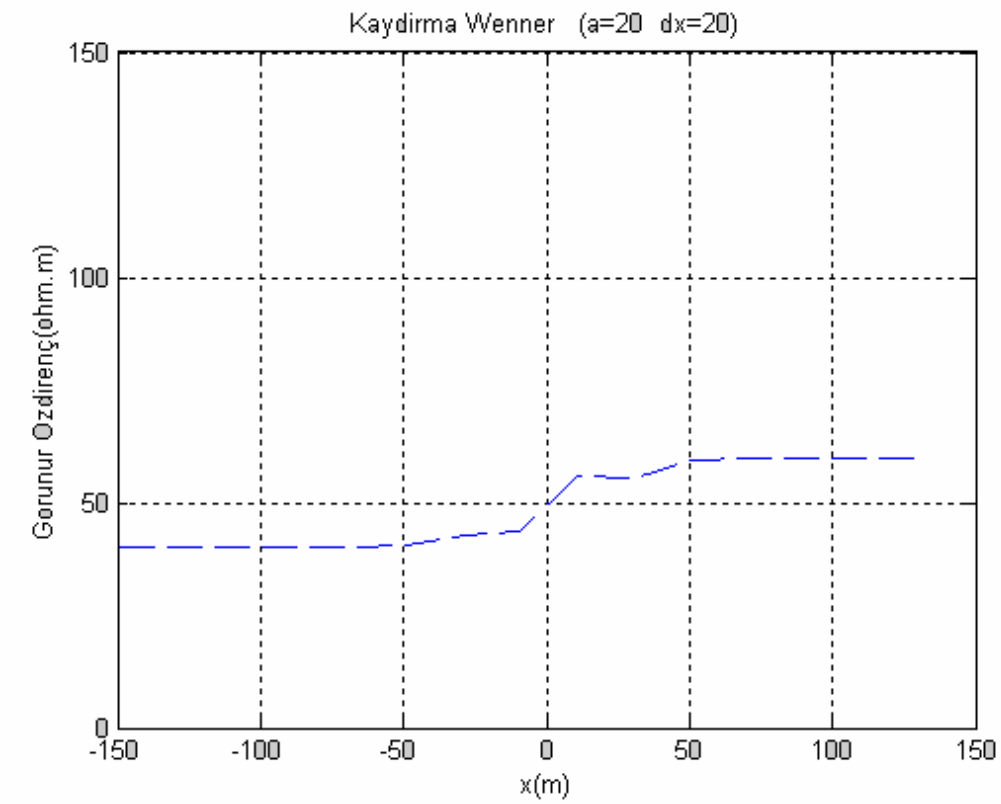
Arazinin konumu da dikkate alınarak geniş düzgün alanlarda bulunan profillerde kaydırma Wenner elektrot sistemi kullanılırken, iki farklı jeolojik birimlerin

birbirlerine yakınlaştığı alanlardaki profillerde ise üç elektrot sistemi kullanılmıştır. Bu sistem, karşılıklı iki yandaki fay çizgiselliklerinin derine doğru nasıl devam ettiğini anlamak için tercih edilmiştir.

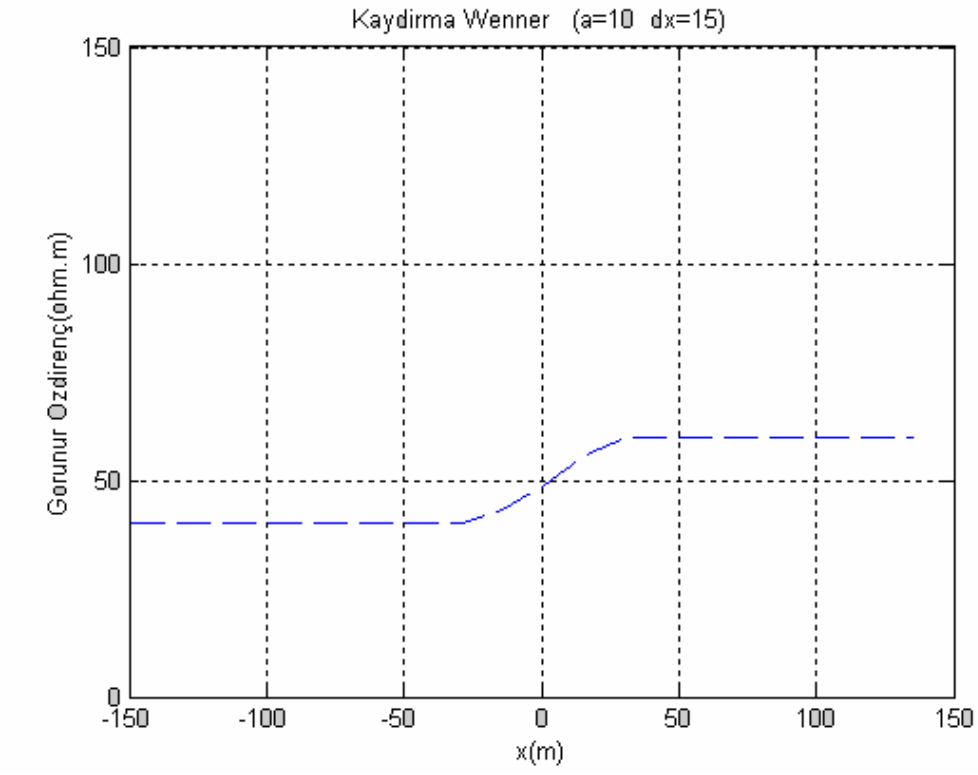
Ölçü profillerinin genelinde iki farklı derinlikte ölçü alınmış, böylece bir derinlikte elde edilen sonuçların kontrolu ikinci derinlikte yapılmıştır. Kaydırma Wenner sistemi için farklı elektrot aralıkları ve kaydırma miktarlarıyla (sırasıyla a=10,20,10,15,60; dx=60,20,15,10,10) elde edilen teorik eğriler (Şekil2.21, Şekil2.22, Şekil2.23, Şekil2.24, Şekil2.25).



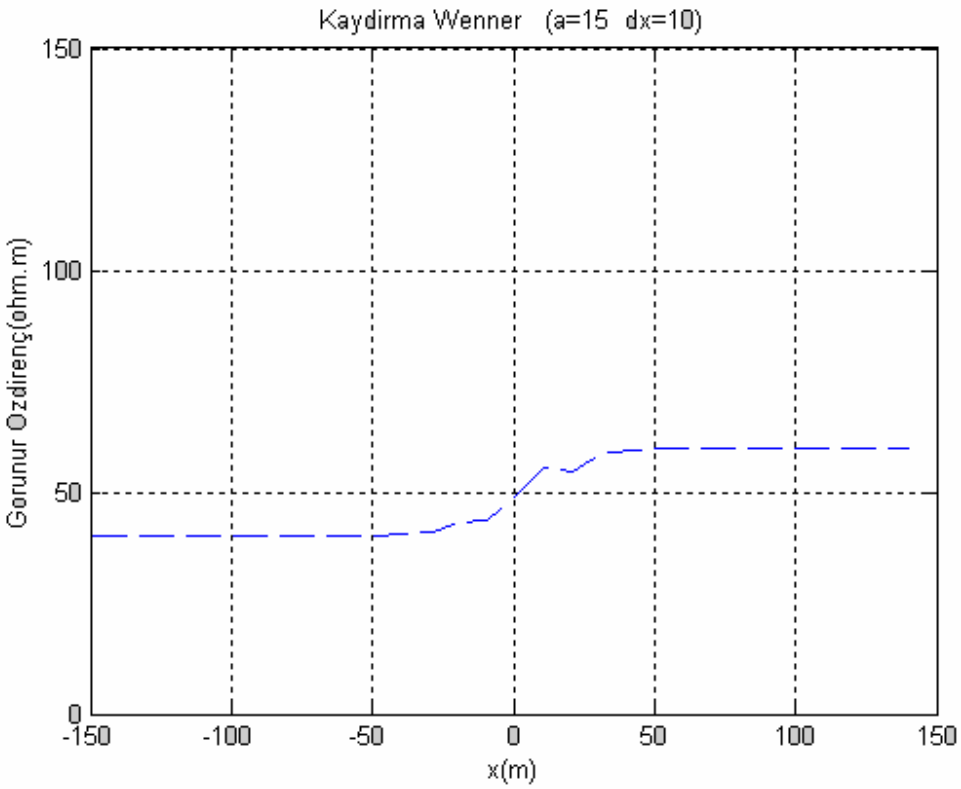
Şekil 2.21: Kaydırma Wenner teorik eğrisi (a: 10m, dx: 60m)



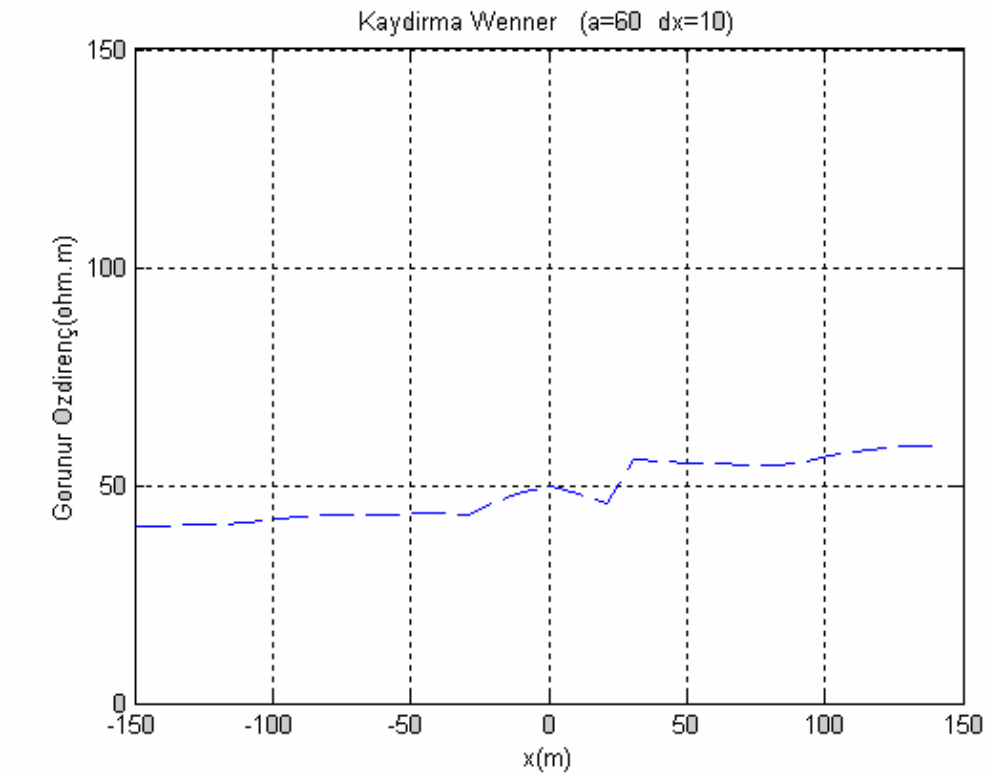
Şekil 2.22: Kaydırma Wenner teorik eğrisi (a: 20m, dx: 20m)



Şekil 2.23: Kaydırma Wenner teorik eğrisi (a: 10m, dx: 15m)



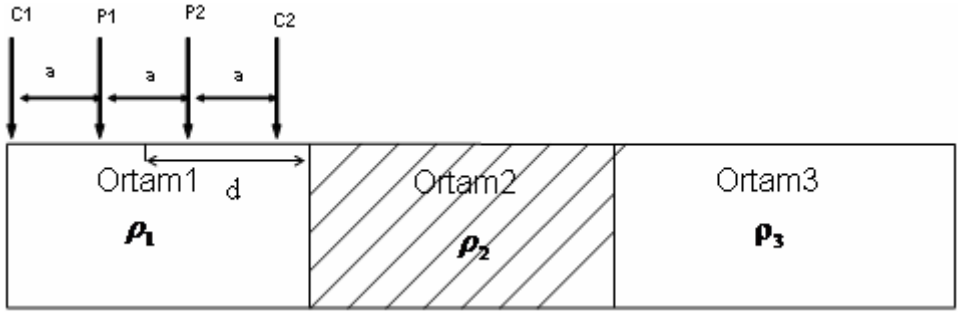
Şekil 2.24: Kaydırma Wenner teorik eğrisi (a: 15m, dx: 10m)



Şekil 2.25: Kaydırma Wenner teorik eğrisi (a: 60m, dx: 10m)

2.9.1.2.Dayk modeli

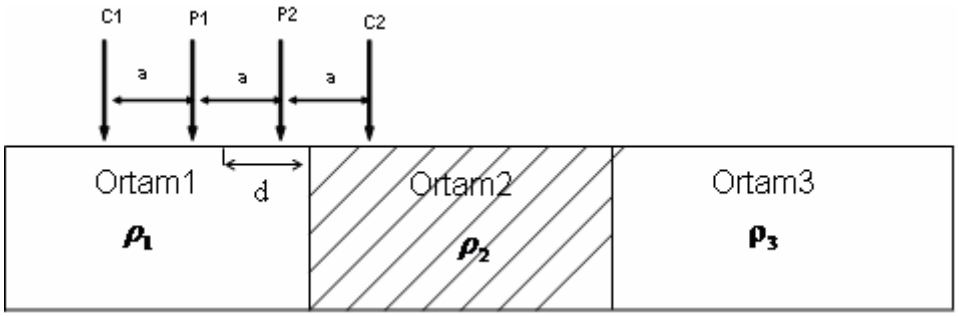
Bütün elektrotlar birinci ortamda ise Şekil(2.26);



Şekil 2.26**:** Kaydırma Wenner dayk modelinde elektrot geçişleri (Dört elektrot ortam 1'de).

$$\rho_a = \rho_1 \frac{I\rho_1}{2\pi a}\left[1+4\left(1-\frac{2\rho_1}{\rho_2+\rho_1}\right)\frac{d}{a}\left(\frac{1}{\frac{4d^2-4a^2}{a^2}}-\frac{1}{\frac{4d^2-a^2}{a^2}}\right)\right] \tag{2.102}$$

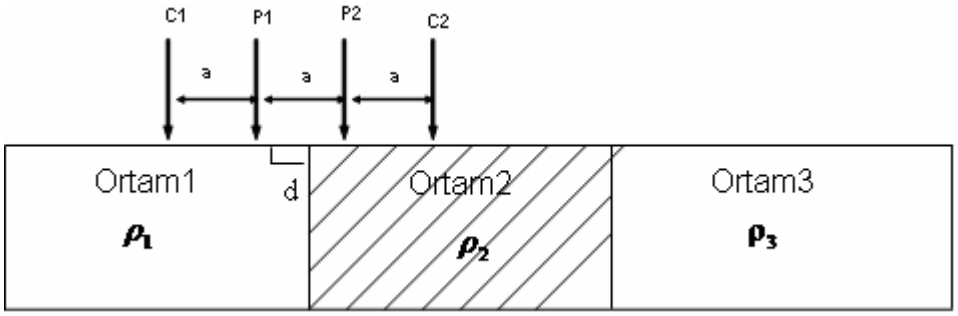
Bir akım elektrotunun 2.ortama geçmesi durumunda ise Şekil(2.27);



Şekil 2.27**:** Kaydırma Wenner dayk modelinde elektrot geçişleri (Bir elektrot ortam 2'de).

$$\rho_a = \rho_1\left[1+\frac{\frac{\rho_1-\rho_2}{\rho_1+\rho_2}}{2}\left(1+\frac{1}{\frac{d}{a}+1}-\frac{2}{\frac{2d}{a}+1}\right)\right] \tag{2.103}$$

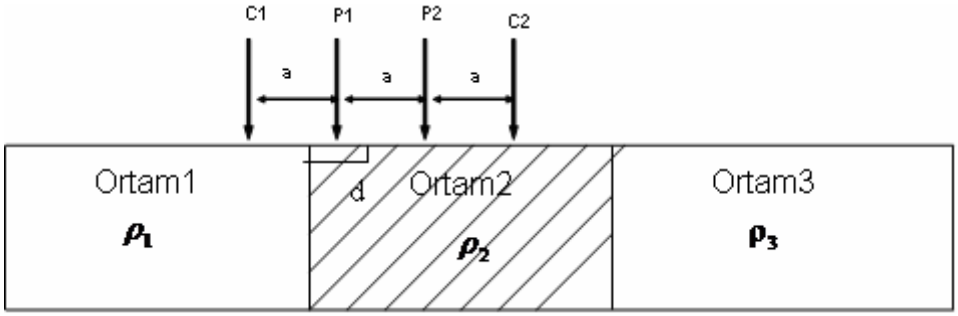
Bir akım bir potnsiyel elektrotu 2. ortamda ise Şekil(2.28);



Şekil 2.28**:** Kaydırma Wenner dayk modelinde elektrot geçişleri (İki elektrot ortam 2'de).

$$\rho_a = \frac{\rho_1}{1-\left(\frac{\rho_2-\rho_1}{\rho_2+\rho_1}\right)}\left[1+k^2-\left(1-\frac{2\rho_1}{\rho_1+\rho_2}\right)\left(\frac{k+\frac{d}{a}}{1-\frac{d^2}{a^2}}\right)\right] \tag{2.104}$$

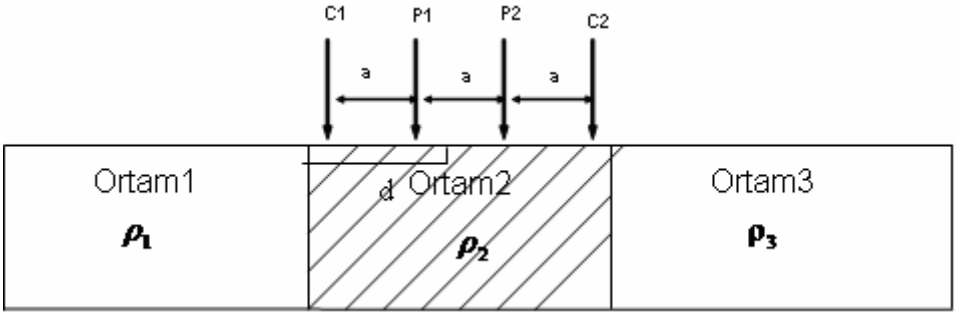
Bir akım iki potansiyel elektrotu 2. ortamda ise Şekil(2.29);



Şekil 2.29**:** Kaydırma Wenner dayk modelinde elektrot geçişleri (Üç elektrot ortam 2'de).

$$\rho_a = \rho_1 \frac{k+1}{1-\left(1-\frac{2\rho_1}{\rho_1+\rho_2}\right)}\left[1-k\left(\frac{1}{2}-\frac{a}{2d+a}+\frac{a}{2d+2a}\right)\right] \tag{2.105}$$

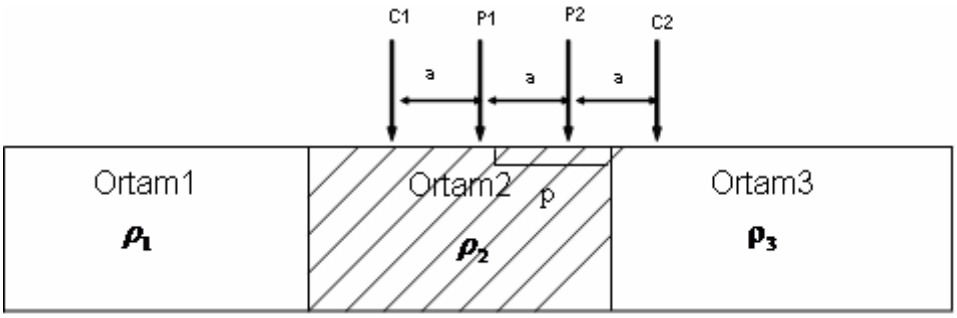
Bütün elektrotlar 2. ortamda ise Şekil(2.30);



Şekil 2.30**:** Kaydırma Wenner dayk modelinde elektrot geçişleri (Dört elektrot ortam 2'de).

$$\rho_a = \rho_2 \left[1 + 4\left(1 - \frac{2\rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \right) \frac{d}{a} \left(\frac{1}{4\frac{d^2}{a^2}} - \frac{1}{\frac{4d^2}{a^2}} \right) \right] \tag{2.106}$$

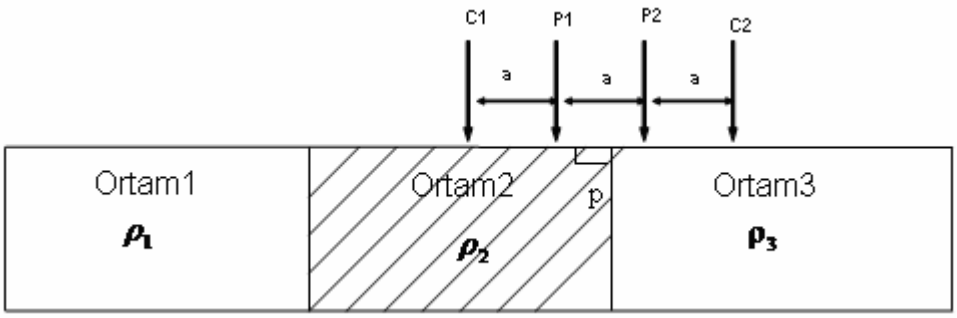
Bir akım elektrotu 3. ortamda ise Şekil(2.31);



Şekil 2.31**:** Kaydırma Wenner dayk modelinde elektrot geçişleri (Bir elektrot ortam 3'de).

$$\rho_a = \rho_2 \left[1 + \frac{\left(1 - \frac{2\rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \right)}{2} \left(1 + \frac{1}{\frac{p}{a} + 1} - \frac{2}{\frac{2p}{a} + 1} \right) \right] \tag{2.107}$$

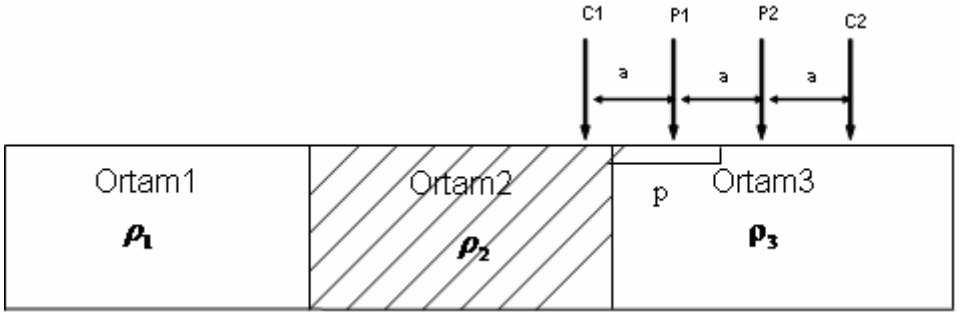
Bir akım bir potansiyel elektrotu 3. ortamda ise Şekil(2.32);



Şekil 2.32**:** Kaydırma Wenner dayk modelinde elektrot geçişleri (İki elektrot ortam 3'de).

$$\rho_a = \frac{\rho_2}{1-\left(1-\frac{2\rho_1}{\rho_2+\rho_1}\right)}\left[1+\left(1-\frac{2\rho_1}{\rho_2+\rho_1}\right)^2-\left(\frac{\rho_2-\rho_1}{\rho_1+\rho_2}\right)\left(\frac{k+\frac{p}{a}}{1-\frac{p^2}{a^2}}\right)\right] \tag{2.108}$$

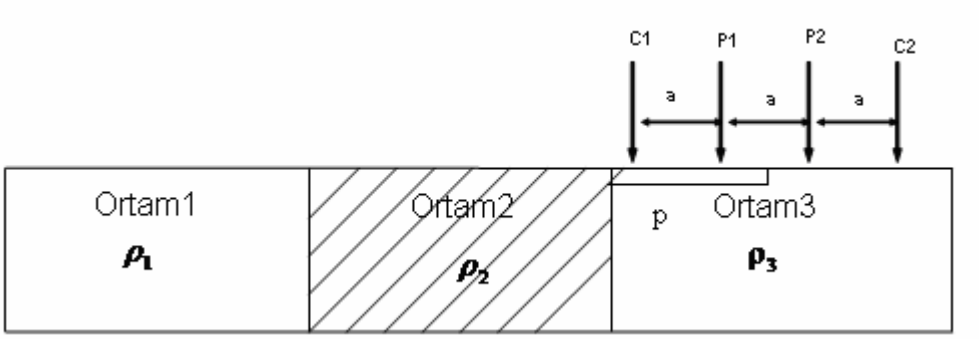
Bir akım iki potansiyel elektrotu 3. ortamda ise Şekil(2.33);



Şekil 2.33**:** Kaydırma Wenner dayk modelinde elektrot geçişleri (Üç elektrot ortam 3'de).

$$\rho_a = \rho_1\frac{k+1}{1-k}\left[1-\left(1-\frac{2\rho_1}{\rho_1+\rho_2}\right)\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{\frac{2p}{a}+1}+\frac{1}{\frac{2p}{a}+2}\right)\right] \tag{2.109}$$

Bütün elektrotlar 3. ortamda ise Şekil(2.34);



Şekil 2.34**:** Kaydırma Wenner dayk modelinde elektrot geçişleri (Dört elektrot ortam 3'de).

$$\rho_a = \rho_1 \frac{1+\dfrac{\rho_2-\rho_1}{\rho_2+\rho_1}}{1-k}\left[1+\left(1-\frac{2\rho_1}{\rho_2+\rho_1}\right)\left(\frac{\dfrac{4p}{a}}{4\dfrac{p^2}{a^2}-1}-\frac{\dfrac{p}{a}}{\dfrac{p^2}{a^2}-1}\right)\right] \tag{2.110}$$

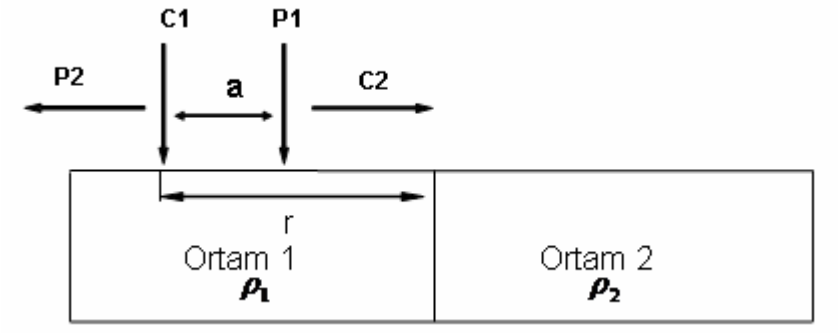
2.9.2.Yarım Wenner elektrot açılım sistemi

2.9.2.1.Fay modeli

Elektrot aralığı sabit bir akım elektrotu ile bir potansiyel elektrotu sonsuzdadır. Her ölçümde hesaplanan ρ_a değeri orta noktaya atanır.

r: Akım elektrotun faya uzaklığıdır.

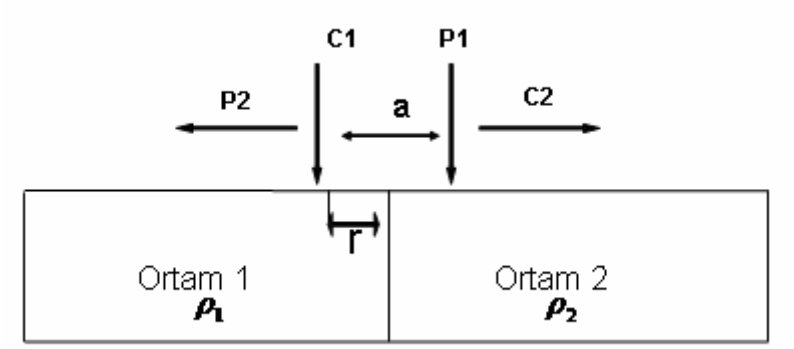
İki elektrot 1. ortamda ise Şekil(2.35);



Şekil 2.35: Yarım Wenner fay modelinde elektrot geçişleri. (2 elektrot ortam 1 de)

$$\rho_a = \rho_1\left(1+\frac{ka}{2r-a}\right) \tag{2.111}$$

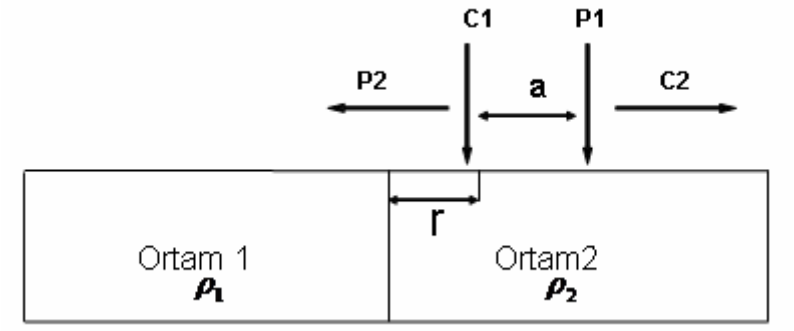
Akım elektrotu 1. ortamda akım elektrotu 2. ortamda ise Şekil(2.36);



Şekil 2.36: Yarım Wenner fay modelinde elektrot geçişleri. (1 elektrot ortam 2 de)

$$\rho_a = \rho_1(1+k) \tag{2.112}$$

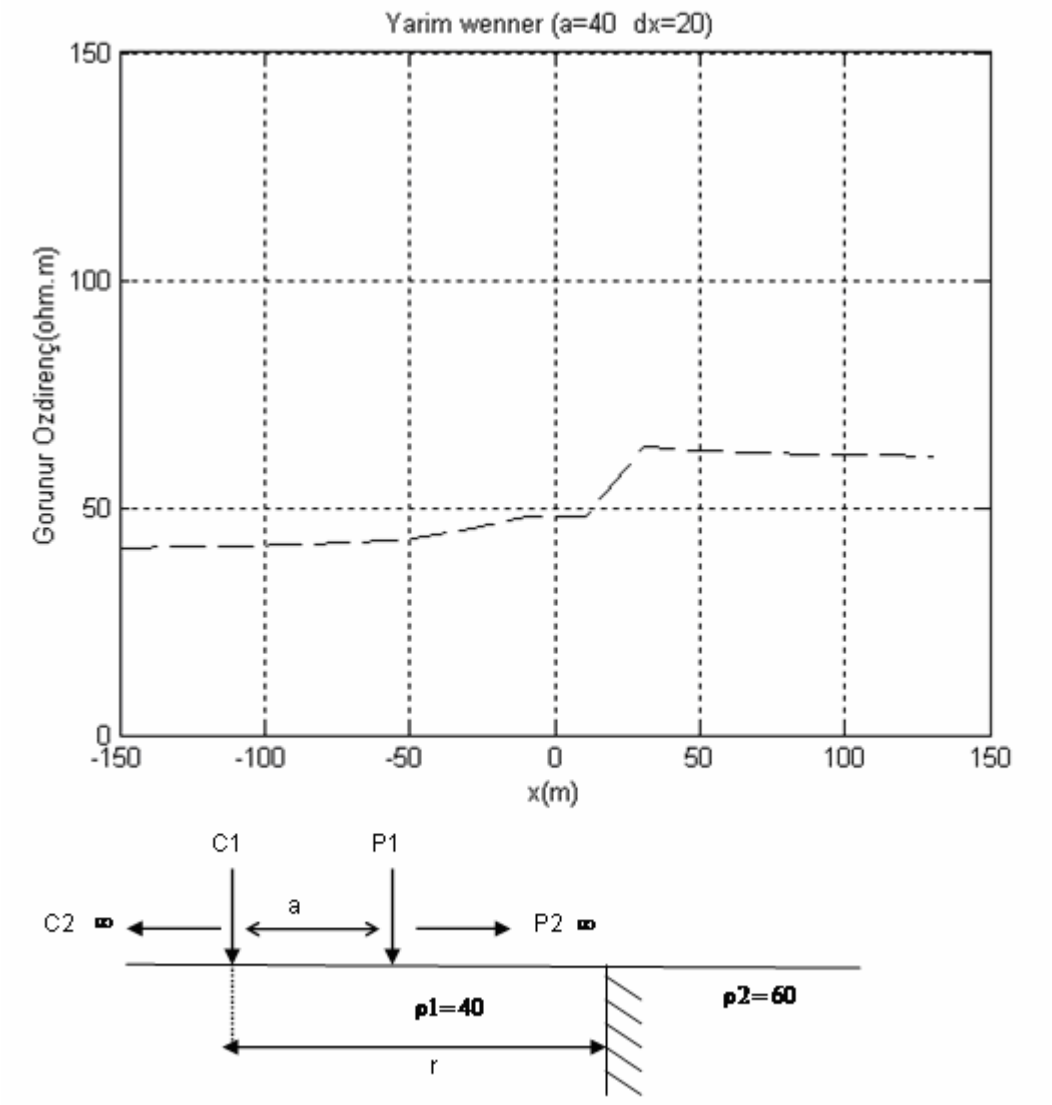
Akım ve potansiyel elektrotlarının ikiside 2. ortama geçtiklerinde Şekil(2.37);



Şekil 2.37: Yarım Wenner fay modelinde elektrot geçişleri. (2 elektrot ortam 2 de)

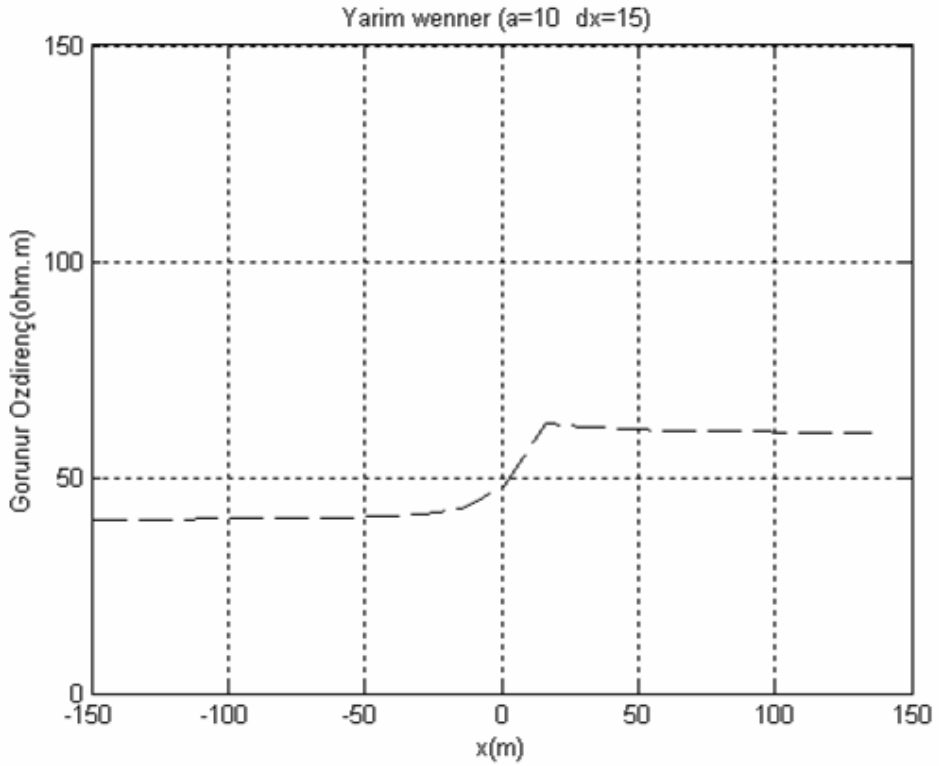
$$\rho_a = \rho_2\left(1-\frac{ka}{2r+a}\right) \tag{2.113}$$

Birinci ortam özdirenci 40ohm.m ve ikinci ortam özdirenci 60 ohm.m olan bir yer altı modeline ait yarım Wenner elektrot açılım sistemi için elde edilen teorik eğri verilmiştir Şekil (2.38).

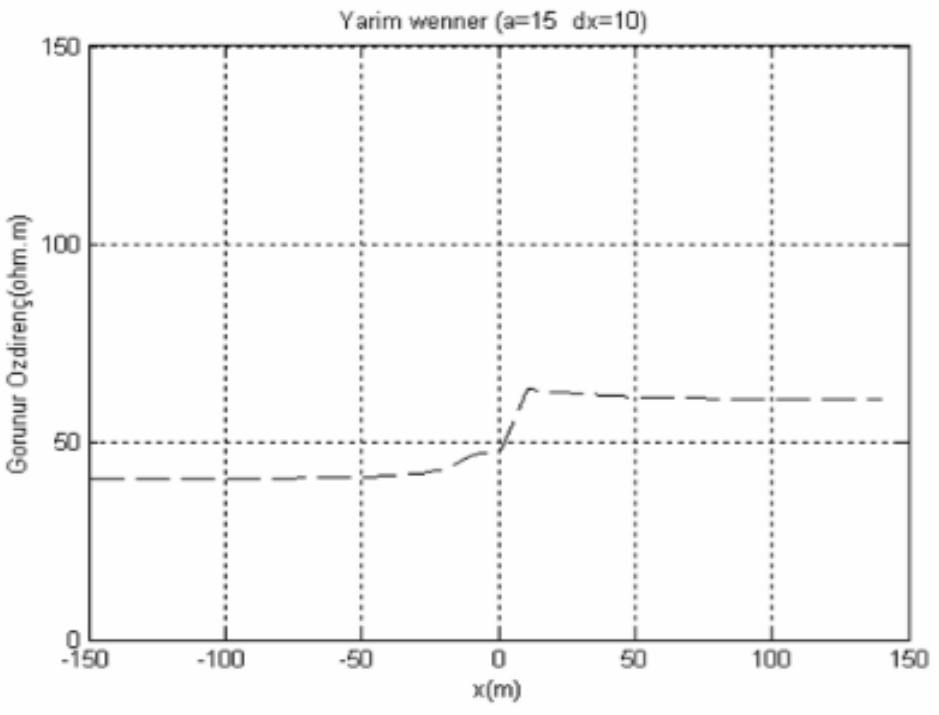


Şekil 2.38: Yarım Wenner içim elde edilen teorik eğri(a:40m, dx:20m)

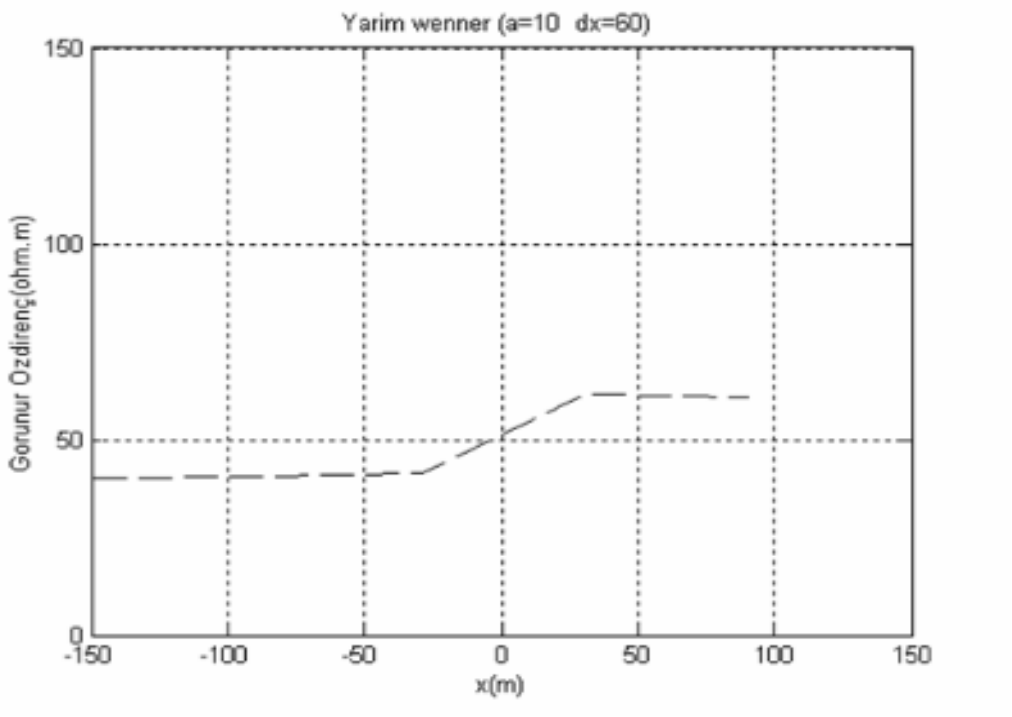
Yarım Wenner sistemi için farklı elektrot aralıkları ve kaydırma miktarlarıyla (sırasıyla a=10,15,10,60,20; dx=15,10,60,10,20) elde edilen teorik eğriler (Şekil2.39, Şekil2.40, Şekil2.41, Şekil2.42, Şekil2.43).



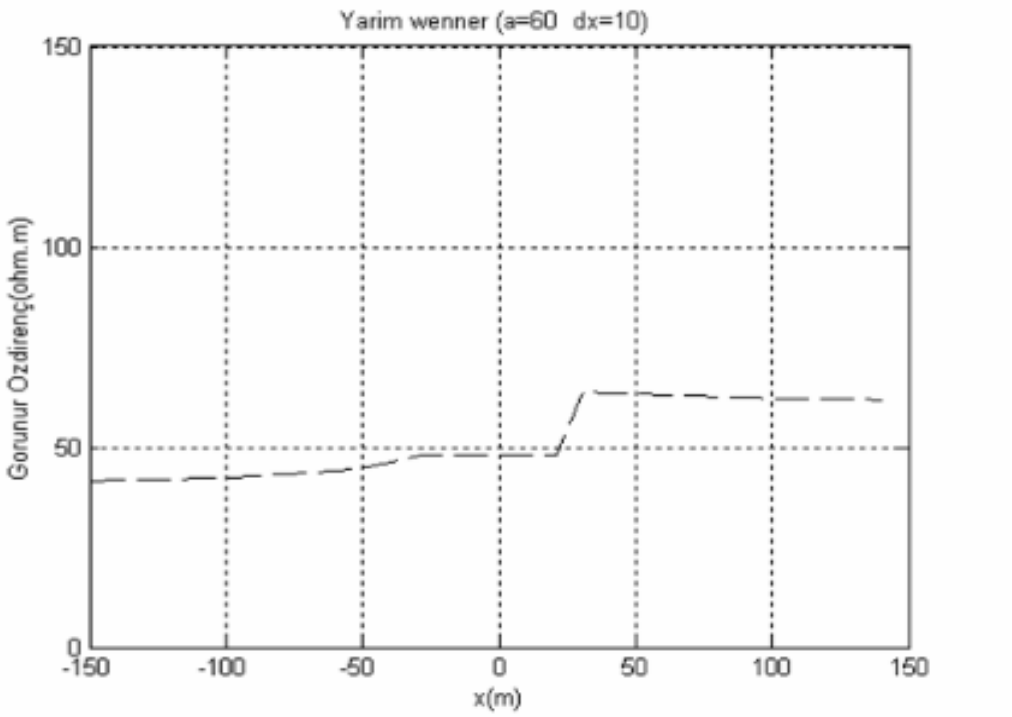
Şekil 2.39: Yarım Wenner teorik eğrisi (a: 10m, dx: 15m)



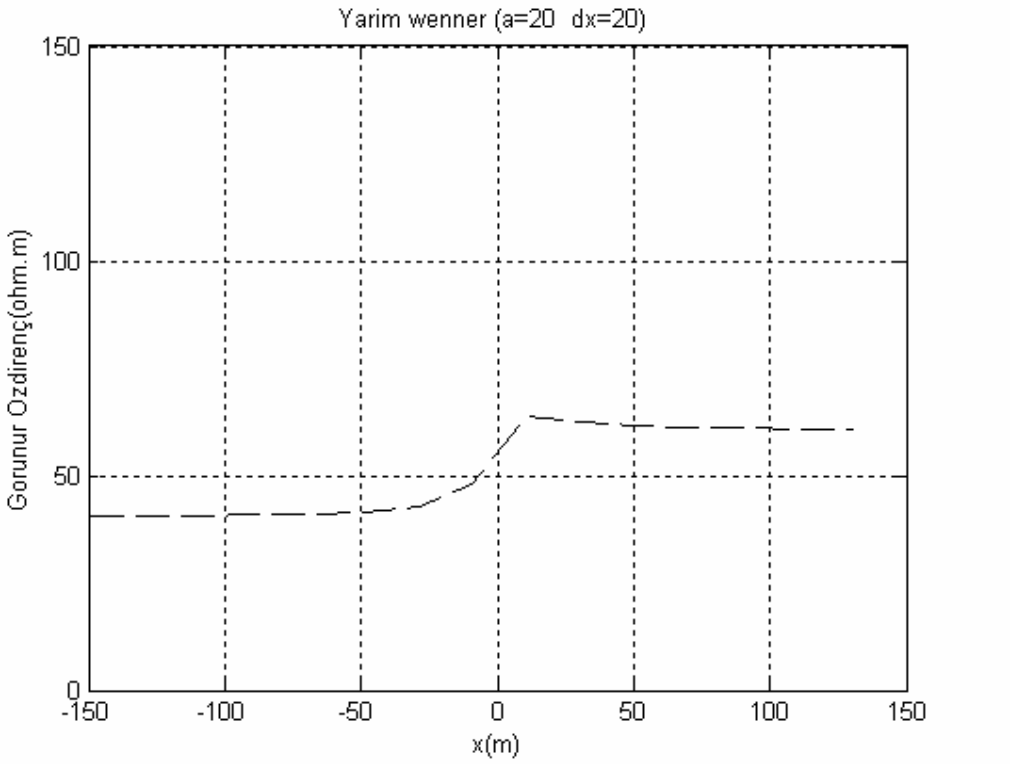
Şekil 2.40: Yarım Wenner teorik eğrisi (a: 15m, dx: 10m)



Şekil 2.41: Yarım Wenner teorik eğrisi (a: 10m, dx: 60m)



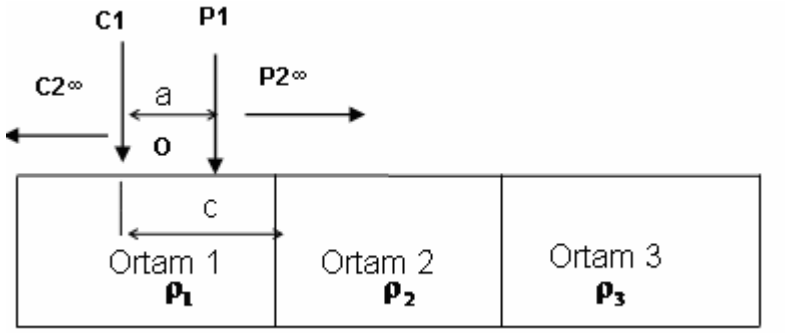
Şekil 2.42: Yarım Wenner teorik eğrisi (a: 60m, dx: 10m)



Şekil 2.43: Yarım Wenner teorik eğrisi (a: 20m, dx: 20m)

2.9.2.2.Dayk modeli

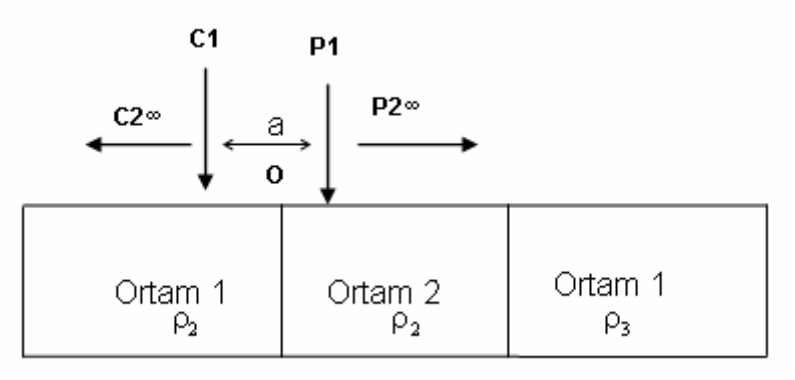
Akım ve potansiyel elektrotlarının ikiside 1. ortamda ise Şekil(2.44);



Şekil 2.44: Yarım Wenner dayk modelinde elektrot geçişleri. (2 elektrot ortam 1 de)

$$\rho_a = \rho_1 \left(1 + \frac{\frac{2\rho_1}{\rho_2 + \rho_1} a}{2(c-a)} \right) \tag{2.114}$$

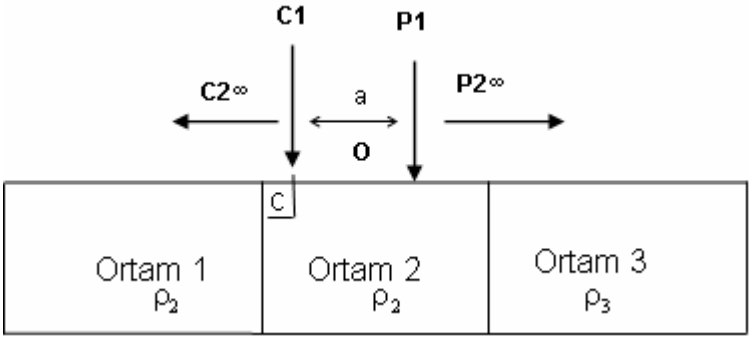
Bir potansiyel elektrotu 2. ortamda ise Şekil(2.45);



Şekil 2.45: Yarım Wenner dayk modelinde elektrot geçişleri. (1 elektrot ortam 2 de)

$$\rho_a = \rho_1\left(1+\frac{2\rho_1}{\rho_1+\rho_2}\right) \tag{2.115}$$

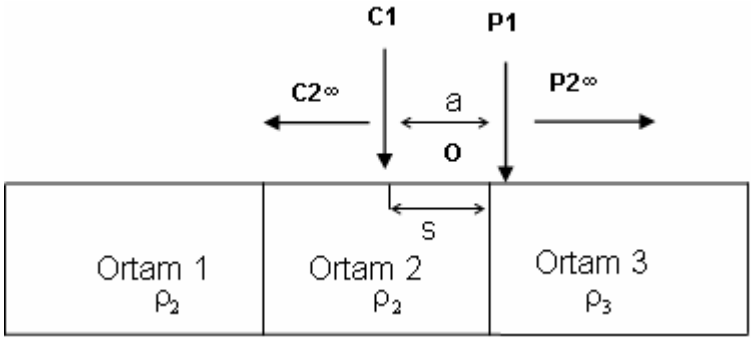
Akım ve potansiyel elektrotlarının ikiside 2. ortamda ise Şekil(2.46);



Şekil 2.46: Yarım Wenner dayk modelinde elektrot geçişleri. (2 elektrot ortam 2 de)

$$\rho_a = \rho_2\left(1-\frac{\left(\frac{2\rho_1}{\rho_1+\rho_2}\right)a}{2(c+a)}\right) \tag{2.116}$$

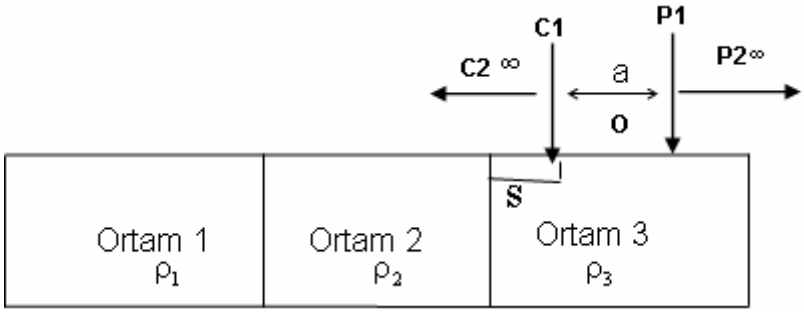
Bir potansiyel elektrotu 2. ortamda ise Şekil(2.47);



Şekil 2.47**:** Yarım Wenner dayk modelinde elektrot geçişleri. (1 elektrot ortam 3 de)

$$\rho_a = \rho_2\left(1+\frac{2\rho_1}{\rho_1+\rho_2}\right) \tag{2.117}$$

Akım ve potansiyel elektrotlarının ikiside 3. ortamda ise Şekil(2.48);



Şekil 2.48: Yarım Wenner dayk modelinde elektrot geçişleri. (2 elektrot ortam 3 de)

$$\rho_a = \rho_2\left(1-\frac{\left(\frac{2\rho_1}{\rho_1+\rho_2}\right)a}{2(s+a)}\right) \tag{2.118}$$

2.9.3.Yarım Schlumberger elektrot açılım sistemi

2.9.3.1.Fay modeli

Bu dizilimde bir akım elektotu sonsuzdadır. İki potansiyel elektot aralığı kısa tutulur. Ölçümlerde hesaplana ρ_a değeri iki potansiyel elektrotunun orta noktasına atanır.

ΔV yi iki potansiyel elektrotun arasında ölçtüğümüzde önce yarı sonsuz bir ortam için olan

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \tag{2.119}$$

formülünden $\frac{\partial V}{\partial r}$ hesaplayalım

r, O noktasının faya olan uzaklığıdır. a uzaklığı sabit tutulur.

$$\frac{\partial V}{\partial r} = -\frac{I\rho}{2\pi r^2} \tag{2.120}$$

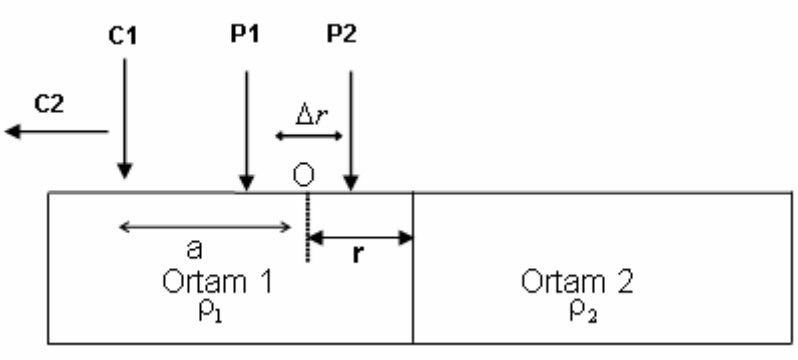
$$\rho_a = -\frac{2\pi r^2}{\partial r}\frac{\partial V}{\partial r} \tag{2.121}$$

$\frac{\partial V}{\partial r}$ yi önce A noktasındaki I akımı için sonra bunun görüntüsündeki kI akımı için yazılıp ikisi toplanır. Görüntüdeki akım için $\frac{\partial V}{\partial r}$ negatif işaretli olacaktır. Çünkü $\Delta V = V_{p2} - V_{p1}$ buna karşılık görüntüdeki akım;

$$\Delta V = V_{p1} - V_{p2} \tag{2.122}$$

olacaktır.

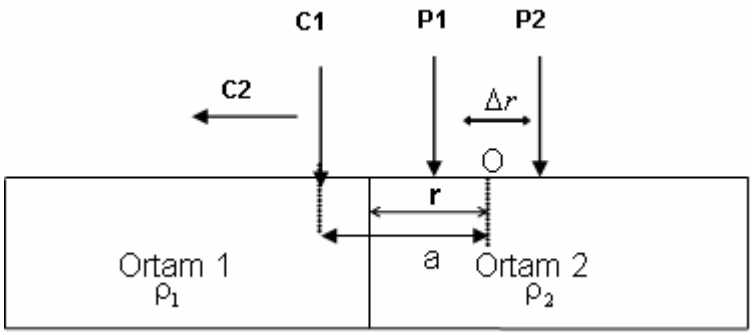
Buna göre bir akım elektrotu ve iki potansiyel elektrotu 1. ortamda iseler Şekil(2.49);



Şekil 2.49: Yarım Schlumberger fay modelinde elektrot geçişleri (3 elektrot ortam 1 de)

$$\rho_a = \rho_1 \left| 1 - \frac{ka^2}{(2r+a)^2} \right| \tag{2.123}$$

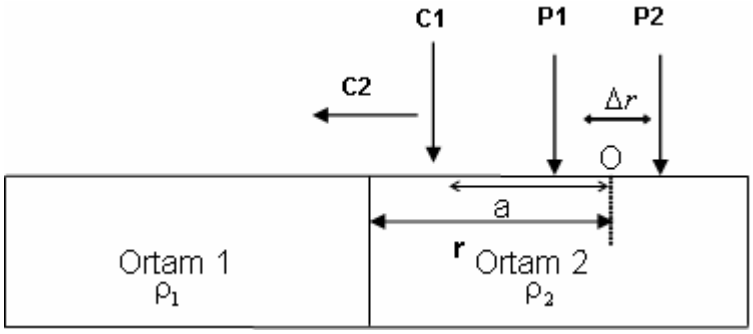
Bir potansiyel elekrotu 2. ortama geçtiğinde Şekil(2.50);



Şekil 2.50: Yarım Schlumberger fay modelinde elektrot geçişleri (2 elektrot ortam 2 de)

$$\rho_a = \rho_1 (1+k) \tag{2.124}$$

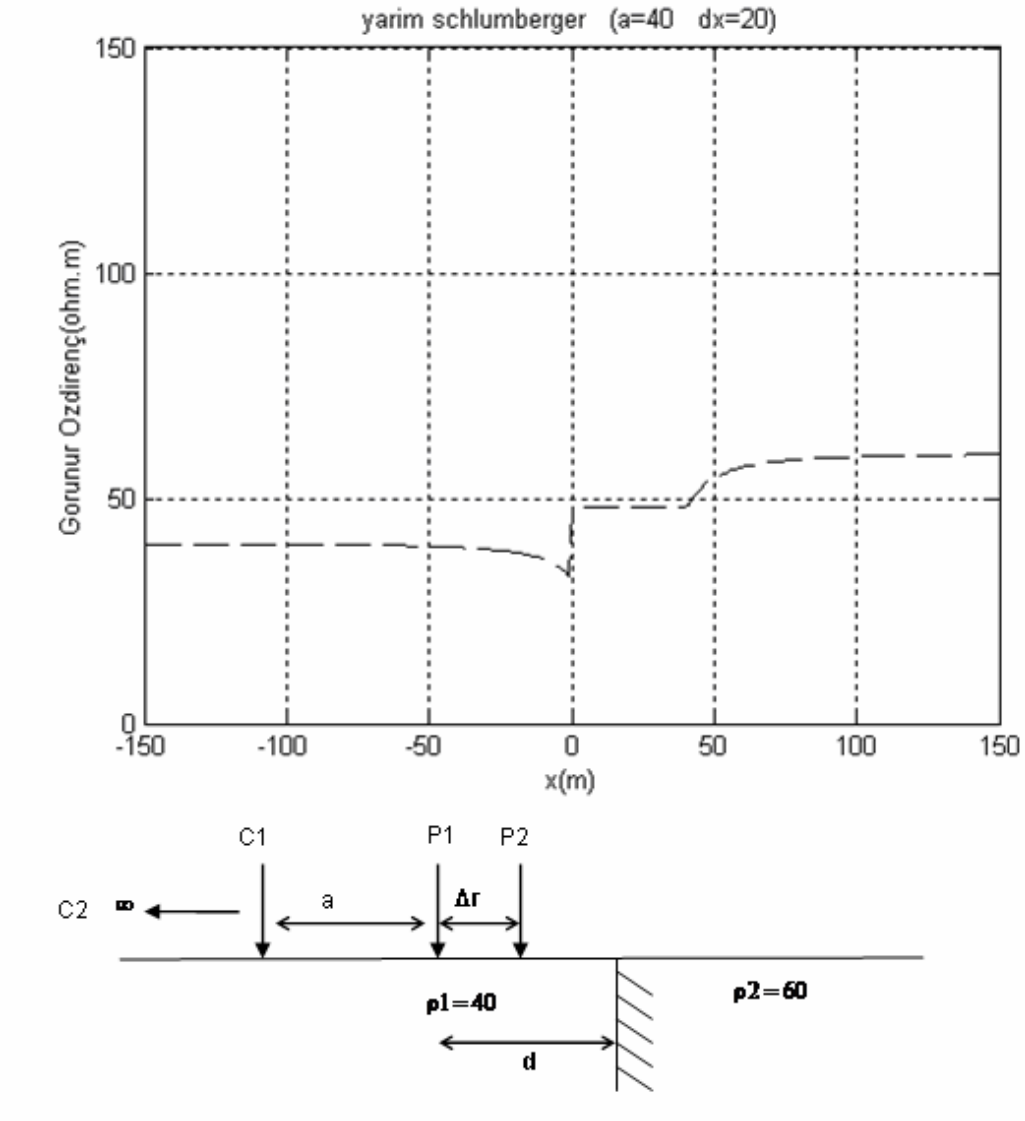
Bir akım elektrotu ve iki potansiyel elektrotu 2. ortama geçtiklerinde Şekil(2.51);



Şekil 2.51: Yarım Schlumberger fay modelinde elektrot geçişleri (3 elektrot ortam 2 de)

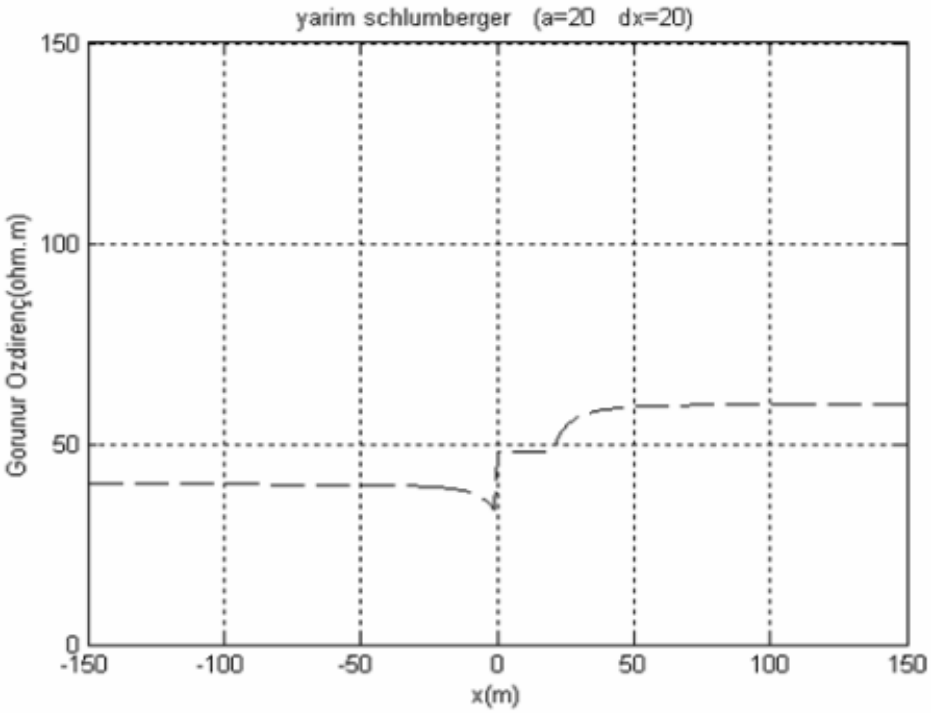
$$\rho_a = \rho_2 \left| 1 - \frac{ka^2}{(2r-a)^2} \right| \tag{2.125}$$

Birinci ortam özdirenci 40ohm.m ve ikinci ortam özdirenci 60 ohm.m olan bir yer altı modeline ait Yarım Schlumberger elektrot açılım sistemi için elde edilen teorik eğri verilmiştir Şekil (2.52).

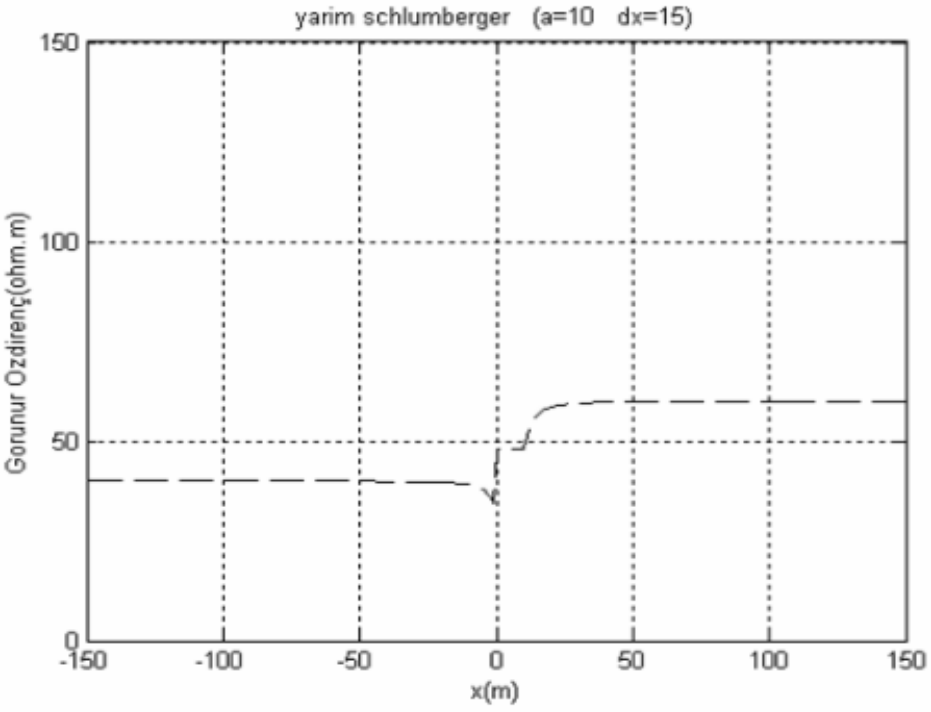


Şekil2.52: Yarım Schlumberger sistemi için elde edilen teorik eğri(a=40m,dx=20m)

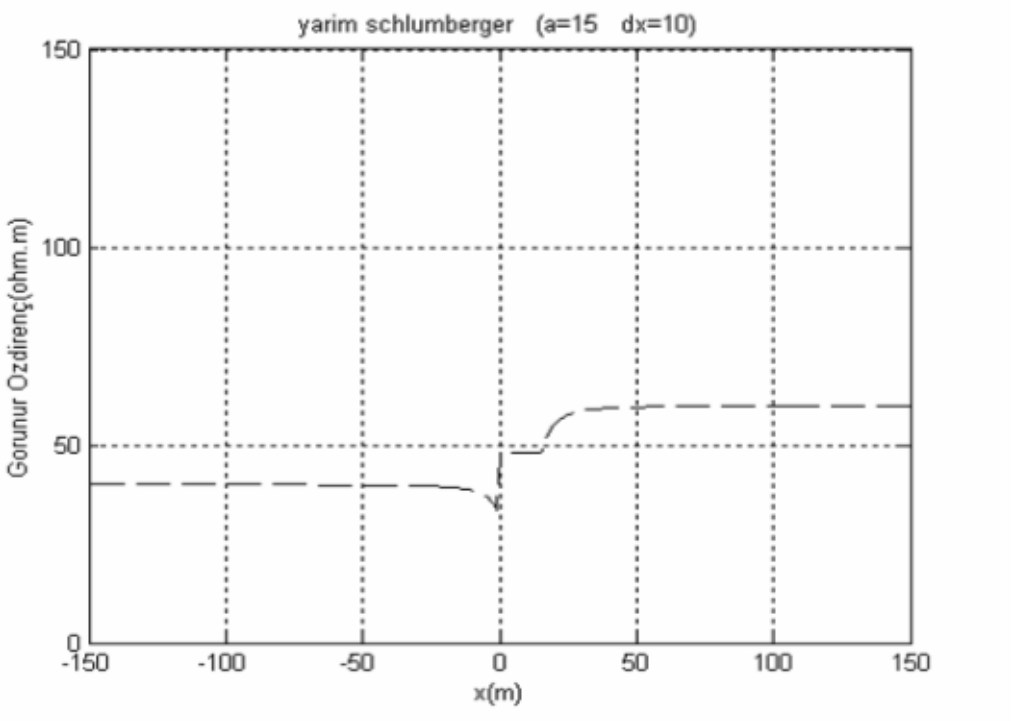
Yarım Schlumberger sistemi için farklı elektrot aralıkları ve kaydırma miktarlarıyla (sırasıyla a=20,10,15,10,60; dx=20,15,10,60,10) elde edilen teorik eğriler (Şekil2.53, Şekil2.54, Şekil2.55, Şekil2.56, Şekil2.57)



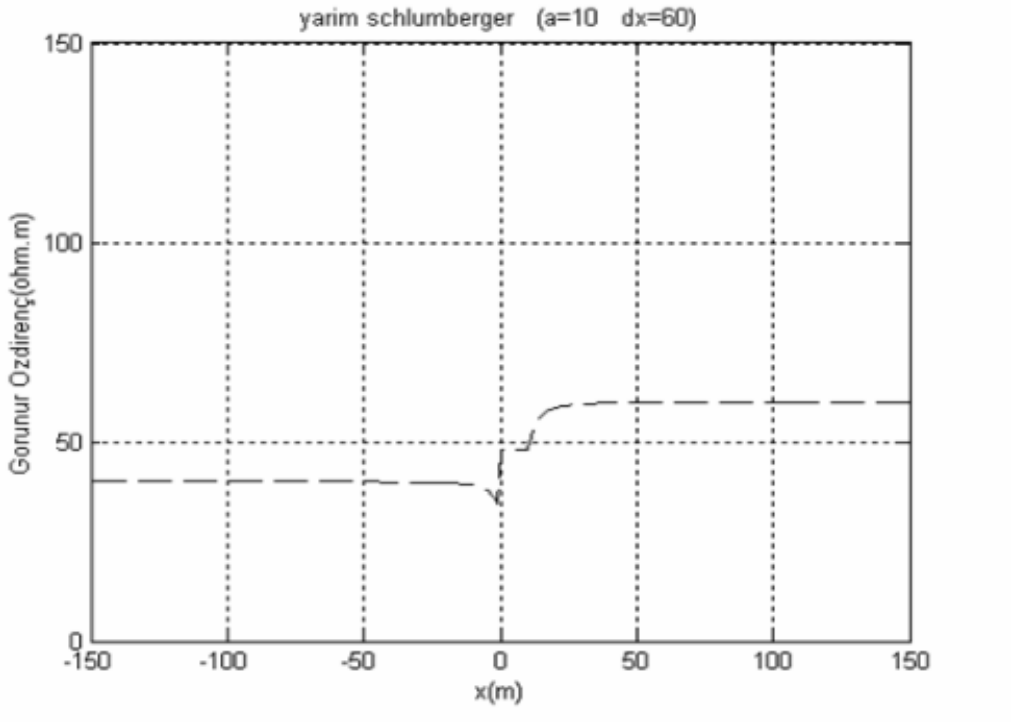
Şekil 2.53: Yarım Schlumberger teorik eğrisi (a:20m dx:20m)



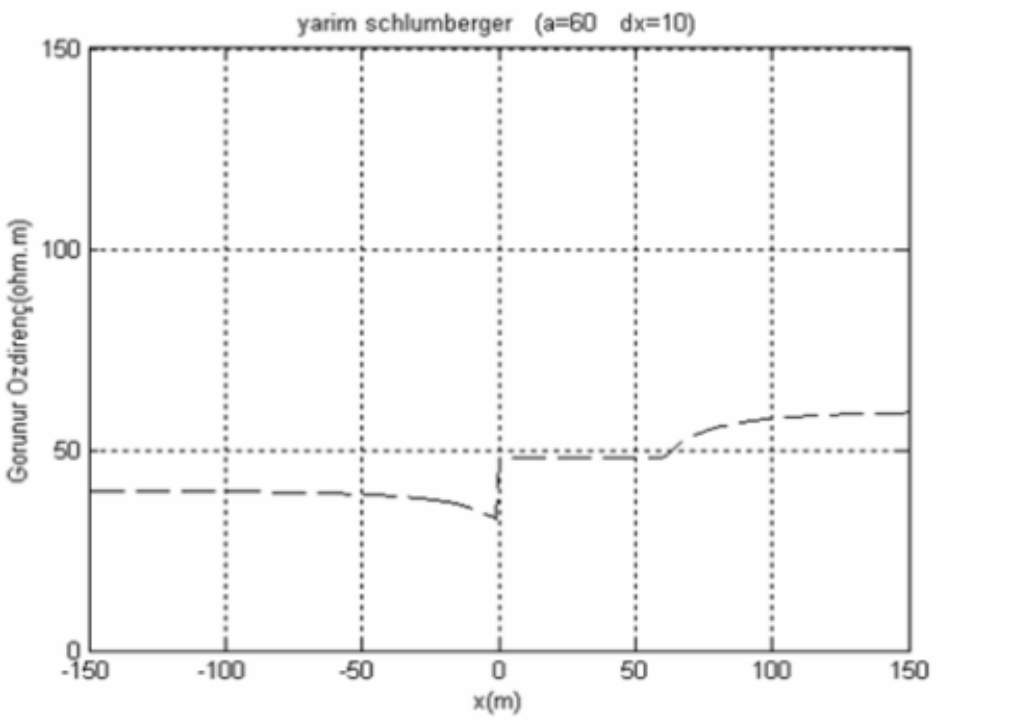
Şekil 2.54: Yarım Schlumberger teorik eğrisi (a:10m dx:15m)



Şekil 2.55: Yarım Schlumberger teorik eğrisi (a:15m dx:10m)



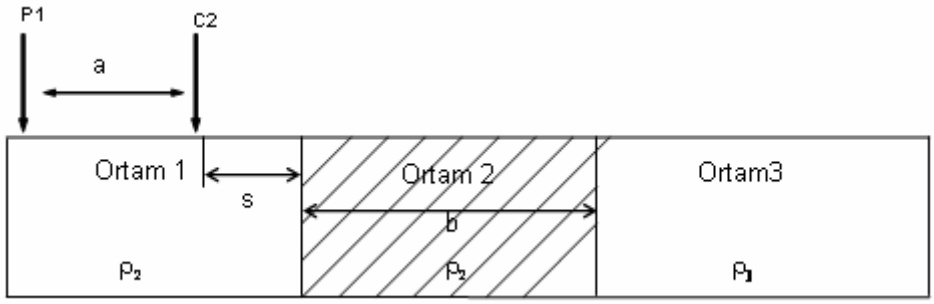
Şekil 2.56: Yarım Schlumberger teorik eğrisi (a:10m dx:60m)



Şekil 2.57: Yarım Schlumberger teorik eğrisi (a:60m dx:10m)

2.9.3.2.Dayk modeli

Bütün elektrotlar 1.ortamda ise Şekil(2.58),

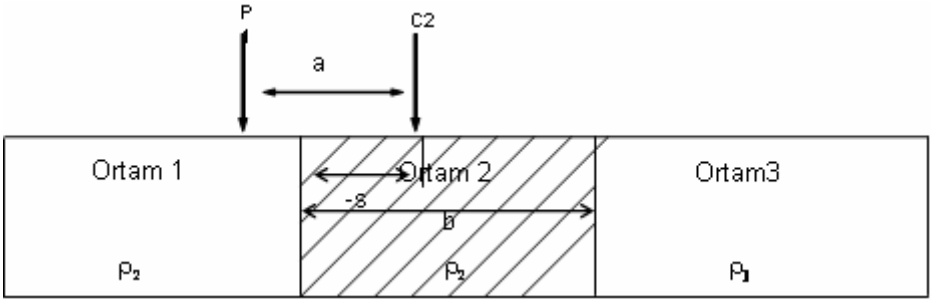


Şekil 2.58: Sistemin Ortam1 de olması durumu

$$V_1 = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left[\frac{1}{a} + \frac{k}{2s+a} + A\left(\frac{1}{2b+2s+a} + \frac{k^2}{4b+2s+a} + \frac{k^4}{6b+2s+a}\right)\right] \tag{2.126}$$

$$A = -k(1-k^2) \tag{2.127}$$

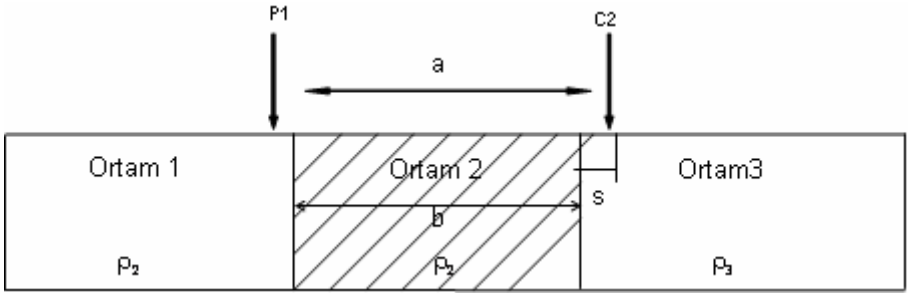
Akım elektrotu 2.ortamda ise Şekil(2.59),



Şekil 2.59: Akım elektrotu Ortam 2. de, Potansiyelin Ortam1.de olması durumu

$$V_2 = \frac{I\rho_1(1+k)}{2\pi}\left[\begin{array}{l}\left(\frac{1}{a}+\frac{k^2}{2b+a}+\frac{k^4}{4b+a}\right)\\ -k\left(\frac{1}{2b+2s+a}+\frac{k^2}{4b+2s+a}+\frac{k^4}{6b+2s+a}\right)\end{array}\right] \tag{2.128}$$

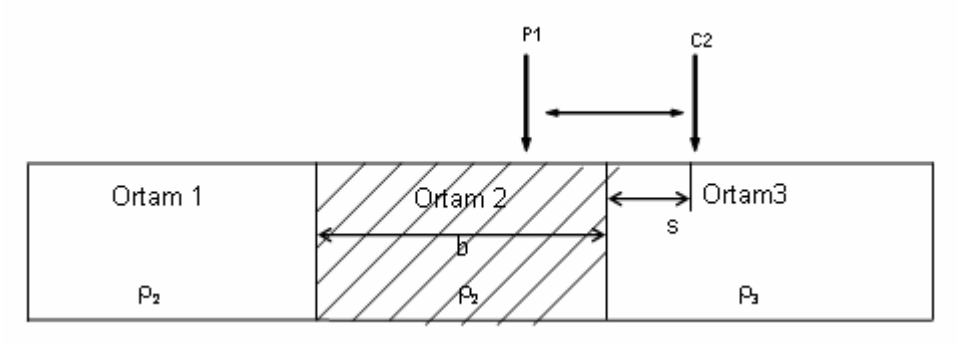
Akım elektrotu 3.potansiyel elektrotu 1. ortamda ise Şekil(2.60),



Şekil 2.60: Potansiyel elektrotu Ortam1. , Akım elektrotu Ortam3.olması durumu

$$V_3 = \frac{I\rho_1(1-k^2)}{2\pi}\left(\frac{1}{a}+\frac{k^2}{2b+a}+\frac{k^4}{4b+a}\right) \tag{2.129}$$

Akım elektrotu 3.potansiyel elektrotu 2. ortamda ise Şekil(2.61),



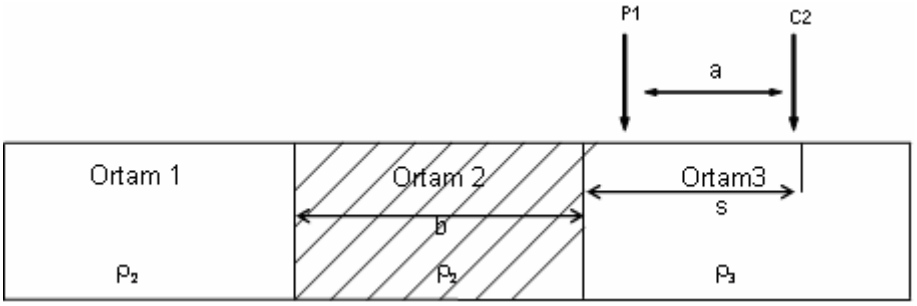
Şekil 2.61: Potansiyel elektrotu Ortam2. , Akım elektrotu Ortam3.olması durumu

$$B = -k(1+k) \tag{2.130}$$

$$C = 1+k \tag{2.131}$$

$$V_4 = \frac{I\rho_{1(1+k)}}{2\pi}\left[\begin{array}{l} B\left(\frac{1}{2b+2s-a}+\frac{k^2}{4b+2s-a}+\frac{k^4}{6b+2s-a}\right) \\ -C\left(\frac{1}{a}+\frac{k^2}{2b+a}+\frac{k^4}{4b+a}\right)\end{array}\right] \tag{2.132}$$

Akım elektrotu ve potansiyel elektrotu 3. ortamda ise Şekil(2.62),

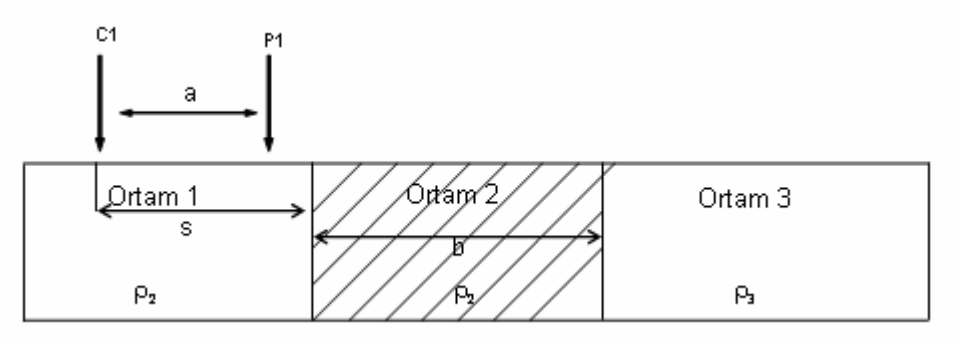


Şekil 2.62: Sistemin Ortam3 de olması durumu

$$V_5 = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left[\frac{1}{a}+\frac{k}{2s-a}A\left(\frac{1}{2b+2s-a}+\frac{k^2}{4b+2s-a}+\frac{k^4}{6b+2s-a}\right)\right] \tag{2.133}$$

Akım elektrotu önde olması durumunda;

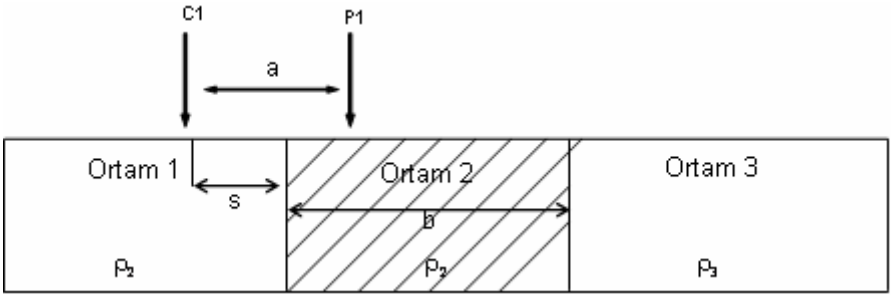
Sistem ortam 1'de ise Şekil(2.63);



Şekil 2.63: Sistemin Ortam1. de olması durumu

$$V_1 = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left[\frac{1}{a} + \frac{k}{2s-a} + A\left(\frac{1}{2b+2s-a} + \frac{k^2}{4b+2s-a} + \frac{k^4}{6b+2s-a}\right)\right] \tag{2.134}$$

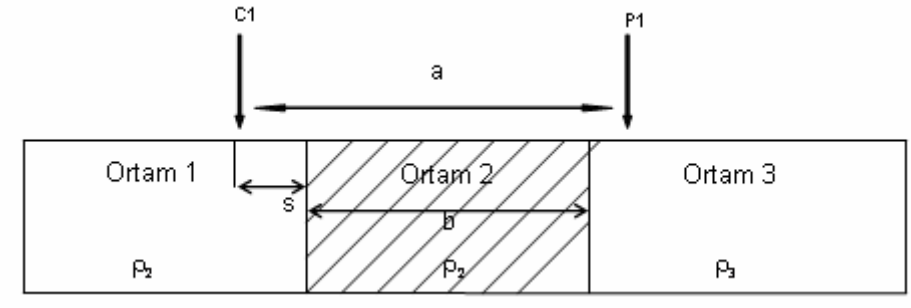
Akım elektrotu 1.potansiyel elektrotu 2. ortamda ise Şekil(2.64),



Şekil 2.64: Akım elektrotu Ortam1. Potansiyel elektrotu Ortam2 olması durumu

$$V_2 = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left[\begin{array}{l} C\left(\frac{1}{a} + \frac{k^2}{2b+a} + \frac{k^4}{4b+a}\right) \\ + B\left(\frac{1}{2b+2s-a} + \frac{k^2}{4b+2s-a} + \frac{k^4}{6b+2s-a}\right)\end{array}\right] \tag{2.135}$$

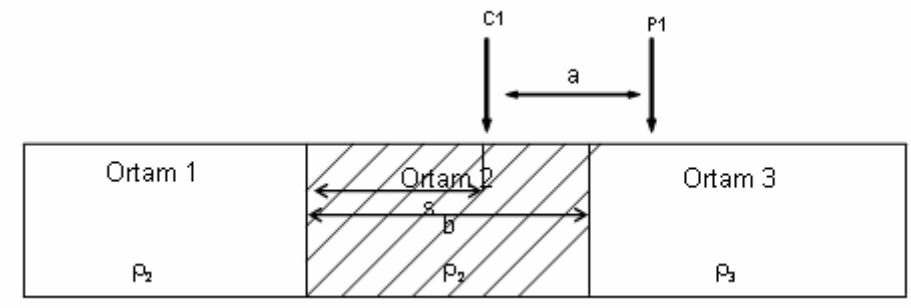
Akım elektrotu 1.potansiyel elektrotu 3. ortamda ise Şekil(2.65),



Şekil 2.65: Akım elektrotu Ortam1. de,Potansiyel elektrotu Ortam3.de olması durumu

$$V_3 = \frac{I\rho_1(1-k^2)}{2\pi}\left(\frac{1}{a}+\frac{k^2}{2b+a}+\frac{k^4}{4b+a}\right) \tag{2.136}$$

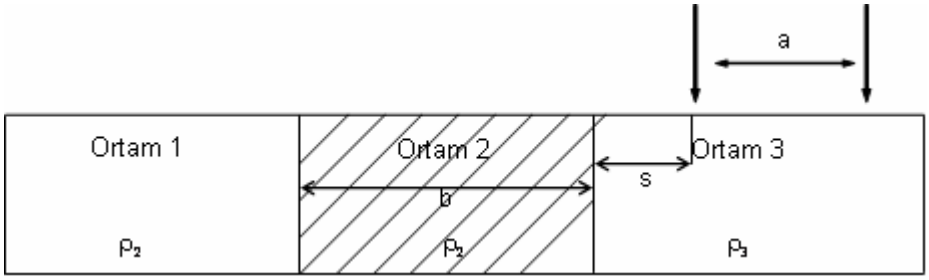
Akım elektrotu 2.potansiyel elektrotu 3. ortamda ise Şekil(2.66),



Şekil 2.66: Akım elektrotu Ortam 2.,Potansiyel elektrotu Ortam 3..de olması durumu

$$V_5 = \frac{I\rho_1}{2\pi}(1+k)\left[\begin{array}{l}\dfrac{1}{a}+\dfrac{k^2}{2b+a}+\dfrac{k^4}{4b+a} \\ -k\left(\dfrac{1}{-2b+a}+\dfrac{k^2}{2b-2s+a}+\dfrac{k^4}{4b-2s+a}\right)\end{array}\right] \tag{2.137}$$

Akım elektrotu ve potansiyel elektrotu 3. ortamda ise Şekil (2.67)



Şekil 2.67: Sistemin Ortam3.de olması durumu

$$ge = \left[k\left(\frac{1}{-2s-a} + \frac{k^2}{2b-2s-a} + \frac{k^4}{4b-2s-a} \right) \right] \tag{2.138}$$

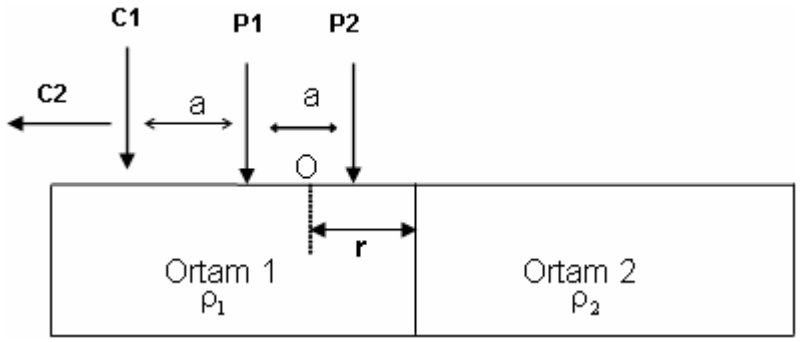
$$V_6 = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left[\frac{1}{a} + k\left(\frac{1}{-2b-2s-a} + \frac{k^2}{-2s-a} + \frac{k^4}{2b-2s-a} \right) - ge \right] \tag{2.139}$$

2.9.4.Üç elektrot açılım sistemi

2.9.4.1.Fay modeli

Bu dizilimde bir akım elektrotu sonsuzdadır. Tüm elektrot aralıkları eşit tutulur. Ölçümlerde hesaplana ρ_a değeri iki potansiyel elektrotunun orta noktasına atanır.
Bu elektrot sistemi yarım Schlumberger açılımına oldukça benzemektedir.

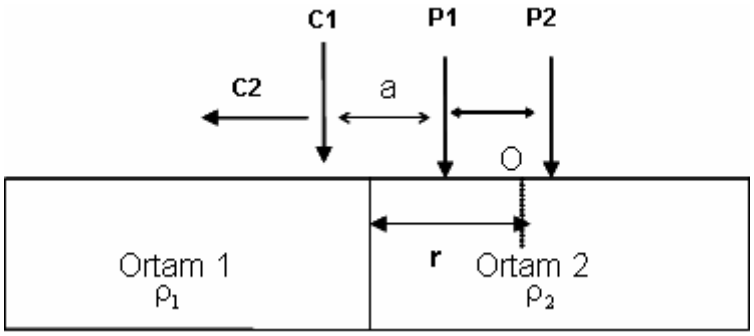
Buna göre bir akım elektrotu ve iki potansiyel elektrotu 1. ortamda iseler Şekil(2.68);



Şekil 2.68: Üç elektrot fay modeli.elektrot geçişleri (3 elektrot ortam 1 de)

$$\rho_a = \rho_1 \left| 1 - \frac{K(3a/2)^2}{(2r + (3a/2)^2} \right| \tag{2.140}$$

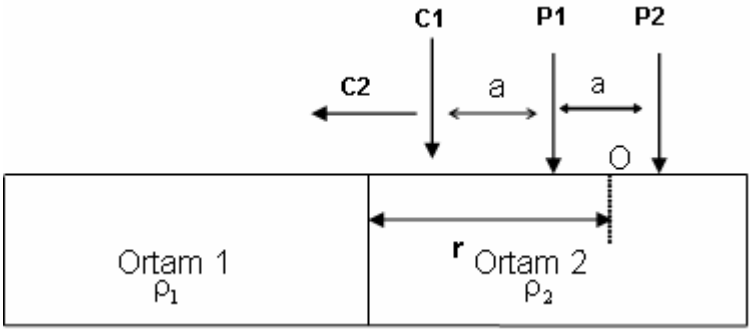
İki potansiyel elekrotu 2. ortama geçtiğinde Şekil(2.69);



Şekil 2.69: Üç elektrot fay modeli.elektrot geçişleri (2 elektrot ortam 2 de)

Görünür özdirenç (2.124) bağıntısından elde edilir.

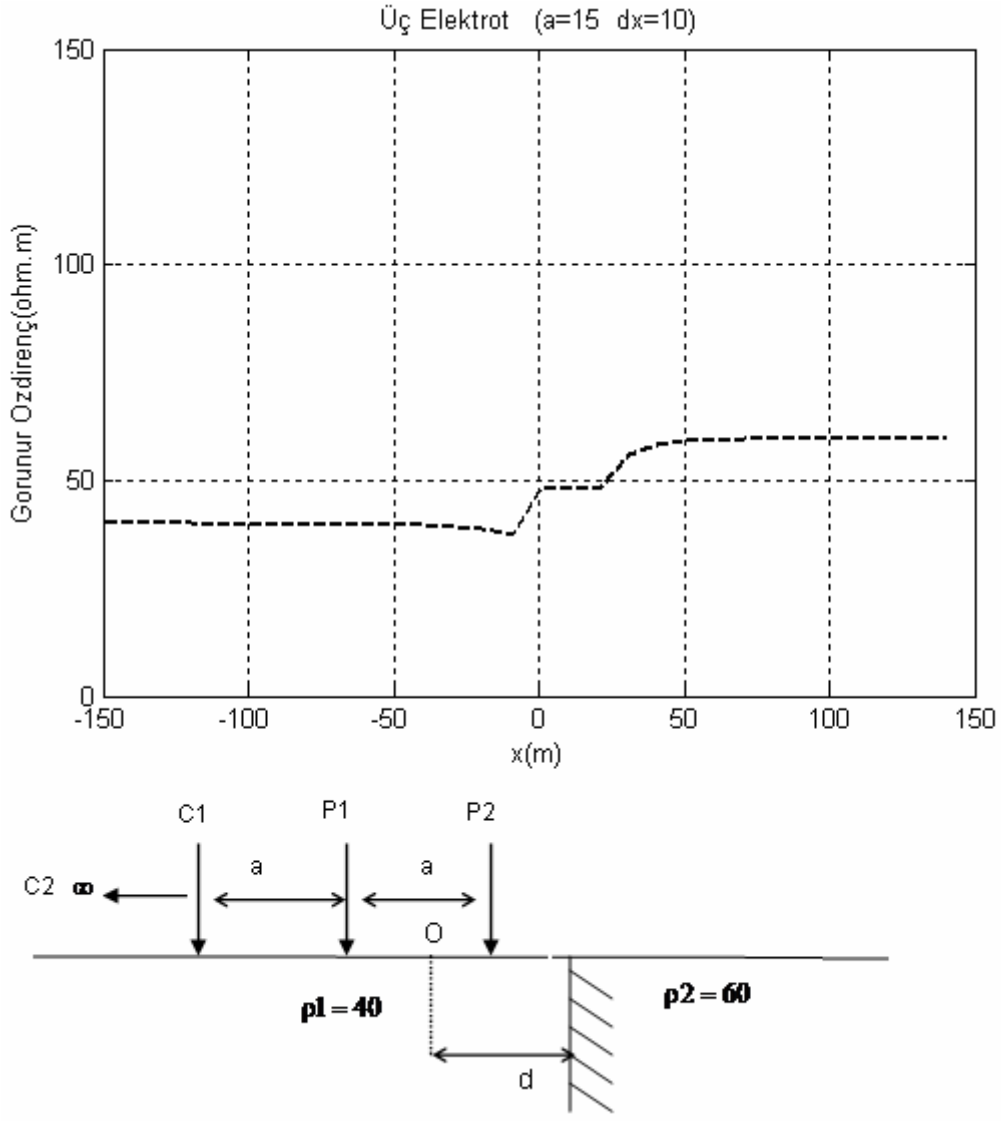
Bir akım elektrotu ve iki potansiyel elektrotu 2. ortama geçtiklerinde Şekil(2.70);



Şekil 2.70: Üç elektrot fay modeli.elektrot geçişleri (3 elektrot ortam 2 de)

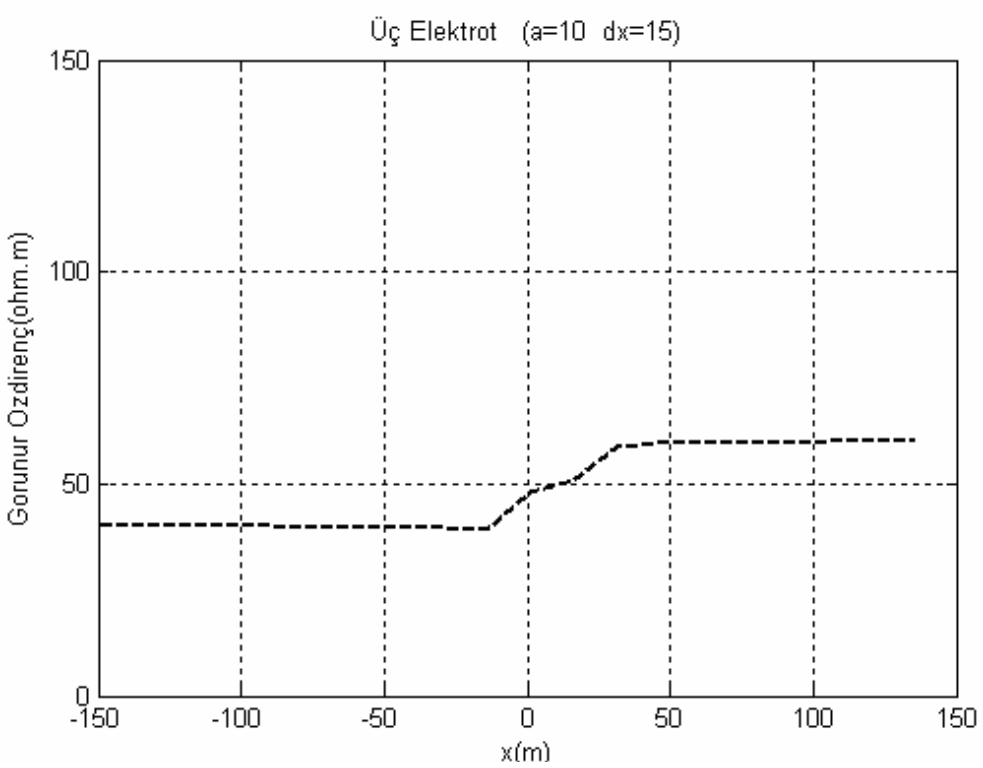
$$\rho_a = \rho_2 \left| 1 - \frac{K(3a/2)^2}{(2r-(3a/2)^2} \right| \tag{2.141}$$

Birinci ortam özdirenci 40ohm.m ve ikinci ortam özdirenci 60 ohm.m olan bir yer altı modeline ait üç elektrot açılım sistemi için elde edilen teorik eğri verilmiştir Şekil (2.71).

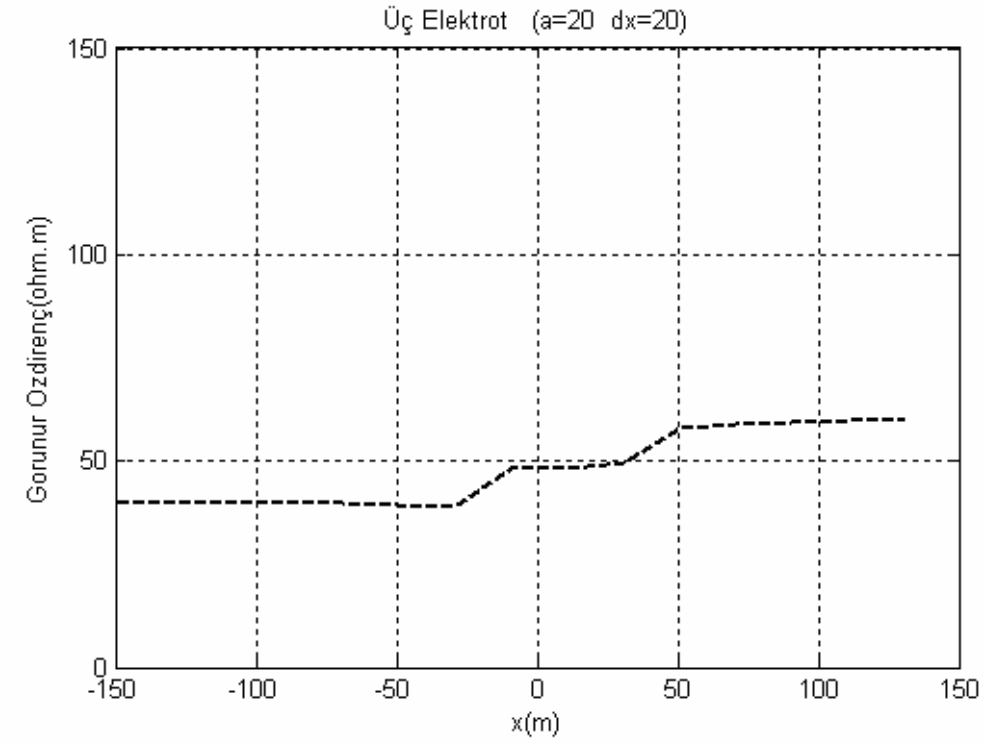


Şekil2.71**:** Üç elektrot sistemi için elde edilen teorik eğri(a=15m,dx=10m)

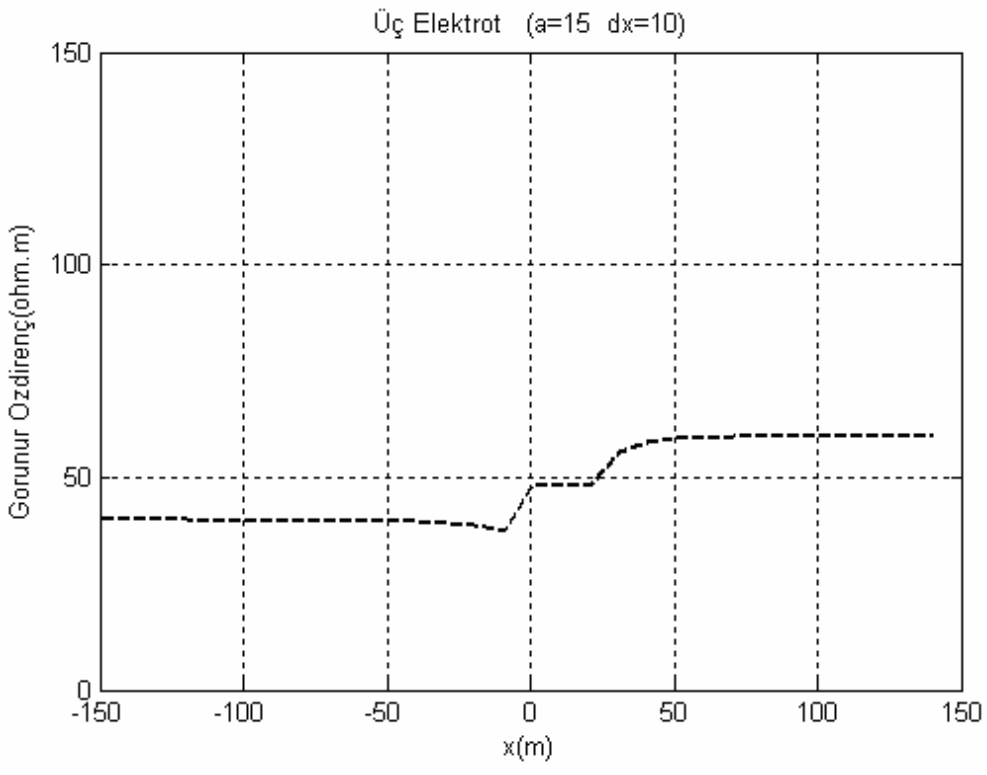
Üç elektrot sistemi için farklı elektrot aralıkları ve kaydırma miktarlarıyla (sırasıyla a=10,20,15,10,60; dx=15,20,10,60,10) elde edilen teorik eğriler (Şekil2.72, Şekil2.73, Şekil2.74, Şekil2.75, Şekil2.76).



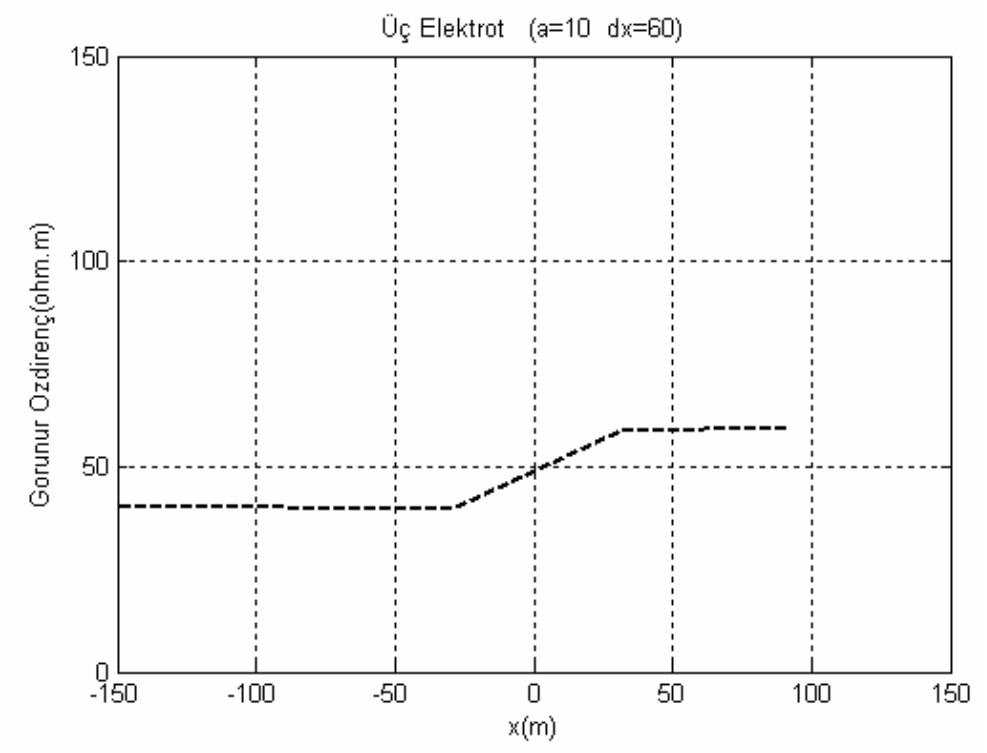
Şekil2.72: Üç elektrot teorik eğrisi (a:10m dx: 15m)



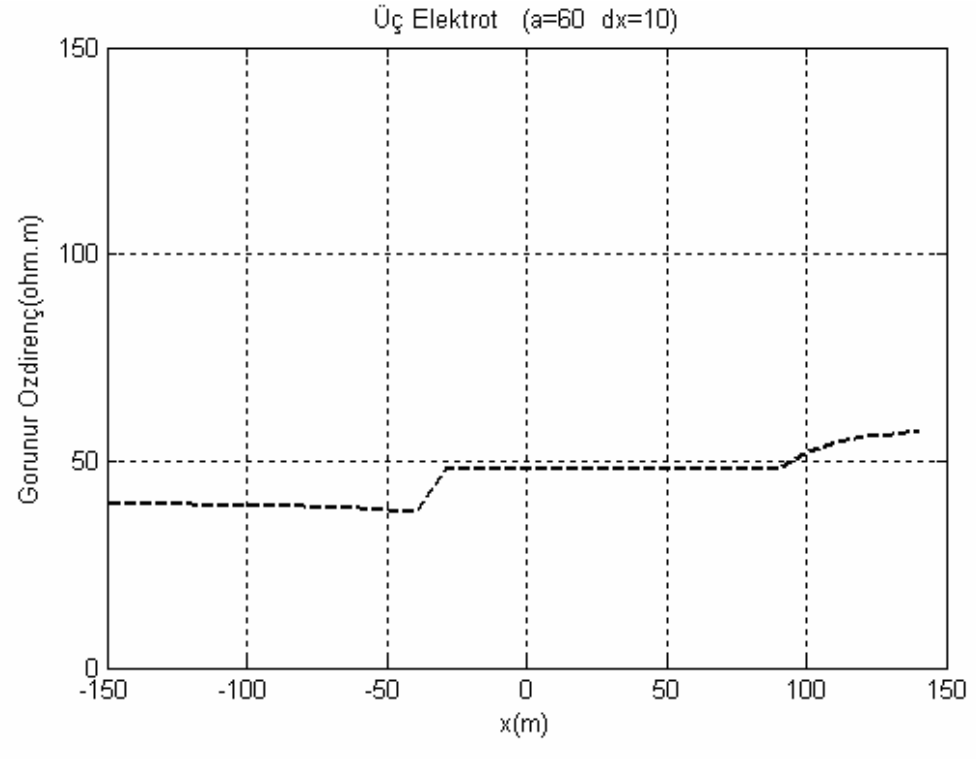
Şekil2.73: Üç elektrot teorik eğrisi (a:20m dx: 20m)



Şekil2.74: Üç elektrot teorik eğrisi (a:15m dx: 10m)



Şekil2.75: Üç elektrot teorik eğrisi (a:10m dx: 60m)



Şekil2.76: Üç elektrot teorik eğrisi (a:60m dx: 10m)

2.9.4.2.Dayk modeli

Bu diziliş Yarım Schlumberger açılımına eşdeğerdir. Yarım Schlumberger açılımında potansiyel elektrotları arası çok az açılırken üç elektrot açılım sistemi için tüm elektrotlar arası mesafe eşit alınır. Pratikte dayk problemi için yarım Schlumberger açılım sistemi uygulanmaktadır. Elektrotlar dayk modeli için fay modelinde belirtilen süreksizlikten iki defa geçecektir bundan dolayı aynı bağıntılar kullanılarak elde edilen eğri yarım Schlumberger sisteminin dayk eğrisi ile oldukça benzerlik göstermektedir.

3.KURAMSAL TERS ÇÖZÜM İLKELERİ

Jeofizikte, genellikle gözlemsel verilerden yararlanılarak yeraltı yapısı modellenmeye çalışılır. Jeofizik veriler, matematiksel bağıntılarla tanımlanabilen modellerin neden olduğu kuramsal değerlerle karşılaştırılarak, deneme-yanılma yoluyla jeofizik verileri en iyi temsil eden model yapılar aranmıştır.

Jeofizik problemlerin bir kısmında, ters çözüm için tasarlanan model fonksiyonu parametreleri ile modelin tepkisi arasında doğrusal bir ilişki vardır. Modelin tepkisi tasarlanan model parametrelerinin, model fonksiyonunda yerine konulmasıyla elde edilir. Bu tür problemlerde modele ilişkin parametreler model fonksiyonunun bilinmeyenlerini oluştururlar. Model parametrelerinin, model fonksiyonunda yerine konulmasıyla elde edilen çözüme "düz çözüm" denir.

Düz problem çözümleri jeofizik yöntemlerde sıkça kullanılmaktadır. Bu tür çözümlerde parametre sayısı artıkça çözüm duyarlılığı azalır. Gözlemsel değerlerde gürültü olması halinde, ters çözüm işlemlerinden hatalı sonuçlar elde edilebilir. Ters çözüm işlemlerine başlamadan önce, gözlemsel verilerin veri işlem yöntemleri ile niteliğinin artırılması, kuşkusuz daha güvenilir sonuçların elde edilmesine yardımcı olacaktır.

Gözlemsel verilerin m adet değerini,

$$G_i = \left[(g_1, g_2, \ldots\ldots\ldots\ldots, g_m)\right]^T \tag{3.1}$$

ve, varsayılan olası model parametrelerinin n adet değerini,

$$P_i = \left[(p_1, p_2, \ldots\ldots\ldots\ldots, p_n)\right]^T \tag{3.2}$$

biçiminde yazarsak, model parametreleri ile gözlemsel değerler arasında

$$G_i = A_i(p_j) \tag{3.3}$$

veya

$$\begin{aligned} G_1 &= A_1(p_1, p_2, \ldots\ldots\ldots\ldots, p_n) \\ G_2 &= A_2(p_1, p_2, \ldots\ldots\ldots\ldots, p_n) \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ G_m &= A_m(p_1, p_2, \ldots\ldots\ldots\ldots, p_n) \end{aligned} \tag{3.4}$$

şeklinde fonksiyonel bir ilişki olur (Pedersen, 1977). Buradaki $A_m(p_n)$ modelin tepkisidir.

Gözlem değerleri ile model parametreleri arasındaki ilişki doğrusal (lineer) ise, yukarıdaki denklem sistemi

$$G_i = A_{ij} p_j \tag{3.5}$$

olarak yazılabilir. Bu bağıntının matris düzeninde kapalı yazılımı ise,

$$G = Ap \tag{3.6}$$

şeklindedir. Bu durumda, model parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan denklem doğrusal bir sistemdir. Bu denklem sistemi,

$$Ap = G \tag{3.7}$$

olarak yazılabilir. Bu denklemden model parametreleri,

$$p = A^{-1}G \tag{3.8}$$

şeklinde hesaplanabilir.

Eğer, (3.4) sistemindeki ilişki doğrusal değilse (nonlineer), bu durumda, C model fonksiyonu p^0 başlangıç parametreleri civarında Taylor serisine açılarak,

$$G_i = C_i(p_j^0) + \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial C_i}{\partial p_j} \mathrm{I} p_j^0 \Delta p_j + \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial^2 C_i}{\partial p_j^2} \mathrm{I} p_j^0 \Delta p_j^2 + \ldots \tag{3.9}$$

biçiminde doğrusallık sağlanır. Bu ifade de, ikinci ve daha yüksek mertebeden türevli terimler ihmal edilirse,

$$G_i = C_i(p_j^0) + \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial C_i}{\partial p_i} \mathrm{I} p_j^0 \Delta p_j \tag{3.10}$$

biçiminde yazılır. Burada, $C_i(p_j^0)$ ye C_i^0 ve $\frac{\partial C_i}{\partial p_j} \mathrm{I} p_j^0$ ye de A_{ij} denilirse, bu durumda (3.10) bağıntısı,

$$G_i = C_i^0 + A_{ij} \Delta p_j \tag{3.11}$$

olur. Gözlemsel değerler ile kuramsal değerler arasındaki fark, $G_i - C_i = \Delta G_i$ olarak yazılırsa, (3.7) denklemi,

$$\Delta G_i = A_{ij} \Delta p_j \tag{3.12}$$

şeklinde yazılabilir. Bu denklemin açık olarak gösterimi ise,

$$\begin{pmatrix} G_1 - C_1^0 \\ G_2 - C_2^0 \\ \cdots\cdots \\ \cdots\cdots \\ G_m - C_m^0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial C_1}{\partial p_1} & \frac{\partial C_1}{\partial p_2} & \cdots\cdots & \frac{\partial C_1}{\partial p_n} \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \frac{\partial C_m}{\partial p_1} & \frac{\partial C_m}{\partial p_2} & \cdots\cdots & \frac{\partial C_m}{\partial p_n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta p_1 \\ \Delta p_2 \\ \cdots \\ \cdots \\ \Delta p_n \end{pmatrix} \tag{3.13}$$

biçiminde veya kapalı olarak,

$$\Delta G = A\Delta p \tag{3.14}$$

şeklinde yazılabilir. Burada A matrisinin satırları, herhangi bir veri noktasının model parametrelerine göre kısmi türevlerini gösterir. Ters çözümde A Jacobian veya duyarlılık matrisi olarak bilinir. Ters çözüm işlemi sırasında, model parametrelerine eklenecek parametre düzeltme (Δp) değerleri, başlangıç parametrelerine göre hesaplanan kuramsal C_i^0 değerleri ve kısmi türevlerden oluşan duyarlılık matrisi her yineleme aşamasında hesaplanarak elde edilir.

Ters çözüm işlemlerinde, olası model parametrelerinin saptanması için, başlangıç parametrelerinin seçimi oldukça önemlidir. Gözlemsel anomaliye biçimsel olarak uyabilecek bir kurumsal anomaliyi meydana getiren başlangıç parametreleri ile algoritmayı başlatmak hem çözümün sağlamlığı hem de çözüm hızı açısından yararlı olabilir. Çok kötü seçilen başlangıç parametreleri problemi çözülemez duruma getirebilir. Başlangıç parametreleri p^0 ın nasıl bulunacağı ile ilgili belirli bir yöntem yoktur. Bu nedenle başlangıç parametreleri araştırmacı tarafından jeolojik koşullar göz önünde bulundurularak tahmini olarak belirlenebilir (Tulunay, 1987).

Ters çözümlerde, gözlemsel veri ile kuramsal veri arasındaki fark, önceden belirlenen bir yakınsama kriteri değerinin altına düşünceye kadar yineleme işlemine devam edilir. Bir başka deyişle, model parametrelerine eklenecek olan parametre düzeltme miktarında önemli bir değişim olmuyorsa, algoritma durdurulur.

Jeofizikte ters çözüm, genellikle, ölçülen gözlemsel veri grubu ile olası model parametrelerine göre hesaplanan kuramsal veri arasındaki farkların kareleri minimize edilerek, olası yer modeli saptanmaya çalışılır. Her bir ölçüm noktasındaki, gözlemsel veri ile hesaplanan kuramsal veri değerleri arasındaki, hataların toplamı bir e yanılgı vektörü ile gösterilebilir. Bir vektörün karesi, bu vektörün bileşenlerinin karelerinin toplamına eşit olup buna istatistikte L_2 normu denir. Bu norma göre optimum çözümün sağlanmasına ise, en küçük kareler yöntemi adı verilir. Gözlemsel veri ile kuramsal veri arasındaki yanılgıyı e ile göstererek,

$$G_i - C_i = e_i \tag{3.15}$$

şeklinde yazabiliriz. Taylor serisine açılarak ikinci ve daha yüksek dereceli terimleri göz ardı edilen model fonksiyonunun kuramsal yanıtı,

$$C_i = C_i^0 + A_{ij}\Delta p_j \tag{3.16}$$

biçiminde verilebilir. Bu bağıntılardan yararlanarak,

$$G_i - (C_i^0 + A_{ij}\Delta p) = e_i \tag{3.17}$$

$$G_i - C_i^0 = A_{ij}\Delta p_j + e_i \tag{3.18}$$

elde edilir. Burada, $G_i - C_i^0$ ye ΔG_i denilirse,

$$\Delta G_i = A_{ij}\Delta p_j + e_i \tag{3.19}$$

veya

$$\Delta G = A\Delta p + e \tag{3.20}$$

matris eşitliği elde edilir.

Jeofizik prospeksiyon yöntemlerinde genellikle, gözlemsel veri sayısı, hesaplanan model parametre sayısından fazla olan problemlerle ilgilenilir. En küçük kareler veya Gauss-Newton yaklaşımında, parametre düzeltme vektörü Δp ye göre, yanılgının minimum yapılması istenir. Denklem (3.20) den e yanılgı vektörü,

$$e = \Delta G - A\Delta p \tag{3.21}$$

biçiminde bulunur. Bir vektörün kare uzunluğu, onun transpozesi ile kendisinin çarpımına eşittir. O halde e yanılgı vektörünün kare uzunluğunu S ile gösterecek olursak,

$$S = e^T e = (\Delta G - A\Delta p)^T (\Delta G - A\Delta p) \tag{3.22}$$

bağıntısı elde edilir (T=transpoze). Bu çarpım yapılarak düzenlenirse,

$$S = \Delta p^T A^T A\Delta p - \Delta G^T A\Delta p - \Delta p^T A^T \Delta G + \Delta G^T \Delta G \tag{3.23}$$

şeklinde bulunur.

Bu ifadenin minimum olması için S'nin Δp ye göre kısmı türevlerinin sıfıra eşitlenmesi gerekir. O halde,

$$\frac{\partial S}{\partial \Delta p} = 0 \tag{3.24}$$

yazılabilir (Graybill, 1969). Burada, (3.22) denklemini yerine koyacak olursak,

$$\frac{\partial}{\partial \Delta p}(\Delta p^T A^T A\Delta p - \Delta G^T A\Delta p - \Delta p^T A^T \Delta G + \Delta G^T \Delta G) = 0 \tag{3.25}$$

bulunur ve gerekli işlemler yapılıp düzenlendiğinde,

$$A^T A\Delta p = A^T \Delta G \tag{3.26}$$

bağıntısı elde edilir. Buradan hareketle, parametre düzeltme vektörü,

$$\Delta p = (A^T A)^{-1} A^T \Delta G \tag{3.27}$$

şeklinde bulunmuş olur. Bu ifade, doğrusallaştırılmış bir denklem sisteminin çözüm bağıntısıdır. (3.26) denkleminden yararlanılarak,

$$A_L^{-1} = (A^T A)^{-1} A^T \tag{3.28}$$

şeklinde bir ters matris tanımlanılabilir. Bu A_L^{-1} matrisine genelleştirilmiş ters veya Lanczos tersi denir (Lanczos, 1961). Bu ifadenin (3.26) denkleminde yerine konulmasıyla,

$$\Delta p = A_L^{-1} \Delta G \tag{3.29}$$

bağıntısı elde edilir. O halde en küçük karelerde kullanılan ters matris genelleştirilmiş ters matrislerden bir tanesidir. Problemin çözümü, A_L^{-1} ters matrisinin alınabilmesine bağlıdır. Bir matrisin tersinin alınabilmesi için, o matrisin kare olması ve sistemin determinantının sıfır veya sıfıra yakın olmaması gerekir. Sistemin öz değerlerinin sıfır veya sıfıra yaklaşması, determinantının sıfır olmasına neden olabilir. Bu tür sistemlerin çözümlerinde duraysızlık (instability) oluşmaktadır. Bu sorundan kurtulmak için pek çok yöntem geliştirilmekle birlikte sönümlü en küçük kareler, bir başka deyişle Marquardt(1963), Levenberg(1944) algoritması, en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Bu durumda genelleştirilmiş ters çözüm,

$$A_L^{-1} = (A^T A + \beta I)^{-1} A^T \tag{3.30}$$

olur. Bu çözümde, yineleme sırasında küçük öz değerlerin neden olduğu salınımların sönümlenmesi gerekir. (3.30) bağıntısındaki $A^T A$ matrisinin köşegenlerine sayısal bir değer eklenerek

$$\Delta p = (A^T A + \beta I)^{-1} A^T \Delta G \tag{3.31}$$

denklemi elde edilir (Lines ve Treitel, 1984). Burada I birim matris, β ise gerçel bir sayıdır ve sönüm faktörü olarak adlandırılır. Sönüm faktörünün alabileceği değerler, sıfır veya öz değerlerden büyük bir sayı olabilir. Sönüm faktörü büyük bir sayı ise en dik iniş yöntemine benzer şekilde sonuca gidilir ve yöntemin özelliği olarak çözüm yavaştır. β=0 alınırsa, kısıtsız en küçük kareler ya da genelleştirilmiş ters çözüm yöntemini verir ve çözüm çok hızlıdır. Ancak bu durumda parametre düzeltme vektörü çok büyük değerler alabilir ve algoritma sonuca ulaşmayabilir. Bu sayının seçimi yakınsama açısından önemlidir. Bu sayıyı dinamik yapmak da mümkündür. Bazı araştırıcılar özdeğerlere bakarak sıfırdan farklı en küçük özdeğeri Marquardt sayısı olarak alırlar, ıraksama durumunda bir büyüğünü tercih ederler.

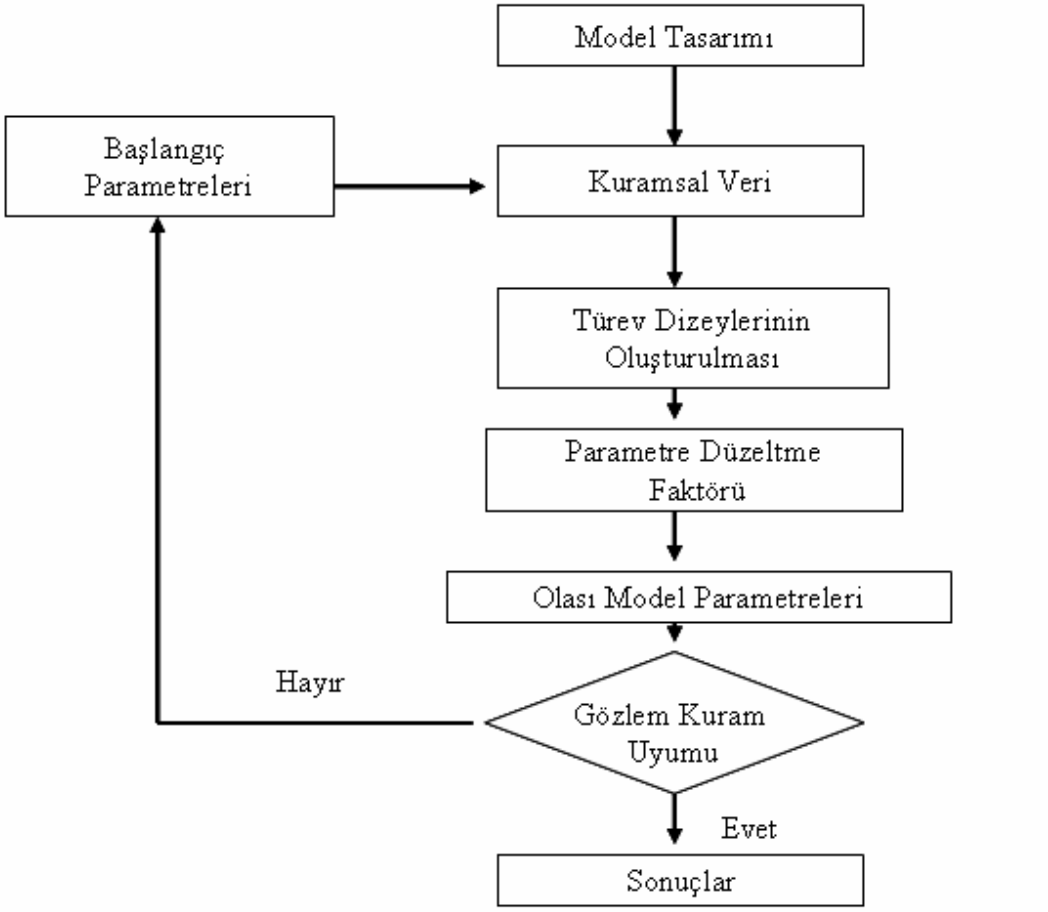
Genel olarak ters çözüm işlemi, modelin oluşturacağı kuramsal anomaliyle gözlemsel anomali arasındaki uyum, verilen bir tolerans değerine ulaşıncaya kadar devam ettirilir. Bu uyum, RMS (root mean squares) ile gösterilen karesel hata değeriyle belirlenir ve

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{g_i^{göz} - g_i^{hes}}{\sigma_i}\right)^2} \tag{3.32}$$

bağıntısıyla hesaplanır (Jackson, 1972). Burada N veri sayısı, σ_i i'nci veriye ait standart sapma, $g^{göz}$ ve g^{hes} sırasıyla gözlenen ve hesaplanan anomali değerlerini göstermektedir.

Model, fiziksel değerleri olan ve gözlenen veriden yaklaşılmak istenen model parametrelerine sahiptir. Model yanıtı veya kuramsal veri, verilen bir model parametreleri seti için matematiksel ilişkilerden tanımlanmış modelden hesaplanabilen yapay veridir. Tüm ters-çözüm yöntemleri esasen yeraltı için yanıtın bazı kısıtlamalara tabi tutulduğu ve ölçülen veriye uygun bir modeli belirlemeye çalışır.

En iyileştirme (optimizasyon) yöntemlerinde izlenen yol, bir başlangıç modelini, model yanıtı ile gözlenen veri değerleri arasındaki farkın düşürüldüğü yinelemeli bir yöntem ile modifiye etmektir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Ters-çözüm işleminin basitleştirilmiş akış şeması

3.1.YES Verilerinin Fay ve Dayk Modelleri için Ters Çözümü

3.1.1 Başlangıç parametrelerinin oluşturulması

3.1.1.1. Kaydırma Wenner

Fay modeli için;

Fay ters çözüm uygulamalarında teorik olarak kaydırma Wenner elektrot açılım sistemi kullanıldığında birbirinden farklı beş değişik ortam karşımıza çıkar. Bunlar dört elektrotun birinci ortamda yer alması, dört elektrotun ikinci ortamda bulunması

ve her bir elektrotun ortamdan sırayla geçişleridir. Bu geçişlere göre sırasıyla (2.92), (2.93), (2.94), (2.95), (2.96), (2.97), (2.98), (2.99), (2.100) (2.101) bağıntıları ile yapılan çözümden elde edilen değerler başlangıç parametresi olarak alınmıştır.

Dayk modeli için;
Elektrot geçişlere göre sırasıyla (2.102), (2.103), (2.104), (2.105), (2.106), (2.107), (2.108), (2.109), (2.110) bağıntıları ile yapılan çözümden elde edilen değerler başlangıç parametresi olarak alınmıştır.

3.1.1.2.Yarım Wenner

Fay modeli için;
Elektrot geçişlere göre sırasıyla (2.111), (2.112), (2.113), bağıntıları ile yapılan çözümden elde edilen değerler başlangıç parametresi olarak alınmıştır.

Dayk modeli çin;
Elektrot geçişlere göre sırasıyla (2.114), (2.115), (2.116), (2.117), (2.118), bağıntıları ile yapılan çözümden elde edilen değerler başlangıç parametresi olarak alınmıştır.

3.1.1.3. Yarım Schlumberger

Fay modeli için;
Elektrot geçişlere göre sırasıyla (2.123), (2.124), (2.125), bağıntıları ile yapılan çözümden elde edilen değerler başlangıç parametresi olarak alınmıştır.

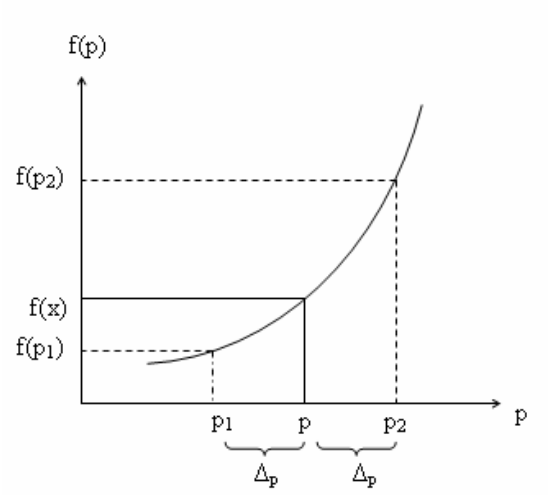
Dayk modeli için;
Elektrot geçişlere göre sırasıyla (2.126), (2.127), (2.128), (2.129), (2.130), (2.131), (2.132), (2.133), akım elektrotu önde olacak şekilde ölçüm alınmış ise (2.134), (2.135), (2.136), (2.137), (2.138), (2.139), (2.140), (2.141), bağıntıları ile yapılan çözümden elde edilen değerler başlangıç parametresi olarak alınmıştır.

3.1.1.4. Üç elektrot

Fay modeli için;
Elektrot geçişlere göre sırasıyla (2.140), (2.124), (2.141), bağıntıları ile yapılan çözümden elde edilen değerler başlangıç parametresi olarak alınmıştır.

3.1.2. Türev dizeylerinin oluşturulması

Jacobian matrisinin oluşturulması sırasında analitik türev almada çeşitli zorluklar yaşandığında sayısal türev alarak jacobian matris oluşturulabilir. Sayısal türev alma yollarından her hangi biri uygulanabilir Merkezi farklar yoluyla türev almak ileri veya geri farklar yoluyla türev almaktan daha doğru sonuç vereceğinden merkezi farklar tercih edilmelidir. Merkezi farklar yönteminin nasıl uygulandığı Şekil 3.2 'de verilmiştir.



Şekil 3.2: Merkezi Farklar Yaklaşımı

$$\frac{\partial f(x)}{\partial p} = \frac{f(p_1) - f(p_2)}{2\Delta p} \tag{3.33}$$

olur.

3.1.2.1. Kaydırma Wenner

Fay model için;

Analitik türev alınarak türev dizeyleri oluşturulmuş ve duyarlılık (jacobian) matrisi elde edilmiştir.

Birinci ortamın parametrelere göre kısmi türevleri,

4 elektrot solda

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial d} = \frac{-3\rho_1(\rho_2-\rho_1)\left(12d^4-5d^2-1\right)}{a(\rho_2+\rho_1)\left(d^2-1\right)^2\left(4d^2-1\right)^2} \tag{3.34}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_1} = &\frac{4a{\rho_2}^2d^4-5a{\rho_2}^2d^2+a{\rho_2}^2+8a\rho_2\rho_1d^4-10a\rho_2\rho_1d^2+2a\rho_2\rho_1+4a{\rho_1}^2d^4}{a(\rho_2+\rho_1)^2\left(d^2-1\right)\left(4d^2-1\right)} \\ &+\frac{-5a{\rho_1}^2d^2+a{\rho_1}^2+3d{\rho_2}^2-3d{\rho_1}^2-6\rho_1\rho_2d}{a(\rho_2+\rho_1)^2\left(d^2-1\right)\left(4d^2-1\right)}\end{aligned} \tag{3.35}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_2} = \frac{6{\rho_1}^2d}{a(\rho_2+\rho_1)^2\left(d^2-1\right)\left(4d^2-1\right)} \tag{3.36}$$

İkinci ortamın parametrelere göre kısmi türevleri,

1 elektrot solda

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial d} = \frac{2a^2\rho_1(\rho_2-\rho_1)(4d+3a)}{(\rho_1+\rho_2)\,(d+a)^2\,(2d+a)^2} \tag{3.37}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_1} = &\frac{2{\rho_2}^2d^2+3{\rho_2}^2da-{\rho_2}^2a^2+4\rho_2\rho_1d^2+6\rho_2\rho_1da}{(\rho_1+\rho_2)^2(d+a)(2d+a)} \\ &+\frac{6\rho_1\rho_2a^2+2{\rho_1}^2d^2+3{\rho_1}^2da+3{\rho_1}^2a^2}{(\rho_1+\rho_2)^2(d+a)(2d+a)}\end{aligned} \tag{3.38}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_2} = \frac{-4{\rho_1}^2a^2}{(\rho_1+\rho_2)^2(d+a)(2d+a)} \tag{3.39}$$

Üçüncü ortamın parametrelere göre kısmi türevleri,

2 elektrot solda

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial d} = \frac{\left(\rho_2+\rho_2d^2+\rho_1+\rho_1d^2+2da\rho_2-2da\rho_1\right)\left({\rho_2}^2+3{\rho_1}^2\right)}{2a\left(d^2-1\right)^2(\rho_1+\rho_2)^2} \tag{3.40}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_1} = \frac{\left(\rho_2{}^3 d - 7\rho_2{}^2 a\rho_1 - 5\rho_2{}^2 d\rho_1 - 9\rho_1{}^2 d\rho_2\right)}{2a\left(d^2-1\right)\left(\rho_1+\rho_2\right)^3} + \frac{3\rho_1{}^3 a - 3\rho_1{}^3 d + 3\rho_2{}^3 a + 9\rho_1{}^2 a\rho_2}{2a\left(d^2-1\right)\left(\rho_1+\rho_2\right)^3} \tag{3.41}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_2} = \frac{\left(-\rho_2{}^3 a - 3\rho_2{}^2 a\rho_1 - \rho_2{}^3 d - 3\rho_2{}^2 d\rho_1\right)}{2a\left(d^2-1\right)\left(\rho_1+\rho_2\right)^3} + \frac{5\rho_1{}^2 a\rho_2 - 9\rho_1{}^3 a + \rho_1{}^3 d\rho_2 + 3\rho_1{}^3 d}{2a\left(d^2-1\right)\left(\rho_1+\rho_2\right)^3} \tag{3.42}$$

Dördüncü ortamın parametrelere göre kısmi türevleri,

3elektrot solda

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial d} = \frac{-\rho_1\rho_2 a^2(4d+3a)(\rho_2-\rho_1)}{(2+\rho_1)(\rho_1+\rho_2)^2(2d+a)^2(d+a)^2} \tag{3.43}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_1} = \frac{20\rho_2{}^2\rho_1 d^2 + 30\rho_2{}^2 da\rho_1 + 3\rho_2{}^2 da\rho_1{}^2 + 4\rho_2{}^3 d^2 + 4\rho_2{}^3 a^2}{(2+\rho_1)^2(\rho_1+\rho_2)^3(2d+a)(d+a)} + \frac{-6\rho_1{}^3\rho_2 d - 2\rho_1{}^3\rho_2 a^2 + 6\rho_2{}^3 da + 4\rho_2{}^2 a^2\rho_1 + 2\rho_2{}^2 d^2\rho_1{}^2}{(2+\rho_1)^2(\rho_1+\rho_2)^3(2d+a)(d+a)} + \frac{-2\rho_2{}^2 a^2\rho_1{}^2 - 9\rho_1{}^3\rho_2 da}{(2+\rho_1)^2(\rho_1+\rho_2)^3(2d+a)(d+a)} \tag{3.44}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_2} = \frac{\rho_1{}^2(-2\rho_2 d^2 - 3\rho_2 da + 2\rho_2 a^2 + 6\rho_1 d^2 + 9\rho_1 da + 2\rho_1 a^2}{(2+\rho_1)(\rho_1+\rho_2)^3(2d+a)(d+a)} \tag{3.45}$$

Beşinci ortamın parametrelere göre kısmi türevleri,

4 elektrot solda

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial d} = \frac{-6a^2 d\rho_2{}^2\left(-12d^4 + 5d^2a^2 + a^4\right)}{\left(a^2-d^2\right)^2\left(a^2-4d^2\right)^2(\rho_1+\rho_2)} \tag{3.46}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_1} = \frac{6a^3 d\rho_2{}^2}{\left(a^2-d^2\right)^2\left(a^2-4d^2\right)^2(\rho_1+\rho_2)^2} \tag{3.47}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_2} = \frac{-6a^3 d\rho_2 (2\rho_1 + \rho_2)}{(a^2 - d^2)^2 (a^2 - 4d^2)^2 (\rho_1 + \rho_2)^2} \tag{3.48}$$

Dayk modeli için;

Sayısal türev alınarak türev dizeyleri oluşturulmuştur.

3.1.2.2. Yarım Wenner

Fay modeli için;

İki elektrot birinci ortamda;

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_1} = 1 + \frac{(\rho_2 - \rho_1)a}{(\rho_2 + \rho_1)(2r - a)} + \rho_1 \left(- \frac{a}{(\rho_2 + \rho_1)(2r - a)} - \frac{(\rho_2 - \rho_1)a}{(\rho_2 + \rho_1)^2 (2r - a)} \right) \tag{3.49}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_2} = \rho_1 \left(\frac{a}{(\rho_2 + \rho_1)(2r - a)} - \frac{(\rho_2 + \rho_1)a}{(\rho_2 + \rho_1)^2 (2r - a)} \right) \tag{3.50}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial r} - 2 \frac{\rho_1 (\rho_{2-} \rho_1) a}{(\rho_1 + \rho_2)(2r - a)^2} \tag{3.51}$$

Bir elektrot ikinci ortamda ise;

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_1} = 1 + \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 + \rho_2} + \rho_1 \left(- \frac{1}{\rho_2 + \rho_1} - \frac{\rho_2 - \rho_1}{(\rho_1 + \rho_2)^2} \right) \tag{3.52}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_2} = \rho_1 \left(\frac{1}{\rho_1 + \rho_2} - \frac{\rho_2 - \rho_1}{(\rho_2 + \rho_1)^2} \right) \tag{3.53}$$

İki elektrot ikinci ortamda ise;

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_1} = \rho_2 \left(- \frac{a}{(\rho_1 + \rho_2)(2r + a)} - \frac{(\rho_2 - \rho_1)a}{(\rho_1 + \rho_2)^2 (2r + a)} \right) \tag{3.54}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_2} = 1 + \frac{(\rho_2 - \rho_1)a}{(\rho_2 + \rho_1)(2r + a)} + \rho_2 \left(\frac{a}{(\rho_2 + \rho_1)(2r + a)} - \frac{(\rho_2 - \rho_1)a}{(\rho_2 + \rho_1)^2 (2r + a)} \right) \tag{3.55}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial r} = -2\frac{\rho_2(\rho_2 - \rho_1)a}{(\rho_2 + \rho_1)(2r + a)^2} \tag{3.56}$$

Dayk modeli için;

Sayısal türev alınarak türev dizeyleri oluşturulmuştur.

3.1.2.3. Yarım Schlumberger

Fay modeli için;

Üç elektrot birinci ortamda ise;

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_1} = \left|1 - \frac{(\rho_2 - \rho_1)a^2}{(\rho_2 + \rho_1)(2r + a)^2}\right| + \rho_1\left(\frac{a^2}{(\rho_{1+}\rho_2)(2r + a)^2} + \frac{(\rho_2 - \rho_1)a^2}{(\rho_2 + \rho_1)^2(2r + a)^2}\right) \tag{3.57}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_2} = \rho_1\left(\frac{a^2}{(\rho_2 + \rho_1)(2r + a)^2} + \frac{(\rho_2 - \rho_1)a^2}{(\rho_2 + \rho_1)^2(2r + a)^2}\right) \tag{3.58}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial r} = 4\frac{\rho_1(\rho_2 - \rho_1)a}{(\rho_2 + \rho_1)(2r + a)^3} \tag{3.59}$$

İki elektrot ikinci ortamda ise;

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_1} = 1 + \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} + \rho_1\left(-\frac{1}{\rho_2 + \rho_1} - \frac{\rho_2 - \rho_1}{(\rho_2 + \rho_1)^2}\right) \tag{3.60}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_2} = \rho_1\left(\frac{1}{\rho_2 + \rho_1} - \frac{\rho_2 - \rho_1}{(\rho_2 + \rho_1)^2}\right) \tag{3.61}$$

Bütün elektrotlar ikinci ortamda iseler;

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_1} = \rho_2\left(\frac{a^2}{(\rho_2 + \rho_1)(2r + a)^2} - \frac{(\rho_2 - \rho_1)a^2}{(\rho_2 + \rho_1)^2(2r + a)^2}\right) \tag{3.62}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_2} = 1 - \frac{(\rho_2 - \rho_1)a^2}{(\rho_2 + \rho_1)(2r - a)^2} + \rho_2\left(-\frac{a^2}{(\rho_2 + \rho_1)(2r - a)^2} + \frac{(\rho_2 - \rho_1)a^2}{(\rho_2 + \rho_1)^2(2r - a)^2}\right) \tag{3.63}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial r} = 4\frac{\rho_2(\rho_2-\rho_1)a^2}{(\rho_2+\rho_1)(2r-a)^2} \tag{3.64}$$

Dayk modeli için;

Sayısal türev alınarak türev dizeyleri oluşturulmuştur.

3.1.2.4. Üç elektrot

Fay modeli için;

Üç elektrot birinci ortamda ise ;

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_1} = \left|1-9/4\frac{(\rho_2-\rho_1)a^2}{(\rho_2+\rho_1)(2r+\frac{3}{2}a)^2}\right| + \rho_1\left(\begin{array}{l}\left(\frac{9}{4}\right)\frac{a^2}{(\rho_{1+}\rho_2)(2r+\frac{3}{2}a)^2} \\ +\left(\frac{9}{4}\right)\frac{(\rho_2-\rho_1)a^2}{(\rho_2+\rho_1)^2(2r+\frac{3}{2}a)^2}\end{array}\right) \tag{3.65}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_2} = \rho_1\left(-\left(\frac{9}{4}\right)\frac{a^2}{(\rho_2+\rho_1)(2r+\frac{3}{2}a)^2}+\left(\frac{9}{4}\right)\frac{(\rho_2-\rho_1)a^2}{(\rho_2+\rho_1)^2(2r+\frac{3}{2})^2}\right) \tag{3.66}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial r} = 9\frac{\rho_1(\rho_2-\rho_1)a^2}{(\rho_2+\rho_1)(2r+\frac{3}{2}a)^3} \tag{3.67}$$

İki elektrot ikinci ortamda ise;

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_1} = 1+\frac{\rho_2-\rho_1}{\rho_2+\rho_1}+\rho_1\left(-\frac{1}{\rho_2+\rho_1}-\frac{\rho_2-\rho_1}{(\rho_2+\rho_1)^2}\right) \tag{3.68}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_2} = \rho_1\left(\frac{1}{\rho_2+\rho_1}-\frac{\rho_2-\rho_1}{(\rho_2+\rho_1)^2}\right) \tag{3.69}$$

Bütün elektrotlar ikinci ortamda iseler;

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_1} = \rho_2 \left(\left(\frac{9}{4}\right) \frac{a^2}{(\rho_2+\rho_1)(2r-\frac{3}{2}a)^2} - \left(\frac{9}{4}\right) \frac{(\rho_2-\rho_1)a^2}{(\rho_2+\rho_1)^2(2r+\frac{3}{2}a)^2} \right) \tag{3.70}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_2} = 1 - \frac{9}{4} \frac{(\rho_2-\rho_1)a^2}{(\rho_2+\rho_1)(2r-\frac{3}{2}a)^2} + \rho_2 \left(\begin{array}{l} -\frac{9}{4} \frac{a^2}{(\rho_2+\rho_1)(2r-\frac{3}{2}a)^2} \\ + \frac{(\rho_2-\rho_1)a^2}{(\rho_2+\rho_1)^2(2r-\frac{3}{2}a)^2} \end{array} \right) \tag{3.71}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial r} = 9 \frac{\rho_2(\rho_2-\rho_1)a^2}{(\rho_2+\rho_1)(2r-\frac{3}{2}a)^3} \tag{3.72}$$

Dayk modeli için;
Sayısal türev alınarak türev dizeyleri oluşturulmuştur.

3.1.3. Parametre düzeltme faktörü

Gözlemsel değerler ile kuramsal değerler arasındaki fark ΔG elde edildikten sonra Δp: Parametre fark vektörü Sönümlü en küçük kareler (Marquardt) yöntemi ile (3.31) bağıntısından hesaplanır. Her yineleme sonrasında parametrelere parametre düzeltme faktörü eklenerek aranan olası model parametreleri bulunur.

3.1.4. Martquardt sönüm faktörü seçimi

Tüm elektrot sistemleri için yapılan çözümlerde başlangıçta Martquardt sönüm faktörü 2 alınmış yakınsama halinde 2'ye bölünmüş ıraksama halinde ise 2 ile çarpılmıştır.

3.1.5. Karesel hata değeri (RMS)

Karesel hata değeri (3.32) bağıntısıyla hesaplanır. Yakınsama kriteri olarak belirlenen tolerans değerinden küçük bir değere ulaşıncaya kadar yineleme devam ettirilir.

3.2. Des Verilerinin Ters Çözümü

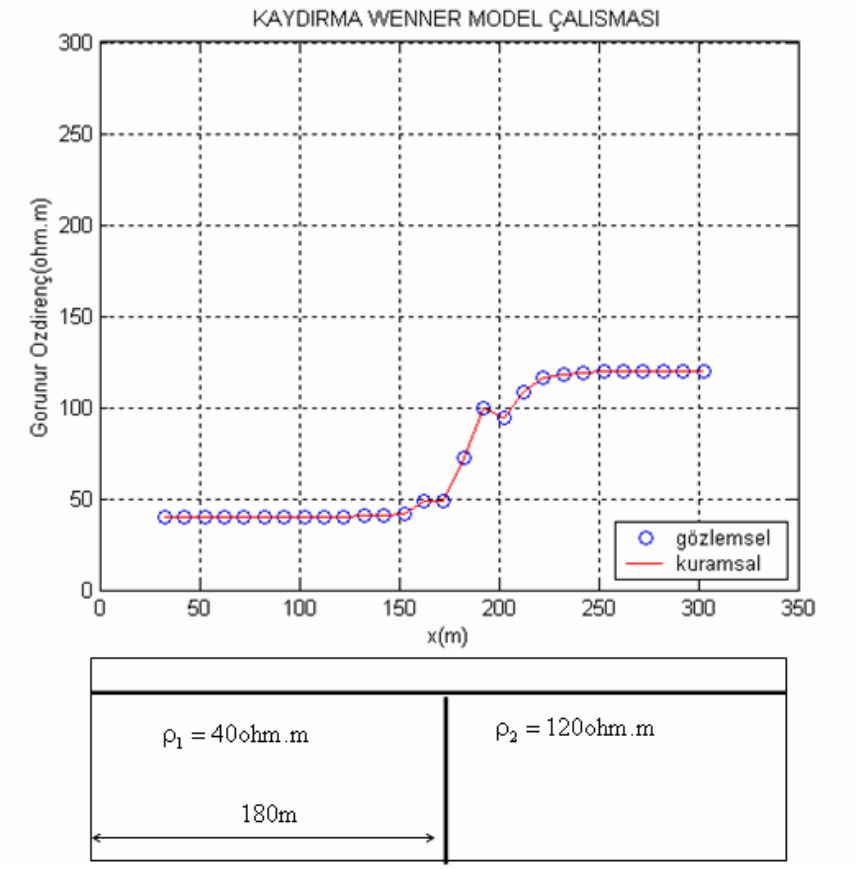
DES verilerinin ters çözümünde de YES verilerinin ters çözümünde uygulanan aşamalar uygulanmıştır. Özdirenç verilerin düz çözümleri 2 tabaka Cagniard (1953) abakları yardımıyla yapılmış bulunan değerler başlangıç parametresi olarak alınmıştır**.** Sayısal türev alınarak türev dizeyleri oluşturulmuş Δp: Parametre fark vektörü Sönümlü en küçük kareler (Marquardt) yöntemi ile (3.31) bağıntısından hesaplanmıştır. Sönüm faktörü başlangıçta 2 alınmış yakınsama halinde 2'ye bölünmüş ıraksama halinde ise 2 ile çarpılmıştır. (3.32) bağıntısıyla hesaplanan RMS değeri yakınsama kriteri olarak belirlenen tolerans değerinden küçük bir değere ulaşıncaya kadar yineleme devam ettirilmiştir.

4. MODEL ÇALIŞMALARI

4.1. YES Verilerinin Model Çalışmaları

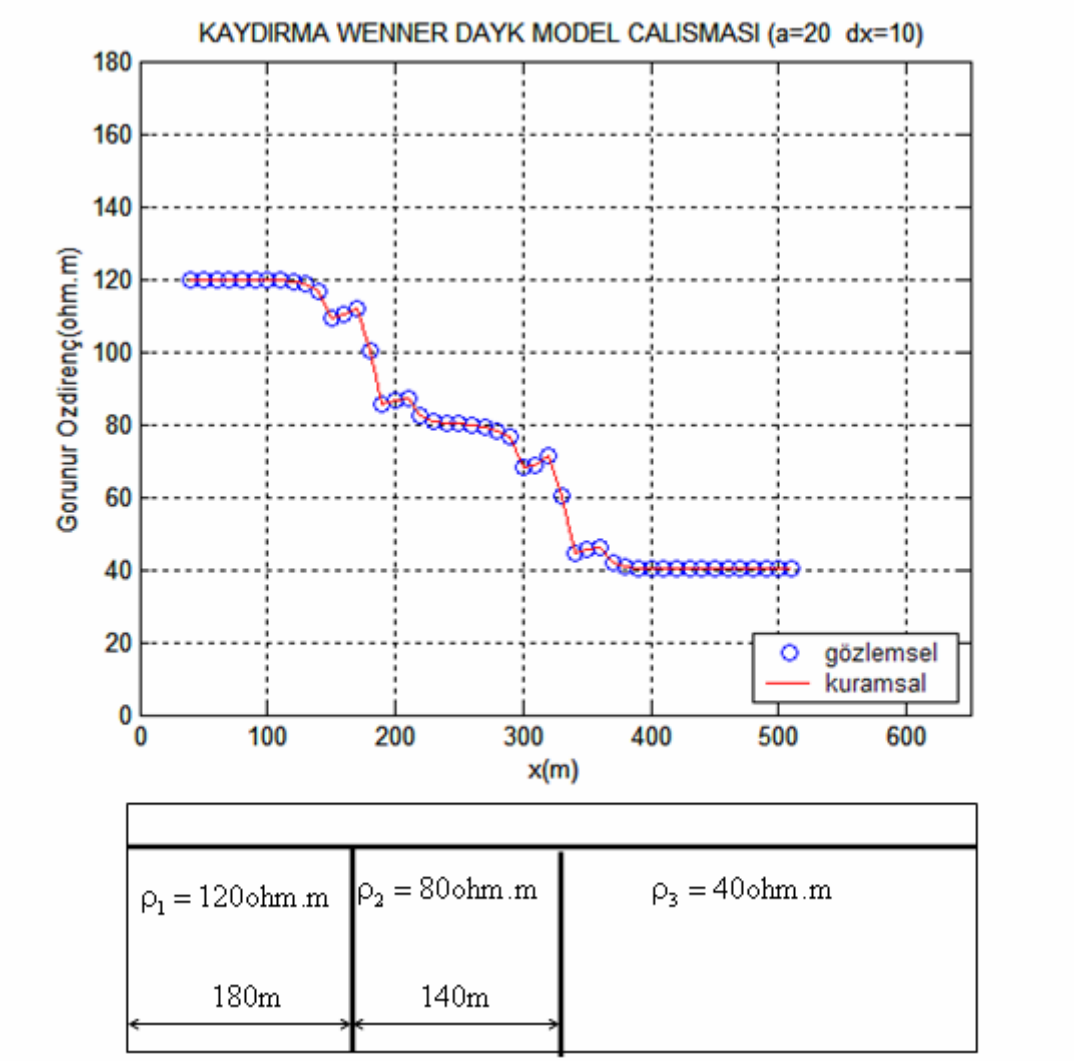
4.1.1. Kaydırma Wenner sistemi için fay ve dayk modeli

Kaydırma Wenner açılımı için yapılan fay model çalışmasında elde edilen çözüm ve yeraltı modeli Şekil3.5 'de verilmiştir. Bu çözüm için girilen başlangıç parametrelerinin değerleriyle sönümlü en küçük kareler ters çözüm yöntemiyle yapılan çözüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı olduğu görülmüştür. Bu çözüm için birinci ortamın özdirenci (ρ_1), ikinci ortamın özdirenci (ρ_2) ve profil başlangıcının faya olan mesafesi (d) başlangıç parametreleri olarak belirlenmiştir.



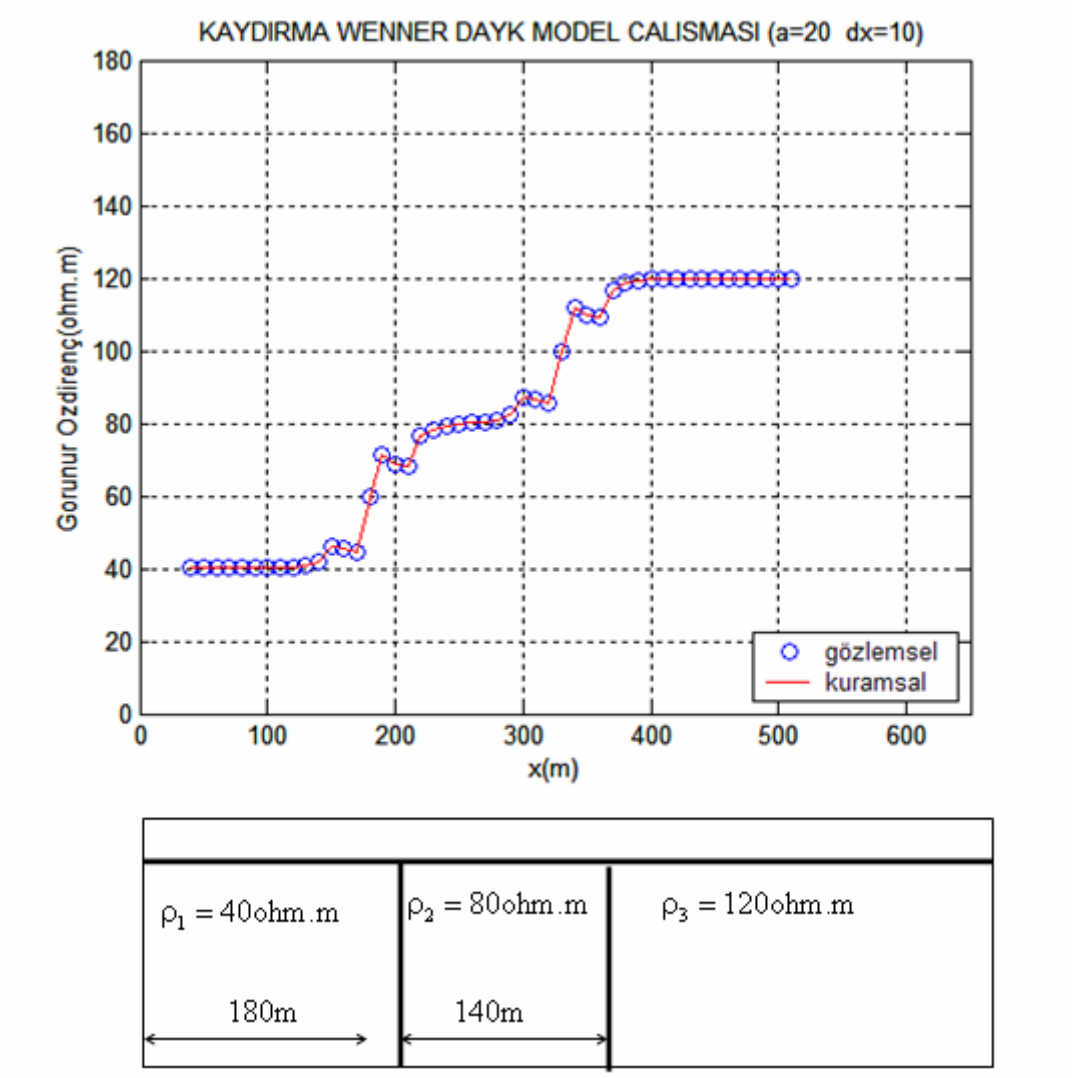
Şekil 4.1: Kaydırma Wenner açılım sistemi için fay model çalışması

Kaydırma Wenner açılımı için dayk model çalışması yapılmıştır. İlk model olarak özdirenç değerleri sürekli azalan üç farklı ortam ele alınmıştır. Bu model çalışmasında elde edilen çözüm ve yeraltı modeli Şekil 3.6'de verilmiştir. Bu çözüm için girilen başlangıç parametrelerinin değerleriyle sönümlü en küçük kareler ters çözüm yöntemiyle yapılan çözüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı olduğu görülmüştür. Bu çözüm için birinci ortamın özdirenci (ρ_1), ikinci ortamın özdirenci (ρ_2), üçüncü ortamın özdirenci(ρ_3), profil başlangıcının faya olan mesafesi (d), daykın genişliği (dg) başlangıç parametreleri olarak belirlenmiştir.



Şekil4.2: Wenner açılım sisteminde üç farklı ortam için dayk model çalışması (ρ1>ρ2>ρ3)

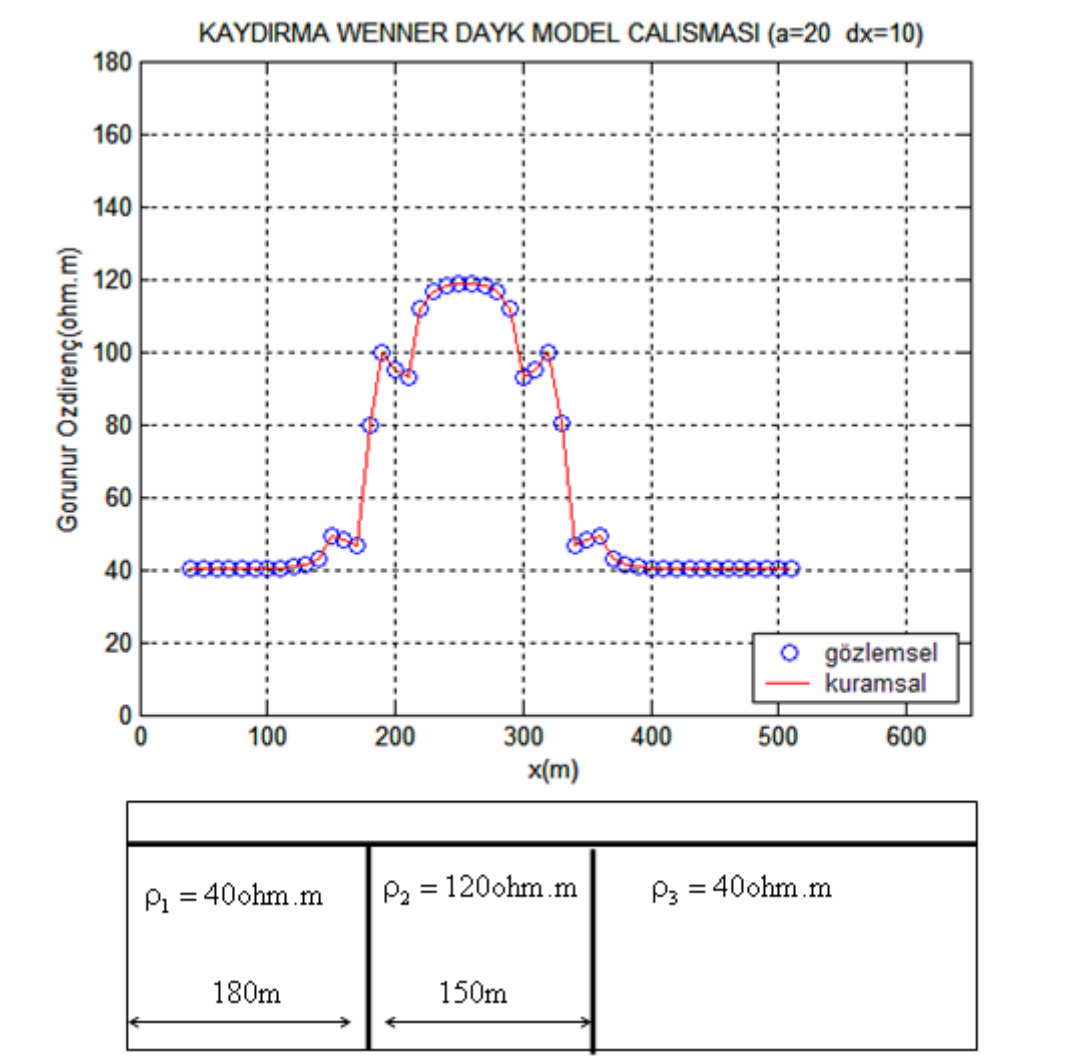
İkinci model olarak özdirenç değerleri sürekli artan üç farklı ortam ele alınmıştır. Bu model çalışmasında elde edilen çözüm ve yer altı modeli Şekil 3.7 ‘de verilmiştir. Bu çözüm için girilen başlangıç parametrelerinin değerleriyle sönümlü en küçük kareler ters çözüm yöntemiyle yapılan çözüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı olduğu görülmüştür. Bu çözüm için birinci ortamın özdirenci (ρ_1), ikinci ortamın özdirenci (ρ_2), üçüncü ortamın özdirenci(ρ_3), profil başlangıcının faya olan mesafesi (d), daykın genişliği (dg) başlangıç parametreleri olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3: Kaydırma Wenner açılım sisteminde üç farklı ortam için dayk model çalışması (ρ1<ρ2<ρ3)

Üçüncü modelde ise, özdirenç değerleri farklı iki ortam ele alınmıştır. Burada elektrotlarının tekrar birinci ortama geçtikleri düşünülmektedir. Bu model çalışmasında elde edilen çözüm ve yeraltı modeli Şekil3.8'de verilmiştir.

Bu çözüm için girilen başlangıç parametrelerinin değerleriyle sönümlü en küçük kareler ters çözüm yöntemiyle yapılan çözüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı olduğu görülmüştür. Bu çözüm için birinci ortamın özdirenci (ρ_1), ikinci ortamın özdirenci (ρ_2), profil başlangıcının faya olan mesafesi (d), daykın genişliği (dg) başlangıç parametreleri olarak belirlenmiştir.

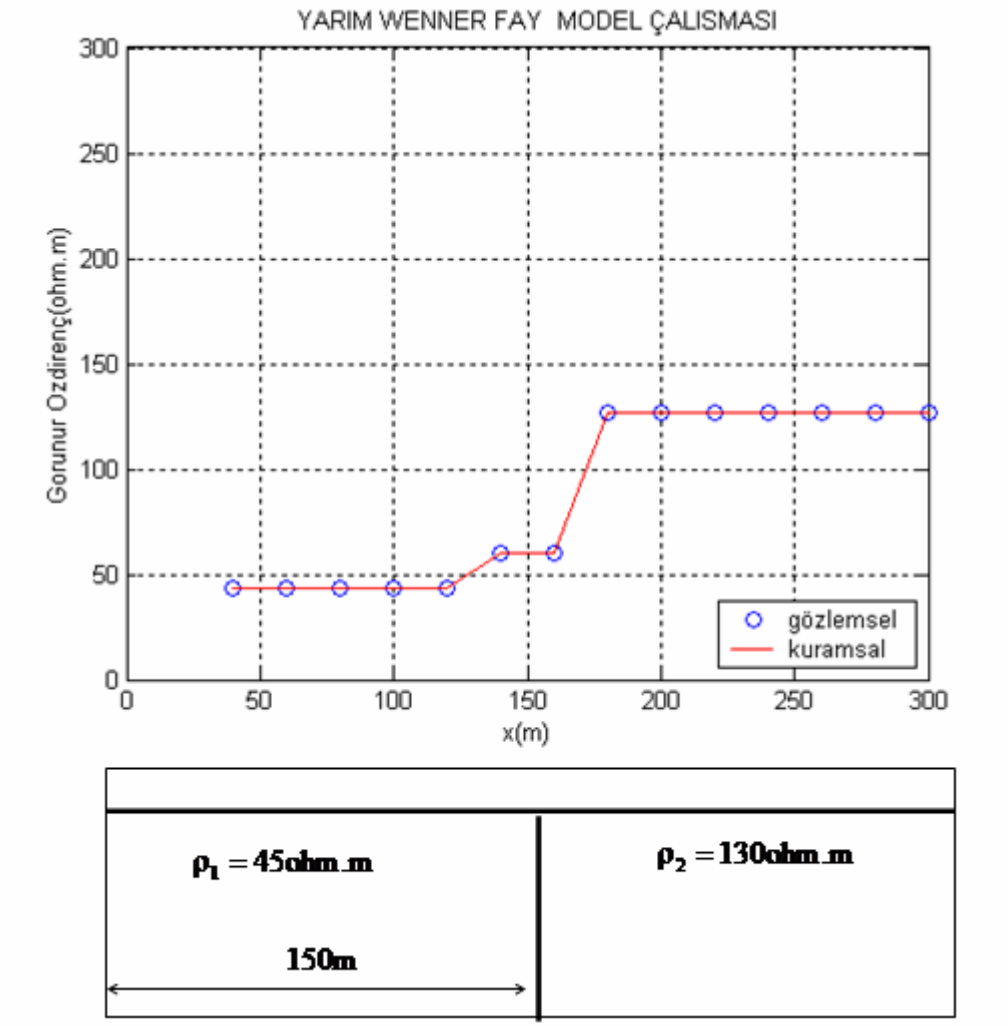


Şekil 4.4:Kaydırma Wenner açılım sisteminde üç farklı ortam için dayk model çalışması (ρ1=ρ3<ρ2)

4.1.2. Yarım Wenner sistemi için fay ve dayk modeli

Yarım Wenner açılımı için yapılan fay model çalışmasında elde edilen çözüm ve yer altı modeli Şekil 3.9'de verilmiştir. Girilen başlangıç parametrelerinin değerleriyle çözüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı olduğu görülmüştür.

Bu çözüm için birinci ortamın özdirenci (ρ_1), ikinci ortamın özdirenci (ρ_2) ve profil başlangıcının faya olan mesafesi (d) başlangıç parametreleri olarak belirlenmiştir.

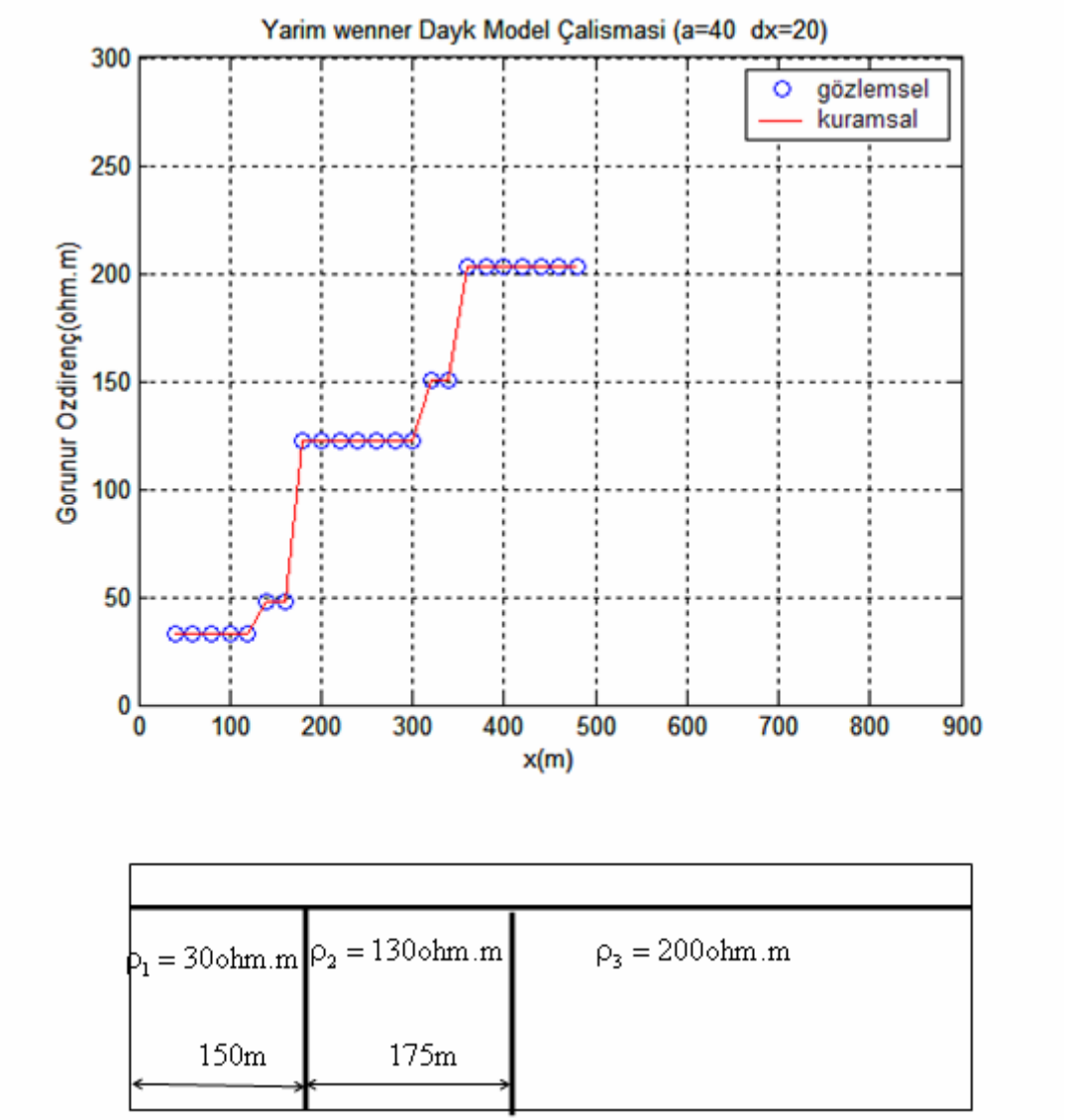


Şekil 4.5: Yarım Wenner açılım sisteminde fay model çalışması

Yarım Wenner açılımı için dayk model çalışması yapılmıştır. İlk model olarak özdirenç değerleri sürekli artan üç farklı ortam ele alınmıştır. Bu model çalışmasında elde edilen çözüm ve yeraltı modeli Şekil 3.10'de verilmiştir.

Bu çözüm için girilen başlangıç parametrelerinin değerleriyle sönümlü en küçük kareler ters çözüm yöntemiyle yapılan çözüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı

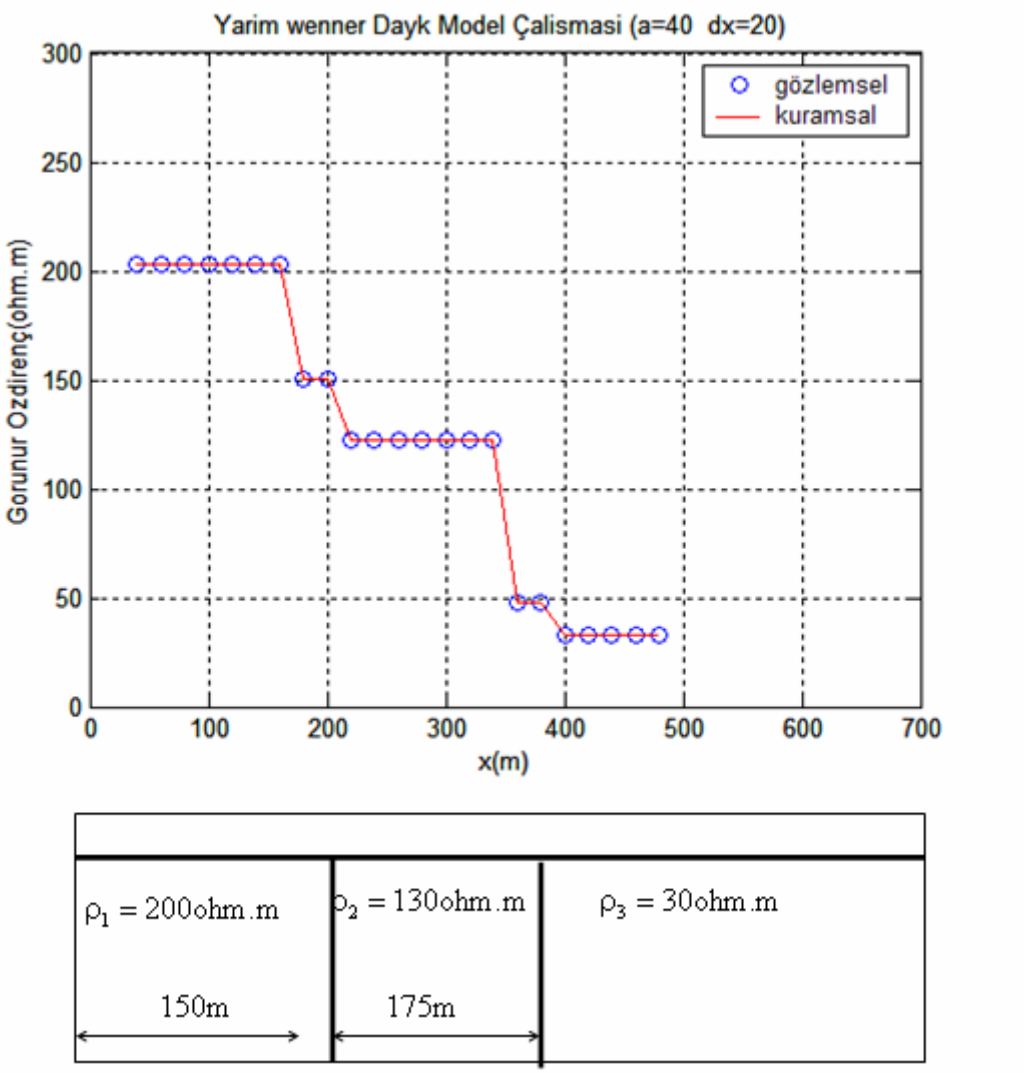
olduğu görülmüştür. Bu çözüm için birinci ortamın özdirenci (ρ_1), ikinci ortamın özdirenci (ρ_2), üçüncü ortamın özdirenci(ρ_3), profil başlangıcının faya olan mesafesi (d), daykın genişliği (dg) başlangıç parametreleri olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.6:Yarım Wenner açılım sisteminde üç farklı ortam için dayk model çalışması (ρ1<ρ2<ρ3)

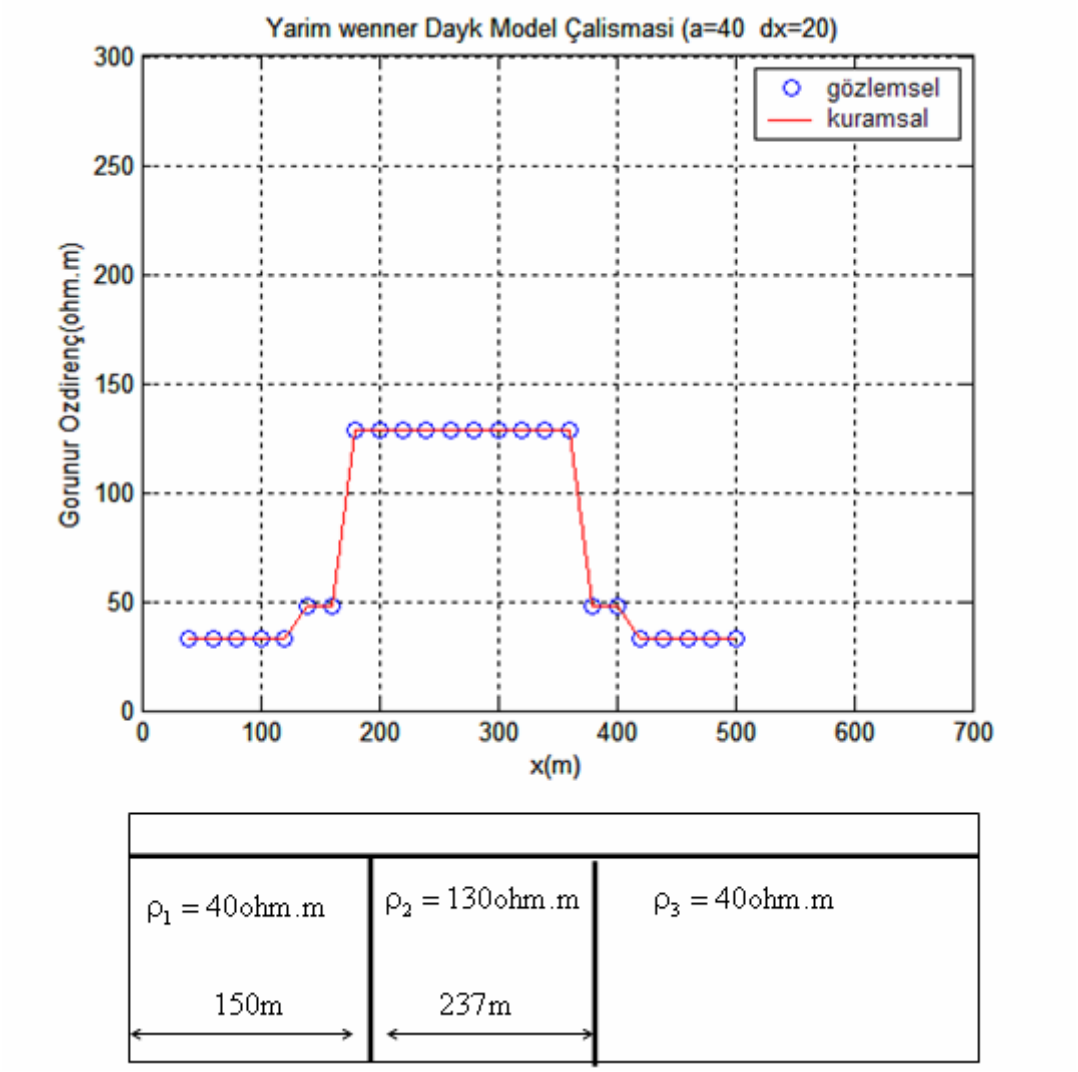
Yarım Wenner açılımı için model çalışması yapılmıştır. İlk model olarak özdirenç değerleri sürekli azalan üç farklı ortam ele alınmıştır. Bu model çalışmasında elde edilen çözüm ve yeraltı modeli Şekil 3.11'de verilmiştir. Bu çözüm için girilen başlangıç parametrelerinin değerleriyle sönümlü en küçük kareler ters çözüm yöntemiyle yapılan çözüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı olduğu görülmüştür. Bu çözüm için birinci ortamın özdirenci (ρ_1), ikinci ortamın özdirenci

(ρ_2), üçüncü ortamın özdirenci(ρ_3), profil başlangıcının faya olan mesafesi (d), daykın genişliği (dg) başlangıç parametreleri olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.7: Yarım Wenner açılım sisteminde üç farklı ortam için dayk model çalışması (ρ1>ρ2>ρ3)

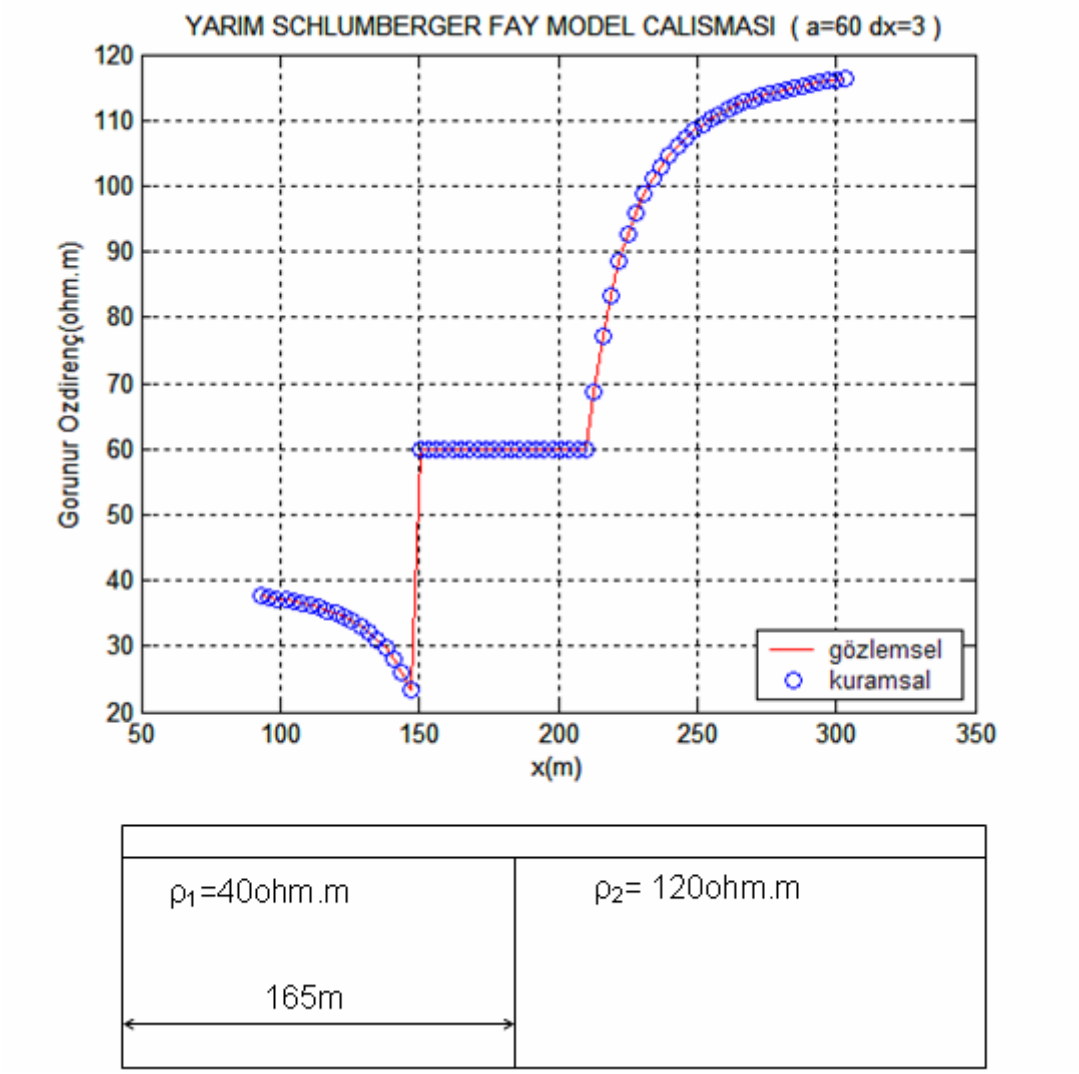
Üçüncü modelde ise, özdirenç değerleri farklı iki ortam ele alınmıştır. Burada elektrotlarının tekrar birinci ortama geçtikleri düşünülmektedir. Bu model çalışmasında elde edilen çözüm ve yeraltı modeli şekil 3.12'de verilmiştir. Bu çözüm için girilen başlangıç parametrelerinin değerleriyle sönümlü en küçük kareler ters çözüm yöntemiyle yapılan çözüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı olduğu görülmüştür. Bu çözüm için birinci ortamın özdirenci (ρ_1), ikinci ortamın özdirenci (ρ_2), profil başlangıcının faya olan mesafesi (d), daykın genişliği (dg) başlangıç parametreleri olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.8 Yarım Wenner açılım sisteminde üç farklı ortam için dayk model çalışması (ρ1=ρ3<ρ2)

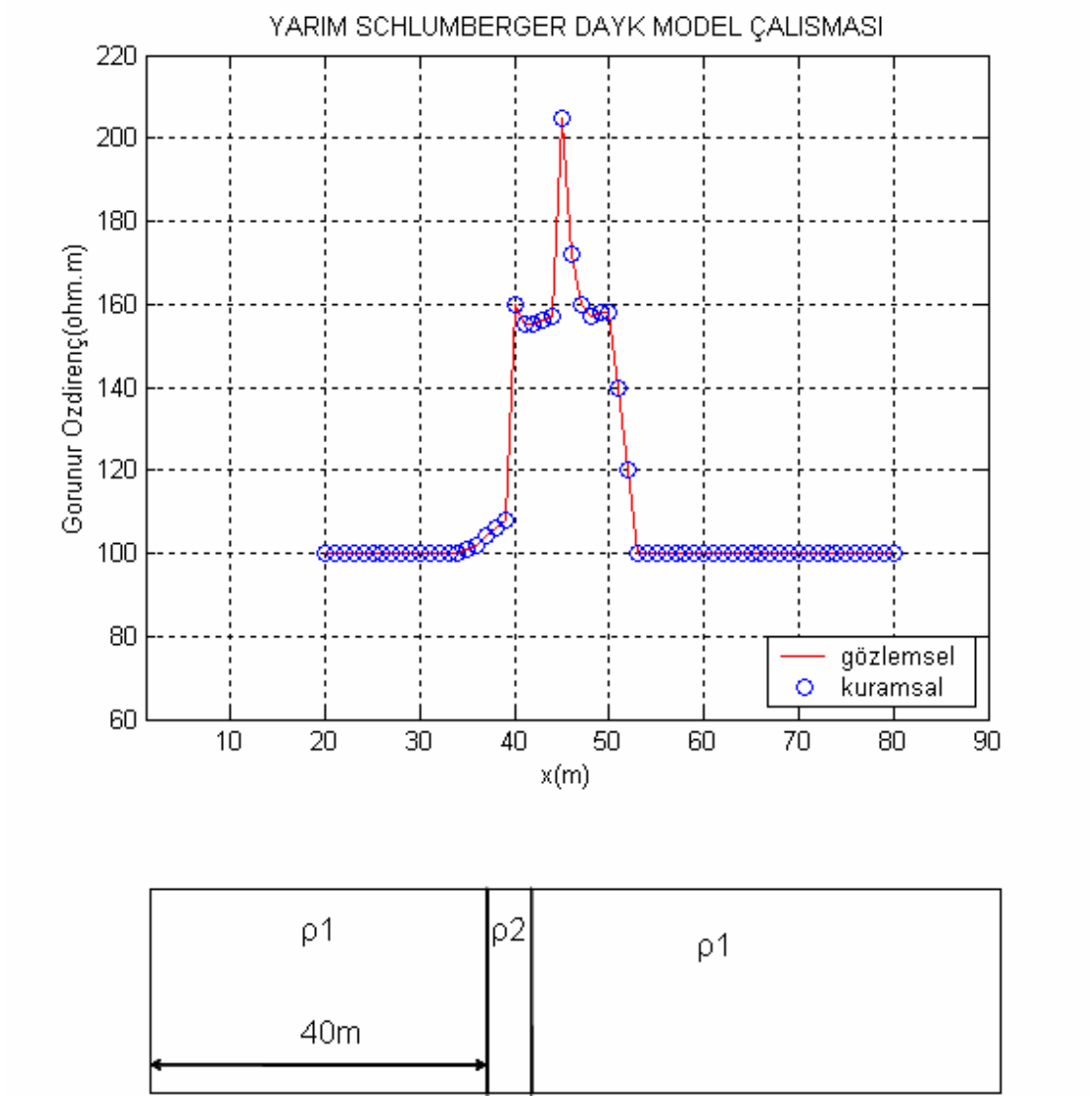
4.1.3. Yarım Schlumberger sistemi için fay ve dayk modeli

Yarım Schlumberger açılımı için yapılan fay model çalışmasında elde edilen çözüm ve yeraltı modeli Şekil 3.13'de verilmiştir. Bu çözüm için girilen başlangıç parametrelerinin değerleriyle sönümlü en küçük kareler ters çözüm yöntemiyle yapılan çözüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı olduğu görülmüştür. Bu çözüm için birinci ortamın özdirenci (ρ_1), ikinci ortamın özdirenci (ρ_2) ve profil başlangıcının faya olan mesafesi (d) başlangıç parametreleri olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.9: Yarım Schlumberger açılım sisteminde fay model çalışması

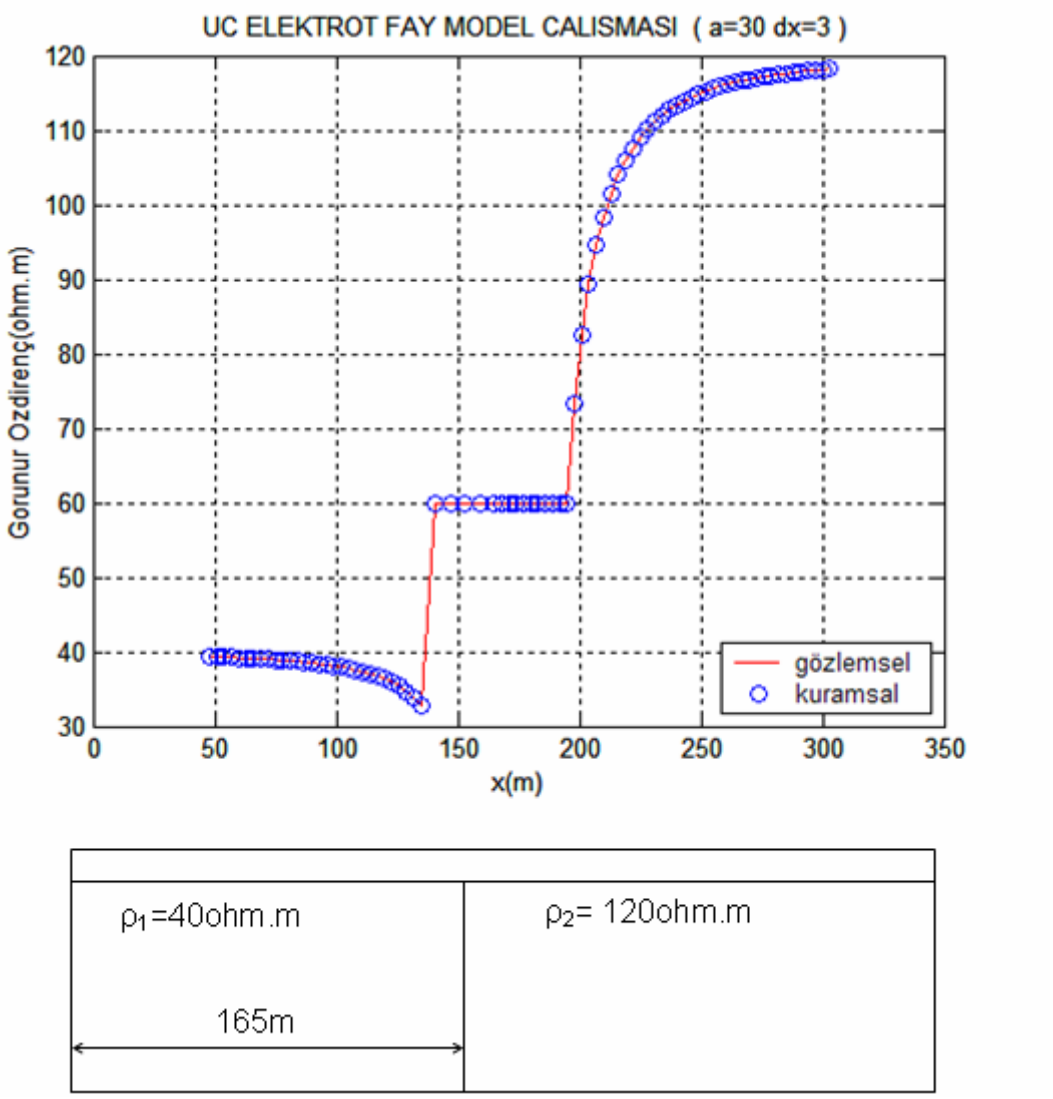
Yarım Schlumberger açılımı için yapılan dayk model çalışmasında özdirenç değerleri farklı iki ortam ele alınmıştır. Burada elektrotlarının tekrar birinci ortama geçtikleri düşünülmektedir. Bu model çalışmasında elde edilen çözüm ve yeraltı modeli Şekil 3.14'de verilmiştir. Bu çözüm için girilen başlangıç parametrelerinin değerleriyle sönümlü en küçük kareler ters çözüm yöntemiyle yapılan çözüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı olduğu görülmüştür. Bu çözüm için birinci ortamın özdirenci (ρ_1), ikinci ortamın özdirenci (ρ_2), profil başlangıcının faya olan mesafesi (d), daykın genişliği (dg) başlangıç parametreleri olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.10: Yarım Schlumberger açılım sisteminde dayk model çalışması

4.1.4. Üç elektrot sistemi için fay modeli

Üç elektrot açılımı için yapılan fay model çalışmasında elde edilen çözüm ve yeraltı modeli Şekil 3.15'de verilmiştir. Bu çözüm için girilen başlangıç parametrelerinin değerleriyle sönümlü en küçük kareler ters çözüm yöntemiyle yapılan çözüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı olduğu görülmüştür. Bu çözüm için birinci ortamın özdirenci (ρ_1), ikinci ortamın özdirenci (ρ_2) ve profil başlangıcının faya olan mesafesi (d) başlangıç parametreleri olarak belirlenmiştir.

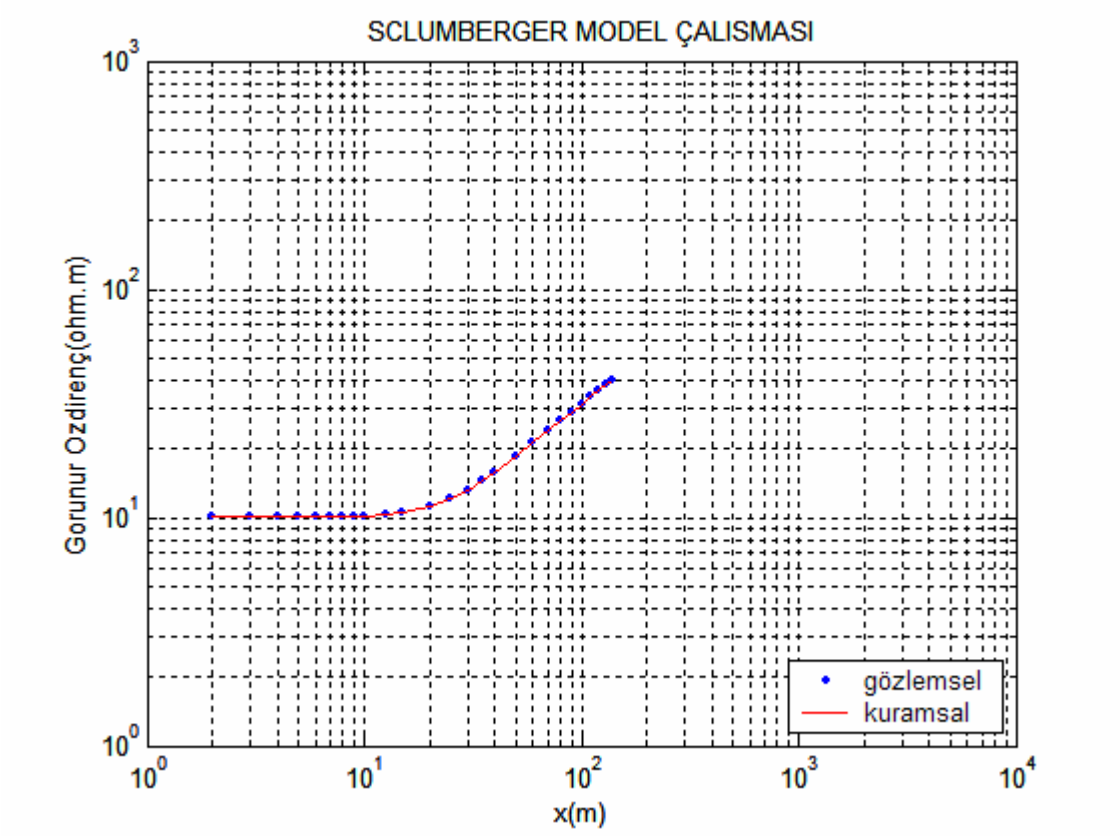


Şekil 4.11: Üç elektrot açılım sisteminde fay model çalışması

4.2. DES Verilerinin Model Çalışması

4.2.1. Schlumberger sistemi

Schlumberger açılımı için model çalışması yapılmış ilk model olarak tabakaların özdirenç değerlerinin artan şekilde seçilmiştir. Bu model çalışmasından elde edilen çözüm Şekil 4.12'de, sonuç verileri ise Tablo 4.1. de verilmiştir. Tabloya model verisinde girilen tabaka kalınlıkları (h_1,h_2,h_3,h_4,h_5), tabakaların özdirenç değerleri (ρ_1,ρ_2,ρ_3,ρ_4,ρ_5,ρ_6) ile sönümlü en küçük kareler ters çözüm yöntemiyle yapılan çözüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı olduğu görülmüştür.

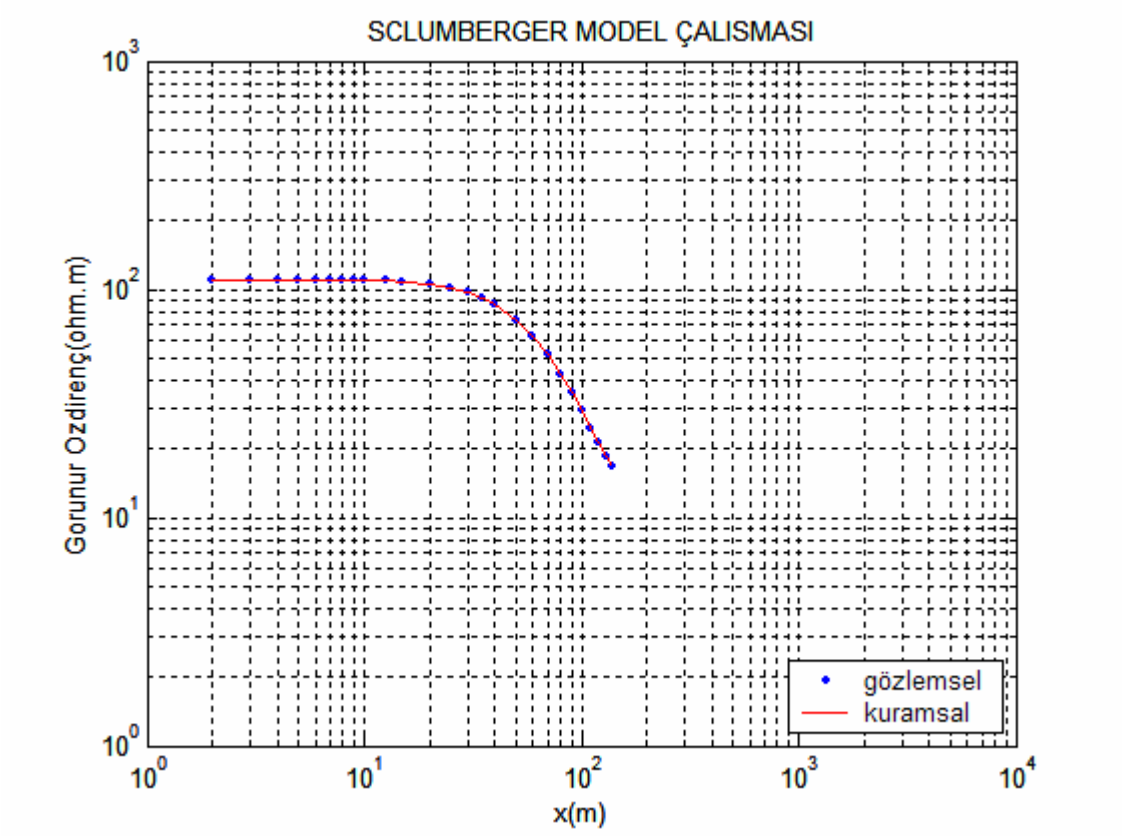


Şekil 4.12:Schlumberger model çalışması (Sürekli artan)

Tablo 4.1: Kuramsal Schlumberger model çalışması verileri(sürekli artan)

Tabaka kalınlıkları (metre)					Tabakaların özdirençleri(ohm.m)					
h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	ρ_6
20	10	5	3	2	10	30	50	70	90	110

Schlumberger açılımı için model çalışması yapılmış ilk model olarak tabakaların özdirenç değerlerinin azalan şekilde seçilmiştir. Bu model çalışmasından elde edilen çözüm Şekil 4.13'de, sonuç verileri ise Tablo 4.2. de verilmiştir. Tabloya model verisinde girilen tabaka kalınlıkları (h_1,h_2,h_3,h_4,h_5), tabakaların özdirenç değerleri (ρ_1,ρ_2,ρ_3,ρ_4,ρ_5,ρ_6) ile sönümlü en küçük kareler ters çözüm yöntemiyle yapılan çözüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı olduğu görülmüştür.

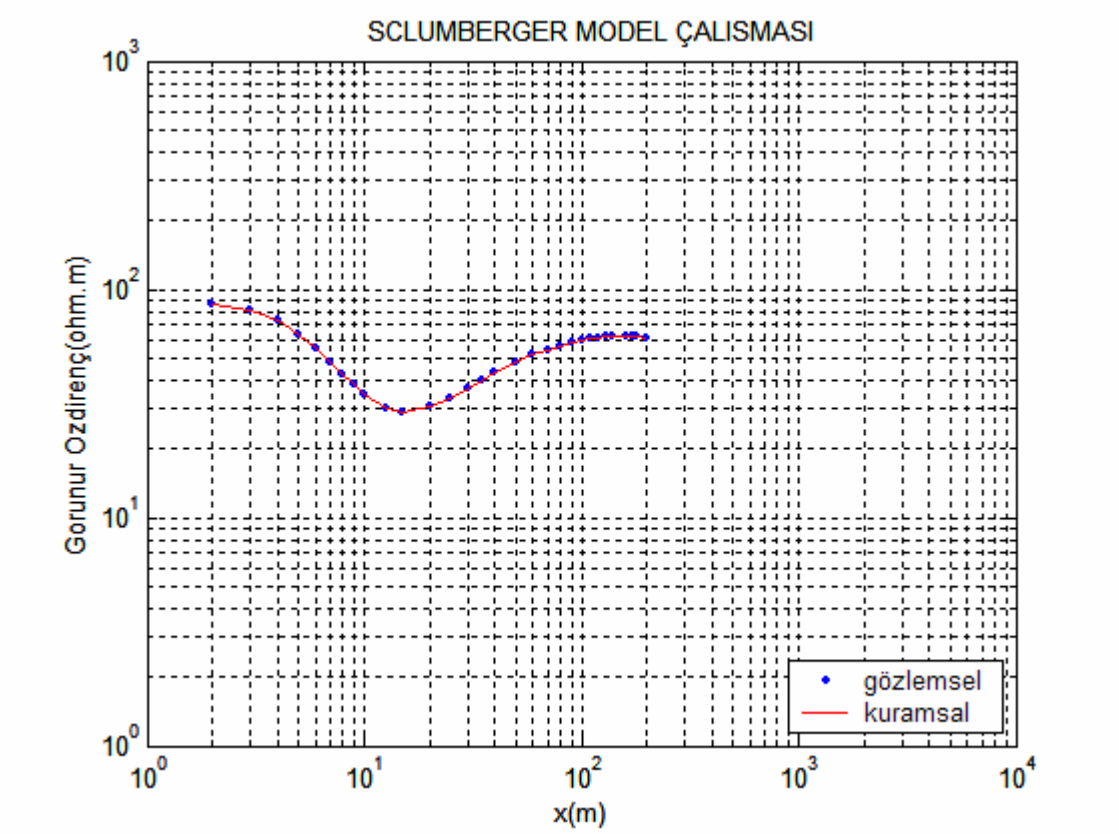


Şekil 4.13:Schlumberger model çalışması (Sürekli azalan)

Tablo 4.2:Kuramsal Schlumberger model çalışması verileri(Sürekli azalan)

Tabaka kalınlıkları (metre)					Tabakaların özdirençleri(ohm.m)					
h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	ρ_6
20	10	5	3	2	110	90	70	50	30	10

Schlumberger açılımı için model çalışması yapılmış ilk model olarak tabakaların özdirenç değerlerinin azalan artan şekilde seçilmiştir. Bu model çalışmasından elde edilen çözüm Şekil 4.14'de, sonuç verileri ise Tablo 4.3. de verilmiştir. Tabloya model verisinde girilen tabaka kalınlıkları (h_1,h_2,h_3,h_4,h_5), tabakaların özdirenç değerleri(ρ_1,ρ_2,ρ_3,ρ_4,ρ_5,ρ_6) ile sönümlü en küçük kareler ters çözüm yöntemiyle yapılan çözüm sonucunda elde edilen değerlerin aynı olduğu görülmüştür.



Şekil .4 14 Schlumberger model çalışması (Azalan artan)

Tablo 4.3:Kuramsal Schlumberger model çalışması verileri(Azalan artan)

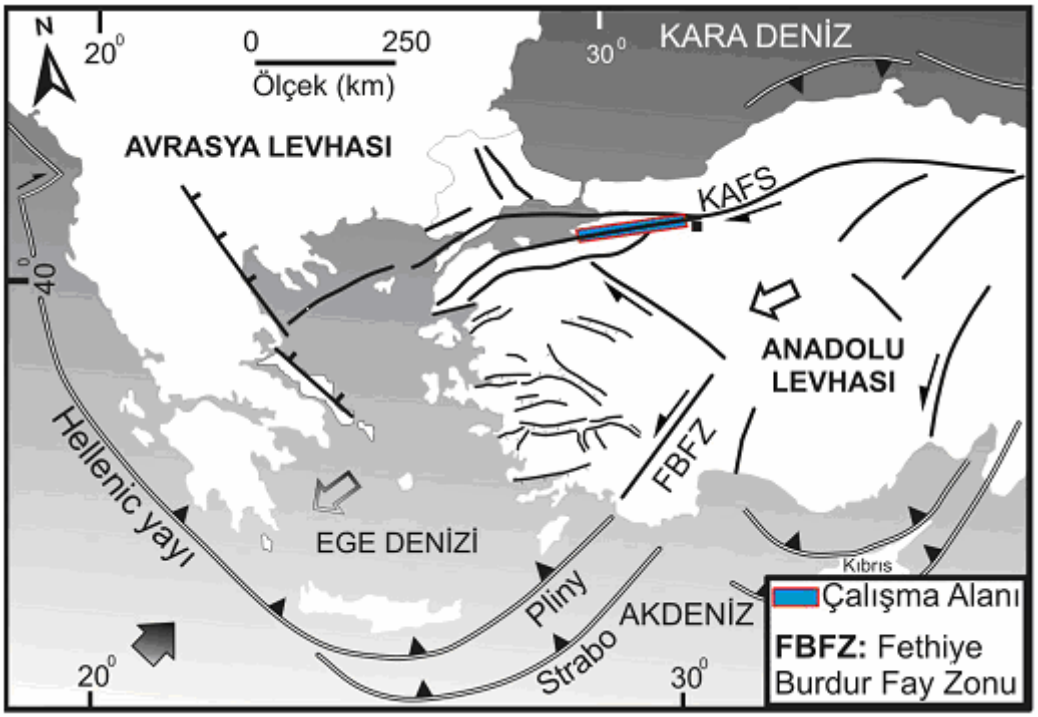
Tabaka kalınlıkları (metre)					Tabakaların özdirençleri(ohm.m)					
h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	ρ_6
3	10	55	3	80	90	20	80	10	95	15

5.ARAZİ ÇALIŞMASI

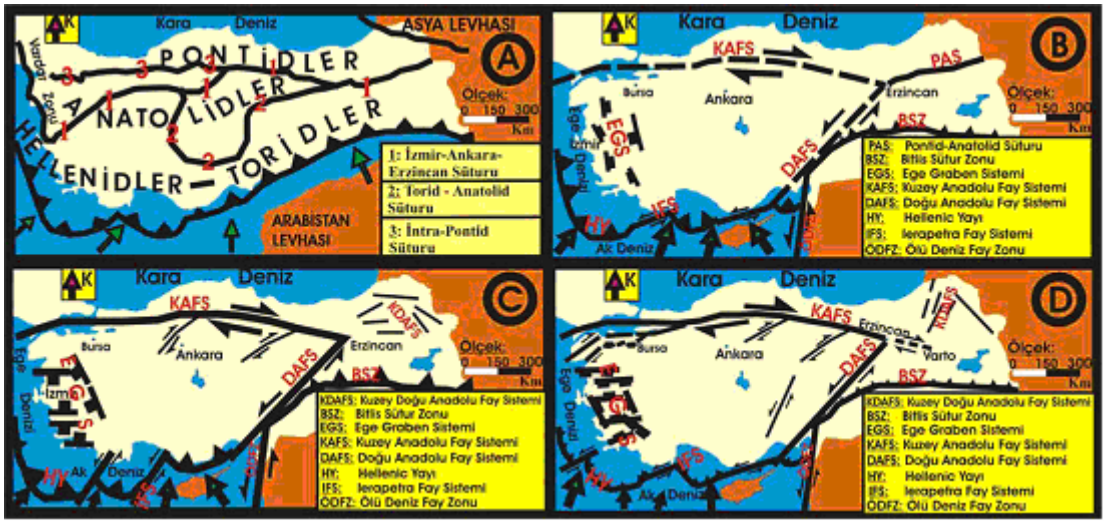
5.1. Geyve Bölgesi İnceleme Alanının Jeolojisi ve Tektoniği

Bir bölgeyi jeolojik zaman dönemi içinde etkileyen ve günümüzde de devam eden tektonik rejime Neotektonik dönem denir (Şengör, 1980). Anadolu, Dünya'nın en aktif kıtasal litosferlerinden biridir. Üst Serravallian'den (~11my) beri Türkiye'nin tektoniği; Doğu Anadolu sıkışma bileşenli rejimin ürünü olarak Kuzey ve Doğu Anadolu doğrultu atımlı fayları boyunca Orta Anadolu kıtasal bloğunun batıya kaçışı ile belirlenmiştir (Ketin, 1948; Ketin, 1966; Ketin, 1969; Dewey ve Şengör, 1979; Şengör, 1979; 1980, 1982). Bu tektonik kaçış ile ilgili yapı, beraberinde dört farklı neotektonik alanı ortaya çıkarmıştır. Bunlar: 1. Doğu Anadolu alanı, yaklaşık kuzey-güney kısalmanın ürünü olan ve Kuzey Anadolu ile Doğu Anadolu faylarının kesişim noktalarında bulunan kesim 2. Doğu-batı kısalma ile karakterize edilen, Kuzey Anadolu Fay Sisteminin kuzeyinde bulunan düşük dereceli aktif Kuzey Türkiye alanı 3. Kuzey-güney gerilme ile oluşan Batı Anadolu genişleme alanı 4. Kuzeydoğu-güneybatı kısalma ve kuzeybatı-güneydoğu gerilme ile karakterize edilen Orta Anadolu ova alanıdır (Şengör ve diğ, 1985) (Şekil 5.2).

Anadolu'nun Neotektonik dönemi içinde şekillenmeye başlayıp, günümüze kadar gelişen çalışma alanı ise yukarıda belirtilen Kuzey Anadolu Doğrultu Atımlı Fay Düzlemi üzerindedir(Şekil 5.1).



Şekil 5.1**:** Çalışma alanı yer bulduru haritası(TUBİTAK 104Y325 nolu proje)..



Şekil 5.2**:** Alt Miyosen'den günümüze Türkiye'nin tektonik hatları ve türlerinin gelişimi. A: Erken Miyosen; B: Orta – Geç Miyosen; C: Pliyosen; D: Holosen (Günümüz) (Şengör vd; 1985).

5.1.1. Anadolu'nun neotektonik döneminde KAFS

Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS), 1200 km uzunluğunda, sismik yönden aktif, Avrasya Bloğu ile Anadolu Bloğu arasındaki sınırı belirleyen sağ yanal doğrultu atımlı fay sistemi şeklindedir (Barka ve Cade 1988). Türkiye'nin doğusunda; Varto'dan başlayıp, Karlıova ve Mudurnu Vadisi arasında genel olarak tek bir sağ yanal doğrultu atım geometrisi ile aktif fay niteliğinde olan bu sistem; birbirine

paralel veya açılı birçok ikincil yapısal unsurları içerir. Şengör (1979), bu fay sistemi üzerinde; çok sayıda çek-ayır (pull-apart), kama şekilli havzalar ve diğer kökeni karışık havzaların bulunduğunu ve bu havzaların neotektonik dönemin yapısal unsurları ile oluştuğunu belirtmiştir. Bu sistem; doğuda Varto'dan, batıda Saros Körfezine kadar, yaklaşık Üst Miyosen'den günümüze boyutları birbirinden farklı birçok havzayı denetlemiş ve bu havzalara çökel depolanmasına yol açmıştır (Şengör ve diğ 1985; Barka, 1992). Şengör 1979) ise Kuzey Anadolu Fay Sisteminin Burdigaliyen'den günümüze aktif fay özelliğinde olduğunu belirtmiştir. Kuzey Anadolu Fay Sistemi Anadolu boyunca doğuda Varto'dan, batıda Saros Körfezine kadar birçok havzayı açmış olup bunlar; Erzincan, Refahiye, Reşadiye-Niksar, Taşova-Erbaa, Havza-Ladik, Kargı, Düzce, İzmit Körfezi-Sapanca Gölü ve Marmara Denizi havzalarıdır. Ayrıca bu havzalarda da aktif fay ile eş yaşlı havzalar içi bir stratigrafi oluşturmuştur (Barka, and Hancock,1984; Barka, 1985; Barka, A.A. & Gülen, L., 1989; Görür vd., 1995). Bu çökel stratigrafisi genellikle karasal özellikte olup alüviyal yelpaze, akarsu, sığ derinlikli göl fasiyeslerini karakterize eder. Havzalar içinde çökelen bu genç birimler, havzaların oluşum yaşı açısından önem arz etmekte olup, bunların bazıları yaşlandırılmıştır. Çökel fasiyeslerde yapılan yaş tayinleri bazı fosil bulgularına dayanmakta olup, özelikle Anadolu'nun doğu bölümündeki havzalarda yapılan çökellere ait yaş tayinleri ise termolüminesans yöntemi ile yapılmıştır. Buna göre bu çökellerin stratigrafik taban sınırlarının yaşı Pliyosen olmakla beraber üste doğru Holosen'e kadar değişim gösterir (Sakınç, M., vd 1999), (Irrlitz, W., 1972), (Ünay, E., vd 2001),

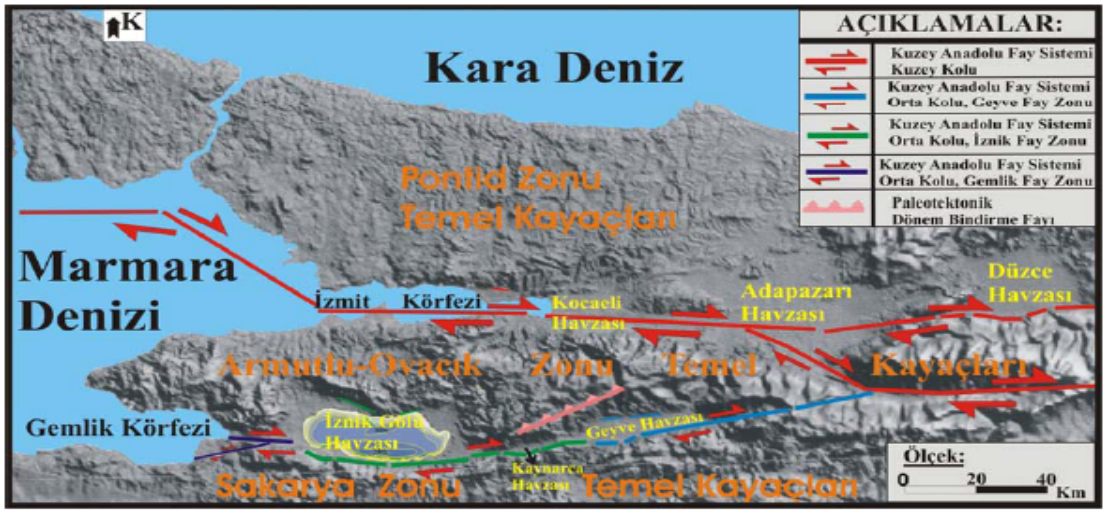
(Şekil 3). Kuzey Anadolu Fay Sistemi içinde açılan bu havzaların gelişim modelleri de birbirinden farklılık gösterir (Şengör, A.M.C., 1979), (Barka, A. A., 1985). Bu fay sistemi üzerindeki çalışmalar ise bazı sağ yanal doğrultu atımlı fay verilerini ortaya koymuştur

5.1.2 Marmara bölgesinde KAFS'nin orta kolu'nun geometrisi

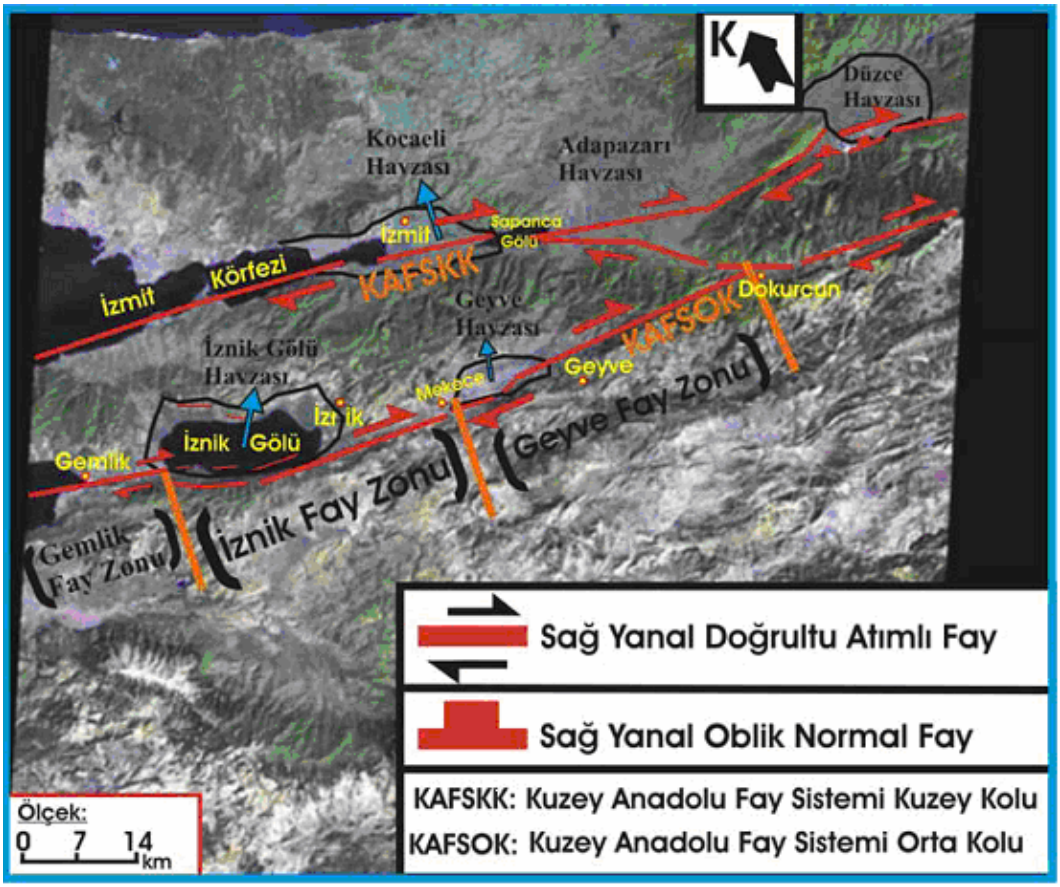
Kuzey Anadolu Fay Sistemi, Anadolu'nun genelinde olduğu gibi Marmara Bölgesinde de bazı havzaları oluşturmuş olup, aktivite döneminde bu havzaları deformasyona uğratmıştır. Buna göre kuzey kol, doğudan batıya; Düzce havzası,

Sakarya havzası, Kocaeli havzası, İzmit Körfezi havzaları ve Marmara Denizi havzalarını denetlemiş ve deforme etmiştir.(Şekil 5.3) Orta Kol ise Geyve-Pamukova, Kaynarca, İznik Gölü, Gemlik Körfezi içi, Biga, Etili ve Bayramiç havzalarını açmış ve sağ yanal doğrultu atımlı fay geometrisi ile deforme etmiştir(Şekil .5.4).

Kuzey Anadolu Fay Sisteminin bu genel geometrisi içinde çalışma alanı, Marmara bölgesi Orta Kolu üzerinde bulunmaktadır (Barka, A.A. & Kadinsky-Cade, K., 1988). Anadolu'nun Miyosen'den günümüze gelişen tektonik çatısı içinde bu kol, Miyosen öncesi eski İntra-Pontid sütur zonu'nu izlemiştir (Şengör, A.M.C. vd; 1985). Buna göre KAFS'nin Marmara bölgesi Orta kolu Almacık Bloğu güney vadisi içinde, Dokurcun'dan (Sakarya) itibaren Geyve Koru boğazını takiben Pamukova-Geyve (Sakarya) havzasının güney kenarını izleyerek KD-GB doğrultu ile devam eder. Havzanın güney yüksek morfolojisi ile ova morfolojisini sınırlar şekilde (Sakarya Zonu temel kayaçları ile Pliyo-Kuvaterner dönem birimleri arasındaki sınır) ve zon oluşturarak devam ederken bu zon (Koçyiğit, 1988) tarafından Geyve Fay Zonu olarak adlanmıştır. Bu fay zonu; Geyve- Pamukova havzasını oluşturmuş olup havzanın uzunluğu (KD-GB) yaklaşık 23 km en geniş yeri (K-G) ise 6 km'dir. Havza; kuzeyden Armutlu - Ovacık Zonu temel kayaçları ile sınırlanırken, güneyden ise Sakarya kıtasına ait temel kayaçlar ile sınırlanır (Yiğitbaş vd; 1999).

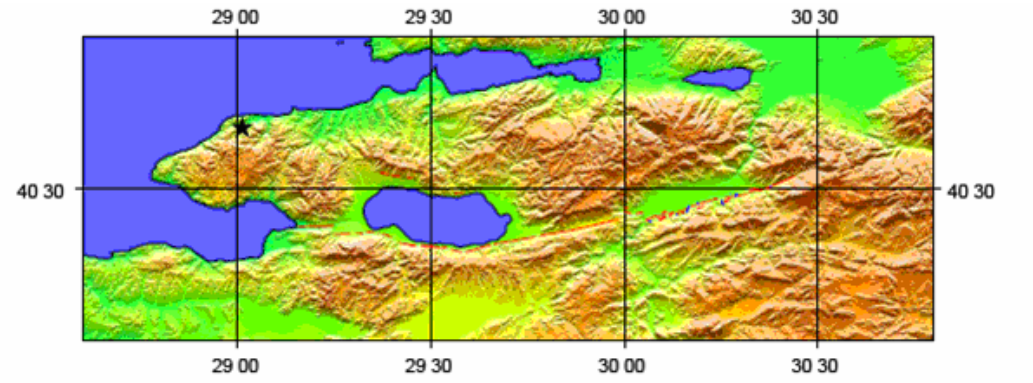


Şekil 5.3: KAFS'nin Doğu Marmara bölgesindeki detaylı geometrisi ile açtığı ve deforme ettiği havzalar (TUBİTAK 104Y325 nolu proje)



Şekil 5.4: KAFS Orta Kolu'nun çalışma alanındaki fay zonları ve bu zonların açtığı havzalar. (TUBİTAK 104Y325 nolu proje).

Marmara bölgesinde K.A.F.S'nin Marmara bölgesinde açtığı havzalardaki denetlediği çökel stratigrafisi tektono-stratigrafik modelin açıklanması açısından oldukça önemlidir. Marmara bölgesinde Neojen öncesi temel kayaçları diskordans ile örten bu çökellerin stratigrafisi, Karapürçek formasyonu ve bunu diskordans ile örten daha genç yaşlı çökeller ile açıklanmıştır (Emre vd; 1998). Geyve-Mekece-İznik-Gemlik Fayı Şekil 5.5' te verilmiştir.



Şekil 5.5: Geyve-Mekece-İznik-Gemlik Fayı (TUBİTAK 104Y325 nolu proje).

5.1.3.Geyve fay zonu ve tektono-stratigrafisi

Bu alanda ilk çalışma; Akartuna (1981) tarafından yapılmış olup, havzadaki genç yaşlı çökeller, Çınardibi formasyonu adı ile Ponsiyen–Pliyosen yaşlı olarak tanıtılmıştır (Şekil 9). Geyve Fay Zonu ise ilk kez Koçyiğit (1988) tarafından adlanmış olup Kuzey Anadolu Fay Sisteminin, Orta kolunun; Dokurcun, Koru boğazı (Geyve), Mekece arasını kapsar. Geyve–Pamukova havzasının tektonostratigrafik gelişiminde Geyve Fay Zonu'nun etkinliği belirleyici olmakla beraber, Sakarya nehri bu fay zonunun aktivitesi ile yaklaşık 22 km sağ yanal yer değiştirmiştir (Koçyiğit 1988)

Kuzey Anadolu Fay Sisteminin doğuda; (KAFS) Geyve Koru Boğazı (Sakarya) ile batıda; Mekece (Sakarya) arası ve kuzeyde ise Pamukova ile sınırlanan bölge Koçyiğit (1988) tarafından Geyve Fay Zonu olarak adlanmıştır. Geyve Fay Zonu uzunluğu yaklaşık 28 km ve genişliği 5 km olan deformasyon alanı ile izlenir Pliyo-Kuvaterner dönemde sağ yanal doğrultu atımlı aktif fay sistemi, Geyve havzasını oluşturmuş, stratigrafik ve morfolojik olarak deforme etmiştir.

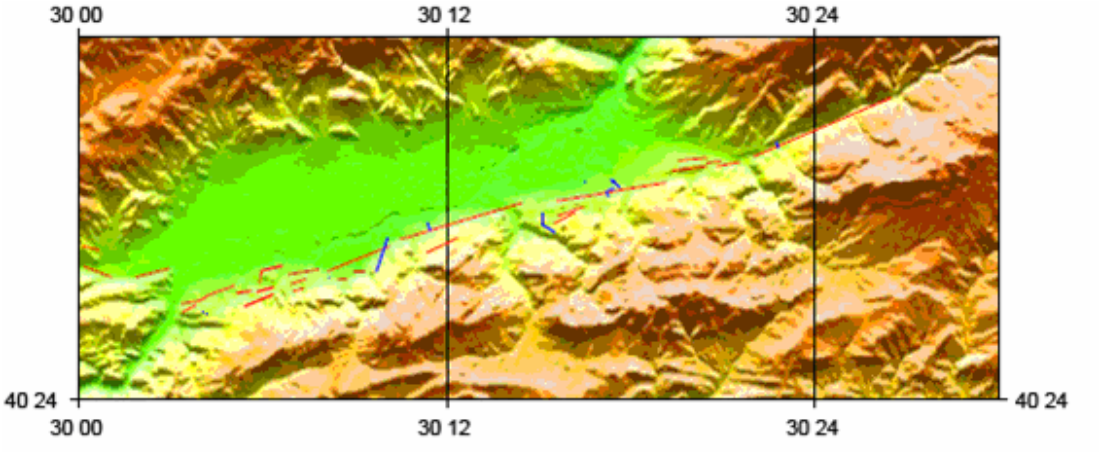
5.1.4. Stratigrafi:

Çalışma alanının Geyve, Mekece ve Pamukova ile sınırlanan alanını Geyve – Pamukova havzası oluşturur. Havza içi çökeller Kuzey Anadolu Fay Sisteminin bölgedeki aktivitesi ile ilişkili olarak gelişmiş olup bölgedeki sağ yanal doğrultu atımlı aktif fay sistemi ile deforme edilerek şekillenmiştir(Şekil 5.6).

KAFS Orta Kolu'nun çalışma alanındaki fay zonları ve bu zonların açtığı havzalar. Geyve – Pamukova havzasının güneyindeki dağ morfolojisi Sakarya kıtasına ait Üst Kretase yaşlı Vezirhan formasyonu ve Eosen Yaşlı Gölpazarı grubuna ait sedimanter kayaçlardan oluşurken, kuzeyindeki yüksek morfoloji ise Armutlu – Ovacık Zonuna ait metamorfik ve meta-sedimanter kayaçlardan oluşur (Yılmaz, vd 1995; Elmas ve Yiğitbaş, 2001; Yiğitbaş, vd 1999).

Havzanın gelişimi, Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin Marmara bölgesi orta kolunun bölgeye girmesi ile başladığı için havza içi tektono-stratigrafi de Kuzey Anadolu Fay Sistemi ile deformasyonlu ve denetimli gelişmiştir.

Geyve – Pamukova havzasının aktif fay denetimli stratigrafisi, Sakarya nehrinin konumu ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökel gelişiminin kaynağına göre Güney, Orta ve Kuzey olmak üzere üç zona ayrılır. Bu zonlarda farklı fasiyeslerde ve farklı petrografik bileşimlerde birimler litofasiyes özellikleri ile ayırt edilmiş olup, Güney Zon; Geyve ve Bayat formasyonlarından oluşmakta olup, Kuzey Zon; Pamukova ve Turgutlu formasyonlarından oluşur. Orta Zon da ise birbirleri ile yanal geçişli olan güney ve kuzey zon birimlerini, Sakarya Nehri'nin güncel çökelleri uyumsuzlukla örter. Bu formasyonlar, Kuzey Anadolu Fay Sisteminin denetlediği ve deforme ettiği genç çökellerdir (TUBİTAK 104Y325 nolu proje).



Şekil 5.6: Geyve Fayı(TUBİTAK 104Y325 nolu proje).

5.1.5.Geyve formasyonu (Qg):

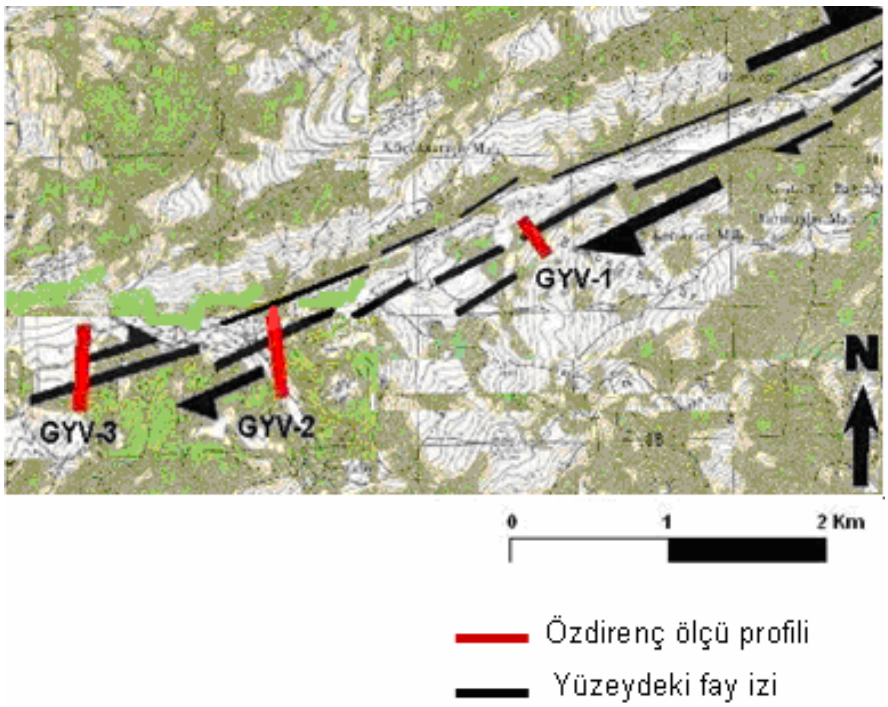
Çalışma alanının güney zonununda yüzeyleyen bu birim Geyve – Pamukova havzasında doğuda Geyve (Koru Boğazı) batıda ise Ciciler ile sınırlanırken, 25m ile 140m arasındaki kotlarda; havza-içi ve havza güney kenarı sırt morfolojilerini içerir. Birim içinde yaş verebilecek herhangi bir fosil bulunamamıştır. Önceki çalışmalarda Pliyo-Kuvaterner dönem içinde çökeldiği belirtilen birim farklı adlar ile tanıtılmıştır (Akartuna.,1968, Akartuna, ve Atan, 1981 Emre vd., 1998, Koçyiğit 1988). Birimin, gerçek kalınlığı bilinmemekle beraber Geyve-Pamukova havzasının güneyinden ortasına doğru kalınlıkta bir artış gözlenir. Havza ortasında yapılan derin sondajlarda, 175m derinliğe kadar birimin bütün fasiyeslerinin devam ettiği görülür (DSİ rapor No: C-54/4855).

Sakarya Nehri bölgede önemli bir morfolojik unsur olup, aktif faylar ile havza oluşum evresinde sağ yanal ve düşey olarak yer değiştirmiştir (Koçyiğit, 1988, Yaltırak, 2002). Harita geometrisi ile de belirlenen nehrin bu konumu, bölgede Geyve formasyonunu geliştirmiştir. Birim, farklı üç fasiyes içermekte olup akarsu enerjisine bağlı olarak birim içindeki bu fasiyesler ardalanma gösterir. Birimin kalınlığı değişken olup, görünür kalınlığı yaklaşık 30m'dir. Geyve-Pamukova havzasının ortasına doğru kalınlığı artar.

5.2. Geyve Fay Geometrisinin Elde Edilmesi

5.2.1.Geyve fayı doğu kesimi (Hat 1)

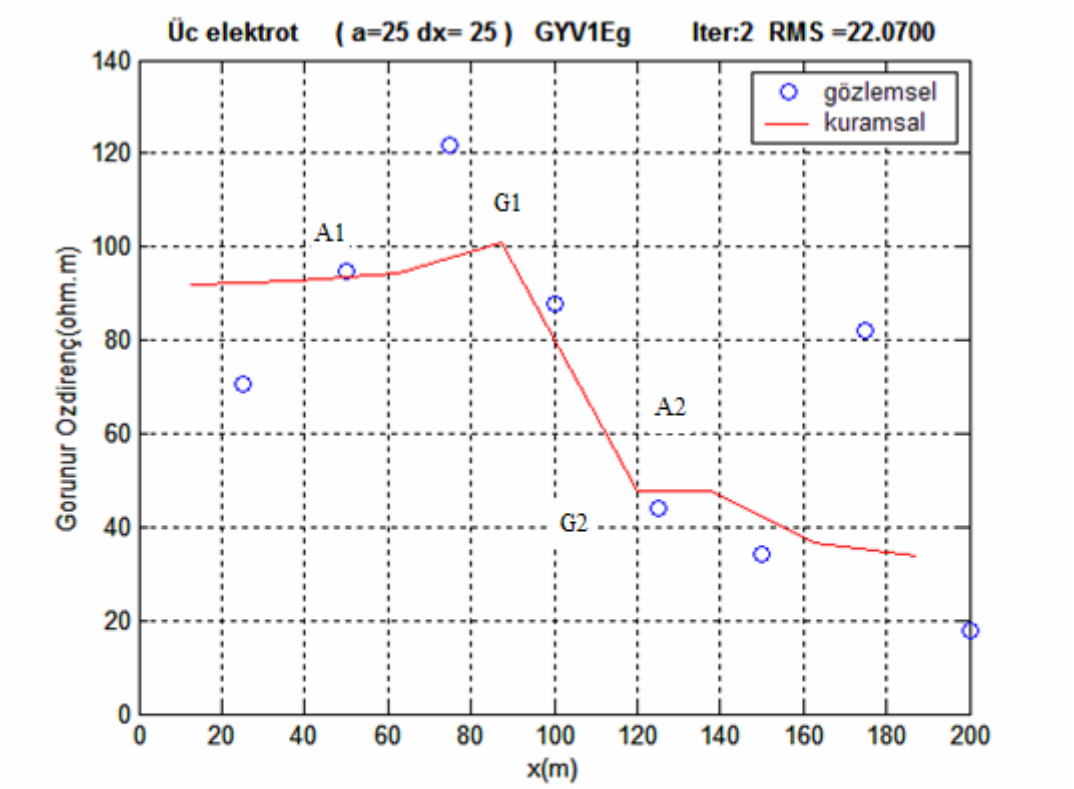
Geyve fayı üzerinde özdirenç çalışması yapılmış ve bu çalışma için üç elektrot açılım sistemi tercih edilmiş olup yapılan çalışmanın yeri Şekil 5.7. de gösterilmektedir.



Şekil 5.7:Geyve Fayı Doğu kesimi üzerinde alınan ölçü profillerinin lokasyon haritası.

GYV1Eg profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar üstte verilmekte, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.8). Elektrotlar arası mesafe a, kayma miktarı dx, iterasyon sayısı iter, karesel hata değeri ise RMS ile gösterilmektedir.

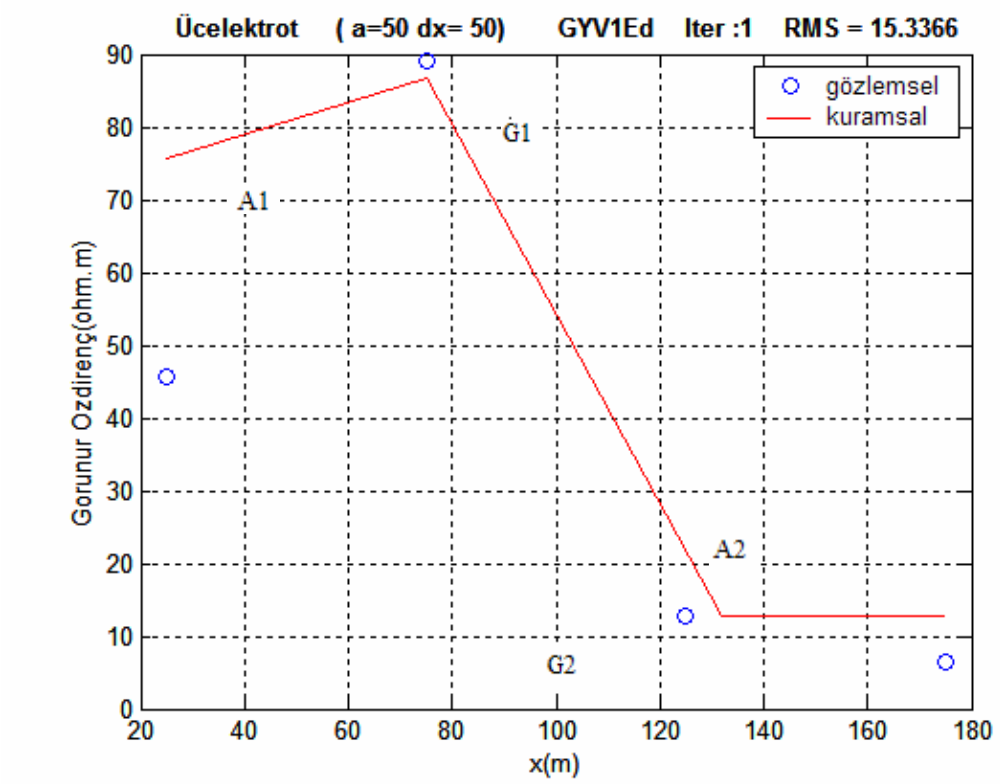
Bu profil ölçüsünün çözümü sonucunda birinci ortamın özdirenci 93 ohm.m ikinci ortamın özdirenci 33 ohm.m ve süreksizliğin profil başlangıcına olan mesafesi ise 133 metre olarak bulunmuştur. Abaklarla hesaplanan fay eğimi de 7,5 olarak belirlenmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda gerek gözlemsel veri ile kuramsal veri arasında uyumun yetersizliği gerekse gözlenen verinin üç elektrot açılım sistemi için belirlenen teorik eğri ile uyumsuzluğu nedeniyle bu eğrinin bir fay eğrisi olmadığına karar verilmiştir.



Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	90	30	130	
Hesaplanan Parametreler	93	33	133	7,5

Şekil5.8: GYV1Eg profili çözümü

GYV1Ed profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar üstte verilmekte, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.9). Bu ölçüm sonucunda elde edilen eğrinin bir fay eğrisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

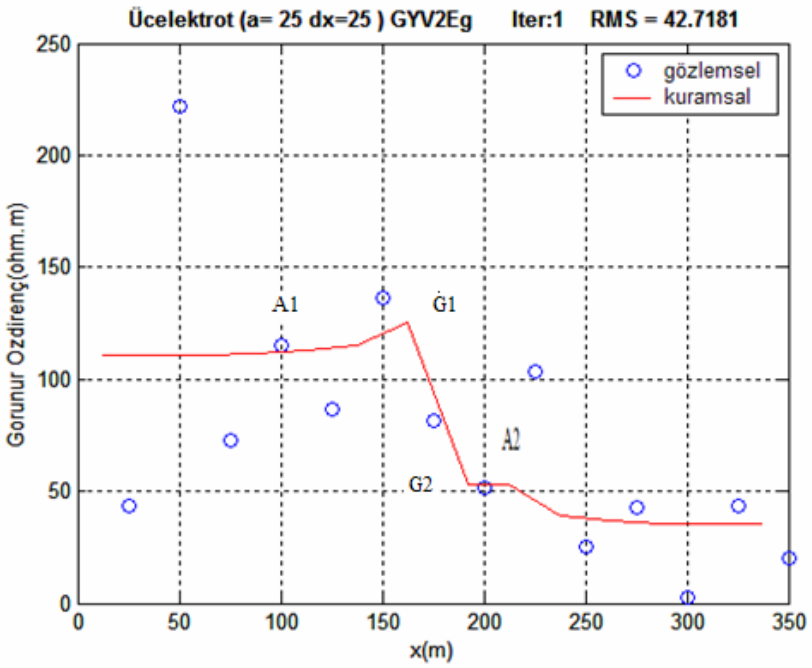


Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	70	7	107	
Hesaplanan Parametreler	56	5	91	9

Şekil5.9: GYV1Ed profili çözümü

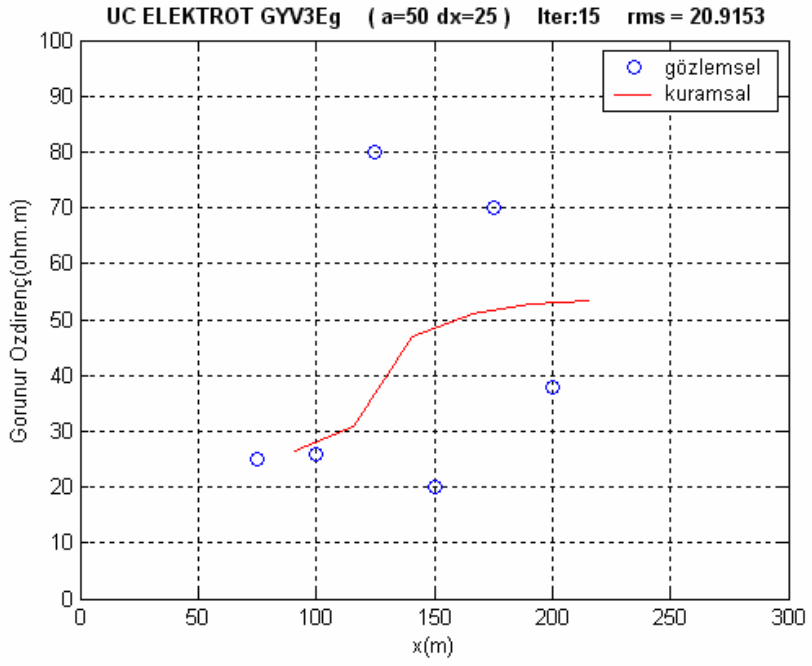
GYV2Eg profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar üstte verilmekte, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir(Şekil 5.10). Çözüme 1 iterasyon sonrasında ulaşılmış karesel hata değeri 42,71 olarak bulunmuştur. Verideki saçılmalar, profil başlangıcında eğride görülen ani yükseliş ve düşüşler fay olarak modellenen eğrinin bir fay eğrisi olmadığı kararına varmamıza neden olmuştur.

GYV3Eg profil ölçüsünün değerleri çok dağınık olduğu görülmektedir(Şekil 5.11). Çözüm uygulanmış ama gözlemsel veri ile kuramsal veri arasında uyum sağlanmadığı görüldüğü için çözüm sonucu bulunan parametreler yazılmamış abaklar ile fayın eğimi hesaplanmamıştır.



Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	110	35	180	
Hesaplanan Parametreler	109	35	212	7

Şekil 5.10:GYV2Eg profili çözümü



Şekil 5.11:GYV3Eg profili çözümü

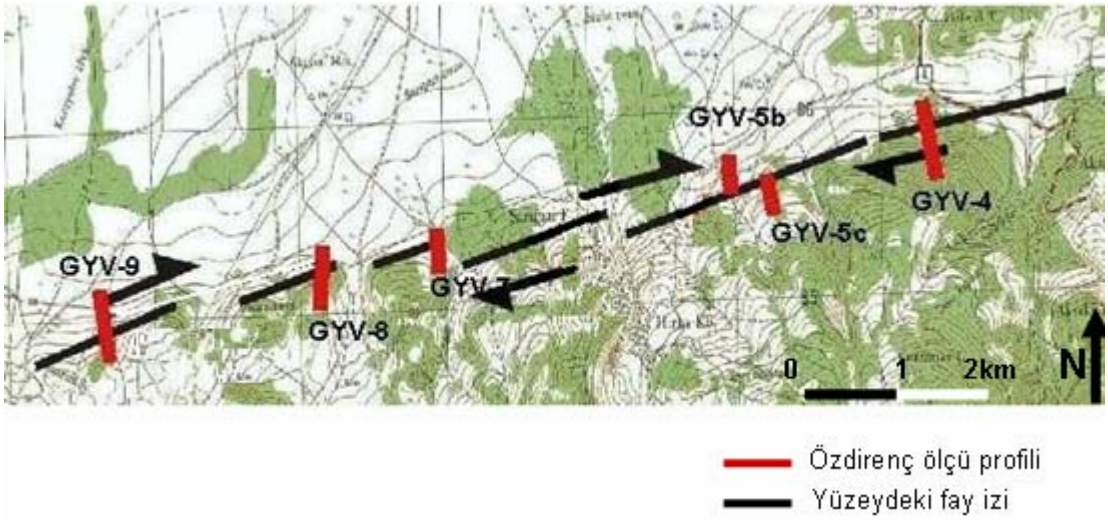
Tablo 5.1: Geyve fayı doğu kesimi ölçü profillerinin ters çözüm sonuçları

GEYVE FAYI DOĞU KESİMİ TERS ÇÖZÜM SONUÇLARI							
Profilin adı	Başlangıç Parametreleri			Hesaplanan Parametreler			Eğim (Derece)
	ρ_1	ρ_2	d	ρ_1	ρ_2	d	
GYV1Eg	90	30	130	93	33	133	7,5
GYVEd1	70	7	107	56	5	91	9
GYV2Eg	110	35	180	109	35	212	7

GYV1, GYV2,GYV3 profilleri fay belirtisi göstermemektedir. Bu lokasyonda Geyve Havzası henüz başlamamış olup kuzeydeki metamorfiklerle güneydeki kireç taşlarının bindirme zonlarında bu belirtiler görülmektedir.

5.2.2.Geyve fayı batı kesimi (Hat 2)

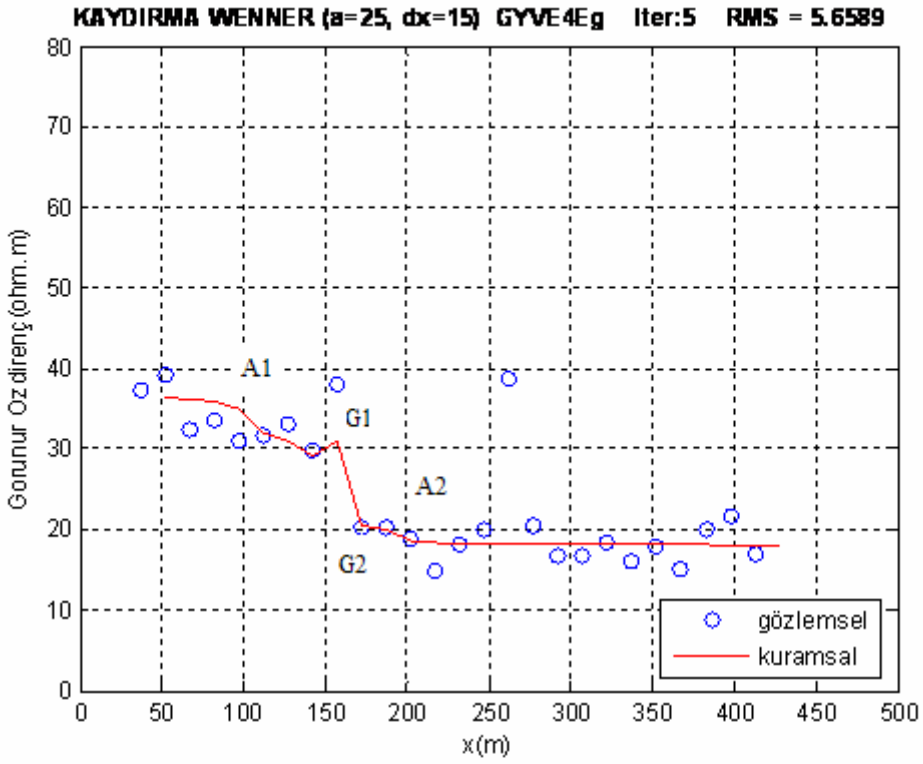
Geyve fayı üzerinde özdirenç çalışması yapılmış ve bu hat için kaydırma Wenner açılım sistemi tercih edilmiş olup yapılan çalışmanın yeri Şekil 5.12'de gösterilmektedir.

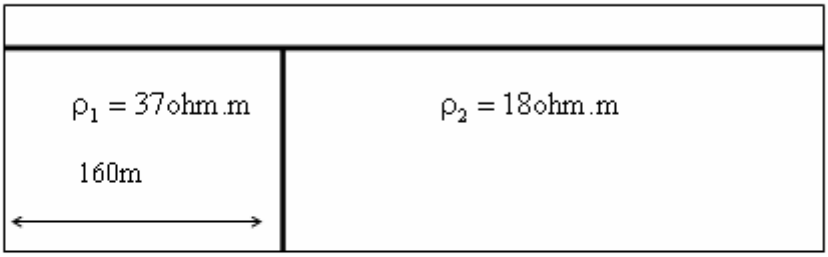


Şekil 5.12**:** Geyve Fayı Batı kesimi üzerinde alınan ölçü profillerinin lokasyon haritası.

GYV4Eg profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise model ve bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.13).

Bu profillerde arazide ölçü alırken elektrot aralığı gidişte (GYV4Eg) 25 metre, kayma miktarı 15 metre, dönüşte (GYV4Ed) ise elektrot aralığı 50 metre kayma miktarı ise 30 metre olarak alınmıştır.





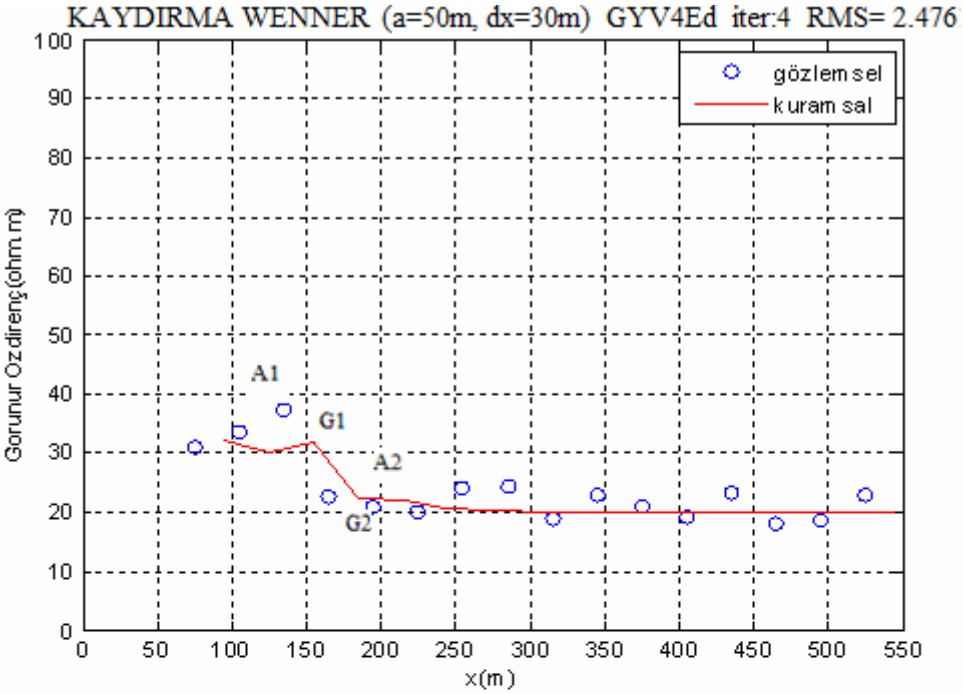
Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	36	18	131	
Hesaplanan Parametreler	37	18	160	7,5

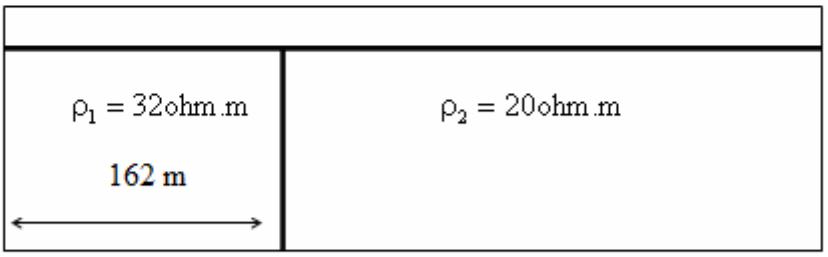
Şekil 5.13: GYV4Eg profili çözümü

GYV4Eg profil ölçüsünün çözümü sonuca 5 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 5,6589 'dur. 37 ohm.m ve 18 ohm.m lik özdirence sahip iki farklı ortamı kesen ve profilin başlangıç noktasına yatay mesafesi 160 metre olan bir doğrultu atımlı fay saptanmıştır.

Bu fayın abaklar yardımıyla bulunan eğim değeri 7,5’ tir. Gözlenen veri ile kuramsal veri arasında oldukça iyi bir uyum sağlanmış, eğri karakteristik bir fay eğrisi özelliği taşımaktadır.

GYV4Ed profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise model ve bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.14)





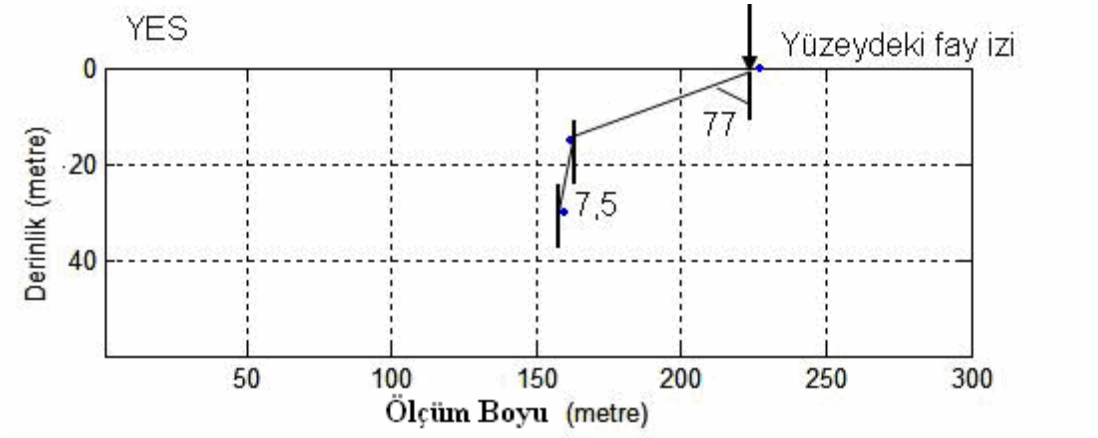
Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	36	18	131	
Hesaplanan Parametreler	32	20	162	7,5

Şekil 5.14: GYV4Ed profili çözümü

GYV4Eg profil ölçüsünün çözümü sonuca 4 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 2,476 ‘dır.

Bu ölçünün çözümünde süreksizliğin sol tarafının özdirenci 32 ohm.m sağ tarafının özdirenci 20 ohm.m profilin başlangıç noktasına yatay mesafesi 162 metre olan fayın eğimi abaklar yardımıyla 7,5 olarak bulunmuştur. Bu profil ölçüsü de karakteristik fay eğrisi özelliği göstermektedir.

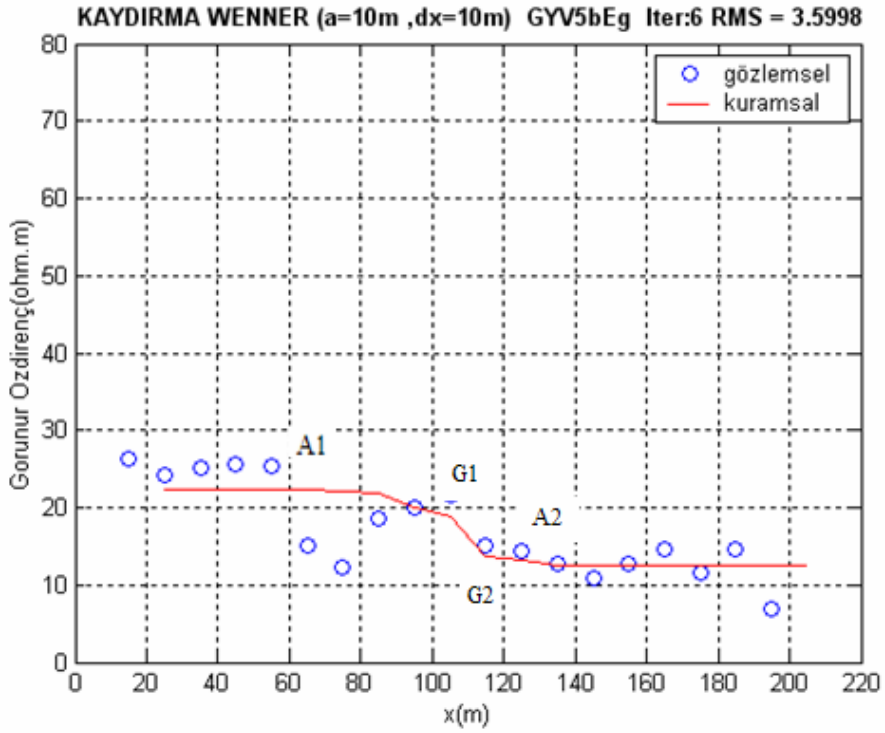
Alınan özdirenç gidiş ve dönüş profil ölçülerinin (GYV4Eg ve GYV4Ed) değerlendirilmesinden fayın profil başlangıcına olan mesafesi bulunmuştur. Daha sonra yüzeyde izlenen fay izinin profil başlangıcına yatay olarak ne kadar uzaklıkta olduğu belirlenmiş ve geometrik eğim hesabı yapılarak fayın belirli derinliklerdeki eğimi bulunmuştur (Şekil 5.15). Bu profil ölçüsünün değerlendirilmesinde 15 metre derinlik için fay eğimi 77 derece 30 metre derinlik için fayın eğim değeri 7,5 derece olarak belirlenmiştir.

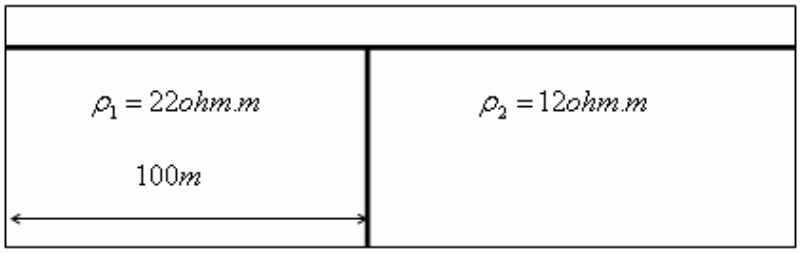


Şekil 5.15: GYV4 profil ölçüsü fay geometrisi

GYV5bEg profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise model ve bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.16)

Bu profilin arazi ölçüsü alınırken elektrot aralığı 10 metre, kayma miktarı 10 metre olarak alınmıştır.





Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	25	12	118	
Hesaplanan Parametreler	22	12	100	7,8

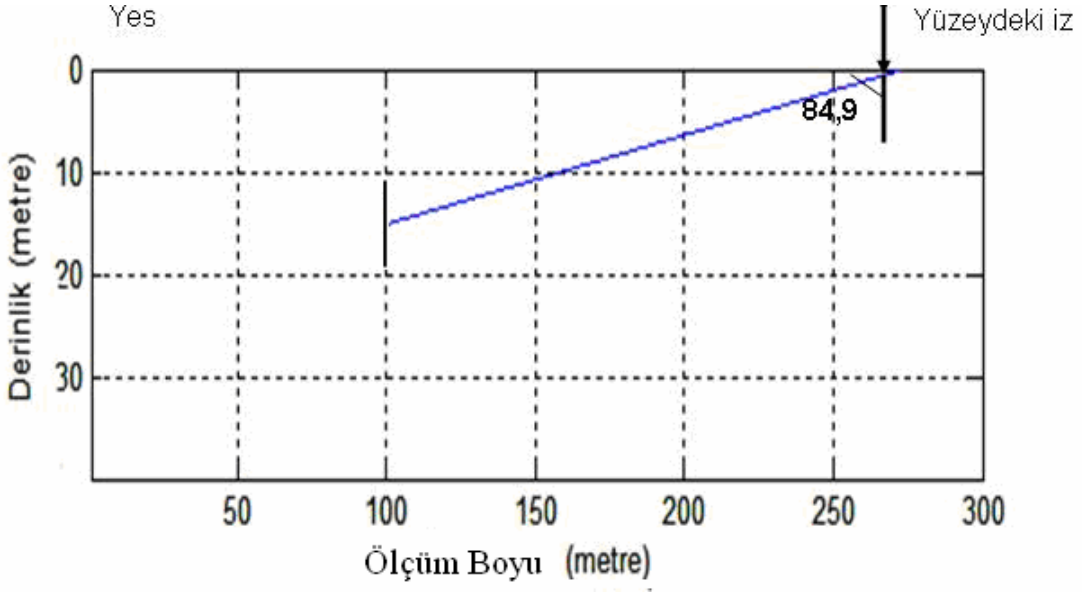
Şekil 5.16**:** GYV5bEg Profili çözümü

GYV5bEg profil ölçüsünden elde edilen özdirenç eğrisi doğrultu atımlı fay eğrisi özelliğini göstermektedir.

Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 6 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 3,5998 ‘dir. Değerlendirilme sonucu ölçünün alındığı yerde 22ohm.m ve 12 ohm m özdirence sahip iki ortam arasında doğrultu atımlı bir fayın

bulunduğu ve bu fayın ölçü profilinin başlangıç noktasına olan uzaklığının ise 100 metre olduğu düşünülmektedir. Abaklar yardımıyla bu fayın eğim derecesi 7,8 olarak hesaplanmıştır.

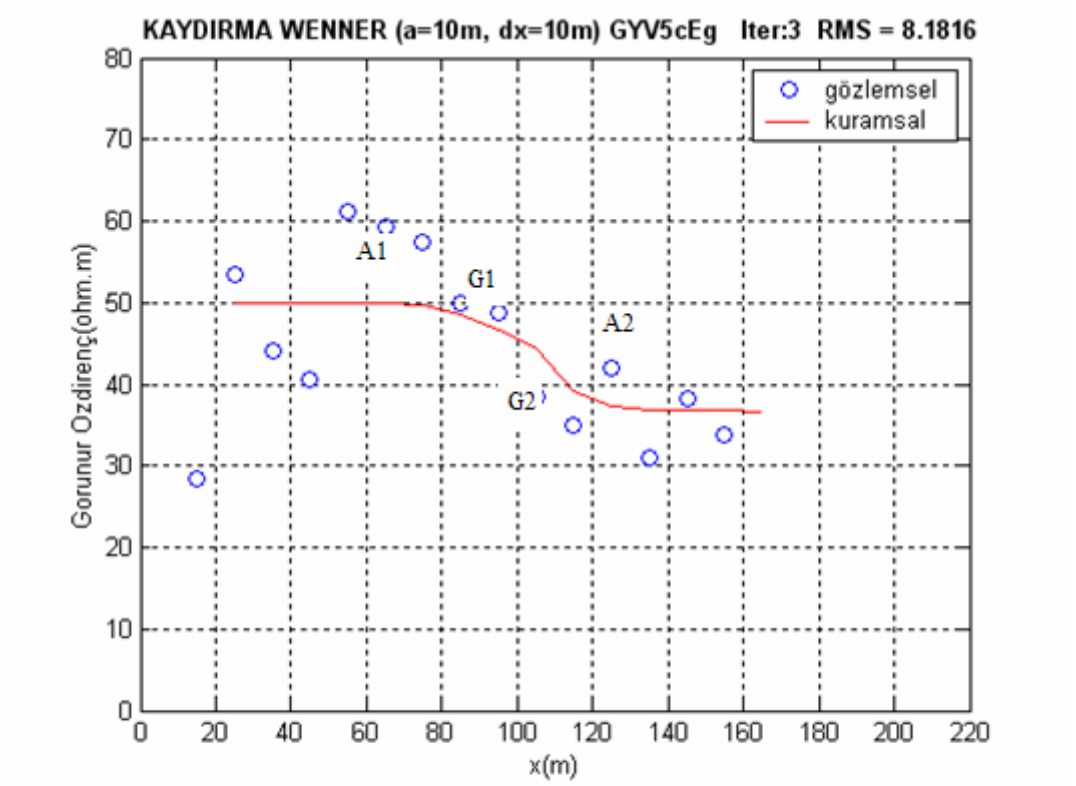
Fayın yüzeydeki izinin derinde belirlenen faya yatay olarak ne kadar uzaklıkta olduğu bulunmuş ve geometrik eğim hesabı yapılarak fayın belirli derinliklerdeki eğimi elde edilmiştir. Bu değerlendirilme sonunda 15 metre derinlik için fay eğimi 84,9 derece olarak belirlenmiştir(Şekil 5.17).



Şekil 5.17 GYV5b profil ölçüsü fay geometrisi

GYV5cEg profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.18)

Bu profilin arazi ölçüsü alınırken elektrot aralığı 10 metre, kayma miktarı 10 metre olarak alınmıştır.



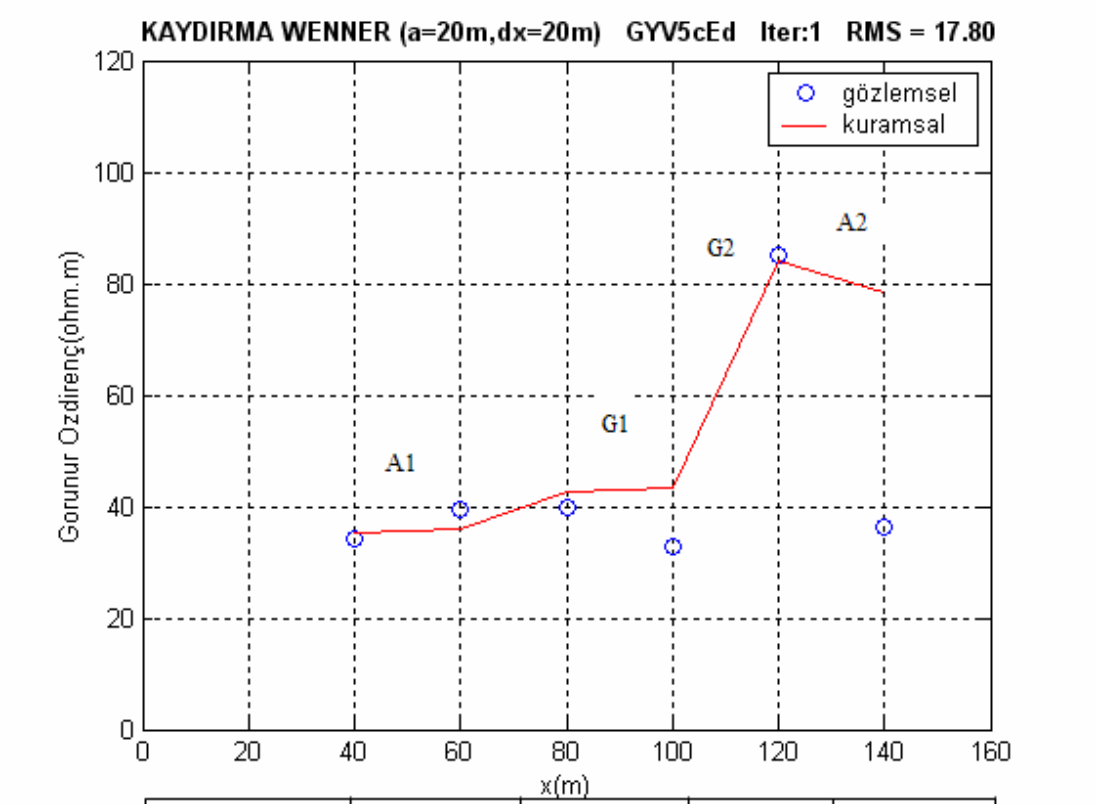
Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	60	35	100	
Hesaplanan Parametreler	49	36	103	7,2

Şekil 5.18:GYV5cEg profili çözümü

Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 3 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 8,1816 ‘dır. 49 ohm.m ve 36 ohm.m‘lik iki faklı ortam olduğu düşünülmüş ve bu süreksizliğin profil başlangıcına olan mesafesi 103 metre olarak belirlenenmiş olmasına rağmen eğrinin başlangıç kısmında görünür özdirençteki düşüş teorik olarak belirlenen fay eğrisinin özelliğine ters düştüğünden değerlendirme sonucu ölçünün alındığı yerde fayın bulunmadığı sonunca varılmıştır.

GYV5cEd profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.19).

Bu profilin arazi ölçüsü alınırken elektrot aralığı 20 metre, kayma miktarı 20 metre olarak alınmıştır.



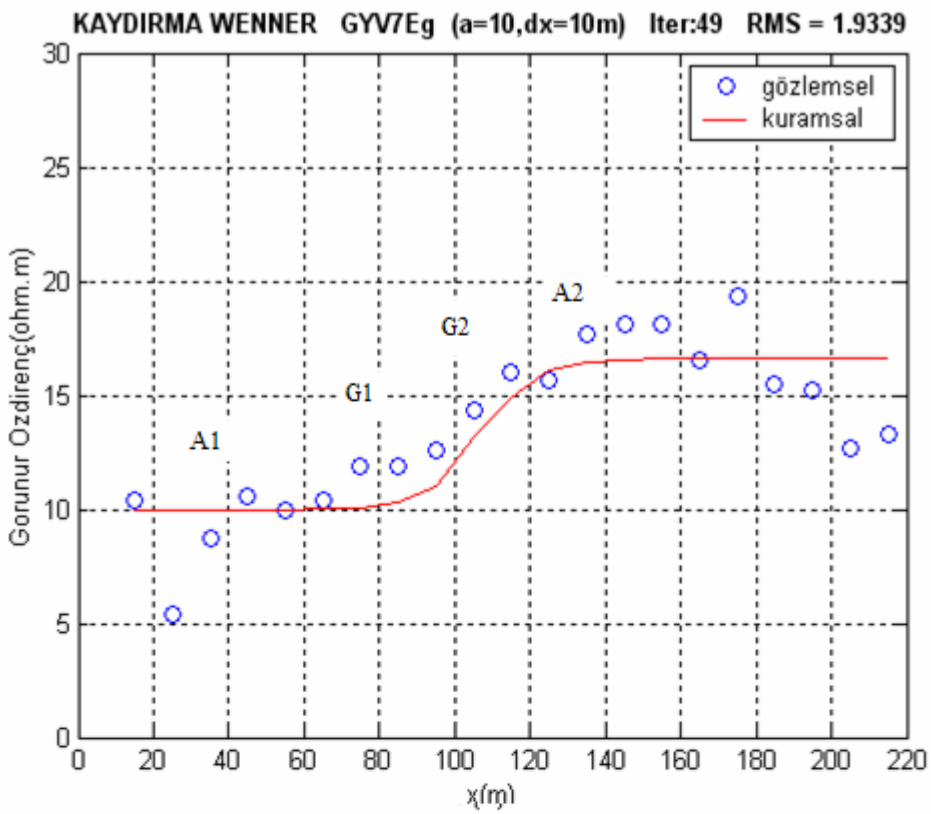
Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	35	100	110	
Hesaplanan Parametreler	36	85	117	8,0

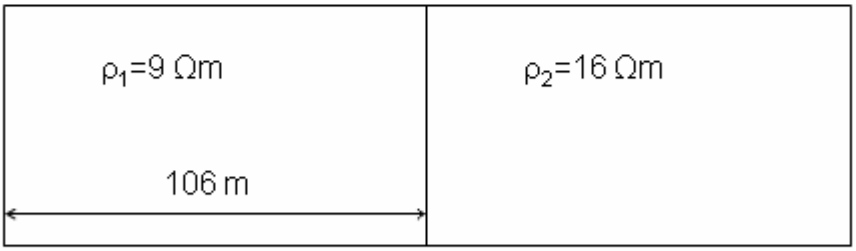
Şekil 5.19: GYV5cEd profili çözümü

Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 1 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 17,80 'dir. 36 ohm.m ve 85 ohm.m 'lik iki faklı ortam olduğu düşünülmüş ve bu süreksizliğin profil başlangıcına olan mesafesi 117 metre olarak belirlenmiştir. Fakat profil başlangıcından 140 metrede uzaklıkta görünür özdirençteki düşüş fay eğrisinin devamı gibi olmadığından bu eğrinin fay eğrisi olmadığı anlaşılmıştır.

GYV7Eg profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.20).

Bu profilin arazi ölçüsü alınırken elektrot aralığı 10 metre, kayma miktarı 10 metre olarak alınmıştır.





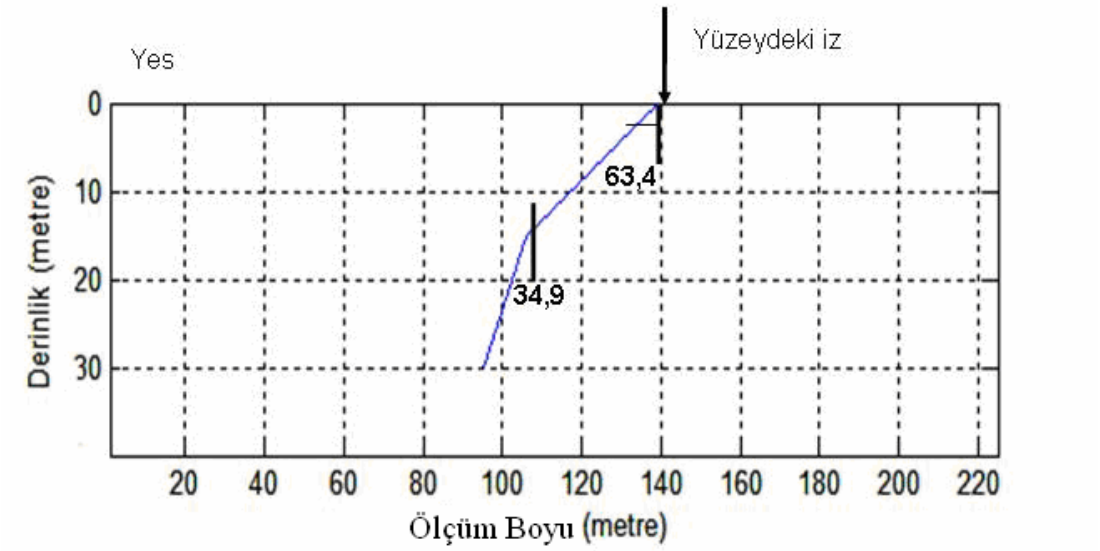
Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	10	18	96	
Hesaplanan Parametreler	9	16	106	7,4

Şekil 5.20: GYV7Eg profili çözümü

Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 49 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 1,9339 ‘dur.

Değerlendirilme sonucu ölçünün alındığı yerde 9 ohm.m ve 16 ohm m özdirence sahip iki ortam arasında doğrultu atımlı bir fayın bulunduğu ve bu fayın ölçü profilinin başlangıç noktasına olan uzaklığının ise 106 metre olduğu düşünülmektedir. Abaklar yardımıyla bu fayın eğim derecesi 7,4 olarak hesaplanmıştır.

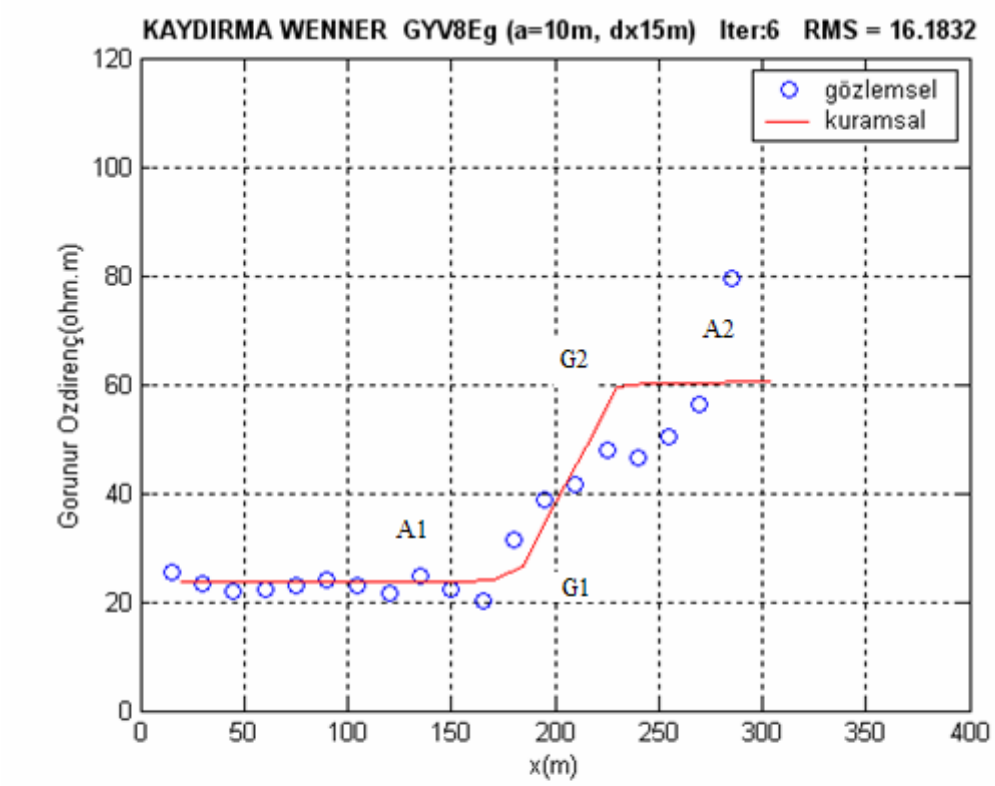
Fayın yüzeydeki izinin derinde belirlenen faya yatay olarak ne kadar uzaklıkta olduğu bulunmuş ve geometrik eğim hesabı yapılarak fayın belirli derinliklerdeki eğimi elde edilmiştir. Bu değerlendirilme sonunda 15 metre derinlik için fay eğimi 63,430 metre derinlik için fayın eğimi 34,9 derece olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.21: GYV7 profil ölçüsü fay geometrisi

GYV8Eg profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.22).

Bu profilin arazi ölçüsü alınırken elektrot aralığı 10 metre, kayma miktarı 15 metre olarak alınmıştır.



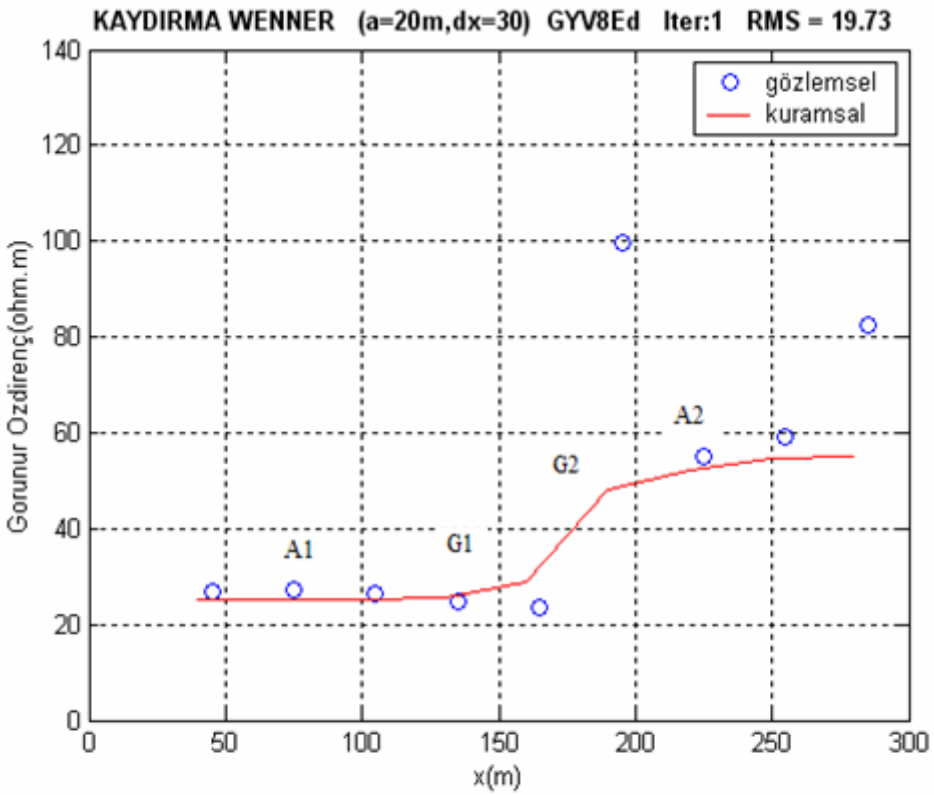
Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	22	46	185	
Hesaplanan Parametreler	23	63	212	7,5

Şekil5.22: GYV8Eg profili çözümü

Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 6 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 16,1832 ‘dır

GYV8Eg ölçüsünün değerlendirilmesi sonucunda fay olarak modellenmiş, yeri profil başlangıcından 212 metre uzaklıkta bulunmuştur. Daha sonra görünür özdirençteki ani yükselim fayın devamı gibi olmayıp çökel ortamdan temel kayaya geçişi gösterdiğinden bu anomalinin fay anomalisi olmadığına karar verilmiştir.

GYV8Ed profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.23).
Bu profilin arazi ölçüsü alınırken elektrot aralığı 20 metre, kayma miktarı 30 metre olarak alınmıştır.



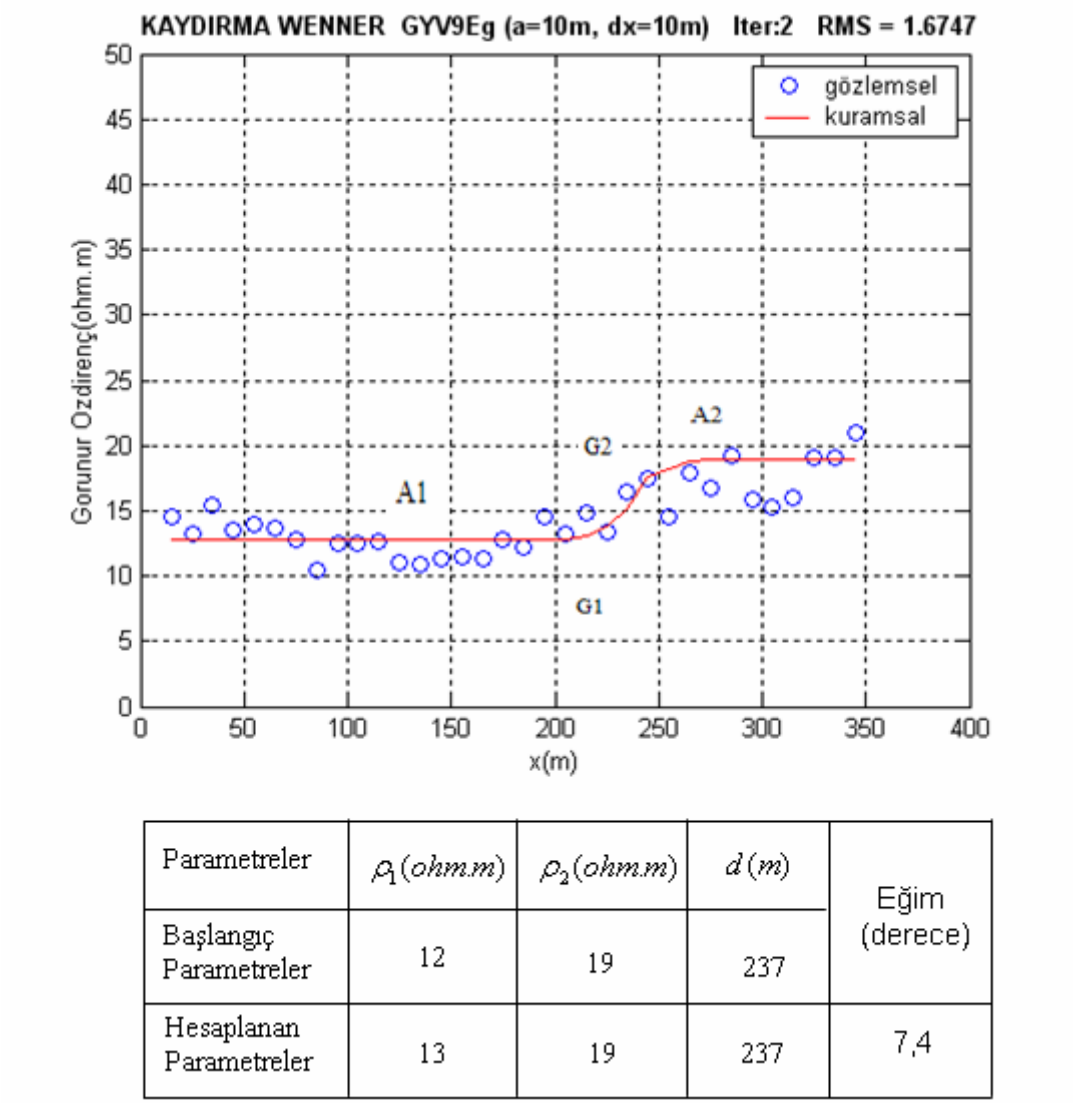
Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	25	55	180	
Hesaplanan Parametreler	24	66	169	6,5

Şekil 5.23**:** GYV8Ed profili çözümü

Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 1 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 19,73'dür. 24 ohm.m ve 66 ohm.m'lik iki faklı ortam olduğu düşünülmüş ve bu süreksizliğin profil başlangıcına olan mesafesi 169 metre olarak belirlenmiştir. Fakat bu eğrinin fay eğrisi olmadığı çökel ortamdan temel kayaya geçişi gösterdiği düşünülmektedir.

GYV9Eg profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.24).

Bu profilin arazi ölçüsü alınırken elektrot aralığı 10 metre, kayma miktarı 10 metre olarak alınmıştır.



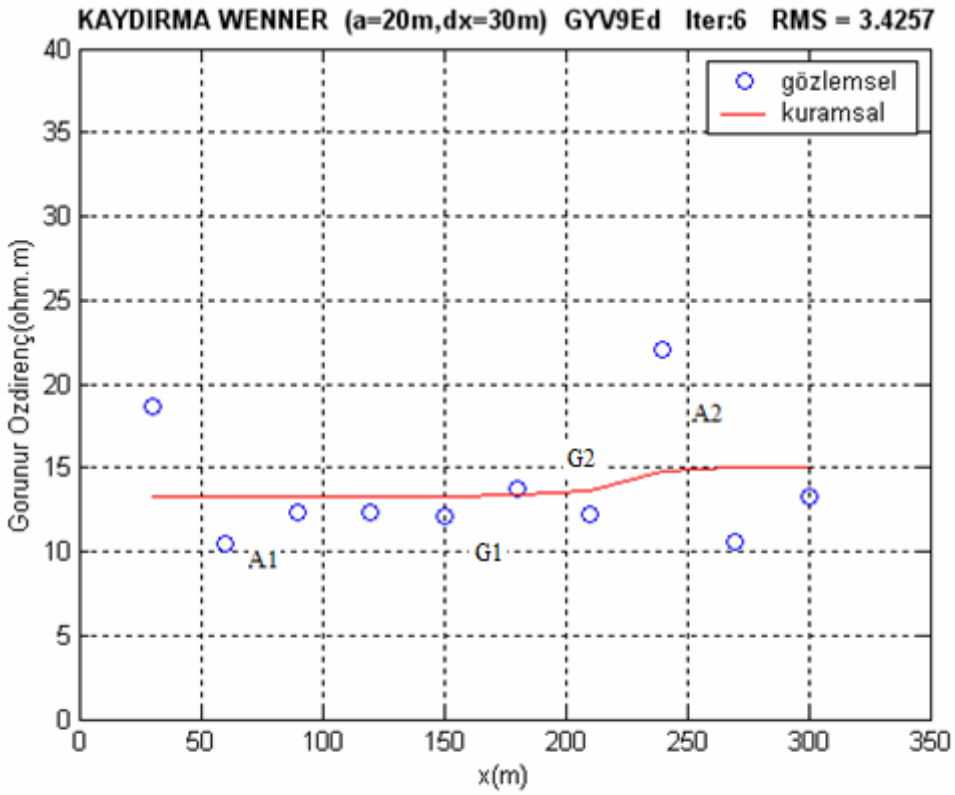
Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	12	19	237	
Hesaplanan Parametreler	13	19	237	7,4

Şekil 5.24: GYV9Eg profili çözümü

Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 2 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 1,6747 ‘dir.

GYV9Ed profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.25).

Bu profilin arazi ölçüsü alınırken elektrot aralığı 20 metre, kayma miktarı 30 metre olarak alınmıştır.



Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	12,5	10	237	
Hesaplanan Parametreler	13	15	237	7,2

Şekil 5.25**:** GYV9Ed profili çözümü

Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 6 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 3,4257 'dir. GYV9 ölçüsünün değerlendirilmesi sonucunda gidiş ölçüsü (GYV9Ed) fay olarak modellenmiş ve bu fayın yeri profil başlangıcından 237 metre uzaklıkta olduğu belirlenmiştir. Daha sonra profil dönüşü ölçüsünün (GYV9Ed) değerlendirilmesinde fay izine rastlanmadığından GYV9Eg ölçüsünün fay anomalisine benzer bir anomali vermesine karşın bu profil ölçüsünün alındığı yerde bir fayın bulunmadığı temel kayanın üzerinin çökel ile kaplandığı düşünülmektedir. Bu fay hattı üzerinde alınmış tüm profil ölçüleri ters çözün tekniğiyle modellenmiş sonuçlar Tablo 5.2 ve Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.2: Geyve fayı batı kesimi gidiş profillerinin ters çözüm sonuçları

GEYVE FAYI BATI KESİMİ GİDİŞ PROFİLLERİNİN TERS ÇÖZÜM SONUÇLARI							
Profilin adı	Başlangıç Parametreleri			Hesaplanan Parametreler			Eğim (Derece)
	ρ_1	ρ_2	d	ρ_1	ρ_2	d	
GYV-9Eg	12	19	237	13	19	237	7,4
GYV-8Eg	22	46	185	23	63	212	7,5
GYV-7Eg	10	18	96	9	16	106	7,4
GYV-5bEg	25	12	118	22	12	100	7,8
GYV-5cEg	60	35	100	49	36	103	7,2
GYV-4Eg	36	18	160	37	18	160	7,5

Tablo.5.3: Geyve fayı batı kesimi dönüş profillerinin ters çözüm sonuçları

GEYVE FAYI BATI KESİMİ DÖNÜŞ PROFİLLERİNİN TERS ÇÖZÜM SONUÇLARI							
Profilin adı	Başlangıç Parametreleri			Hesaplanan Parametreler			Eğim (Derece)
	ρ_1	ρ_2	d	ρ_1	ρ_2	d	
GYV-9Ed	12,5	10	237	13	15	237	7,2
GYV-8Ed	25	55	180	24	66	169	6,5
GYV-5cEd	35	100	110	36	85	117	8,0
GYV-4Ed	36	18	131	32	20	162	7,5

Bu fay hattı üzerinde alınmış tüm profil ölçüleri değerlendirilmiştir. Her bir profilin öngörülen derinlikte geometrik olarak hesaplanan fay eğimi ve yüzeydeki fay izinin ölçü profilinin başlangıç noktasına olan yatay uzaklığı ile birlikte Tablo 5.4 ve Tablo 5.5'te verilmiştir.

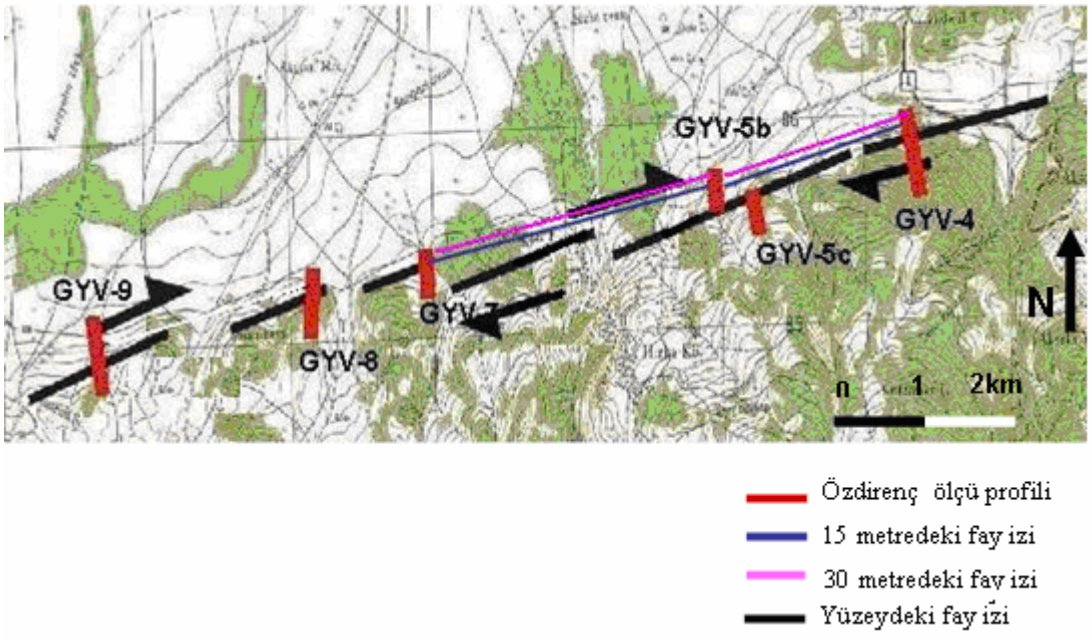
Tablo 5.4: Geyve fayı batı kesimi gidiş profillerinin değerlendirme sonuçları

GEYVE FAYI BATI KESİMİ GİDİŞ PROFİLLERİNİN DEĞERLENDİRMESİ				
Profil adı	Öngörülen derinlik (m)	Başlangıcın Faya uzaklığı(m)	Yüzeydeki fay izinin profil başlangıcına uzaklığı (m)	Eğim1 (Derece)
GYV-7	15	106	136	63,4
GYV-5b	15	100	272	84,9
GYV-4	37,5	160	225	77

Tablo 5.5: Geyve fayı batı kesimi dönüş profillerinin değerlendirme sonuçları

GEYVE FAYI BATI KESİMİ DÖNÜŞ PROFİLLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ			
Profil adı	Öngörülen derinlik (m)	Başlangıcın Faya uzaklığı(m)	Eğim1 (Derece)
GYV-7	30	95	34,9
GYV-4	75	162	7,5

Geyve fayında yapılan özdirenç verilerinin modellemesi sonucu oluşturulmuş fay izi Şekil 5.26'de gösterilmiştir.



Şekil 5.26: Geyve batı kesiminde modelleme sonucu oluşturulmuş fay izi haritası

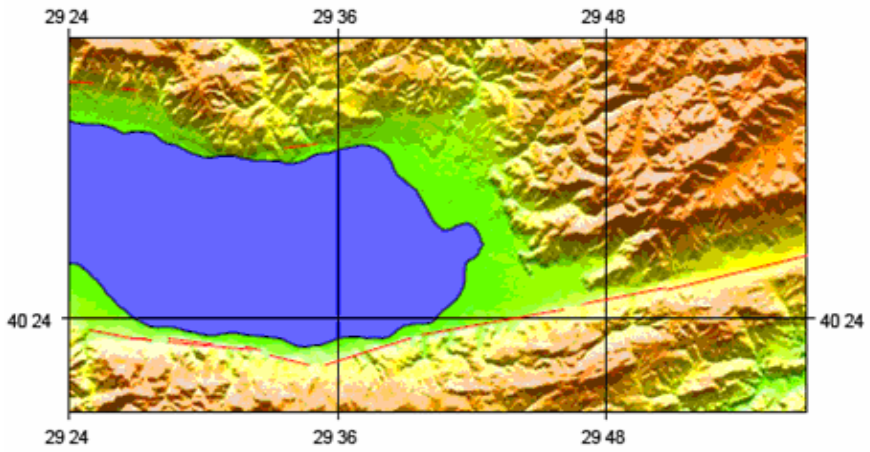
Bu hatta yapılan ölçümlerin değerlendirilmesinde GYV4, GYV5b, GYV7, profillerinde fay eğrisi gözlenmiştir. GYV5c profili fay eğrisi özelliği göstermemektedir. GYV8 profili ise fay eğrisi özelliği göstermekten çok çökel ortamla temel kaya birleşiminin yerini göstermektedir. GYV9 profil ölçüsünün alındığı yerde temel kayanın üzerinin çökel ile kaplandığı düşünülmektedir. Bütün ölçümlerde 15 metredeki fay belirtisi ile 30 metredeki fay belirtisi yüzeyde işaretlenmiş fayın kuzeyinde çıkmıştır. Bu kesitin bulunduğu yer Geyve Havzasının en geniş kısmında bulunduğundan temel kayanın havza içine dalış eğimi tüm havzadaki en yüksek değerde olmalıdır. Bununla ilişkili olarak ta derinlerde bulunmuş fay belirtilerinde açısal olarak yüzeydeki fay içine yakın olmaktadır.

5.3.İznik Bölgesi İnceleme Alanının Jeolojisi

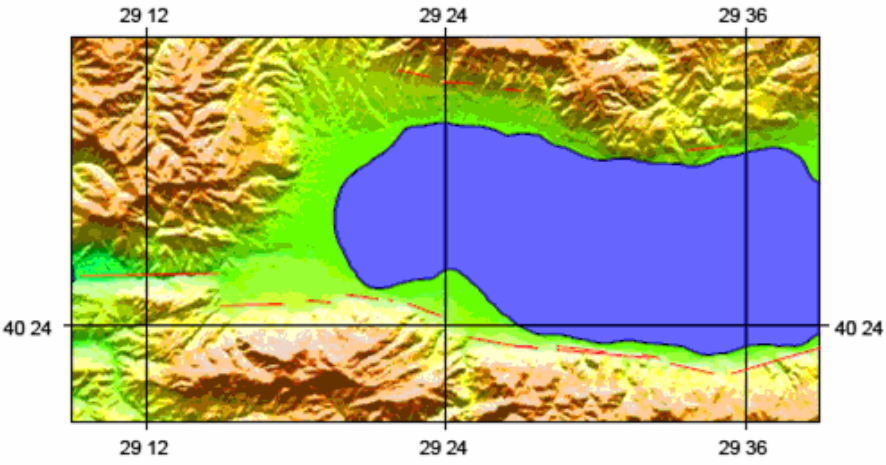
5.3.1.İznik fay zonu ve tektono-stratigrafisi

İznik–Mekece Fayı olarak tanımlanan bu alan; İznik gölü'nün güneyi, İznik Kaynarca arasının güneyi, Beşevler'in doğusu, Çerkeşli civarı, Mekece batısı, Sakarya nehri düzlüğü – Mekece doğusu arasında kalan bölgeyi kapsar (Sipahioğlu,

1986). KAFS Marmara bölgesi Orta Kolunun, çalışma alanında Mekece (Sakarya) ile İznik gölü'nün (Bursa) batı bitimi arasında kalan kesim İznik Fay Zonu ile tanımlanmıştır Doğu kesimi Şekil 5.27'da batı kesimi ise Şekil 5.28'da gösterilmektedir. Bölgede ilk çalışma Akartuna (1968) tarafından yapılmış, bölgenin aktif fay zonu içinde kalan veya Neojen öncesi temel kayaçları örten stratigrafisini Ponsien–Pliyosen yaşlı çökeller olarak tanıtmıştır. Bargu (1982) ise birimi, Yenişehir formasyonu olarak haritalamıştır. Mekece-İznik arasında yayılım gösteren bu çökel, Neojen öncesi temel kayaçları diskordans ile örterken kendi içinde litolojik değişikler gösterir. Bu birimi ise İznik gölü güney ve güneydoğusunda yüzeylemekte olan İznik formasyonu, diskordans ile örter. Birim, Pleyistosen döneminde bir göl ortamında çökelmiştir (Bargu, 1982). İznik formasyonu, İznik gölü'nün düşey tektonik hareketlerden etkilenmesi sonucu oluşmuş, bugünkü göl seviyesinden ise 30-40 m daha yüksekte olan marn ve kumlardan oluşmuştur (Chaput, 1936).



Şekil 5.27: İznik Fayı Doğu kesimi (TUBİTAK104Y325. nolu proje).



Şekil 5.28: İznik Fayı Batı kesimi (TUBİTAK 104Y325 nolu proje).

Kuzey Anadolu Fay Sisteminin Marmara bölgesi Orta Kolu ve Mekece(Sakarya) İznik(Bursa) arası kesimin genel aktif fay haritası Dewey ve Şengör (1979); Sipahioğlu, Matsuda (1982); Barka ve Hancock (1984); Herece (1985); Barka ve Kadinsky-Cade (1988) tarafından yapılmıştır. Bargu (1982) ise çalışma alanının Çerkeşli – İznik arasını normal fay olarak İznik fayı adı ile tanıtmıştır. Bu proje ile KAFS'nin Mekece – İznik arası kesimi İznik Fay Zonu (İFZ) adı ile belirlenmiştir. Bu fay Zonu, Mekece(Sakarya)- Gemlik (Bursa) arasında havza açıp denetlemiştir. Mekece – İznik arasında Epsede, Karadin, Hisarcık ve Çerkeşli ovalarını oluşturan zon, batıya doğru İznik gölü havzasını açıp deforme etmiştir.

5.3.2. Stratigrafi:

Bölgenin Paleotektonik dönem (KAFS öncesi) birimlerini güneyde; Sakarya kıtasına ait Gölcük Grubu formasyonlarından genellikle kireçtaşlarından oluşan Üst kretase yaşlı Vezirhan formasyonu ile bunu kesen andezit bileşimli Sarısu Volkanikleri (Ts) belirler (Saner 1978; Akartuna 1981; Göncüoğlu vd 1987). Mekece-İznik dar ova alanının kuzey bloğunun kayaçları ise Armutlu-Ovacık Zonu'na ait olup metamorfik ve meta-sedimanter özelliktedir (Elmas ve Yiğitbaş, 2001; Yiğitbaş, vd 1999). Çalışma alanında Mekece-İznik arasındaki kesimde dar ova sistemi bulunmakta olup, bu ovaların özellikle güneyindeki dağ morfolojisi, KAFS'nin İznik Fay Zonu (İFZ) ve buna ait segmentler ile deforme edilmiştir. Bu deformasyon bölgede güneyden kuzeye doğru olan drenaj sisteminin de katılımı ile fay denetimli karasal çökel geliştirmiştir. Mekece-İznik arasındaki Karadin, Kocakuyu, Hisarcık, Epsede ve Çerkeşli dar ovalarının dolgusunu oluşturan bu birim, tarafımızdan Hocaköy formasyonu (Qh) olarak adlanmıştır. Bölgenin batısına doğru İznik Gölü doğu ve güney kenarında ise kil, silt, marn ve yalı taşlarından oluşan göl ortamını karakterize eden İznik formasyonu (Qi) bulunur. Sağ yanal doğrultu atım tektoniği, bugünkü İznik gölü seviyesini, gölün özellikle güney ve güneydoğu kenarından deformasyona uğratmıştır. Bu deformasyon, göl kenarı çizgisini değiştirirken İznik formasyonu çökeltmiştir. Pliyo-Kuvaterner dönemde (KAFS'nin doğuşu ile günümüz arası) Hocaköy formasyonu, İznik formasyonunu diskordans ile örter. Bölgenin güney temel kayaçları olan Sarısu Volkaniklerinden oluşan andezitler ve Üst Kretase yaşlı Vezirhan formasyonunu belirleyen kireç taşları ise Hocaköy formasyonu tarafından

hem İFZ denetimli hem de diskordans (nonconformity) ile örtülür. Mekece – İznik koridorunun, aktif dar ova morfolojisinin kuzey dağ kesiminin temel kayaçları ise metamorfik veya meta-sedimanter kayaçlardan oluşur. Buna göre bölge kuzey ve güney olmak üzere iki tektono-stratigrafik kesit ile açıklanmıştır. KAFS'nin İFZ, bölgede kuzeye doğru ikincil ve süreksiz faylar ile deformasyon şiddetini azalttığı için kuzey kenarda güney kenara oranla fay denetimli lineer ve homojen aktif fay ürünü sedimantasyon izlenmez. Sakarya Kıtası ve Armutlu-Ovacık Zonu arasındaki sınırı izleyen ve aktivasyon süreci içinde, bölgede koridor şekilli dar ova sistemini oluşturan, KAFS'nin İznik Fay Zonu'nun denetlediği çökel olan Hocaköy fomasyonunun kaynağı güney temel kayaçlarından oluşur. Bölgedeki İznik formasyonu (Qi) ise İznik gölü kenarının sürekli fay denetimi ile düşey yer değiştirmesinin ürünü olup, gölün güney ve kısmen doğu kenarında depolanmıştır (TUBİTAK 104Y325 nolu proje).

5.3.3.İznik formasyonu (Qi):

Çalışma alanında birim, İznik gölü güney kenarı ve gölün doğu kesiminde izlenir. Birim, KAFS'nin İFZ denetimli, İznik gölünün oluşum süreci içerisinde bölgede gelişmiş en genç göl formasyonu özelliğindedir. Aktif fay süreci içinde göl seviyesinin değişimi ile doğru orantılı olarak çökelmiştir. Önceki çalışmalar içinde Bargu (1982) tarafından haritalanan ve adlanan birim, İznik gölü'nün güney kenarı değişimi ile ilgili olup, göl çökelini belirleyeci litolojik seviyesi, kalın marn ve kaliş ara katkılı kum düzeyleridir. Çalışma alanında DSİ tarafından yapılan 5915 I nolu derin sondaj ile de birimin litolojik seviyeleri net bir şekilde izlenir. Bunun dışında göl kenarı yalıtaşları da bu birimin diğer önemli litolojik seviyesini oluşturur Yalıtaşları 100-160 ile kuzeye eğimlidirler. İznik gölü güney kenarında homojen izlenen bu birimin taneleri kötü boylanmalı olup güney temeli oluşturan kireçtaşları ve andezitlerden türemiştir.

5.3.3.1.Hocaköy formasyonu (Qh):

Çalışma alanında güney zonda fay denetimli olarak izlenen birim Mekece ile İznik arasında yanal süreklilik gösterir.

Birim (Bargu; 1982, Emre vd., 1998) tarafından Yenişehir formasyonu ve Karapürçek formasyonu olarak farklı litolojilerde belirlenmiştir. Çalışma alanının güney zonunda Mekece ve batısı ile Kaynarca, Gülistan (Çiçekli), Hocaköy, Çamdibi ve Dırazali bölgelerinde izlenen birim, tarafımızdan Hocaköy formasyonu (Qh) olarak adlanmıştır. Mekece-İznik arasındaki kesimde güney zonda daha kalın olarak havza dolgusunda da bulunan birim, 80m ile 135m kotları arasında temel birimleri fay denetimli olarak örter.

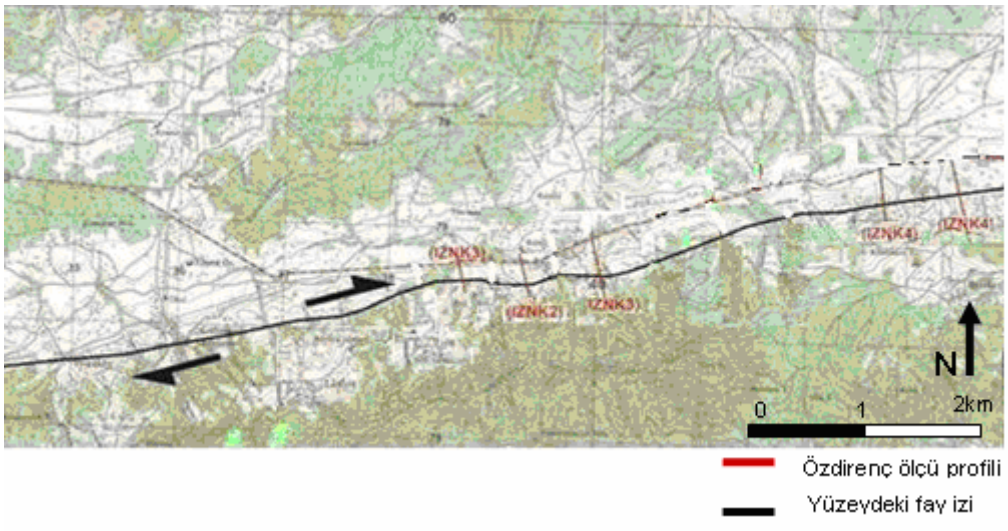
5.3.4.Yapısal jeoloji:

Kuzey Anadolu Fay Sisteminin Marmara bölgesinin Orta kolu Mekece-İznik arasındaki bölgeyi stratigrafik ve morfolojik olarak deformasyona uğratmıştır. Çalışma alanındaki Kuzey Anadolu Fay Sisteminin haritası bazı çalışmalar ile farklı segmentasyonlar ve geometrilerde belirlenmiştir (Bargu 1982; Eyidoğan 1988; (Barka 1992; Yoshioka, Kuşçu., 1994; Emre 1998; Eikichi vd 1998). Ayrıca Bargu (1982); Eyidoğan (1988) ise bölgedeki ana fay geometrisini normal fay olarak belirlemiştir.

5.4.İznik Fay Geometrisinin Elde Edilmesi

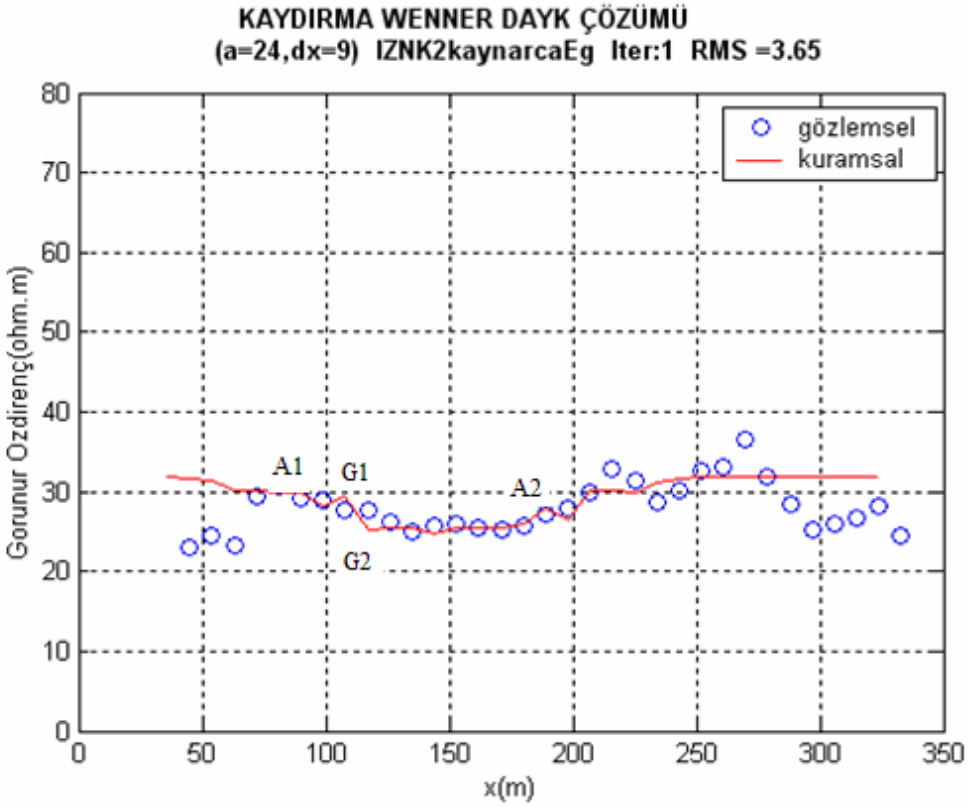
5.4.1. İznik fayı batı kesimi (Hat 3)

İznik Fayı üzerinde alınan kaydırma Wenner ölçü profillerinin lokasyonları Şekil 29'de gösterilmektedir.



Şekil 5.29**:** İznik Fayı Batı kesimi üzerinde alınan ölçü profillerinin lokasyon haritası.

IZNK2aynarcaEg profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise model ve bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.30). Bu profilin arazi ölçüsü elektrot aralığı 24 metre, kayma miktarı 9 metre belirlenerek alınmıştır.

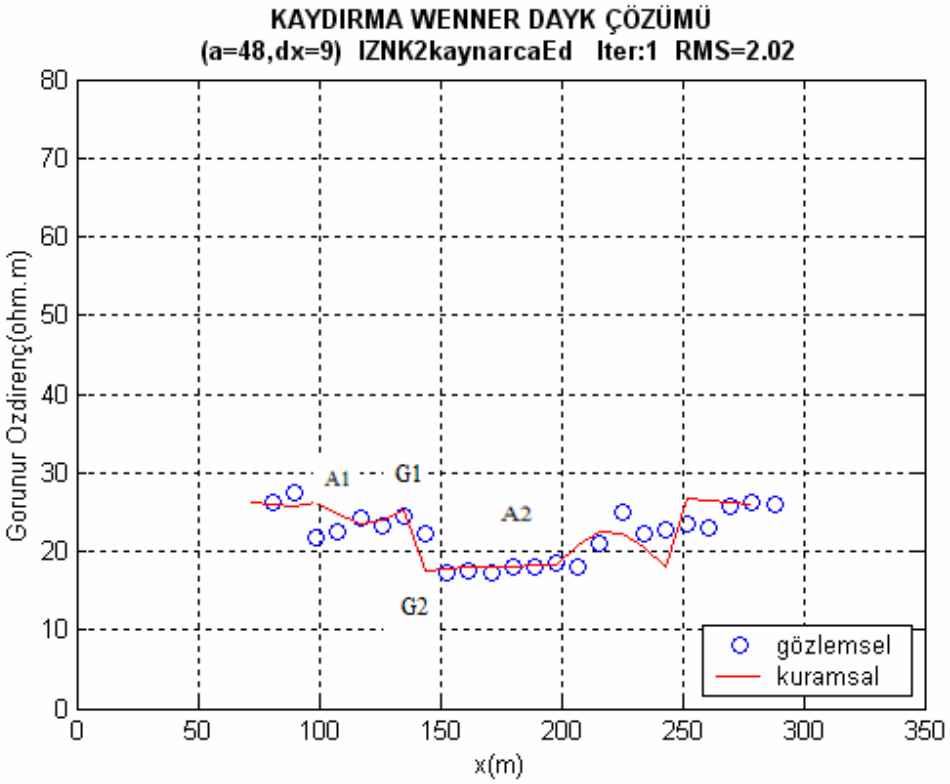


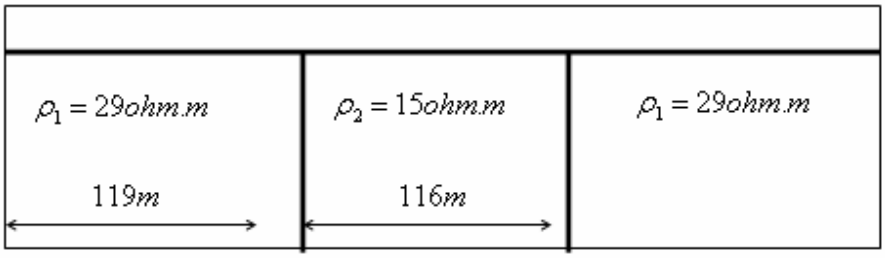
Parametreler	ρ_1	ρ_2	d	Dg	Eğim
Başlangıç Parametreler	32	24	100	90	
Hesaplanan Parametreler	28	23	99	113	7,7

Şekil 5.30: IZNK2aynarcaEg profili çözümü

Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 1 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 3,65 'dir. IZNK2kaynarcaEg profili kaydırma Wenner ölçüsü dayk olarak modellenmiştir. Daykın profil başlangıcına olan mesafesi 99 metre olarak bulunmuştur. Daykın özdirenci 23 ohm.m daykın iki tarafının özdirenci 28 ohm.m olarak çözülmüştür. Ancak iki ortam arasındaki özdirenç farkının az olması nedeniyle bu eğrinin dayk eğrisi olmadığına karar verilmiştir.

IZNK2aynarcaEd profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar üstte verilmekte, altta ise model ve bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.31). Bu profilin arazi ölçüsü elektrot aralığı 48 metre, kayma miktarı 9 metre belirlenerek alınmıştır.



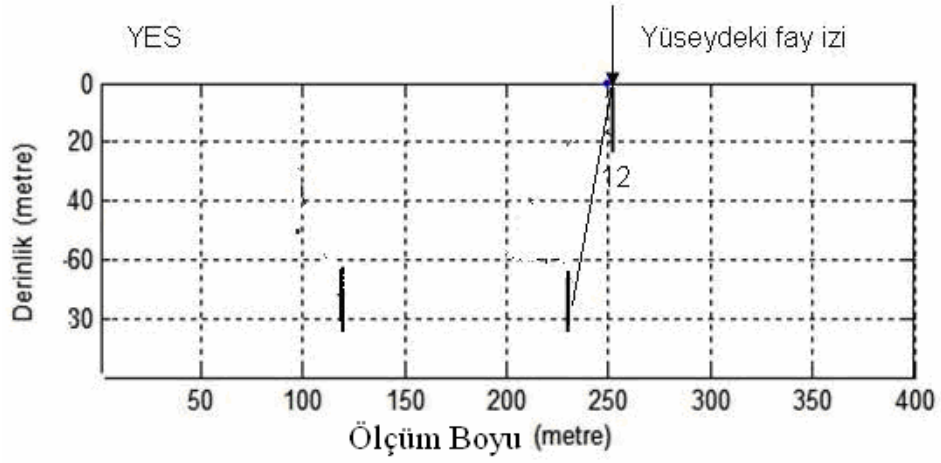


Parametreler	ρ_1	ρ_2	d	Dg	Eğim
Başlangıç Parametreler	30	16	120	100	
Hesaplanan Parametreler	29	15	119	116	7,0

Şekil 5.31**:** IZNK2aynarcaEd profili çözümü

Bu profil ölçüsü sonuca 1 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 2,02 ‘dir. IZNK2kaynarcaEd profili kaydırma Wenner ölçüsü dayk olarak modellenmiştir. Daykın profil başlangıcına olan mesafesi 119 metre daykın genişliği 116 metre olarak bulunmuştur. Daykın özdirenci 15 ohm.m daykın iki tarafının özdirenci 29 ohm.m olarak çözülmüştür. Abaklarla yapılan eğim hesabından daykın eğimi 7,0 olarak bulunmuştur. Eğri karakteristik dayk eğrisi özelliği taşımaktadır.

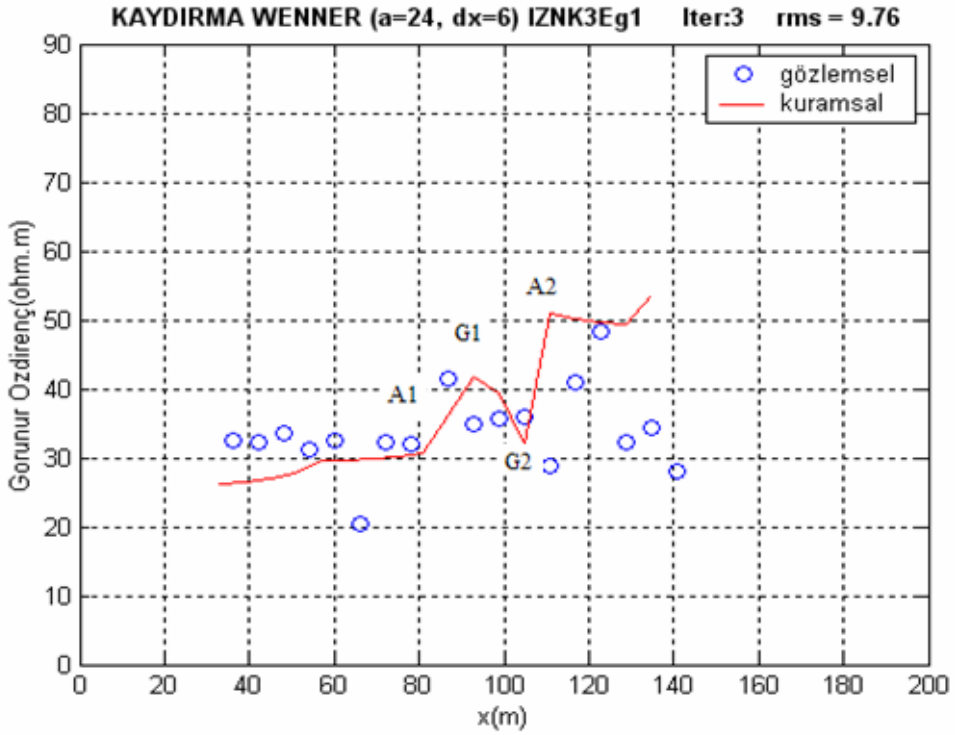
Alınan özdirenç profil ölçüsünün değerlendirilmesinden daykın derinlerdeki izinin yüzeydeki izinden yatay olarak ne kadar uzaklıkta olduğu bulunmuş ve geometrik eğim hesabı yapılarak daykın belirli derinliklerdeki eğimi elde edilmiştir. Bu profil ölçüsünün değerlendirilmesinde 15 metre derinlik için dayk eğimi 12 derece olarak belirlenmiştir (Şekil 5.32).



Şekil 5.32: IZNK2 kaynarca profil ölçüsü fay geometrisi

IZNK3Eg1 profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.33).

Bu profilin arazi ölçüsü alınırken elektrot aralığı 24 metre, kayma miktarı 6 metre belirlenerek alınmıştır.



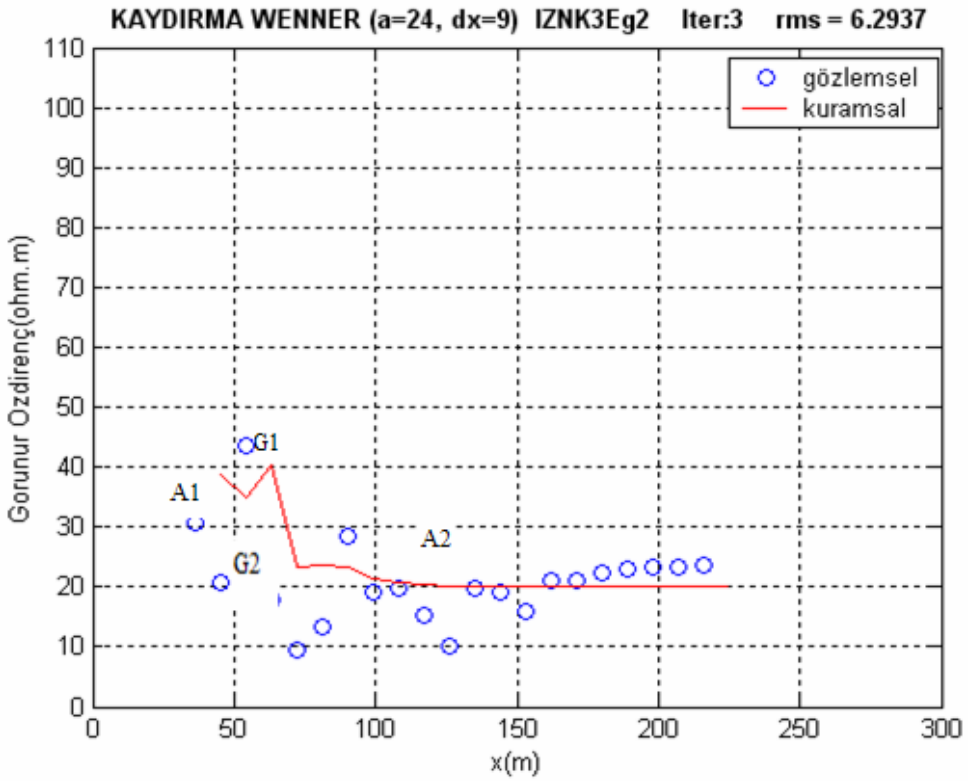
Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	30	60	90	
Hesaplanan Parametreler	25	59	94	7,6

Şekil 5.33: IZNK3Eg1 profili çözümü

Veriler fay olarak modellenmiştir. Çözüme 3 iterasyon sonrasında ulaşılmış, karesel hata değeri 9,76 olarak bulunmuştur. Modelleme sonucunda ölçünün alındığı yerde 25 ohm.m ve 59 ohm m özdirence sahip iki ortam arasındaki fayın ölçü profilinin başlangıç noktasına olan uzaklığının ise 94 metre bulunmuştur. Abaklar yardımıyla bu fayın eğim derecesi 7,6 olarak hesaplanmıştır. Eğrinin sonlarına doğru görünür özdirencin sabit kalmayıp saçılmalar göstermesi teorik fay eğrisinin karekteristik özelliğine ters düştüğünden bu eğrinin fay eğrisi olmadığı anlaşılmıştır.

IZNK3Eg2 profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.34).

Bu profilin arazi ölçüsü elektrot aralıkları 24 metre kayma miktarı 9 metre olarak alınmıştır.



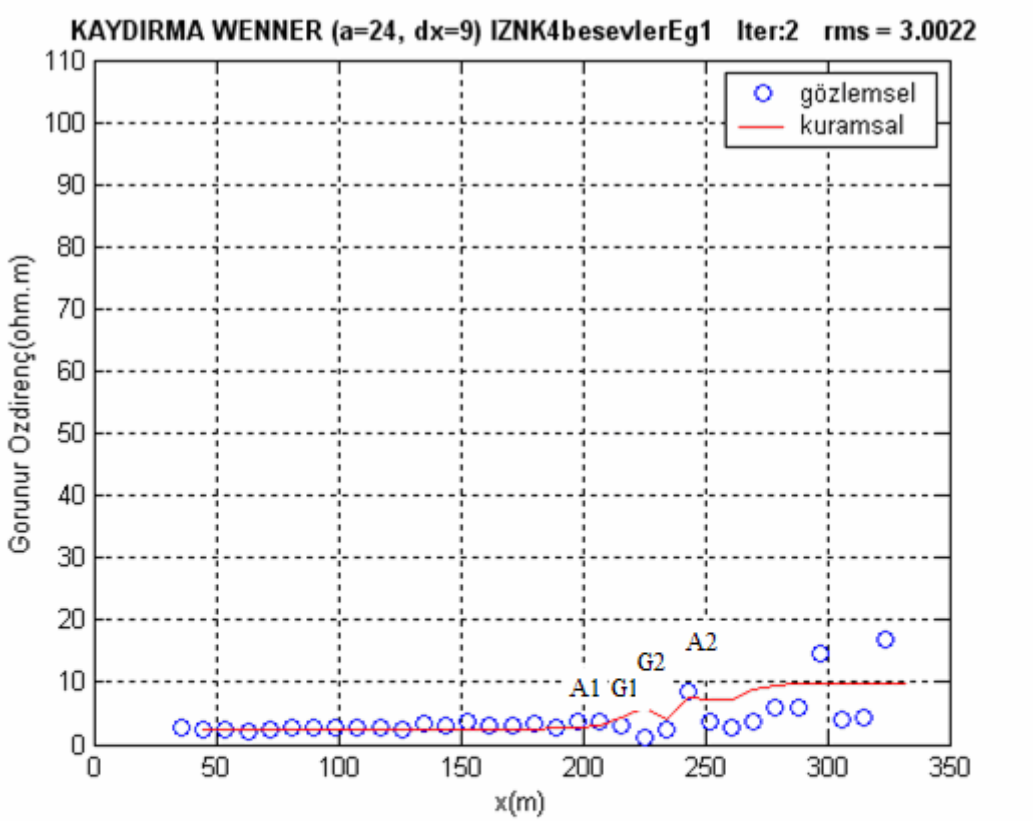
Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	55	15	60	
Hesaplanan Parametreler	34	19	46	3,0

Şekil 5.34: IZNK3Eg2 profili çözümü

Bu profil ölçüsü 3 iterasyon sonra çözüme ulaşmıştır. Çözümün karesel hata değeri 6,2937'dir. 34 ohm.m ve 19 ohm metre'lik iki farklı ortam profil başlangıç noktasına 46 metre uzakta olan fay ile ayrılmış olarak modellenen eğrisinin profil başlangıcından 50 metre sonrasında görünür özdirençteki saçılmalar nedeniyle eğrinin fay eğrisi olmadığı anlaşılmıştır.

IZNK4besevlerEg1 profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.35).

Bu profilin arazi ölçüsü alınırken elektrot aralığı 24 metre, kayma miktarı 9 metre olarak alınmıştır.



Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	5	10	225	
Hesaplanan Parametreler	2	10	225	18

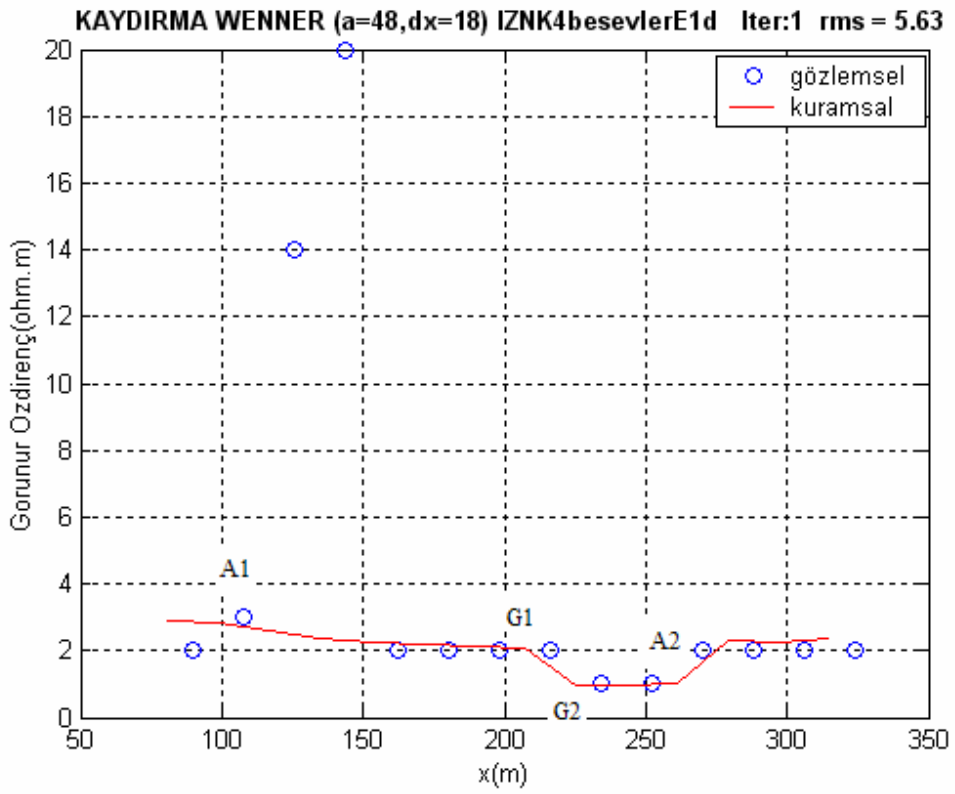
Şekil 5.35**:** IZNK4besevlerEg1 profili çözümü

Veriler fay olarak modellenmiştir. Çözüme 2 iterasyon sonrasında ulaşılmış karesel hata değeri 3,0022 olarak bulunmuştur. Modelleme sonucunda ölçünün alındığı yerde 2 ohm.m ve 10 ohm m özdirence sahip iki ortam arasındaki fayın ölçü profilinin başlangıç noktasına olan uzaklığının ise 225 metre bulunmuştur.

İki ortamın özdirenci arasında çok az bir fark olduğundan bu eğrinin fay eğrisi olmadığı kararına varılmıştır.

IZNK4besevlerEd1 profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.36).

Bu profilde elektrot aralığı 48 metre, kayma miktarı 18 metre alınarak ölçüm yapılmıştır.

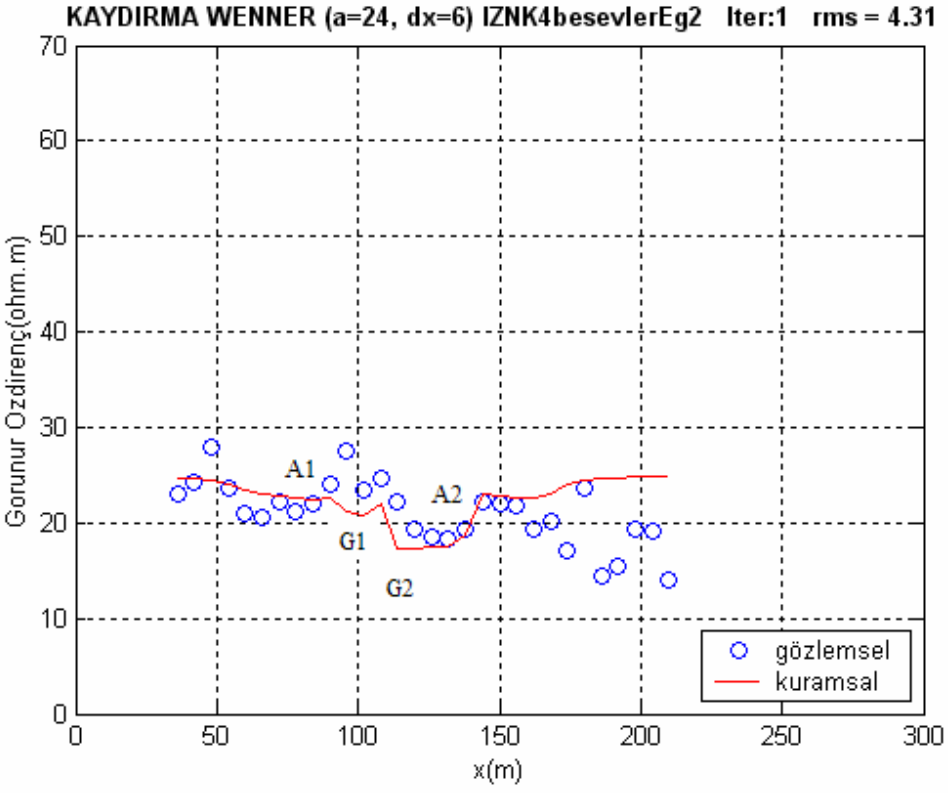


Parametreler	ρ_1	ρ_2	d	Dg	Eğim
Başlangıç Parametreler	2	0,7	200	40	
Hesaplanan Parametreler	5	2	200	40	3,0

Şekil 5.36: IZNK4BesevlerEd1 profili çözümü

Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 1 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 5,63 'tür. IZNK4 BesevlerEd1 profili kaydırma Wenner ölçüsü dayk olarak modellenmiştir. Daykın profil başlangıcına olan mesafesi 200 metre olarak bulunmuştur. Daykın özdirenci 2 ohm.m daykın iki tarafının özdirenci 5 ohm.m olarak çözülmüştür. Ancak iki ortam arasındaki özdirenç farkının az olması nedeni ile bu eğrinin dayk eğrisi olmadığına karar verilmiştir.

IZNK4besevlerEg2 profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil5.37). Bu profilde elektrot aralığı 24 metre, kayma miktarı 6 metre alınarak ölçüm yapılmıştır.



Parametreler	ρ_1	ρ_2	d	Dg	Eğim
Başlangıç Parametreler	25	16	100	30	
Hesaplanan Parametreler	20	16	100	46	1,8

Şekil 5.37: IZNK4BesevlerEg2 profili çözümü

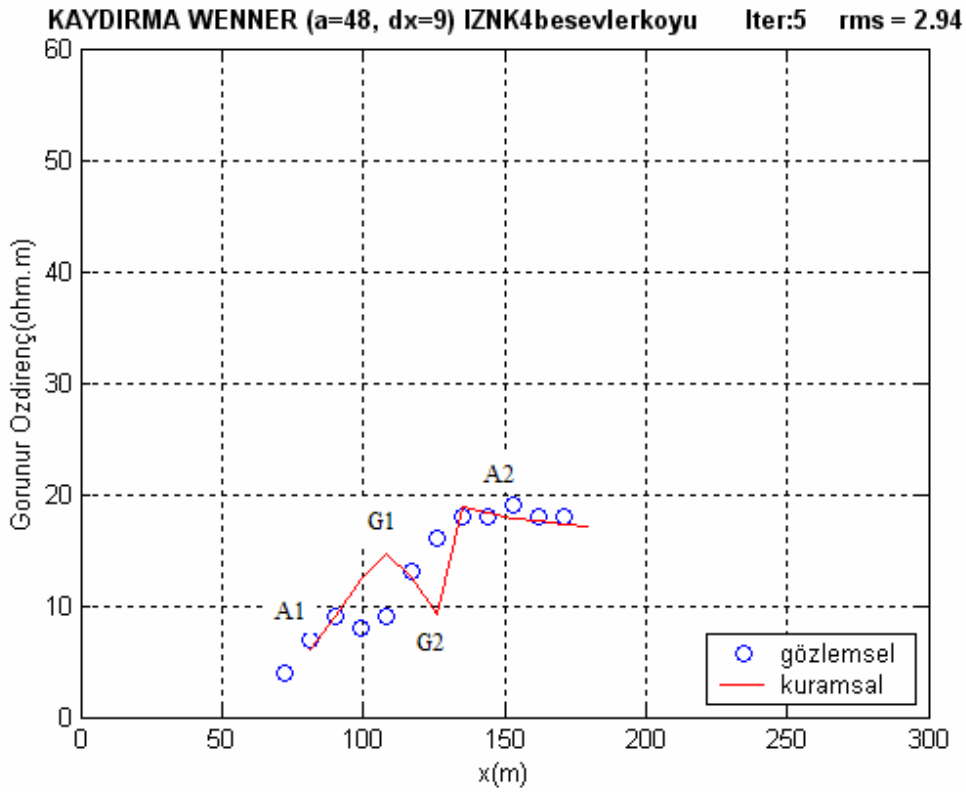
Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 1 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 4,31 ‘dir. IZNK4 BesevlerEg2 profili kaydırma Wenner ölçüsü dayk olarak modellenmiştir. Daykın profil başlangıcına olan mesafesi 100 metre genişliği 46 metre olarak bulunmuştur. Daykın özdirenci 16 ohm.m daykın iki tarafının özdirenci 20 ohm.m olarak çözülmüştür. İki ortam arasındaki özdirenç farkının az olması ve eğrinin sonuna doğru görünür özdirenç değerindeki saçılmalar nedeni ile bu eğrinin dayk eğrisi olmadığına karar verilmiştir.

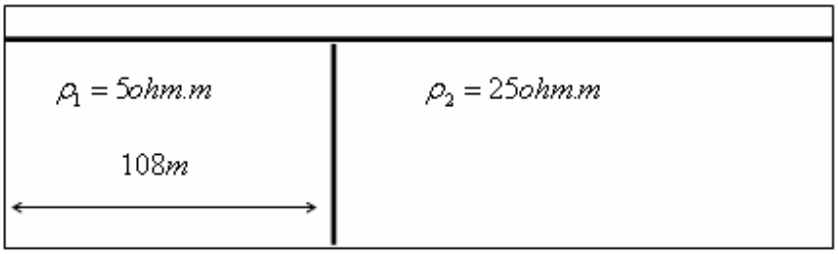
IZNK4besevlerKoyu profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise model ve bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil5.38).

Bu profili elektrot aralığı 48 metre, kayma miktarı 9 metre alınarak ölçüm yapılmıştır.

IZNK4besevlerKoyu profil ölçüsünün çözümü sonuca 5 iterasyon sonrasında ulaşmıştır. Çözümdeki karesel hata değeri 2,94 ‘dır. Ölçü fay olarak modellenmiştir.

Bu ölçünün çözümünde süreksizliğin sol tarafının özdirenci 5 ohm.m sağ tarafının özdirenci 25 ohm.m profilin başlangıç noktasına yatay mesafesi 108 metre olan fayın eğimi abaklar yardımıyla 12,9 olarak bulunmuştur. Bu profil ölçüsü karakteristik fay eğrisi özelliği göstermektedir. Gözlenen veri ile kuramsal veri arasındaki uyum da ayrıca bu profil ölçüsünün alındığı yerde profil başlangıcına 108 metre uzaklıkta doğrultu atımlı bir fayın var olduğunu düşündürmektedir.

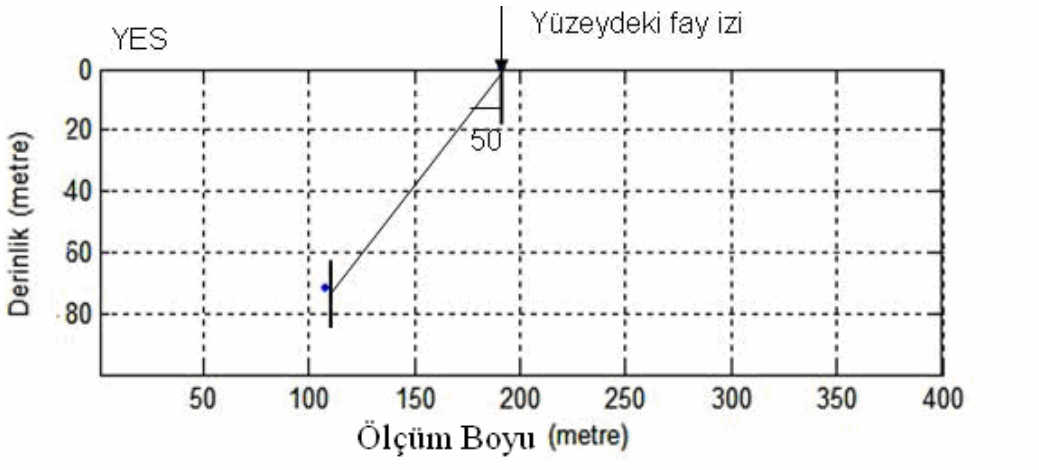




Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	5	20	110	
Hesaplanan Parametreler	5	25	108	12,9

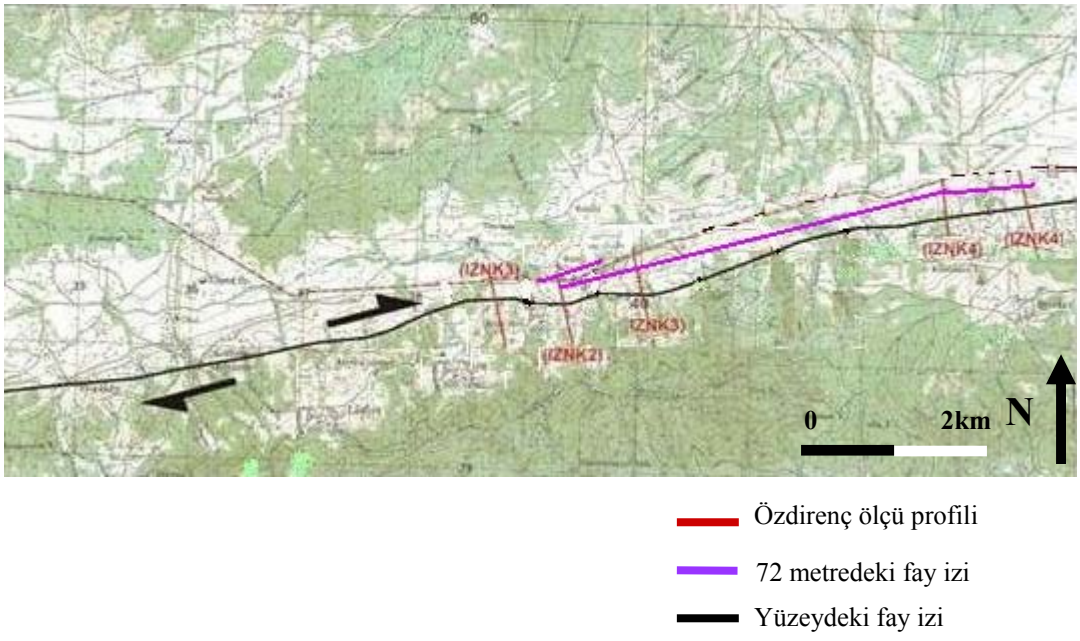
Şekil 5.38: IZNK4BesevlerKoyu profili çözümü

Alınan özdirenç profil ölçüsünün değerlendirilmesinden fayın derinlerdeki izinin yüzeydeki izinden yatay olarak ne kadar uzaklıkta olduğu bulunmuş ve geometrik eğim hesabı yapılarak fayın belirli derinliklerdeki eğimi elde edilmiştir. Bu profil ölçüsünün değerlendirilmesinde 72 metre derinlik için fay eğimi 50 derece olarak belirlenmiştir (Şekil 5.39).



Şekil 5.39: IZNK4Besevlerkoyu profil ölçüsü fay geometrisi

Bu kesitte IZNK2KaynarcaEg, IZNK3Eg1, IZNK3Eg2, IZNK4Eg1, IZNK4BesevlerEd1, IZNK4Eg2 ölçümlerinde fay anomalisi belirtiye rastlanmamıştır. IZNK2KaynarcaEd ve IZNK4Besevlerkoyu (IZNK4Ed2) profillerinde fay anomalisi belirtisi görülmektedir. Derinlere doğru bulunan fay belirtileri yanal olarak yüzeydeki fay izinin yaklaşık 200 metre kuzeyine isabet etmektedir. Bunun sebebi de bu lokasyonun İznik Havzasının başlangıcında olması dolayısı ile muhtemel bir çanağın başlangıcına doğru bir kesimi göstermesidir. Bu durum havzanın küçük ve sığ olması ile açıklanabilir.. İznik fayında yapılan özdirenç verilerinin modellemesi sonucu oluşturulmuş fay izi Şekil 5.40'de gösterilmiştir.



Şekil 5.40 İznik batı kesiminde modelleme sonucu oluşturulmuş fay izi haritası

Bu fay hattı üzerinde alınmış tüm profil ölçüleri ters çözün tekniğiyle modellenmiş gidiş profillerinin sonuçları Tablo 5.6'de dönüş profillerinin sonuçları Tablo 5.7'te verilmiştir.

Tablo 5.6: İznik fayı batı kesimi gidiş profillerinin ters çözüm sonuçları

İZNİK FAYI BATI KESİMİ GİDİŞ PROFİLLERİ TERS ÇÖZÜM SONUÇLARI										
Profilin adı	Başlangıç Parametreleri				Hesaplanan Parametreler				Eğim1 (Derece)	Eğim2 (Derece)
	ρ_1	ρ_2	d	Dg	ρ_1	ρ_2	d	Dg		
İznk2Eg	32	24	100	90	28	23	99	113	7,6	7,6
İznk3g1	30	60	90	----	25	59	94	----	7,6	-----
İznk3g2	55	15	60	----	34	19	46	----	3	-----
İznk4g1	5	10	225	----	2	10	225	----	18	
İznk4g2	25	16	100	30	20	16	100	46	1,8	2

Tablo 5.7: İznik fayı batı kesimi dönüş profillerinin ters çözüm sonuçları

İZNİK FAYI BATI KESİMİ DÖNÜŞ PROFİLLERİNİN TERS ÇÖZÜM SONUÇLARI										
Profilin adı	Başlangıç Parametreleri				Hesaplanan Parametreler				Eğim1 (Derece)	Eğim2 (Derece)
	ρ_1	ρ_2	d	Dg	ρ_1	ρ_2	d	Dg		
İznk2Ed	30	16	120	100	29	15	119	116	7	6,8
İznk4d1	2	0,7	200	40	5	2	200	40	3	
İznk4d2	5	20	110	----	5	25	108	----	12,9	

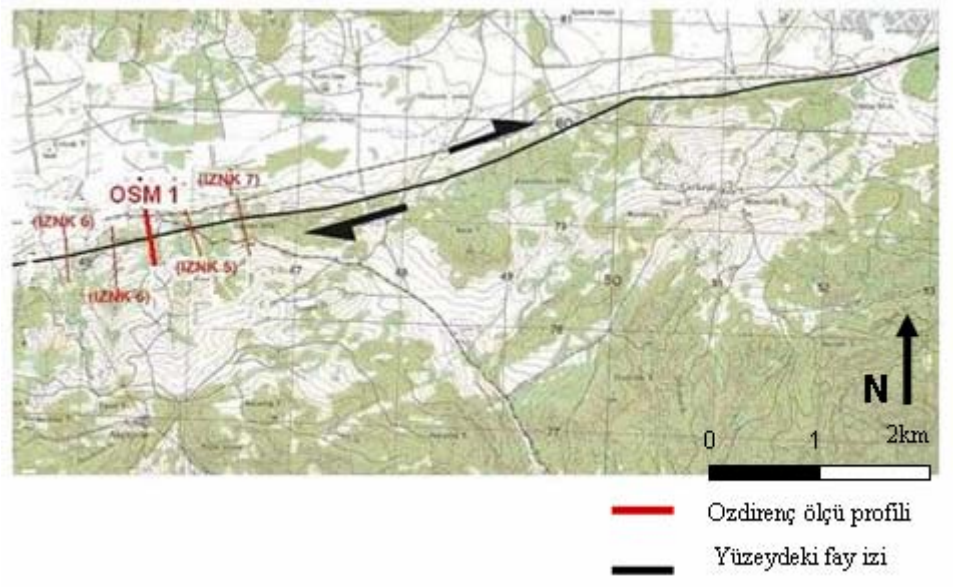
Bu fay hattı üzerinde alınmış tüm profil ölçüleri değerlendirilmiştir. Her bir profilin öngörülen derinlikte geometrik olarak hesaplanan fay eğimi Tablo 5.9 ' da verilmiştir.

Tablo 5.8: İznik fayı batı kesimi dönüş profillerinin değerlendirme sonuçları

İZNİK FAYI BATI KESİMİ DÖNÜŞ PROFİLLERİ DEĞERLENDİRİLMESİ		
Profil adı	Öngörülen derinlik (metre)	Eğim (Derece)
İznk2Ed	72	12
IZNK4d2	72	50

5.4.2. İznik fayı doğu kesimi (Hat 4)

İznik fayı doğu kısmında yapılan özdirenç çalışmalarının yeri Şekil 5.41'de gösterilmektedir. Bu hat üzerinde 5 adet kaydırma Wenner profil ölçüsü alınmıştır. Profiller yüzeyde izlenen fay izine dik doğrultuda olacak şekildedir.

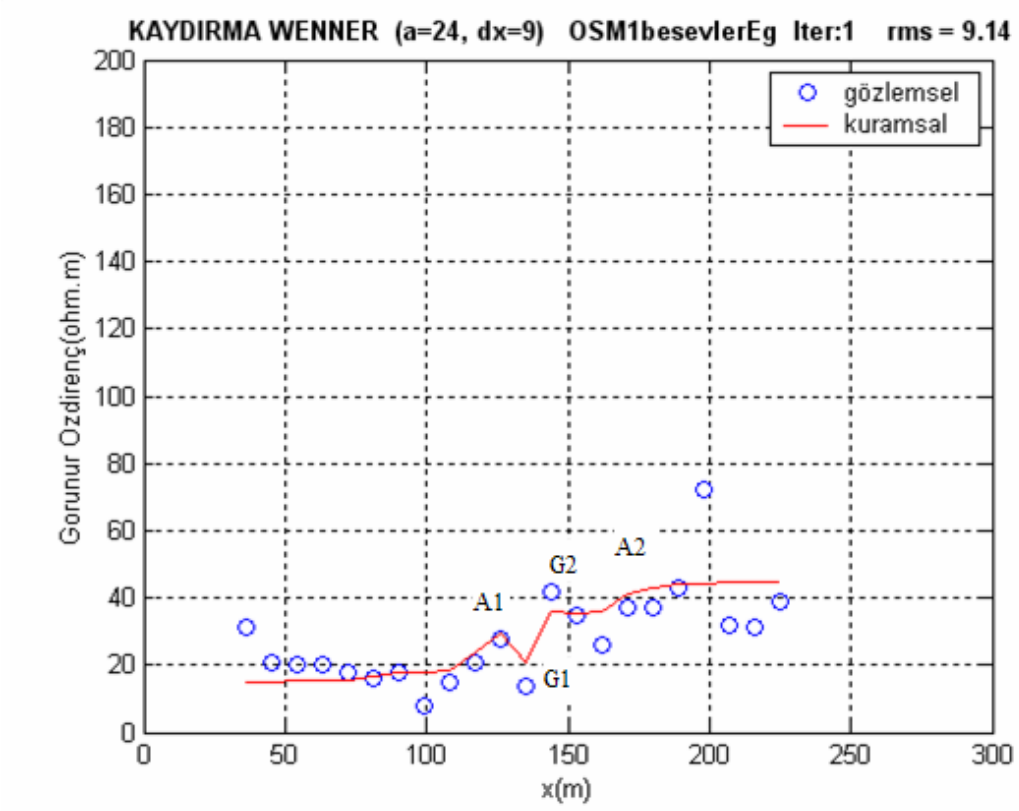


Şekil 5.41 İznik Fayı Doğu Kesimi üzerinde alınan ölçü profillerinin lokasyon haritası.

OSM1besevlerEg profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.42).

Bu profilde elektrot aralığı 24 metre, kayma miktarı 9 metre alınarak ölçüm yapılmıştır. Ölçüler fay olarak modellenmiştir. Modelleme sonucunda birinci ortamın görünür özdirenci 15 ohm.m ikinci ortamın görünür özdirenci 46 ohm.m olarak bulunmuştur. Modellenen fayın profil başlangıcına olan yatay mesafesi ise çözüm sonucunda 125 metre olarak belirlenmiştir. Abaklar yardımıyla yapılan fay eğimi hesabında fayın eğim derecesi 5,1 olarak bulunmuştur.

Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 1 iterasyon sonrasında ulaşmış, çözümdeki karesel hata değeri 9,14 'tür.



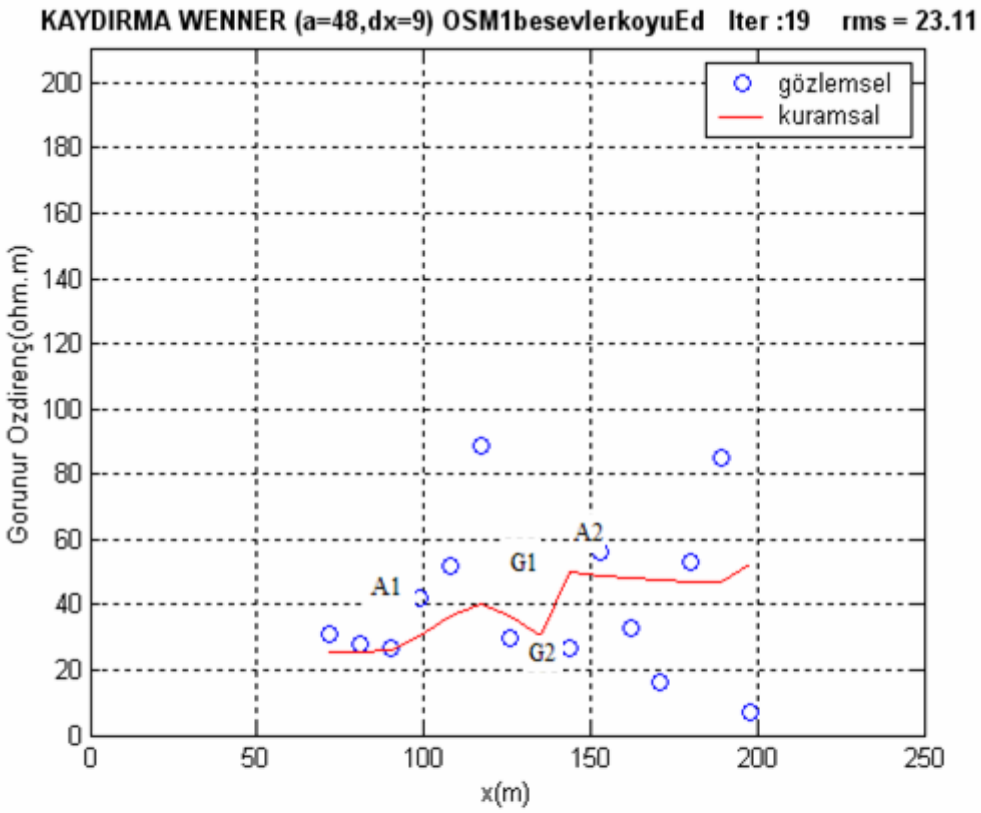
Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	12	45	120	
Hesaplanan Parametreler	15	46	125	5,1

Şekil 5.42: OSM1besevlerEg profili çözümü

Ölçünün değerlendirilmesinde eğrinin bir fay eğrisi olmadığı anlaşılmıştır.

OSM1besevlerkoyuEd profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.43).

Bu profilde elektrot aralığı 48 metre, kayma miktarı 9 metre alınarak ölçüm yapılmıştır.



Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	30	60	110	
Hesaplanan Parametreler	22	59	112	9

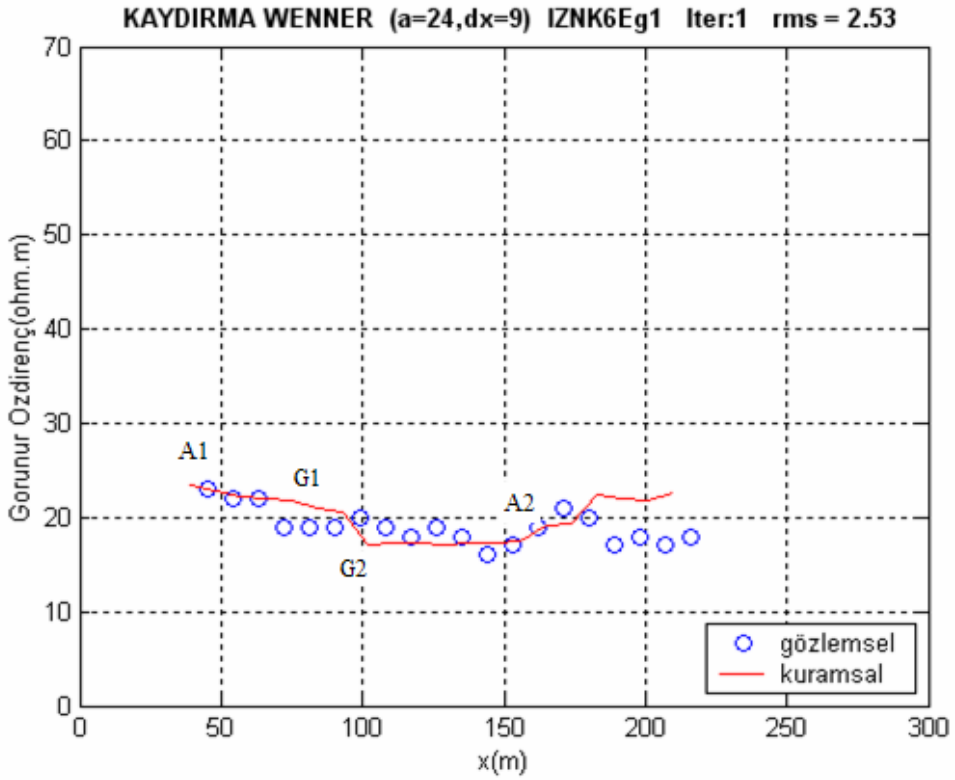
Şekil 5.43: OSM1besevlerkoyuEd profili çözümü

Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 19 iterasyon sonrasında ulaşmış, çözümdeki karesel hata değeri 23,11'dir.

Ölçüler fay olarak modellenmiştir. Modelleme sonucunda birinci ortamın görünür özdirenci 22 ohm.m ikinci ortamın görünür özdirenci 59 ohm.m olarak bulunmuştur. Modellenen fayın profil başlangıcına olan yatay mesafesi ise çözüm sonucunda 112 metre olarak belirlenmiştir. Abaklar yardımıyla yapılan fay eğimi hesabında fayın eğim derecesi 9 olarak bulunmuştur.

Arazi ölçüsündeki aşırı saçılmalar gözlem kuram uyumunun sağlanmasına engel olmuş ve bu eğrinin fay eğrisi olmadığı sonucuna varmamıza neden olmuştur. Çözümdeki karesel hata değerinin yüksek bulunması bu sonucu desteklemektedir.

IZNK6Eg1 profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar üstte verilmekte, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.44). Bu profilde elektrot aralığı 24 metre, kayma miktarı 9 metre alınarak ölçüm yapılmıştır.



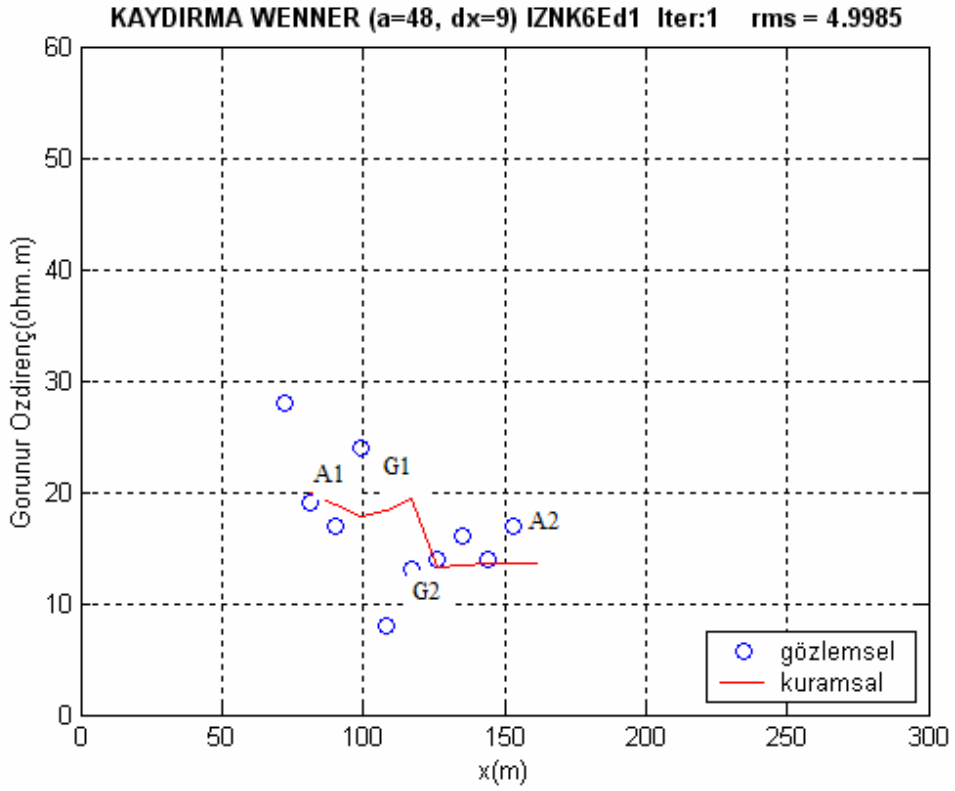
Parametreler	ρ_1	ρ_2	d	Dg	Eğim
Başlangıç Parametreler	24	16	90	80	
Hesaplanan Parametreler	22	15	90	96	7,6

Şekil 5.44: IZNK6Eg1 profili çözümü

Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 1 iterasyon sonrasında ulaşmış, çözümdeki karesel hata değeri 2,53'tür.

Ölçüler dayk olarak modellenmiştir. Modelleme sonucunda daykın görünür özdirenci 15 ohm.m diğer ortamların görünür özdirenci 22 ohm.m olarak bulunmuştur. Modellenen daykın profil başlangıcına olan yatay mesafesi ise çözüm sonucunda 90 metre daykın genişliği 96 metre olarak belirlenmiştir. Abaklar yardımıyla yapılan dayk eğimi hesabında eğim derecesi 7,6 olarak bulunmuştur. Yapılan değerlendirmede ortamlar arasındaki görünür özdirenç farkının az olması nedeniyle bu anomalinin dayk anomalisi olmadığı kararına varılmıştır.

IZNK6Ed1 profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.45).



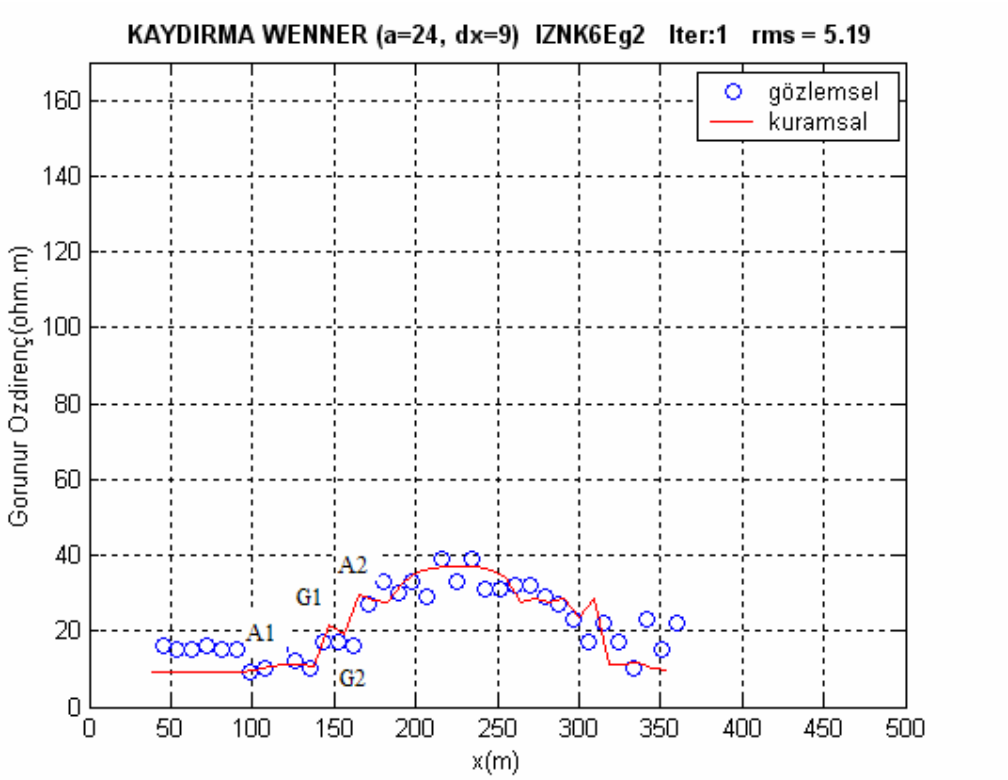
Parametreler	$\rho_1(ohm.m)$	$\rho_2(ohm.m)$	$d(m)$	Eğim (derece)
Başlangıç Parametreler	25	12	100	
Hesaplanan Parametreler	21	12	103	18

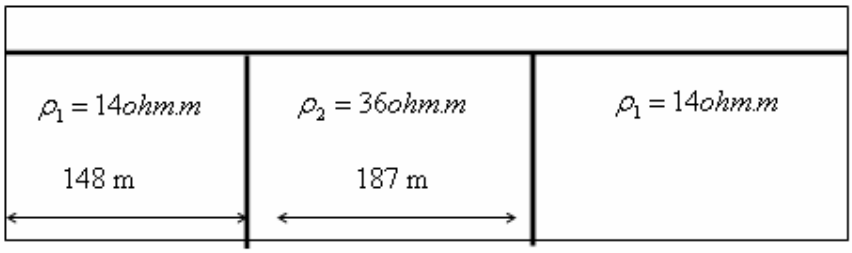
Şekil 5.45: IZNK6Ed1 profili çözümü

Bu profilde elektrot aralığı 48 metre, kayma miktarı 9 metre alınarak ölçüm yapılmıştır. Bu profil ölçüsünün çözümü sonuca 1 iterasyon sonrasında ulaşmış, çözümdeki karesel hata değeri 4,9985'dir. Ölçüler fay olarak modellenmiştir. Modelleme sonucunda birinci ortamın görünür özdirenci 21 ohm.m ikinci ortamın görünür özdirenci 12 ohm.m olarak bulunmuştur. Modellenen fayın profil başlangıcına olan yatay mesafesi ise çözüm sonucunda 103 metre olarak belirlenmiştir. Abaklar yardımıyla yapılan fay eğimi hesabında fayın eğim derecesi 18 olarak bulunmuştur. Yapılan değerlendirmede anomalinin fay anomalisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

IZNK6Eg2 profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçla, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir(Şekil 5.46)

Bu profilde elektrot aralığı 24 metre, kayma miktarı 9 metre alınarak ölçüm yapılmıştır.





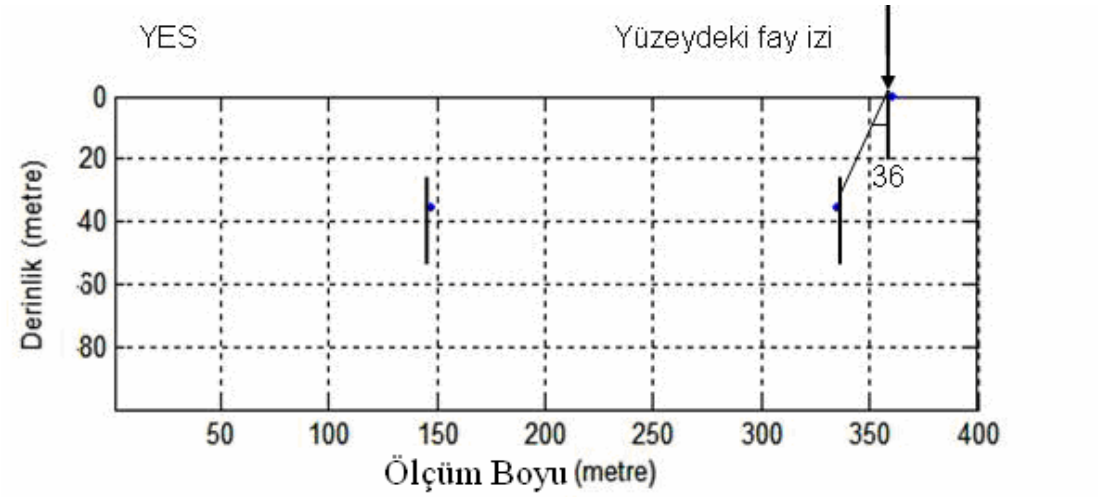
Parametreler	ρ_1	ρ_2	d	Dg	Eğim	
Başlangıç Parametreler	9	38	150	150		
Hesaplanan Parametreler	14	36	148	187	13,6	9

Şekil5.46: IZNK6Eg2 profili çözümü

Ölçüler dayk olarak modellenmiştir. Modelleme sonucunda daykın görünür özdirenci 36 ohm.m diğer ortamların görünür özdirenci 14 ohm.m olarak bulunmuştur. Modellenen daykın profil başlangıcına olan yatay mesafesi ise çözüm sonucunda 148 metre daykın genişliği 187 metre olarak belirlenmiştir. Abaklar yardımıyla yapılan dayk eğimi hesabında eğim derecesi 13,6 ve 9 olarak bulunmuştur. Yapılan

değerlendirmede eğrinin teorik dayk eğrisi özelliği gösterdiği ve bu profilin ölçüsünün alındığı yerde dayk şeklinde bir yapının bulunduğu sonunca varılmıştır.

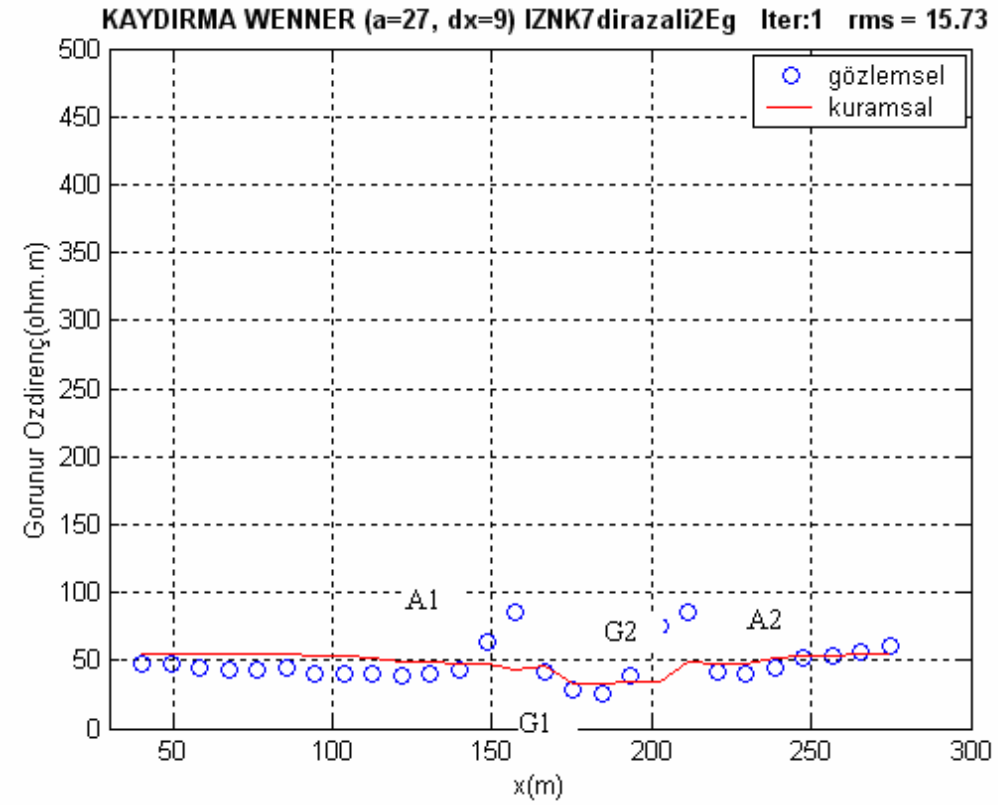
Fayın yüzeydeki izinin derinde belirlenen faya yatay olarak ne kadar uzaklıkta olduğu bulunmuş ve geometrik eğim hesabı yapılarak fayın belirli derinliklerdeki eğimi elde edilmiştir. Bu değerlendirilme sonunda 36 metre derinlik için fay eğimi 36 derece olarak belirlenmiştir (Şekil 5.47).



Şekil 5.47: IZNK 6Eg2 profil ölçüsü fay geometrisi

IZNK7dirazali2Eg profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar, altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir(Şekil 5.48)

Bu profilde elektrot aralığı 27 metre, kayma miktarı 9 metre alınarak ölçüm yapılmıştır.



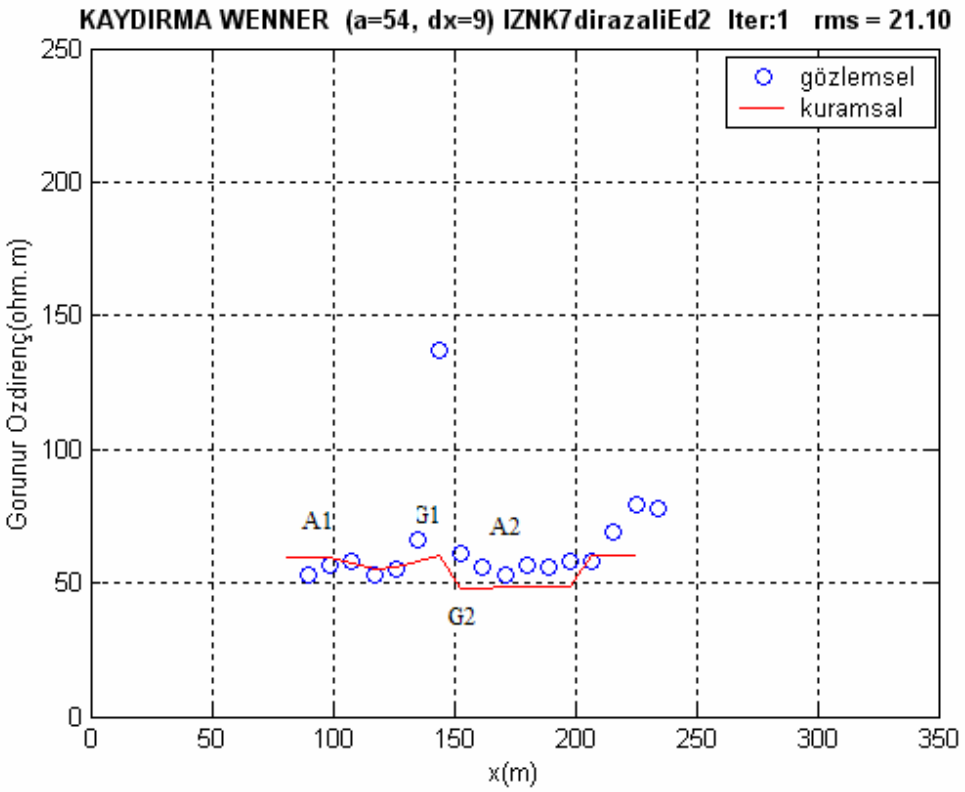
Parametreler	ρ_1	ρ_2	d	Dg	Eğim
Başlangıç Parametreler	55	30	160	30	
Hesaplanan Parametreler	52	39	152	89	3,1

Şekil 5.48: IZNK7dirazali2Eg profili çözümü

Bu profil ölçüsü dayk olarak modellenmiştir. Modelleme sonucunda daykın görünür özdirenci 39 ohm.m diğer ortamların görünür özdirenci 52 ohm.m olarak bulunmuştur. Modellenen daykın profil başlangıcına olan yatay mesafesi ise çözüm sonucunda 152 metre daykın genişliği 89 metre olarak belirlenmiştir. Abaklar yardımıyla yapılan dayk eğimi hesabında eğim derecesi 3,1 olarak bulunmuştur. Yapılan değerlendirmede anomalinin dayk anomalisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

IZNK7dirazaliEd2 profilinde ölçü ile elde edilen özdirenç değerleri ile model sonucu elde edilmiş sonuçlar altta ise bu modele ait parametreler gösterilmektedir (Şekil 5.49).

Bu profilde elektrot aralığı 54 metre, kayma miktarı 9 metre alınarak ölçüm yapılmıştır.

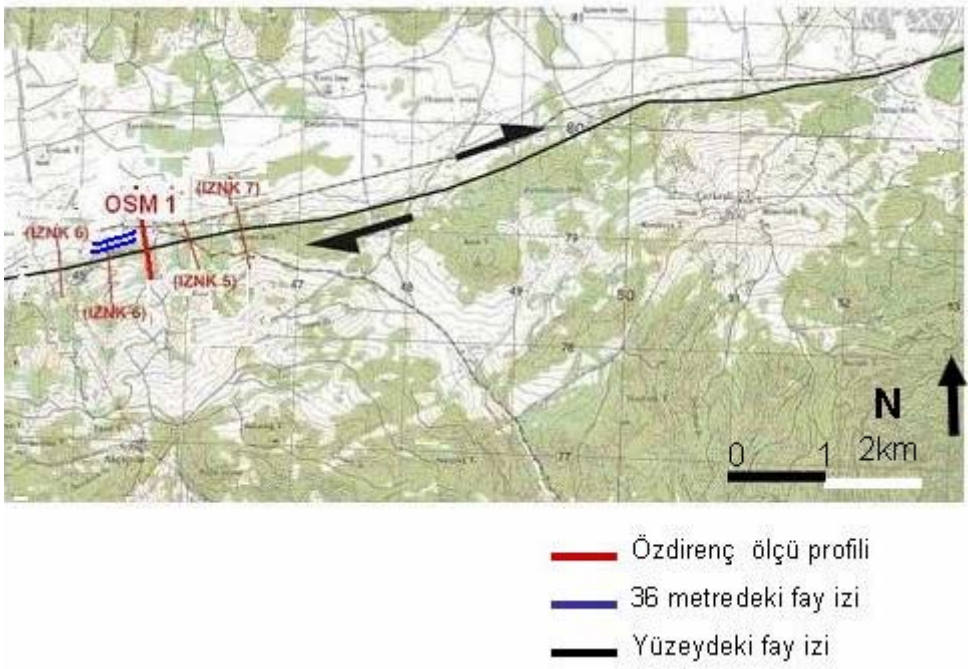


Parametreler	ρ_1	ρ_2	d	Dg	Eğim
Başlangıç Parametreler	65	45	120	50	
Hesaplanan Parametreler	74	51	117	95	3,1

Şekil 5.49: IZNK7dirazaliEd2 profili çözümü

Bu profil ölçüsü ilk bakışta dayk anomalsine benzediğinden dayk olarak modellenmiştir. Modelleme sonucunda daykın görünür özdirenci 51 ohm.m diğer ortamların görünür özdirenci 74 ohm.m olarak bulunmuştur. Modellenen daykın profil başlangıcına olan yatay mesafesi ise çözüm sonucunda 117 metre daykın genişliği 95 metre olarak belirlenmiştir. Abaklar yardımıyla yapılan dayk eğimi hesabında eğim derecesi 3,1 olarak bulunmuştur. Yapılan değerlendirmede anomalinin dayk anomalisi olmadığı sonucuna varılmıştır

İznik Fayı Doğu Kesiminde yapılan özdirenç verilerinin modellemesi sonucu oluşturulmuş fay izi haritası Şekil 5.50'de verilmiştir.



Şekil 5.50: İznik doğu kesiminde modelleme sonucu oluşturulmuş fay izi haritası

Bu hattaki tüm profil ölçüleri ters çözün tekniğiyle modellenmiş gidiş profillerinin sonuçları Tablo 5.10'de dönüş profillerinin sonuçları Tablo 5.11'te verilmiştir.

Tablo 5.10: İznik fayı doğu kesimi gidiş profillerinin ters çözüm sonuçları

İZNİK FAYI DOĞU KESİMİ GİDİŞ PROFİLLERİNİN TERS ÇÖZÜM SONUÇLARI										
Profilin adı	Başlangıç Parametreleri				Hesaplanan Parametreler				Eğim1 (Derece)	Eğim2 (Derece)
	ρ_1	ρ_2	d	Dg	ρ_1	ρ_2	d	Dg		
İznk7Eg	55	30	160	30	52	39	152	89	3,1	
Osm1Eg	12	45	120	----	15	46	125	-----	5,1	
İznk6Eg1	24	16	90	80	22	15	90	96	7,6	
İznk6Eg2	9	38	150	150	14	36	148	187	13,6	9

Tablo 5.11: İznik fayı doğu kesimi dönüş profillerinin ters çözüm sonuçları

İZNİK FAYI DOĞU KESİMİ DÖNÜŞ PROFİLLERİNİN TERS ÇÖZÜM SONUÇLARI									
Profilin adı	Başlangıç Parametreleri				Hesaplanan Parametreler				Eğim (Derece)
	ρ_1	ρ_2	d	Dg	ρ_1	ρ_2	d	Dg	
İznk7Ed	65	45	120	50	74	51	117	95	3,1
Osm1Ed	30	60	110	----	22	59	112	----	9
İznk6Ed1	25	12	100	----	21	12	103	----	

Bu fay hattı üzerinde alınmış tüm profil ölçüleri değerlendirilmiştir. Her bir profilin öngörülen derinlikte geometrik olarak hesaplanan fay eğimi ve yüzeydeki fay izinin ölçü profilinin başlangıç noktasına olan yatay uzaklığı Tablo 5.12 verilmiştir.

Tablo 5.12: İznik fayı doğu kesimi gidiş profillerinin değerlendirme sonuçları

İZNİK FAYI DOĞU KESİMİ GİDİŞ PROFİLLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ			
Profil adı	Öngörülen derinlik (m)	Yüzeydeki fay izinin profil başlangıcına uzaklığı (m)	Eğim1 (Derece)
İznk-6Eg2	36	192	36

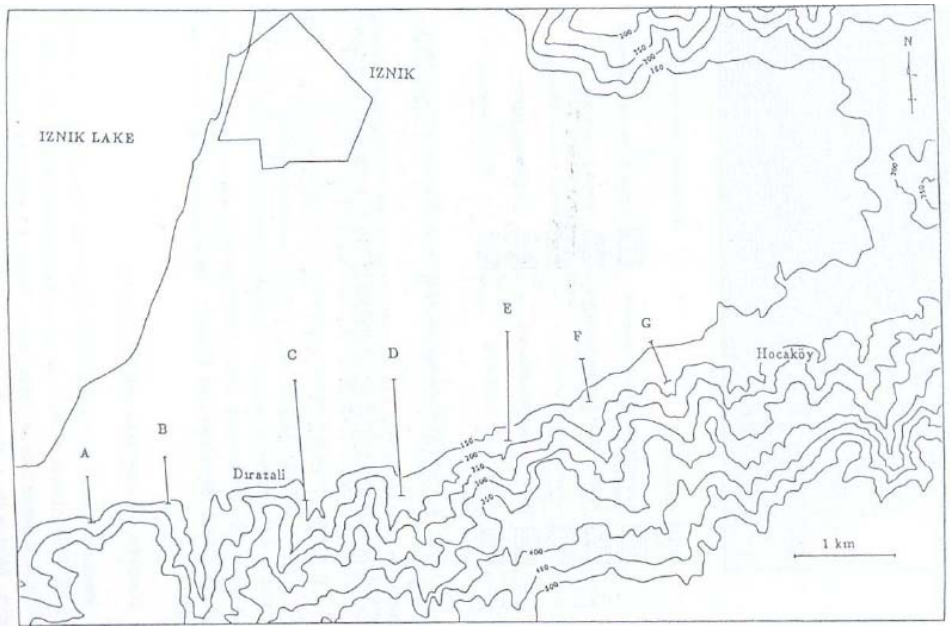
Bu kesitte OSM1Eg,OSM1Ed, IZNK6Eg1, IZNK6Ed1, IZNK7Eg, IZNK7Ed profil ölçülerinden elde edilen sonuçlar fay anomalisi şeklinde değildir. IZNK6Eg2 profilindeki ölçüm sonuçları birden fazla birden fazla fay anomalisine benzemektedir. Bu profildeki derine doğru alınmış ölçümlerden belirlenen fay yüzeydeki fay izinden yanal uzaklığı bir önceki kesitteki gibi yaklaşık 200 metredir.

Abaklar yardımıyla bulunan eğim değerleri fayın yatayla yaptığı açı, geometrik eğim hesabında bunan eğim değerleri ise fayın normal ile yaptığı açı değeridir. Geometrik olarak yapılan eğim hesabından elde edilen eğim değerleri ile abaklar yardımıyla bulunan eğim değerleri tüm hatlarda birbirleriyle uyum içindedirler.

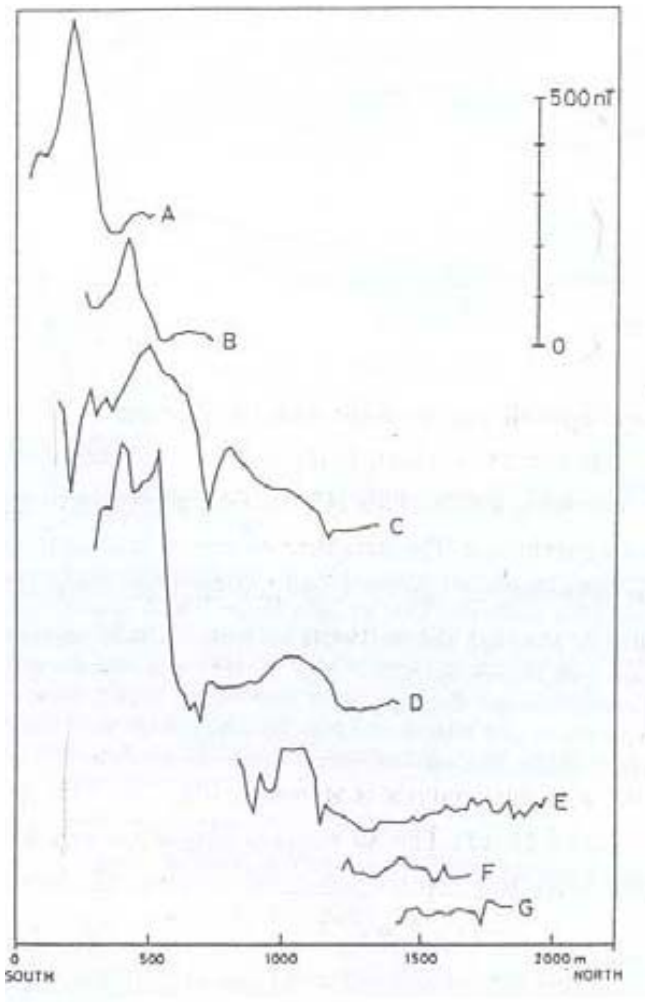
Çalışma alanında daha önceden yapılan manyetik çalışmalar da fayın kuzeye dalımlı olduğunu desteklemektedir.

5.5. Manyetik Çalışmalar

Fay boyunca yedi profil boyunca manyetik ölçümler yapılmıştır. Ölçüm aralıkları 20m ve proton manyetometre sensörünün yüksekliği 2m alınmıştır. Şekil-5.51'de manyetik profillerin lokasyonu gösterilmektedir. Her profil üzerinde alınan ölçümler Şekil 5.52'te gösterilmektedir.



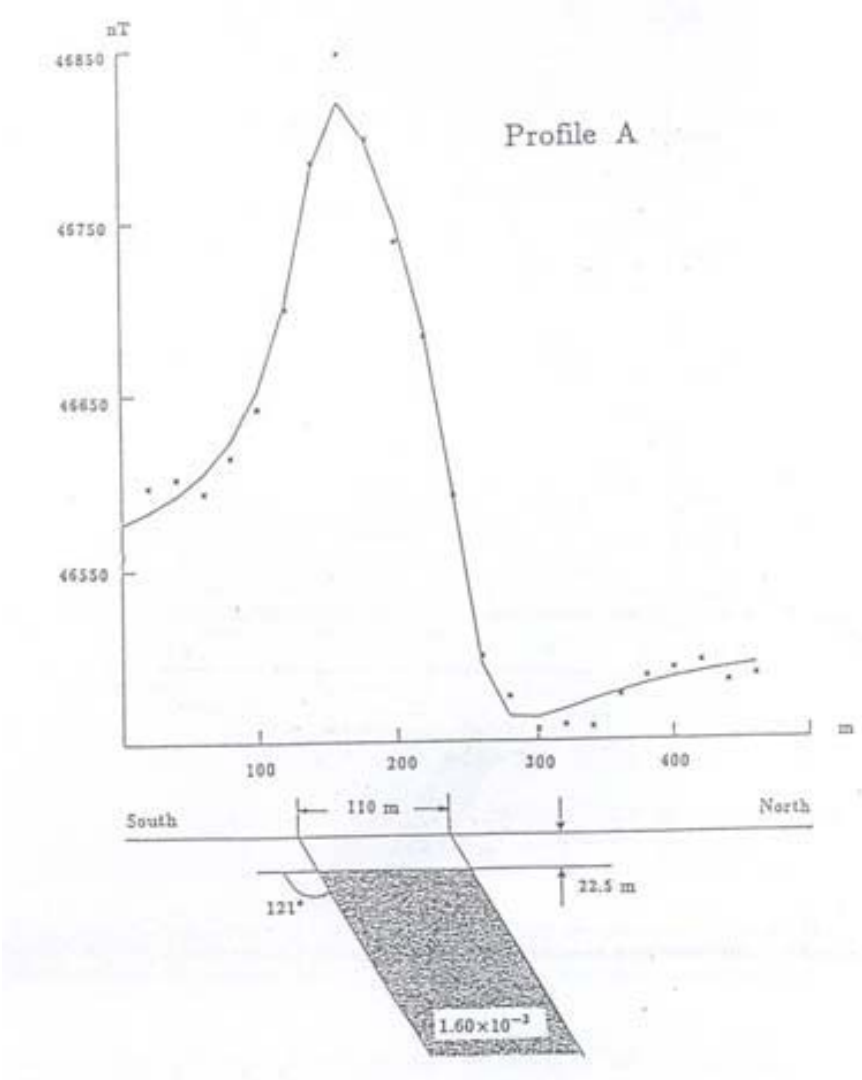
Şekil 5.51:. Gözlem profillerinin lokasyonu (M. K. Tunçer ve diğ.1992)



Şekil 5.52: A,B,C,D,E,F ve G profilleri manyetik ölçüm sonuçları (M. K.Tunçer ve diğ.1992)

Profil A

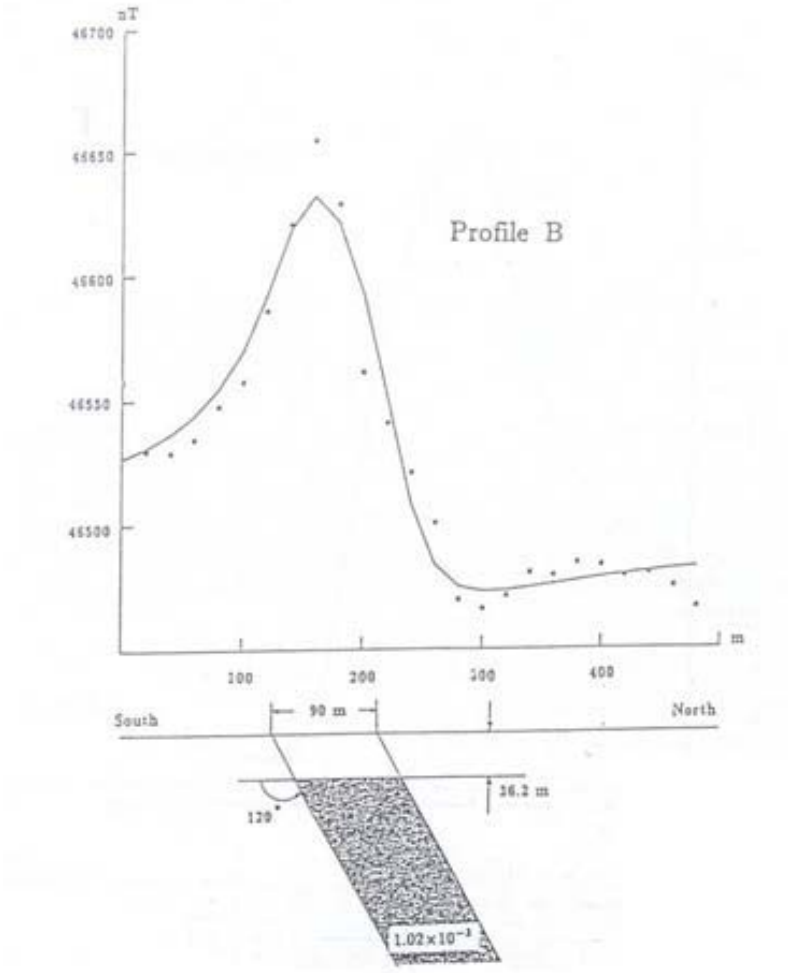
Şekil 5.53'te A profili için ters çözüm sonuçları verilmiştir. Buna göre daykın kalınlığı 110m, derinliği 22.5m, süsseptiblitesi 1.6x10-3 emu/cm3 ve dalım açısı 121^{o} kuzeye doğrudur.



Şekil 5.53**:** .A profili için ters çözüm sonuçları (M. K. Tunçer ve diğ.1992)

Profil B

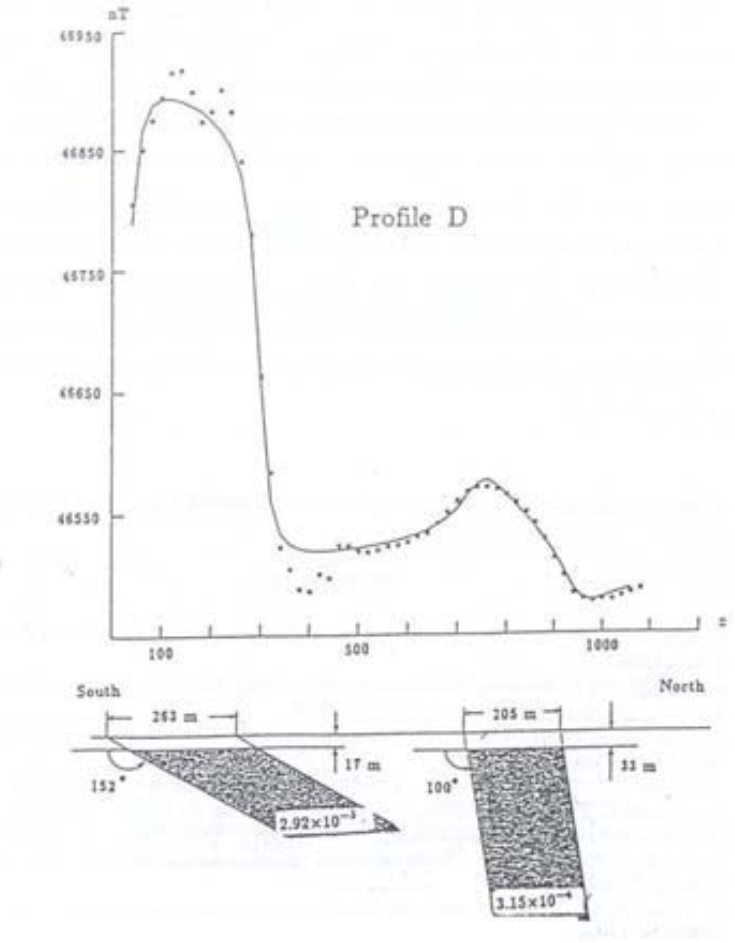
B profili için ters çözüm sonuçları Şekil-5.54 da verilmiştir. Buna göre daykın kalınlığı 89m, derinliği 36m, süsseptiblitesi 1.02x10-3 emu/cm3 ve dalım açısı 121o kuzeye doğrudur. Karesel hata değeri 11nT olarak bulunmuştur.



Şekil 5.54: . B profili için ters çözüm sonuçları (M. K. Tunçer ve diğ.1992)

Profil C

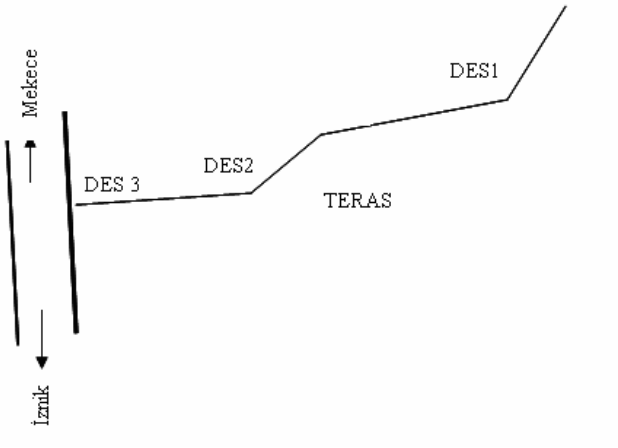
Şekil-5.55 de gösterildiği gibi anomali, birinin etkisi oldukça az olmakla birlikte iki manyetik yapının varlığıyla hesaplanabilir. Şekilde görüldüğü gibi iki dayk şekilli yapının var olduğu model bulunmaktadır.



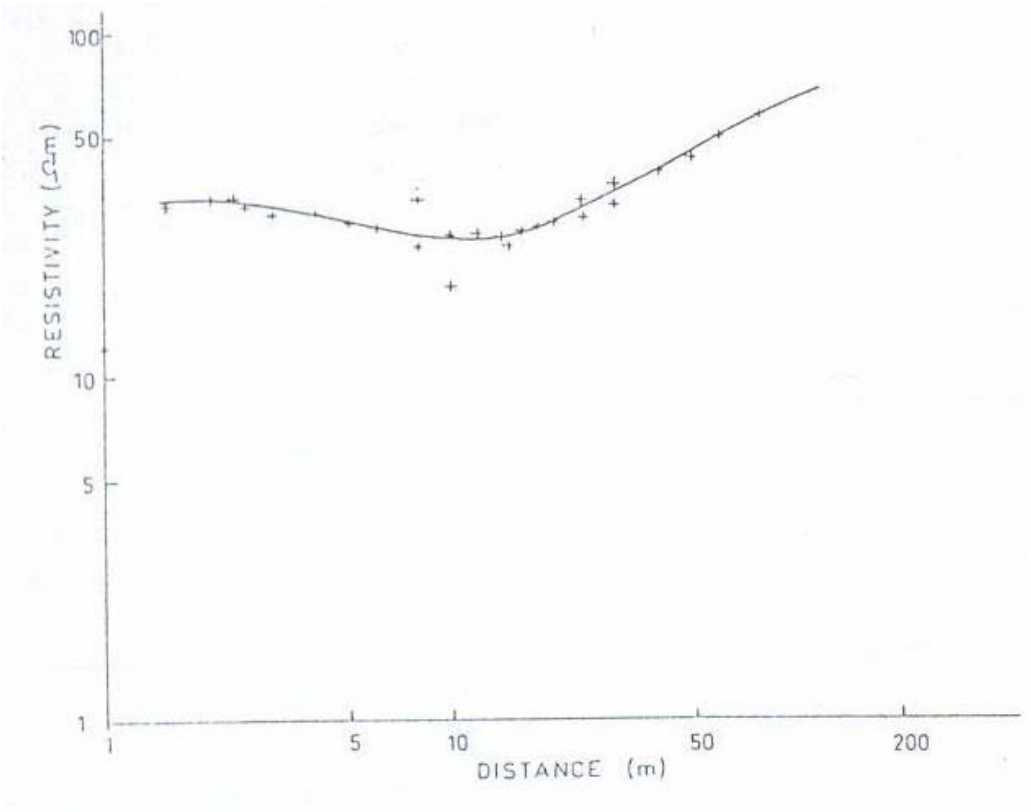
Şekil 5.55**:** D profili için ters çözüm sonuçları (M. K. Tunçer ve diğ.1992.)

5.6 Derin Özdirenç Çalışmaları

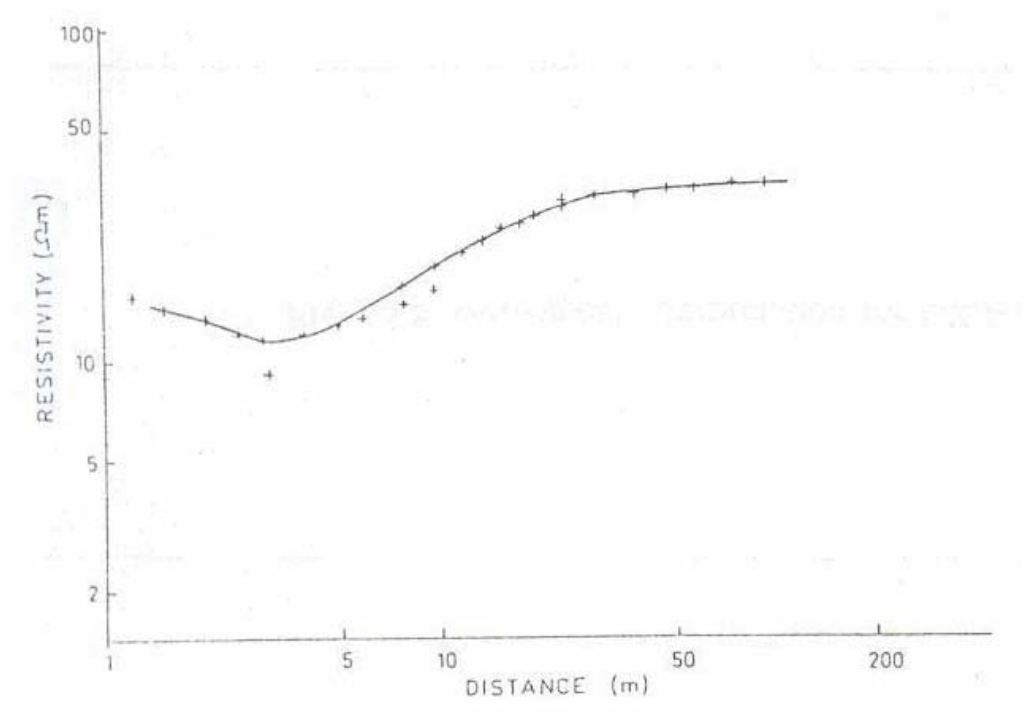
Çerkeşli de yapılan derin Özdirenç ölçümleri Şekil-5.56 da gösterildiği gibi üç noktada yapılmıştır. Özdirenç-uzaklık grafikleri Şekil-5.57, Şekil-5.58 ve Şekil-5.59 de gösterilmiştir. DRS-1 terastan 65 metre uzaklıkta ve nüfüz derinliği 80 metredir. En üstteki örtü katmanı 2.3 metre kalınlığındadır ve aşınmış üst Kretase filişlerinden oluşmaktadır. Son olarak DRS-3, DRS-2 den 100 metre uzakta İznik-Mekece yolunun yanındadır. Nüfuz derinliği 140 metredir ve jeolojik yapısı Şekil 5.60 de gösterilmiştir.



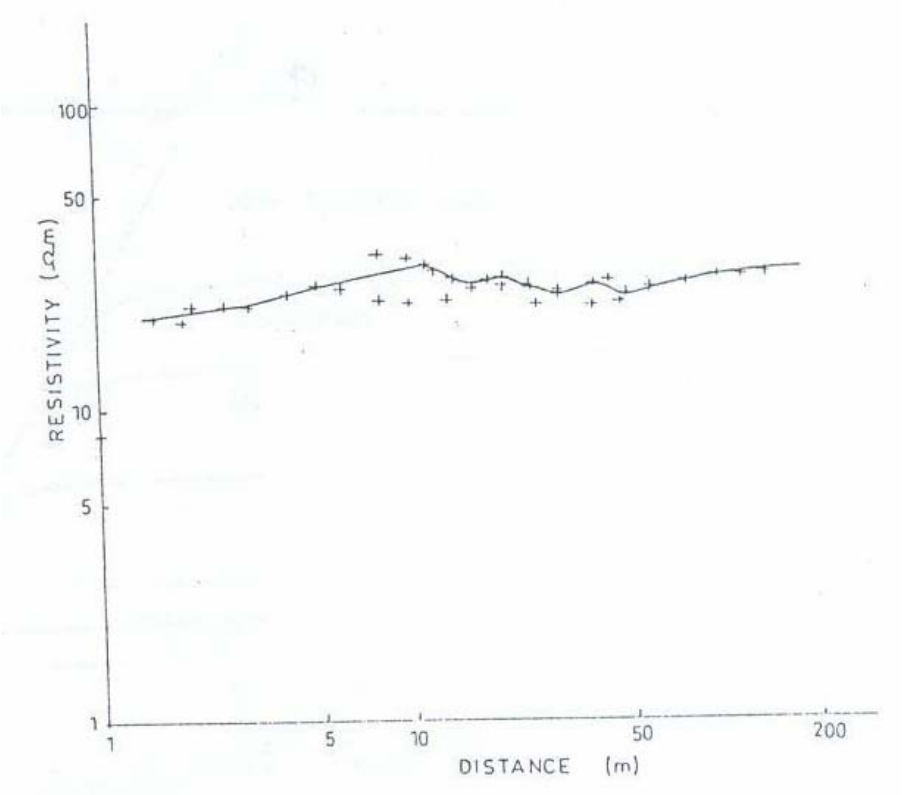
Şekil 5.56: Çerkeşli Özdirenç ölçüm noktalarının lokasyonu. (N. Keleş ve C. Gürbüz,1989)



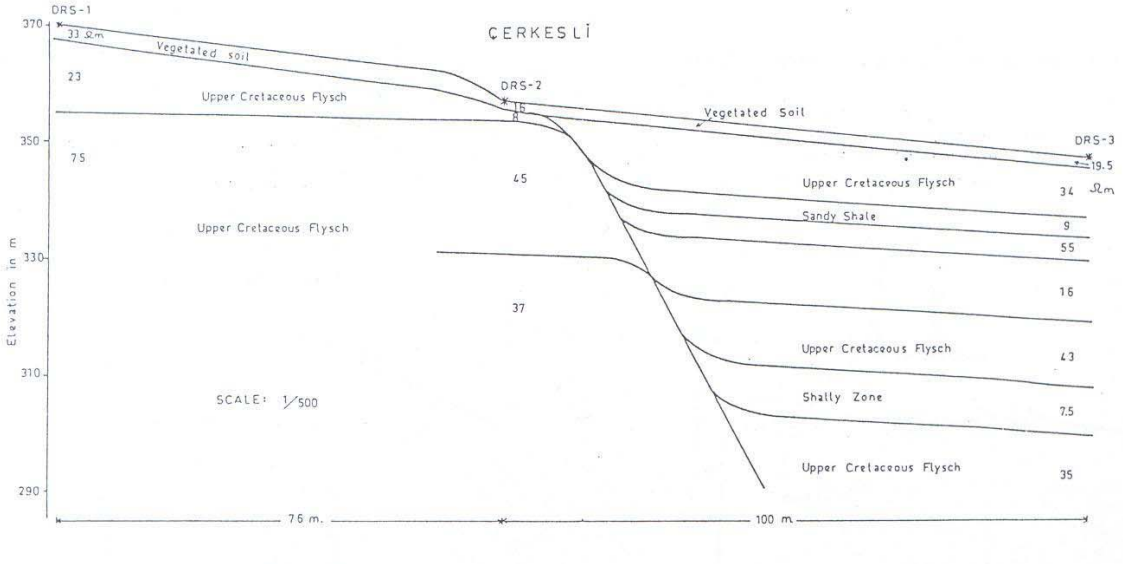
Şekil 5.57: Çerkesli'deki DRS-1 için özdirenç-uzaklık eğrileri(N. Keleş ve C. Gürbüz,1989)



Şekil 5.58**:.**Çerkesli'deki DRS-2 için özdirenç-uzaklık eğrileri (N. Keleş ve C.Gürbüz,1989)

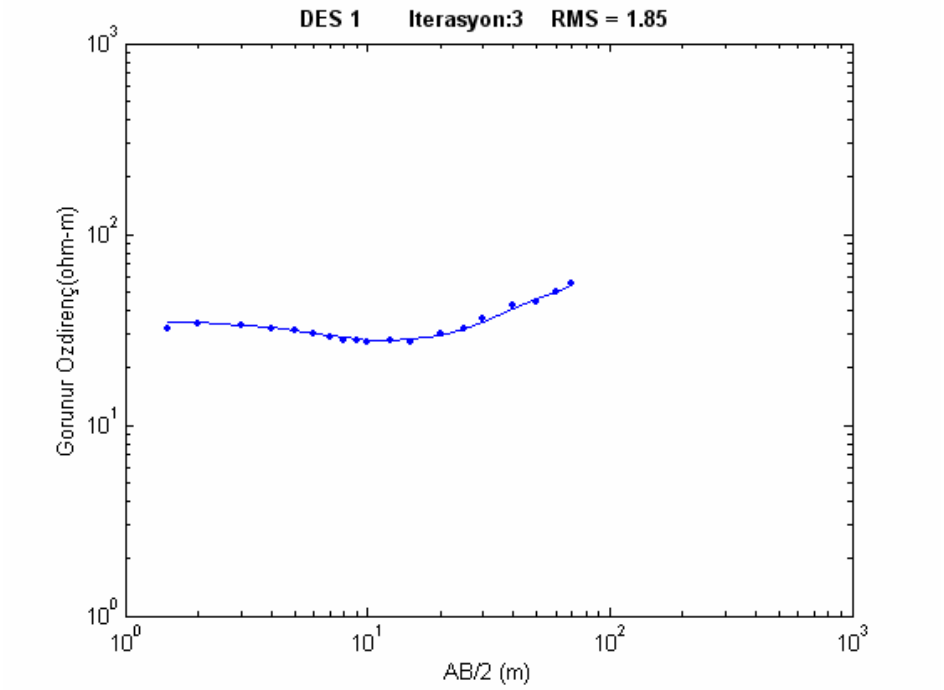


Şekil 5.59: Çerkesli'deki DRS-3 için özdirenç-uzaklık grafiği (N. Keleş ve C. Gürbüz,1989)



Şekil 5.60: Çerkesli'de yapılan DRS-1,DRS-2 ve DRS-3 noktalarının jeolojik yorumu (N. Keleş ve C. Gürbüz,1989)

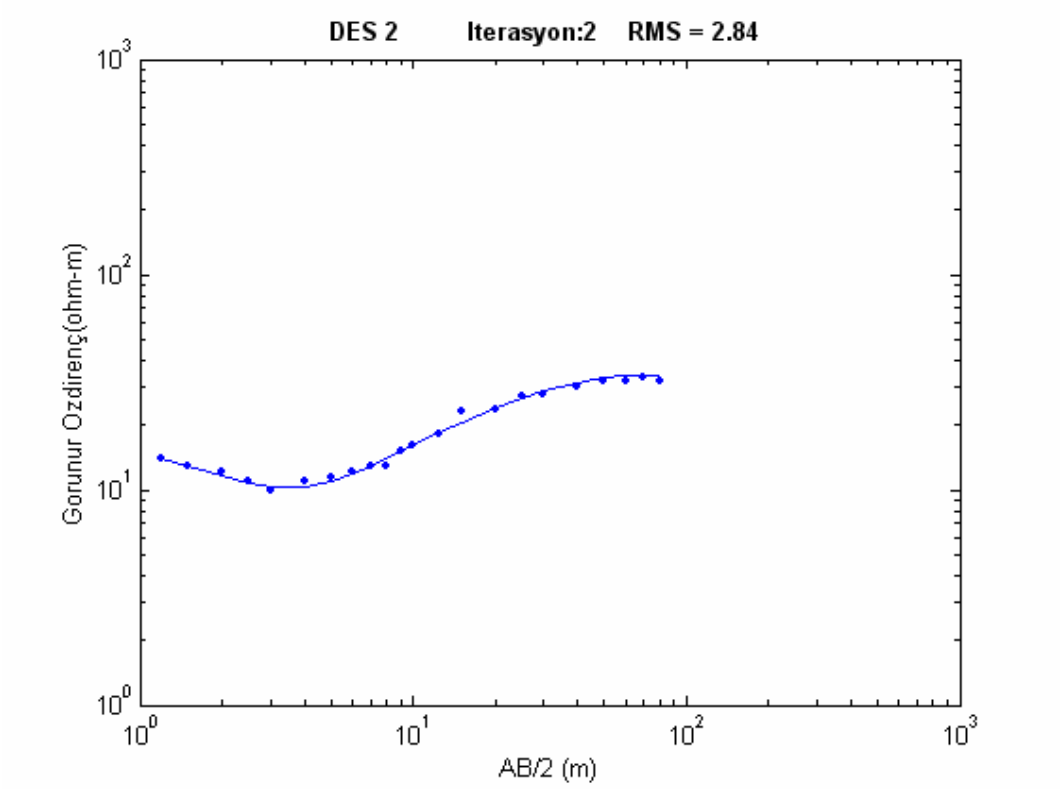
Aynı verilere Gubtasarma filtreleri kullanılarak Marquardt sönümlü en küçük kareler yöntemi ile ters çözüm yapan Matlab 7.0'de yazdığım programla ile yapılan çözümler Şekil 5.61, Şekil 5.62 ve Şekil 5.63 da çözüme ait sonuçlar da tablo 5.13, tablo5.14 ve tablo5.15 de verilmiştir.



Şekil 5.61 DES1 ölçüsünün çözümü

Tablo5.13: DES1 Ölçüsünün ters çözüm sonuçları

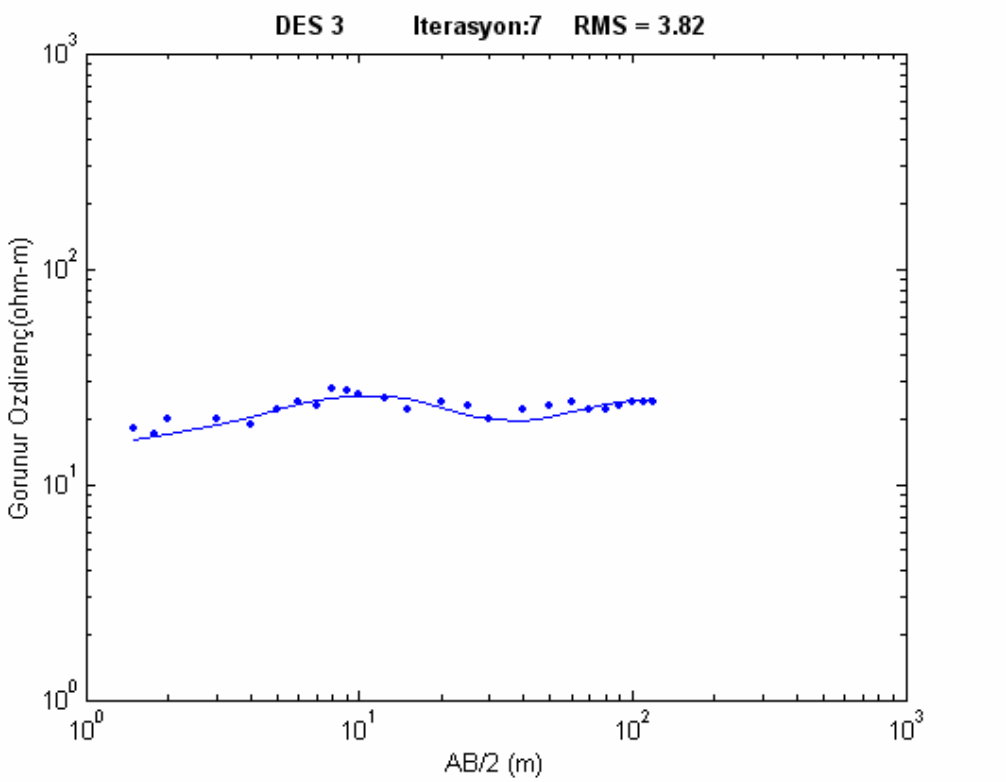
	h_1	h_2	ρ_1	ρ_2	ρ_3
Başlangıç Parametreleri	2	10	40	27	80
Hesaplanan Parametreler	2,5	15	35	25	90
N. Keleş ve C. Gürbüz, 1989	2,3	15	33	23	75



Şekil 5.62 DES2 ölçüsünün çözümü

Tablo5.14: DES2 Ölçüsünün ters çözüm sonuçları

	h_1	h_2	h_3	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4
Başlangıç Parametreleri	1,5	4	20	20	10	40	35
Hesaplanan Parametreler	0,8	3,2	24	16	8	45	30
N. Keleş ve C. Gürbüz, 1989	1,2	3,2	26	16	8	45	37

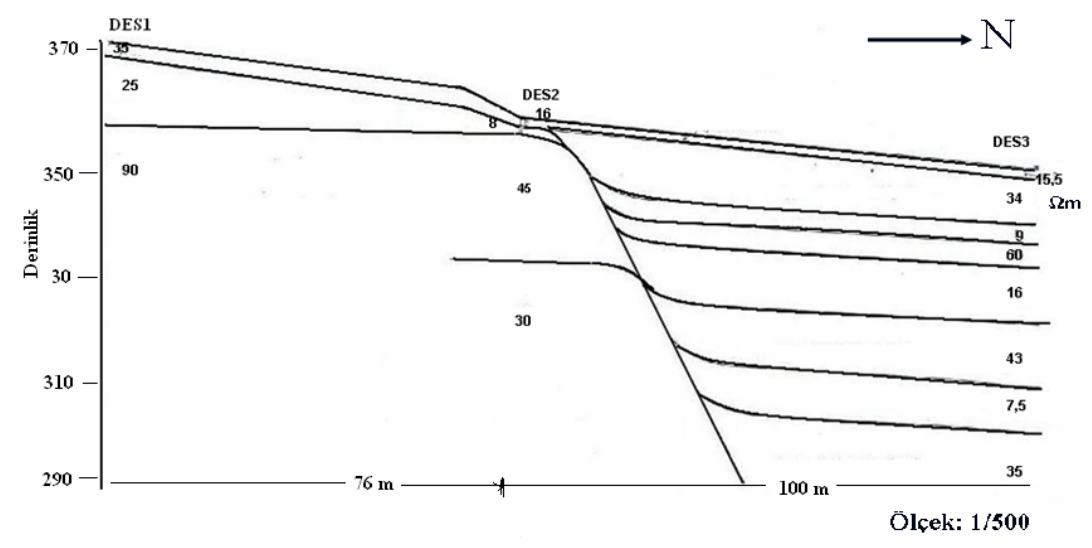


Şekil 5.63 DES3 ölçüsünün çözümü

Tablo5.15: DES3 Ölçüsünün ters çözüm sonuçları

	Başlangıç Parametreleri	Hesaplanan parametreler	N. Keleş ve C. Gürbüz, 1989
h_1	1,2	1,8	1,8
h_2	12	7,5	10,5
h_3	15	11,5	13,5
h_4	18	18	18
h_5	30	28	28
h_6	35	40	39
h_7	45	37,5	47,5
ρ_1	20	15,5	19,5
ρ_2	30	34	34
ρ_3	10	9	9
ρ_4	55	60	55
ρ_5	20	16	16
ρ_6	40	43	43
ρ_7	10	7,5	7,5
ρ_8	30	35	35

Yapılan ters çözüm sonucunda elde edilen sonuçlarla yeraltı jeolojik des kesiti çıkarılmış bu kesit Şekil 5.64 de verilmiştir.



Şekil 5.64: Ters çözüm sonuçlarından elde edilen jeolojik kesit

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Geyve İznik Havzalarının oluşumunu aydınlatmak amacıyla yapılan bu çalışmada izlenen KAFZ'nun orta kolunu oluşturan Geyve-İznik fay zonunun çözümlerinde fayın derinlere doğru sürekli gidişi sürekli kuzey yönde çıkmıştır. Derindeki fayın yüzeydeki izinden olan uzaklığı havza ortalarında az, havza bitiş ve başlangıçlarındaki alanlarda fazla çıkmıştı. Bir havzanın yayvan bir çanak gibi olduğu düşünülürse havza ortalarında çökel derinliğinin yüksek olması dolayısıyla bulunabilecek fay yerinin yanal olarak yüzeydekine yakın olması gerekmektedir. Havza başlangıç veya bitişlerinde çökel derinliği muhtemel sığ olabileceğinden bulunan fay yerinin yüzeydeki izden uzaklaşması da muhtemeldir. Yapılan çalışma bu sonucu çıkarmıştır. Birinci kesitte derine doğru fay çözümleri kuzeyde çıkmış iki farklı temel kayanın ara kesiti olduğundan havzayla ilgili bilgi vermemektedir.

KAYNAKLAR

Akartuna, M., ‘‘Armutlu Yarımadası’nın jeolojisi’’, ***İstanbul Üniv. Fen Fak. Monografileri(Tabii ilimler kısmı),*** 20, 105, (1968).

Akartuna, M., ve Atan, O., ‘‘Geyve-İkramiye-Fındıksuyu (Sakarya) dolayının jeolojisi’’, ***Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Yer Bilimleri***. 1,(1981).

Aşçı, M., İşcan, Y., ‘‘Manyetik Yöntemle Doğrultu Atımlı Fay Çözümlemelerine Yaklaşım’’, ***Türkiye 17. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi***, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, 14-17 Kasım (2006).

Barka, A.A. & Kadinsky-Cade, K., **‘‘**Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity’’, ***Tectonics***, 7, 663-684,(1988).

Başokur, A.T. “Doğrusal ve doğrusal olmayan problemlerin ters-çözümü”*,* ***TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları,*** 4. baskı, (2003).

Barka, A.A.,. ‘‘The North Anatolian fault Zone’’, ***Anneles Tectonicae***, 6, 174-195, (1992).

Barka, A. A. and Hancock, P. L.,. “Neotectonic deformation patterns in the convex northwards arc of the North Anatolian Fault. İn the Geological evolution of the eastern Mediterranean”, spec. Publ., edited by J.G Dixon and A.H.F Robertson, ***Geol. Soc. London***, 763-773,(1984).

Barka, A.A. & Gülen, L.,‘‘Complex evolution of the Erzincan Basin (eastern Turkey)’’, ***Journ. Of. Struc Geology****,* 11, 3, 275-283,(1988).

Barka, A. A., “Geology and Tectonic evolution of some Neogene-Quaternary basins, in the North Anatolian fault zone. (In Turkish with English abstract)”, ***Ketin Symposium*** *,* Spec. Publ. Geol. Soc. Turkey, 209-227,(1985).

Bargu, S.,‘‘İznik-Yenişehir(Bursa)-Osmaneli alanının jeolojisi’’, ***İstanbul. Üniv. Yerbilimleri Dergisi***, 3, 1-2, 191-233,(1982).

Chaput, E., “Voyages d’etudes geologigues et geomorphogeniques en Turquie. Mem. de” ***I’Inst. Français d’archeologie d’Istanbul II***, Paris, France,(1936).

No: C-54/4855 , “rapor”, ***Devlet Su İşleri.***

Dey, A., & Morrison, H. F., ‘‘Resistivity modeling for arbitrarily shaped two-dimensional structures’’, ***Geophysical Prospecting***, *27*, 106 -136.,(1979a).

Dewey, J. F. & Şengör, A. M. C., ‘‘Aegean and surrounding regions: Complex multiplate and continum tectonics in a convergant zone’’, ***Geological. Society. America. Bulletin***., 90, 84-92.,(1979).

Elmas A, Yigitbas E., ‘‘Ophiolite emplacement by strike-slip tectonics between the Pontid Zone and the Sakarya Zone in the northwestern Anatolia’’, ***International Journal of Earth Scıences*** 90 (2): 257-269,Turkey,(2001).

Ercan A, “Doğru Akım Elektrik Özdirenç Yöntemi Elektrik Kaydırma”, ***İTÜ Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü***, İstanbul.

Emre, Ö., Erkal, T., Tchepalyga, A., Kazancı, N., Keçer, M., Ünay,E., “Neogene-Quaternary evolutıon of the Eastern Marmara Regıon, Northwest Turkey”, ***Reprinted from Bulletin of the Mineral research and exploration,*** No. 120, Ankara,(1998).

Eyidoğan H., ‘‘Rates of crustal deformation in Western Turkey as deduced from major earthquakes’’, ***Tectonophysics,*** 148, 1-2, 83-92., (1988).

Eikichi, T., Herece, H ve Kuşçu, İ., **“**Some Geological Evidences On Actıvıty Of The Western North Anatolian Fault, Geyve, İznik, Gemlik Area”, Report of İnternatıonal Research and Development Cooperatıon Itıt Project no.8513, December 1988 Japan, Research On Quaternary Crustal Movement and Earthquake Prediction, ***Geological Survey Of Japan***, MTA of Turkey. p: 69-95, (1998).

Gürbüz, C., Keleş, N., & Işıkara, A. M.,. “Resistivity Measurements at a Location Between the Villages of of Dirazali and Çamdibi”, ***Multidisciplinary Research on Fault Activity in the Western Part of the North Anatolian Fault Zone(4),*** *edited by A. M. Işıkara andY. Honkura,* 95-104, (1992).

Görür, N., Sakınç, M., Barka, A. A., Akkök, R. & Ersoy, Ş.,. ‘‘Miocene-Pliocene Paleogeographic maps of Turkey’’, ***Jour. Hum. Evol***., 28, 309-324,(1995).

Göncüoğlu, M.C., Erendil, M., Tekeli, O., Aksay A., Kuşçu, İ and Ürgün, B.M., “Geology of the Armutlu Peninsula”, ***Guide book for the field excursion along western Anatolia. M.T.A Publ.*****,** 12-18. Turkey, (1987).

Graybill, F.A., “Instroduction to matrices with Applications in statistics”, ***Wadsworth Puplishing Co.Inc***., Belmont(1969).

Guptasarma D, **‘‘**Optimization of short digital linear filters for increased accuacy’’, ***Geophysical Prospecting***, 30, 501-514,(1982)

Herece, H., “The Fault trace of 1953 Yenice-Gönen Earthquake and Some Examples of Recent Tectonic Events in the Biga Peninsula of Northwest Turkey”, ***Penn state unicersity***, Ms S thesis 143 (yayınlanmamış), (1985)

Honkura, Y., Taguchi, N., & Kolçak, D., “Magnetotelluric Measurements”, Electric and Magnetic Research on Active Faults in the North Anatolian Fault Zone edited by A. M. Işıkara and Y. Honkura*, **Department of Geophysics Boğaziçi University,*** İstanbul, Turkey*,* 68-76, (1986).

Honkura, M., Matsushima, Y., Oshiman, N., Tunçer, M. K., Barış, Ş., Ito, A., Iio, Y., & Işıkara, A. M.,. ‘‘Small electric and magnetic signal observed before the arrival of seismic wave’’, ***Earth Planets Space***, 54, 9-12,(2002).

Honkura, Y., & Orbay, N.,. “Self-Potential Measurements”, Electric and Magnetic Research on Active Faults in the North Anatolian Fault Zone edited by A. M. Işıkara and Y. Honkura*, **Department of Geophysics Boğaziçi University,*** İstanbul, Turkey*,* 77-82,(1986).

Honkura, Y., & Orbay, N., Electric and Magnetic Research on Active Faults in the North Anatolian Fault Zone, "Self-Potential Measurements" A. M. Işıkara and Y. Honkura, ***Department of Geophysics Boğaziçi University,*** İstanbul, Turkey, , 77-82,(1986).

Irrlitz, W.,.''Lihostratigraphie und tektonische entwicklung des Neogens in nordostanatolien'', ***Beih. Geol, Jb.,*** 120, 1- 111,(1972).

Işıkara, A.M., Watanabe, N., Orbay, N., Tanaka, H. & Baydemir, N., "Magnetic Measurements", Electric and Magnetic Research on Active Faults in the North Anatolian Fault Zone, edited by A. M. Işıkara and Y. Honkura, ***Department of Geophysics Boğaziçi University, İstanbul***, Turkey, 42-59,(1986).

Keller, G. V., & Frischnecht, F. C. ''Electrical methods in geophysical prospecting'' ***Pergamon Press Inc***., Oxford., (1966).

Keleş, N. & Gürbüz, C., "Interpretation of Resistivity Measurements Along the Iznik-Mekece- Akyazı Branch of the North Anatolian Fault Zone". ***Multidisciplinary Research on Fault Activity in the Western Part of the North Anatolian Fault Zone(2)*** *edited by Y.* Honkura and A. M. Işıkara*,* 137-147, (1989).

Ketin, İ.,. "Uber die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen anatolischenErdbeden des letzten Dezenniums'', ***Geol . Rundsch.,*** 36, 77-83, (1948).

Ketin, İ.,. ''Anadolu'nun tektonik birlikleri'', ***M.T.A Enstitüsü Dergisi,*** 66, 20-34,(1966).

Ketin, İ., **"**Über die nordanatolische horizontal vershiebung", ***Bull. Mineral. Res. Explor.Turkey***, 72, 1-28, (1968).

Koçyiğit, A., "Tectonic setting of the Geyve Basin: Age and total displacement of the Geyve Fault Zone", ***Melih Tokay Symposium Special Published Middle-East Technical University,*** Ankara, Turkey*,* 81-104,(1988).

Koefoed, O., ''A fast method for determining the layer distribution from the raised kernel function in geoelectrical soundings'', ***Geophysical Prospecting***, 18, 564-570, (1979).

Lanczos,C., ''Linear Differential Operators'', ***Van Nostrand, Princeton***., 665-679,(1961).

Loke, M. H. "Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. Penang", ***Malaysia, Universiti Sains Malaysia***, unpublished course notes, (2004).

Marquardt,D.W, ''An algorithm forleast squares estimation of non linear parameters'', ***Journal of the Society of Industrial and Applied Mathematics***, 11,431-44, (1963).

Matsushima, M., Tunçer, M. K., Honkura, Y. & Oshiman, N., "Observation of Geomagnetic Total Intensity", ***Multidisciplinary Research on Fault Activity in the Western Part of the North Anatolian Fault Zone(2)*** edited by Y. Honkura and A. M. Işıkara*,* 99-106, (1989).

Oshiman, N., Yazıcı, O. & Aybey, N., "Susceptibility Survey in the Dirazali Region", ***Multidisciplinary Research on Fault Activity in the Western Part of the North Anatolian Fault Zone(4)*** edited by A. M. Işıkara andY. Honkura*,* 91-94,(1992).

Pedesrsen, L. B.,"Interpretation of Potential Field Data a Generalized Inverse Approach", ***Geophysical Prospecting***, 25, pp: 199 – 230, (1977).

Reynolds, J. M. "An Introduction to Applied and Environmental Geophysics", ***Wiley,*** (1997).

Schlumberger, C. "Etude sur la Prospection electrique du sous-sol". ***Gaultier-Villars et Cie.,*** Paris, (1920).

Sunde E.D., , **"**Earth conduction effects in transmission systems: New York", ***Van Nostrand***, p.55,(1949).

Şengör, A. M. C., "Türkiye'nin Neotektoniğinin esasları", *Türkiye Jeol Kur. Yay.,* 40p,(1980).

Şengör, A. M. C., Burke, K., & Dewey, J. F., "Tectonics of the North Anatolian Fault" ***J.Struct.Geol.,*** 5, 211-216.,(1982).

Şengör, A.M.C., Görür, N., & Şaroğlu, F., "Strike-Slip faulting and related basin formation ın zones of tectonic escape", ***Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation. Soceity of Economic Paleontologists and Mineralogists, spec. Publ.,*** 37, 227-264,(1985).

Şengör, A. M. C.,. "The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance" ***Jour.Geol.Soc. London,*** 136, 269-282, (1979).

Sakınç, M., Yaltırak, F. Y. & Yaltırak, C.,. "Palaeogeographical evolution of the Thrace Neogene Basin and the Tethys – Paratethys relations at northwestern Turkey". ***Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,*** 153, 17 – 40,(1999).

Sipahioğlu, S. and Matsuda, T.,. "Geology and Quaternary fault in the İznik-Mekece area", ***Electric and Magnetic research on Active faults in the North Anatolian Fault Zone,*** A.M. Işıkara and Y. Honkura, Eds., 25-41,(1986).

Saner, S.,. "Geology and the Envıroments of Deposıtıon of Geyve-Osmaneli-Gölpazarı-Taraklı Area", ***İstanbul Üniv,Fen Fak.Mec***.,Seri B, 43: P:63-91,(1978).

Tanaka, H., Bulat, T., Oshiman, N., & Kolçak, D., "Surface Resistivity Measurements", Electric and Magnetic Research on Active Faults in the North Anatolian Fault Zone edited by A. M. Işıkara and Y. Honkura***, Department of Geophysics Boğaziçi University,*** İstanbul, Turkey, 60-63,(1986).

Telford, W. M., Geldard, L. P., Sheriff, R. E., and Keyes, D. A., , "Applied Geophysics", ***Cambridge University Pres***,(1976).

Tulunay,Y.,**.** "Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları", ***İ.Ü,Rektörlük, yayın*** no:3420,(1987).

Tunçer, M. K., Honkura, Y., Oshiman, N., Ikeda, Y., and Işıkara, A. M., "Magnetic Anomalies Related to Active Folds in the North Anatolian Fault Zone", ***Multidisciplinar Research on Fault Activity in the Western Part of the North Anatolian Fault Zone(4)*** edited by A. M. Işıkara andY. Honkura, 61-72,(1992).

"Tubitak Araştırma Projesi Gelişme Raporu", ***Kocaeli Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği bölümü Proje no: 1044325.***

Ünay, E., Emre, Ö., Erkal, T. & Keçer M.,. "The rodent fauna from the Adapazarı pull-apart basin (NW Anatolia): its bearings on the age of the North Anatolian Fault", ***Geodinamica Acta,*** 14, 169-175,(2001).

Wenner ,F. "A method of measuring earth resistivity",***Bull of the Bureau of Standards***, 12(4), 469-478, (1915).

Yiğitbaş, E., Elmas, A. & Yılmaz, Y.,. "Pre-Cenozoic tectono-stratigraphic components of the Western Pontides and their geological evolution", ***Geological Journal,*** 34, 55-74,(1999).

Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M. & Yılmaz, K., "Geological evolution of the late Mesozoic continental margin of Northwestern Anatolia", ***Tectonophysics,*** 243, 155-171,(1995).

Yoshioka,T. & Kuşçu, İ.,. "Late Holocene faulting events on the İznik-Mekece fault in the western part of the North Anatolian Fault Zone", ***Bulletin of the Geological survey of Japan,*** 45, 11, 677-6, (1994)

ÖZGEÇMİŞ

Mardin' de doğdu. İlk orta ve liseden okul biricisi olarak mezun olduktan sonra. 2000 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nden 2005 yılında bölüm ikincisi olarak mezun oldu. 2006-2009 yılları arasında, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı.